



ФАНО России

**Институт прикладной физики
Российской академии наук**

**ОТЧЕТ
О НАУЧНОЙ
И НАУЧНО-
ОРГАНИЗАЦИОННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ЗА 2015 г.**



**Нижний Новгород
2015**

ОТЧЕТ

О НАУЧНОЙ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИПФ РАН за 2015 г.

Директор ИПФ РАН
член-корреспондент

А. М. Сергеев

Ученый секретарь
к. ф.-м. н.

И. В. Корюкин

СОДЕРЖАНИЕ

I.	Результаты, представляемые в доклад Президента РАН	4
II.	Результаты, представляемые в отчет РАН по разделу «Основные результаты в области естественных, технических, гуманитарных и общественных наук»	10
	1. Отделение физики плазмы и электроники больших мощностей	11
	2. Отделение гидрофизических исследований. Центр гидроакустики	19
	3. Отделение нелинейной динамики и оптики	26
III.	Результаты, представляемые в отчет РАН по разделу «Основные исследования и разработки научных учреждений РАН, готовые к практическому применению»	34
IV.	Научно-организационная деятельность	37
	1. Основные направления научной деятельности	38
	2. Сведения об основных научных исследованиях (программы, гранты)	38
	3. Сведения о количестве статей и монографий, опубликованных сотрудниками, количестве защищенных диссертаций, докладов на конференциях	40
	4. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы	41
	4.1. Работы по государственному заданию	41
	4.2. Работы по программам фундаментальных исследований Президиума Российской академии наук	95
	4.2.1. Программа фундаментальных научных исследований Президиума РАН «Нелинейная динамика в математических и физических науках»	95
	4.2.2. Программа «Экспериментальные и теоретические исследования объектов Солнечной системы и планетных систем звезд. Переходные и взрывные процессы в астрофизике»	98
	4.2.3. Программа «Наноструктуры: физика, химия, биология, основы технологий»	101
	4.2.4. Программа «Химический анализ и исследование структуры веществ: фундаментальные основы и новые методы»	103
	4.2.5. Программа «Экстремальное лазерное излучение: физика и фундаментальные приложения»	105
	4.2.6. Программа «Актуальные проблемы физики низких температур»	109
	4.2.7. Программа «Теплофизика высоких плотностей энергии. Материя при высоких давлениях. Фундаментальные проблемы удержания и нагрева плазмы в магнитных ловушках»	110
	4.2.8. Программа «Электрофизика и электроника мощных импульсных систем»	112
	4.2.9. Программа «Природные катастрофы и адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики»	114
	4.2.10. Программа «Мировой океан – многомасштабность, многофазность, многопараметричность»	114
	4.3. Программы фундаментальных исследований Отделения физических наук РАН	116
	4.3.1. Программа «Новые источники миллиметрового и терагерцового излучения и их перспективные приложения»	116

4.3.2. Программа «Межзвездная и межгалактическая среда: активные и протяженные объекты»	118
4.3.3. Программа «Динамика разреженной плазмы в космосе и лаборатории»	119
4.3.4. Программа «Фундаментальные основы и экспериментальная реализация перспективных полупроводниковых лазеров в интересах промышленности и технологий»	120
4.3.5. Программа «Фундаментальные проблемы электродинамики и волновой диагностики атмосферы»	121
4.3.6. Программа «Фундаментальные проблемы акустики искусственных и природных сред»	122
4.3.7. Программа «Новые нелинейно-оптические материалы, структуры и методы для создания лазерных систем с уникальными характеристиками»	124
4.4. Федеральные целевые научно-технические программы	126
4.5. Гранты Российского научного фонда	129
4.6. Гранты Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых – докторов наук.....	136
4.7. Гранты Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук.....	136
4.8. Гранты Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых (Мегагранты)	138
5. Премии и награды.....	142
6. Диссертации	143
7. Сотрудники института – члены научных обществ и организаций.....	145
8. Интеллектуальная собственность института	151
9. Подготовка научных кадров	161
10. Организация конференций и школ.....	168
11. О работе Ученого совета	169
12. Издательская деятельность	172
13. О работе инженерно-эксплуатационной службы	173
14. Опытное производство	180
Приложение Список статей, опубликованных в рецензируемых научных журналах	181

**I. РЕЗУЛЬТАТЫ,
ПРЕДСТАВЛЯЕМЫЕ
В ДОКЛАД ПРЕЗИДЕНТА РАН**

1. Создан и испытан *Прототип гиротронного комплекса для ИТЭР*, включающей СВЧ генератор - гиротрон (с параметрами - частота 170 ГГц, мощность 1 МВт, длительность импульса 1000 сек, КПД 55%), сверхпроводящий магнит, вспомогательные магниты, источники питания, систему охлаждения, систему управления и вспомогательные системы. Успешные испытания комиссией Международной организации ИТЭР открыли путь серийному производству российских гиротронов для термоядерного реактора ИТЭР.

Авторы: Г.Г.Денисов, А.Г.Еремеев, А.Г.Литвак, В.И.Малыгин, Е.В.Соколов, А.В.Чирков, В.Г.Усов (ИПФ РАН), Совместно с ЧУ «Проектный центр ИТЭР», Москва; ЗАО НПП «ГИКОМ», Нижний Новгород; КЯТК, НИЦ «Курчатовский институт, Москва; ЗАО РТСофт, Москва.

2. Создан принципиально новый тип плазмохимического реактора для получения легированных бором слоев в CVD алмазе. В реакторе получены сильно легированные бором слои алмаза толщиной 2-3 нм, демонстрирующие рекордную холловскую подвижность дырок. Разработанный реактор позволяет создавать предложенный и рассчитанный новый профиль дельта-легированного проводящего канала полевого транзистора, в котором распределение концентрации бора имеет два близко расположенных максимума (на расстоянии порядка 3 нм). Показано, что такой профиль легирования обеспечивает повышение подвижности носителей на 60% по сравнению с профилем, который имеет один максимум.

Авторы: А.Л.Вихарев, А.М.Горбачёв, М.А.Лобаев, А.Б.Мучников, В.А.Кукушкин, В.А.Исаев, Д.Б.Радищев, В.В.Чернов, С.А.Богданов, Д.Е.Батлер (ИПФ РАН), М.Н.Дроздов (ИФМ РАН).

3. Предложена схема нового компактного нейтронного генератора на основе сильноточного электронно-циклотронного резонансного ионного источника с квазигазодинамическим режимом удержания плазмы. В таком источнике экспериментально продемонстрирована возможность формирования пучков ионов дейтерия с плотностью тока до 800 мА/см², что позволяет, используя схему D-D генератора с ускоряющим напряжением 100 кВ, получать потоки нейтронов с рекордной для компактных систем плотностью на уровне 10¹¹ с⁻¹см⁻². Такие генераторы смогут заменить ядерные реакторы и ускорители в качестве нейтронных источников для нейтронографии, систем безопасности, медицины, обогащения редких изотопов.

Авторы: В.А. Скалыга, И.В. Изотов, С.В. Голубев, А.В. Сидоров, С.В. Разин.

4. На основе нового подхода к анализу пространственно-распределенных данных, примененного к спутниковым измерениям поверхностной температуры мирового океана с ноября 1981г. по настоящее время, выделено три статистически значимые нелинейные динамические моды климатической изменчивости. Первая полностью описывает годовую изменчивость климатической системы. Вторая ответственна за Эль-Ниньо – Южное колебание; кроме того, она, совместно с третьей модой, объясняет значительную часть тихоокеанской и атлантической динамики. Продемонстрирована связь найденных мод с декадной изменчивостью климата: подтверждено наличие климатического сдвига в конце 20-го века, приведшего к холодной (отрицательной) фазе Тихоокеанского декадного колебания, во многом определяющей наблюдаемое замедление потепления атмосферы.

Авторы: Д.Н. Мухин, А.С. Гаврилов, Е.М. Лоскутов, Ю.Куртц, А.М. Фейгин

5. Получено точное решение квантовой задачи о бозе-эйнштейновской конденсации и установлена неэквивалентность описания конденсации в рамках канонического и большого канонического ансамблей для случая идеального газа в мезоскопических ловушках с произвольными параметрами во всей критической области. Доказано существование универсальных автомодельных критических функций, описывающих флуктуации и термодинамические свойства газа в критической области, в том числе форму лямбда-особенности теплоёмкости. Они найдены аналитически и, как оказалось, существенно зависят от геометрии удерживающего газ потенциала и граничных условий даже в термодинамическом пределе макроскопически большой системы.

Авторы: Кочаровский В.В., Кочаровский Вл.В., Тарасов С.В. (ИПФ РАН)

6. Впервые удалось пронаблюдать и зарегистрировать детальные ИК изображения бинаправленных лидеров - соединенных плазменным каналом и распространяющихся в противоположных направлениях положительного и отрицательного лидеров, которые самостоятельно рождаются в облаке положительно заряженного водного аэрозоля. Это открывает возможность лабораторного исследования внутриоблачных молний и начальных, внутриоблачных, этапов развития молниевых разрядов облако-земля с целью решения фундаментальной проблемы инициации молнии.

Авторы: Н.А. Богатов, Е.А. Мареев, В.А. Раков (ИПФ РАН), А.Ю. Костинский (Высшая школа экономики, ИПФ РАН), М.Г. Андреев, Л.М. Макальский, Д.И. Сухаревский, В.С. Сысоев (Всероссийский электротехнический институт).

7. Предложен и апробирован в натурном эксперименте метод фокусировки поля излучающей вертикальной антенны в заданный интервал глубин подводного звукового канала на заданной дистанции. Амплитудно-фазовое распределение сигналов на элементах излучающей антенны находится путем решения вариационной задачи о максимизации отношения средних интенсивностей звукового поля внутри и вне выбранного участка сечения на выбранной дальности. Введение дополнительного ограничения на диапазон допустимых углов скольжения возбуждаемых волн позволило получить решение в виде пучка, распространяющегося без отражений от дна, что важно для решения задачи фокусировки поля в отсутствие информации о параметрах грунта. Натурные испытания продемонстрировали реализацию метода в мелком море на дальностях до пяти глубин места установки излучающей антенны с заполненной апертурой и волновых размерах антенны от 10 до 20.

Авторы: В.В. Артельный, П.В. Артельный, А.Л. Вировлянский, А.Ю. Казарова, П.И. Коротин

8. Разработан и впервые реализован в условиях клиники неинвазивный метод диагностики меланомы и других новообразований кожи с помощью резонансной ближнепольной СВЧ-томографии. В основе метода лежит эффект изменения диэлектрической проницаемости и проводимости биологических тканей в области патологического процесса. Продемонстрирована возможность изучения глубинной структуры кожи. Установлены различия интегральной диэлектрической проницаемости тканей кожи в области пигментного невуса, меланомы и контрольной группы здоровой кожи.

Авторы: Д.В. Янин, А.Г. Галка, А.В. Костров, А.И. Смирнов, А.В. Стриковский.

9. Для решения проблемы робастного картирования деформаций в оптической когерентной томографии (ОКТ) предложен новый гибридный подход, сочетающий анализ фазовых вариаций, обычно применяемых на субволновых масштабах, и некорреляционное отслеживание смещений рассеивателей на масштабах больших и длины волны, и размера пикселя. Это значительно увеличивает диапазон допустимых деформаций в сравнении со стандартными подходами. В результате обеспечивается беспрецедентно высокая помехоустойчивость, критически важная для работоспособности эластографического картирования в наиболее практически интересном режиме ОКТ-обследования живой биоткани, естественные движения которой делают невозможным подавление помех за счет усреднения. Возможности метода подтверждены детальным численным моделированием и экспериментами с использованием фантомных образцов и реальных биотканей.

Авторы: В.Ю. Зайцев, Л.А. Матвеев, А.Л. Матвеев, В.М. Геликонов, Г.В. Геликонов (ИПФ РАН), A.Vitkin (University of Toronto, Canada).

10. Разработан лазерный усилитель на основе новой геометрии активного элемента – тонкий стержень конической формы, выполненный из кристалла Yb:YAG, обеспечивающий волноводное распространение диодной накачки («single-crystal fiber»). Экспериментально достигнут коэффициент усиления по слабому сигналу $K=6$ при мощности накачки 160 Вт, что около 2 раз больше, чем в стержне ранее известной цилиндрической формы. Экспериментально показано, что в разработанном усилителе на тонком стержне тепловые эффекты практически не влияют на качество и поляризацию усиливаемого лазерного пучка при мощности накачки до 200 Вт.

Авторы: Кузнецов И.И., Мухин И.Б., Вадимова О.Л., Палашов О.В. (ИПФ РАН), К.-И. Уэда (University of Electro-Communications, Japan).

11. В 3 раза повышена точность определения частот вращательного спектра молекулы OCS. В результате анализа измерений, выполненных на созданном в ИПФ РАН субдоплеровском спектрометре, для всех линий ниже 520 ГГц достигнута относительная точность лучше $3 \cdot 10^{-10}$, что делает спектр OCS лучшим вторичным эталоном частот при высокоточных лабораторных и радиоастрономических измерениях.

Авторы: Г.Ю. Голубятников, С.П. Белов, А.В. Лапинов.

12. Создан и введен в эксплуатацию не имеющий мировых аналогов мобильный, полностью автоматизированный наземный спектрорадиометрический комплекс с центральной частотой 110.836 ГГц, предназначенный для непрерывного мониторинга структуры озонного слоя Земли. Отличительные особенности комплекса: широкая (0.8 ГГц) полоса приема и анализа, высокое (60 КГц) спектральное разрешение, калибровка измеряемого сигнала по электронно управляемому внутреннему эталону, малое энергопотребление и вес. Комплекс открывает новые возможности для исследования быстропротекающих процессов в средней атмосфере Земли.

Авторы: А.А. Красильников, М.Ю. Куликов, Л.М. Кукин, В.Г. Рыскин, Л.И. Федосеев, А.А. Швецов, М.В. Беликович, Д.Н. Мухин, О.С. Большаков, А.М. Фейгин.

13. Разработан метод преобразования мёссбауэровского гамма излучения радиоактивного источника Co-57 в периодическую последовательность близких к спектрально-ограниченному пределу ультракоротких импульсов пикосекундной длительности с пиковой интенсивностью, почти на порядок превышающей интенсивность излучения источника в направлении наблюдения. Метод является развитием наших недавних экспериментов, в которых впервые мёссбауэровское гамма-излучение было

преобразовано в импульсы наносекундной длительности, он позволяет на три порядка сократить длительность импульсов и на порядок повысить их интенсивность.

Авторы: Е.В.Радионичев, В.А.Антонов (ИПФ РАН), Ф.Г.Вагизов (Казанский федеральный университет), Р.Н.Шахмуратов (КФТИ КазНЦ РАН), О.А.Кочаровская (Texas A&M University, USA).

14. Разработан метод автоматизированной корректировки параметров конечно-элементных моделей, базирующийся на управлении их спектральными характеристиками на основе поиска оптимального распределения поправок к жесткости конечно-элементной сетки. Метод не имеет аналогов в программных пакетах, используемых для численного моделирования динамических характеристик упругих систем. Верификация осуществляется исходя из измеренных амплитудно-частотных зависимостей импедансных характеристик объекта. Метод, интегрированный с технологиями суперэлементного моделирования, неконформной сеточной дискретизации и специального представления внешней безграничной среды, позволяет достигнуть низкой погрешности (2...3 дБ) прогнозирования акустических характеристик механоакустических систем произвольной сложности для числа степеней свободы в несколько миллионов при волновых размерах объекта до нескольких десятков. Итерационный процесс устойчив для исходного расхождения собственных частот с расчетными значениями до нескольких десятков процентов. Результат корректировки жесткости системы за счет вариации модуля Юнга демонстрирует учет узлов механических или сварных соединений с заранее неизвестными параметрами.

Авторы: А.С.Суворов, М.Б.Салин, П.В.Артельный, П.И.Коротин, И.А.Вьюшкина, Е.М. Соков.

15. Показано, что импульсы с кубической спектральной фазой после самомодуляции в нелинейной среде могут быть скомпрессированы с помощью дисперсионных зеркал, вносящих только квадратичную фазу, столь же эффективно, как и самомодулированные Фурье-ограниченные импульсы: примерно в $(1+B/2)$ раз, где B - интеграл распада. Экспериментально реализована компрессия мощных фемтосекундных импульсов в 2.3 раза. Обнаружен эффект качественного влияния кубической спектральной фазы на спектр самомодулированного импульса: в спектре появляются узкие пики, а уширение спектра существенно меньше, чем у Фурье-ограниченного импульса.

Авторы: Гинзбург В.Н., Кочетков А.А., Яковлев И.В., Миронов С.Ю., Шайкин А.А., Хазанов Е.А.

16. Предложен метод, позволяющий рассчитать интенсивность молекулярных линий с погрешностью менее 0.3%, что в применении к спектральным линиям углекислого газа означает повышение точности на порядок. Показано, что применение глобальных квантово химических расчетов из первых принципов, позволяет предсказывать интенсивности линий всех атмосферно значимых колебательно-вращательных полос любого изотополога CO_2 с указанной точностью. Точность подтверждается согласием с уникальными лабораторными измерениями в (30013)-(00001) полосе CO_2 в диапазоне 1.6 мкм, а также двумя независимыми лабораторными измерениями линий других полос CO_2 , проведенными в Германии и США после публикации результатов. Результат важен для оценки антропогенного парникового эффекта и соответствующих климатических изменений по данным дистанционного зондирования Земли.

Авторы: Полянский О.Л., Зобов Н.Ф. (ИПФ РАН), Lodi L., Tennyson J. (Университетский колледж Лондона, Великобритания); Bielska K., Ghysels M. (Университет Коперника, Польша); J.T. Hodges (NIST, США).

17. Для автоколебательных систем с запаздывающей обратной связью импульсного типа обнаружен новый механизм потери устойчивости регулярных колебаний. Бифуркация сопровождается возникновением сложных колебаний, характеризующихся неравными межимпульсными интервалами, – так называемых «дрожащих» режимов. Теоретически и экспериментально показано существование устойчивых дрожащих режимов с чередующимися длинными и короткими интервалами, находящихся во взаимно-однозначном соответствии с произвольными периодическими бинарными последовательностями. Продемонстрирована высокая мультистабильность дрожащих режимов, число которых возрастает экспоненциально с ростом величины запаздывания.

Авторы: Клиньшов В.В., Щапин Д.С., Некоркин В.И. (ИПФ РАН), Lücken L., Yanchuk S. (Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastics, Berlin, Germany).

18. Показана возможность формирования периодической последовательности ультракоротких импульсов в электронных СВЧ-генераторах с просветляющимся поглотителем в цепи обратной связи. В качестве поглотителя может быть использована дополнительная секция, в которой имеет место резонансное циклотронное взаимодействие излучения с первоначально прямолинейным электронным пучком. В численных расчетах продемонстрировано, что пиковая мощность генерируемых импульсов существенно превосходит как мощность стационарной генерации, так и, в ряде случаев, мощность электронного потока.

Авторы: Н.С.Гинзбург, Г.Г.Денисов, М.Н.Вилков, И.В.Зотова, А.С.Сергеев.

19. Впервые показано, что кулоновское взаимодействие между отрываемым электроном и родительским ионом играет важную роль в процессе генерации терагерцового излучения при оптическом пробое газов фемтосекундными лазерными импульсами, в значительной степени определяя оптимальные условия оптико-терагерцовой конверсии. Экспериментально продемонстрирована сильная зависимость оптимального фазового сдвига между компонентами лазерного поля на основной и удвоенной частотах от интенсивности лазерного излучения. Полученная зависимость хорошо объясняется предложенной теоретической моделью, учитывающей кулоновские эффекты и включающей в себя ранее известные механизмы генерации терагерцового излучения как предельные случаи.

Авторы: Александров Л.Н., Емелин М.Ю., Рябикин М.Ю., Иляков И.Е., Шишкин Б.В.

20. Впервые осуществлено прямое численное моделирование турбулентного устойчиво-стратифицированного воздушного потока над взволнованной водной поверхностью. Показано, что присутствие волн на поверхности воды снижает порог генерации турбулентности по числу Ричардсона и приводит к усилению турбулентного обмена. Обнаружен переходный докритический режим стратифицированного пограничного слоя, характеризующийся возбуждением трехмерных квазипериодических структур, порог возникновения которых зависит от крутизны поверхностной волны. Предложена интерпретация этого режима как результата развития параметрической неустойчивости возмущений, индуцированных в воздушном потоке волнами на поверхности воды (ИПФ РАН, ННГУ).

Авторы: Дружинин О.А., Троицкая Ю.И., Зилитинкевич С.С. (ИПФ РАН, ННГУ).

**II. РЕЗУЛЬТАТЫ,
ПРЕДСТАВЛЯЕМЫЕ В ОТЧЕТ РАН
ПО РАЗДЕЛУ
«ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
В ОБЛАСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ, ТЕХНИЧЕСКИХ,
ГУМАНИТАРНЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ НАУК»**

1. Отделение физики плазмы и электроники больших мощностей

1.1. В 3 раза повышена точность определения частот вращательного спектра молекулы OCS. В результате анализа измерений, выполненных на созданном в ИПФ РАН субдоплеровском спектрометре, для всех линий ниже 520 ГГц достигнута относительная точность лучше $3 \cdot 10^{-10}$, что делает спектр OCS лучшим вторичным эталоном частот при высокоточных лабораторных и радиоастрономических измерениях.

Авторы: Г.Ю. Голубятников, С.П. Белов, А.В. Лапинов (ИПФ РАН).

Публикации:

1. Г.Ю. Голубятников, С.П. Белов, А.В. Лапинов, “О точности измерений частот спектральных линий на примере исследования вращательных переходов молекулы $16\text{O}12\text{C}32\text{S}$ в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн”, 2015, Изв. ВУЗов. Радиофизика. т.58, No.8, с.691-71.

Аннотация. Прецизионные частоты молекулярных радиолний необходимы при исследованиях возбуждения молекул, измерениях скоростей в областях звездообразования, а также в качестве эталонных значений частот при спектральных исследованиях в линиях других молекул не только в межзвездной среде, но и в лаборатории [1-4]. Подобно ряду других молекул, основной изотополог $16\text{O}12\text{C}32\text{S}$ активно используется в качестве зонда для определения плотности в молекулярных облаках как нашей, так и соседних галактик [5,6]. Благодаря отсутствию обнаружимого сдвига линий давлением, высокой плотности вращательных переходов, следующих с периодом в 12 ГГц и высокой интенсивности линий вследствие относительно большого дипольного момента, равного $0.715D$ [7], спектр основного колебательного состояния OCS является одним из лучших калибровочных эталонов частот при высокоточных лабораторных измерениях. Представленный результат получен на субдоплеровском спектрометре ИПФ РАН [8], созданном при поддержке РФФИ и ОФН РАН. Благодаря лучшим характеристикам установки проведенные измерения в 3 раза превосходят по точности ранее выполненные исследования с провалом Лэмба на созданном с нашим участием субдоплеровском спектрометре в университете г.Киль [8].

1. Cazzoli G., Puzzarini C., and Lapinov A.V. 2003, ApJ 592, L95
2. Cazzoli G., Puzzarini C., and Lapinov A.V. 2004, ApJ 611, 615
3. Lapinov A.V. 2006, Proceedings of SPIE, 658001.
4. Лапинов А.В., Голубятников Г.Ю., Марков В.Н., Гварнери А. 2007. Письма в Астрон. ж., 33(2), 143.
5. Mauersberger R., Henkel C., Chin Y.-N. 1995, Astron. Astrophys. 294, 23
6. Martín S., Martín-Pintado J., Mauersberger R., Henkel C., García-Burillo S. 2005 ApJ 620, 210
7. Reinartz J.M.L.J., Dymanus A. 1974 Chem. Phys. Lett. 24, 346
8. Голубятников Г.Ю., Белов С.П. и др. 2013, Изв. ВУЗов. Радиофизика. 56, 666.
9. Golubiatnikov G.Yu., Lapinov A.V., Guarnieri A. and Knöchel R. 2005, J. Mol. Spectrosc., .234, 190.

1.2. Предложена электродинамическая система, позволяющая вводить и выводить микроволновую энергию широкого класса гироприборов через одно сверхразмерное окно. Работоспособность новой системы подтверждена в экспериментах с гиро-ЛБВ 8-мм диапазона на непрерывной мощности до 9 кВт. Предложенная конфигурация ввода-вывода перспективна для реализации широкополосных винтовых гиро-ЛБВ повышенной мощности (сотни киловатт) с умеренным усилением (15-25 дБ) на длинных и средних миллиметровых волнах, а также усилителей киловаттного уровня мощности коротковолновой части миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов.

Авторы: Г.Г. Денисов, А.А. Богдашов, И.Г. Гачев, С.В. Мишакин, С.В. Самсонов

Публикации:

1. G.G. Denisov, S.V. Samsonov, S.V. Mishakin, A.A. Bogdashov "Microwave system for feeding and extracting power to and from a gyrotron traveling-wave tube through one window", IEEE Electron Device Letters, 2014, Vol. 35, no.7, pp. 789 – 791.

2. Г.Г. Денисов, А.А. Богдашов, И.Г. Гачев, С.В. Мишакин, С.В. Самсонов "Новые системы ввода-вывода излучения для гиро-ЛБВ миллиметрового диапазона длин волн", Известия вузов. Радиофизика, 2015, т.58 (в печати).

3. S.V. Samsonov, A.A. Bogdashov, G.G. Denisov, I.G. Gachev, S.V. Mishakin, "Proof-of-Principle Experiment on High-Power Gyrotron Traveling-Wave Tube with a Microwave System for Driving and Extracting Power Through One Window", IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 2015 (в печати).

Аннотация. Для ряда важных научных и технических приложений (радиолокация высокого разрешения, телекоммуникационные системы, спектроскопия, установки по получению многозарядных ионов и т.д.) необходимы мощные широкополосные СВЧ-усилители. В частности, повышенный интерес проявляется к усилителям 8-мм и 3-мм диапазонов длин волн с импульсными мощностями выше или порядка 100 кВт, средней или непрерывной мощностью порядка 10 кВт и полосой усиления 5-10%. Для спектроскопических приложений актуальными являются усилители с частотами в диапазоне 220-300 ГГц и выходной мощностью десятки-сотни ватт.

В настоящее время в ИПФ РАН и ряде других исследовательских лабораторий ведутся активные исследования по разработке таких усилителей на основе гиро-ЛБВ со спирально-гофрированными волноводами. При этом одной из важных задач является разработка электродинамических устройств, обеспечивающих ввод микроволнового сигнала в вакуумный объем гиро-ЛБВ и вывод мощного сигнала из усилителя. В коротковолновой части миллиметрового диапазона проблемы ввода-вывода энергии начинают обостряться из-за миниатюризации одномодовых элементов и роста омических потерь.

В представленных работах предложен и реализован метод, который позволяет избавиться от отдельного малоразмерного входного окна, совместив его со сверхразмерным выходным окном. При этом кроме радикального упрощения технологии изготовления узла СВЧ ввода, также существенно улучшаются его характеристики по величине вводимой мощности и уровню вносимых потерь, что особенно проявляется в коротковолновой части миллиметрового и субмиллиметровом диапазонах длин волн. Принцип действия предложенной системы ввода-вывода через одно окно основан на селективном усилении в гиро-ЛБВ вращающихся волн, а также на использовании пассивных электродинамических устройств (без применения невзаимных элементов), преобразующих вращающиеся (сравнительно низкие) моды круглых волноводов в квазиоптические пучки с линейной поляризацией, и устройств, обеспечивающих пространственное разделение квазиоптических потоков со взаимно-ортогональными поляризациями электрического поля.

1.3. Предложен метод, позволяющий существенно снизить влияние неоднородного уширения на точность выполнения операций над ансамблевыми кубитами с использованием оптического управления в режиме рамановского нерезонансного взаимодействия. Метод основан на проведении однокубитовой операции в две стадии, на каждой из которых происходит сдвиг фазы одного из собственных векторов оператора реализуемого преобразования кубита. В результате пары последовательных преобразований линейная по отстройке оптического перехода от центра неоднородного уширения фазовая ошибка компенсируется.

Авторы: Р.А. Ахмеджанов, Л.А. Гушин, И.В. Зеленский, А.Г. Литвак, Д.А. Собгайда (ИПФ РАН), А.А. Калачев (КФТИ КАЗ НЦ РАН)

Публикации:

1. R.A. Akhmedzhanov, L.A. Gushchin, A.A. Kalachev, A.G. Litvak, D.A. Sobgayda, I.V. Zelensky, Single-qubit gates for ensemble qubits via off-resonant Raman interaction, *Laser Physics*, 25, 055202, 2015.

Аннотация. Нерезонансное рамановское взаимодействие является одним из перспективных способов реализации квантовых операций над кубитами с оптическим управлением. Основным преимуществом этого способа является малая населенность верхнего уровня в процессе взаимодействия, что позволяет существенно снизить влияние релаксации на оптических переходах. Использование ансамблевых кубитов позволяет улучшить отношение сигнал/шум, увеличить эффективность взаимодействия с оптическим излучением и упрощает техническую реализацию. Однако, существенным фактором, влияющим на проведение квантовых операций, становится неоднородное уширение кубитового ансамбля.

Авторами рассмотрена возможность использования нерезонансного рамановского взаимодействия для реализации однокубитовых операций над ансамблевыми кубитами. Предложен метод, позволяющий существенно снизить влияние неоднородного уширения на точность выполнения операций. Метод основан на проведении однокубитовой операции в две стадии, на каждой из которых происходит сдвиг фазы одного из собственных векторов оператора реализуемого преобразования кубита. Показано, что в результате пары последовательных преобразований, при соответствующем подборе параметров, линейная по отстройке оптического перехода от центра неоднородного уширения фазовая ошибка может быть скомпенсирована.

Предложенный подход может быть использован для самых различных физических реализаций кубитов.

1.4. Впервые реализованы непрерывные записи молекулярных спектров высокого разрешения с применением мощного источника непрерывного когерентного излучения субтерагерцового диапазона. Применение микроволнового комплекса на базе 263 ГГц/1 кВт гиротрона позволило, как минимум, на три порядка повысить чувствительность газовой спектроскопии с применением радиоакустического детектирования поглощения излучения. Результат открывает качественно новые возможности для фундаментальной спектроскопии и газоанализа.

Авторы: М.А. Кошелев, А.И. Цветков, М.Ю. Третьяков, М.Ю. Глявин, М.В. Морозкин, Г.Г.Денисов (ИПФ РАН)

Публикации

1. M.Yu.Glyavin, M.V.Morozkin, A.I.Tsvetkov, L.V.Lubyako Experimental investigations of 263 GHz/1 kW gyrotron based system for diagnostic of various media. 42nd IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS 2015), May 24-28, 2015, Belek, Antalya, Turkey

2. M.A. Koshelev, A.I. Tsvetkov, M.V. Morozkin, M.Yu. Glyavin, M.Yu. Tretyakov Sub-THz molecular spectroscopy with radioacoustic detection and high-power radiation source The XVIIIth Symposium and School on High Resolution Molecular Spectroscopy June 30 - July 4, 2015, Tomsk, Russia

3. M.Yu. Glyavin, A.V.Chirkov, G.G.Denisov, A.P.Fokin, V.V.Kholoptsev, A.N.Kuftin, A.G.Luchinin, G.Yu.Golubyatnikov, V.I.Malygin, M.V.Morozkin, V.N.Manuilov, M.D.Proyavin, A.S.Sedov, E.V.Sokolov, E.M.Tai, A.I.Tsvetkov, V.E.Zapevalov Experimental

tests of 263 GHz gyrotron for spectroscopy applications and diagnostic of various media, Rev. Sci. Instr., 86(5), 054705, 2015

4. M.Yu.Glyavin, T.Idehara, S.P.Sabchevski Development of THz gyrotrons at IAP RAS and FIR UF and their applications in physical research and high-power THz technologies IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, 5, 5, 788-797 (2015)

Аннотация. Чувствительность - ключевой параметр любого спектрометра. Чем выше чувствительность, тем выше точность измерения параметров спектральных линий и тем большее их число можно наблюдать в эксперименте. Высокая чувствительность спектрометра позволяет существенно расширить круг исследуемых объектов. Кроме того, спектрометры применяются для задач газоанализа, и, соответственно, чем выше их чувствительность, тем качественнее будет результат такого исследования.

Развиваемый в ИПФ РАН метод молекулярной газовой спектроскопии с использованием радиоакустического детектирования поглощения широко известен как один из наиболее чувствительных и точных методов исследования спектров молекул в диапазоне мм/субмм волн. Выходной сигнал спектрометра напрямую зависит от мощности падающего излучения и длины пути, которое излучение проходит в газе. Поэтому один из возможных путей повышения чувствительности этого спектрометра – увеличение мощности микроволнового излучения. Однако до недавнего времени не было перестраиваемых по частоте источников мощного высокостабильного когерентного излучения, необходимых для решения задач спектроскопии в мм/субмм диапазоне (так называемый «терагерцовый провал»).

Нами впервые реализованы непрерывные записи молекулярных спектров высокого разрешения с применением микроволнового комплекса на базе 263 ГГц/1 кВт гиротрона. Продемонстрировано, что повышение мощности излучения на три порядка привело к увеличению чувствительности газовой спектроскопии с применением радиоакустического детектирования поглощения излучения на три порядка. Показана возможность дальнейшего улучшения чувствительности данного спектроскопического метода. Благодаря достигнутой чувствительности в спектре SO₂ удалось впервые пронаблюдать слабые переходы, предсказанные теоретически. Результат открывает качественно новые возможности для фундаментальной спектроскопии и газоанализа.

1.5. Разработан и внедрен в телекоммуникационную систему дальней космической связи на 64-метровых антеннах в п.Медвежьи озера и г.Калязине малошумящий криогенный приемник X-диапазона с собственной шумовой температурой ниже 6 К, позволяющей обеспечить высокопроизводительную надежную связь с дальними космическими миссиями, в частности готовящейся российско-европейской миссии Экзо Марс. Аппарат также дает возможность вести на указанных антеннах радиоастрономические наблюдения в X-диапазоне.

Авторы: В.Вдовин, С.Дрягин, А.Елисеев, И.Леснов, Е.Певзнер, А.Пилипенко, В.Грачев, Р.Камалетдинов, И.Лукин, Б.Сапожников, В.Саурин (ИПФ РАН, ОКБ МЭИ)

Публикации:

1. П'ya V. Lesnov, Vyacheslav F. Vdovin, Corrected Link Budget Analysis for Terahertz Wireless Links, *Communications*. Vol. 3, No. 6, 2015, pp. 158-161. doi: 10.11648/j.com.20150306.11

2. В.Ф.Вдовин, В.Г. Грачёв, С.Ю.Дрягин, А.И.Елисеев, Р.К.Камалетдинов, Д.В.Коротаев, И.В.Леснов, М.А.Мансфельд, Е.Л.Певзнер, В.Г.Перминов, А.М.Пилипенко, Б.Д. Сапожников, В.П. Саурин. Криогенный малошумящий усилитель для радиоастрономических наблюдений и систем дальней космической связи на сантиметровых волнах. Принято в печать, *Astrophysical Bulletin* №1, 2016.

Аннотация. Задачи дальней космической коммуникации в связи с подготовкой и реализацией серии международных межпланетных проектов, в том числе Экзо-Марс, стала весьма актуальной. Повышение потенциала линии связи имеет существенный резерв в виде снижения собственных шумов приемной системы. Радикальным способом уменьшения шумов приемника является его глубокое криогенное охлаждение. В представляемом результате описан итог модернизации приемных комплексов на двух 64-метровых антеннах дальней космической связи в п.Медвежьи Озера и г.Калязин. Был разработан и внедрен в состав приемных комплексов два идентичных криогенных малошумящих усилителя на полевых транзисторах, охлажденные до физической температуры 5К при помощи криорефрижератора замкнутого цикла. Собственная шумовая температура усилителей при этом составляла $5 \pm 0,5$ К. Усилители построены по двухканальной двухполяризационной схеме, обеспечивающий эффективный прием входящих сигналов не зависимо от поляризации. Помимо лабораторных тестов, в результате которых измерены собственные характеристики МШУ, был проведен ряд циклов натурных измерений на антеннах, в том числе совместно с международной командой ESA, подтвердившей возможности высокоэффективной и скоростной коммуникации с марсианскими миссиями на базе модернизированных систем дальней космической связи. В результате натурных измерений по тестовым небесным источникам была измерена антенная температура комплекса, включая шумы самой антенны и температуру неба в зените. Она составляла ок. 20К и повышалась до 35-40К на углах близких к горизонту ($\sim 4^\circ$). Наличие двух идентичных комплексов в ближней окрестности друг от друга позволяют повысить надежность покрытия устойчивой связью небесной полусферы в указанном районе и снизить вероятность потери дорогостоящих объектов дальних космических миссий из-за отказов отдельных элементов коммуникационной инфраструктуры.

1.6. Предложен новый метод экстремальной самокомпрессии лазерных импульсов солитонного типа в процессе полевой ионизации газа. Аналитически и численно показано, что в волноведущей системе, заполненной двумя сортами газа с существенно различными потенциалами ионизации для обеспечения независимого управления вкладов керровской и ионизационной нелинейностей, имеет место адиабатическое уменьшение длительности волнового пакета от нескольких десятков фс до нескольких сотен ас, сопровождаемое сверхшироким смещением спектра в ультрафиолетовую область.

Авторы: Ким А.В., Литвак А.Г., Миронов В.А., Скобелев С.А. (ИПФ РАН)

Публикации:

1. A.V. Kim, A. G. Litvak, V. A. Mironov, S. A. Skobelev, "Extreme self-compression along with superbroad spectrum up-conversion of few-cycle optical solitons in the ionization regime", Phys. Rev. A., v, 92, 033856 (2015).

Аннотация. Показано, что в волноведущей системе с двумя независимыми типами нелинейностей (кубическая и ионизационная) имеет место адиабатическое уменьшение длительности лазерного импульса вплоть до одного колебания поля, сопровождаемая сверхшироким смещением спектра в коротковолновую область. Кубичная нелинейность определяет структуру солитона, а ионизационная приводит к перестройки частоты вверх по спектру, и соответственно, к уменьшению длительности. Режим самокомпрессии солитона, в таком случае, включает в себя две качественно отличающиеся друг от друга последовательные стадии. На первой лазерный импульс солитонного типа сжимается обычным образом, когда процесс адиабатически развивается, согласуясь с солитонными соотношениями. При этом экстремальная компрессия имеет место на втором этапе, когда солитон с малым числом колебаний поля становится однопериодным со сверхшироким спектром. Продемонстрировано, что на данной стадии процесс дальнейшей

самокомпрессии значительно ускоряется и сопровождается повышением сверхширокого спектра, сохраняя однопериодичность солитона на протяжении всего времени. Предложенный метод позволяет получить лазерные импульсы с длительностью в несколько сотен аттосекунд в ультрафиолетовой области с эффективностью в десятки процентов. Проведены исследования по оптимизации самокомпрессии лазерных импульсов, основанные на концепции солитонов высокого порядка.

1.7. Экспериментально и теоретически исследован эффект генерации терагерцового излучения при отражении фемтосекундных лазерных импульсов от поверхности металлов. Предложен тепловой механизм нелинейного отклика, позволяющий интерпретировать всю совокупность экспериментальных данных: длительность терагерцового излучения (превышающую на порядок длительность светового импульса), экспоненциальный рост энергии терагерцового импульса при увеличении падающей интенсивности, а также поляризацию и диаграмму направленности терагерцового излучения. Предложена методика диагностики процессов рассеяния электронов и теплопереноса в металлах на основе анализа нелинейного отклика.

Авторы:

Р. А. Ахмеджанов, И. Е. Иляков, В. А. Миронов, И. В. Оладышкин, Е. В. Суворов, Д. А. Фадеев, Б. В. Шишкин (ИПФ РАН)

Публикации:

1. E.V.Suvorov, R.A.Akhmedzhanov, D.A.Fadeev, I.E.Ilyakov, V.A.Mironov, and B.V.Shishkin. Terahertz emission from a metallic surface induced by a femtosecond optic pulse // *Optics Letters*, **37**, 2520-2522 (2012).

2. I.V. Oladyshkin, D.A. Fadeev and V.A. Mironov. Thermal mechanism of laser induced THz generation from a metal surface. // *Journal of Optics* **17**, 075502 (2015).

3. Миронов В.А., Оладышкин И.В., Суворов Е.В., Фадеев Д.А., Генерация терагерцового излучения при отражении фемтосекундных лазерных импульсов от поверхности металла // *ЖЭТФ* **146**, 211 (2014).

4. Р. А. Ахмеджанов, И. Е. Иляков, В. А. Миронов, И. В. Оладышкин, Е. В. Суворов, Д. А. Фадеев, Б. В. Шишкин, Генерация терагерцового излучения при взаимодействии интенсивных фемтосекундных лазерных импульсов с поверхностью металла // *Известия вузов. Радиофизика*, т. **57**, №11 (2014).

Аннотация. Авторами экспериментально исследован эффект генерации терагерцового излучения на поверхности металла при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов высокой интенсивности (в том числе при пробое воздуха вблизи поверхности и до порога разрушения образца). Была измерена зависимость эффективности оптико-терагерцовой конверсии от угла падения лазерного импульса, а также установлена экспоненциальная зависимость энергии терагерцового сигнала от энергии лазерного импульса.

Развиты модели теплового и пондеромоторного низкочастотного отклика среды, позволяющие объяснить всю совокупность накопленных данных (в том числе, данных других экспериментальных групп). Показано, что генерация терагерцового сигнала связана с неоднородным нагревом электронов лазерным импульсом и последующим возбуждением приповерхностных токов под действием градиента температуры. На основе теплового механизма интерпретированы наиболее сложные экспериментальные факты, такие как пикосекундная длительность ТГц излучения (превышающая длительность лазерного импульса в 10–30 раз) или резкое падение эффективности генерации при использовании тонкой металлической плёнки.

Развитие тепловой модели нелинейного отклика металла позволило предложить новый метод экспериментального исследования характеристик рассеяния электронов при температурах до нескольких эВ (до десятков тысяч К).

1.8. Развита теория, объясняющая экспериментально наблюдаемые процессы рождения, взаимодействия и эволюции вихревых структур в двумерных бозе-эйнштейновских конденсатах (БЭК). Показано, что в таких системах развитие модуляционной неустойчивости на фоне крупномасштабного провала плотности квазичастиц приводит к образованию пар вихрь-антивихрь. Исследовано формирование вихрей в экситон-поляритонном конденсате в условиях существенного влияния диссипативных эффектов при нерезонансном возбуждении экситон-поляритонов внешним излучением. Обнаружены различные режимы рассеяния вихревых пар на одиночном квантовом вихре в неоднородном атомарном БЭК. Найдены условия, при которых такое рассеяние сопровождается аннигиляцией вихрей с интенсивным излучением звуковых волн.

Авторы:

Л.А. Смирнов, В.А. Миронов, А.И. Смирнов (ИПФ РАН); Е.А. Островская, Д.А. Смирнова, Ю.С. Кившарь (Австралийский национальный университет)

Публикации:

1. Smirnov L. A., Smirnova D. A., Ostrovskaya E. A., Kivshar Yu. S. Dynamics and stability of dark solitons in exciton-polariton condensates. // Phys. Rev. B. Vol. 89. P. 235310. (2014).
2. Smirnov L.A., Smirnov A.I. Scattering of two-dimensional dark solitons by a single quantum vortex in a BoseEinstein condensate. // Phys. Rev. A. Vol. 92. P. 013636. (2015).
3. Смирнов Л.А., Смирнов А.И., Миронов В.А. Рассеяние вихревой пары на одиночном квантовом вихре в бозе-эйнштейновском конденсате. // ЖЭТФ. Принято к печати. [Т. 149. (2016).]

Аннотация. Исследованы динамика и взаимодействие вихревых структур в БЭК, объяснены эксперименты с атомарными и экситон-поляритонными БЭК, в которых наблюдалось образование вихревых структур.

Авторами численно и аналитически изучен процесс развития поперечной неустойчивости крупномасштабных провалов плотности в двумерных экситон-поляритонных БЭК при нерезонансном механизме фотовозбуждения экситонных поляритонов. Найдены условия, при которых такая неустойчивость приводит к рождению пар «вихрь-антивихрь», и проанализировано влияние диссипации на формирование вихревых структур [1]. Помимо этого исследованы особенности рассеяния вихревых пар, на одиночном квантовом вихре в атомарном БЭК с отталкивающим взаимодействием между атомами. Была развита асимптотическая теория, описывающая динамику вихревых пар в плавно неоднородном потоке бозе-эйнштейновском конденсате. С использованием вариационного подхода, в пренебрежении радиационными потерями, связанными с излучением звуковых волн, показано, что таким парам можно поставить в соответствие квазичастицы и описать их поведение каноническими уравнениями Гамильтона. Для этих уравнений найдены интегралы движения, которые, в частности, дают возможность проклассифицировать различные режимы рассеяния вихревых пар на одиночном квантовом вихре. Предложен способ, позволяющий оценить радиационные потери в результате столкновения солитоноподобного образования с фазовой сингулярностью. С помощью прямого численного моделирования показано, что взаимодействие вихревых пар с ядром одиночного квантового вихря может сопровождаться достаточно интенсивным излучением звуковых волн. Продемонстрировано, как радиационные потери приводят к трансформации пары вихрь-антивихрь в безвихревой двумерный темный солитон, т. е. к аннигиляции фазовых сингулярностей [2,3].

1.9. Разработан общий метод определения корреляционных характеристик источников квантового излучения в диссипативных квантовых средах, управляемых когерентным резонансным излучением. Метод основан на использовании ланжевеновских источников со свойствами, диктуемыми точными интегралами операторных уравнений для взаимодействующих квантовых подсистем. Показано, что в режиме электромагнитно-индуцированной прозрачности (ЭИП) имеет место существенная модификация стандартного соотношения, определяемого флуктуационно-диссипативной теоремой. Основным фактором, определяющим связь между мощностью шумов и нелинейным коэффициентом поглощения, является среднее число тепловых фотонов на низкой частоте атомного расщепления. Полученный результат может кардинальным образом модифицировать условия, при которых осуществимы различные манипуляции с неклассическими состояниями света в системах, основанных на ЭИП, в условиях конечных температур.

Авторы: М.А. Ерухимова, М.Д. Токман (ИПФ РАН)

Публикация:

1. Maria Erukhimova, Mikhail Tokman Fluctuation-dissipation relation in a resonantly driven quantum medium, *Optics Letters*, 40 (12), 2739, 2015.

Аннотация. В последние годы проявляется значительный интерес к механизмам генерации и управления неклассическими состояниями света на основе нелинейных оптических процессов. Одним из основных факторов, препятствующих достижению (или сохранению) экстремально низких квантовых флуктуаций света, является тепловой шум, связанный с процессами спонтанного излучения. В этой связи представляется важным построение корректного метода расчета шумовых характеристик управляемых резонансным излучением нелинейных систем, для описания которых необходим выход за рамки стандартной флуктуационно-диссипативной теоремы.

Авторами разработан общий метод расчета корреляционных характеристик шумовых источников квантового излучения в диссипативных атомных средах, управляемых когерентным резонансным излучением, в условиях контакта с тепловым резервуаром. Метод основан на использовании ланжевеновских источников со свойствами, диктуемыми точными интегралами операторных уравнений для взаимодействующих квантовых подсистем. Данный метод применен к рассмотрению стандартной Λ -схемы электромагнитно-индуцированной прозрачности. Теоретически предсказано, что в результате эффекта параметрической перекачки шумов между различными атомными переходами под действием когерентного управляющего поля связь между уровнем шумов поляризации на рабочей частоте и константой затухания излучения определяется средним числом тепловых фотонов на низкой частоте атомного расщепления. Показано, что уровень добавочных тепловых шумов становится существенным, например, в парах Rb уже при температурах порядка 1 К.

Полученный результат может кардинальным образом модифицировать условия, при которых осуществимы различные манипуляции с неклассическими состояниями света в системах, основанных на ЭИП, в условиях конечных температур.

1.10. Предложена фрактальная модель компактных внутриоблачных разрядов (КВР), интерпретирующая основные свойства их широкополосного электромагнитного излучения. В рамках предложенной модели компактный разряд рассматривается как результат взаимодействия двух или более биполярных стримерных структур, формирующихся в крупномасштабном электрическом поле грозового облака. Модель описывает генерацию наблюдаемых коротких биполярных импульсов электрического

поля КВР и синхронных с ними сверхмощных всплесков высокочастотного излучения в земной атмосфере. На основе самосогласованного фрактального подхода изучены возникновение и эволюция разряда.

Авторы: Давыденко С.С., Иудин Д.И. (ИПФ РАН)

Публикации:

1. Иудин Д.И., Давыденко С.С., Фрактальная модель компактного внутриоблачного разряда. I. Особенности строения и эволюции // Известия вузов. Радиофизика. 2015, т.58, №7, стр.530-551.

2. Давыденко С.С., Иудин Д.И., Фрактальная модель компактного внутриоблачного разряда. II. Характеристики электромагнитного излучения // Известия вузов. Радиофизика (*направлена в печать*).

Аннотация. В начале 80-х годов прошлого века впервые наблюдались необычные внутриоблачные разряды, электрическое поле которых в дальней зоне представляет собой одиночный биполярный импульс с длительностью $10\div 30$ мкс, сопровождающийся сверхмощным коротким всплеском высокочастотного излучения. В дальнейшем эти электрические источники были выделены в отдельный класс и получили название компактных внутриоблачных разрядов (КВР). Несмотря на многолетние исследования и значительный объём накопленных к настоящему времени экспериментальных данных, природа КВР во многом оставалась неясной. Для объяснения данного явления предложена новая модель, в рамках которой КВР рассматривается как результат взаимодействия двух (или более) биполярных стримерных структур, формирующихся в сильном крупномасштабном электрическом поле грозового облака. Модель предполагает две стадии развития компактного разряда. На предварительной стадии в области локального максимума электрического поля (в окрестности границы основного положительного и основного отрицательного слоёв пространственного заряда в грозовом облаке или основного положительного и отрицательного экранирующего слоёв) последовательно возникают две или более биполярных стримерных структуры. Динамика электрических зарядов и эволюция пространственно-временной структуры стримерных разрядов рассматриваются в рамках самосогласованного фрактального подхода, основанного на концепции клеточных автоматов. Время развития стримерных структур определяется характеристиками образующих их проводящих каналов и может достигать десятков миллисекунд. Пространственно-временная синхронизация биполярных стримерных структур обеспечивается высотной модуляцией внешнего электрического поля с характерным масштабом от нескольких десятков до сотен метров, возможным источником которой может служить, в частности, крупномасштабная турбулентность облачной среды или потоковая неустойчивость. Показано, что одиночная биполярная стримерная структура по мере своего развития накапливает вблизи своих концов значительные электрические заряды разного знака. Начало основной стадии компактного внутриоблачного разряда соответствует возникновению электрической связи между развитыми стримерными структурами, при которой накопленный на смежных концах структур электрический заряд нейтрализуется за время, много меньшее длительности предварительной стадии. Установлено, что основные параметры возникающего импульса тока на основной стадии КВР хорошо согласуются с оценками, полученными ранее в приближении передающей линии. Показано, что вследствие особенностей структуры разряда на основной стадии КВР форма наблюдаемого в дальней зоне импульса электрического поля реализуется в широком интервале параметров разряда. В рамках предложенного подхода находит объяснение ряд наблюдаемых особенностей излучения КВР, в частности слабое (с уровнем ниже установленных в экспериментах порогов обнаружения) излучение на предварительной стадии разряда, а также формирование мощного короткого биполярного импульса электрического поля и синхронизацию всплесков излучения в ОНЧ/НЧ и ВЧ/ОВЧ диапазонах на основной стадии КВР.

2. Отделение геофизических исследований. Центр гидроакустики

2.1. В экспериментах с отслеживанием кластеров золота Au₈ на поверхности кремниевого субстрата продемонстрирована способность поверхностных акустических волн (ПАВ) сильно интенсифицировать диффузию небольших атомных кластеров. Наблюдалось ~20-кратное возрастание эффективного коэффициента диффузии при комнатной температуре в присутствии ПАВ, генерируемой наносекундными лазерными импульсами с частотой повторения 100 Гц. Молекулярно-динамическое моделирование выявило, что эффект обусловлен эффективным ростом высших гармоник ПАВ при нелинейном укрупнении ее профиля, что обеспечивает возможность квазирезонансного взаимодействия ПАВ с атомными кластерами. В моделировании для предельных параметров ПАВ по амплитуде и частоте наблюдалось гигантское (~4500 раз) ускорение диффузии, эквивалентное росту температуры на 10³К. Масштабный пересчет показывает, что при реалистичных параметрах ПАВ возможно увеличение скорости диффузии порядка сотен раз, что может иметь важные последствия для развития новых технологий, в которых акустическое воздействие может заменить нежелательное прямое увеличение температуры.

Авторы: В.Ю. Зайцев (ИПФ РАН), M.V. Shugaev, C. Wu, and L. V. Zhigilei (University of Virginia, USA), A. J. Manzo, H. Helvajian (Aerospace Corporation, USA).

Публикации:

1. M. V. Shugaev, A. J. Manzo, C. Wu, V. Y. Zaitsev, H. Helvajian, and L. V. Zhigilei, "Strong enhancement of surface diffusion by nonlinear surface acoustic waves," *Physical Review B* **91**, 235450(1–11) (2015).

2. C. Wu, V. Y. Zaitsev, and L. V. Zhigilei, "Mechanism of acoustically induced diffusional structuring of surface adatoms," *Applied Physics Letters* **103**, 221601 (2013).

3. C. Wu, V. Y. Zaitsev, and L. V. Zhigilei, "Acoustic Enhancement of Surface Diffusion," *The Journal of Physical Chemistry C* **117**, 9252–9258 (2013).

Аннотация. На основе комбинированного исследования методами компьютерного моделирования и в экспериментах с флюоресцентным отслеживанием кластеров золота Au₈ на поверхности кремниевого субстрата продемонстрирована способность поверхностных акустических волн (ПАВ) сильно интенсифицировать диффузию небольших атомных кластеров. Экспериментально наблюдалось ~20-кратное возрастание эффективного коэффициента диффузии при комнатной температуре в присутствии ПАВ, генерируемой наносекундными лазерными импульсами с частотой повторения 100 Гц. Молекулярно-динамическое моделирование выявило, что эффект обусловлен эффективным ростом высших гармоник ПАВ при нелинейном укрупнении ее профиля, что обеспечивает возможность квазирезонансного взаимодействия ПАВ с атомными кластерами. В моделировании для предельных параметров ПАВ по частоте и амплитуде (приближающейся к порогу разрушения материала подложки) наблюдалось гигантское (~4500 раз) ускорение диффузии, эквивалентное росту температуры на 10³К. Масштабный пересчет показывает, что при реалистичных условиях генерации ПАВ (близких к реализованным в пробных экспериментах с дополнительной оптимизацией) возможно увеличение скорости диффузии порядка сотен раз, что может иметь важные последствия для развития новых технологий, в которых акустическое воздействие способно заменить прямое увеличение температуры, когда непосредственный нагрев нежелателен или требуется быстрое изменение условий протекания поверхностных процессов.

2.2. Разработаны методы определения характеристик ветрового волнения и оптических свойств воды по изображениям морской поверхности, наблюдаемой из-под воды в условиях естественного освещения. Предложены аналитические модели

случайных реализаций и статистических характеристик изображения подводной солнечной дорожки, которая образуется в результате преломления прямого света Солнца на морской поверхности, и искаженного волнением круга Снеллиуса – подводного изображения небосвода. Созданы и апробированы алгоритмы восстановления дисперсии уклонов и кривизны поверхности, коэффициентов пространственной и временной корреляции ее уклонов, а также показателей поглощения и рассеяния воды по изображениям подводной солнечной дорожки и круга Снеллиуса. Тем самым создана методическая основа для использования донных оптических датчиков и подводного телевидения в качестве средства контроля состояния водной поверхности и содержания в воде оптически активного вещества.

Авторы: А. А. Мольков, Л. С. Долин

Публикации:

1. Мольков А.А., Долин Л.С. Информативные свойства подводной солнечной дорожки // Изв. вузов. Радиофизика. 2009. Т. 52. № 1. С. 36-45.
2. А.А. Мольков, Л.С. Долин. Определение характеристик ветрового волнения по подводному изображению морской поверхности // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2012. Т.48. №5. С. 617- 630.
3. А.А. Мольков, Л.С. Долин. Определение дисперсии уклонов взволнованной водной поверхности по размытию границы круга Снеллиуса // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2013. Т.49. № 5. С. 615- 626.
4. Мольков А.А., Долин Л.С. О возможности определения оптических свойств воды по изображению подводной солнечной дорожки // Изв. вузов. Радиофизика. 2015. Т. 58, №8, С. 651-663.

Аннотация. Цель исследований заключалась в создании методической основы для количественной оценки характеристик ветровых волн и мутности воды с помощью оптических средств подводного видения, позволяющих регистрировать изображение взволнованной водной поверхности при ее наблюдении из-под воды. Для решения указанной проблемы была разработана математическая модель подводного изображения поверхности, которая устанавливает зависимость его мгновенной структуры и статистических характеристик от параметров волнения и оптических свойств воды. Модель детально проработана для двух наиболее информативных элементов изображения поверхности - подводной солнечной дорожки и круга Снеллиуса. Она справедлива для двумерного анизотропного волнения и учитывает эффекты рассеяния света в воде. Модель включает в себя формулы для расчета статистически среднего (накопленного) изображения подводной солнечной дорожки и пространственно-временной корреляционной функции ее изображения, а также формулы для расчета накопленного изображения круга Снеллиуса. На ее основе построены алгоритмы определения дисперсии уклонов поверхности по накопленным изображениям подводной солнечной дорожки и круга Снеллиуса. Получены формулы для определения пространственных коэффициентов корреляции и дисперсии уклонов и кривизны водной поверхности по измеренной функции корреляции изображения подводной солнечной дорожки. Установлено, что в интервале глубин, где изображение поверхности формируется преимущественно прямым светом Солнца, возможно определение показателя ослабления воды по результатам измерения видимой яркости накопленного изображения солнечной дорожки на 2-х различных глубинах. Указан способ оценки показателя рассеяния воды по соотношению световых потоков, заключенных в солнечной дорожке и в световом ореоле вокруг нее.

Предложенные алгоритмы апробированы в натурных экспериментах, проводившихся на Черное море и Горьковское водохранилище на глубинах до 30м при различных условиях освещения и скоростях ветра от 1 до 15м/с. В результате была экспериментально подтверждена возможность определения дисперсии уклонов

поверхности в направлении ветра и в поперечном к ветру направлении по изображениям подводной солнечной дорожки и круга Снеллиуса, возможность определения показателей рассеяния и ослабления воды путем обработки изображений подводной солнечной дорожки, а также возможность использования средств подводного видения для контроля процесса цветения воды и наблюдения органических пленок на водной поверхности.

Полученные результаты носят пионерский характер.

2.3. Обнаружены режимы, когда изменение условий распространения однонаправленных нелинейных волн на поверхности воды приводит к росту вероятности больших волн. Дано их объяснение, основанное на разных законах роста амплитуд солитонной и несолитонной (квазилинейной) составляющих нерегулярных волн. Такие ситуации могут возникать при уменьшении глубины бассейна в случае длинных волн; быстром или адиабатически медленном притоке энергии к волнам на глубокой воде (например, под действием ветра). Изменение статистики волн велико при достаточно большой доле солитоноподобных волн или групп волн в полях.

Авторы: Е.Н. Пелиновский, А.В. Сергеева, А.В. Слюняев, Т.Г. Талипова

Публикации:

1. A. Sergeeva, E. Pelinovsky, T. Talipova Nonlinear random wave field in shallow water: variable Korteweg-de Vries framework. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 11, 323–330 (2011).

2. A. Sergeeva, A. Slunyaev, E. Pelinovsky, T. Talipova, and D.-J. Doong, Numerical modeling of rogue waves in coastal waters. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 14, 861–870 (2014).

3. A. Slunyaev, A. Sergeeva, and E. Pelinovsky, Wave amplification in the framework of forced nonlinear Schrödinger equation: the rogue wave context. Physica D 303, 18–27 (2015).

Аннотация. Динамика волн на морской поверхности зачастую предполагается практически линейной: в виде случайной суперпозиции синусоидальных волн либо волн Стокса, что приводит к описанию вероятности высот волн с помощью распределения Рэлея или его модификаций. Как показывают исследования последних лет, с учетом нелинейной динамики вероятность высоких морских волн может превышать классическое описание во много раз.

Ситуации, когда эффекты нелинейной динамики волн наиболее заметны, характеризуются большим числом Урселла Ur (в случае мелководья, когда доминируют 3-волновые нелинейные процессы), либо большим значением индекса модуляционной неустойчивости BFI (в случае достаточно глубокой воды, когда доминируют 4-волновые взаимодействия, и выполняется условие модуляционной неустойчивости). Нами обнаружено, что в этих случаях (большой нелинейности в смысле значений Ur и BFI) изменение условий распространения однонаправленных волн, эффективно добавляющих энергию в систему волн, приводит к еще большей "экстремизации" волнения. В частности, это происходит при уменьшении глубины (в случае длинных волн) или быстрого притока энергии (например, от ветра): как в момент появления накачки, так и сразу после ее прекращения. Также показано, что в случае адиабатически медленной накачки энергией вероятность высоких волн также становится выше, чем если бы рассматривалась система с таким же изначально заданным уровнем энергии.

Исследование проводилось численно в рамках интегрируемых уравнений, коэффициенты которых делались зависимыми от внешних условий (уравнения Кортевега - де Вриза и нелинейное уравнение Шредингера). Описанные эффекты связываются с динамикой солитонов и солитонов огибающей, находящихся в достаточном количестве в случайных волновых полях. При внешних воздействиях изменение амплитуд солитонной составляющей волн происходит иначе, чем несолитонной (квазилинейных волн), что

изменяет вероятностные свойства реализаций волн. В силу фундаментальности использованных моделей результаты имеют широкий круг применения.

2.4. Показано, что модулированные световые потоки (волны фотонной плотности), распространяющиеся в анизотропно рассеивающей среде типа морской воды, обладают аномальной дисперсией, которая при некотором наборе параметров, характеризующих среду и пакет волн, может приводить к эффекту временной фокусировки – сжатию импульсного сложно модулированного сигнала.

Авторы: А.Г. Лучинин, Л.С. Долин

Публикации:

1. А.Г. Лучинин, Л.С. Долин. Дисперсия волн фотонной плотности в морской воде. Труды VIII Международной конференции "Современные проблемы оптики естественных вод". Санкт-Петербург. 2015. С. 35-39.

2. А.Г. Лучинин, Л.С. Долин. О дисперсионных свойствах волн фотонной плотности в анизотропно рассеивающих средах. Изв. вузов. Радиофизика. Принято к печати.

3. А.Г. Лучинин. Теория подводного лидара со сложно модулированным пучком подсветки. Известия РАН. ФАО. 2012. Т.48. №6. С. 739-748.

Аннотация. Исследованы дисперсионные свойства волн фотонной плотности, возбуждаемых точечным мононаправленным источником и распространяющихся в морской воде. Показано, что пространственно-временное распределение облученности для волн фотонной плотности при высоких частотах модуляции существенно отличается от аналогичного распределения для стационарного светового поля. Эти эффекты связаны с когерентным (но не синфазным) на частоте модуляции сложением компонент излучения, приходящих в заданный объем из других объемов среды. Исследованы частотные зависимости фазовой и групповой скоростей волн фотонной плотности в анизотропно рассеивающей мутной среде типа морской воды. Показано, что по отношению к этим волнам мутная среда обладает аномальной дисперсией, а их фазовая и групповая скорости являются функциями длины трассы. Рассмотрена возможность временной фокусировки волн фотонной плотности при линейной частотной модуляции излучаемого импульса. Показано, что зависимость показателя ослабления волны фотонной плотности от ее частоты препятствует полному сжатию модулирующего сигнала. Выполнены оценки величины сжатия ЛЧМ - сигналов с различными параметрами.

2.5. В уникальном совместном эксперименте, выполненном на крупномасштабном плазменном стенде «Крот» (ИПФРАН) и на ионосферном нагревном стенде «Сура», обнаружена тонкая структура вытянутых неоднородностей концентрации – дактов плотности, образующихся в результате высокочастотного нагрева замагниченной плазмы. Мелкомасштабные неоднородности концентрации модифицируют пространственные и амплитудно-частотные характеристики низкочастотных волн, захватываемых в дакты в режиме волноводного распространения. Предложен механизм формирования мелкомасштабных неоднородностей.

Авторы: Н.А. Айдакина, И.Ю. Зудин, М.Е. Гушин, С.В. Коробков, А.В. Костров (ИПФ РАН), В.Л. Фролов (НИРФИ)

Публикации:

1. В.Л. Фролов, В.О. Раппопорт, Е.А. Шорохова, Н.А. Айдакина, М.Е. Гушин, И.Ю. Зудин, С.В. Коробков, А.В. Костров, М. Парро, Ж.-Л. Рош. Тонкая структура дактов

плотности, формируемых при активном радиочастотном воздействии на лабораторную и космическую плазмы. Письма в ЖЭТФ, т.101, вып.5, с.342 – 346 (2015).

Аннотация. Искусственные неоднородности околосредней замагниченной плазмы – дакты плотности, вытянутые вдоль линий геомагнитного поля, представляют значительный интерес как волноводные каналы для электромагнитного излучения различных частотных диапазонов. В первую очередь, такие неоднородности могут способствовать повышению эффективности транспортировки излучения наземных длинноволновых передатчиков в магнитосферу Земли и его распространения по длинным магнитосферным трассам. Свойства дактов плотности, формирующихся за счет локализованного нагрева плазмы, как волноводных структур для низкочастотных волн ранее исследовались и в лабораторной, и в космической плазме. Однако недавно в ионосферных экспериментах было установлено, что возникающие над нагревными стендами дакты (с характерным поперечным размером порядка 100 км) имеют мелкомасштабную структуру, т.е. включают в себя неоднородности плотности плазмы с размерами поперек геомагнитного поля от десятков метров до нескольких километров. Такие неоднородности могут существенным образом изменять режимы распространения низкочастотных волн за счет трансформации их спектра волновых векторов и амплитудно-частотных характеристик.

В экспериментах обнаружена и исследована мелкомасштабная структура дактов плотности, формируемых при радиочастотном нагреве лабораторной и ионосферной плазмы. Лабораторные эксперименты были поставлены на плазменном стенде «Крот». Ионосферные исследования были выполнены с использованием нагревного стенда «Сура», измерения формирующихся неоднородных плазменно-полевых структур были выполнены на борту геофизического спутника DEMETER (Франция). Было установлено, что неоднородности концентрации приводят к глубокой амплитудной модуляции, обогащению пространственной структуры и спектра пробных низкочастотных волн, которые в натурном эксперименте возбуждались наземным сверхдлинноволновым передатчиком, а в лабораторной плазме – с помощью антенн. В подробных лабораторных исследованиях был установлен пороговый характер эффекта развития мелкомасштабных неоднородностей по мере увеличения мощности греющего поля; мелкомасштабные неоднородности предположительно обусловлены развитием дрейфовой неустойчивости в модифицированной области плазмы.

2.6. Экспериментально в натуральных условиях показаны возможности когерентных методов сейсмоакустического зондирования верхнего слоя земных пород для предварительной диагностики площадок археологических изысканий (оконтуривания площадки и локализации объектов). Предложенные для этих целей методы высокого разрешения основаны на анализе дисперсионных свойств поверхностной волны Рэлея и согласованной пространственной фильтрации сигналов обратного рассеяния. Тестовые измерения выполнены на площадке раскопок захоронений периода раннего средневековья (5-7 вв. н.э.) в условиях предельно малого (~1%) геоакустического контраста археологических объектов на фоне окружающего грунта. Показана высокая эффективность предложенных методов в сравнении со стандартными методами малоглубинной сейсморазведки (электро- и магниторазведка, георадар).

Авторы: В.С. Авербах, А.И. Коньков, А.В. Лебедев, А.И. Малеханов, С.А. Манаков, В.И. Таланов (ИПФ РАН), Н.Н. Грибов (ННГУ).

Публикации:

1. A.I. Konkov, A.V. Lebedev, S.A. Manakov. Rayleigh Wave Dispersive Properties of a Vector Displacement as a Tool for P- and S-wave Velocities Near Surface Profiling // Handbook of Geomathematics, 2nd Edition, Springer, Heidelberg. 2014. pp. 1–15.

2. Авербах В.С., Коньков А.И., Лебедев А.В., Малеханов А.И., Манаков С.А., Таланов В.И., Методы когерентной инженерной сейсморазведки в Институте прикладной физики РАН // Технологии сейсморазведки. 2015. № 2. С. 119–12.

Аннотация. Экспериментально в натуральных условиях показаны возможности когерентных методов сейсмоакустического зондирования верхнего слоя земных пород для предварительной диагностики площадок археологических изысканий (оконтуривания площадки и локализации объектов). Предложенные для этих целей методы высокого разрешения основаны на анализе дисперсионных свойств поверхностной волны Рэлея и согласованной пространственной фильтрации сигналов обратного рассеяния. Тестовые измерения выполнены на площадке раскопок захоронений периода раннего средневековья (5-7 вв. н.э.) в условиях предельно малого (~1%) геоакустического контраста археологических объектов на фоне окружающего грунта. Показана высокая эффективность предложенных методов в сравнении со стандартными методами малоглубинной сейсморазведки (электро- и магниторазведка, георадар).

3. Отделение нелинейной динамики и оптики

3.1. Впервые продемонстрирован лазерный источник перестраиваемых в диапазоне 1.6...2.65 мкм рамановских солитонных импульсов с измеренной длительностью 100 фс на базе гибридной Er/Tm волоконной системы и микроструктурированного вольфрамат-теллуритного световода. Расчеты, выполненные в рамках откалиброванной по экспериментальным данным математической модели показывают, что при увеличении энергии импульсов накачки в нелинейном световоде возможно смещение длины волны солитонов до 4 мкм.

Авторы: Коптев М.Ю., Анашкина Е.А., Андрианов А.В., Муравьев С.В., Ким А.В (ИПФ РАН); Дорофеев В.В. (ИХВВ РАН); Косолапов А.Ф. (НЦВО РАН)

Публикации

1. M.Yu. Koptev, E.A. Anashkina, A.V. Andrianov, V.V. Dorofeev, A.F. Kosolapov, S.V. Muravyev, A.V. Kim, "Widely tunable mid-infrared fiber laser source based on soliton self-frequency shift in microstructured tellurite fiber" *Optics Letters*, **40**, p. 4094 (2015).

Аннотация. Частотно-перестраиваемые источники лазерного излучения ультракороткой длительности в диапазоне длин волн свыше 2 мкм представляют интерес для многих фундаментальных и прикладных задач. В этом диапазоне находятся полосы поглощения многих молекулярных соединений, в том числе атмосферных газов и органических молекул, что может быть использовано для разработки систем мониторинга атмосферы, дистанционной диагностики и биомедицины. Перспективным путем создания таких источников представляется нелинейно-оптическое преобразование импульсов хорошо освоенного ближнего ИК диапазона в световодах на основе халькогенидных, фторидных, теллуритных стекол. Теллуритные световоды обладают большой нелинейностью (в 100-1000 раз выше, чем кварцевые), менее токсичны и более стойки к кристаллизации, чем халькогенидные. Данные световоды достаточно легко могут быть микроструктурированы для управления дисперсионными свойствами, в частности, для смещения материального нуля дисперсии, который обычно расположен за 2 мкм, в более коротковолновый диапазон за счет волноводного вклада.

В данной работе впервые продемонстрирован лазерный источник перестраиваемых в диапазоне 1.6-2.65 мкм рамановских солитонных импульсов с измеренной длительностью ~100 фс на базе гибридной Er/Tm волоконной системы и микроструктурированного световода, изготовленного из высокочистого вольфрамат-теллуритного $\text{TeO}_2\text{-WO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ (TWL) стекла. Основу источника составляет разработанный нами ранее эрбиевый фемтосекундный задающий лазерный генератор с пассивной синхронизацией мод и волоконно-оптический усилитель на длине волны 1.6 мкм. Далее реализованы два варианта: 1) непосредственное преобразование сигнала с выхода эрбиевого усилителя в отрезке TWL световода в диапазоне 1.6-2.25 мкм; 2) перестройка на рамановском эффекте несущей длины волны сигнала с выхода эрбиевого усилителя с 1.6 до 2 мкм в кварцевом волокне с последующим усилением в тулиевом активном волокне и дальнейшее нелинейно-оптическое преобразование усиленных импульсов в TWL световоде в диапазоне 2-2.65 мкм. Перестройка несущей длины волны солитонов осуществлена путем изменения энергии импульсов накачки, заводимых в TWL световод (при максимальном оцененном значении ~120 пДж).

Нелинейный TWL световод изготовлен оригинальным расплавным методом в герметичной установке из кварцевого стекла в потоке очищенного кислорода. Микроструктурирование осуществлялось посредством сверления шести отверстий в заготовке. Световод имеет диаметр сердцевины около 3 мкм. Измеренные оптические потери ниже чем 1.5 дБ/м на длинах волн 1.2-1.6 мкм и не превышают 3.5 дБ/м на 2 мкм. Методом спектральной интерферометрии проведены измерения дисперсии групповых скоростей и нелинейности, хорошо совпадающие с результатами соответствующих

расчетов. Нуль дисперсии групповых скоростей расположен около 1.55 мкм, для больших длин волн дисперсия аномальная.

При распространении импульсов в аномальной области дисперсии TWL световода вначале наблюдается спектральное уширение, сопровождаемое временной компрессией, с последующим формированием фундаментальных солитонов, поскольку входной порядок солитона $N > 1$. Далее за счет эффекта рамановского рассеяния по мере распространения вдоль TWL волокна происходит плавная перестройка их несущей длины волны. Методом оптического стробирования со спектральным разрешением (FROG) установлено, что перестраиваемые импульсы имеют *sech*-форму, являются когерентными и спектрально-ограниченными с длительностью около 100 фс.

В результате численного расчета на базе однонаправленного волнового уравнения, учитывающего все основные эффекты и актуальные параметры TWL световода, было показано, что при увеличении до 2 нДж энергии импульсов накачки на длине волны 2 мкм происходит сдвиг несущей длины волны рамановских солитонов до 4 мкм. Предельная перестройка ограничивается оптическими потерями и квадратичной дисперсией.

3.2. Показано, что учет квантового характера излучения электрона в релятивистски сильных полях линейно-поляризованных волн может проявиться в полном разрушении регулярных классических аттракторов, даже в случаях, когда радиационные потери несущественны. Дискретность испускания фотонов трансформирует локализованное или дрейфовое движение в диффузионное, сменяя радиационное охлаждение стохастическим нагревом, и делает динамику электронов представимой в виде Марковской цепи.

Авторы: А.В. Башинов, А.В. Ким, А.М. Сергеев

Публикации

1. A.V. Bashinov, A.V. Kim, and A.M. Sergeev “Impact of quantum effects on relativistic electron motion in a chaotic regime” *Phys. Rev. E* **92**, 043105 (2015).

Аннотация. В настоящее время уделяется большое внимание взаимодействию релятивистски сильного лазерного излучения с веществом. Интерес к этой области вызван в первую очередь возможностью создания компактных ускорителей заряженных частиц и источников рентгеновского и гамма излучения. Несмотря на то, что интенсивность лазерного излучения в экспериментах не превосходит величин порядка 10^{22} Вт/см², и энергетические потери частиц на излучение много меньше осцилляторной энергии в лазерном поле, учет отдачи от излучения фотонов может быть необходим.

С одной стороны, даже малые изменения траектории частиц в течение периода поля лазерного излучения, обусловленные незначительными радиационными потерями, могут качественно изменять характер движения на временах много больших периода поля, что следует из теоремы о сжатии фазового пространства вызываемого диссипативными силами. С другой стороны, стохастичность испускания фотонов может хаотизировать движение частиц, что может приводить к увеличению объема фазового пространства.

В рамках настоящей работы было проанализировано движение электрона в релятивистски сильном поле стоячей линейно-поляризованной волны при классическом (с помощью силы Ландау-Лифшица) и квантовом (случайное излучение фотонов) описаниях радиационных потерь. В случае классического описания радиационных потерь объем фазового пространства сжимается. В диапазоне амплитуд полей, выраженных в релятивистских единицах, от 35 до 136 образуются регулярные аттракторы, при движении вдоль которых температура стремится к нулю, а энтропия уменьшается. В пространстве электроны дрейфуют вдоль вектора Пойнтинга, не смещаясь в среднем вдоль вектора электрического поля. Энергетический спектр электронов дискретный. Анализ движения электронов, выполненный с помощью показателей Ляпунова, позволяет сделать вывод, что сближение электронов в фазовом пространстве за счет диссипации происходит

намного медленнее, чем их разбегание между актами излучения. В связи с этим, при квантовом описании излучения, учитывающего дискретность испускания фотонов, движение электронов имеет качественно иной характер. Электроны диффундируют в пространстве, наблюдается стохастический разогрев, энергетический спектр сплошной, и энтропия возрастает. Диффузия вызвана тем, что электроны могут на случайный промежуток времени захватываться областью пучности магнитного поля. Показано, что такое диффузионное движение электронов может быть описано с помощью цепи Маркова.

В итоге, проведенный анализ демонстрирует, что в случае даже малых радиационных потерь дискретность излучения фотонов может качественно изменять характер движения электронов по сравнению со случаем описания радиационного трения в виде силы, действующей непрерывно на частицу.

3.3. В результате исследований термооптических и магнитооптических свойств кристалла тербий скандий алюминиевого граната (TSAG) в диапазоне температур 70-300 К показано, что TSAG превосходит по магнитооптической добротности традиционно используемый кристалл TGG во всем диапазоне температур. Предложено использовать TSAG в изоляторах Фарадея с высокой средней мощностью и показана возможность создания на кристалле с ориентацией [001] традиционных и криогенных изоляторов Фарадея, обеспечивающих степень изоляции >30 дБ при мощности лазерного излучения соответственно 2 кВт и 30 кВт.

Авторы: Снетков И.Л., Миронов Е.А., Старобор А.В., Палашов О.В. (ИПФ РАН); Yasuhara R. (National Institute for Fusion Science, Япония).

Публикации

1. Mironov E.A. and Palashov O.V. Faraday isolator based on TSAG crystal for high power lasers // Opt. Express. V. 22.P. 23226-23230 (2014).

2. Snetkov I. and Palashov O. Faraday isolator based on a TSAG single crystal with compensation of thermally induced depolarization inside magnetic field // Opt. Mater. V. 42.P. 293-297 (2015).

3. Snetkov I.L., Yasuhara R., Starobor A.V., Mironov E.A., and Palashov O.V. Thermo-Optical and Magneto-Optical Characteristics of Terbium Scandium Aluminum Garnet Crystals // Quantum Electronics, IEEE Journal of. V. 51.P. 7000307 (2015).

4. Starobor A., Yasuhara R., Snetkov I., Mironov E., and Palashov O. TSAG-based cryogenic Faraday isolator // Opt. Mater. V. 47.P. 112-117 (2015).

Аннотация. Возникающие тепловые эффекты в оптических элементах лазеров с высокой средней мощностью, являются одним из ограничивающих факторов препятствующих дальнейшему росту их средней мощности. Фарадеевские устройства, работающие на невзаимном вращении поляризации, являются одними из оптических элементов сильно подверженных тепловым эффектам, из-за относительно высокого поглощения в магнитооптических элементах. Для уменьшения влияния на проходящее излучение тепловых эффектов в фарадеевских устройствах используют различные методы: криогенное охлаждение магнитооптического элемента и магнитной системы, использование схемы с компенсацией тепловых эффектов и другие. Одним из способов ослабления тепловых эффектов является поиск новых магнитооптических материалов, обладающих лучшими термооптическими и магнитооптическими свойствами, чем используемые в настоящее время.

Перспективным материалом, на наш взгляд, является тербий скандий алюминиевый гранат (TSAG). Для данного материала были измерены зависимость постоянной Верде от длины волны излучения и от температуры элемента. TSAG продемонстрировал больше на 20-30% значение постоянной Верде во всем диапазоне прозрачности материала (300-1600 нм), а также рост постоянной Верде при охлаждении элемента, обратно пропорциональный величине температуры. С использованием

оригинальной методики, измерен параметр оптической анизотропии материала TSAG, который составил $\xi = -101 \pm 10$. Таким образом, впервые обнаружен материал с выраженными магнитооптическими свойствами, обладающий отрицательным параметром оптической анизотропии, что позволит реализовывать различные новые схемы фарадеевских устройств, использующие свойство отрицательности ξ . Из-за большой абсолютной величины параметра оптической анизотропии выбор ориентации монокристалла TSAG и его юстировка относительно поляризации падающего излучения становится критически важными. Измерен коэффициент теплопроводности монокристалла TSAG ($\kappa = 3,6 \pm 0,3$ Вт/м*К). Измерены термонаведенная деполяризация и тепловая линза от мощности тепловыделения в диапазоне температур элемента 80-300 °К, что позволило оценить термооптические константы данного материала, и сравнить их с аналогичными для широко используемого магнитооптического материала тербий галлиевого граната (TGG). Измеренные термооптические константы позволили оценить величину магнитооптической добротности кристалла TSAG, которая для исследуемого образца составила 32,1 рад·Вт/(Гл·м), что в 30 раз больше чем у кристалла TGG. Таким образом, кристалл TSAG с точки зрения минимальности наводимых тепловых эффектов лучше кристалла TGG настолько же, насколько кристалл TGG лучше магнитооптического стекла.

Полученные данные позволяют оценить использование материала TSAG в изоляторах Фарадея для мощного лазерного излучения. При использовании монокристалла TSAG с ориентацией [001] в изоляторе Фарадея, построенного по традиционной схеме, позволит обеспечить степень изоляции лучше 30 дБ вплоть до 2 кВт непрерывной лазерной мощности, а использование аналогичного кристалла в криогенном изоляторе Фарадея позволит обеспечивать степень изоляции лучше 30 дБ вплоть до 30 кВт непрерывной лазерной мощности.

3.4. Экспериментально продемонстрировано, что при лазерном наноструктурировании поверхности полимеров с помощью слоя коллоидных частиц как фокусирующей системы, преобразуя несколько процентов энергии импульса основной частоты во вторую гармонику, можно получать структуры на поверхности с использованием шариков с размером порядка длины волны второй гармоники. Экспериментально получены структуры с плотностью записи выше $5 \cdot 10^8$ см⁻² с использованием титан-сапфирового лазера с длиной волны 800 нм и слоя полистирольных шариков с диаметром 0,45 мкм. Теоретически показана возможность дальнейшего улучшения плотности записи структур путем применения сфероидальных микролинз меньшего размера из материала с большим показателем преломления.

Авторы: А.В. Афанасьев, В.И. Бредихин, А.В. Пикулин, Н.Н. Митин, И.Е. Иляков, Б.В. Шишкин, Р.А. Ахмеджанов, Н.М. Битюрин.

Публикации

1. A. Pikulin, A. Afanasiev, A. P. Alexandrov, N. Agareva, V. Bredikhin, and N. Bityurin, Effects of spherical mode coupling on near-field focusing by clusters of dielectric microspheres, *Optics Express*, v. 20, No 8, pp. 9052-9057 (2012).

2. N. Bityurin, A. Afanasiev, V. Bredikhin, A. Alexandrov, N. Agareva, A. Pikulin, I. Ilyakov, B. Shishkin, R. Akhmedzhanov, Colloidal particle lens arrays-assisted nanopatterning by harmonics of a femtosecond laser, *Optics Express*, V. 21, N. 18, pp. 21485- 21490 (2013).

3. Н.М. Битюрин, А.В. Афанасьев, В.И. Бредихин, А.В. Пикулин, И.Е. Иляков, Б.В. Шишкин, Р.А. Ахмеджанов, Использование бихроматического фемтосекундного лазерного излучения для наноструктурирования поверхности с помощью слоя коллоидных микрочастиц, *Квантовая электроника*, Том 44, № 6, с. 556-562 (2014).

4. A. Afanasiev, V. Bredikhin, A. Pikulin, I. Ilyakov, B. Shishkin, R. Akhmedzhanov, and N. Bityurin, Two-color beam improvement of colloidal particle lens array assisted surface nanostructuring, *Applied Physics Letters*, 106, 183102 (2015).

5. А.В. Афанасьев, В.И. Бредихин, А.В. Пикулин, И.Е. Иляков, Б.В. Шишкин, Р.А. Ахмеджанов, Н.Н. Митин, Е.Н. Горшкова, Н.М. Битюрин, "Повышение разрешающей способности метода наноструктурирования поверхности с помощью слоя коллоидных микрочастиц при воздействии фемтосекундного лазерного излучения", *Квант. электрон.*, Т. 45, № 5, с. 467-471 (2015).

6. Н.М. Битюрин, А.В. Афанасьев, А.В. Пикулин, Способ наноструктурирования поверхности диэлектрической подложки с помощью ближнепольной литографии, Патент РФ № 2557677, 2015, приоритет от 3.03.2014.

Аннотация. Лазерному излучению трудно конкурировать с электронными пучками при создании отдельных нанообъектов на поверхности твердого тела. Однако при создании массива структур сразу на больших поверхностях, наноструктурирование с помощью лазеров имеет существенные преимущества. Можно выделить два основных подхода к лазерному наноструктурированию поверхности на больших площадях, это использование интерференции лазерных пучков и структурирование с помощью ближнепольных масок. Если речь идет о модификации поверхности твердого тела с помощью фемтосекундных лазерных импульсов, то второй подход оказывается предпочтительным, поскольку такие импульсы плохо интерферируют на больших площадях. Простейшим видом такой маски является слой диэлектрических микрочастиц. Обычно такой слой наносится на поверхность материала из коллоидного раствора и образует плотнейшую упаковку в результате процесса самоорганизации. Нами предложено использовать для создания структур двухцветное излучение фемтосекундного лазера, основную частоту и вторую гармонику. Такое излучение получается из исходного импульса основной частоты путем преобразования части его энергии во вторую гармонику с помощью нелинейного кристалла. Модификация поверхности при интенсивностях выше 10^{12} Вт/см² происходит через ионизацию. Вторая гармоника более эффективна при многофотонной ионизации, в то время как основная частота полезна для ударной ионизации. Таким образом, вторая гармоника создает затравочные электроны, в то время как излучение основной частоты путем ударной ионизации размножает эти затравочные электроны, доведя количество электронов в зоне проводимости до необходимого для существенной модификации материала. Показано, что излучение второй гармоники лучше фокусируется системой коллоидных частиц с учетом взаимного влияния этих частиц друг на друга. Таким образом, в слое коллоидных частиц можно использовать частицы такого размера, что они фокусируют излучение второй гармоники, но диаметр их настолько мал, что они не фокусируют более длинноволновое излучение основной частоты. При этом можно подобрать такую плотность энергии исходного импульса, что модификация поверхности будет осуществляться только в областях фокусировки второй гармоники. Экспериментально получены структуры с плотностью записи выше $5 \cdot 10^8$ см⁻² с использованием титан-сапфирового лазера с длиной волны 800 нм и слоя полистирольных шариков с диаметром 0,45 мкм. Получить структуры при облучении импульсами только основной частоты в этом случае не удастся, так как излучение основной частоты такой системой шариков не фокусируется. Для получения структур с помощью излучения только второй гармоники требуется значительно большая плотность энергии в импульсе, чем плотность энергии в импульсе второй гармоники при бихроматическом воздействии. Таким образом, применение бихроматических импульсов позволяет использовать лучшую способность к фокусировке второй гармоники и энергию основной частоты. Дальнейшее увеличение плотности записи структур на поверхности может быть достигнуто путем использования высших гармоник – третьей и четвертой вместо второй, а также путем уменьшения размеров шариков в слое при использовании

для их изготовления материала с большим коэффициентом преломления. Одним из перспективных материалов для этого является оксид титана с коэффициентом преломления 2,8 против 1,6 для полистирола. Однако, наши вычисления показывают, что сферические частицы с таким коэффициентом преломления фокусируют лазерное излучение внутрь себя. Нами теоретически показано, что в этом случае вместо сферических частиц нужно использовать сфероидальные, сплюснутые частицы, которые фокусируют излучение на поверхность подложки. Это позволит, при использовании двухцветного излучения, основная частота + вторая гармоника, увеличить плотность записи еще в два раза.

3.5. Обнаружен эффект генерации двух гигантских импульсов в твердотельном лазере. Доказано, что второй импульс всегда генерируется на соседней (относительно первого импульса) продольной моде резонатора. Эффект объясняется выжиганием дырок в пространственном распределении разности населенностей, что обеспечивает превышение порога генерации на соседней продольной моде даже после генерации первого гигантского импульса. На основе этого эффекта предложен и реализован способ селекции продольных мод, исключаящий генерацию гигантского импульса на двух продольных модах.

Авторы: А.А. Шайкин, К.Ф. Бурдонов, Е.А. Хазанов.

Публикации

1. A. A. Shaykin, K. F. Burdonov, and E. A. Khazanov, A novel technique for longitudinal mode selection in Q-switched lasers, *Laser Physics Letters*, Vol. 12, 2015.

Аннотация. Твердотельные импульсно-периодические лазерные генераторы с модуляцией добротности широко применяются в различных областях науки и техники. Для многих приложений необходимо, чтобы лазер излучал на одной моде. Одномодовость генерации достигается с помощью дополнительных селектирующих элементов. Так для селекции продольных мод могут быть использованы резонаторы Фабри-Перо максимум пропускания которых настроен на одну из мод резонатора. Нами был экспериментально обнаружен эффект генерации второго гигантского импульса в лазере с модуляцией добротности.

Показано, что второй импульс генерируется на соседней продольной моде резонатора. Изменения оптической длины резонатора и смещение длины волны основной моды генерации относительно максимума пропускания эталонов Фабри-Перо приводит к возникновению конкуренции продольных мод резонатора. К моменту возникновения гигантского импульса на основной моде резонатора импульс на соседней моде так же имеет существенную амплитуду. Эффект выжигания пространственных дырок в активной среде приводит к тому, что при соответствующем расположении активной среды внутри резонатора, в тот момент, когда основная мода перестаёт усиливаться, коэффициент усиления соседней пространственной моды уменьшается незначительно. В результате происходит генерация второго гигантского импульса.

Этот эффект может быть использован для диагностики малой отстройки резонатора от оптимального состояния. Компьютерное управление длиной резонатора позволяет легко вернуть резонатор в оптимальный режим генерации.

Таким образом, на основании обнаруженного эффекта предложен и реализован способ автоматической селекции продольных мод, исключаящий генерацию гигантского импульса на двух продольных модах.

3.6. Измерены температурная и вращательная зависимости коэффициентов столкновительного уширения линий тонкой структуры кислорода, формирующих полосу вблизи 60 ГГц, давлением основных атмосферных газов (N_2 , O_2 , H_2O). Впервые продемонстрировано, что вращательное состояние не влияет на температурную

зависимость сечения столкновительного взаимодействия молекул кислорода. Получен наиболее точный и полный на сегодняшний день набор параметров линий 60-ГГц полосы кислорода для фундаментальных и прикладных задач атмосферной физики.

Авторы: Кошелев М.А., Вилков И.Н., Третьяков М.Ю.

Публикации

1. M.A. Koshelev, I.N. Vilkov and M.Yu. Tretyakov, Pressure broadening of oxygen fine structure lines by water, *J. Quant. Spectrosc. Radiative Transfer* **154** 24-27 (2015).

2. M.A. Koshelev, I.N. Vilkov and M.Yu. Tretyakov, Collisional broadening of oxygen fine structure lines: the impact of temperature, *J. Quant. Spectrosc. Radiative Transfer* (2015) doi:10.1016/j.jqsrt.2015.09.018.

Аннотация. Полоса поглощения кислорода вблизи 60 ГГц, образованная линиями тонкой структуры, является уникальным физическим объектом. Малоизученный эффект столкновительной связи линий проявляется для линий этой полосы даже при низком (десятки торр) давлении. Поэтому она постоянно привлекает внимание исследователей на протяжении уже более полувека. Кроме того, линии полосы активно применяются для задач дистанционного зондирования атмосферы Земли, в частности для восстановления атмосферного профиля температуры, с помощью средств наземного, бортового и спутникового базирования. Для этих задач требуется точное знание параметров линий и, прежде всего, их ширин в широком диапазоне значений температуры.

В данной работе с помощью спектрометра с радиоакустическим детектором поглощения было получено более 14000 записей спектра кислорода с рекордным отношением сигнала к шуму в широком диапазоне значений температуры и вращательного квантового числа N , соответствующему орбитальному угловому моменту остова молекулы. Для уменьшения систематической ошибки, вызванной влиянием интерференции излучения в тракте спектрометра на контур линии были приняты дополнительные меры. Кроме применения обычных методов учета базовой линии спектрометра (экспериментальный – заполнения ячейки непоглощающим газом и модельный – добавка эмпирических функций в модельную форму линии), спектры записывались при различных положениях ячейки, перемещаемой вдоль оси излучения источника. Полученные для каждой линии результаты усреднялись. В итоге, с высокой точностью измерены температурная и вращательная зависимости коэффициентов столкновительного уширения линий тонкой структуры кислорода давлением основных атмосферных газов (N_2 , O_2 , H_2O). Точность измеренных параметров температурной зависимости примерно на порядок превосходит точность большинства предшествующих результатов, что позволило продемонстрировать, что вращательное состояние молекулы кислорода не влияет на сечение столкновительного взаимодействия. Достоверность полученных данных подтверждается их совпадением в пределах экспериментальных погрешностей с результатами наших предыдущих исследований, проведенных с помощью резонаторного спектрометра, выполненных при примерно в 300 раз большем давлении [1-2].

В результате исследования получен наиболее полный и точный на сегодняшний день набор параметров, определяющих ширину линий 60-ГГц полосы кислорода, и имеющих важное значение для фундаментальных и прикладных задач атмосферной физики.

[1] D.S. Makarov et al., *J. Molec. Spectrosc.*, **252**, 242–243 (2008).

[2] M.Yu. Tretyakov et al., *J. Molec. Spectrosc.*, **241**, 109–111 (2007).

3.7. Разработан и создан компактный прибор для контроля накопления фотосенсибилизатора и мониторинга его выгорания при фотодинамической терапии опухолей кожи. Прибор позволяет получать изображения опухолевого узла в обратно рассеянном свете, а также его флуоресцентные изображения при возбуждении светом

различных спектральных диапазонов (400 и 660 нм). В предварительных клинических исследованиях показано, что прибор позволяет автоматически отслеживать положение опухоли на получаемых изображениях в промежутках между лазерным воздействием, определять степень накопления фотосенсибилизатора в опухоли и кинетику его выгорания.

Авторы: Турчин И.В., Кleshнин М.С., Фикс И.И., Плеханов В.И., Шахова Н.М.

Публикации

1. M S Kleshnin, I I Fiks, V I Plekhanov, S V Gamayunov and I V Turchin, “Compact and fully automated system for monitoring photodynamic therapy, based on two LEDs and a single CCD”, Laser Phys. Lett. 12 115602 (2015).

2. M.S. Kleshnin, I.I. Fiks, S.V. Gamayunov, V.I. Plekhanov, and I.V. Turchin, “System for monitoring photodynamic therapy procedure”, Proc. of the V International Symposium Topical Problems of Biophotonics (20 – 24 July, 2015 Nizhny Novgorod, Russia), pp. 71-72

3. Заявка на изобретение «Устройство для флуоресцентной диагностики и мониторинга фотодинамической терапии» № 2015119693 от 26.05.2015.

Аннотация. В настоящее время метод фотодинамической терапии (ФДТ) успешно применяется в клинике для лечения множества опухолей. Мотивацией широкого применения ФДТ с одной стороны является рост заболеваемости злокачественными новообразованиями, а с другой - потребность применения органосохраняющих методов лечения этих заболеваний для сохранения качества жизни пациентов. Дальнейшее совершенствование метода требует как разработки новых доступных высокоселективных фотосенсибилизаторов, обладающих высоким квантовым выходом синглетного кислорода и характеризующихся возбуждением в длинноволновой области спектра, так и создания и внедрения новых методов контроля селективности накопления фотосенсибилизатора в опухоли и оценки эффективности проводимой процедуры. Существующие на данный момент на рынке комплексы для мониторинга процесса ФДТ имеют ряд значительных недостатков и не могут в полной мере удовлетворить клинические потребности, в частности, в них отсутствует система обратной связи во время проведения сеанса ФДТ.

Разработанный прибор полностью автоматизирован и позволяет получать флуоресцентные изображения исследуемого объекта при возбуждении светодиодами источниками 400 и(или) 660 нм, а также изображения в обратно-рассеянном свете с использованием одной цифровой камеры и системы синхронизации камеры и источников света. При проведении ФДТ в промежутки времени между лазерным воздействием программа автоматически отслеживает положение области опухоли на полученных изображениях и производит вычисление средней интенсивности флуоресценции в данной области. По результатам предварительных клинических экспериментов выявлено, что устройство позволяет определять такие параметры как степень накопления фотосенсибилизатора в опухоли, степень фотобликинга (выгорания) фотосенсибилизатора и скорость фотобликинга (определяемую по кинетике фотобликинга при ее аппроксимации экспоненциальной функцией). Разработанный прибор позволит в дальнейшем при проведении более широких клинических исследований разработать четкие рекомендации для врачей по дозам и режимам лазерного воздействия и их контролю.

**III. РЕЗУЛЬТАТЫ,
ПРЕДСТАВЛЯЕМЫЕ
В ОТЧЕТ РАН ПО РАЗДЕЛУ
«ОСНОВНЫЕ ИСЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ
НАУЧНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ РАН,
ГОТОВЫЕ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ»**

Мобильный микроволновый озонметр нового поколения

Создан и введен в эксплуатацию не имеющий мировых аналогов мобильный, полностью автоматизированный наземный спектрометрический комплекс с центральной частотой 110.836 ГГц, предназначенный для непрерывного мониторинга структуры озонного слоя Земли. Отличительные особенности комплекса: широкая (0.8 ГГц) полоса приема и анализа, высокое (60 КГц) спектральное разрешение, калибровка измеряемого сигнала по электронно управляемому внутреннему эталону, малое энергопотребление и вес. Комплекс открывает новые возможности для исследования быстропротекающих процессов в средней атмосфере Земли.

Освоение производства нового типа пьезоакселерометров.

Разработана конструкция, проведены испытания, утвержден тип средства измерения и осуществлен выпуск опытной партии (~400 шт.) пьезоакселерометров (марка АП-11УС). Датчики обладают низким уровнем шумов: обеспечивают измерения от -10 дБ отн. $3 \cdot 10^{-4}$ м/с⁻² в диапазоне частот от 2 Гц до 10 кГц при чувствительности от 2 до 200 мВ/м/с⁻² в зависимости от встроенного предварительного усилителя. Датчики имеют встроенную систему самоконтроля характеристик измерительного тракта и соответствуют жестким требованиям по условиям применения (группа УХЛ 2.3.4).



Лазерный усилитель на «тонком стержне» из Yb:YAG

Разработан лазерный усилитель на основе новой геометрии активного элемента (АЭ) – тонкий стержень конической формы, выполненный из кристалла Yb:YAG, обеспечивающий волноводное распространение диодной накачки («single-crystal fiber»). Экспериментально достигнут коэффициент усиления по слабому сигналу $K=6$ при мощности накачки 160 Вт, что около 2 раз больше, чем в стержне ранее известной цилиндрической формы. Экспериментально показано, что в разработанном усилителе на тонком стержне тепловые эффекты практически не влияют на качество и поляризацию усиливаемого лазерного пучка при мощности накачки до 200 Вт.

Устройство для контроля накопления фотосенсибилизатора и мониторинга фотодинамической терапии

Разработан и создан компактный прибор для контроля накопления фотосенсибилизатора и мониторинга его выгорания при фотодинамической терапии опухолей кожи. Прибор позволяет получать изображения опухолевого узла в обратно рассеянном свете, а также его флуоресцентные изображения при возбуждении светом различных спектральных диапазонов (400 и 660 нм). В предварительных клинических исследованиях, проведенных в ГБУЗ НО «Нижегородский областной клинический онкологический диспансер», показано, что прибор позволяет автоматически отслеживать положение опухоли на получаемых изображениях в промежутках между лазерным воздействием, определять степень накопления фотосенсибилизатора в опухоли и кинетику его выгорания.

Изолятор Фарадея на кристалле ТГГ апертурой 40 мм

Разработан изолятор Фарадея со световой апертурой 40 мм на базе кристаллов ТГГ, построенный по схеме с внутренней компенсацией термонаведенной деполяризации. Устройство обеспечивает степень изоляции 30 дБ для лазерного излучения мощностью 2 кВт. Широкоапертурные магнитооптические элементы с низким уровнем холодной деполяризации были получены благодаря использованию методики выращивания кристаллов с плавно вогнутым фронтом кристаллизации.

IV. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

1. Основные направления научной деятельности

Фундаментом научной деятельности Института прикладной физики РАН является *радиофизика*, которая как область знания в широком смысле включает всю совокупность динамических и физико-математических проблем, связанных с возбуждением колебаний и волн в неравновесных средах и системах, их канализацией, излучением, распространением, взаимодействием, а также с индикацией, приемом и обработкой колебательных и волновых сигналов. При этом к радиофизике относятся колебательные и волновые явления как электромагнитной (независимо от частоты), так и не электромагнитной природы (акустические, плазменные, гравитационные и т. п. колебания и волны). Радиофизика охватывает не только "прямые" задачи (т. е. проблемы, относящиеся к излучению самих колебаний и волн), но и "обратные" – заключающиеся в создании и использовании методов и средств дистанционной диагностики различных сред (свойств, характеристик, явлений в природных и лабораторных условиях).

Направления исследований ИПФ РАН были, в основном, определены Постановлением Президиума АН СССР от 27.09.84 г. Развитие Института сопровождалось корректировкой его тематики и организационной структуры в соответствии с требованиями времени. В настоящее время у института следующие основные направления научной деятельности: физика конденсированных сред; оптика и лазерная физика; радиофизика и электроника, акустика; физика плазмы; астрономия и исследования космического пространства; физические процессы в океане; физические и химические процессы в атмосфере.

2. Сведения об основных научных исследованиях (программы, гранты, хоздоговоры)

Программы Президиума РАН	
Программы фундаментальных исследований	Число тем
1. Наноструктуры: физика, химия, биология, основы технологий	2
2. Актуальные проблемы физики низких температур	2
9. Экспериментальные и теоретические исследования объектов Солнечной системы и планетных систем звезд	1
10. Химический анализ и исследование структуры веществ: фундаментальные основы и новые методы	1
11. Электрофизика и электроника мощных импульсных систем	3
13. Теплофизика высоких плотностей энергий	1
18. Природные катастрофы и адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики	1
21. Экстремальное лазерное излучение: физика и фундаментальные приложения	8
33. Фундаментальные проблемы удержания и нагрева плазмы в магнитных ловушках	4
37. Нелинейная динамика в математических и физических науках	11
41. Переходные и взрывные процессы в астрофизике	1
43. Мировой океан – многомасштабность, многофазность, многопараметричность	2
Всего	37

Программы Отделения физических наук	
Программа	Число тем
5. Новые нелинейно-оптические материалы, структуры и методы для создания лазерных систем с уникальными характеристиками	6
6. Фундаментальные основы и экспериментальная реализация перспективных полупроводниковых лазеров в интересах промышленности и технологий	1
9. Фундаментальные проблемы акустики искусственных и природных сред	5
10. Фундаментальные проблемы электродинамики и волновой диагностики атмосферы	3
11. Новые источники миллиметрового и терагерцового излучения и их перспективные приложения	8
12. Радиоэлектронные методы в исследованиях природной среды и человека	2
14. Динамика разреженной плазмы в космосе и лаборатории	3
15. Межзвездная и межгалактическая среда: активные и протяженные объекты	1
Всего	29

Другие программы, гранты и хоздоговора	КОЛ-ВО тем
Гранты РФФИ	183
Гранты Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых (Мегагранты)	5
Федеральные целевые научно-технические программа: «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технолог. комплекса России на 2014—2020 гг.»	5
Федеральная целевая программа №1	4
Гранты Российского научного фонда (РНФ)	13
Гранты Президента РФ для государственной поддержки: ведущих научных школ	4
молодых российских ученых – кандидатов наук	5
молодых российских ученых – докторов наук	1
Стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам	21

**3. Сведения о количестве статей и монографий,
опубликованных сотрудниками, количестве защищенных диссертаций,
докладов на конференциях**

Число статей опубликованных в российских реферируемых журналах	155
Число статей опубликованных в зарубежных реферируемых журналах	202
Число статей в сборниках и трудах конференций	384
Число монографий и учебников	11
Число защищенных диссертаций кандидатских	11
докторских	1
Приглашенные доклады международные конференции	64
российские конференции	26
Инициативные доклады международные конференции	338
российские конференции	173

4. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы

4.1. Работы по государственному заданию

Тема № 8.1. Создание и экспериментальные исследования вырожденного квантового газа (0035-2014-0001).

Отдел нелинейной электродинамики

Руководитель: д.ф.-м.н. Турлапов А.В.

Исполнители: Т. В. Бармашова, К. А. Мартьянов, В. Б. Махалов, А. В. Турлапов.

В эксперименте создан газ атомов-фермионов в состоянии глубокого квантового вырождения. Температура газа составила около 0,1 энергии Ферми, что в абсолютных единицах составляет около 10 нанокельвинов. Кинематическая размерность газа ограничена - допустимо лишь движение газа в плоскости, что делает газ двумерным. В эксперименте использован газ атомов лития. Охлаждение газа выполнено в 2 этапа. На первом этапе газ атомов охлаждался в магнито-оптической ловушке, загружаемой из атомного пучка, скорость которого была снижена до 30 м/с в зеemanовском замедлителе. Первый этап дал около 100 миллионов атомов при температуре 150 микрокельвинов. При переходе ко второму этапу магнито-оптическая ловушка была выключена, а атомы перегружены в оптическую дипольную ловушку, созданную фокусом луча лазера с длиной волны 10,6 микрон. Дальнейшее охлаждение продолжено выпариванием, что в итоге дало около 100 000 атомов при температуре около 10 нанокельвинов. Атомы распределены по примерно 80 ячейкам, созданным стоячей волной лазера с длиной волны 10,6 мкм. В каждой ячейке динамика атомов двумерна ввиду плотного удержания вдоль направления стоячей волны. Измерено давление в облаках двумерного ферми-газа при различной величине s -взаимодействия между частицами. Проведено сравнение результатов измерения с известными моделями. Найдено, что давление лежит ниже значений, предсказанных в рамках среднеполевой теории куперовских пар, но выше значений теории ферми-жидкости.

Защищена 1 кандидатская диссертация:

В. Б. Махалов «Приготовление и диагностика двумерного ферми-газа атомов», защита 17.04.2015 в ИЛФ СО РАН

Публикации:

V. Makhalov, K. Martiyanov, T. Barmashova, and A. Turlapov. Precision measurement of a trapping potential for an ultracold gas, *Physics Letters A* 379 (4), 327–332 (2015).

Тема № 9.2. Синтез и обработка новых неорганических материалов с использованием микроволнового излучения (0035-2014-0002).

Отдел физики плазменных технологий

Руководитель: д.ф.-м.н. Вихарев А.Л.

Сроки начала и окончания темы: 2014 – 2016 гг.

Исполнители: Вихарев Анатолий Леонтьевич, зав. лаб., д.ф.-м.н., Иванов Олег Андреевич,

в.н.с., д.ф.-м.н., Горбачев Алексей Михайлович, с.н.с., к.ф.-м.н., Радищев Дмитрий Борисович, с.н.с., к.ф.-м.н., Лобаев Михаил Александрович, с.н.с., к.ф.-м.н., Мучников Анатолий Борисович, н.с., к.ф.-м.н., Исаев Владимир Александрович, н.с., к.ф.-м.н., Чернов Валерий Валерьевич, м.н.с., Богданов Сергей Александрович, отд.140, м.н.с., Козлов Александр Вадимович, вед. электроник, Овечкин Николай Михайлович, вед. конструктор

«Разработка технологии выращивания электропроводящих нанокристаллических алмазных пленок на металлических подложках из газовой фазы в плазме СВЧ разряда»

Установлен оптимальный диапазон условий плазмохимического осаждения легированных азотом нанокристаллических алмазных пленок в плазме СВЧ разряда в смеси аргона, азота, водорода и метана. Получены экспериментальные образцы легированных азотом нанокристаллических алмазных пленок на объемных молибденовых подложках при различных условиях. Проведено измерение характеристик (толщина, размер кристаллов, сопротивление) полученных электропроводящих алмазных покрытий на лезвийных молибденовых катодах [1].

«Разработка технологии выращивания электропроводящих монокристаллических алмазных слоев на подложках НРНТ алмаза»

Проведено исследование легирования бором монокристаллических алмазных слоев в CVD реакторе, в котором бор добавлялся в состав газовой смеси с помощью специально разработанного барборатора, позволяющего подавать поток несущего газа (водорода) через раствор триметилбората в этаноле. Исследован данный метод легирования, позволяющий контролировать отношения бор/углерод и кислород/углерод в широких пределах, изменяя концентрацию раствора и поток несущего газа. Получены экспериментальные образцы легированных монокристаллических алмазных пленок, в которых концентрация бора находилась в диапазоне $10^{18} - 10^{20} \text{ см}^{-3}$.

«Исследование процессов массопереноса через межзеренные границы при воздействии электромагнитных полей, сопровождающегося фазовыми переходами компонента в матрице с близкими точками кипения»

Исследованы механизмы массопереноса, ответственные за существенное увеличение скорости спекания порошковых материалов в условиях микроволнового нагрева. Продемонстрирована возможность сокращения времени спекания оксидных керамических материалов от нескольких часов (в обычной печи) до одной минуты (в микроволновой печи) при удельной мощности микроволнового нагрева порядка 400 Вт/см^3 . Разработана методика численного моделирования микроволнового нагрева ансамбля малых, в том числе многослойных частиц.

- [1] М.А. Лобаев, О.А. Иванов, А.Л. Вихарев, А.М. Горбачев, В.А. Исаев, Исследование взаимодействия пучка электронов с сильным высокочастотным полем в волноводном переключателе мощного СВЧ компрессора. Известия ВУЗов. Радиофизика, 2015, т.58, №11, с.913-922.
- [2] Ю.В. Быков, С.В. Егоров, А.Г. Еремеев, К.И. Рыбаков, А.А. Сорокин, В.В. Холопцев. Способ спекания керамических изделий с использованием воздействия интенсивного микроволнового излучения // Заявка на патент РФ № 2015107173, дата приоритета 02.03.2015, заявитель: ИПФ РАН.

Тема № 12.14. Исследование волновых процессов в геофизической акустике (0035-2014-0003).

Руководитель: к.ф.-м.н. Малеханов А.И.

Сроки выполнения: 2014 – 2017 гг.

Разработаны и экспериментально опробованы оригинальные методы когерентной сейсмоакустики высокого разрешения в приложении к диагностике верхнего (до единиц метров) слоя земных пород. Проведено сравнение с рядом стандартных методов инженерной сейсморазведки, показано преимущество предложенных методов в условиях малого (до ~1 %) контраста геоакустических параметров зондируемых неоднородностей грунта.

Решена задача о рассеянии плоской звуковой волны безграничной трехмерной решеткой с одинаковыми ячейками, в узлах которой расположены сферические частицы с монопольным типом колебаний. Показано, что в колебаниях частиц отсутствуют радиационные потери энергии, а в случае пузырьков газа в жидкости наблюдается увеличение резонансной частоты их колебаний и монотонное уменьшение фазовой скорости распространения волны, модулирующей амплитуды колебаний пузырьков, с увеличением их концентрации.

Проведен анализ задачи о распространении когерентной трубной волны в условиях глубокой скважины. Сформулированы требования к системе регистрации, проведен анализ погрешностей. Полученные результаты указывают на возможность дистанционной диагностики слабых деформаций в земных породах порядка величины приливных деформаций.

Впервые измерены тензоры упругости и акустических потерь для образцов сланцев Баженовской свиты. Обнаружена значительная и ранее не исследованная анизотропия упругих параметров этого материала, а также весьма значительная анизотропия тензора акустических потерь, что позволяет сделать обоснованные предположения о внутренней структуре данных пород.

(Лебедев А.В., Авербах В.С., Кобелев Ю.А., Коньков А.И., Манаков С.А., Бредихин В.В., Василенко Н.И.)

Получены точные аналитические решения для самоподобных (не меняющих своей формы при распространении) импульсных и периодических продольных волн в упругих средах с разномодульной нелинейностью и релаксацией. Показано, что в микронеоднородной среде, характеризующейся дисперсией нелинейности, профили таких волн не содержат неоднозначностей, характерных для распространения волн в однородной среде с безынерционной нелинейностью. Результаты численного моделирования распространения первоначально гармонических волн показывают, что их эволюция в таких средах приводит к образованию самоподобных волн.

Выполнено экспериментальное тестирование предложенного ранее (2014 г.) метода нелинейного доплеровского имиджинга многофазных потоков. Получены одномерные изображения (сканы) системы вращающихся в жидкости дисков, покрытых пузырьками, которые хорошо согласуются с реальным расположением дисков и их размерами.

Выполнено численное моделирование отклика вертикальных антенных решеток в случайно-неоднородном звуковом канале мелкого моря, показана существенная зависимость эффективности антенны (величины коэффициента усиления) от выбора амплитудного распределения на антенне.

В целях решения задачи углового разрешения двух близкорасположенных флукутирующих источников (перекрывающихся в угловом пространстве) предложен и численно протестирован универсальный алгоритм разделения спектра мощности принимаемого сигнала на два составляющих его спектра. Показано, что алгоритм обладает эффективностью даже в тех случаях, когда составляющие спектры обладают высокой (до ~90%) степенью перекрытия.

(Малеханов А.И., Арабаджи В.В., Диденкулов И.Н., Кияшко С.Б., Назаров В.Е., Смирнов А.В., Фокин А.Н.)

Проведено теоретическое исследование когерентных свойств сигналов поверхностной реверберации для развитого волнения в условиях плоскостроистого океанического волновода. Показано, что корреляционная функция моностатической реверберации имеет универсальный вид, а в случае бистатического режима излучения характерный масштаб корреляции реверберации существенно зависит от времени запаздывания.

Разработаны методы, алгоритмы и программные средства для решения задачи поиска оптимальных распределений по апертуре вертикально-развитых излучающих и приемных решеток для согласованного с волноводом возбуждения звукового поля в океанических волноводах. Предложены критерии и разработаны методы устойчивой оптимизации при синтезе акустических полей в случае их возбуждения конечной совокупностью когерентных источников в океанических волноводах.

Выполнена обработка данных ранее проведенных (2014 г.) натурных экспериментов по исследованию методов реконструкции структуры донных слоев, залегающих на небольших глубинах, на основе когерентного сейсмоакустического зондирования с использованием широкополосных сигналов. Путем применения когерентных режимов излучения и обработки сигналов показана возможность оценки параметров донных слоев на глубинах до ~1 км с точностью до 10-20 метров. Наибольшее внимание было уделено анализу данных по зондированию дна на малых глубинах в контексте физического моделирования актуальной задачи морской сейсморазведки на мелководных акваториях арктического шельфа.

(Хилько А.И., Бурдуковская В.Г., Лазарев В.А., Петухов Ю.В., Раевский М.А., Смирнов И.П., Быстранов В.Б., Комиссаров А.Ф., Сахаров В.Н., Романова Т.В., Уваров В.В.)

1. Авербах В.С., Коньков А.И., Лебедев А.В., Малеханов А.И., Манаков С.А., Таланов В.И., Методы когерентной инженерной сейсморазведки в Институте прикладной физики РАН // Технологии сейсморазведки. 2015. № 2. С. 119–12.
2. А.И. Хилько, И.П. Смирнов, А.И. Машошин, А.В. Шафранюк, А.А. Хилько. Сила цели в океанических волноводах // Акустический журнал. 2015. Т. 61. №3. С. 377-386.

Тема № 10.3. Взаимодействие мощного лазерного излучения с плазмой (0035-2014-0004).

Сектор теории СВЧ разряда (№121) Отдела физики плазмы

Руководитель: д.ф.-м.н. Семенов В.Е.

Сроки начала и окончания темы: 2014 – 2016 гг.

Исполнители: В.Е. Семенов, Н.В. Введенский, В.Б. Гильденбург, Д.С. Дорожкина, В.А. Костин, И.А. Павличенко, Е.И. Ракова, К.И. Рыбаков, А.А. Силаев, Н.Л. Смирнова, И.Д. Ларюшин, А.А. Романов

В настоящее время представляет большой интерес создание перестраиваемых источников сверхкоротких и широкополосных электромагнитных импульсов в среднем инфракрасном диапазоне частот (простирающемся от нескольких микрометров до нескольких десятков микрометров). Использование таких импульсов позволит «в реальном времени» отслеживать электронную и колебательную динамику оптически возбужденной среды и исследовать базовые фотофизические и фотохимические релаксационные процессы. Временное разрешение при этом определяется длительностями

пробных импульсов и импульсов накачки и использование как можно более коротких (малоцикловых) импульсов зачастую является предпочтительным или даже необходимым. С другой стороны, для того, чтобы иметь возможность возбуждать исследуемую систему вблизи её резонансных линий или следить за оптическими переходами на разных частотах, требуется возможность широкой перестройки как пробных импульсов, так и импульсов накачки.

Нами был исследован новый метод генерации ультракоротких частотно-перестраиваемых импульсов в среднем инфракрасном диапазоне длин волн. Метод основан на возбуждении тока свободных электронов при ионизации газа бихроматическими импульсами, формируемыми при смешении двух фемтосекундных лазерных импульсов, частота одного из которых слегка отстроена относительно удвоенной частоты другого. При этом изменение частоты отстройки позволяет перестраивать частоту генерируемого излучения. Такие бихроматические импульсы с перестраиваемым отношением частот могут, в частности, создаваться при помощи параметрических генераторов света.

Для расчёта плотности тока используется квантовомеханический подход, основанный на решении нестационарного уравнения Шредингера. Для решения этого уравнения используются точные численные расчёты и приближённые полуаналитические расчёты, основанные на методе мнимого времени. Метод мнимого времени позволяет (в отличие от часто используемого приближения сильного поля) рассчитать динамику функции распределения электронов по скоростям с учётом взаимодействия электрона с родительским ионом на стадии движения в континууме. Это достигается за счёт «коррекции» траекторий электронов, определяющих вклад в вероятность ионизации, за счет учета кулоновского взаимодействия.

На основе численных и полуаналитических расчётов были найдены плотность свободных электронов и генерируемая плотность низкочастотного тока при ионизации газа бихроматическим лазерным импульсом, представляющим суперпозицию поля на основной частоте и добавочного поля на частоте, отстроенной от удвоенной частоты. Проведено сопоставление с результатами, даваемыми полуклассическим подходом, основанным на классическом уравнении гидродинамики для плотности электронного тока. На основе этого сопоставления определена роль квантовых эффектов в процессах возбуждения нелинейных низкочастотных токов в среднем ИК-диапазоне длин волн. Показано, что учёт взаимодействия с родительским ионом приводит к значительному увеличению вероятности ионизации и существенно влияет на функцию распределения фотоэлектронов по скоростям вблизи малых значений скоростей. При параметрах лазерного импульса, соответствующих многофотонному режиму ионизации, это приводит к значительным отличиям амплитуды и положения максимума спектра низкочастотного тока в квантовомеханических и полуклассических расчётах.

Публикации:

- 1) A.A. Silaev, N.V. Vvedenskii. Analytical description of generation of the residual current density in the plasma produced by a few-cycle laser pulse. // *Physics of Plasmas*. V. 22. P. 053103-1-14. 2015.
- 2) I.D. Laryushin, L.S. Kuznetsov, V.A. Kostin, A.A. Silaev, N.V. Vvedenskii. Low-Frequency Generation by Ionizing Femtosecond Laser Pulse Supplied by Its Second or Half-Harmonic. // *Problems of Atomic Science and Technology*. Iss. 4, V. 98. P. 270–273. 2015.

Тема № 10.4. Теоретические и экспериментальные исследования взаимодействия лазерного излучения с конденсированными средами и квантовыми газами (0035-2014-0005).

Руководитель: д.ф.-м.н. Ахмеджанов Р.А.

Сроки начала и окончания темы: 2014 – 2017 гг.

Исполнители: Ахмеджанов Р.А., Зеленский И.В., Гущин Л.А., Собгайда Д.А., Низов Н.А., Низов В.А.

Использование нерезонансного рамановского взаимодействия является одним из перспективных способов реализации однокубитовых квантовых операций в кубитах с оптическим управлением. Основным преимуществом этого способа является малая населенность верхнего уровня в процессе взаимодействия, что позволяет существенно снизить влияние релаксации на оптических переходах. В работах [1, 2] было подробно рассмотрено использование такого подхода, проанализировано влияние различных факторов, показан высокий потенциал метода для реализации квантовых логических операций, в частности для кубитов на основе квантовых точек.

В работе [3] нами было рассмотрено использование нерезонансного рамановского взаимодействия для реализации однокубитовых операций с ансамблевыми кубитами с учетом влияния неоднородного уширения оптического перехода. Предложена схема, позволяющая существенно снизить влияние неоднородного уширения.

В настоящей работе рассмотрено влияние ширины линии лазерного излучения на проведение квантовых логических операций с использованием нерезонансного рамановского взаимодействия и возможность снижения негативного влияния этого фактора. Отметим, что ширина лазерного излучения является одним из важных факторов, ограничивающих возможность реализации квантовых операций. Кроме того, снижение ширины линии лазера ниже определенных пределов связано с большими техническими трудностями, приводит к существенному усложнению и удорожанию оборудования.

На рис.1 приведена схема реализации однокубитовой операции. На кубит воздействуют бихроматическим полем, компоненты которого имеют существенную, но одинаковую отстройку Δ от резонанса (см. рис.1a). В этом случае ситуацию можно рассматривать как нерезонансное взаимодействие с бихроматическим полем некоторой суперпозиции нижних уровней – так называемого светлого состояния $|b\rangle$ (см. рис.1b). При этом ортогональное светлomu - темное состояние $|d\rangle$ не взаимодействует с полем. При выполнении определенных условий взаимодействие происходит в адиабатическом режиме. Результатом становится изменение фазы светлого состояния на некоторый угол φ . Выбирая интенсивности бихроматических компонент так, чтобы светлое состояние совпало с одним из собственных векторов, а φ с требуемым углом поворота можно реализовать произвольную унитарную операцию над кубитом. Изменение отстройки Δ на некоторую величину δ , например, вследствие неоднородного уширения оптического переход в случае, когда в качестве кубита используется ансамбль частиц, приводит к фазовой ошибке выполнения операции. В работе [3] было предложено проводить операцию в две стадии (см. рис. 1c). При этом параметры бихроматического излучения выбираются так, чтобы на первой стадии происходило взаимодействие с одним из собственных векторов реализуемого оператора $|v_1\rangle$, а на второй стадии - со вторым $|v_2\rangle$, при этом задаются различные отстройки от резонанса Δ_1 и Δ_2 . С точностью до общей фазы кубита, которая как правило не важна, такая схема, при соответствующем подборе параметров, позволяет скомпенсировать линейный по член фазовой ошибки. В частности, такой режим реализуется при $\Delta_1 = -\Delta_2$ и одинаковой огибающей импульсов бихроматического излучения на обеих стадиях. Интересным оказывается то, что такую схему реализации однокубитовых операций можно проводить, воздействуя на кубит управляющими импульсами не только последовательно, но и одновременно.

Девиация частоты лазерного излучения $\delta_L(t)$ приводит к зависящему от времени изменению отстройки от резонанса и, очевидно, должна приводить к ошибкам при выполнении операции. Будем считать, что все управляющие импульсы создаются с помощью общего лазера и модуляционных схем, например, с использованием акустооптических или электрооптических модуляторов. В этом случае девиация частоты приведет к согласованному изменению отстроек $\Delta_1 \rightarrow \Delta_1 + \delta_L(t)$, $\Delta_2 \rightarrow \Delta_2 + \delta_L(t)$. Если $\delta_L(t)$ не изменяется за время проведения операции, ситуация оказывается полностью аналогична случаю дополнительной отстройки от резонанса, вызванной неоднородным уширением. В этом случае, рассмотренная выше схема должна привести к компенсации (в линейном по δ_L приближении) ошибки. В случае если $\delta_L(t)$ медленная функция на временах выполнения операции можно также ожидать существенной компенсации. Особый интерес представляет случай одновременного применения возбуждающих воздействий, при этом изменение отстроек от резонанса Δ_1 и Δ_2 одинаково во времени, что позволяет надеяться на компенсацию влияния даже довольно быстрых изменений частоты. Для проверки возможности использования рассмотренной методики для снижения влияния ширины линии лазерного излучения на проведение квантовых логических операций в работе было проведено численное моделирование. Моделирование проводилось на основе уравнений для матрицы плотности. Рассматривалась ситуация аналогичная рассмотренной в работе [3], при исследовании возможности компенсации неоднородного уширения. В качестве времен продольной и поперечной релаксации на оптических переходах было выбрано $T_1 = 500$ мкс, $T_2 = 200$ мкс, соответственно. Релаксация на кубитовых переходах не учитывалась. Поскольку время жизни когерентности на кубитовых уровнях ограничивает время выполнения любых манипуляций с ним, то предполагается разумным моделировать поведение кубита без учета релаксации, предполагая, что время работы существенно меньше времени жизни когерентности. Моделировалась операция NOT, как обладающая максимальным значением фазового сдвига равного π и, соответственно, максимальной фазовой ошибкой. Сравнялось три ситуации: без компенсации, схема с компенсацией фазовой ошибки с поочередным применением управляющих импульсов бихроматического излучения, схема с одновременным применением управляющих воздействий. Использовались синусоидальные импульсы, частоты Раби компонент бихроматического излучения выбирались как: $\Omega_1 = \Omega_{m1} \sin(\pi t/T_p)$, $\Omega_2 = \Omega_{m2} \sin(\pi t/T_p)$, $t \in [0; T_p]$, T_p – длительность импульса. Для простой схемы без компенсации выбиралось $\Omega_{m1} = \Omega_{m2} = 1$ МГц, время импульса $T_p = 10$ мкс.

Для двухстадийной схемы с компенсацией фазовой ошибки общее время операции оставалось тем же ($\pi \times 10$ мкс), соответственно, время каждой стадии уменьшалось в два раза ($\pi \times 5$ мкс). При этом на первой стадии выбирались $\Omega_{m1} = \Omega_{m2} = 1$ МГц, на второй $\Omega_{m1} = -\Omega_{m2} = 1$ МГц. Такой выбор соотношений между компонентами бихроматического излучения позволяет обеспечить взаимодействие с собственными состояниями операции NOT (см. работу [3]). При моделировании схемы с одновременным применением управляющих воздействий использовались такие же поля, как и в двухстадийной схеме. Заявленным параметрам во всех случаях отвечала отстройка от однофотонного резонанса $\Omega_0 = 10$ МГц.

Для описания конечной ширины линии лазерного излучения использовалась модель случайных флуктуаций частоты около заданного значения. Такая модель на наш взгляд должна адекватно описывать излучение одномодового стабилизированного лазера, когда отклонения от центральной частоты вызваны техническими шумами, а их величина и скорость компенсации определяется работой схемы стабилизации [4]. Фаза излучения: $\Phi = \int_0^t \omega dt$; \in где $\omega_0 = \omega_0 + \delta_L$, $\delta_L = \delta_{Li}$, $t \in [T_i; T_{i+1}]$; (2) где $T_i = T \times i$, T - характерное время изменения частоты, δ_{Li} - распределены по нормальному закону с нулевым средним и

некоторым среднеквадратическим отклонением, обеспечивающим соответствующую ширину линии. При моделировании использовался метод Монте-Карло. Результаты усреднялись по большому количеству расчетов с различными случайными реализациями δ_{Li} , время начала операции для каждого расчета также выбиралось случайно. На рис.2. представлена зависимость качества (fidelity) выполнения операции от ширины линии лазерного излучения (полная ширина на уровне половинной амплитуды, FWHM), для различных соотношений между временем совершения операции T_r и характерным временем изменения частоты T . Результаты расчетов для простой схемы без компенсации показаны штриховыми линиями, для схемы с компенсацией фазовой ошибки с поочередным применением управляющих импульсов – пунктирными линиями, для схемы с одновременным применением управляющих воздействий - сплошными линиями.

Видно, что в случае медленного изменения частоты на временах совершения операции обе схемы компенсации работают эффективно. С ростом скорости изменения частоты, эффективность двухстадийной схемы существенно падает. При быстрых изменениях частоты она практически перестает работать: на рис.2d при $T = T_r/10$ кривая, соответствующая двухстадийной схеме, сливается с кривой, соответствующей схеме без компенсации. В то же время схема с одновременным применением управляющих воздействий остается работоспособной. Отметим, что ее эффективность также несколько снижается с ростом скорости изменения частоты (см. рис 3). Это по-видимому объясняется увеличением плотности излучения в хвостах спектра мощности и возможностью его паразитного резонансного воздействия на переход. Моделирование также показало, что с ростом скорости изменения частоты, при той же ширине лазерного излучения происходит снижение ошибки в простой схеме без компенсации (см. рис 3). Это согласуется с тем фактом, что в рамках адиабатического описания (которое, вообще говоря, плохо применимо при параметрах параметров модели), отстройка от резонанса входит в фазовую ошибку в виде интегральных выражений с временем интегрирования порядка времени осуществления операции (см., например, [3]), соответственно, быстрые изменения частоты могут частично компенсировать друг друга. Таким образом, актуальность применения рассмотренной схемы компенсации зависит от характера шума лазерного излучения. Предложенная схема хорошо работает при относительно медленных изменениях частоты с характерным временем в несколько раз меньшим времени проведения операции, но с несколько меньшей эффективностью может применяться и в случае более быстрых процессов.

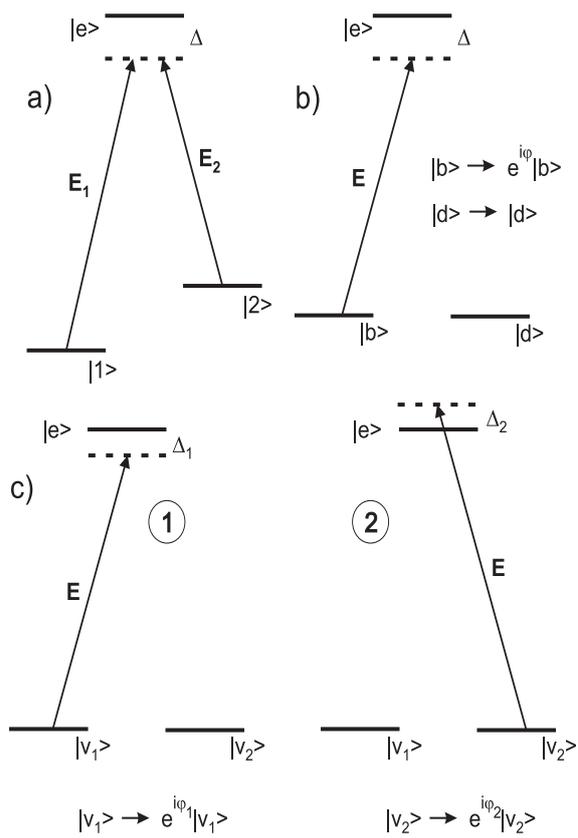


Рис.1

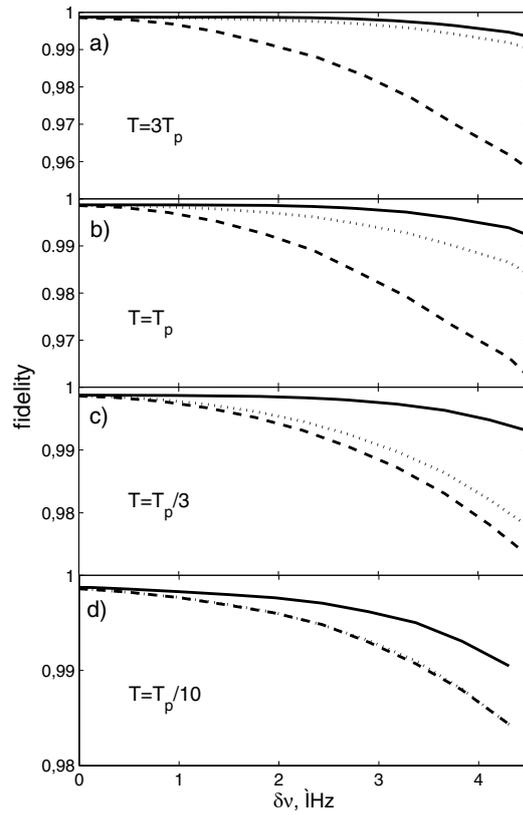


Рис.2.

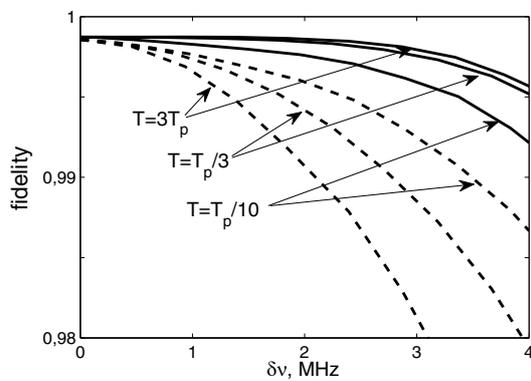


Рис.3

1. X. Caillet and C. Simon, Eur. Phys. J. D 42, 341 (2007).
2. E. M. Gauger, S. C. Benjamin, A. Nazir et al., Phys. Rev. B 77, 115322 (2008).
3. R. A. Akhmedzhanov, L. A. Gushchin, A. A. Kalachev et al., Laser Phys. 25, 055202 (2015).
4. В. Г. Магурин, В. А.Тарлыков. Когерентная оптика, СПб: СПбГУ ИТМО (2006)

Тема № 10.5. Исследование взаимодействия сверхсильного лазерного поля с веществом. (0035-2014-0006)

Отдел сверхбыстрых процессов

Руководитель: член-корреспондент РАН А.М. Сергеев

Сроки выполнения: 2014-2017

В широком диапазоне параметров исследована динамика границы плазма-вакуум при падении на твердотельную мишень лазерного излучения высокой интенсивности. При высокой интенсивности излучения граница вакуум-плазма под действием радиационного давления со стороны лазерного излучения «вдавливается» внутрь мишени. Разработана полуфеноменологическая модель, основанная на уравнениях баланса энергии-импульса компонент плазмы совместно с излучением. Модель позволяет оценить скорость движения границы и коэффициент отражения лазерного излучения. Показано, что при достаточно высокой интенсивности лазерного излучения, когда радиационные потери электронов, движущихся в лазерном поле, велики и значительная часть лазерной энергии конвертируется в энергию гамма-квантов, скорость движения границы и коэффициент отражения уменьшается с ростом радиационных потерь. Получены выражения для коэффициента отражения и скорости движения границ.

(Костюков И.Ю., Неруш Е.Н., Голованов А.А.)

Проведен детальный анализ методологических и алгоритмических аспектов учета в численном моделировании плазмы методом частиц в ячейках процессов квантовой электродинамики, которые будут вызываться сверхсильными лазерными полями на крупномасштабных лазерных комплексах следующего поколения. В частности, обоснована концепция дуалистического описания электромагнитного поля, определен перечень необходимых для учета процессов квантовой электродинамики, определены соответствующие границы применимости модели. Для преодоления проблемы присутствия низкочастотной отсечки в спектре моделируемого излучения частиц, присущей всем существовавшим методам, предложен модифицированный генератор событий, полностью лишенный этого недостатка. На его основе также разработан адаптивный генератор событий, который на основе автоматического подразбиения временного шага эффективно преодолевает проблему сильно различающихся временных масштабов плазменных и электродинамических процессов во многих типичных задачах моделирования. Разработанные методы протестированы и внедрены в программные комплексы PICADOR и ELMIS на основе специально разработанного интерфейса. По результатам исследования опубликована большая обзорная статья [Gonoskov et al., Phys. Rev. E 92, 023305 (2015)].

На основе серии крупномасштабных численных экспериментов разработана и детально проанализирована концепция создания на лазерных комплексах следующего поколения уникального узконаправленного источника ГэВ-ных фотонов с беспрецедентно высокой яркостью. Концепция основана на контролируемом развитии электромагнитного каскада и специфической динамики его частиц, находящихся в режиме аномального радиационного захвата в центре электро-дипольной волны, формируемой сходящимся лазерным излучением.

(Башинов А.В., Гоносков А.А., Ефименко Е.С., Муравьев А.А.)

Путём двумерного численного моделирования исследован процесс ускорения протонов с задней границы тонкой фольги, облучаемой сильно сфокусированным лазерным излучением интенсивностью выше 10^{21} Вт/см², в режиме TNSA. Показано, что

при таких интенсивностях существенное влияние на процесс ускорения оказывает самогенерируемое на задней поверхности магнитное поле, приводящее к замедлению роста энергии отсечки ускоренных ионов с ростом интенсивности.

(Коржиманов А.В.)

Теоретически показано, что в волноведущей системе с двумя независимыми типами нелинейностей (кубической и ионизационной) имеет место адиабатическое уменьшение длительности лазерного импульса солитонной формы вплоть до одного колебания поля, сопровождаемое сверхшироким смещением спектра в коротковолновую область. В результате происходит формирование лазерных импульсов с длительностью в несколько сотен аттосекунд в ультрафиолетовой области спектра.

(Скобелев С.А.)

Для проведённого ранее эксперимента, в котором при облучении плазмы, получающейся в результате абляции с края алюминиевой мишени, наблюдалась генерация моноэнергетических пучков электронов с энергией в районе сотен кэВ, был путём численного моделирования выявлен механизм ускорения, связанный с генерацией плазменной волны в результате развития самомодуляционной неустойчивости лазерного излучения. Трёхмерное моделирование процесса взаимодействия лазерного импульса с докритической плазмой, неоднородной по двум измерениям, показало, что при достаточно сильной неоднородности плазмы и достаточно резкого фронта лазерного импульса, наблюдается эффективная генерация плазменной волны, захват в неё электронов и их ускорение до энергий 0,2 — 0,5 МэВ при параметрах, близких к экспериментальным.

(Кулагин Д.И., Мальков Ю.А., Мурзанев А.А., Яшунин Д.А. Бодров С.Б., Киселев А.М., Корытин А.И., Степанов А.Н., Сергеев Ю.А.)

Показано, что кулоновское взаимодействие между отрываемым электроном и родительским ионом играет важную роль в процессе генерации терагерцового излучения при оптическом пробое газов фемтосекундными лазерными импульсами, в значительной степени определяя оптимальные условия оптико-терагерцовой конверсии. Экспериментально продемонстрирована сильная зависимость оптимального фазового сдвига между компонентами лазерного поля на основной и удвоенной частотах от интенсивности лазерного излучения. Полученная зависимость хорошо объясняется предложенной теоретической моделью, учитывающей кулоновские эффекты и включающей в себя ранее известные механизмы генерации терагерцового излучения как предельные случаи. Теоретически продемонстрирована возможность эффективной генерации терагерцового излучения в ансамбле ориентированных молекул с ненулевым дипольным моментом и предложена схема зондирования вращательной динамики таких молекул по анализу генерируемого терагерцового сигнала.

(Рябикин М.Ю., Емелин М.Ю., Александров Л.Н., Емелина А.С.)

Рассмотрен вопрос о возможности задания нежестких движений молекулы несобственными элементами ее точечной группы; в этом случае расширенная точечная группа молекулы должна просто совпадать с ее точечной группой. На примере инверсионного движения молекулы метана CH_4 в основном электронном состоянии показана возможность такого задания. Вместе с тем, продемонстрировано, что в общем случае такое задание некорректно и справедливо лишь в определенных частных случаях.

(Буренин А.В.)

Публикации:

1. Костюков И.Ю., Пухов А.М. Плазменные методы ускорения электронов: современное состояние и перспективы // Успехи физических наук. 2015. Т. 185. С. 89-96.

2. A. Gonoskov, S. Bastrakov, E. Efimenko, A. Ilderton, M. Marklund, I. Meyerov, A. Muraviev, A. Sergeev, I. Surmin, and E. Wallin, Extended particle-in-cell schemes for physics in ultrastrong laser fields: Review and developments, Phys. Rev. E, v.92, No 2, 023305, 2015.

3. А.В. Буренин, О задании нежестких движений молекулы несобственными элементами её точечной группы, Оптика и спектроскопия, т.118, №5, с.707-712, 2015.

4. A.S. Emelina, M.Yu. Emelin, and M.Yu. Ryabikin, Multi-keV ultrahigh-order harmonics produced in gases with subrelativistically intense mid-IR laser pulses, JOSA B, v.32, No 12, pp. 2478-2487, 2015.

5. E.S. Efimenko, Yu.A. Malkov, A.A. Murzanev, and A.N. Stepanov, Scattering of intense femtosecond laser radiation at water aerosol in backward direction, Appl. Phys. B, v.121, No 4, pp. 483-488, 2015.

Тема № 12.15. Пространственно-временная динамика нелинейных сетей активных элементов (0035-2014-0007).

Руководитель: д.ф.-м.н. В.И. Некоркин

Сроки выполнения: 2014-2017

Исследовано одновременное воздействие глутаматных AMPA и NMDA синаптических токов на модель нейрона с дифференциацией отклика (например, дофаминергические, норадренергические и серотонинергические нейроны). Эти возбуждающие синаптические токи, которые в большинстве случаев активируются одновременно, оказывают на нейронную модель с дифференциацией отклика противоположные действия: NMDA-тока вызывает грубые высокочастотные колебания с ростом частоты в четыре и более раз, а AMPA-ток подавляет его активность при относительно малых значениях проводимости AMPA-рецепторов. Показано, что конкуренция динамических механизмов этих воздействий может приводить не только к достаточно очевидным динамическим режимам: подавлению колебаний, низко- или высокочастотной активности, но также к весьма интересному результату - возможности при ко-активации AMPA-тока повышения на 20% от максимальной частоты по сравнению с максимально достижимой частотой генерации спайков при действии только NMDA-тока. Таким образом, было установлено, что в рамках рассматриваемой модели основной вклад в рост частоты дает NMDA-ток, а AMPA-ток может способствовать дальнейшему увеличению частоты. Динамический механизм такого синергического действия синаптических токов проиллюстрирован с помощью эволюции фазового портрета модели.

Исследованы динамические состояния, формируемые в сети фазовых осцилляторов, сила взаимодействия между которыми изменяется во времени в зависимости от величины относительной разности фаз осцилляторов. Особенностью рассматриваемой системы является совместная эволюция состояний самих элементов и межэлементных связей. Установлено, что в зависимости от параметров сеть может демонстрировать несколько различных типов поведения: синхронное состояние, двухкластерные и мультикластерные состояния, различные синхронные режимы с фиксированными соотношениями фаз между осцилляторами и асинхронные состояния. Выделены области различных типов динамики в пространстве параметров.

(В.И. Некоркин, Д.Г. Захаров, Д.В. Касаткин, А.С. Дмитричев, Д.С. Щапин, В.В. Клиньшов, С.Ю. Кириллов, О.В. Масленников, Кривенкова Л.П., Сутягин А.А., Гордлеева С.Ю., Сынков А.А., Макеева А.А., Калынова Е.Ю., Хроменков В.А.)

В рамках численного моделирования выяснен механизм перехода к сложной динамике вихре-волновых структур в квазидвумерном горизонтальном течении со струйным профилем скорости, локализованном в канале с жесткими стенками. Показано,

что при увеличении надкритичности (уменьшении коэффициента донного трения) в потоке рождается периодическая вихревая цепочка, которой в фазовом пространстве системы соответствует предельный цикл, причем при дальнейшем росте надкритичности возможно скачкообразное уменьшение числа вихрей на периоде цепочки (переключение мод). Установлено, что переход к сложной динамике происходит через рождение волн-сателлитов с несоизмеримыми частотами и соответствует сценарию Рюэля-Такенса, а последовательность бифуркаций, приводящих к хаосу, невозможно описать в рамках теории слабой нелинейности. Полученные результаты согласуются с данными лабораторного моделирования крупномасштабных баротропных структур в зональных течениях, возникающих в атмосфере и океане Земли.

(В.П. Реутов, Г.В. Рыбушкина, С.В. Шагалов, В.В. Чернов, С.В. Кияшко, В.О. Афенченко, А.В. Назаровский, П.Р. Громов).

Публикации:

1. Д.Г. Захаров, Д.В. Касаткин, С.Ю. Кириллов и А.С. Кузнецов, Особенности одновременного воздействия возбуждающих синаптических токов на нейрон с дифференциацией отклика. Известия вузов. ПНД, 2015, т. 23, №2, с. 47-56.

2. Касаткин Д.В., Некоркин В.И. Динамика сети взаимодействующих фазовых осцилляторов с динамическими связями. Известия ВУЗов. Прикладная нелинейная динамика, 2015, т. 23, №4.

3. С.В. Кияшко, В.О. Афенченко, А.В. Назаровский. Генерация спиральных волн при параметрическом возбуждении в кювете с неоднородной границей // Нелинейный мир, 2015, Т. 13, №7, с. 76-80.

Тема № 12.16. Акустические и оптические методы исследования структуры и динамики физиологических процессов в биологических тканях (0035-2014-0008).

Отдел радиофизических методов в медицине

Руководитель: к.ф.-м.н. И.В. Турчин

Сроки выполнения: 2014-2017

С помощью разработанной системы флуоресцентной визуализации лабораторных животных *in vivo* впервые удалось осуществить мониторинг процесса роста опухоли, меченной дальнекрасным флуоресцентным белком «Katushka» (ИБХ РАН), а также изучить ответ на опухолевую терапию с использованием разработанного в ИБХ РАН HER2 – специфичного рекомбинантного иммунотоксина, основанного на антителе 4D5scFv. Работа выполнена совместно с ИБХ РАН, ННГУ и NIH (США) [1].

(И.В. Турчин)

Разработаны новые, уточненные аналитические подходы к реконструкции оптических свойств мутных сред, в т.ч. биотканей на основании данных спектрофотометрии. Проведена оценка точности разработанного метода. Разработанный метод широко применялся для определения спектральных характеристик как биотканей, так и суспензий наночастиц, обладающих высоким потенциалом в качестве контрастирующих агентов при визуализации биотканей методами оптического имиджинга [2].

(Е.А. Сергеева, М.Ю. Кириллин)

Проведена модификация управляющей программы ультразвукового доплеровского эластометра с целью реализации безвибрационного метода измерений (при вдавлении датчика в объект рукой). На тканях бицепса руки человека и на тканях туловища человека

в области печени проведено несколько серий экспериментов по исследованию возможностей метода [3].

(Тиманин Е.М., Ерёмин Е.В.)

Разработан и изготовлен макет ультразвукового эластографа, основанный на использовании смещения локального участка ткани радиационного давления сфокусированной ультразвуковой волны. С его помощью экспериментально исследованы возможности одновременного измерения вибраций локальных участков колеблющейся поверхности при импульсном излучении фокусированных волн на частотах 2,6 МГц и 3,0 МГц фазовым и корреляционным методами. Показана возможность изменения смещений, имеющих амплитуду более долей микрон. Отработана методика регулировки мощности излучения ультразвуковой волны. Показана возможность создания постоянного акустического контакта вогнутой акустической линзы с исследуемой средой с помощью некоторых видов силиконовых герметиков.

(Казаков В.В.)

Разработан и изготовлен лабораторный макет акустотермометра с активным эхографическим каналом, предназначенный для измерения внутренней температуры биобъекта под контролем двумерной эхограммы. Разрабатывается программное обеспечение для отображения информации [4,5].

(Р. В. Беляев, В. А. Вилков, А. Д. Мансфельд, П. В. Субочев)

Экспериментально доказана солевая природа кристаллических структур, образовавшихся при высыхании капель белково-солевых растворов с низким (< 1wt%) и высоким (7 и 9wt%) содержанием альбумина при физиологической (0.9wt%) концентрации NaCl. Доказательства построены на рассмотрении динамики процесса фазовых переходов, морфологическом исследовании и различии физико-химических свойств белка и соли. Практическая значимость работы заключается в предоставлении дополнительной информации о распределении белка и соли в высыхающих жидкостях. [6].

(В.Г. Яхно, Т.А.Яхно, Соколов М.Е., Соколов А.В., Шемагина О.В., Ковальчук А.В., Тельных А.А., Нуйдель И.В.).

1. Zdobnova T, Sokolova E, Stremovskiy O, Karpenko D, Telford W, Turchin I, Balalaeva I, Deyev S., "A novel far-red fluorescent xenograft model of ovarian carcinoma for preclinical evaluation of HER2-targeted immunotoxins", *Oncotarget* 2015 Oct 13;6(31):30919-28 doi: 10.18632/oncotarget.5130
2. M.Yu. Kirillin, E.A. Sergeeva, P.D. Agrba, A.D. Krainov, A.A. Ezhov, D.V. Shuleyko, P.K. Kashkarov, and S.V. Zaboltnov, "Laser-ablated silicon nanoparticles: optical properties and perspectives in optical coherence tomography", *Laser Physics*, 25, 075604 (2015). doi:10.1088/1054-660X/25/7/075604.
3. Тиманин Е.М., Ерёмин Е.В., Беляев Р.В., Мансфельд А.Д. Ультразвуковой доплеровский способ дистанционной эластометрии // *Акустический журнал*. 2015. Т.61, № 2. С.274-280.
4. А. А. Аносов, Р. В. Беляев, В. А. Вилков, А. В. Закарян, А. С. Казанский, А. Д. Мансфельд, П. В. Субочев. Восстановление глубинной температуры методом акустотермометрии с учетом уравнения теплопроводности// *Радиотехника и электроника* 2015, том 60, № 8, с. 855–864.
5. Anosov A.A, Kazansky AS, Subochev PV, Mansfel'd AD, Klinshov VV// *Passive estimation of internal temperatures making use of broadband ultrasound radiated by the body. The Journal of the Acoustical Society of America*. 2015 04 29 P
6. Яхно Т.А., Кристаллизация хлорида натрия из высыхающих капель белково-солевых растворов с разным содержанием белка, *Журнал технической физики*, 2015, том 85, вып. 11, стр. 30-37

Тема № 12.17. Высокоточные исследования молекулярных спектров высокого и сверхвысокого разрешения в интересах физики атмосферы и астрофизики (0035-2014-0009).

Отдел микроволновой спектроскопии

Руководитель: к.ф.-м.н. М.Ю. Третьяков

Сроки выполнения: 2014-2017

Выполнены исследования спектра тонкой структуры молекулы кислорода. С высокой точностью измерены коэффициенты столкновительного уширения линий кислорода давлением основных газовых атмосферных составляющих. Измерения проводились в диапазоне температур 238...348 К. Измерялись наиболее интенсивные линии полосы со значениями вращательного квантового числа от 1 до 19. Параметры остальных линий были определены путем аппроксимации измеренных значений гладкой эмпирической функцией. Получен наиболее полный и точный на сегодняшний день набор параметров линий, отвечающих за поглощение миллиметровых волн атмосферным кислородом. Результат выжжен для фундаментальной спектроскопии и ее атмосферных приложений, в первую очередь, для спутникового мониторинга погоды и климатических изменений.

1. M.A. Koshelev, I.N. Vilkov and M.Yu. Tretyakov, Pressure broadening of oxygen fine structure lines by water, *J. Quant. Spectrosc. Radiative Transfer* 154 (2015) 24-27.
2. M.A. Koshelev, I.N. Vilkov and M.Yu. Tretyakov, Collisional broadening of oxygen fine structure lines: the impact of temperature, *J. Quant. Spectrosc. Radiative Transfer* (2015) Принята к публикации. doi:10.1016/j.jqsrt.2015.09.018.

Проведены высокоточные исследования формы линий вращательного спектра молекулы угарного газа в условиях, когда столкновения молекул, является преобладающим механизмом уширения. Продемонстрировано, что отличия формы наблюдаемых линий от традиционно используемого в спектроскопии и ее приложениях классического профиля Фойгта обусловлены эффектом зависимости сечения соударений от скорости поглощающих молекул.

3. A.F. Seleznev, G.V. Fedoseev, M.A. Koshelev, M.Yu. Tretyakov, Shape of collision-broadened lines of carbon monoxide. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 161, 171-179 (2015).

Исполнители: Третьяков М.Ю., Крупнов А.Ф. Макаров Д.С., Одинцова Т.А., Кошелев М.А., Вилков И.Н., Федоренко Е.Ф., Федосеев Г.В.

Разработан новый теоретический метод высокоточных расчетов интенсивностей молекулярных спектральных линий. Метод основан на квантово-химических расчетах из первых принципах поверхности потенциальной энергии (ППЭ) и поверхности дипольного момента молекулы (ПДМ). Для расчета матричных элементов переходов используется *ab initio* ПДМ, а волновые функции состояний и частоты переходов рассчитываются из ППЭ, которая получается путем оптимизации *ab initio* ППЭ к имеющимся экспериментальным данным. Возможности метода продемонстрированы на примере спектра углекислого газа. Сравнение результатами расчетов с данными уникальных высокоточных лабораторных измерений интенсивностей линий ряда колебательно-вращательных полос CO₂ показало, что погрешность расчетов примерно такая же, как эксперимента и составляет доли процента. Общей отличительной чертой *ab initio* расчетов состоит в том, что все наиболее интенсивные колебательно-вращательные полосы всех изотопологов CO₂, вносящие значимый вклад в атмосферный радиационный баланс рассчитываются со сходной

точностью. Достигнутая точность удовлетворяет требованиям программ глобального спутникового мониторинга за антропогенным эффектом на парниковые атмосферные газы.

4. O.L. Polyansky, K. Bielska, M. Ghysels, L. Lodi, N.F. Zobov, J.T. Hodges, J. Tennyson. High accuracy CO₂ line intensities determined from theory and experiment, Phys. Rev. Lett. 114, 243001 (2015).

Исполнители: Зобов Н.Ф., Овсянников Р.И., Кюберис А.А., Майзус И.И., Полянский О.Л., Белов С.П., Голубятников Г.Ю.

Тема № 12.18. Разработка физических основ акустических систем нового поколения (0035-2014-0010).

Руководитель: Коротин П.И.

подраздел: «Разработка адаптивных алгоритмов обработки информации в многоканальных приемных трактах акустических систем».

Разработан адаптивный алгоритм обработки информации для многоканальных приемных трактов бортовых приемных гидроакустических систем – МПКС (метод максимально правдоподобной классификации сигналов). Единственным ограничением использованной при выводе метода модели сигнала и помех является требование неполного ранга корреляционной матрицы. Показано, что разработанный метод при оценке пеленга плоской волны обладает дисперсией, близкой к границе Крамера–Рао и превосходит по эффективности наилучший из известных методов – root MUSIC. Алгоритм проверен в натурных исследованиях на корабле и показаны его преимущества по сравнению с используемыми методами шумопеленгации.

Предложен метод обработки сигналов с буксируемых гидроакустических антенн для определения вертикального угла прихода акустических волн, позволяющий избавиться от необходимости использования антенн из комбинированных приемников и составных антенн.

Исследован процесс формирования каустического пучка с учетом гидрологии подводного звукового канала.

Исполнители: Зверев В.А., Родионов А.А., Иваненков А.В., Артельный П.В., Бородина Е.Л.

В.А. Зверев, П.И. Коротин Метод определения вертикального угла прихода сигнала на буксируемую антенну. // Акуст. журн. 2015. Т.61. № 5, С.1–9;

В.В. Артельный, П.В. Артельный, А.Л. Вировлянский, А.Ю. Казарова, П.И. Коротин. Фокусировка поля в гидроакустическом волноводе в заданный интервал глубин. Акуст. журн. Т. 61. № 4. С. 477-483 (2015).

Иваненков А.С., Родионов А.А. Оценка временной формы широкополосных сигналов с помощью решёток микрофонов на фоне пространственно распределённых источников помех // Акустический журнал (направлена в печать).

Родионов А.А. Турчин В.И. Обработка сигналов в антенных решетках на основе модели помехи, включающей корреляционную матрицу неполного ранга // Изв. Вузов. Радиофизика (направлена в печать).

Петухов Ю.В., Бурдуковская В.Г., Бородина Е.Л. «Формирование слаборасходящегося каустического пучка в открытом ко дну подводном звуковом канале» // «Акустический журнал».

подраздел: «Методы калибровки гидроакустических бортовых приемных систем в морских условиях без использования координатных устройств».

Сформулирован и проверен на натурном эксперименте метод калибровки бортовых антенных решеток, заключающийся в определении комплексных коэффициентов передачи гидрофонов как функции частоты и угла падения плоской волны необходимой для точной оценки угловых координат источников. Метод исключает зависимость характеристик антенн от угла падения из-за локальных импедансных характеристик корпуса. Методика калибровки основана на нахождении непосредственно векторов весовых коэффициентов, обеспечивающих максимальный коэффициент концентрации для каждого угла прихода плоской волны. Проверка выполнена экспериментально на Ладожском озере с глубиной места ~20 м. Объектом калибровки являлись две бортовые кабельные антенны с 32 гидрофонами, установленные на бортах масштабной модели. Данная методика очевидным образом переносится на морские условия.

Для калибровки источников и определения их координат в водоемах со сложными гидрологическими условиями разработаны адаптивные методы локализации источников.

Исполнители: Турчин В.И., Алипова О.И., Артельный П.В., Матвеев А.Л., Чащин А.С., Соков А.М., Харитонов А.В., Кондрашов В.А.

А.Г.Сазонтов, И.П.Смирнов, А.Л.Матвеев. «Локализация источника в мелководном канале со взволнованной поверхностью. // Акустический журнал, 2015, Т. 61, № 1, С.114-122.

Чащин А.С., Сазонтов А.Г., Смирнов И.П. Локализация когерентного источника излучения в мелководном канале с использованием частично калиброванной адаптивной антенной решетки. // Изв. Вузов. Радиофизика.

Л.А.Вировлянский, А.Ю. Казарова, Г.В. Кенигсбергер, О.В. Колодиев, П.И. Коротин, Л.Я. Любавин А, В.И. Моисеенков, Д.А. Орлов, О.А. Потапов, В.И. Турчин. Эксперимент по оценке координат источника звука на шельфе Черного моря// Акуст. журн. 2015. Т.61. №2. С. 216-224.

подраздел: Разработка основ построения мобильных систем для контроля акустических полей кораблей и выявления источников повышенного шумоизлучения.

Предложена схема восстановления внешнего акустического поля оболочечных конструкций с применением распределенной по внешней поверхности конструкции приемной системы. Схема проверена на экспериментах в натуральных условиях. Реализована схема определения вклада отдельного источника в сложной системе во внешнее поле на основе комплексного использования измерительных и расчетных средств.

Разработан алгоритм измерения широкополосных и дискретных компонент поля корабля, при использовании распределенного по пространству набора акустических и вибрационных датчиков и когерентных схем обработки сигнала. Предложена система активного воздействия на внешнее акустическое поле оболочечных конструкций.

Исполнители: Артельный В.В., Наседкин А.В., Матвеев А.Л., Циберев А.В., Сорвенков С.А., Фикс И.Ш., Бармак А.С., Салин Б.М., Потапов О.А.

А.С. Бармак, П.И. Коротин, Б.М. Салин, М.Б. Салин. Восстановление временной зависимости и параметров сигнала широкополосных протяженных акустических источников в дальней зоне. Ч.2. Восстановление диаграммы направленности движущегося источника. // Акуст. журн. 2015. Т.61. №1. С.123-132;

И.Ш. Фикс, П.И. Коротин, О.А. Потапов, Г.Е. Фикс. «Экспериментальные исследования компенсации звукового поля на дискретных частотах». // «Акустический журнал», 2016. Т. 62. № 2

подраздел: Разработка физических принципов акустического проектирования, основанных на масштабном моделировании сложных конструкций, выполнении расчетов с использованием метода конечных элементов (МКЭ) и верификации расчетной схемы по результатам испытаний масштабных моделей.

Найден регулярный подход к решению задачи о верификации численной конечно-элементной модели сложных механоакустических систем. Подход успешно реализован при поиске причин повышенного излучения корабля.

Предложена методология повышения точности численного моделирования задач акустического проектирования, основанная на верификации расчетов и корректировке КЭМ по данным виброакустических экспериментов с масштабными физическими моделями. Разработанная методология совместного расчетно-экспериментального моделирования сложных объектов морской техники включает в себя два этапа проведения верификации численных моделей. А именно, первый этап "корректировка", осуществляющийся в процессе изготовления модели по результатам вибрационных испытаний фрагментов или составных частей изделия, и второй этап "проверка", заключающийся в верификации расчета шумоизлучающей способности по данным акустических испытаний масштабной модели на акватории.

Показано, что алгоритм повышения точности моделирования на первом этапе (процедура корректировки) можно представить в виде цикла, каждый шаг которого содержит:

- стадию совместного анализа экспериментальной и расчетной информации (идентификации резонансных явлений и визуализации вибрационных полей). Определение чувствительности акустических характеристик исследуемых объектов к введению малых возмущений в исходные параметры расчетных моделей.

- стадию итерационной минимизации погрешности расчета, посредством оптимального, не противоречащего физическому смыслу, изменения параметров КЭМ.

Исполнители: Суворов А.С., Соков Е.М., Вьюшкина И.А., Цыганова Е.П., Артельный В.В., Стуленков А.В.

В.В. Артельный, П.В. Артельный, П.И. Коротин, А.В. Наседкин, О.А. Потапов, А.В. Стуленков, А.С.Суворов, Е.П. Цыганова «Использование численного моделирования в интересах акустического проектирования ...»// ВОКОР-2015 (Специздание)

подраздел: Построение физико-математической модели и расчетных схем рассеяния широкополосных звуковых сигналов на сложных конструкциях с учетом эффектов пространственного и временного синхронизма.

Разработана расчетная схема для определения характеристик рассеяния широкополосных звуковых сигналов на сложных конструкциях с учетом эффектов пространственного и временного синхронизма для волновых размеров конструкций порядка единицы. Схема применена для определения силы цели при гидроакустической локации в низкочастотном диапазоне. Для водной среды разработаны методики измерения характеристик рассеяния для вытянутых тел. Выполнена апробация расчетных схем по результатам экспериментов.

Исполнители: Салин М.Б., Суворов А.С., Соков Е.М.

подраздел: «Разработка методики измерения характеристик рассеяния при наличии высокого уровня реверберационной помехи».

Для измерения силы цели рассеивателей в условиях высокого уровня реверберации предложены схемы измерений.

Для диапазона низких частот используется схема измерения в ближней зоне объекта при тональной подсветки акватории ненаправленным источником или вертикальной фазированной системой. Прием рассеянного сигнала осуществляется линейной антенной, размер которой превышает длину измеряемого объекта. Объект в процессе измерения перемещается вдоль приемной антенны. За счет движения измеряемого объекта и появления доплеровского сдвига частоты в рассеянном сигнале, осуществляется отстройка от реверберационной помехи. Диапазон частот данной методики ограничивается числом приемных элементов линейной антенны.

Для диапазона средних и высоких частот используются импульсные сигналы, при этом и приемник, и излучатель размещаются в дальней зоне объекта. Для отстройки от реверберации используются направленные приемные антенны, а также поворотное устройство, задающее определенную модуляцию интенсивности отраженного сигнала и возможность синхронного накопления угловых зависимостей при многократном повороте рассеивателя относительно вертикальной оси.

Для измерений реверберационной обстановки на акватории предложены схемы измерения поверхностной реверберации.

Сформулированы способы подавления реверберации для улучшения качества сигнала при сейсмоакустической разведке.

Исполнители: Салин М.Б., Бармак А.С., Салин Б.М., Костылев К.А., Городецкий Д.О., Томаров В.П., Кияшко Б.В.

Б.М. Салин, М.Б. Салин. Комбинированный метод измерения трёхмерных спектров волнения. I. Алгоритмы преобразования поля яркости в распределение высот волнения // Изв. ВУЗов. Радиофизика, 2015. Т.58. №2. С.123-133;

Б.М. Салин, М.Б. Салин. Комбинированный метод измерения трёхмерных спектров волнения. II. Примеры использования основных схем измерений и анализ полученных результатов // Изв. ВУЗов. Радиофизика, 2015. Т.58. №3. С.200-213;

К.А. Костылев, В.А. Зуев. «Подводно-подледная донная сейсморазведка» // Современные проблемы науки и образования. № 6

Тема № 12.19. Распространение акустических волн в морской среде и земной коре (0035-2014-0011).

Руководитель: к.ф.-м.н. Б.Н.Боголюбов

Продолжены работы по созданию новых пьезокерамических низкочастотных гидроакустических излучателей продольно-поперечного типа, работающих в частотных диапазонах 100 – 300 Гц и 500 – 800 Гц. Актуальность данных разработок связана с тем, что в настоящее время акустические буи, работающие в указанных диапазонах частот, востребованы в научных и прикладных работах, ведущихся в настоящее время в России. В то же время, излучатели, необходимые для создания таких буев, практически отсутствуют. Сложность создания компактных излучателей для сравнительно низких частот заключается в необходимости внесения в конструкцию уменьшающих жесткость элементов. При этом, однако, возникает проблема с герметизацией, особенно, при работе на больших глубинах. Предложены и реализованы методы внесения в конструкцию необходимых элементов и решения проблемы герметизации.

В 2015 год были выполнены следующие работы:

- 1) проведены натурные испытания продольно-поперечных излучателей на диапазон частот 500 – 800 Гц и на диапазон частот 100 – 300 Гц, с последующей корректировкой конструкции.
- 2) для измененных конструкций излучателей проведено численное моделирование;
- 3) разработана конструкторская документация на оба типа излучателей;
- 4) изготовлены макеты продольно-поперечных излучателей на диапазон частот 500 – 800 Гц с учетом изменений конструкции по результатам предварительных испытаний.

В работах по созданию излучателей принимали следующие сотрудники Отдела акустики океана и лаборатории экспериментальной радиоэлектронной аппаратуры:

- Боголюбов Б.Н. – численное моделирование, натурные испытания;
- Смирнов С.А. – численное моделирование;
- Фарфель В.А. – натурные испытания;
- Мухин Е.Н. – изготовление макета, натурные испытания
- Новиков В.Ф. – изготовление макета;
- Сорокин А.М. – изготовление макета;
- Кирсанов А.В. – натурные испытания;
- Перфилов В.А. – разработка ЭКД, натурные испытания;
- Болотников А.В. – разработка ЭКД;
- Смирнов С.Ю. – разработка испытательного стенда, натурные испытания;
- Фаизов О.Р. – изготовление макета;
- Бритенков А.К. – изготовление макета.

Развиты согласованные со средой методы обработки сигналов в акустических волноводах. Применительно к условиям неполной априорной информации о канале распространения, построены робастные алгоритмы оценивания, рассчитанные на наихудший сценарий приема, и обладающие повышенной устойчивостью по отношению к эффектам рассогласования различной природы, обусловленных несоответствием между принятым звуковым полем и его расчетной моделью. Апробация разработанных алгоритмов на данных натурных измерений, выполненных в Ладожском озере, показала их работоспособность в реальных условиях мелководной акватории.

Исполнитель: А.Г. Сазонтов.

Проведена обработка данных измерений звуковых полей на Ладожском полигоне в 2014 и 2015 гг. с помощью протяженных излученной и приемной антенных решеток. Целью обработки был анализ устойчивости пространственно-временной структуры акустического поля по отношению к вариациям параметров среды. Основное внимание уделено изучению распределения интенсивности поля на дистанции наблюдения в пространстве "глубина – угол прихода – время прихода," выраженного функцией Вигнера поля, сглаженной по пространственным, угловым и временным масштабам. Продемонстрировано хорошее совпадение измеренных и рассчитанных функций Вигнера. Сделан вывод о возможности использования данных характеристик поля при решении задачи о локализации источника звука в волноводе. *А.Л. Вировлянский.*

Рассмотрена обратная задача оценки геоакустических параметров морского дна на основе экспериментальных данных натурального эксперимента, выполненного в одном из мелководных районов Атлантического океана. Для решения модельной прямой задачи для расчета акустического поля используется модовая программа. В качестве геоакустической модели был выбран волновод с известным вертикальным распределением скорости звука в водном слое вдоль трассы и дном, состоящим из слоя осадков и подстилающего полупространства. В процессе поиска оцениваемыми параметрами волновода считались: толщина слоя осадков, скорости продольных волн в

слое осадков и подстилающем полупространстве, их коэффициенты затухания и плотности. Уточнялась также глубина источника. Р.Б.В. Кержаков и В.В. Кулинич.

Теоретически проанализированы характеристики поверхностных волн Лява, возбуждаемых моментом осциллирующей скручивающей силы с точкой воздействия, перемещающейся равномерно и прямолинейно вдоль свободной плоской границы упругой среды, имеющей структуру “слой на полупространстве”. Исследована анизотропия азимутально-углового распределения амплитуды волновых мод Лява, генерируемых быстро движущимися источниками (скоростные жел.-дор. составы) и их доплеровский сдвиг частоты в зависимости от скорости движения виброисточника и параметров среды.

Исполнитель: Ю.М. Заславский.

Публикации:

1.Ю.М. Заславский, В.Ю. Заславский Моделирование сейсмического отклика на воздействие дождевой капли // Акуст. ж. 2015. т. 61, №.1, с. 101-105.

Тема № 13.20. Исследование новых схем релятивистских генераторов и усилителей мм и суб-мм диапазонов (0035-2014-0012).

Руководитель: д.ф.-м.н. А.В. Савилов

Исполнители: Э.Б.Абубакиров, В.Л.Братман, Е.В.Иляков, Ю.К.Калынов, И.С.Кулагин, П.Б.Махалов, Н.Ю.Песков, А.Э.Федотов (основные), А.Б.Волков, Ю.Д.Гром, Ю.М.Гузнов, А.Н.Денисенко, И.Н.Дойникова, С.А.Запеввалов, А.Б.Кальпин, А.П.Конюшков, Т.О.Крапивницкая, А.Н.Леонтьев, К.Е.Основин, И.В.Ошарин, Р.М.Розенталь, Е.И.Солуянов, А.С.Шевченко, В.В.Ястребов

В рамках проекта в 2015 году проведены теоретические и экспериментальные исследования по реализации новых схем генераторов и усилителей мм и суб-мм излучения, включая:

1. *Импульсные гироклистроны-усилители миллиметрового диапазона с рекордной для приборов данного типа мощностью до 15 МВт.*

В настоящее время одними из наиболее эффективных источников излучения миллиметрового диапазона длин волн мегаваттного уровня мощности являются гироприборы, работающие на электронных пучках с субрелятивистской энергией частиц. Переход к использованию пучков с релятивистской энергией электронов, в принципе, может обеспечить дальнейшее повышение мощности выходного излучения. Исследования в этом направлении в последнее время интенсивно ведутся Институтом прикладной физики РАН, в результате которых получены результаты мирового уровня.

В частности, в последние годы создан усилительный гироклистрон 8-мм диапазона, в котором достигнута выходная мощность до 15 МВт в импульсах микросекундной длительности при КПД выше 30. Дальнейшее увеличение мощности и/или частоты излучения в таких системах требует решения ряда фундаментальных задач, связанных с повышением сверхразмерности электродинамических систем, который необходим для обеспечения транспортировки как электромагнитного излучения, так и интенсивного электронного пучка. Целью работ данного этапа было исследование возможности селективного возбуждения высоких вращающихся мод входного резонатора гироклистрона с использованием квазиоптических методов.

Экспериментальные исследования выполнены на электронном микросекундном ускорителе «Сатурн F» при ускоряющем напряжении 300 кВ, токе пучка 100 А и длительности импульсов до 1 мкс. На базе стенда был реализован импульсный

гироклистрон, в котором в качестве входного резонатора был установлен исследуемый входной резонатор на моду $TE_{7,4,1}$, и выходной резонатор на моду $TE_{7,3,1}$. Этот вариант прибора представлял собой модификацию гироклистрона 8 мм диапазона длин волн на последовательности мод с разными радиальными индексами. Замена входного резонатора на устройство с большим поперечным сечением в данном варианте прибора имела целью проверку работоспособности квазиоптического ввода высокочастотного сигнала в «горячем» эксперименте. Для возбуждения моды $TE_{7,4,1}$ был использован ввод мощности, состоящий из цилиндрического резонатора с системой щелей для подавления паразитных мод. Электродинамические измерения показали, что добротность рабочей моды более чем в 3 раза превышает добротности паразитных мод в 5%-ой окрестности рабочей частоты, эффективность ввода мощности составила около 70%.

В экспериментах при работе гироклистрона в режиме усиления мощность выходного излучения составила около 4.2 МВт, полоса усиления по частоте была около 50 МГц при коэффициенте усиления 24 дБ. При смене направления ведущего магнитного поля и, соответственно, направления вращения электронов, эффективность работы входного резонатора невысока. Взаимодействие пучка и высокочастотного поля в этом случае определяется возбуждением волны $TE_{7,4}$ с направлением вращения, противоположным расчетному. Экспериментально было показано, что подача входного сигнала во входной резонатор в этой ситуации не меняет характера работы прибора. Это свидетельствует о невысоком уровне интенсивности возбуждения паразитной волны в исследуемом варианте ввода высокочастотной мощности.

Таким образом, экспериментальные исследования квазиоптического ввода в составе импульсного гироклистрона мегаваттного уровня выходной мощности показали перспективность применения подобных устройств в электронных приборах с пространственно-развитыми электродинамическими системами.

2. Развитие квазиоптических методов описания релятивистских черенковских генераторов миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов.

Стимулированное излучение релятивистских электронных потоков в периодически-гофрированных волноводах широко используется в релятивистской электронике для создания генераторов и усилителей с субгигаваттным и гигаваттным уровнем мощности, работающих в сантиметровом и миллиметровом диапазонах длин волн. Теория таких приборов была хорошо разработана и основана на теории возбуждения волноводов. Поле излучения представляется в виде объемной волноводной моды, которая, распространяясь в периодической структуре, в соответствии с теоремой Флоке может быть разложена на сумму пространственных гармоник. Прямолинейно движущийся электронный пучок взаимодействует с одной из пространственных гармоник в условиях синхронизма черенковского типа.

Вместе с тем, в последнее время становится актуальной задача освоения коротковолновых диапазонов, в частности, терагерцового диапазона, что неизбежно требует использования сверхразмерных электродинамических систем и, соответственно, квазиоптических методов описания электронно-волнового взаимодействия. На базе аналитического решения задачи о стимулированном излучении в свободном пространстве ленточного электронного пучка, движущегося прямолинейно над периодически-гофрированной металлической поверхностью, был проведен анализ стимулированного черенковского излучения первоначально стационарных электронных потоков, движущихся в гофрированных волноводах. Такой анализ включает в себя исследование дисперсионных характеристик поверхностных волн, а также самосогласованную задачу о неустойчивости электронных потоков при возбуждении таких волн с учетом группировки частиц под действием излученного поля. Для нахождения эффективности энергообмена проведен анализ нелинейной стадии взаимодействия. Исследовались планарные и коаксиальные схемы черенковских генераторов и усилителей поверхностной волны.

Для обеспечения синхронизации излучения в сверхразмерных системах было предложено использование двумерно-периодических структур коаксиальной и планарной геометрии. Наличие поперечных волновых потоков, возникающих в подобных структурах, приводит к существенному разрежению спектра поверхностных мод и к возможности их селективного возбуждения трубчатыми прямолинейными электронными пучками больших размеров.

Основное упрощающее предположение, использованное в данных работах, сводится к допущению об относительно небольшой глубине гофрировки в масштабе периода и длины волны. Это предположение вполне адекватно описывает экспериментальную ситуацию в случае излучения релятивистских электронных пучков, когда для организации взаимодействия черенковского типа требуется относительно небольшое замедление волны. В то же время, малость кривизны поверхности позволяет использовать развитый в работах метод эквивалентных поверхностных магнитных токов. В свободном пространстве над гофрированной поверхностью имеет место дифракционное расплывание поля, которое в рамках квазиоптического приближения описывается уравнениями параболического типа.

Публикации:

1. N. Balal, I. V. Bandurkin, V. L. Bratman, E. Magory, and A. V. Savirov. Negative-mass mitigation of Coulomb repulsion for terahertz undulator radiation of electron bunches. *Applied Physics Letters* 107, 163505 (2015).
2. I. V. Bandurkin, I. V. Osharin, and A. V. Savirov. Cyclotron radiation cooling of a short electron bunch kicked in an undulator with guiding magnetic field. *Physical Review ST - AB* 18, issue 11, 110702 (2015).

Тема № 13.21. Исследование новых схем лазеров на свободных электронах с накачкой мощными микроволновыми и оптическими импульсами (0035-2014-0013).

Руководитель: д.ф.-м.н. Н.С. Гинзбург

Исполнители: И.В.Бандуркин, В.Р.Барышев, А.А.Вихарев, Ю.Ю.Данилов, В.Ю.Заславский, И.В.Зотова, Е.Р.Кочаровская, С.В.Кузиков, А.М.Малкин, Я.Л.Богомолов, Е.С.Семенов, А.С.Сергеев, С.Е.Фильченков, А.Д.Юнаковский (основные), М.Н.Вилков, И.В.Железнов, Т.О.Крапивницкая, Ю.С.Опарина, Д.Л.Павлов, Л.А.Юровский, Л.М.Шевц, Э.М.Шер

В рамках проекта в 2015 году проведены исследования источников когерентного спонтанного излучения и сверхизлучения сверхплотных электронных сгустков. Выполненные в рамках проекта работы направлены на анализ возможности создания перестраиваемого источника мощного когерентного терагерцового излучения. Одним из важных потенциальных приложений этих работ может стать создание источника терагерцового излучения для «pump-probe» экспериментов на рентгеновских ЛСЭ. В числе требований к такому источнику:

- использование фотоинжекторной электронной пушки, обеспечивающей синхронизацию терагерцового и рентгеновского ЛСЭ,
- узкая полоса частотного спектра выходного сигнала,
- высокая интенсивность излучения,
- фиксированная фаза терагерцового сигнала и
- возможность изменения («чирпирования») частоты в рамках одного СВЧ импульса.

Возможное решение такой задачи – использование спонтанного когерентного ондуляторного излучения электронного сгустка, длина которого не превышает длину

волны. При этом, однако, длительность импульса излучения и, соответственно, его энергетика ограничены кулоновским расплыванием сгустка. Для плотных (нК и пК) электронных сгустков, генерируемых в современных фотоинжекторных пушках, характерная длина траектории, на которой происходит расплывание, составляет ~ 10 см, т.е. несколько периодов ондулятора.

Для предотвращения расплывания короткого плотного фотоинжекторного электронного сгустка, которая происходит вследствие кулоновского расталкивания частиц сгустка в процессе его движения по протяженному ондулятору, предложено использовать режим отрицательной массы. В таком режиме, который может быть реализован в ондуляторе с сильным продольным однородным магнитным полем, увеличение энергии частицы ведет к уменьшению ее поступательной скорости, в результате чего кулоновское взаимодействие электронов приводит к их притяжению к центру сгустка.

Стабилизация размера короткого сгустка делает возможным создание источника электромагнитного излучения терагерцового частотного диапазона, основанного на спонтанном когерентном излучении сгустка при его движении по протяженному ондулятору в условиях, когда эффективная длина сгустка не превышает длину излучаемой волны. Разработан и протестирован ондулятор с сильным ведущим магнитным полем. На его основе может быть реализован источник длинноимпульсного узкополосного терагерцового (1 - 3 ТГц) излучения, основанный на использовании умеренно-релятивистского (несколько МэВ) плотного электронного сгустка и обладающий высоким (до 20%) КПД. Кроме того, предложенный режим отрицательной массы может быть использован для существенной компрессии (уменьшения продольного размера) плотных умеренно-релятивистских электронных сгустков.

Второй задачей в рамках данного проекта было исследование новых схем генераторов, основанных на использовании эффектов сверхизлучения (СИ) электронных сгустков. Для генерации субнаносекундных импульсов с мультимегаваттным уровнем мощности в коротковолновой части миллиметрового диапазона предложено использовать эффект черенковского СИ электронных сгустков, прямолинейно движущихся в сверхразмерных гофрированных волноводах. Рассмотрены различные механизмы формирования импульсов СИ, включая возбуждение объемных волн при синхронизме электронов с замедленной пространственной гармоникой, а также возбуждение попутной и встречной поверхностных волн. Первый случай характерен для волноводов с малым параметром сверхразмерности, второй – для сверхразмерных волноводов. Анализ проводился в рамках, как развитого квазиоптического подхода, так и на основе прямого PIC (particles in cell) моделирования. Продемонстрирована перспективность использования возбуждения поверхностных волн для генерации мультимегаваттных импульсов СИ в коротковолновой части миллиметрового диапазона. При этом возбуждение поверхностной волны позволяет обеспечить пространственную когерентность излучения. В настоящее время на базе сильноточного ускорителя РАДАН (ИЭФ УрО РАН, Екатеринбург) с дополнительным блоком временной компрессии ускоряющего импульса предполагается проведение экспериментальных исследований описанных механизмов СИ.

Построена теория черенковского (СИ, инициируемого фронтом токового импульса. При этом спонтанное излучение резкого фронта электронного сгустка инициирует процесс индуцированного излучения, включающий группировку электронов с последующим формированием короткого электромагнитного импульса большой мощности. Поскольку в этом случае имеет место привязка фазы излучаемого импульса к форме импульса тока, возможна генерация идентичных импульсов СИ в нескольких раочих каналах, что допускает их дальнейшее когерентное сложение. К настоящему времени подобный принцип был экспериментально реализован в ИЭФ УрО РАН для двух и четырех каналов применительно к черенковскому механизму СИ электронных сгустков, движущихся прямолинейно в периодических замедляющих структурах. В последнем

случае когерентное сложение четырёх волновых пучков от сверхизлучательных генераторов 8-мм диапазона привело к получению в максимуме интерференционного поля экстремально высокой плотности рекордной мощности ~10 ГВт.

Публикации:

Э.Б. Абубакиров, И.В. Бандуркин, А.А. Вихарев, С.В. Кузиков, Р.М. Розенталь, А.В. Савилов, А.Э Федотов. Микроволновые ондуляторы и электронные генераторы для нового поколения лазеров на свободных электронах. Изв. ВУЗов – Радиофизика, Т. 58, №10 С. 201.

N.S. Ginzburg. E.R. Kocharovskaya. Quasi-linear theory of terahertz free electron lasers based on Compton scattering of incoherent pump wave by intense relativistic electron beam. Phys.Rev ST AB (направлена в печать)

Тема № 10.6. Разработка мощных лазерных систем с высоким качеством пучка в ближнем и среднем инфракрасном диапазоне (0035-2014-0014).

Руководитель: к.ф.-м.н. Н.Ф. Андреев

Сроки выполнения: 2014-2017

Были проведены ресурсные испытания регенеративного усилителя, в результате было получено, что его гарантированный остаточный ресурс составляет 1.5×10^9 импульсов. Сравнительные испытания квантронов с квантронами REA5006-3P и REA10012-3P производства Nortrop Grumman (США) показали, что разработанные для регенеративного усилителя квантроны имеют достаточно высокую энергетическую эффективность, не уступающую эффективности импортных образцов.

Проводились работы по усовершенствованию методики работы на установке, предназначенной для измерения сверхмалых поглощений в диэлектриках, чувствительностью до $\sim 10^{-8} \text{ см}^{-1}$. Установка разрабатывается для осуществления входного контроля различных оптических материалов, используемых при создании мощных лазеров со средней мощностью от 10 кВт и, кроме того, для исследования вкладов различных молекул в континуальное поглощение в атмосферном воздухе.

При исследовании вопроса калибровки выяснилось, что в методе фазового контраста, существенный вклад в импульсные отклики измерительного фотодиода, вносит трудно контролируемая дифракция пробного излучения на фазовой неоднородности, наведенной при нагреве исследуемого образца импульсным излучением иттербиевого волоконного лазера.

Как показали теоретические расчеты вклад дифракции в измерения можно занулить при

- 1) Использовании гауссовых пучков греющего и пробного излучений путем выбора сечения в образце, проецируемого на поверхность фотодиода.
- 2) Настройкой фазовой пластинки Цернике на точный сдвиг фазы $\pi/2$, что является нетривиальной задачей в данном методе. (Обычно применяемая настройка по максимальному отклику сигнала на фотодиоде может приводить к ошибке вычисленного поглощения в два раза).

В настоящее время проводятся экспериментальные исследования по возможности устранения данной ошибки калибровки обоими методами.

Кроме того, поскольку в дальнейшем планируется производить измерения поглощения в кристаллах, проводились расчёты для учёта вклада термоупругих

напряжений в изменение показателя преломления в анизотропном теле при существенной неоднородности распределения температуры при нагреве сфокусированным пучком в исследуемом кристалле $T=T(r,z)$. Данные расчеты необходимы при вычислении поглощения в образцах кристаллов ВВО, ЛВО фазоконтрастным методом.

По результатам работы готовится соответствующая публикация.

(Андреев Н.Ф., Кулагин О.В., Власова К.В., Шубин С.В., Горбунов И.А., Давыдов В.С., Приданов М.Н., Софронов В.К., Горячев Ю.А., Кулагин И.О., Кулагин С.О.)

Экспериментально и теоретически исследована лазерная система на основе керамики $Tm^{3+}:Lu_2O_3$ с накачкой излучением эрбиевого волоконного лазера с ВКР-смещением длины волны на 1670 нм. Получена как непрерывная, так и импульсно-периодическая генерация, длина волны которой менялась от 2070 нм до 1970 нм (в зависимости от мощности накачки). Мощность непрерывной генерации достигала 23 Вт при высокой эффективности использования накачки ~50% и высоком качестве пучка. В импульсно-периодическом режиме (при активной модуляции добротности) получены импульсы длительностью ~40-100 нс с частотой повторения 15-30 кГц и энергией до 1 мДж. Исследования показали, что при использовании акустооптического модулятора на основе кристаллического кварца, вырезанного перпендикулярно оптической оси, достигается высокая степень поляризации (~95%) излучения генерации. Полученное лазерное излучение может быть использовано в медицине (в хирургии или литотрипсии) или обработке пластмасс, для накачки лазеров 3-х микронного диапазона на основе кристаллов $ZnSe:Cr^{2+}$, а также для параметрического преобразования в средний ИК диапазон.

(Антипов О.Л., Новиков А.А., Кузнецов М.С.)

Разработана гибридная Er/Yb волоконная лазерная система, состоящая из эрбиевого задающего генератора и усилителя на длине волны около 1.5 мкм, нелинейного конвертора длины волны в одномикронный диапазон и трехкаскадного иттербиевого усилителя. Продемонстрированы импульсы на длине волны 1.04 мкм с энергией 1 мкДж длительностью 7 пс при частоте повторения 1 МГц, которые с помощью дисперсионного компрессора на дифракционных решетках сжимаются с 60% эффективностью до длительности 130 фс, близкой к спектральному ограниченному. Измерения формы импульсов, их временной и спектральной фазы осуществлялись с помощью программно-аппаратного комплекса FROG (Frequency-resolved optical gating) на основе метода оптического стробирования со спектральным разрешением. Для сжатых импульсов пиковая мощность оценена в 2.5 МВт.

(Анашкина Е.А., Андрианов А.В., Ким А.В., Коптев М.Ю., Муравьев С.В.)

1. М. Ю. Коптев, Е. А. С. С. Алёшкина, С. Л. Семёнов, А. Н. Денисов, М. М. Бубнов, Д. С. Липатов, А. Ю. Лаптев, А. Н. Гурьянов, А. В. Андрианов, С. В. Муравьев, А. В. Ким, Волоконный усилитель на основе активного иттербиевого световода-конуса для получения ультракоротких оптических импульсов с мегаваттным уровнем пиковой мощности, Квантовая электроника, 45 (5), 443-450 (2015).

2. O.L. Antipov, I.D. Eranov, M.P. Frolov, Yu.V. Korostelin, V.I. Kozlovsky, A.A. Novikov, Yu.P. Podmar'kov, Ya.K. Skasyrsky, "2.92 μm $Cr^{2+}:CdSe$ monocrystal laser pumped by repetitively pulsed $Tm^{3+}:Lu_2O_3$ ceramics laser at 2.066 μm ," Laser Physics Letters v. 12, N4, 045801 (2015).

Тема № 13.22. Теоретическое и экспериментальное исследование гиротронов для установок УТС (0035-2014-0015).

Отдел электронных приборов (лаборатория гиротронов для термоядерных исследований, лаборатория электродинамических систем)

Руководитель: член-корреспондент РАН Г.Г. Денисов

Исполнители: Белоусов Владимир Иванович, Богдашов Александр Александрович, Васин Алексей Валерьевич, Гаштури Антон Петрович, Глявин Михаил Юрьевич, Дубров Валерий Валентинович, Завольский Николай Александрович, Запевалов Владимир Евгеньевич, Зуев Андрей Сергеевич, Калынова Галина Ивановна, Кулыгин Максим Львович, Куфтин Андрей Николаевич, Литвак Александр Григорьевич, Луковников Дмитрий Александрович, Макарова Мария Михайловна, Малыгин Владимир Иванович, Павельев Александр Борисович, Петелин Михаил Иванович, Родин Юрий Валентинович, Седов Антон Сергеевич, Соболев Дмитрий Игоревич, Усов Валерий Геннадьевич, Фикс Александр Шлемович, Хижняк Виктор Иванович, Хозин Михаил Анатольевич Шмелев Михаил Юрьевич

Разработаны линии передачи, предназначенные для транспортировки излучения гиротронов диапазона миллиметровых волн с мощностью до 1 МВт. В частности, разработаны различные необходимые компоненты линий передачи - направленные ответвители, уголковые повороты, поляризаторы и другие. Линии передачи успешно проверены на мегаваттном уровне мощности в импульсах длительностью до 1000 секунд.

Публикации:

1. *A.V.Krasilnikov, ..., G.G.Denisov, A.A.Gervash, M.V.Ivantsivskiy, Yu.A.Kaschuk, S.E.Khomyakov, V.A.Krasilnikov, I.B.Kupriyanov, V.G.Kuzmin, V.E.Kuznetsov, S.A.Lelekhov, A.Yu.Leshukov, A.G.Litvak ...* Progress with the ITER Project activity in Russia.// Nuclear Fusion, 2015, 55, #10, 104007 (11pp)
2. *L. Zhang, S.V. Mishakin, W. He, S.V. Samsonov, M. McStravick, G.G. Denisov, A.W. Cross, V.L. Bratman, C.G. Whyte, C.W. Robertson, A.R. Young, K. Ronald, and A.D.R. Phelps* "Experimental study of microwave pulse compression using a five-fold helically corrugated waveguide".// IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2015, vol.63, no.3, pp. 1090-1096.
3. *D. Wagner, J. Stober, F. Leuterer, F. Monaco, S. Müller, [...], G.G. Denisov, A. Chirkov, V. Zapevalov, V. Malygin, L.G. Popov, V.O. Nichiporenko, V.E. Myasnikov, E.M. Tai, E.A. Solyanova, S. A. Malygin* Status, Operation, and Extension of the ECRH System at ASDEX Upgrade.// Journal of infrared, millimeter and terahertz waves 07/2015; DOI:10.1007/s10762-015-0187-z
4. *Богдашов А.А., Денисов Г.Г., Самсонов С.В., Гачев И.Г., Доминюк Я.В., Мурзин В.Н., Левитан Б.А.* Волноводный тракт высокого уровня мощности Ка-диапазона с полосой 1 ГГц.// Известия вузов. Радиофизика, 2015 г., т.58, №10, с.867-880.

Тема № 10.7. Разработка и создание твердотельных лазерных систем с высокой пиковой и средней мощностью, элементной базы таких систем (0035-2014-0016).

Отдел нелинейной и лазерной оптики

Руководитель: член-корреспондент РАН Е.А. Хазанов

Сроки выполнения: 2014-2017

Исполнители: Белоусова Л.А., Буланов А.В., Бурдонов К.Ф., Гинзбург В.Н., Зайцев А.В., Зеленогорский В.В., Зуев А.С., Илларионов В.Н., Илларионов Д.В., Каракулов Ю.В.,

Карасев Д.Н., Катин Е.В., Кожеватов И.Е., Кочетков А.А., Кузьмин А.А., Кузьмина М.С., Мальшаков А.Н., Миронов С.Ю., Михайлов П.Н., Негодов Г.Н., Потемкин А.К., Силин Д.Е., Смирнова М.Н., Соловьев А.А., Стародубцев М.В., Стукачев С.Е., Хазанов Е.А., Шайкин А.А., Шайкин И.А., Яковлев И.В.

Произведена модернизация лазерного комплекса PEARL. Установлен в схему новый фемтосекундный генератор генерирующий импульсы длительностью 48 фс на длине волны 910 нм. Рассчитан стретчер для растягивания данных импульсов до длительности 0,6 нс и синхронизации их с импульсами накачки. Произведены работы по получению спектрально ограниченного импульса с помощью chirpiрующих зеркал. Длительность импульсов уменьшена до величины 29 фс. Рассчитан, изготовлен ахроматический пространственный фильтр, увеличивающий апертуру импульса со 120 до 190 мм, что позволит компрессировать импульсы излучения с энергией до 100 Дж. Произведена предварительная юстировка объективов фильтра. Показано, что хроматические aberrации не превышают сферических. Фильтр собран, установлен в схему и произведена его настройка. Продемонстрировано отсутствие угловых chirпов излучения на выходе из фильтра. Рассчитаны и изготовлены короткие пространственные фильтры оригинальной конструкции. Это позволило собрать новую схему лазера накачки оконечного каскада параметрического усилителя. Предложена, рассчитана и настроена система инъекции в схему усиления двух импульсов ортогональной поляризации. Последние два пункта позволили значительно увеличить энергию накачки.

1. S.Yu. Mironov, V.N. Ginzburg, E.I. Gacheva, D.E. Silin, A.A. Kochetkov, Yu.A. Mamaev, A.A. Shaykin, E.A. Khazanov and G.A. Mourou, "Use of polyethylene terephthalate for temporal recompression of intense femtosecond laser pulse", Laser Physics Letters, 2015, 12 (2), 025301.

2. М. С. Кузьмина, Е. А. Хазанов, "Повышение временного контраста мощного лазерного излучения в анизотропной среде с кубической нелинейностью", Квант. электрон., 45:5 (2015), 426–433.

Тема № 10.8. Разработка оптических устройств нелинейной и адаптивной оптики (0035-2014-0017).

Отдел элементной базы лазерных систем

Руководитель: В.В. Ложкарев

Сроки выполнения: 2014–2017

Создание технологии магнитореологического полирования. KDP – экстремально трудный для полирования кристалл ввиду водной растворимости, низкой твердости и высокой температурной чувствительности. В настоящее время для финишной обработки используется способ «сухого» алмазного точения (SPDT) с вакуумным стружкоудалением. Получаемая поверхность обладает ярко выраженной волнистостью (структура подобная дифракционной решетке), шероховатость поверхности характеризуется значениями $R_a(\text{rms}) \approx 30\text{--}40\text{\AA}$. Это приводит к повышенному уровню рассеяния света на оптической поверхности, снижению порога лучевой прочности, возникновению проблем с нанесением тонкопленочных покрытий. Технология магнитореологического полирования предлагает новый способ получения оптических

деталей высокого качества и точности, получающихся за счет низкого давления и стабильной температуры в зоне обработки. Для применения этой технологии к водорастворимым кристаллам группы KDP потребовалась разработка неводной магнитореологической полировальной жидкости (неводная МРПЖ), которая имеет химическую и физическую совместимость с KDP. Кроме этого жидкость должна работать в системе прокатки станков.

1. Показано, что для высококачественного полирования оптимальным является пятикомпонентный состав неводной МРЖП, состоящий из магнитоактивной среды – абразива (порошок карбонильного железа), жидкой основы (несущая жидкость, которая должна обеспечивать оптимальную скорость съема материала и одновременно обеспечивать наилучшее качество поверхности, стабилизатора (служит для защиты частиц карбонильного железа от взаимного слипания и появления агломераций), воды (необходима в малых количествах для активации процесса уноса материала кристалла) и буфера (для стабилизации pH в пределах 6,5 - 9,0).

На основании анализа литературных источников был определен класс жидкой основы – многоатомные спирты с длинной углеродной цепочкой. Для проведения первого (начального) эксперимента по полированию в качестве жидкой основы был использован Бутанол-1, который оказался нестабильным химическим компонентом в качестве жидкой основы, поскольку происходило интенсивное его испарение, и все время изменялась вязкость МРПЖ. Но в тоже время, при этих недостатках качество поверхности в среднем улучшилось в 2,4 раза по Ra и в 2,6 раза по Rq.

Стабилизаторы - необходимые ингредиенты в МРПЖ, которые минимизируют взаимодействие между магнитными частицами. Для неводной МРПЖ жидкий носитель неполярный и не защищает частицы карбонильного железа от непосредственного соприкосновения и взаимодействия. Это неприемлемо, поскольку в МРПЖ системе возникает нестабильность (неустойчивость) в функции съема материала, царапания оптической поверхности. В качестве стабилизатора применялась стеариновая кислота, добавление которой в МРПЖ формирует плотную границу монослоя вокруг каждой частицы карбонильного железа. Оптимальный состав стабилизирующей жидкости имеет место, когда монослой полностью покрывает каждую частицу.

KDP растворим в воде при комнатной температуре и зависит от pH-фактора (растворимость 33 г/100 г воды при pH =5 и вчетверо возрастает при pH=8). Показано, что при полном отсутствии воды происходит выпадение осадка на поверхности кристалла. Это осадок K_2HPO_4 или K_3PO_4 . Вода устраняет выпадение осадка, растворяет его и по существу является ключевым компонентом в неводной МРПЖ.

При использовании неводной МРПЖ для полирования KDP несущая жидкость играет главную роль в микрошероховатости поверхности. Количество несущей жидкости в МРПЖ определяет глубину жидкостной прослойки между магнитными частицами карбонильного железа и поверхностью KDP. При малом количестве увеличивается вязкость МРПЖ, уменьшается толщина жидкостной прослойки и поверхность кристалла соприкасается с частицами карбонильного железа, что в значительной степени ухудшает качество (шероховатость). При большом количестве несущей жидкости падает вязкость МРПЖ, увеличивается жидкостная прослойка, падает скорость съема, но улучшается качество поверхности. Низкая летучесть несущей жидкости в неводной МРПЖ поддерживает стабильное значение пластической вязкости в жидкостной системе.

Показано, что при содержании несущей основы менее 15% (вес.) ухудшается качество поверхности от изначальной после алмазного микрофрезерования. Увеличение процентного содержания несущей основы улучшает качество поверхности и достигает оптимума при 24% (полностью удаляются регулярные полосы от алмазного микрофрезерования).

В магнитореологическом полировании рН-фактор МРПЖ должен быть несимметрично смещен в сторону щелочной реакции. Проведенные эксперименты показали оптимальный диапазон рН 6,5 - 9,0 неводной МРПЖ для полирования KDP. Показано, что с увеличением щелочной реакции в очень сильной степени возрастает скорость съема материала.

Проведенные эксперименты на образцах KDP показали следующий результат по сравнению с современной технологией алмазного точения:

- улучшение формы поверхности в 5 раз;
- улучшение качества поверхности (среднеквадратичной шероховатости) в 4 раза;
- улучшение лучевой прочности в 2 раза в инфракрасной области спектра и в 1,5 раза в видимой области спектра.

(Беляев С.Н., Буренина В.Н., Королихин В.В., Родченков В.И., Матвеев А.З., Ложкарев В.В., Бубис Е.Л., Зиновьев А.П., Мальшакова О.А., Павликов А.И., Малышева В.А., Климин А.О., Воронцов А.В.)

2. Для экспериментов по полированию использовались образцы KDP и DKDP размером от 12x12x10 мм до 400x350x18 мм нескольких ориентаций (z-срез и ГВГ для 1054 нм I и II типов), вырезанные из специально выращенных кристаллических буль и предварительно обработанные классическим способом (притир) и алмазным микрофрезерованием. Образцы были предварительно аттестованы по существующим методикам, также проводился предварительный контроль поверхности на атомно-силовом микроскопе. Образцы наклеивались специальным оптическим клеем на подготовленную ситалловую подложку.

(Прохоров А.П., Пучков А.В., Рубаха В.И., Логинов В.М., Ершов В.П., Швецова Н.М., Воронцов В.В., Курицын М.С., Новиков Е.А., Мамаев Ю.А., Смотраков С.А., Старостин В.Н., Бычков А.В., Плюснина Ю.А., Плюсков П.Ю., Крайнов А.Н., Носкова А.Н., Николенко А.С.)

3. Проведены численные расчеты и показана возможность создания волоконно-оптических поляризаторов на одномодовом волокне Flexcor 1060 и SMF-28 соответственно на диапазоны длин волн 980-1060 нм и 1550 нм на основе двуслойной металл-диэлектрической структуры, нанесенной на полированный участок волокна и содержащей буферный диэлектрический слой определенной толщины и показателя преломления и металлическую пленку толщиной больше скин-слоя; при этом в качестве металла использованы металлы, у которых реальная часть комплексного показателя преломления много меньше 1 (серебро, золото, медь). Такие поляризаторы по сравнению с поляризаторами на основе пленок алюминия имеют при достаточно высоких коэффициентах экстинкции (несколько десятков децибел) почти на порядок меньшие потери, составляющие несколько сотых дБ.

Проведены численные расчеты и разработаны многослойные антиотражающие покрытия на оптические элементы из плавленного и кристаллического кварца и стекла К8 на диапазон длин волн 880-1080 нм для широкого диапазона углов падения света (от 45 до 65 град.), используемые для оптической когерентной томографии, на основе 6-слойных тонкопленочных структур: $Sc_2O_3(3\lambda/4)-SiO_2(\lambda/2)-Sc_2O_3(3\lambda/4)-SiO_2(\lambda/2)-Sc_2O_3(\lambda/4)-SiO_2(\lambda/2)$ с оптической толщиной четвертьволнового слоя 165 нм, $Sc_2O_3(\lambda/4)-SiO_2(\lambda/2)-Sc_2O_3(\lambda/4)-SiO_2(\lambda/2)-HfO_2(\lambda/2)-SiO_2(3\lambda/2)$ с оптической толщиной четвертьволнового слоя 115 нм и $Sc_2O_3(\lambda/4)-SiO_2(\lambda/2)-Sc_2O_3(\lambda/2)-SiO_2(\lambda/4)-HfO_2(\lambda)-SiO_2(3\lambda/2)$ с оптической толщиной четвертьволнового слоя 95 нм.

Разработана методика шлифования и полирования тонких (толщиной 100-200 мкм) оптических элементов из Yb:YAG, Yb:Sc₂O₃, Tm:Y₂O₃ и плавленного кварца с плоскостностью N<0.5, классом чистоты РП и среднеквадратичной шероховатостью менее 10 ангстрем.

(Мамаев Ю.А., Коноплев Ю.Н., Старостин В.Н., Осокин А.Н., Тюкин В.Н.)

- 1) Мамаев Ю.А. Квазисимметричный светоделитель с 90-градусным фазовым сдвигом для р-поляризованного света // Оптика и спектроскопия, 118, 144-146/2, 2015.
- 2) Мамаев Ю.А. Волоконно-оптические поляризаторы с малыми потерями // Известия вузов. Радиофизика, 58, N 10, 2015.
- 3) Бубис Е.Л., Гусев С.А., Ложкарев В.В., Кожеватов И.Е., Мартынов В.О., Силин Д.Е., Степанов А.Н. «Фазоконтрастное устройство получения инвертированного по яркости изображения непрозрачного объекта» Патент РФ № 2569040. Патентообладатель: ИПФ РАН, дата регистрации 23.10.2015

Тема № 10.9. Развитие методов оптической когерентной томографии; нелинейная динамика оптических систем (0035-2014-0018).

Руководитель: В.М. Геликонов

Сроки выполнения: 2014-2017

Проведено дальнейшее усовершенствование метода спектральной оптической когерентной томографии (ОКТ) с целью повышения его информативности за счет создания новых аппаратно-вычислительных средств. В том числе:

Созданы программные и аппаратные средства для объемного сканирования живой биоткани с повышенной скоростью и стабильностью, позволяющие реализовать высокую точность компенсации остаточных крупномасштабных, вызванных движениями объекта фазовых возмущений в комплексном сигнале. Это является основой для многократного сокращения времени зондирования и повышения комфортности для пациента при реализации ранее разработанных в ИПФ РАН методов ОКТ-диагностики, основанных на анализе динамики спеклов.

Разработан новый алгоритм определения наличия потоков внутри биоткани, основанный на сравнении двух А-сканов, полученных методом спектральной ОКТ. Метод основан на предположении что разность фаз между соседними близко расположенными в пространстве, но достаточно разнесенными во времени А-сканами будет равномерно распределена в диапазоне $\pm \pi$ в области отсутствия сигнала, а также в той области, где присутствуют потоки, в то время как в области неподвижной ткани разность фаз будет плавно меняться по глубине, и её распределение будет далеко от равномерного. Выделение области потока производилось, таким образом, либо за счет локального анализа статистики распределения разности фаз между соседними А-сканами, либо на основе анализа значения производной разности фаз по глубине. В случае неподвижной ткани производная близка к 0, в то время как в случае шума либо наличия потока она будет существенно отличаться от 0. Дифференциацию областей шума и потока внутри ткани можно производить путем сравнения уровня сигнала ОКТ в соответствующей области. Поскольку метод не требует записи полного объема данных ОКТ, он позволяет производить построение микрососудистой сетки внутри исследуемого объекта в процессе сканирования.

Для решения проблемы робастного картирования деформаций в ОКТ предложен новый гибридный подход, сочетающий анализ фазовых вариаций, обычно применяемых на суб-волновых масштабах, и некорреляционное отслеживание смещений рассеивателей на масштабах больших и длины волны, и размера пикселя. Это значительно увеличивает диапазон допустимых деформаций в сравнении со стандартными подходами. В результате обеспечивается беспрецедентно высокая помехоустойчивость, критически важная для работоспособности эластографического картирования в наиболее практически интересном режиме ОКТ-обследования живой биоткани, естественные движения которой делают

невозможным подавление помех за счет усреднения. Возможности метода подтверждены детальным численным моделированием и экспериментально с использованием фантомных образцов и реальных биотканей.

Представлен новый метод компенсации аберраций волнового фронта, при построении изображений, использующий возможности цифровой голографии. Разработаны алгоритмы, позволяющие находить искажения волнового фронта, обусловленные неоднородностями оптического тракта, при интерференционной регистрации изображений без проведения дополнительных измерений (без создания опорного точечного источника, с последующим измерением искривления волнового фронта). Продемонстрирована возможность уменьшения аберраций волнового фронта цифровыми методами с десятков до единиц радиан при использовании техники фазовой градиентной автофокусировки.

Рассмотрены особенности рассеяния света дальнего и среднего ИК диапазона в оптических волноводах из метаматериалов, возможность создания которых была впервые рассмотрена В.Г. Веселаго 50 лет назад. Показано, что поскольку размеры диэлектрических элементов в метаматериале многократно превышают размеры молекул оптических сред, то они должны создавать значительное рассеяние света, существенно превышающее рэлеевское (молекулярное) рассеяние света, которое имеет место в обычных кварцевых ОВС. Предложено именовать данное явление квазирэлеевским рассеяние света. Сделаны численные оценки величины квазирэлеевского рассеяния для «левых» ОВС на длине волны света 1.55 мкм.

(В.М. Геликонов, Г.В. Геликонов, Г.Б. Малыкин, И.В. Касаткина, Д.В. Шабанов, П.А. Шилягин, Д.А. Терпелов, А.А. Моисеев, В.А. Маткинский, С.В. Лесниченко, М.Н. Кучева, М.В. Никулина, С.Ю. Ксенофонов, В.Н. Ромашов, П.В. Мусаткин).

Исследовано преобразование когерентного электромагнитного излучения экстремального и вакуумного ультрафиолета в последовательность аттосекундных импульсов длительностью менее двух периодов поля при распространении в среде резонансных атомов. Выяснен физический механизм формирования импульсов, который заключается в качественном спектральном преобразовании излучения в резонансной среде в условиях сильного переменного во времени возмущения резонансного квантового перехода дополнительным низкочастотным лазерным излучением с интенсивностью недостаточной для ионизации атомов из основного состояния. Однако совместное действие двух полей приводит к резонансному переходу атомов в возбужденные состояния и быстрой ионизации из возбужденных состояний, но только в весьма короткие интервалы времени, когда величина мгновенной напряженности низкочастотного электрического поля близка к максимальным значениям. Указанный процесс обуславливает при определенных условиях преобразование резонансного излучения в последовательность экстремально коротких импульсов. Показана возможность получения импульсов в различных газообразных средах.

Теоретически и экспериментально продемонстрирована возможность управления спектрально-временными характеристиками электромагнитного поля единичных фотонов гамма-излучения, спонтанно испущенных радиоактивным источником. В частности, однофотонный волновой пакет гамма-излучения, имеющей вид экспоненциально затухающего импульса, разбит на последовательность объединенных в группы импульсов с заданным числом импульсов в группе. Возможность управления спектрально-временными характеристиками электромагнитного поля единичных фотонов гамма-излучения основана на резонансном взаимодействии излучения с поглощающими ядрами атомов в условиях синхронных колебаний последних вдоль направления распространения поля. Эти колебания реализуются посредством вибрации тонкой фольги, через которую пропускается излучение. В результате квазимонохроматическое гамма-излучение радиоактивного источника преобразуется в амплитудно-частотно модулированное

излучение, имеющее определенный линейчатый спектр частотных компонент и, соответственно, определенную форму огибающей волнового пакета.

С использованием недавно предложенной модели, учитывающей электронно-дырочную асимметрию (Phys. Rev. A v.87, 063827, 2013), исследованы релаксационные колебания в полупроводниковом лазере на квантовых точках. Показано, что в режиме одновременной генерации на двух переходах (основном и первом возбужденном) в широком диапазоне параметров лазера существуют два вида релаксационных колебаний. Один из них близок к синфазным релаксационным колебаниям (амплитуды обеих генерируемых волн колеблются синфазно), другие могут быть противофазными при определенных параметрах.

С помощью матричного метода Джонса рассмотрены оптимальные условия достижения стационарной генерации при внутривибрационном преобразовании частоты в твердотельном лазере в условиях фазового синхронизма второго типа на основе модели слабоанизотропной активной среды (амплитудная и фазовая анизотропия) и нелинейного элемента. Найдены оптимальные углы поворота нелинейного элемента.

(Антонов В.А., Корюкин И.В., Радионычев Е.В., Хандохин П.А., Чернобровцева М.Д., Лескина Т.И.)

1. V.Y. Zaitsev, A.L. Matveev, L.A. Matveev, G.V. Gelikonov, V.M. Gelikonov, A. Vitkin, Deformation-induced speckle-pattern evolution and feasibility of correlational speckle tracking in optical coherence elastography// Journal of Biomedical Optics. July 2015.V 20(7). P. 075006(1-12).
2. I.V. Koryukin, Relaxation oscillations in a semiconductor quantum dot laser, // Physical Review A. 2015.v.92.p.043840.
3. V.A. Antonov, Y.V. Radeonychev, and Olga Kocharovskaya, X -ray-pulse formation in a vibrating recoilless resonant absorber, Physical Review A. 92, 023841 (2015).

Тема № 11.10. Лазерное наноструктурирование материалов (0035-2014-0019).

Руководитель: Н.М. Битюрин

Сроки выполнения: 2014-2017

Получены новые результаты по лазерному наноструктурированию полимерных поверхностей с помощью слоя субмикронных диэлектрических шариков, которые служат здесь ближнепольными линзами, то есть методами ближнепольной литографии.

Получены экспериментальные результаты по предварительной модификации поверхности, позволяющей улучшить качество наносимых слоев коллоидных частиц, служащих микролинзами.

Теоретически проанализирована возможность улучшения разрешающей способности метода при использовании несферических частиц.

Получены новые результаты по изучению эффектов, ограничивающих разрешающую способность создания трехмерных наноструктур методом многофотонной лазерной полимеризации. В этом году изучалась роль диффузии инициатора и ингибитора.

По результатам работы в этом году получен и зарегистрирован патент на изобретение.

Исполнители темы – сотрудники лаборатории 341 Бредихин В.И., Июдина Г.В., Пикулин А.В., Агарева Н.А., Афанасьев А.В., Сапогова Н.В., Корюкина Т. И., Каменский В. А., Смирнов А. А.

1. Н. М. Битюрин, А. В. Афанасьев, А. В. Пикулин, Способ наноструктурирования поверхности диэлектрической подложки с помощью ближнепольной литографии, Патент РФ № 2557677. 2015, приоритет от 3.03.2014. Правообладатель: ИПФ РАН.
2. А.В. Афанасьев, В.И. Бредихин, А.В. Пикулин, И.Е.Иляков, Б.В. Шишкин, Р.А. Ахмеджанов, Н.Н. Митин, Е.Н. Горшкова, Н.М. Битюрин, Повышение разрешающей способности метода наноструктурирования поверхности с помощью слоя коллоидных микрочастиц при воздействии фемтосекундного лазерного излучения", Квант. электрон., Т. 45, № 5, с. 467-471 (2015).

Тема № 12.11 Теоретическое и экспериментальное исследование взаимодействия терагерцового и лазерного излучения с поверхностями различных материалов и плазмой (0035-2014-0020).

Руководитель: д.ф.-м.н. Токман М.Д.

Исполнители: Токман М.Д., Миронов В.А., Фадеев Д.А., Иляков И.Е., Шишкин Б.В., Жарова Н.А., Оладышкин И.В., Мартынов В.О., Смирнов Л.А., Протогенов А.П., Кузнецова Е.А., Моченева О.С., Вдовин В.В., Ерухимова М.А.

1. Разработан общий метод определения корреляционных характеристик источников квантового излучения в диссипативных квантовых средах, управляемых когерентным резонансным излучением. Метод основан на использовании ланжевеновских источников со свойствами, диктуемыми точными интегралами операторных уравнений для взаимодействующих квантовых подсистем. Показано, что в режиме электромагнитно-индуцированной прозрачности (ЭИП) имеет место существенная модификация стандартного соотношения, определяемого флуктуационно-диссипативной теоремой. Теоретически предсказано, что в результате эффекта параметрической перекачки шумов между различными атомными переходами под действием когерентного управляющего поля связь между уровнем шумов поляризации на рабочей частоте и константой затухания излучения определяется средним числом тепловых фотонов на низкой частоте атомного расщепления. Показано, что уровень добавочных тепловых шумов становится существенным, например, в парах Rb уже при температурах порядка 1 К. Полученный результат может кардинальным образом модифицировать условия, при которых осуществимы различные манипуляции с неклассическими состояниями света в системах, основанных на ЭИП, в условиях конечных температур.

2. Показано, что переход от операторов рождения и уничтожения вакуумных фоковских состояний к соответствующим операторам для «фотонов в среде» может быть осуществлен при помощи линейного преобразования Боголюбова. При помощи указанного преобразования получены уравнения для медленных огибающих гейзенберговских операторов поля в неоднородной нелинейной среде с диссипацией; эти уравнения использованы для анализа эффектов транспортировки и генерации неклассических состояний света.

3. Экспериментально исследован эффект генерации терагерцового излучения на поверхности металла при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов высокой интенсивности (в том числе при пробое воздуха вблизи поверхности и до порога разрушения образца). Была измерена зависимость эффективности оптико-терагерцовой конверсии от угла падения лазерного импульса, а также установлена экспоненциальная зависимость энергии терагерцового сигнала от энергии лазерного импульса.

Развиты модели теплового и пондеромоторного низкочастотного отклика среды, позволяющие объяснить всю совокупность накопленных данных (в том числе, данных

других экспериментальных групп). Показано, что генерация терагерцового сигнала связана с неоднородным нагревом электронов лазерным импульсом и последующим возбуждением приповерхностных токов под действием градиента температуры. На основе теплового механизма интерпретированы наиболее сложные экспериментальные факты, такие как пикосекундная длительность ТГц излучения (превышающая длительность лазерного импульса в 10–30 раз) или резкое падение эффективности генерации при использовании тонкой металлической плёнки.

Развитие тепловой модели нелинейного отклика металла позволило предложить новый метод экспериментального исследования характеристик рассеяния электронов при температурах до нескольких эВ (до десятков тысяч К).

Публикации:

1. *M. D. Tokman, M. A. Erukhimova, and V. V. Vdovin*. The features of a quantum description of radiation in an optically dense medium. // *Annals of Physics* **360** (2015) 571–595
2. *Mikhail Tokman, Yongrui Wang, and Alexey Belyanin*. Valley entanglement of excitons in monolayers of transition-metal dichalcogenides // *Phys. Rev. B* **92**, 075409 (2015)

Тема № 12.12. Приборы и методы микроволновой радиометрии (0035-2014-0021) .

Отдел радиоприемной аппаратуры и миллиметровой радиоастрономии

Научный руководитель: д.ф.-м.н. И.И. Зинченко.

Исполнители: Вдовин В.Ф., д.ф.-м.н., в.н.с., Носов В.И., с.н.с., Штанюк А.М., с.н.с., Лапкин И.В., н.с., Бубнов Г.М., м.н.с., Елисеев А.И., м.н.с., Коротаев Д.В., м.н.с., Леснов И.В., м.н.с., Мухин А.С., м.н.с., Дрягин С.Ю., вед. электроник, Мальцев В.А., вед. констр., Никифоров П.Л., вед. констр., Андриянов А.Ф., вед. констр., Шкаев А.П., вед. констр., Кузнецов И.В., вед. инж., Перминов В.Г., вед. технолог, Мансфельд М.А., констр. 1-й к., Шишов А.А., ст. лаб.-иссл.

Содержание работы: Разработка приемных устройств и их элементов миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн для применений в радиоастрономии, атмосферных исследованиях, диагностике различных сред и материалов и пр. Исследование возможностей реализации высокопроизводительных терагерцовых телекоммуникационных каналов.

Результаты

1) Проведено изучение возможностей построения высокоэффективных телекоммуникационных каналов с использованием высокочувствительной криогенной приемной аппаратуры и освоения для этих целей коротковолновой части ММ и СубММ волн. Выполнены оценки емкости ТГц каналов с учетом предельно высокой чувствительности криогенных приемников, выведена формула для расчета емкости каналов с охлаждаемыми приемниками, оценены предельные возможности подобных каналов связи. Подходы отработаны на низкочастотных прототипах, изготовленных и исследованных в рамках отдельного хоздоговора. Опубликовано две статьи.

2) Продолжены работы по отработке подходов создания криостатируемой приемной аппаратуры различных диапазонов частот. Исследованы характеристики рефрижераторов для охлаждения сверхпроводниковых приемников, выявлены микрофонные и виброакустические эффекты работы механических рефрижераторов на прием сигнала, разработаны и внедрены эффективные методы снижения температурных флуктуаций, микрофонных эффектов и виброакустического воздействия на приемники.

(опубликована статья в Радиоэлектронике)

3) Радиометрический комплекс МИАП-2 №2 был доукомплектован вторым каналом, настроенным на 2-х миллиметровое окно прозрачности (132-148 ГГц). Тестовые испытания успешно проведены на крыше ИПФ. В настоящее время радиометр отправлен в Кисловодск для наблюдений на обсерватории ГАИШ МГУ.

4) Завершён годовой цикл измерений астроклимата на Северном Кавказе в районе БТА САО РАН. В результате выявлена весьма ограниченная пригодность данной площадки для наблюдений в миллиметровом диапазоне длин волн. Статистика свидетельствует о том, что оптическая толщина меньше 0,1 Неп в окне прозрачности 3 мм (84-99 ГГц) наблюдается в 41% времени за год, и лишь в 17% в окне прозрачности 2мм (132-148 ГГц). Наблюдается хорошая корреляция результатов расчёта количества осадённой воды по радиометрическим и по спутниковым данным, а также с показаниями наземного гигрометра. В кратковременные периоды (несколько безоблачных дней) коэффициент корреляции достигает 87%. Статистически наблюдается небольшое различие данных спутника и измеренных радиометром. Кроме стационарных наблюдений, были проведены кратковременные экспедиции на г.Пастухова, в Приэльбрусье и в районе обсерватории ГАИШ МГУ. Экспедиции позволили выявить зависимость поглощения от высоты, а также ряд ожидаемых особенностей горного климата. В целом, результаты совпадают с расчётными оценками.

5) Радиометрический комплекс МИАП-2 №1 продолжает регулярные наблюдения на месте строительства обсерватории РТ-70 на плато «Суффа» в Узбекистане. На текущий момент имеются данные непрерывного мониторинга астроклимата с декабря 2014г по август 2015г включительно.

6) Разработана, собрана и протестирована вакуумная камера для охлаждения ПЗС-матриц УФ диапазона для космической миссии «Спектр-УФ». Впервые разработано оконченное устройство с кондуктивной системой охлаждения и с собственным геттерным насосом, позволяющим поддерживать остаточное давление в камере не выше 10^{-4} Торр сколько угодно продолжительное время.

7) Разработка и макетирование узлов системы фазовой синхронизации первичных источников лазерного и СВЧ (2,5 ГГц) излучения, предназначенных для запитки мощных усилителей мощности излучений соответствующих диапазонов (мегаватт в импульсе лазерного и сотен киловатт импульсного СВЧ).

8) Разработка и изготовление 2-х кольцевой системы ФАПЧ для генератора Ганна (54 ГГц).

9) Разработан, изготовлен и испытан опытный образец блока автоматики, входящий в состав стойки электропитания, управления и диагностики (СЭУД) высоковольтного блока модуля конденсаторной батареи установки "УФЛ-2М".

Публикации

В. Вдовин и И. Леснов, «Повышение производительности беспроводных телекоммуникационных каналов и использование криоэлектронных приемных устройств», ЖУРНАЛ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ, № 9, 2015.
<http://jre.cplire.ru/jre/sep15/11/text.html>

Тема № 12.13. Разработка радиофизических методов исследования океана (0035-2014-0022).

Научный руководитель: д.ф.-м.н. Ермаков С.А.

Исполнители: Андрианова Т.А., Вебер В.Л., Голубев В.Н., Долин Л.С., Ермаков С.А., Зуйкова Э.М., Казарова А.Ю., Каневский М.Б., Капустин И.А., Караев В.Ю., Коннов И.Р.,

Лазарева Т.Н., Лучинин А.Г., Любавин Л.Я., Мешков Е.М., Мольков А.А., Панфилова М.А., Сачкова С.В., Сергеева Е.А., Сергиевская И.А., Степанушкина О.Б., Титов В.И., Титченко Ю.А., Турлаев Д.Г., Шомина О.В., Щегольков Ю.Б.

1. Повышение точности описания искажений структуры световых пучков при их распространении в мутной среде.

Показано, что при условии однородности оптических свойств мутной среды решение уравнения переноса излучения с точечным мононаправленным источником (функция размытия пучка – ФРП) наряду с аксиальной симметрией должно обладать дополнительным свойством симметрии, которое обеспечивает выполнение оптической теоремы взаимности. Наличие этой симметрии предложено использовать в качестве одного из критериев качества приближенных моделей ФРП. Дана математическая формулировка условия скрытой симметрии ФРП и выполнена проверка некоторых приближенных аналитических моделей ФРП на предмет их соответствия требованию симметрии.

Разработано средство диагностики водной поверхности, которое может быть использовано для исследования пространственного распределения по дальности скорости ветра над водной поверхностью (так называемого приповерхностного ветра). Технический результат в разработанном способе достигается тем, что скорость ветра над водной поверхностью определяют из известной модельной зависимости дисперсии уклонов волн от скорости ветра, а дисперсию уклонов волн получают, решая задачу «обращения» зависимости яркости водной поверхности от дисперсии уклонов волн с учетом угловой зависимости яркости неба.

1. Л.С. Долин. Скрытая симметрия функции размытия пучка, вытекающая из теоремы взаимности // Труды VIII Международной конференции «Современные проблемы оптики естественных вод», Санкт-Петербург, 2015, с. 21-26.

2. Натурные наблюдения и анализ данных по исследованию характеристик зон «цветения воды» с использованием дистанционных и контактных методов. Изучение возможностей дистанционной (радиолокационной) диагностики зон цветения.

Проведены экспедиционные работы с целью сбора данных о распространении фитопланктона в акватории Горьковского водохранилища и характеристиках пленок, сопровождающих области повышенной биопродуктивности. Проведены сопутствующие измерения интенсивности волнения, скорости и направления ветра, течений. Обнаружено, что формирование пленки определяется не только концентрацией фитопланктона, но также волнением, ветровым сносом и температурой.

3.Выявление особенностей следа надводного судна при различных гидрологических и метеоусловиях.

Исследована временная динамика турбулентных следов, генерируемых водоизмещающими судами, при различных скоростях приводного ветра (0-8 м/с). Получено, что с ростом скорости ветра затягивается стадия расширения турбулентного следа в соответствии с законом нелинейной турбулентной диффузии (пропорционально безразмерному времени в степени 0.4), в рамках модели импульсного источника турбулентной энергии. Получены новые экспериментальные данные о динамике турбулентных следов в водоемах с различной гидрологией, в частности в водоеме с повышенной концентрацией водорослей. Последующий анализ данных позволит объяснить особенности проявления следов на радиолокационных изображениях водоемов с высоким уровнем цветения.

4. Развитие оптического метода определения скорости приповерхностного ветра.

связанное с учетом вклада подповерхностного рассеяния в яркость поверхности моря.

Разработан оптический метод определения скорости приповерхностного ветра при рассеянном небесном освещении, использующий пространственно – временные изображения поверхности моря. Метод основан на восстановлении дисперсии уклонов волн по яркости в каждой точке поверхности моря и связи дисперсии уклонов со скоростью ветра.

1. Заявка на патент № 2015153001 от 10.12.2015. Способ определения скорости ветра над водной поверхностью. Баханов В.В., Зуйкова Э.М., Лучинин А.Г., Репина И.А., Титов В.И. Правообладатель ИПФ РАН.

(Изобретение относится к средствам диагностики водной поверхности и может быть использовано для исследования пространственного распределения по дальности скорости ветра над водной поверхностью (так называемого приповерхностного ветра). Технический результат в разработанном способе достигается тем, что скорость ветра над водной поверхностью определяют из известной модельной зависимости дисперсии уклонов волн от скорости ветра, а дисперсию уклонов волн получают, решая задачу «обращения» зависимости яркости водной поверхности от дисперсии уклонов волн с учетом угловой зависимости яркости неба.)

Тема № 13.23 Теоретическое и экспериментальное исследование giro-усилителей мм диапазона длин волн для перспективных систем радиолокации и связи (0035-2014-0023) .

Отдел электронных приборов, отдел электровакуумной техники и технологии

Руководитель: д.ф.-м.н. С.В. Самсонов

Исполнители: Гачев И.Г., Мишакин С.В., Иванов В.Ю., Засыпкин Е.В., Соколов Е.В., Новожилова Ю.В., Варламова С.В., Александров В. В., Бармин В. П., Батулин Н.А., Воробьев В.Б., Гузев Н.А., Евсеев А.Я., Корнишин С.Ю., Корчагин В.В., Кувшинова Е.В., Кузин А.В., Кузнецова О.О., Малышев Л.А., Михно С.Ф., Пантюхин А.М., Пияшова Е. В., Пляшкевич А.Ю., Сердцев А. Ю., Смирнова Т. М., Честнов Д.В.

Разработаны, сконструированы и исследованы новые непрерывные и импульсные giro-усилители диапазона миллиметровых волн для систем радиолокации и связи. Исследованы возможности увеличения мощности и частоты миллиметровых giro-усилителей. Разработаны технологии изготовления трехмерных электродинамических систем для giro-усилителей мм диапазона длин волн. Созданы программные средства для численного моделирования трехмерных электродинамических систем.

Публикации:

1. *Г.Г. Денисов, А.А. Богдашов, И.Г. Гачев, С.В. Мишакин, С.В. Самсонов, Е.В. Соколов, Е.А. Солуянова, Е.М. Тай* Мощные широкополосные усилители на основе giro-ЛБВ // *Электромагнитные волны и электронные системы*, 2015, т.20, №5, с.28-33.
2. *А.А. Богдашов, Г.Г. Денисов, С.В. Самсонов, И.Г. Гачев, Я.В. Доминюк, В.Н. Мурзин, Б.А. Левитан* Волноводный тракт высокого уровня мощности Ка-диапазона с полосой 1 ГГц // *Радиолокация и связь*, 2015, №20, с.49-59.
3. *Г.Г. Денисов, А.А. Богдашов, И.Г. Гачев, С.В. Мишакин, С.В. Самсонов* Новые системы ввода-вывода излучения для giro-ЛБВ миллиметрового диапазона длин волн // *Известия вузов. Радиофизика*, 2015, т.58, №10, с.857-866.

Тема № 13.24. Теоретическое и экспериментальное исследование ТГц источников СВЧ излучения и методов диагностики и обработки материалов (0035-2014-0024).

Руководитель: д.ф.-м.н. Глявин М.Ю.

Исполнители: Быков Юрий Владимирович, Глявин Михаил Юрьевич, Егоров Сергей Васильевич, Еремеев Анатолий Георгиевич, Кауров Владимир Васильевич, Лучинин Алексей Григорьевич, Морозкин Михаил Владимирович, Плотников Иван Васильевич, Сорокин Андрей Адольфович, Фокин Андрей Павлович, Холопцев Владислав Витальевич, Шкаликов Геннадий Алексеевич, Асабин Александр Анатольевич, Голованов Сергей Васильевич, Журин Константин Андреевич, Казаков Сергей Львович, Копелович Евгений Альбертович, Кузнецов Михаил Федорович, Кузнецов Михаил Владимирович, Мовшев Борис Зямович, Новиков Александр Юрьевич, Софийский Дмитрий Юрьевич, Тарасова Юлия Александровна, Троицкий Максим Михайлович, Троицкий Михаил Борисович, Флат Феликс Александрович, Чирков Борис Владимирович, Широков Евгений Андреевич

Выполнено исследование управляемого воздействия микроволнового излучения на диэлектрические и полупроводниковые материалы, проведено усовершенствование технологических установок для СВЧ обработки материалов, направленное на дальнейшее повышение мощности излучения и разработаны высоковольтные источники питания для микроволновых генераторов.

Публикации:

M.Yu.Glyavin, T.Idehara, S.P.Sabchevski Development of THz gyrotrons at IAP RAS and FIR UF and their applications in physical research and high-power THz technologies // IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, 5, 5, 788-797 (2015)

Yu.V. Bykov, S.V. Egorov, A.G. Eremeev, V.V. Kholoptsev, K.I. Rybakov, A.A. Sorokin, Flash microwave sintering of transparent Yb:(LaY)₂O₃ ceramics // J. Am. Ceram. Soc., 96 #11 pp.3518-3524 (2015) DOI: 10.1111/jace13809

Н.Н.Скворцова, В.Д.Степахин, Д.В.Малахов, А.А.Сорокин, Г.М.Батанов, В.Д.Борзосек, М.Ю.Глявин, Л.В.Колик, Е.М.Кончечков, А.А.Летунов, А.Е.Петров, И.Г.Рябикина, К.А.Сарксян, А.С.Соколов, В.А.Смирнов, Н.К.Харчев Создание рельефа на молибденовых пластинах в разрядах, инициируемых гиротроном в порошках металл-диэлектрик // Изв. ВУЗов Радиофизика, 58, 9, 779-788 (2015)

M.Yu.Glyavin, A.D.Kuntsevich, V.N.Manuilov Suppression of the Oscillatory Modes of a Space Charge in the Magnetron Injection Guns of Technological Gyrotrons // Int. J. IRMM&THz Waves, 36, 1, pp.7-12, 2015

Тема № 13.25 Исследование и разработка гигаваттных ЛОВ и систем сопряжения их с выходными трактами (0035-2014-0025).

Лаборатория источников мощного импульсного микроволнового излучения, сектор конструкторских работ

Руководитель: д.ф.-м.н. Ковалев Н.Ф.

Исполнители: Гойхман М.Б., Громов А.В., Нечуев С.И., Палицин А.В., Платонова А.А.,

Результаты:

1. Согласно проведенным экспериментам, ЛОВ с продольными щелями допускает значительное увеличение длительности импульсов генерации (более чем в 3 раза) и одновременно уменьшить время включения генерации до 2-3 нс в трехсантиметровом диапазоне длин волн. Но для того чтобы полнее реализовать эти потенциальные возможности нужно подавить генерацию на щелевых волнах (колебаниях). Проведенные на данном этапе исследования показали, что подавление возможно подбором конфигурации поперечного сечения щелей и, в частности, показано, что существует оптимальная ширина зазора. Заметное влияние на эффективность подавления самовозбуждения щелевых волн оказывает их длина и концевые нагрузки.

В план дальнейших работ входят исследования влияния самовозбуждения запертых щелевых волн на длительность включения основного механизма генерации.

Результат получен совместно с ИЭФ УрО РАН.

2. В настоящее время активно развивается направление исследований связанное с применением сверхмощных СВЧ генераторов в системах формирования волновых пучков с высокой плотностью потока электромагнитного излучения. Развитие данного направления напрямую зависит от успешного решения задач по созданию эффективных антенных систем и повышению мощности их выходного СВЧ излучения. Для увеличения выходной мощности применяют сложение выходного сигнала с нескольких генераторов. Обычно на выходе каждого из генераторов ставится излучающий рупор, и набор этих отдельных рупоров составляет антенную систему. В системах с небольшим числом сверхмощных генераторов построение эффективной антенной системы такого типа, как правило, сопряжено со значительными трудностями и, прежде всего, с созданием оптимального распределения поля на выходной апертуре при сохранении потребительской привлекательности таких антенн.

Нами предложен метод создания высокоэффективных антенн, для систем с небольшим числом генераторов. Метод основан на разделении выходного сигнала каждого генератора на подсистему излучающих рупоров, что позволяет оптимизировать амплитудное распределение поля на выходной апертуре, значительно уменьшить интенсивность боковых излучений, и частично скомпенсировать эффект "ослепления".

На основе метода разработана и исследована плоская широкоапертурная фазированная антенная решетка из многомодовых рупоров с выходными размерами в несколько раз превышающими длину волны излучения. Показано, что при числе рупоров не более 100 возможна реализация коэффициента усиления близкого к предельному, возможна реализация секторов сканирования превышающих 10° в обеих плоскостях. Показана возможность снижения кроссполяризационных явлений.

Публикации:

1. Гойхман М.Б., Громов А.В., Ковалев Н.Ф., Палицин А.В. Предельный и Федосовский токи сильнозамагниченного тонкостенного пучка электронов в несимметричных каналах транспортировки. "Известия ВУЗов. Радиофизика", в печати

2. Гойхман М.Б., Громов А.В., Ковалев Н.Ф. Низкочастотные неустойчивости сильнозамагниченного тонкостенного электронного пучка в слабонерегулярном канале транспортировки. "Известия ВУЗов. Радиофизика", в печати

Тема № 14.26 Исследование особенностей ЭЦР разряда и приложений (0035-2014-0026).

Руководитель: к.ф.-м.н. Водопьянов А.В.

Исполнители: Лаборатория ионных источников (№122), Лаборатория прикладной физики плазмы (№123), Лаборатория криогенной техники (№ 194): Бондаренко В.Г., Бродский Ю.Я., Боханов А.Ф., Викторов М.Е., Водопьянов А.В., Гитлин М.С., Голубев С.В., Дубинов И.Д., Домнин С.В., Изотов И.В., Казаков М.Ю., Мансфельд Д.А., Никишин А.И., Обушко А.С., Разин С.В., Саулин А.А., Сенников П.Г., Сидоров А.В., Синцов С.В., Скалыга В.А., Солнышков Н.А., Шлепнев С.П.

В результате численного моделирования динамики пробоя воздуха в поле плоской электромагнитной волны определены основные параметры (скорость распространения и пространственное распределение плотности плазмы) стационарной волне ионизации. Расчеты выполнены в широком диапазоне давлений воздуха, частоты и амплитуды волны. Показано, что динамика пробоя воздуха существенным образом зависит от соотношения между частотой поля и эффективной частотой столкновений электронов. В частности, при достаточно высокой частоте поля или относительно небольшом давлении воздуха следует всегда ожидать формирования стационарной волны ионизации, а в противоположном предельном случае более типичным является формирование последовательности скачков фронта ионизации на расстояние четверти длины электромагнитной волны.

Определены основные параметры волны пробоя (скорость, коэффициенты отражения и прохождения падающего электромагнитного излучения) в зависимости от интенсивности и частоты излучения. В результате численного моделирования динамики пробоя воздуха в поле плоской электромагнитной волны определены основные параметры (скорость распространения и пространственное распределение плотности плазмы) стационарной волне ионизации. Расчеты выполнены в широком диапазоне давлений воздуха, частоты и амплитуды волны. Показано, что динамика пробоя воздуха существенным образом зависит от соотношения между частотой поля и эффективной частотой столкновений электронов. В частности, при достаточно высокой частоте поля или относительно небольшом давлении воздуха следует всегда ожидать формирования стационарной волны ионизации, а в противоположном предельном случае более типичным является формирование последовательности скачков фронта ионизации на расстояние четверти длины электромагнитной волны.

Измерены параметры потоков атомов и молекул азота на выходе из разрядной камеры и определены оптимальные условия в ЭЦР разряде, при которых на выходе из разрядной камеры формируется однородный поток активированного азота с максимальной плотностью. Показано, что вибрационная температура молекул азота на в ЭЦР разряде, поддерживаемом СВЧ излучением с частотой 24 ГГц растёт с увеличением мощности, вкладываемой в разряд и обратно пропорциональна давлению газа. Установлено, что вибрационная температура может изменяться в пределах от 5000 до 25000 градусов в диапазоне параметров работы установки. Вибрационная температура измерялась по анализу эмиссионных спектров плазмы. Изучены пространственные распределения вибрационной температуры в разряде.

Публикации:

- 1) V.E. Semenov, E.I. Rakova, V.P. Tarakanov, M.Yu. Glyavin, G.S. Nusinovich. A 1D study of the evolution of the microwave breakdown in air. // *Physics of Plasmas*, v. 22, 092308, pp. 1-8 (2015).
- 2) Alexander Vodopyanov, Dmitry Mansfeld. Reactive nitrogen source based on ECR discharge sustained by 24 GHz radiation. // *Japanese Journal of Applied Physics*, v 54, p.040302 (2015).

Тема № 14.27. Исследования рассеяния и трансформации микроволнового и лазерного излучения в плазме (0035-2014-0027).

Руководитель: д.ф.-м.н. Шалашов А.Г.

Исполнители: Балакин А.А., Фрайман Г.М., Господчиков Е.Д., Буянова М.Н., Хусаинов Т.А., Смолякова О.Б., Шагалова О.А., Абрамов И.С.

Предложена формальная процедура записи диэлектрического отклика плавнеоднородной среды с пространственной дисперсией в виде сходящегося ряда локальных дифференциальных операторов. Строго показано, что предложенная ранее авторским коллективом для сред без диссипации из соображений сохранения потока энергии "эрмитова" форма записи оператора диэлектрической проницаемости верна и для поглощающих сред. Предложенная процедура, с одной стороны, обосновывает уже используемое в разрабатываемых в авторском коллективе численных квазиоптических кодах представление для оператора диэлектрической проницаемости в теплой слаборелятивистской неоднородной магнитоактивной плазме и дает оценку точности этого представления в виде первых членов ряда. С другой стороны, предложенная процедура дает рецепт увеличения точности и получения следующих асимптотических членов при построении «улучшенных» квазиоптических моделей.

По направлению «Теоретические основы нагрева сверхплотной плазмы, удерживаемой в адиабатической аксиально-симметричной магнитной ловушке, с использованием излучения гиротрона миллиметрового диапазона длин волн» были получены следующие результаты. Аналитически и численно исследованы особенности распространения электромагнитных волн в окрестности области электронного циклотронного резонанса в аксиально-симметричных магнитных ловушках. Рассмотрено совместное влияние неоднородностей плотности плазмы, модуля и направления магнитного поля на картину лучевых траекторий. Найдены критерии, разграничивающие случаи конструктивной рефракции (лучевые траектории «притягиваются» к оси ловушки, где происходит эффективное поглощение) и деструктивной рефракции (лучевые траектории «отталкиваются» от оси ловушки, и эффективный нагрев центральной части плазменного шнура невозможен). Показано, что неоднородности направления магнитного поля и плотности плазмы, характерные для аксиально-симметричных магнитных ловушек, а также эффекты пространственной дисперсии существенным образом влияют на распространение электромагнитных волн в окрестности поверхности электронного циклотронного резонанса.

По направлению «Определение оптимальных условий для генерации импульсов излучения предельно короткой длительности в условиях рамановского рассеяния в плазме» были получены следующие результаты. Предложен метод получения интенсивных лазерных импульсов с контролируемым фазовым фронтом. Идея метода основана на том, что на линейной стадии обратного рамановского рассеяния все плавные в продольном направлении фазовые возмущения импульса накачки берет на себя наиболее слабая из волн (плазменная волна). Это приводит к тому, что усиливаемый лазерный импульс будет обладать слабо возмущенным исходным фазовым фронтом. В результате можно предложить следующий метод получения сверхкоротких импульсов с контролируемой фазой, основанный на использовании двухстадийного рамановского усиления в плазме. На первой стадии происходит классическое рамановское усиление лазерного импульса (затравки) в протяженной плазме (в нелинейном режиме), дающая на выходе интенсивный сверхкороткий импульс (с энергетической эффективностью около 80-90%) с сильной случайной поперечной модуляцией фазового фронта. Далее этот выходной лазерный импульс подается на второй слой плазмы с большей концентрацией

плазмы, однако уже в качестве накачки для устранения в фазе возмущений. На втором этапе этот импульс рассеивается на той же самой затравочной волне (что и на первой стадии) и преобразуется в линейном режиме в интенсивный сверхкороткий импульс (с энергетической эффективностью около 30-50%) с фокусируемым фазовым фронтом. Отсутствие фазовых возмущений обеспечивается свойствами трехволнового взаимодействия и малой оптической толщины второго плазменного слоя.

Список публикаций:

1. A.A. Balakin and E.D. Gospodchikov Operator formalism for permittivity tensor in smoothly inhomogeneous media with spatial dispersion// Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics, Volume 48, pp 215701 (2015)
2. E. D. Gospodchikov , O. B. Smolyakova. The Features of Refraction of Electromagnetic Waves Near the Electron Cyclotron Resonance Surface in an Open Magnetic Trap// Radiophysics and Quantum Electronics. Volume 57, Issue 12, pp 857-867 (2015)
3. A.A. Balakin, G.M. Fraiman, I. Dodin. Two-stage Raman compression of laser pulses with controllable phase fronts // Phys. Plasmas, Volume 22, pp 053112 (2015)
4. E.D. Gospodchikov, A.G. Shalashov, T.A. Khusainov Theory of the ordinary and extraordinary mode coupling in fluctuating plasmas, EPS Series Vol. 39E, ed. by R. Bingham (chair), W. Suttrop (MCF), S. Atzeni (BPIF), R. Foest (DLTP), K. McClements (BSA) P 5.408 (2015)

Тема № 14.28. Исследование волн, неустойчивостей и структур в низкотемпературной плазме, включая моделирование волновых явлений в космической плазме (0035-2014-0028).

Лаборатория моделирования космической плазмы

Руководитель: д.ф.-м.н. Костров А. В.

Сроки выполнения: 2014 – 2017

В лабораторном эксперименте на плазменной установке "Крот" обнаружена и исследована мелкомасштабная структура дактов плотности, формируемых при радиочастотном нагреве лабораторной плазмы. В подробных лабораторных исследованиях был установлен пороговый характер эффекта развития мелкомасштабных неоднородностей по мере увеличения мощности греющего поля; мелкомасштабные неоднородности предположительно обусловлены развитием дрейфовой неустойчивости в модифицированной области плазмы.

Исполнители: Н.А. Айдакина, М.Е. Гушин, И.Ю. Зудин, С.В. Коробков
Д.В. Янин, А.Г. Галка, А.В. Костров, А.В. Стриковский, Н.Ю.

Публикации:

1. В.Л. Фролов, В.О. Раппопорт, Е.А. Шорохова, Н.А. Айдакина, М.Е. Гушин, И.Ю. Зудин, С.В. Коробков, А.В. Костров, М. Парро, Ж.-Л. Рош. Тонкая структура дактов плотности, формируемых при активном радиочастотном воздействии на лабораторную и космическую плазмы. Письма в ЖЭТФ, т.101, вып.5, с.342 – 346 (2015)
2. А.А. Чернышов, Д.В. Чугунин, М.М. Могилевский, И.Л. Моисеенко, А.А. Ильясов, В.В. Вовченко, С.А. Пулинец, М.В. Клименко, И.Е. Захаренкова, А.В. Костров, М.Е. Гушин, С.В. Коробков. Подходы к исследованию мультимасштабной структуры ионосферы с использованием наноспутников. Геомагнетизм и аэрономия, Т.56, № 1, с.1–9 (20167-483).

Тема № 16.29. Теоретическое исследование электромагнитных свойств плазмы магнитосфер Солнца, планет и Земли, космической и астрофизической плазмы и плазмоподобных сред (0035-2014-0029).

Отдел астрофизики и физики космической плазмы

Руководитель: чл.-корр. РАН Вл. В. Кочаровский

Исполнители: В.В. Зайцев, зав.сект., Е.Я. Злотник, в.н.с., В.М. Губченко, с.н.с., В.Е. Шапошников, г.н.с.

Исследование ультратонких хромосферных петель и их вспышечной активности.

Обнаружение ультратонких компактных горячих магнитных петель в хромосфере позволяет предполагать, что хромосфера играет существенную роль в солнечной активности, в частности, в нагреве короны. Эти петли простираются до основания короны и могут служить одним из источников коронального нагрева. Хромосферные петли выходят из областей, расположенных между гранулами, где имеются сходящиеся потоки фотосферной конвекции. Поэтому можно предположить, что эти петли возникают за счет сгребания и магнитного поля конвекцией. Мы рассмотрели нагрев плазмы в магнитных петлях, сформированных сходящимися потоками фотосферной плазмы в узлах нескольких грануляционных ячеек или на границах соседних гранул. В результате взаимодействия конвективных потоков фотосферной плазмы с магнитным полем в основаниях петли здесь генерируются достаточно большие электрические токи, диссипация которых приводит к эффективному нагреву плазмы. При этом основным каналом диссипации является проводимость Каулинга, связанная с ионно-атомными столкновениями в замагниченной плазме. Источник нагрева сосредоточен в основаниях петли в интервале высот до нескольких сотен километров, где происходит увеличение температуры до значений порядка миллиона градусов. Нагрев более высоких слоев происходит за счет теплопроводности, которая находится в балансе с радиационными потерями. При этом относительно небольшая длина хромосферных петель является причиной того, что температура мало меняется от основания к вершине и петля остается практически изотермичной. Получены самосогласованные значения температуры, давления и концентрации плазмы в горячих хромосферных петлях по заданным значениям скорости конвекции магнитного поля, полутолщины трубки и высоты, на которую фотосферная конвекция проникает в хромосферу. Температура плазмы в трубке растет с увеличением скорости конвекции и магнитного поля, что может объяснить существование значительно более горячих петель у звезд поздних спектральных классов, которые отличаются от Солнца более развитыми конвективными зонами, а также бо́льшими по сравнению с Солнцем магнитными полями. Дана оценка собственных частот колебаний ультратонкой магнитной петли как эквивалентного электрического контура и указана возможная причина выбросов горячей плазмы из оснований петель.

Публикации:

V. V. Zaitsev, Ultrafine Magnetic Structures in the Chromosphere, *Geomagnetism and Aeronomy*, 2015, Vol. 55, No. 7, pp. 846-849.

Кинетическое описание трехмерных магнитосфероподобных структур в расширяющихся горячих плазменных коронах над магнитоактивными областями

Магнитосфероподобные (корональные) структуры - это универсальные крупномасштабные объекты плазменной астрофизики и солнечно-земной физики, образованные квазистационарными и нестационарными высокоскоростными потоками

плазмы. Как правило, описание таких структур развивается в рамках 2D МГД приближения, предполагающего локальность материальных связей.

Мы обращаем внимание, что корональные структуры часто существуют при высокой температуре и являются бесстолкновительными, что требует развития их кинетического описания. В кинетическом описании особенности горячей короны обусловлены возбуждением диамагнитной и резистивной компонент плотности индукционного тока. В трехмерном кинетическом описании размеры корональных структур выражаются через масштабы пространственной дисперсии кинетической природы, которые характеризуют нелокальность материальных связей в короне и которые отсутствуют в МГД описании.

Представлены решения трех задач физической кинетики корональных структур, соответствующих предельным значениям величин э.м. добротности потока G , зависящего от функции распределения частиц потока. Это трехмерная структура отдельного стримера и его топологическая перестройка при изменениях добротности G от $G \ll 1$ до $G \gg 1$, двумерная структура пояса взаимодействующих корональных стримеров в гелиосферном диске ($G \gg 1$) и импульсная электродинамика одномерного горячего слоя токнесущей плазмы, самосогласованная с токами ускоряемых в ней частиц ($G = -1$).

Публикации:

1. V. M. Gubchenko Kinetic Description of the 3D Electromagnetic Structures Formation in Flows of Expanding Plasma Coronas. I: General. 2015. Vol. 55, No. 7, 831-845.
2. V. M. Gubchenko Kinetic Approach to the Formation of the 3D Electromagnetic Structures in Flows of Expanding Plasma Coronas. II. Flow Anisotropy Parameters. 2015. Vol. 55, No. 8, 1009-1025.

Ускорение электронов и нагрев плазмы при развитии желобковой неустойчивости в основаниях корональных магнитных петель.

Рассмотрена генерация электрического поля на фронте импульса тока, возникающего в хромосферных основаниях магнитной петли в результате развития неустойчивости Релея-Тэйлора. В результате неустойчивости вдоль магнитной петли начинает распространяться импульс электрического тока $I_z(z - V_A t)$ с характерным масштабом $\Delta z \approx l$, на фронте которого возможна генерация индукционного электрического поля E_z , направленного вдоль оси магнитной трубки, т.е. способного ускорять частицы. Показано, что в случае слабых токов, когда $(I_z^2 / 2\pi c^2 a^2) \ll p$, где a - полутолщина трубки, p - давление плазмы, продольное электрическое поле не возникает, т.е. импульс тока в этом случае представляет обычную линейную альфвеновскую волну, распространяющуюся вдоль магнитного поля. В случае достаточно больших токов, когда $(I_z^2 / 2\pi c^2 a^2) > p$ возникает нелинейный режим распространения импульса электрического тока и генерируется относительно большое продольное электрическое поле, которое в зависимости от величины электрического тока может превышать поле Драйсера. $E_D = 6 \times 10^{-8} n_e / T \text{ volt / cm}$. В этом случае все электроны в области локализации импульса тока будут находиться в режиме убегания и мощность энерговыделения в хромосфере может существенно возрастать. Супердрайсеровские электрические поля необходимы также для инъекции протонов в режим ускорения ленгмюровской турбулентностью, генерируемой быстрыми электронами, возникающими на фронте импульса электрического тока. В условиях солнечной хромосферы электрическое поле на фронте импульса при токах $I \approx 4 \times 10^{10} \text{ A}$ начинает превышать поле Драйсера, начиная с высот, для которых концентрация плазмы $n < 10^{13} \text{ cm}^{-3}$. Рассмотрена генерация электрического поля на фронте импульса тока, возникающего в хромосферных основаниях магнитной петли в результате развития неустойчивости Релея-Тэйлора. В результате неустойчивости

вдоль магнитной петли начинает распространяться импульс электрического тока $I_z(z - V_A t)$ с характерным масштабом $\Delta z \approx l$, на фронте которого возможна генерация индукционного электрического поля E_z , направленного вдоль оси магнитной трубки, т.е. способного ускорять частицы. Показано, что в случае слабых токов, когда $(I_z^2 / 2\pi c^2 a^2) \ll p$, где a - полутолщина трубки, p - давление плазмы, продольное электрическое поле не возникает, т.е. импульс тока в этом случае представляет обычную линейную альфвеновскую волну, распространяющуюся вдоль магнитного поля. В случае достаточно больших токов, когда, $(I_z^2 / 2\pi c^2 a^2) > p$ возникает нелинейный режим распространения импульса электрического тока и генерируется относительно большое продольное электрическое поле, которое в зависимости от величины электрического тока может превышать поле Драйсера. $E_D = 6 \times 10^{-8} n_e / T \text{ volt / cm}$. В этом случае все электроны в области локализации импульса тока будут находиться в режиме убегания и мощность энерговыделения в хромосфере может существенно возрасти. Супердрайсеровские электрические поля необходимы также для инжекции протонов в режим ускорения ленгмюровской турбулентностью, генерируемой быстрыми электронами, возникающими на фронте импульса электрического тока. В условиях солнечной хромосферы электрическое поле на фронте импульса при токах $I \approx 4 \times 10^{10} \text{ A}$ начинает превышать поле Драйсера, начиная с высот, для которых концентрация плазмы $n < 10^{13} \text{ cm}^{-3}$.

Публикации

1. V.V. Zaitsev, A.V. Stepanov, Particle Acceleration and Plasma Heating in the Chromosphere, 2015, Solar Physics, DOI 10.1007/s11207-015-0731-y.
2. В.В. Зайцев, П.В. Кронштадтов, А.В. Степанов, О генерации супердрайсеровских электрических полей в солнечной хромосфере, Труды Всероссийской конференции «Солнечная и солнечно-земная физика 2015», 2015, Санкт-Петербург, с. 149-152.

Зебра-структура на динамическом спектре километрового излучения Юпитера.

Предложена интерпретация тонкой структуры в виде квазигармонических параллельно дрейфующих полос повышенной яркости (зебра-структуры) на динамическом спектре километрового излучения Юпитера. Проанализирована возможность интерпретации наблюдаемой структуры на основе эффекта двойного плазменного резонанса в магнитосфере Юпитера, т.е. повышенной генерации плазменных волн в областях, где локальные частоты плазменных резонансов совпадают с гармониками гирочастоты. Показано, что наблюдаемые спектральные особенности зебра-структуры не могут быть объяснены эффектом двойного плазменного резонанса на электронных циклотронных гармониках. Разработана модель источника, основанная на эффекте повышенной генерации плазменных волн в областях, где частота нижнего гибридного резонанса совпадает с гармониками ионной гирочастоты. В результате слияния этих волн с продольными волнами на частоте верхнего гибридного резонанса возникает электромагнитное излучение с «полосатым» спектром. Предложенная модель с параметрами, согласующимися с современными представлениями о структуре магнитосферы Юпитера, объясняет все основные наблюдаемые свойства зебра структуры в километровом излучении Юпитера: наличие квазигармонических полос повышенной яркости на динамическом спектре (с расстоянием между полосами, существенно меньшим, чем сама частота), увеличение частотного разнесения полос с ростом частоты, квазипараллельный дрейф зебра-полос во времени.

Публикации:

- Е.Я. Злотник, В.Е. Шапошников, В.В. Зайцев, Зебра-структура на динамическом спектре километрового излучения Юпитера, Journal Geophys. Res., 2015, submitted

Тема № 16.30. Спектральные радиоастрономические исследования на миллиметровых и субмиллиметровых волнах (0035-2014-0030).

Отдел радиоприемной аппаратуры и миллиметровой радиоастрономии

Руководитель: д.ф.-м.н. А.В. Лапинов

Исполнители: Зинченко И.И., д.ф.-м.н., Кисляков А.Г., д.ф.-м.н., Пирогов Л.Е., д.ф.-м.н., Лебский Ю.В., с.н.с., Троицкий Н.Р., м.н.с., Трофимова Е.А. м.н.с., Яворовская А.И., м.н.с., Андриянов А.Ф., вед.констр., Шкаев А.П., вед.констр., Носова Е.В., констр. 1-й к., Землянуха П.М., м.н.с., Дерендяев Д.Н., м.н.с., Лебедев Н.Д., ст. лаб.-иссл., Французова И.П., Техник 1 к.

Содержание работы: Детальные исследования областей звездообразования на миллиметровых и субмиллиметровых волнах, а также поиск вариаций фундаментальных констант на основе прецизионной радиоастрономической и лабораторной спектроскопии молекул.

Результаты:

1. Проведены наблюдения в диапазоне длин волн 3 мм ряда областей образования массивных звезд. Получены карты источников в линиях примерно 10-и молекул. Определены физические параметры и химический состав наблюдавшихся объектов. Полученные значения параметров лежат в диапазонах значений, характерных для областей образования массивных звезд. Обнаружены эффекты химической дифференциации молекул. Температура газа по данным наблюдений линии $\text{CH}_3\text{C}_2\text{H}(5-4)$ составляет $\sim 20-40$ К. Для одного из источников обнаружено спадание кинетической температуры от центра к краю.
2. Проведены дальнейшие исследования торсионно-вращательного спектра метанола, представляющие интерес для поиска возможных вариаций отношения массы электрона к массе протона в межзвездной среде в сравнении с лабораторным значением. Из анализа доплеровских сдвигов линий метанола в темном молекулярном облаке L1544 получен верхний предел на возможные вариации m_e/m_p на уровне $<1.5 \cdot 10^{-8}$.
3. Проведены исследования спин-вращательного расщепления, обусловленного квадрупольным моментом дейтерия, для торсионно-вращательных переходов CH_3OD . Впервые измерена величина квадрупольного расщепления в А-метаноле для переходов как а-, так и b-типа.
4. Начаты измерения квадрупольного расщепления, связанного со спином азота, во вращательных спектрах HNCO в основном и трех нижних колебательных состояниях.

Публикации:

- 1) Пирогов Л. Е. «Область индуцированного звездообразования W40: наблюдения и модель». Астрон. журн., 92(5), стр. 400-405, 2015
- 2) Голубятников Г.Ю., Белов С.П., Лапинов А.В. «О точности измерений частот спектральных линий на примере исследования вращательных переходов молекулы $^{16}\text{O}^{12}\text{C}^{32}\text{S}$ в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн», 2015, Известия ВУЗов «Радиофизика» т.58, No.8, с.691-701

Тема № 36.31. Разработка модульных технических и программных средств с использованием новых стандартов (0035-2014-0031).

Руководитель: Бабер И. С.

Модернизация системы автоматизации для установки оптико-акустической томографии с использованием технологии Flex RIO.

Исполнитель: Постникова А.С.

Разработана система автоматизации, входящая в состав биомедицинского оптико-акустического томографа, созданного на основе 64-канальной цилиндрически-фокусированной антенны, выполненной из поливинилиден флюорида. Для реализации рассматриваемой системы используется оборудование автоматизированной системы установки оптоакустического имиджинга (см. отчет за 2014 год): 8-слотовое шасси NI PXI-1042 с набором модулей и карта NI PXI-ExpressCard8360, которая является мостом для связи с компьютером. Система работает под управлением Microsoft Windows 7, программное обеспечение разработано в среде LabVIEW 2011 с использованием LV FPGA 2011 и Xilinx11. Сигналы с шестнадцати электронно-коммутируемых элементов антенны обрабатываются четырьмя адаптерами аналогового ввода NI 5761 с FlexRIO FPGA модулями NI PXI-7952R, аналоговый сигнал с пиросенсора подается на АЦП низкочастотного модуля NI PXI-6221 для дальнейшей нормировки сигналов с антенны, а также для оценки потока оптической энергии на поверхности объекта исследования. Синхронизация сбора данных обеспечивается триггер-сигналом от лазера. Коммутация 16 каналов АЦП к очередным 16 каналам антенны осуществляется во время 100 мс паузы между лазерными импульсами блоком управления и коммутации, управляемым триггер-сигналом от модуля NI PXI-6221. Наряду с электронным сканированием, система автоматизации обеспечивает возможность механического перемещения антенны вдоль оси X с шагом $\Delta x=50$ мкм за время между лазерными импульсами. Опциональное механическое сканирование элементов антенны также осуществляется во время 100 мс паузы между лазерными импульсами и реализуется при помощи шагового двигателя AM-23-239-3 подключенного к контроллеру DAX 4x4 (Advanced Microsystems, США), который управляется с компьютера через порт USB.

Разработка системы сбора и обработки данных резонаторного спектрометра миллиметрового диапазона волн.

Исполнители: Шанин В.Н., Истомин А.А., Купаев А.В.

- завершена разработка встраиваемого программного обеспечения устройства сбора и управления;
- изготовление и наладка устройства сбора и управления;
- начата разработка алгоритмов работы и программного обеспечения верхнего уровня системы сбора и обработки данных резонаторного спектрометра миллиметрового диапазона волн;

Разработка СВЧ-блоков и блока цифровой обработки сигналов для трехдиапазонного (3, 6 и 10 ГГц) импульсного скаттерометра, предназначенного для радиолокационного зондирования водных поверхностей.

Исполнители: Шанин В.Н., Истомин А.А., Купаев А.В.

- для устранения выявленных при наладке блока цифровой обработки недостатков, выполнена коррекция его принципиальной схемы и топологии печатной платы; на их основе изготовлен модернизированный вариант блока цифровой обработки и начата его отладка;
- начата разработка программного обеспечения верхнего уровня (компьютерного программного обеспечения) для управления работой изготовленных блоков в составе скаттерометра.

Разработка системы автоматизированного управления мощными экспериментальными установками мегаджоульного уровня энергии.

Исполнители: Бабер И.С., Карпов Н.И., Митрофанов О.Г., Марьев С.П., Пегеев В.П., Салтыков А.Д.

- разработка детального алгоритма функционирования АС;
- описание алгоритмических процедур;
- определение ограничений на возможность и условия применения алгоритма;
- определение возможных нештатных и аварийных ситуаций, способов их блокировки и возможностей по защите персонала и аппаратного обеспечения АС
- определение перечня диагностических сообщений;
- определение требований к контролю данных в процессе выполнения алгоритмов;
- разработка алгоритма обработки значимых (критических) параметров в реальном времени.
- разработка программного обеспечения цифрового сигнального процессора для реализации обработки данных в реальном времени и формирования сигналов управления экспериментом. Поток данных до 20 Мбайт/сек, длительность обрабатываемого пакета от 0 до 100 мкс, время обработки данных и формирования управляющих сигналов 45-100 мкс.

Разработка и исследование алгоритмов активного гашения монохроматического звукового поля, создание комплекса программ для реализации этих алгоритмов.

Исполнители: Фикс И.И., Фикс Г.Е.

На основе работ, произведенных в 2014 году, в 2015 г., в рамках завершения работы ГС КСД-1, было разработано ПО опытного образца, позволившее в полном объеме провести испытания опытного образца на полигоне "Зименки", для передачи заказчику с соответствующими нормативными документами, и включающее в себя обработку монохроматического поля в стационарных условиях с использованием многоэлементных приемных и излучающих систем, расположенных на одной поверхности. В рамках работы ОКР "Автоном" были разработаны 2 программных модуля, предназначенных для работы в соответствии с ТЗ.

Разработка алгоритмов и комплекса программ для синтеза высокоэффективных квазиоптических преобразователей гиротронов.

Исполнитель: Чирков А.В.

- 1) Продолжена работа над методом синтеза квазиоптических преобразователей с плоскостью симметрии. Рассчитан и изготовлен преобразователь для гиротрона 94.4ГГц ($\pm TE_{12,5}$);
- 2) Спроектированы преобразователи для следующих гиротронов:
 - 45ГГц ($TE_{6,3}$);
 - 250ГГц ($TE_{19,8}$);
 - 512ГГц ($TE_{6,5}$);
- 3) Выполнен анализ пучков и синтез согласующей оптики для следующих гиротронов:
 - 82.6ГГц ($TE_{12,5}$);
 - два гиротрона 105ГГц ($TE_{18,6}$)
 - два двухчастотных гиротрона 105ГГц ($TE_{17,6}$) и 140ГГц ($TE_{22,8}$);

- 170ГГц ($TE_{25,10}$) для ИТЭР.

1. Subochev P., Orlova A., Shirmanova M., Postnikova A., Turchin I. Simultaneous photoacoustic and optically mediated ultrasound microscopy: an in vivo study // Biomedical optics express. – 2015. Т. 6, №2. С. 631-638.
2. A.V. Chirkov, G.G. Denisov, and A.N. Kuftin. Perspective gyrotron with mode converter for co- and counter-rotation operating modes. Applied Physics Letters 106, 263501 (2015).
3. J. Martínez-Fernández, Á. Cappa, A. Chirkov, A. Ros, A. Tolkachev, G. Catalán, A. Soletto, M. Redondo, J.L. Doanec, J.P. Anderson. Commissioning of the 28 GHz ECRH power transmission line for the TJ-II stellarator. Fusion Engineering and Design 96–97 (2015) pp. 522–526.
4. M.Yu. Glyavin, A.V. Chirkov, G.G. Denisov, A.P. Fokin, V.V. Kholoptsev, A.N. Kuftin, A.G. Luchinin, G.Yu. Golubyatnikov, V.I. Malygin, M.V. Morozkin, V.N. Manuilov, M.D. Proyavin, A.S. Sedov, E.V. Sokolov, E.M. Tai, A.I. Tsvetkov, and V.E. Zapevalov. Experimental tests of a 263 GHz gyrotron for spectroscopic applications and diagnostics of various media. Review of Scientific Instruments 86, 054705 (2015); doi: 10.1063/1.4921322.

Тема № 75.32. Исследование нелинейных волновых процессов в геофизической гидродинамике (0035-2014-0032).

Руководитель: д.ф.-м.н. Троицкая Ю.И.

Исполнители: Баландина Г.Н., Баханов В.В., Власов С.Н., Горшков К.А., Долина И.С., Дружинин О.А., Ермакова О.С., Ермошкин А.В., Зайцев В.Ю., Казаков В.И., Кандауров А.А., Кемарская О.Н., Копосова Е.В., Коротков Д.П., Лисина О.Н., Матвеев Л.А., Папко В.В., Пелиновский Е.Н., Пискунова Л.В., Радостин А.В., Сергеев Д.А., Слюняев А.В., Соустова И.А., Талипова Т.Г., Троицкая Ю.И., Шишкина О.Д., Якубович Е.И.

Полученное точное аналитическое решение нелинейной задачи о накате длинной волны на берега бухты переменного сечения позволило предложить экспресс-оценки высоты наката волны цунами, форма волны которой на подходе к берегу, как правило, неизвестна. Подтверждается наблюдаемый факт, что высота наката волн на берег в бухте уменьшающегося сечения выше, чем на плоский открытый берег. Полученные решения для схематизированных донных профилей позволяют сократить время численных расчетов характеристик цунами, сопрягая двумерные численные модели с аналитическими формулами для высоты наката.

Обнаружены нелинейные режимы, когда изменение условий распространения однонаправленных волн на поверхности воды приводит к росту вероятности возникновения больших волн. Дано их объяснение, основанное на разных законах роста амплитуд солитонной и несолитонной (квазилинейной) составляющих нерегулярных волн. Такие ситуации могут возникать при уменьшении глубины бассейна в случае длинных волн; быстром или адиабатически медленном притоке энергии к волнам на глубокой воде (например, под действием ветра).

Проведено прямое численное моделирование (DNS) динамики мелкомасштабной турбулентности вблизи пикноклина в присутствии распространяющихся в нем внутренних волн (ВВ) при балковых числах Рейнольдса (Re) и Ричардсона (Ri), наблюдаемых в лабораторных экспериментах. Показано, что при малом соотношении амплитуд ВВ и турбулентных флуктуаций декремент затухания ВВ под действием турбулентности хорошо описывается параметризациями в рамках полуэмпирической модели (RANS).

Однако, при увеличении амплитуды ВВ их затухание на турбулентности в численном эксперименте оказывается существенно меньшим по сравнению с предсказанием модели RANS. Показано также, что под действием сильных (по сравнению с фоновыми флуктуациями) внутренних волн происходит эффективная генерация турбулентности в окрестности пикноклина. При этом спектр турбулентных флуктуаций усиливается под действием ВВ во всем диапазоне волновых чисел. На основании результатов DNS получены оценки для декремента затухания ВВ и эффекта усиления турбулентности ВВ для типичных условий натурального эксперимента.

Рассмотрен класс нестационарных течений вязкой несжимаемой жидкости, у которой завихренность имеет не более двух компонент. Показано, что тогда поле течения может быть описано одной скалярной функцией. Для этого класса течений, представлен вывод интеграла движения, зависящего от этой функции. Ранее известные интегралы Бернулли для потенциальных и стационарных вихревых течений идеальной жидкости являются его частными случаями.

Выполнено комбинированное исследование акустического воздействия на поверхностную диффузию атомов и кластеров методами компьютерного моделирования и в эксперименте. Способность поверхностных акустических волн (ПАВ), сильно увеличивать мобильность небольших атомных кластеров экспериментально продемонстрирована, используя отслеживание кластеров Au₈ на поверхности кремниевого субстрата методами флуоресцентной микроскопии. Наблюдено 19-кратное возрастание эффективного коэффициента диффузии при комнатной температуре в присутствии ПАВ, генерируемой наносекундными лазерными импульсами с частотой повторения 100 Гц. Масштабное компьютерное моделирование показало, что эффективный рост высших гармоник, сопровождающий нелинейное укрупнение профиля ПАВ, приводит к возможности динамического квазирезонансного взаимодействия ПАВ с атомными кластерами и увеличению их подвижности. При этом в моделировании в случае 15ГГц ПАВ наблюдался гигантский (~4500 раз) рост коэффициента диффузии, эквивалентный эффективному росту температуры на 10³К. Скалирование показывает, что при реалистичных параметрах ПАВ можно ожидать увеличения скорости диффузии порядка сотен раз. Способность ПАВ сильно влиять на поверхностные процессы на уровне атомных кластеров может иметь важные последствия для развития новых технологий, в которых акустическое воздействие заменяет прямое увеличение температуры, когда непосредственный нагрев нежелателен или требуется быстрое изменение условий протекания поверхностных процессов.

Публикации:

1. A.Slunyaev, A.Sergeeva, and E.Pelinovsky, Wave amplification in the framework of forced nonlinear Schrödinger equation: the rogue wave context. *Physica D* 303, 18-27 (2015).
2. Дружинин О.А., Троицкая Ю.И., Зилитинкевич С.С., ДАН, 2016, в печати.
3. M.V.Shugaev, A.J.Manzo, C.Wu, V.Y.Zaitsev, H.Helvajian, and L.V.Zhigilei, "Strong enhancement of surface diffusion by nonlinear surface acoustic waves," *Physical Review B* 91, 235450(1-11) (2015).

Тема № 77.33. Разработка средств и методов микроволновой диагностики и нелинейно динамического моделирования и их применение для исследования окружающей среды и климата (0035-2014-0033).

Отдел физики атмосферы и микроволновой диагностики.

Руководитель д.ф.-м.н. Фейгин А.М.

Срок 2015 – 2017гг. (гос. рег. № 115012770225)

Исполнители: Фейгин А.М., Федосеев Л.И., Куликов Ю.Ю., Лубяко Л.В., Рыскин В.Г., Паршин В.В., Швецов А.А., Красильников А.А., Серов Е.А., Махнеа В.Ю., Заргаров А.Е., Куликов М.Ю., Коновалов И.Б., Скалыга Н.К., Березин Е.В., Нечаев А.А., Французова И.П., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М., Караштин Д.А., Беликович М.В., Гаврилов А.С., Перекатова В.В., Селизнев А.Ф.

4. Испытан и введен в эксплуатацию мобильный комплекс для микроволнового зондирования тропосферы, стратосферы, нижней и средней мезосферы. Комплекс включает в себя:

- три спектрорадиометра, осуществляющих прием и спектральный анализ собственного излучения атмосферы в 5-ти мм полосе поглощения молекулярного кислорода;
- спектрорадиометр, регистрирующий спектр собственного излучения атмосферы в резонансной линии озона, центрированной к частоте 110,8 ГГц;
- пакет программ управления экспериментом и первичной обработки данных;
- пакет программ, обеспечивающих восстановление вертикальных распределений температуры в диапазоне высот от 0 до 55 км и концентрации озона в диапазоне высот от 15 до 75 км.

5. Проведена экспериментальная кампания по одновременному мониторингу распределений озона и температуры в средней атмосфере.

3. Разработан и реализован алгоритм эмпирического прогноза, включающий в себя

- реконструкцию фазового пространства, учитывающую запаздывающие взаимосвязи сигналов, измеряемых в пространственно разнесенных точках, и
- построение оптимальной нелинейной стохастической модели оператора эволюции в реконструированном фазовом пространстве.

Возможности алгоритма продемонстрированы на примерах анализа данных о распределении поверхностной температуры океана и приземного давления и прогноза климатических индексов явлений Эль-Ниньо, Тихоокеанского декадного колебания и Североатлантического колебания.

Подготовлены и приняты к печати в журналах, учитываемых в базах данных Web of Science и Scopus, 2 статьи:

1. Швецов, В.Г. Рыскин, М.Ю. Куликов, Л.М. Кукин, Л.И. Федосеев, А.М. Щитов, А.М. Фейгин, Наземный микроволновый спектрорадиометр для термического зондирования тропосферы, Приборы и техника эксперимента, принята к печати.
2. А.А. Нечаев, Т.С. Ермакова, М.Ю. Куликов, Метод определения концентраций малых газовых составляющих на высотах нижней и средней мезосферы по временным рядам концентрации озона // Известия ВУЗ. Радиофизика, принята к печати.

Тема № 80.34. Актуальные проблемы электродинамики атмосферы (0035-2014-0034).

Отдел геофизической электродинамики
(Число участников работы: 36 чел.)

Руководитель: член-корреспондент РАН Мареев Евгений Анатольевич

Сроки выполнения: 2014 – 2017

Развиты численные и аналитические модели глобальной электрической цепи; проведено теоретическое и экспериментальное изучение генераторов глобальной атмосферной электрической цепи, включая конвективный генератор. Были развиты методы мониторинга конвективных атмосферных явлений. Проведены эксперименты по разнесенному приему вариаций электрического поля, тока и радиоизлучения грозовых разрядов на базе многофункциональных экспериментальных комплексов; проведено изучение климатологии гроз. Разработана методика мониторинга конвективных атмосферных электрических явлений. Получены результаты теоретических и экспериментальных исследований электродинамики грозовых облаков и мезомасштабных конвективных систем. Разработана модель крупномасштабной электродинамики грозового облака. Исследованы условия генерации и динамики высотных электрических разрядов, а также эффекты воздействия высотных электрических разрядов на состав атмосферы. Усовершенствована плазмохимическая модель воздействия высотного разряда на состав атмосферы. Развиты фрактальные методы анализа природных явлений, предложены фрактальные модели динамики опасных природных явлений, включая грозы, шквалы, эрозионные явления. Проведено электрических явлений в пограничном слое атмосферы, в частности изучено влияние аэрозолей на электричество пограничного слоя атмосферы.

Публикации:

1. Смышляев С.П., Мареев Е.А., Галин В.Я., Блакитная П.А. Моделирование влияния выбросов метана из арктических газовых гидратов на региональные изменения состава нижней атмосферы // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2015. №4. С. 472-483.
2. Евтушенко, Н.В. Ильин, Ф.А. Кутерин. О существовании глобальной электрической цепи в атмосфере Марса // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. 2015. № 1. С. 57
3. Иудин Д.И., Давыденко С.С., Фрактальная модель компактного внутриоблачного разряда. I. Особенности строения и эволюции // Известия вузов. Радиофизика. 2015, т.58, №7, стр.530-551.

Тема № 10.10. Разработка и создание твердотельных лазерных систем с высокой средней мощностью и их компонентов (0035-2014-0107).

Отдел диагностики оптических материалов для перспективных лазеров

Руководитель: к.ф.-м.н. О.В. Палашов

Сроки выполнения: 2014-2017

Исполнители: Войтович А.В., Вяткин А.Г., Железнов Д.С., Кузнецов И.И., Кузнецов И.В., Лучинин Г.А., Миронов Е.А., Мухин И.Б., Палашов О.В., Перевезенцев Е.А., Снетков И.Л., Старобор А.В., Эктов Н.П.

Для создания лазера на Yb:YAG дисках проведено исследование временного и пространственного профиля лазерного импульса, который может претерпевать значительные изменения под действием различных (например, насыщения усиления) эффектов. Проведено теоретическое сравнение процесса усиления лазерных импульсов в однопроходном стержневом и многопроходном дисковом активных элементах. Продемонстрирована возможность уменьшения искажения временного профиля лазерного импульса за счёт увеличения числа проходов через дисковый усилитель. По результатам работы готовится публикация.

Проведено экспериментальное исследование оптического качества, спектральных и лазерных свойств лазерной керамики Yb:Y₂O₃ отечественного производства (Институт Электрофизики УрО РАН). Изготовлен активный элемент для дискового лазера, и получена генерация в квазинепрерывном режиме. Дифференциальная эффективность лазерной генерации при накачке на длине волны 940 нм составила 17,5%.

1. И.Л. Снетков, И.Б. Мухин, О.В. Палашов, Сравнительные характеристики лазерной керамики Yb:(YLa)₂O₃, Квантовая электроника, послана в журнал 27.11.2015.
2. Е.А.Перевезенцев, И.Б.Мухин, И.И.Кузнецов, О.Л.Вадимова, О.В.Палашов, Задающая система криогенного дискового Yb:YAG-лазера, Квантовая электроника, 2015, 45 (5), 451-454.
3. И.Л.Снетков, И.Б.Мухин, С.С.Балабанов, Д.А.Пермин, О.В.Палашов, Эффективная генерация на лазерной керамике Yb(YLa)₂O₃, Квантовая электроника, 2015, 45 (2), 95-97.

4.2. Работы по программам фундаментальных исследований Президиума Российской академии наук

4.2.1. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН «Нелинейная динамика в математических и физических науках» (тема 0035-2015-0001)

Проекты, выполняемые в ИПФ РАН в рамках Программы:

- НИР № 5994041 «Адаптивность» “Нелинейная динамика активных сетей с адаптивными связями” (проф. В.И. Некоркин)
- НИР № 5184043 «Динамика-КС» “Моделирование и экспериментальное исследование динамических режимов осознания сенсорных сигналов” (д.ф.-м.н. В.Г. Яхно)
- НИР № 5204042 «Динамика-Н» “Прогностическая реконструкция сложных нелинейно-динамических систем по временным рядам” (д.ф.-м.н. А.М. Фейгин)
- НИР № 5234042 «Динамика-7» “Локализованные волновые структуры в нелинейных неоднородных природных средах” (академик В.И. Таланов)
- НИР № 5984041 «Динамика2015» “Динамическое самовоздействие неоднородных волновых пакетов” (академик А.Г. Литвак)
- НИР № 944041 «Квант-динамик» “Коллективная динамика разреженных газов в поле электромагнитного излучения” (д.ф.-м.н. А.В. Турлапов)
- НИР № 5224041 «Маннергейм» “Нелинейная динамика волновых полей в квантовых резонансных средах” (д.ф.-м.н. М.Д. Токман)
- НИР № 5194043 «Динамика-3» “Пространственно-временная динамика диссипативных структур в гидродинамических системах” (д.ф.-м.н. В.П. Реутов)
- НИР № 5994041 «Раман2015» “Теория взаимодействия сверхсильных лазерных полей с плазмой” (проф. Г.М. Фрайман)
- НИР № 5244042 «Динамика-8» “Волны, вихри и турбулентность в геофизических потоках” (д.ф.-м.н. Ю.И. Троицкая)
- НИР № 5254042 «Динамика-9» “Сильно нелинейная динамика волн на воде с приложениями к океанологии” (проф. Е.Н. Пелиновский)

Основные результаты, полученные в 2015 г.

1. Для автоколебательных систем с запаздывающей обратной связью импульсного типа обнаружен новый механизм потери устойчивости регулярных колебаний. Бифуркация сопровождается возникновением сложных колебаний, характеризующихся неравными межимпульсными интервалами - так называемых "дрожащих" режимов. Теоретически и экспериментально показано существование устойчивых дрожащих режимов с чередующимися длинными и короткими интервалами, находящихся во взаимно-однозначном соответствии с произвольными периодическими бинарными последовательностями. Продемонстрирована высокая мультистабильность дрожащих режимов, число которых возрастает экспоненциально с ростом величины запаздывания.
2. Проведено рассмотрение возможностей регистрации и обработки информации в нейронных сетях при ее представлении в сигнальной форме. Анализируется эффективность такого подхода. На примере численных экспериментов с нейронными сетями свободной динамики, проанализированы возможности выполнения процедур регистрации и обработки информации в сигнальной форме.

3. Разработан метод анализа пространственно-распределенных данных, позволяющий находить главные моды исследуемой динамической системы: низкоразмерные временные ряды, описывающие значительную часть наблюдаемой изменчивости. Метод основан на специальном подходе к разложению данных, учитывающем как нелинейные взаимосвязи сигналов, измеренных в различных пространственных точках, так и причинную обусловленность в пределах каждого отдельного временного ряда.
4. Предложена модель возникновения и эволюции компактных внутриоблачных разрядов, являющихся источником коротких биполярных импульсов электрического поля и сверхмощных всплесков высокочастотного излучения в земной атмосфере. Компактный разряд рассматривается как результат нелинейного взаимодействия двух или более биполярных стримерных структур, формирующихся в сильном крупномасштабном электрическом поле грозового облака. Электродинамика разряда рассматривается в рамках самосогласованного фрактального подхода. В рамках модели описываются основные свойства широкополосного электромагнитного излучения компактных разрядов.
5. Предложен новый метод экстремальной самокомпрессии лазерных импульсов солитонного типа в процессе полевой ионизации газа. Аналитически и численно показано, что в волноведущей системе, заполненной двумя сортами газа с существенно различными потенциалами ионизации для обеспечения независимого управления вкладов керровской и ионизационной нелинейностей, имеет место адиабатическое уменьшение длительности волнового пакета от нескольких десятков фс до нескольких сотен ас, сопровождаемое сверхшироким смещением спектра в ультрафиолетовую область.
6. Создана экспериментальная система для изучения коллективного взаимодействия газа атомов с электромагнитным излучением.
7. Разработан общий метод определения корреляционных характеристик источников квантового излучения в диссипативных квантовых средах, управляемых когерентным резонансным излучением. Метод основан на использовании ланжевеновских источников со свойствами, диктуемыми точными интегралами операторных уравнений для взаимодействующих квантовых подсистем. Полученный результат может кардинальным образом модифицировать условия, при которых осуществимы различные манипуляции с неклассическими состояниями света в условиях конечных температур.
8. Экспериментально обнаружен эффект мультистабильности роликовых структур при параметрическом возбуждении капиллярных волн на поверхности вибрирующего слоя вязкой жидкости, граница которого по горизонтали имеет форму многоугольника. Установлено, что различные состояния равновесия отличаются ориентацией осей роликов по углу в пространстве. Переход к состоянию равновесия происходит путем вращения структуры под действием среднего дрейфового течения, возникающего в пограничном слое вблизи границы. Предложена феноменологическая модель, описывающая процесс ориентации роликовых структур во времени. Результаты численного моделирования в рамках построенной модели хорошо согласуются с экспериментом.
9. Впервые осуществлено прямое численное моделирование турбулентного устойчиво-стратифицированного воздушного потока над взволнованной водной поверхностью. Показано, что присутствие волн на поверхности воды снижает порог генерации турбулентности по числу Ричардсона и приводит к усилению турбулентного обмена. Обнаружен переходный докритический режим стратифицированного пограничного слоя, при котором в нем возбуждались трехмерные квазипериодические структуры, порог возникновения которых зависит от крутизны поверхностной волны. Предложена интерпретация этого режима как результата развития параметрической

неустойчивости возмущений, индуцированных в воздушном потоке волнами на поверхности воды.

10. Выполнено численное моделирование ансамблей нерегулярных волн и солитонов в рамках приближенных уравнений гидродинамики. Обнаружены режимы сильного отклонения статистики от нормального распределения, связанного с образованием аномально высоких волн. В рамках уравнений Эйлера рассмотрена начальная задача для интенсивных волновых групп, в том числе в форме возмущенных солитонов огибающей.

Публикации:

1. V. Klinshov, L. Lucken, D. Shchapin, V. Nekorkin, S. Yanchuk., Emergence and combinatorial accumulation of jittering regimes in spiking oscillators with delayed feedback. *Phys. Rev. E*. 2015. Vol. 92, Issue 4, 042914.
2. V. Klinshov, L. Lucken, D. Shchapin, V. Nekorkin, S. Yanchuk., Multistable jittering in oscillators with pulsatile delayed feedback., *Phys. Rev. Lett.* 2015. Vol. 114, Issue 17, 178103.
3. А.Г. Хоботов, А.И. Хилько, А.А. Тельных., Операции над сигналами в нейронных сетях. *Известия ВУЗов Радиофизика*, (2015).
4. D. Mukhin, A. Gavrilov, A. Feigin, E. Loskutov, and J. Kurths., Principal nonlinear dynamical modes of climate variability. *Nature Scientific Reports*, rep. 5, 15510 (2015).
5. Иудин Д.И., Ф.Д. Иудин, М. Хаякава., Моделирование радиоизлучения внутриоблачного молниевых разряда., *Изв.вузов. Радиофизика*, т. 58, №3 (2015), стр.187-199.
6. Иудин Д.И., Давыденко С.С., Фрактальная модель компактного внутриоблачного разряда. I. Особенности строения и эволюции., *Известия вузов. Радиофизика*. 2015, т. 58, №7, стр.530-551.
7. A.V. Kim, A.G. Litvak, V.A. Mironov, S.A. Skobelev. Extreme self-compression along with superbroad spectrum up-conversion of few-cycle optical solitons in the ionization regime., *Phys. Rev. A.*, v. 92, 033856 (2015).
8. V. Makhalov, K. Martiyanov, T. Barmashova, and A. Turlapov. Precision measurement of a trapping potential for an ultracold gas., *Physics Letters A* 379 (4), 327-332 (2015).
9. M. Erukhimova, M. Tokman. The fluctuation-dissipation relation in a resonantly driven quantum medium. *Optics Letters* Vol. 40, №12, pp. 2739-2742 (2015).
10. S.V. Kiyashko, V.O. Afenchenko, A.V. Nazarovskiy. Multistability of parametrically excited roll structures of capillary waves at polygonal boundaries. *Proceedings of International Conference "Fluxes and Structures in Fluids"*, M.: MAKS Press, 2015, p. 113-115 (ISBN 978-5-317-04990-4).
11. A. Slunyaev, A. Sergeeva, E. Pelinovsky. Wave amplification in the framework of forced nonlinear Schrodinger equation: the rogue wave context. *Physica D*, 2015, vol. 303, 18-27.

Основные исполнители: Абрашкин А.А., Афенченко В.О., Бабина О.В., Байдаков Г.А., Богомоллов Я.Л., Бокова Т.В., Вдовин В.В., Вдовин М.И., Власов С.Н., Горшков К.А., Досаев А.С., Дружинин О.А., Ермакова О.С., Ермошкин А.В., Ерухимова М.А., Заргаров А.Е., Иудин Д.И., Казанцев В.Б., Кандауров А.А., Касаткин Д.В., Кириллов А.Г., Кириллов С.Ю., Кияшко С.В., Ковальчук А.В., Коротков Д.П., Красильников А.А., Криваткина Н.Б., Кузнецова Е.А., Кузнецова А.М., Лисина О.Н., Малеханов А.И., Мартынов В.О., Миронов В.А., Моченева О.С., Назаровский А.В., Некоркин В.И., Нуйдель И.В., Падожников Д.М., Папко В.В., Пелиновский Е.Н., Реутов В.П., Рыбушкина Г.В., Семенов Е.С., Сергеев Д.А., Слюняев А.В., Смирнова М.Н., Соустова И.А., Таланов

В.И., Галипова Т.Г., Тельных А.А., Троицкая Ю.И., Турлапов А.В., Чернов В.В., Шагалов С.В., Шагалова О.А., Шевц Л.М., Шемагина О.В., Шер Э.М., Якубович Е.И., Яхно В.Г.

Вспомогательный персонал: 23 человека.

**4.2.2. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН
«Экспериментальные и теоретические исследования объектов Солнечной системы и
планетных систем звезд. Переходные и взрывные процессы в астрофизике»
(тема 0035-2015-0002)**

НИР № 5344031 «Астрономия-РАН-2015»

«Переходные и взрывные процессы на магнитных вырожденных звёздах, звёздах поздних спектральных классов и в источниках гамма-всплесков»

Руководитель: академик В. В. Железняков.

Проект 1. Исследование условий формирования гигантских всплесков радиоизлучения пульсара в Крабовидной туманности.

Руководитель: академик В. В. Железняков

Исследованы характеристики неустойчивости электромагнитных волн в релятивистской электрон-позитронной плазме, обусловленной примесью нерелятивистских протонов с энергией, сравнимой с энергией релятивистских лёгких частиц. Неустойчивость реализуется в интервалах частот между первой гармоникой протонной гирочастоты и первой гармоникой гирочастоты релятивистских электронов. Проанализирована зависимость инкремента от упорядоченной скорости протонного потока, поперечной и продольной компонент волнового вектора. Установленные результаты могут быть использованы для интерпретации известных наблюдений излучения пульсаров, полученных с высоким временным и частотным разрешением и, вероятно, могут объяснить первый этап процесса формирования наносекундных всплесков микроволнового радиоизлучения пульсара в Крабовидной туманности.

Проект 2. Исследование влияния циклотронного излучения на функцию распределения электронов в замагниченной плазме атмосфер вырожденных звёзд.

Руководитель: член-корреспондент Вл. В. Кочаровский

Посредством численного моделирования методом частиц в ячейках исследовано развитие плазменных неустойчивостей под действием силы давления резонансного циклотронного излучения в атмосферах компактных звёзд с сильным магнитным полем. Показано, что пучковая и ионно-звуковая неустойчивости могут приводить к самонагреву плазмы в верхних слоях атмосферы и формированию истечений типа ветра даже при интенсивностях излучения, значительно меньших эддингтоновского предела.

Проект 3. Исследование взрывных процессов нагрева плазмы и ускорения частиц в магнитных петлях на звёздах поздних спектральных классов.

Руководитель: д.ф.-м.н. В. В. Зайцев

1. Исследовано происхождение длительных вспышек мягкого рентгеновского излучения на красном карлике AD Leo, наблюдавшихся спутником Extreme Ultraviolet Explorer (EUVE) в период 1993–2000 гг. Показано, что параметры рентгеновских источников в атмосфере звезды можно объяснить в предположении одновременной «работы» большого количества магнитных петель $N_L \geq 50 \div 100$ с электрическими токами $I \geq 10^{13}$ А, которые на

1–3 порядка сильнее электрических токов в корональных магнитных петлях на Солнце. Такое отличие токов может быть связано с повышенной скоростью фотосферной конвекции на звёздах поздних спектральных классов по сравнению с Солнцем.

2. Рассмотрена генерация электрического поля на фронте импульса тока, возникающего в хромосферных основаниях магнитной петли в результате развития неустойчивости Релея—Тэйлора. Показано, что в случае достаточно сильного тока на фронте импульса генерируется электрическое поле, которое, в зависимости от величины тока, может превышать поле Драйзера. В этом случае мощность энерговыделения в хромосфере, связанная с диссипацией тока и генерацией быстрых электронов, существенно возрастает. Супердрайзеровские электрические поля также переводят достаточно большое количество протонов в режим ускорения.

Проект 4. Поляризационные эффекты при формировании излучения в континууме одиночных белых карликов с сильным магнитным полем.

Руководитель: академик В. В. Железняков

Исследовано низкочастотное тормозное излучение в сильном квантующем магнитном поле фотосфер белых карликов, в котором движение свободного электрона вблизи ядер становится квазисвязанным. Получены аналитические выражения для спектральной мощности тормозного излучения и коэффициента столкновительного поглощения для обыкновенной волны на частотах ниже электронной циклотронной частоты в общем случае как классического, так и квантованного движения электрона поперёк магнитного поля. Подтверждено, что обнаруженное ранее уменьшение спектральной мощности тормозного излучения и коэффициента столкновительного поглощения обыкновенной волны на низких частотах в случае классического движения электрона сохраняется и в квантовом пределе, когда тепловая энергия частиц становится порядка и меньше энергетического зазора между уровнями Ландау. Выявленная закономерность существенна тем, что наиболее высокая линейная поляризация наблюдаемого излучения магнитных белых карликов достигается в квантовом пределе — когда циклотронная частота находится выше частоты спектрального максимума излучения звезды.

Проект 5. Феноменологическая модель излучения релятивистских ударных волн.

Руководитель: член-корреспондент Вл. В. Кочаровский

Предложена модель для пространственной структуры релятивистских ударных волн и спектральной интенсивности их излучения. В модели принципиальным является учёт процессов нелокального переноса энергии и импульса через фронт ударной волны посредством излучения и поглощения высокоэнергичных фотонов (ранее указывалось на важность этого процесса в контексте ускорения частиц). Предсказано существование нескольких пространственно неоднородных радиационных зон, в набегающем и в отходящем потоках, которые порождают три компоненты излучения с различными спектральными и временными свойствами. Модель предсказывает наличие «аттрактора» в пространстве параметров, в направлении к которому эволюционируют характеристики любой ударной волны. Это обстоятельство позволяет оценить положение и амплитуду максимумов в спектре синхротронного и обратного комптоновского излучения ударных волн. Кроме того, модель объясняет медленное спадание плотности энергии магнитного поля, генерируемого на фронте ударной волны, на больших расстояниях от фронта. Модель применима для любой релятивистской ударной волны, но её отличительные черты проявляются лишь при достаточно большой компактности (отношении светимости к радиусу), так что её естественным приложением являются источники гамма-всплесков.

Руководитель: д.ф.-м.н. А. Г. Демехов

1. Исследование ультратонких хромосферных петель и их вспышечной активности.

Обнаружение ультратонких компактных горячих магнитных петель в хромосфере позволяет предполагать, что хромосфера играет существенную роль в солнечной активности, в частности, в нагреве короны. Эти петли простираются до основания короны и могут служить одним из источников коронального нагрева. Хромосферные петли выходят из областей, расположенных между гранулами, где имеются сходящиеся потоки фотосферной конвекции. Поэтому можно предположить, что эти петли возникают за счет сгребания и магнитного поля конвекцией. Мы рассмотрели нагрев плазмы в магнитных петлях, сформированных сходящимися потоками фотосферной плазмы в узлах нескольких грануляционных ячеек или на границах соседних гранул. В результате взаимодействия конвективных потоков фотосферной плазмы с магнитным полем в основаниях петли здесь генерируются достаточно большие электрические токи, диссипация которых приводит к эффективному нагреву плазмы. При этом основным каналом диссипации является проводимость Каулинга, связанная с ионно-атомными столкновениями в замагниченной плазме. Источник нагрева сосредоточен в основаниях петли в интервале высот до нескольких сотен километров, где происходит увеличение температуры до значений порядка миллиона градусов. Нагрев более высоких слоев происходит за счет теплопроводности, которая находится в балансе с радиационными потерями. При этом относительно небольшая длина хромосферных петель является причиной того, что температура мало меняется от основания к вершине и петля остается практически изотермичной. Получены самосогласованные значения температуры, давления и концентрации плазмы в горячих хромосферных петлях по заданным значениям скорости конвекции, магнитного поля, полутолщины трубки и высоты, на которую фотосферная конвекция проникает в хромосферу. Показано, что температура плазмы в трубке растет с увеличением скорости конвекции и магнитного поля, что может объяснить существование значительно более горячих петель у звезд поздних спектральных классов, которые отличаются от Солнца более развитыми конвективными зонами, а также бо́льшими по сравнению с Солнцем магнитными полями. Дана оценка собственных частот колебаний ультратонкой магнитной петли как эквивалентного электрического контура и указана возможная причина выбросов горячей плазмы из оснований петель.

2. Кинетическое описание 3D магнитосфероподобных структур в расширяющихся горячих плазменных коронах над магнитоактивными областями.

Магнитосфероподобные (корональные) структуры (МПС) это универсальные крупномасштабные объекты плазменной астрофизики и солнечно-земной физики, образованные квазистационарными и нестационарными высокоскоростными потоками плазмы. Как правило, описание таких структур развивается в рамках 2D МГД приближения, предполагающего локальность материальных связей.

Мы обращаем внимание, что корональные структуры часто существуют при высокой температуре и являются бесстолкновительными, что требует развития их кинетического описания. В кинетическом описании особенности горячей короны обусловлены возбуждением диамагнитной и резистивной компонент плотности индукционного тока. В трехмерном кинетическом описании размеры корональных структур выражаются через масштабы пространственной дисперсии кинетической природы, которые характеризуют нелокальность материальных связей в короне и которые отсутствуют в МГД описании.

Представлены три задачи физической кинетики корональных структур, соответствующие предельным значениям величин э.м. добротности потока G , зависящего от функции

распределения частиц потока. Это трехмерная структура отдельного стримера и его топологическая перестройка при изменениях от $G \ll 1$ до $G \gg 1$, двумерная структура пояса взаимодействующих корональных стримеров в гелиосферном диске ($G \gg 1$) и импульсная электродинамика одномерного горячего слоя токонесущей плазмы, самосогласованная с токами ускоряемых в ней частиц ($G = -1$).

3. Исследование тонкой структуры спектров радиоизлучения Солнца и Юпитера как источника информации о физических процессах в солнечной короне и магнитосфере.

Разработана теория происхождения специфической тонкой структуры на динамическом спектре солнечного радиоизлучения в диапазоне частот 15-30 МГц, представляющей собой систему квазипериодических всплесков ("fingerprint") повышенного излучения на фоне широкополосного излучения IV типа.

4. Коллективные процессы в плазменном магнитосферном лазере и вблизи него.

- Показано, что искусственные геомагнитные пульсации от связанной с экваториальной токовой струей нелинейной антенны могут эффективнее высокоширотных станций влиять на режимы работы плазменного магнитосферного лазера в дневной субавроральной магнитосфере.
- Продемонстрировано согласие свойств квазипериодических ОНЧ излучений, полученных при статистической обработке данных спутника DEMETER и по результатам самосогласованного моделирования.

5. Антенная диагностика неравновесных электромагнитных излучений и параметров околосолнечной плазмы и плазмы солнечного ветра.

Проанализирован отклик приемной антенны в анизотропной среде (анизотропной плазме, плазме с потоком частиц) на падающий электромагнитный импульс излучения; сделаны расчеты эффективной длины антенны в резонансной анизотропной плазме.

Публикации:

1. V. V. Zaitsev, Ultrafine Magnetic Structures in the Chromosphere, ISSN 0016_7932, Geomagnetism and Aeronomy, 2015, Vol. 55, No. 7, pp. 846–849.
2. V. M. Gubchenko Kinetic Description of the 3D Electromagnetic Structures Formation in Flows of Expanding Plasma Coronas. I: General. 2015. Vol. 55, No. 7, 831-845.
3. V. M. Gubchenko Kinetic Approach to the Formation of the 3D Electromagnetic Structures in Flows of Expanding Plasma Coronas. II. Flow Anisotropy Parameters. 2015. Vol. 55, No. 8, 1009-1025.

Основные исполнители: академик РАН Железняков В.В., д.ф.-м.н. Зайцев В.В., д.ф.-м.н. Злотник Е.Я., к.ф.-м.н. Корягин С.А., член-корр. РАН Кочаровский В.В., д.ф.-м.н. Кукушкин В.А., Носова Е.В., Французова И.П., д.ф.-м.н. Шапошников В.Е., д.ф.-м.н. Беспалов П.А., к.ф.-м.н. Губченко В.М., к.ф.-м.н. Давыденко С.С., д.ф.-м.н. Чугунов Ю.В.

Вспомогательный персонал: 25 человек.

**4.2.3. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН
«Наноструктуры: физика, химия, биология, основы технологий»
(тема 0035-2015-0003)**

НИР № 4664331 «ПРИ-2015»

«Перспективные режимы импульсной генерации сверхизлучающих гетеролазеров с непрерывной накачкой и новые методы описания их динамических спектров на основе мод с переменной пространственно-временной структурой»

Руководитель: чл.-корр. РАН Вл.В. Кочаровский

Разработан оригинальный подход в динамической теории сверхизлучающих лазеров (в том числе гетеролазеров с массивами субмонослойных квантовых точек), основанный на замене стандартного разложения электромагнитного поля и поляризации активной среды по «холодным» или «горячим» модам резонатора и по волнам непрерывного спектра на разложение по эмпирическим модам с переменной пространственно-временной структурой. Последние определяются собственными функциями специальной матрицы ковариации лазерного поля и позволяют дать компактное описание многомасштабного динамического спектра генерируемой последовательности когерентных лазерных импульсов, в частности, выделить различные компоненты когерентного излучения. Подход позволил детализировать пространственно-временные структуры поля в сверхизлучающем лазере.

НИР № 4624333 «Наноскоп 2015»

«Развитие методов локализационной сверхразрешающей микроскопии с применением новых флуоресцентных маркеров»

Руководитель: д.ф.-м.н. В.М. Геликонов

Разработан алгоритм построения изображений локализационной сверхразрешающей микроскопии по методу «STORM» с разрешением 20...60 нм по подмножествам локализованных флуоресцирующих молекул в 3...4 раза более редким, чем необходимо для удовлетворения критерию Котельникова. На основании положения ближайших к целевому пикселю итогового изображения локализованных молекул флуорофора строилась модель, предсказывающая вероятность обнаружения в данной точке флуорофора по окончании полного сбора данных. В качестве обучающих данных для построения модели использовались сами разреженные подмножества локализованных молекул, из которых восстанавливались итоговые изображения. В качестве обучающей модели был выбран алгоритм, известный как «gradient boosting». В качестве векторов параметров использовалось положение N ближайших к целевому пикселю соседей, в качестве целевого параметра – наличие флуорофора в данном пикселе на исходном разреженном изображении. Для предотвращения переобучения использовалась «L1 регуляризация». Предложенный алгоритм позволяет в 3...4 раза снизить время сбора данных локализационной сверхразрешающей микроскопии, а также использовать для реализации метода красители, не способные окрасить образец с достаточной плотностью.

Публикации:

1. Vl.V.Kocharovskiy, A.A.Belyanin, E.R.Kocharovskaya, and V.V.Kocharovskiy. Superradiant lasing and collective dynamics of active centers with polarization lifetime exceeding photon lifetime. *Advanced Lasers: Laser Physics and Technology for Applied and Fundamental Science Series: Springer Series in Optical Sciences*, V. 193. Shulika, Oleksiy; Sukhoivanov, Igor (Eds.) 2015, ch. 4, 250 p.
2. Vl.V.Kocharovskiy, V.V.Kocharovskiy, E.R.Kocharovskaya, V.A.Kukushkin. Spontaneous mode locking in the superradiant lasers: Intrinsic losses in an active medium instead of resonant losses in a saturable absorber, In: *Technical Digest of the International Workshop "Nonlinear Photonics: Theory, Materials, Applications" NPh-15 (St. Petersburg, June 29 – July 2, 2015)*. P. 49.

3. V.I. Kocharovskiy, V.V. Kocharovskiy, E.R. Kocharovskaya. "Dynamics of superradiant lasers". – Planary talk at the International Conference on Dynamical Systems "Shilnikov Workshop - 2015" (Nizhny Novgorod, Dec. 17-19, 2015).
4. E. Loskutov, A. Gavrilov, E. Kocharovskaya, V.I. Kocharovskiy, D. Mukhin and A. Feigin. "Spatial-temporal empirical modes as an instrument of studying superradiant laser dynamics". Thesis of the International Workshop "DyNeMo-Clim" Analysis of Dynamic Networks and Data Driven Modelling of the Climate (Germany, Potsdam, October 12 – 14, 2015). Potsdam Institute for Climate Impact Research, p. 34.

Основные исполнители: Гарасев М.А., Геликонов В.М., Геликонов Г.В., Касаткина И.В., Кронштадтов П.В., Ксенофонтов С.Ю., Кучева М.Н., Лесниченко С.В., Маткинский В.А., Моисеев А.А., Мусаткин П.В., Никулина М.В., Пасманик Д.Л., Ромашов В.Н., Тарасов С.В., Терпелов Д.А., Шабанов Д.В., Шилягин П.А.

Вспомогательный персонал: 7 человек.

**4.2.4. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН
«Химический анализ и исследование структуры веществ: фундаментальные основы
и новые методы»
(тема 0035-2015-0004)**

НИР № 344343 «Анализ»

«Развитие спектроскопических методов анализа высокочистых газообразных гидридов и фторидов различного изотопного состава и исследования механизмов плазмохимических реакций с их участием»

Руководитель: к.ф.-м.н. Кошелев М.А.

Работы в 2015 году велись в направлении повышения чувствительности спектрометра с радиоакустическим детектором молекулярного поглощения. Для решения этой задачи использовалась особенность метода радиоакустического детектирования сигнала поглощения, чувствительность которого прямо пропорциональна мощности зондирующего излучения. Ранее в ИПФ РАН был разработан и создан автоматизированный комплекс на базе мощного источника излучения, гиротрона, работающего на частоте около 263 ГГц в режиме непрерывной генерации и позволяющего достигать мощности излучения порядка 1 кВт. Перестройка частоты излучения возможна в пределах ~ 200 МГц за счет изменения рабочего напряжения и температуры резонатора гиротрона. Ширина спектра генерации гиротрона составляет примерно 0.5 МГц.

В результате, впервые реализованы непрерывные записи молекулярных спектров высокого разрешения с применением созданного в ИПФ РАН микроволнового комплекса на базе 263 ГГц/1 кВт гиротрона (Рис.1). Продемонстрировано, что повышение мощности излучения на три порядка привело к увеличению чувствительности газовой спектроскопии с применением радиоакустического детектирования поглощения излучения на три порядка (Рис.1а). Чувствительность спектрометра, достигнутая при однократном прохождении через ячейку излучения мощностью порядка 30 Вт, составляет порядка $6 \cdot 10^{-10}$ см⁻¹. Благодаря достигнутой чувствительности в спектре SO₂ удалось впервые пронаблюдать слабые переходы, предсказанные теоретически (Рис.1б). Результат открывает качественно новые возможности для фундаментальной спектроскопии и газоанализа.

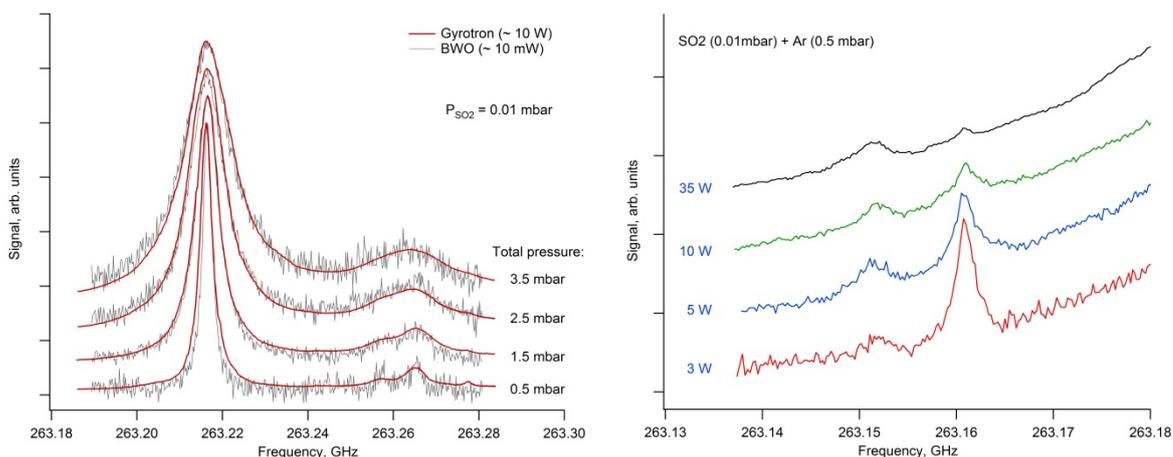


Рис. 1. Спектры молекулы SO_2 в смеси с аргоном, записанные с помощью спектрометра с радио-акустическим детектором поглощения

(а) источник - лампа обратной волны (показаны серым) и гиротрон (показаны красным); записи соответствуют различным давлениям аргона в смеси.

(б) источник излучения – гиротрон; записи соответствуют разным уровням мощности излучения.

По результатам выполнения проекта готовится статья для отправки в научный журнал.

Публикации:

1. M.A. Koshelev, A.I. Tsvetkov, M.V. Morozkin, M.Yu. Glyavin, and M.Yu. Tretyakov Sub-THz molecular spectroscopy with radioacoustic detection and high-power radiation source // The XVIIIth Symposium and School on High Resolution Molecular Spectroscopy, June 30 - July 4, 2015, Tomsk, Russia, N2, p.108.
2. A.I. Tsvetkov, M.V. Morozkin, M.Yu. Glyavin, M.A. Koshelev, M.Yu. Tretyakov, The automated sub-THz gyrotron setup as a radiation source for spectrometer with radioacoustic detection of absorption, Workshop on THz, 7 - 10 July 2015, Saint Petersburg, Russia
3. A.Tsvetkov, A.Chirkov, G.Denisov, M.Glyavin, A.Eremeev, A.Kuftin, V.Kholoptsev, V.Malygin, V.Manuilov, M.Morozkin, A.Fokin, A.Sedov, E.Tai, V.Zapevalov, M.Koshelev, M.Tretyakov, Development of high power subterahertz CW gyrotrons and its application for spectroscopy and diagnostics of various media // 27th Joint Russian-German Meeting on ECRH and Gyrotrons, June 28- July 05, 2015, IPP, Greifswald, Germany.

Основные исполнители: Андриянов А.Ф., Овсянников Р.И., Третьяков М.Ю., Федоренко Е.Ф., Вилков И.Н

Вспомогательный персонал: 4 чел.

**4.2.5. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН
«Экстремальное лазерное излучение: физика и фундаментальные приложения»
(тема № 0035-2015-0005)**

Руководитель: академик А.Г. Литвак

Направление 1. Разработка многокаскадных компактных лазерных ускорителей электронов, ионов и протонов, их приложений для лучевой диагностики и медицины

Проект 1.2. Теоретические основы эффективного ускорения ионов при облучении сложных мишеней интенсивным лазерным излучением (А.В. Коржиманов)

Путём двумерного численного моделирования исследована зависимость параметров протонных пучков, ускоряемых фемтосекундным лазерным импульсом энергией около 1 Дж при воздействии на тонкие металлические фольги с нанесёнными на облучаемую сторону субволновыми неоднородностями прямоугольной формы от параметров этих неоднородностей. Показано, что наличие неоднородностей приводит к росту эффективности ускорения. Определены оптимальные толщина, высота и период неоднородностей, при которых достигаются максимальные энергия отсечки и полная энергия протонов. (*A.V. Korzhimanol, M. Marklund, "Multi-parametric simulations of proton acceleration by intense femtosecond laser irradiating target with sub-wavelength surface grating", готовится к печати в Physical Review E*).

Проект 1.3. Разработка многокаскадных компактных лазерных ускорителей электронов и их приложений для лучевой диагностики и медицины (А.Н. Степанов, Н.Ю. Песков)

Выполнены экспериментальные исследования генерации плазмы, создаваемой мощным фемтосекундным лазерным импульсом интенсивностью $I \approx 2 \cdot 10^{17}$ Вт/см², сфокусированным на поверхности твердотельной мишени. Показано, что наличие наносекундного предимпульса приводит к появлению плотной плазмы с концентрацией порядка 10^{19} - 10^{20} см⁻³ и характерным размером 100-200 мкм еще до прихода основной высокоинтенсивной части лазерного импульса. Разработана концепция микроволнового ускорителя электронов на основе ускорения электронных сгустков, синхронизированных с интенсивными фемтосекундными лазерными импульсами, адаптированная «к российским реалиям», рассмотрена общая схема построения системы ускорения электронов. (*Л.П. Пугачёв, Н.Е. Андреев, П.Р. Левашов, Ю.А. Мальков, А.Н. Степанов, Д.А. Яшунин Лазерное ускорение электронов в двумерно неоднородной плазме на границе металлической фольги// Физика плазмы, т.41, в.7, с. 588-599 (2015)*).

Направление 2. Получение и исследование экстремальных состояний вещества, возникающих под действием ультрарелятивистских лазерных полей, изучение явлений квантовой электродинамики

Проект 2.2. Нелинейная поляризация вакуума и генерация электрон-позитронных пар в экстремально сильных световых полях (И.Ю. Костюков)

Построена модель, позволяющая описывать генерацию и динамику сгустков позитронов при взаимодействии мощного лазерного излучения с твердотельной мишенью. С

помощью численного моделирования исследован процесс развития лавинообразного роста числа электрон-позитронных пар, а также спектр излучения прозрачной электрон-позитронной плазмы в фокусе дипольной волны в зависимости от её мощности. Была установлена линейно-пороговая зависимость величины генерируемого квазистатического магнитного поля от амплитуды падающих волн при взаимодействии плазмы с встречными линейно-поляризованными волнами сверхвысокой интенсивности. (А.А. Муравьев, С.И. Бастраков, А.В. Башинов, А.А. Гonosков, Е.С. Ефименко, А.В. Ким, И.Б. Мееров, А.М. Сергеев. Генерация токовых слоев и гигантских квазистатических магнитных полей при ионизации вакуума в экстремально сильных световых полях, Письма в ЖЭТФ, том 102, вып. 3, с. 173 – 178).

Направление 3. Создание источников когерентного и некогерентного рентгеновского излучения аттосекундной и субаттосекундной длительности

Проект 3.1. Разработка теоретических основ создания источников рентгеновского и гамма-излучения с экстремальными параметрами на основе взаимодействия сверхсильных лазерных полей с твердотельными мишенями (А.М. Сергеев).

Предложена концепция сверхъяркого фемтосекундного источника гамма излучения, основанная на процессе лавинообразной генерации электрон-позитронных пар и гамма фотонов в фокусе лазерных импульсов, сходящихся в форме дипольной волны. Путём численного моделирования в квазиодномерном приближении определены оптимальные плотность мишени ($2,5 \times 10^{23} \text{ см}^{-3}$) и угол падения лазерного излучения ($\pi/3$), при которых наблюдается генерация импульсов наименьшей длительности при отражении излучения интенсивностью 10^{24} Вт/см^2 от резкой границы плазмы. Показано, что эта длительность составляет величину около 5-10 ас. (A.V. Korzhimantov, A.M. Sergeev, "Zeptosecond pulses from multi-petawatt laser-plasma interaction", готовится к печати).

Проект 3.2. Генерация аттосекундных ультрафиолетовых и рентгеновских импульсов в газах и плазме с использованием мощной волоконной системы среднего ИК диапазона с высокой частотой повторения (М.Ю. Рябикин).

Проведена оптимизация экспериментальной схемы фемтосекундного эрбиевого волоконного лазерного источника с длиной волны излучения 1.56 мкм; получены лазерные импульсы длительностью 80 фс и энергией 14 нДж в волоконном предусилителе с большим размером моды. Предложено и теоретически исследовано несколько схем генерации высоких гармоник в газах и плазме с использованием многокомпонентного лазерного излучения с частотными компонентами, лежащими в ближнем и среднем ИК диапазонах; для всех рассмотренных схем продемонстрирована возможность и объяснены механизмы существенного (на один-два порядка) повышения эффективности преобразования из ИК в ВУФ и рентгеновский диапазоны по сравнению со случаем одночастотной накачки. (A.S. Emelina, M.Yu. Emelin, and M.Yu. Ryabikin, "Multi-keV ultrahigh-order harmonics produced in gases with subrelativistically intense mid-IR laser pulses", *JOSA B*, **32**, 2478-2487, 2015).

Проект 3.6. Развитие новых методов компрессии фемтосекундных лазерных импульсов вплоть до одного колебания поля в плазмоподобных средах (С.А. Скобелев)

Предложен новый метод экстремальной самокомпрессии лазерных импульсов солитонного типа в процессе полевой ионизации газа. Аналитически и численно показано, что в волноведущей системе, заполненной двумя сортами газа с существенно различными

потенциалами ионизации для обеспечения независимого управления вкладов керровской и ионизационной нелинейностей, имеет место адиабатическое уменьшение длительности волнового пакета от нескольких десятков фс до нескольких сотен ас, сопровождаемое сверхшироким смещением спектра в ультрафиолетовую область. (A.V. Kim, A. G. Litvak, V.A. Mironov, S.A. Skobelev, "Extreme self-compression along with superbroad spectrum up-conversion of few-cycle optical solitons in the ionization regime", *Phys. Rev. A.*, v. 92, 033856 (2015)).

Направление 4. Новые материалы и технологии для источников экстремального лазерного излучения

Проект 4.3. Новая элементная база для фемтосекундных лазеров с высокой средней мощностью на активных средах легированных иттербием (О.В. Палашов)

Оптимизирована технология термодиффузионной сварки композитных активных элементов с использованием методики горячего прессования, что позволило улучшить качество контакта. Создан квантрон на базе композитного дискового АЭ выполненного из Yb:YAG/YAG и продемонстрирована высокоэффективная генерация на нем. Разработана новая задающая лазерная система на базе фемтосекундного лазера с выходными импульсами в фс-, пс- и нс-диапазонах для дальнейшего усиления. (Е.А. Перевезенцев, И.Б. Мухин, И.И. Кузнецов, О.Л. Вадимова, О.В. Палашов, "Задающая система криогенного дискового Yb:YAG-лазера", *Квантовая электроника*, 2015, 45 (5), 451–454).

Направление 5. Поддержка участия институтов РАН в подготовительной стадии мегапроекта ЦИЭС по созданию субэксаваттного лазера

Проект 5.1. Развитие ключевых технологий мультипетаваттных лазерных комплексов на основе параметрических усилителей на кристаллах DKDP (Е.А. Хазанов, А.А. Шайкин)

Проведена модернизация существующего лазера накачки. Инжектируя в существующий многокаскадный усилитель на стержнях из фосфатного неодимового стекла два ортогонально поляризованных импульса, мы увеличили выходную энергию с 300 Дж до 500 Дж без увеличения количества усилителей и их коэффициентов усиления. Полученный дополнительный импульс с энергией 200 Дж будет использован для накачки дополнительного параметрического усилителя петаваттного лазера. Разработан и внедрен алгоритм работы адаптивного зеркала в разовом режиме (несколько импульсов в час). Алгоритм включает в себя как компенсацию искажений фазового фронта по предварительным измерениям датчиком Шака-Гартмана, так и получение максимальной интенсивности в фокальной плоскости. Обнаружен эффект генерации двух гигантских импульсов в твердотельном лазере. Доказано, что второй импульс всегда генерируется на соседней продольной моде резонатора. Эффект объясняется выжиганием пространственных дырок в активной среде, что обеспечивает превышение порога генерации на соседней продольной моде даже после генерации первого гигантского импульса. На основе этого эффекта предложен и реализован способ продольной селекции мод, исключаящий генерацию гигантского импульса на двух продольных модах. (A.A. Shaykin, K.F. Burdonov, E.A. Khazanov, "A novel technique for longitudinal mode selection in Q-switched lasers", *Laser Physics Letters*, 12, 125001 (2015)).

Проект 5.4. Компактные источники ионов на основе сверхмощного лазерного излучения (М.В. Стародубцев)

На лазерно-плазменном комплексе PEARL(ИПФ РАН) проведены эксперименты по ускорению протонов в режиме TNSA при фокусировке лазерного импульса мощностью до 170 ТВт (10 Дж, 60 фс) на тонкую алюминиевую мишень (0,5-10 мкм). Достигнуты энергии протонов более 43 МэВ, являющиеся рекордными для лазерных импульсов энергией до 10 Дж. Показана применимость полученных пучков для целей протонной радиографии. Проведена модернизация стенда для проведения экспериментов по лабораторной астрофизике: установлен и протестирован криогенный блок для создания внешнего магнитного поля напряженностью до 20 Т, в мишенную камеру доставлен пучок лазера накачки (1054 нм, 300 Дж, 1 нс). Проведены пилотные эксперименты по лазерному созданию плазмы в присутствии внешнего магнитного поля. (*A.Soloviev et al., Effective ultra-intense coupling to solid target resulting the proton acceleration at PEARL facility, submitted to Scientific Reports (2015)*).

Проект 5.5. Экстремальные терагерцовые поля, создаваемые мощными фемтосекундными ИК импульсами, и их применение (С.Б. Бодров)

На основе полученных ранее экспериментальных результатов измерения наведенной ТГц полем оптической деполяризации в жидкостях (ацетон, CHCl_3 , CCl_4 , C_6H_6) рассчитаны электронный и ориентационный нелинейные коэффициенты. В расчете учтены дисперсия, поглощение и дифракция ТГц излучения. Исследована генерация второй гармоники оптического излучения при совместном воздействии пробного оптического и интенсивного терагерцового импульсов на поверхность кремния. (*S.B. Bodrov, A.A. Murzanev, Yu.A. Sergeev, Yu.A. Malkov, and A.N. Stepanov, "Optical Depolarization in Liquids and Second Harmonic Generation from the Surface Induced by Intense THz Pulses", The 40th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2015), Hong Kong, 23 - 28 August 2015, H2B-5*).

Проект 5.6. Фемтосекундные волоконные иттербиевые лазеры с предельно высокой энергией в импульсе для нового поколения сверхмощных систем с когерентным сложением пучков (А.В. Ким, ИПФ РАН, М.М. Бубнов, ИЦВО РАН)

Усовершенствован разработанный нами трехмерный численный код для моделирования усиления ультракоротких chirпированных импульсов в конических активных световодах с учетом реального профиля показателя преломления, численно исследована возможность когерентного сложения пучков от волоконных каналов. Проведена оптимизация световода-конуса: увеличена величина поглощения из оболочки в 1.4 раза, улучшена способность сохранять поляризацию. Проведена оптимизация системы усиления chirпированных импульсов. Достигнута энергия импульсов 7 мкДж на длине волны 1060 нм при средней мощности 3.9 Вт с возможностью последующего сжатия до 250 фс и 7 мкДж на длине волны 1030 нм при средней мощности 0.7 Вт с возможностью последующего сжатия до 150 фс. (*М.Ю. Контев, Е.А. Анашкина, К.К. Бобков, М.Е. Лихачев, А.Е. Левченко, С.С. Алешкина, С.Л. Семенов, А.Н. Денисов, М.М. Бубнов, Д.С. Липатов, А.Ю. Лаптев, А.Н. Гурьянов, А.В. Андрианов, С.В. Муравьев, А.В. Ким, "Волоконный усилитель на основе активного иттербиевого световода-конуса для получения ультракоротких оптических импульсов с мегаваттным уровнем пиковой мощности", Квант. электроника, 2015, 45 (5), 443–450*).

Основные исполнители: Андреев Н.Ф., Антипов О.Л., Антонов В.А., Аронович А.Д., Бабина И.А., Бабина О.В., Башинов А.В., Белоусова Л.А., Беляев Р.В., Бодров С.Б., Буланов А.В., Вихарев А.А., Власов Е.Е., Власова К.В., Войтович А.В., Волков Г.П., Вяткин А.Г., Гинзбург В.Н., Голованов А.А., Горбунов И.А., Горячев Ю.А., Гринин Н.Ю., Дмитриев А.В., Емелин М.Ю., Ермилина А.А., Ефименко Е.С., Зайцев А.В., Зеленогорский В.В., Зотов В.О., Зуев А.С., Игонина М.В., Илларионов Д.В., Илларионов В.Н., Иляков Е.В., Каракулов Ю.В., Карасев Д.Н., Катин Е.В., Ким М.Э., Киселев А.М., Клушин Н.А., Кожеватов И.Е., Коржиманов А.В., Королихин В.В., Корытин А.И., Корюкин И.В., Костюков И.Ю., Кочетков А.А., Кузиков С.В., Кузнецов И.В., Кузнецов И.И., Кузьмин А.А., Кукушкина Т.М., Кулагин Д.И., Кулагин О.В., Кулагин И.О., Кулагин С.О., Кулагина С.Н., Лебедев В.С., Лескина Т.И., Лучинин Г.А., Мальков Ю.А., Мальшаков А.Н., Мамаев Ю.А., Мансфельд А.Д., Матвеев А.З., Махнев В.Ю., Миронов С.Ю., Миронов Е.А., Михайлов П.Н., Муравьев А.А., Мурзанев А.А., Мухин И.Б., Негодов Г.Н., Неруш Е.Н., Нуйдель И.В., Осокин А.Н., Палашов О.В., Перевезенцев Е.А., Песков Н.Ю., Постнова М.В., Потемкин А.К., Приданов М.Н., Радионычев Е.В., Рябикин М.Ю., Санин А.Г., Сатаева Н.Н., Сергеев Ю.А., Силин Д.Е., Скобелев С.А., Смирнова М.Н., Снетков И.Л., Соловьев А.А., Солуянов Е.И., Софронов В.К., Старобор А.В., Стародубцев М.В., Старостин В.Н., Степанов А.Н., Стукачев С.Е., Субочев П.В., Тиманин Е.М., Третьяков М.Ю., Тюкин В.Н., Фурлетова И.Л., Хазанов Е.А., Хайрулин И.Р., Ходжер Т.А., Чернобровцева М.Д., Шайкин А.А., Шайкин И.А., Шкаев А.П., Шубин С.В., Эктов Н.П., Яковлев И.В., Яковлев А.И., Ястребов В.В., Яшунин Д.А.

Вспомогательный персонал: 99 человек.

4.2.6. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН «Актуальные проблемы физики низких температур» (тема 0035-2015-0006)

НИР № 934081 «Квант-макро»

«Методы измерения термодинамических величин при температурах уровня нанокельвинов»

Руководитель: д.ф.-м.н. А. В. Турлапов

Разработан метод измерения давления в ультрахолодном кинематически двумерном газе атомов и молекул. Давление измеряется на основе данных о неоднородном потенциале, в который помещён газ, и о профиле концентрации газа в этом потенциале. Для газа, удерживаемого в оптических дипольных ловушках, для измерения давления достаточно наблюдать исследуемый объект сбоку, измеряя, таким образом не полное двумерное распределение концентрации, а интеграл от него вдоль одного из направлений, что важно для применения метода в экспериментах. Метод позволяет измерять давление в каждой точке облака газа. Созданный метод применим без ограничения по температуре, вплоть до температур уровня нанокельвинов, при котором газ становится глубоко вырожденным. Кроме того, метод позволяет измерять парциальное давление каждой спиновой компоненты в отдельности.

НИР № 5374083 «Макрофизика»

«Макроскопические проявления квантовой динамики ядерных, атомных и молекулярных систем в электромагнитном поле»

Руководитель М.Ю. Рябикин

Теоретически и экспериментально в различных средах исследованы механизмы резонансного взаимодействия когерентного электромагнитного излучения с атомными ансамблями в условиях периодически изменяющихся во времени параметров атомного резонанса. Рассмотрено излучение различных спектральных диапазонов – от вакуумного ультрафиолетового (ВУФ) до мягкого гамма-диапазона – и различные режимы обеспечения переменных параметров атомного резонанса: периодическое разрушение резонанса с ВУФ излучением за счет быстрой туннельной ионизация атомов из возбужденных состояний, вызванной ИК лазерным полем, и периодическое изменение частоты ядерного перехода, резонансного гамма-излучению, за счет эффекта Доплера при согласованной ультразвуковой вибрации ядер. Рассчитаны экспериментальные условия получения импульсов ВУФ излучения длительностью 420 ас на длине волны 58.4 нм в гелии, а также длительностью 460 ас на длине волны 73.6 нм в неоне. Экспериментально продемонстрировано преобразование электромагнитного поля единичных фотонов мёссбауэровского гамма-излучения от радиоактивного источника Co-57 в затухающую периодическую последовательность пачек коротких импульсов с заданным числом импульсов в пачке. Предложены методы преобразования мёссбауэровского гамма-излучения от радиоактивного источника Co-57 в периодическую последовательность пикосекундных импульсов.

Основные исполнители: Антонов В.А., Буренин А.В., Воробьев В.Б., Гоносков А.А., Горячев Ю.А., Гузев Н.А., Железнов Д.С., Корчагин В.В., Радионычев Е.В., Рябикин М.Ю., Салахетдинов Ш.Х., Сердцев А.Ю., Софронов В.К., Турлапов А.В., Шубин С.В.

Вспомогательный персонал: 15 чел.

4.2.7. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН

«Теплофизика высоких плотностей энергии. Материя при высоких давлениях.

**Фундаментальные проблемы удержания и нагрева плазмы в магнитных ловушках»
(тема 0035-2015-0007)**

НИР № 564321 «Костер»

«Разработка мощных субмиллиметровых гироприборов для активной диагностики высокотемпературной плазмы методами коллективного рассеяния и плазменных приложений»

Руководитель: д.ф.-м.н. Самсонов Сергей Викторович

В 2015 году выполнена оптимизация магнитной и электродинамической системы импульсного гиротрона с рабочей частотой 0.3 ТГц; завершено конструирование основных узлов непрерывной гиро-ЛБВ на частоту 260 ГГц; завершён расчёт квазиоптического разделителя поляризаций и универсального поляризатора.

НИР № 5914321 «Неустойчивость-120»

«Исследование кинетических неустойчивостей неравновесной плазмы ЭЦР разряда в условиях двойного плазменного резонанса»

Руководитель: к.ф.-м.н. А.В. Водопьянов

Исследованы динамические режимы неустойчивости плазменных волн, проявляющиеся в виде квазипериодических всплесков электромагнитного излучения, в условиях, когда частота верхнегибридного резонанса совпадает с одной из гармоник гирочастоты

электронов. Проведено комплексное исследование процессов генерации электромагнитного излучения в результате развития кинетических неустойчивостей плазмы, изучены динамические спектры широкополосного электромагнитного излучения.

НИР № 5934321 «Слон»

«Исследование возможностей микроволнового СВЧ нагрева и диагностики плотной плазмы в перспективных альтернативных системах управляемого термоядерного синтеза с магнитным удержанием»

Руководитель: д.ф.-м.н. А. Г. Шалашов

В целях совершенствования теоретического моделирования распространения и поглощения электромагнитного излучения в открытой магнитной ловушке, было инициировано развитие нового «квазиоптического» подхода, в котором сохранена вся волновая физика поперек оси ловушки. В итоге был разработан новый код, реализующий расчет в рамках квазиоптического приближения. В перспективе данный метод позволит аккуратно и быстро моделировать различные сценарии СВЧ разряда в новой установке ГДМЛ, проектируемой в ИЯФ СО РАН.

Аналитически и численно исследованы особенности брегговского рассеяния назад в условиях сильного поляризационного вырождения в анизотропной среде. Показано, что случай поляризационного вырождения в анизотропной среде вблизи поверхности отсечки сильно отличается от «изотропного» отражения от поверхности отсечки, когда различные нормальные волны слабо связаны. В частности продемонстрировано, что после усреднения по случайным реализациям профилей плотности плазмы при условиях, отвечающих эффективной линейной трансформации, характерного для области отсечки, усиления обратного брегговского рассеяния не происходит. Этот вывод важен с точки зрения интерпретации экспериментов по нагреву и диагностике закритической плазмы в тороидальных ловушках с использованием схем, основанных на линейной конверсии электромагнитных волн в квазиэлектростатические моды Бернштейна, поскольку эффективность такой трансформации в значительной мере определяется трансформацией обыкновенной волны в медленную необыкновенную волну в окрестности поверхности отсечки.

НИР № 5944321 «Штык»

«Разработка гиротронов с управляемой частотой и фазой для перспективных систем ЭЦР нагрева плазменных установок»

Руководитель: чл.-корр. РАН д.ф.-м.н. Денисов Г.Г.

Целью данного проекта было решение основных двух задач, включающих теоретические и экспериментальные исследования: разработка и сопряжение с квазиоптической линией передачи многочастотного гиротронамегаваттного уровня мощности для систем электронно-циклотронных волн плазменных установок УТС, исследование возможности синхронизации нескольких гиротронов. Использование таких гиротронных систем может принципиально упростить многофункциональные ЭЦ системы и повысить их эффективность. Указанные задачи особенно важны для разрабатываемых установок следующего поколения как ИТЭР, ТИН и ДЕМО. Задачи, сформулированные в проекте на 2015 год, решены. Проведен анализ возможности работы мегаваттных гиротронов на нескольких частотах. В частности детально исследована возможность такой работы гиротрона для установки ASDEX-Upgrade и гиротрона, разработанного в рамках проекта ИТЭР, на дополнительных частотах 136 ГГц и 204 ГГц дополнительно к основной частоте 170 ГГц. Проведен анализ эффективности работы гиротрона и тепловых нагрузок на резонатор и коллектор гиротрона. Выбрана схема и проведен численный синтез согласующих квазиоптических систем для многочастотных гиротронов 105/117/127/140

ГГц и 136/170/204 ГГц гиротронов. В настоящее время проводится экспериментальное исследование гиротронов и согласующих систем.

НИР № 904223 «Теплофизика»

«Изучение усиленного торможения ионных пучков, ускоренных петаваттным лазерным излучением»

Руководитель: А.В. Коржиманов

Разработан численный метод оценки скорости торможения ионного пучка в веществе с учётом возможной ионизации вещества и его нагрева под действием ионного пучка. Метод основан на самосогласованном решении нелинейной системы уравнений, описывающих динамику ионного пучка и изменение состояния тормозящего вещества. На основе разработанного метода продемонстрировано, что генерируемые современными лазерными системами ионные пучки обладают достаточной плотностью для наблюдения нелинейного режима их торможения в веществе.

Основные исполнители: Голубев С.В., Кронштадтов П.В., Широков Е.А., Щербаков А.И., Андреев Н.Ф., Бабина И.А., Гинзбург В.Н., Давыдов В.С., Каменский В.А., Кириллов А.Г., Кулагин Д.И., Миллер А.М., Приданов М.Н., Яковлев И.В., Абрамов И.С., Бандуркин И.В., Богданов В.В., Боханов А.Ф., Быков Ю.В., Васин А.В., Вихарев А.А., Гачев И.Г., Гаштури А.П., Глявин М.Ю., Горбатушков В.Н., Господчиков Е.Д., Гусева Л.Р., Денисов Г.Г., Дубров В.В., Егоров С.В., Еремеев А.Г., Зотова И.В., Зуев А.С., Иванов В.Ю., Казаков М.Ю., Калынов Ю.К., Калынова Г.И., Литвак А.Г., Луковников Д.А., Лучинин А.Г., Макарова М.М., Максименко Т.И., Малкин А.М., Малыгин В.И., Мишакин С.В., Мовшевич Б.З., Морозкин М.В., Новожилова Ю.В., Павельев А.Б., Паршин В.В., Петелин М.И., Плотников И.В., Родин Ю.В., Савилов А.В., Самсонов С.В., Седов А.С., Синцов С.В., Скалыга Н.К., Смирнова Н.Л., Соколов Е.В., Сорокин А.А., Трофимова Е.А., Усов В.Г., Фикс А.Ш., Фокин А.П., Хозин М.А., Холопцев В.В., Шагалова О.А., Шалашов А.Г., Шиманова В.А., Широков Е.А., Шкаликов Г.А., Шмелев М.Ю., Штанюк А.М.

Вспомогательный персонал: 51 чел.

**4.2.8. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН
«Электрофизика и электроника мощных импульсных систем»
(тема 0035-2015-0008)**

НИР № 364011 «Шампур»

«Повышение рабочей частоты пиковой и средней мощности импульсных терагерцовых гиротронов за счет использования оригинальных магнитных электронно-оптических систем»

Руководитель: д.ф.-м.н. Глявин М.Ю.

Выполнено экспериментальное исследование прототипа субмиллиметрового гиротрона мегаваттного уровня мощности с импульсным соленоидом. Сформулированы требования к магнитной системе, позволяющие рассчитывать на повышение вращательной энергии электронов, и, как следствие, повышение эффективности и мощности генерации. Для этой же цели предложена концепция новой электронно-оптической системы неадиабатического типа.

НИР № 424011 «Пучок»

«Тонкостенные электронные пучки для релятивистских ЛОВ с малым временем переходных процессов»

Руководитель: д.ф.-м.н. Ковалев Н.Ф.

Исследованы свойства релятивистских электронных пучков получаемых с взрывоэмиссионных кромочных катодов и предназначенных для использования в гигаваттной СВЧ электронике. Объяснены явления выравнивания азимутального магнитного поля и фронта электронного пучка в азимутальном направлении. Объяснено также явление расщепления электронных струй в многоструйных пучках. Предложены методы использования обнаруженных явлений для улучшения выходных характеристик РЛОВ.

В гигаваттной СВЧ электронике и, в частности, в релятивистских лампах обратной волны (РЛОВ), широко применяются тонкостенные трубчатые электронные пучки с высокой и даже предельно высокой плотностью тока. От свойств этих пучков во многом зависят параметры выходных излучений и, соответственно, потребительские возможности генераторов релятивистской СВЧ электроники. На отчетном этапе основное внимание было уделено исследованию свойств взрывоэмиссионных катодов и электронных пучков, получаемых с них.

Было обнаружено и объяснено явление выравнивания собственного азимутального магнитного поля и фронта электронного пучка в азимутальном направлении. Показано как эти явления можно использовать для повышения стабильности генерации в РЛОВ, и, что особенно важно, для повышения ресурсных возможностей взрывоэмиссионных кромочных катодов.

В процессе выполнения этапа было также обнаружено и объяснено экспериментально наблюдаемое явление удвоения числа струй в многоструйных электронных пучках поперечным дрейфом в скрещенных фокусирующем магнитном поле и радиальном синхронном электрическом поле. Показана возможность использования этого явления для улучшения селективных свойств РЛОВ автогенераторов и, соответственно, для увеличения поперечных размеров их рабочих пространств.

Предполагается также метод использования этого уникального явления расщепления электронных струй для измерений высокочастотных полей в рабочем пространстве. Это обстоятельство, в свою очередь, может быть использовано для улучшения переходных характеристик в РЛОВ.

НИР № 594011 «Мазер»

«Новые схемы сверхмощных пространственно-развитых релятивистских мазеров»

Руководитель: д.ф.-м.н. Н.С.Гинзбург

Проведены расчет и моделирование импульсной 30-ГГц ЛОВ гигаваттного уровня мощности, оптимизированной для запитки ВЧ-ондулятора компактного рентгеновского ЛСЭ. Разработан и изготовлен макета генератора для экспериментального исследования на основе сильноточного ускорителя «Синус-6» (ИПФ РАН).

Проведена оптимизация геометрии пространства взаимодействия и исследованы различные режимы работы в планарном двухпучковом 75 ГГц МСЭ, реализованном в совместных экспериментах ИПФ РАН и ИЯФ СО РАН на базе сильноточного ускорителя ЭЛМИ (ИЯФ СО РАН). На основе механизма двумерной распределенной обратной связи получен стабильной режим узкополосной генерации при рекордных поперечных размерах системы до 50×2.5 длин волн, мощности излучения на уровне 100 МВт и энергозапасе в СВЧ-импульсе $\sim 3 - 7$ Дж. Теоретически показана возможность дальнейшего увеличения сверхразмерности генератора по двум поперечным координатам путем использования

комбинированных двухзеркальных резонаторов с двумерными и модифицированными брэгговскими отражателями.

Основные исполнители: Белоусов В.И., Варламова С.В., Воробьев В.Б., Гаштури А.П., Гойхман М.Б., Громов А.В., Денисов Г.Г., Ковалев Н.Ф., Максименко Т.И., Мовшевич Б.З., Моченева О.С., Нечаев В.Е., Нечуев С.И., Носова Е.В., Платонова А.А., Седов А.С., Фильченков С.Е., Французова И.П., Холопцев В.В., Шевц Л.М., Широков Е.А., Щербаков А.И.

Вспомогательный персонал: 24 чел.

**4.2.9. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН
«Природные катастрофы и адаптационные процессы в условиях изменяющегося
климата и развития атомной энергетики»
(тема 0035-2015-0009)**

НИР № 5434192 «Торнадо»

«Исследование экстремальных метеорологических явлений»

Руководитель: член-корреспондент РАН Мареев Евгений Анатольевич

Продолжен анализ статистики и энергетики грозовых событий в средних широтах в период активной конвекции. В частности, выполнен анализ данных натуральных экспериментов по приему радиоизлучения ближних и дальних гроз и измерению электрического поля и тока в конвективный период 2015 года. Также произведено моделирование грозовых событий конвективного сезона 2015 года на базе модели Weather Research and Forecasting с использованием разработанного ранее блока расчета электрических параметров в режиме оперативного мониторинга. Сравнительный анализ результатов численного моделирования с данными натуральных экспериментов для мощных грозовых событий показал хорошую оправдываемость численного прогноза.

Основные исполнители: Богатов Н.А., Глумова Л.М., Евтушенко А.А., Кутерин Ф.А., Мареев Е.А., Умников Е.Д., Шаталина М.В., Шлюгаев Ю.В.

Вспомогательный персонал: 6 чел.

**4.2.10. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН
«Мировой океан – многомасштабность, многофазность, многопараметричность»
(тема 0035-2015-0010)**

НИР № 5444102 «Океан»

«Разработка физических основ радиофизических методов исследования процессов в пограничных слоях атмосферы и океана при экстремальных гидрометеорологических условиях»

Руководитель: д.ф.-м.н. Троицкая Ю.И.

Выполнены исследования, направленные на разработку основ радиофизических методов исследования процессов в пограничных слоях атмосферы и океана при экстремальных

гидрометеорологических условиях. В условиях ветро-волнового канала Большого термостратифицированного бассейна ИПФ РАН выполнены эксперименты, направленные на изучение механизмов генерации брызг при ураганном ветре с помощью высокоскоростной видеосъемки. Выявлены 3 основных механизма генерации брызг, среди которых наибольшая эффективность наблюдалась для явления, при котором вблизи гребней поверхностных волн на поверхности воды формировались и развивались объекты, представляющие собой тонкостенные «мембраны», раздуваемые воздушным потоком. Их разрыв сопровождался генерацией брызг. На основе статистического анализа скоростных видеофильмов построена функция генерации брызг, за счет «мембранного» механизма, которая показывает число брызг определенного радиуса, которые рождаются на единице поверхности в единицу времени. Она находится в хорошем согласии с известными эмпирическими функциями генерации брызг, что свидетельствует в пользу того, что данный механизм является доминирующим при ураганных ветрах.

Изучены особенности обмена теплом и импульсом вблизи границы раздела воды и воздуха в условиях сильной устойчивой стратификации на основе прямого численного моделирования (DNS) при различных числах Рейнольдса и Ричардсона. Показано, что возрастание крутизны волн на поверхности воды и возрастание числа Рейнольдса приводит к возрастанию порогового значения числа Ричардсона, ниже которого устанавливается стационарный режим турбулентности. При числах Ричардсона выше порогового значения идентифицированы трехмерные квазипериодические структуры, порог возникновения которых зависит от крутизны поверхностной волны. Возникновение структур объясняется развитием параметрической неустойчивости возмущений, индуцированных в воздушном потоке волнами на поверхности воды. Как и турбулентные флуктуации, обнаруженные трехмерные структуры обеспечивают перенос импульса и тепла, т.е. увеличение шероховатости границы раздела воды и воздуха, вызванное присутствием волн, приводит к усилению обмена в пограничном слое в условиях сильной устойчивой стратификации.

НИР № 5334102 «Шельф»

«Методы и средства морской сейсмоакустики высокого разрешения»

Руководитель: к.ф.-м.н. Малеханов А.И.

Выполнено численное моделирование обратной задачи реконструкции параметров неоднородно-слоистой структуры морского дна при возбуждении в водном слое в качестве зондирующих широкополосных сигналов с линейной частотной модуляцией. С использованием развитых численных схем и созданного программного обеспечения сформулированы требования к мощности зондирующих сейсмоакустических импульсов и точности априорной информации относительно геоакустических параметров донных пород для реконструкции горизонтов рассеивающих донных слоев в зависимости от структуры решающих правил и статистических свойств аддитивных помех.

Основные исполнители: Байдаков Г.А., Баханов В.В., Вдовин М.И., Диденкулов И.Н., Досаев А.С., Дружинин О.А., Ермакова О.С., Ермошкин А.В., Казаков В.И., Калинина В.И., Кандауров А.А., Караев В.Ю., Колякин А.Н., Копейкина Н.В., Кузнецова А.М., Лисина О.Н., Малеханов А.И., Папко В.В., Сергеев Д.А., Смирнов А.В., Таланов В.И., Троицкая Ю.И., Хилько А.И.

Вспомогательный персонал: 9 чел.

**4.3. Программы фундаментальных исследований
Отделения физических наук РАН
(тема 0035-2015-0011)**

**4.3.1. Программа фундаментальных исследований Отделения физических наук
«Новые источники миллиметрового и терагерцового излучения
и их перспективные приложения»**

НИР №4894061 «Ввод»

"Исследование электродинамических систем ввода и вывода излучения мощных гиро-ЛБВ миллиметрового диапазона длин волн"

Руководитель: д.ф.-м.н. Самсонов Сергей Викторович

Для гиро-ЛБВ со спирально-гофрированными волноводами предложена и реализована схема ввода и вывода микроволновой энергии через одно сверхразмерное окно (с диаметром в несколько раз превышающем длину волны).

Для системы ввода-вывода излучения гиро-ЛБВ через одно окно разработан и исследован разделитель поляризаций, предназначенный для работы в средней части миллиметрового диапазона длин волн (на центральной частоте около 45 ГГц) при уровне средней или непрерывной выходной мощности порядка 10 кВт.

Для гиро-ЛБВ, рассчитанной на работу на третьей циклотронной гармонике, разработаны необходимые электродинамические элементы, которые наряду с разделителем поляризаций обеспечивают возможность реализации ввода-вывода излучения через одно окно.

НИР № 4964061 «Спектр-Т»

«Развитие метода нелинейной спектроскопии молекул в субмиллиметровом диапазоне длин волн для радиоастрономических приложений»

Руководитель: д.ф.-м.н. А.В. Лапинов

1. При помощи созданного в ИПФ РАН субдоплеровского спектрометра в 3 раза повышена точность определения частот вращательного спектра молекулы OCS. В результате анализа выполненных измерений для всех линий ниже 520 ГГц достигнута относительная точность лучше $3 \cdot 10^{-10}$, что делает спектр OCS лучшим вторичным эталоном частот при высокоточных лабораторных и радиоастрономических измерениях.

2. С целью дальнейшего повышения спектрального разрешения и точности измерения частот на основе провала Лэмба рассчитан макет и начато изготовление нового субдоплеровского спектрометра с диаметром газовой ячейки в 40 раз больше используемой. Это позволит существенно уменьшить ширину резонансов как за счет увеличения пролетного времени молекул, так и за счет уменьшения уширений линий мощностью.

3. Начаты работы по расширению частотного диапазона спектрометра на область 0.5 – 1 ТГц.

НИР № 4954061 «Ион»

«Эффекты электромагнитной индуцированной прозрачности в квантовых и классических системах»

Руководитель: к.ф.-м.н. В.А. Миронов

Проведены измерения спектров флуоресценции NV- центров в алмазе, освоена техника

оптически детектируемого оптического резонанса.

НИР № 4924061 «Матрица»

«Высокочувствительные супергетеродинные матричные приемники миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн»

Руководитель д.ф.-м.н. И.И. Зинченко

Разработан ортомодовый разделитель поляризацій (ОМТ), обеспечивающий частотное разделение входного сигнала с облучающего рупора в диапазонах 20.8-23.3 ГГц и 35-38.6 ГГц. За основу принята конструкция широкополосного ОМТ на основе так называемого “turnstile” (крестообразного) перехода. Особое внимание было обращено на минимизацию длины сверхразмерных волноводных трактов, что данная конструкция позволяет эффективно делать, оптимизацию поворотов волноводов с точки зрения минимизации отражений и недопущения возникновения многомодовой структуры поля. Полученные результаты позволяют реализовать систему облучения антенны в заданных частотных диапазонах 20.8 - 23.3 ГГц и 35 - 38.6 ГГц с использованием ОМТ для частотного разделения сигнала.

НИР № 4974062 «АПЕКС-РАН»

«Развитие радиофизических методов исследования ветрового волнения и приповерхностного слоя океана и внутренних водоемов»

Руководитель: С.А. Ермаков

Развита спектральная модель оптического изображения взволнованной поверхности моря при скользящих углах наблюдения с учетом затенения волн и длины волны света для видимого света (в диапазоне длин волн 400-800 нм). На основе спектральной модели распределения яркости неба развит мультиспектральный метод определения скорости ветра, использующий пространственно – временные изображения в различных участках оптического спектра, что позволяет повысить точность определения скорости ветра над морем. Разработана многоканальная мультиспектральная оптическая система для регистрации пространственно - временных изображений поверхности моря в различных оптических диапазонах.

Выполнены лабораторные исследования особенностей проявления сильных обрушений поверхностных волн дециметрового-метрового диапазонов длин в характеристиках радиолокационных сигналов Ка-диапазона. В рамках натурных экспериментов на Горьковском водохранилище и Черном море в 2015 году были проведены исследования влияния капель дождя на характеристики отраженных водной поверхностью электромагнитных и акустических сигналов. Установлено, что в условиях надирного зондирования увеличивается дисперсии наклонов поверхности и уменьшается сечение обратного рассеяния во время дождя. В зимний период проведена серия измерений толщины ледового покрова подводным акустическим высотомером на озере в Нижегородской области.

НИР № 4934062 «Покров Н»

«Разработка инструментальных средств микроволнового зондирования и методов их применения для исследования характеристик атмосферы и подстилающей поверхности»

Руководитель: д.ф.-м.н. Фейгин А.М.

Завершены работы по разработке и созданию приемного блока спектрорадиометра, регистрирующего спектр яркостной температуры собственного излучения атмосферы в

резонансной линии окиси углерода с центральной частотой 115,271 ГГц; приемник вместе с антенной системой размещен в термостатированном корпусе с радиопрозрачным окном. Шумовая температура приемника, измеренная со входа антенны, не превышает 1460 К. Для данного радиометра созданы блоки спектрального анализа, автоматизации процесса измерений и первичной обработки данных.

НИР № 4984063 «МВ-Спектроскопия-2»

«Высокоточная молекулярная спектроскопия в интересах дистанционного зондирования атмосферы в мм-субмм диапазоне длин волн»

Руководитель: к.ф.-м.н. М.Ю. Третьяков

Высокоточные измерения параметров уширения линий тонкой структуры молекулы кислорода давлением наиболее распространенных атмосферных газов (азот, кислород, водяной пар) проведены в диапазоне температур от -35 до $+75$ °С и широком интервале квантовых чисел, соответствующих различным вращательным состояниям молекулы. Впервые продемонстрировано, что вращательное состояние не влияет на температурную зависимость сечения столкновительного взаимодействия молекул кислорода

Полоса поглощения кислорода вблизи 60 ГГц, образованная линиями тонкой структуры, является уникальным физическим объектом. Малоизученный эффект столкновительной связи линий проявляется для линий этой полосы даже при низком (десятки торр) давлении. Поэтому она постоянно привлекает внимание исследователей на протяжении уже более полувека. Кроме того, линии полосы активно применяются для задач дистанционного зондирования атмосферы Земли, в частности для восстановления атмосферного профиля температуры, с помощью средств наземного, бортового и спутникового базирования. Для этих задач требуется точное знание параметров линий и, прежде всего, их ширины в широком диапазоне значений температуры. В рамках проекта с помощью спектрометра с радиоакустическим детектированием поглощения было получено более 14000 записей спектра кислорода с рекордным отношением сигнала к шуму в широком диапазоне значений температуры и вращательного квантового числа N , соответствующему орбитальному угловому моменту остова молекулы. Для уменьшения систематической ошибки, вызванной влиянием интерференции излучения в тракте спектрометра на контур линии, были приняты дополнительные меры. Кроме применения обычных методов учета базовой линии спектрометра (экспериментальный – заполнения ячейки непоглощающим газом и модельный – добавка эмпирических функций в модельную форму линии), спектры записывались при различных положениях ячейки, перемещаемой вдоль оси излучения источника. Полученные для каждой линии результаты усреднялись.

4.3.2. Программа фундаментальных исследований Отделения физических наук «Межзвездная и межгалактическая среда: активные и протяженные объекты»

НИР № 5494021 «Астрохимия»

«Радиоастрономические исследования областей звездообразования на разных стадиях эволюции»

Руководитель: д.ф.-м.н. И.И. Зинченко

В результате детальных наблюдений на интерферометре SMA и на 30-м антенне IRAM показано, что биполярное истечение от массивной формирующейся звезды в S255IR наиболее вероятно ускоряется ударными волнами, возникающими при периодических (с интервалом в несколько тысяч лет) выбросах вещества из центра, где расположено

горячее (~ 170 K), плотное (средняя концентрация газа $6 \times 10^8 \text{ см}^{-3}$), сильно неоднородное вращающееся ядро (вероятно, диск). Его масса много меньше массы центральной протозвезды, а характер вращения не противоречит закону Кеплера. Недалеко от центра горячего ядра обнаружен холодный (< 80 K) довольно массивный сгусток, который может представлять собой протозвезду небольшой массы. Показано, что интерферометр дает сильно искаженную картину истечения, что необходимо учитывать при исследованиях подобных объектов.

4.3.3. Программа фундаментальных исследований Отделения физических наук «Динамика разреженной плазмы в космосе и лаборатории»

НИР № 274211 «Мазер-120»

«Лабораторное моделирование нелинейных волновых процессов в магнитосфере Земли»

Руководитель: к.ф.-м.н. А.В. Водопьянов

Исследованы динамические спектры электромагнитных излучений плазменного циклотронного мазера на основе неравновесной плазмы ЭЦР разряда в открытой магнитной ловушке; найдены механизмы, отвечающие за формирование "зебра-структур" в динамических спектрах излучений плотной неравновесной плазмы в свистовом диапазоне частот на развитой стадии ЭЦР разряда.

НИР № 1324212 «Моделирование-2015»

«Лабораторное моделирование взаимодействия волн и частиц в неравновесной плазме магнитосферы»

Руководитель: д.ф.-м.н. Костров Александр Владимирович

Исследованы нелинейные явления на протяженных трассах распространения интенсивных волн свистового диапазона в лабораторной замагниченной плазме. Подробно экспериментально исследованы эффекты взаимного обогащения спектра (интермодуляции) интенсивных волн свистового диапазона на общей трассе распространения. Исследовано взаимодействие низкочастотных пробных волн свистового диапазона с динамическими мелкомасштабными неоднородностями, формируемыми при воздействии на замагниченную плазму интенсивного электромагнитного излучения.

НИР № 284211 «МССП-2015»

«Аналитическая теория магнитоэлектростатических структур в плазме с произвольными энергетическими распределениями частиц»

Руководитель: чл.-корр. РАН Вл.В. Кочаровский

Установлен и проанализирован универсальный критерий, описывающий порог и область неустойчивых волновых чисел в задаче об апериодической генерации магнитного поля в анизотропной релятивистской плазме с центрально симметричной функцией распределения частиц по импульсам, обладающей плоскостью симметрии.

Проведено аналитическое исследование областей неустойчивых волновых чисел и инкрементов вейбелевской неустойчивости для релятивистских функций распределения частиц в виде по-разному профилированных трубок.

Развит метод построения и дана классификация широкого ряда плоскостных токовых структур с широким силовым магнитного поля и произвольным распределением частиц по энергиям.

С использованием точно решаемых моделей токовых слоёв с полистепенным распределением частиц по импульсам проанализированы спектрально-угловые

особенности собственного синхротронного излучения, выходящего из самосогласованных токовых структур в релятивистской плазме. Для определённых секторов углов наблюдения этого излучения продемонстрирована возможность существования различного числа доминирующих степенных компонент, часть из которых может отсутствовать среди доминирующих степенных компонент излучения изотропного ансамбля частиц с таким же энергетическим распределением.

1. VI. Kocharovsky, V. Kocharovsky, V. Martyanov, S. Tarasov, "The breaks and the hidden components in the power-law spectra of synchrotron radiation of the self-consistent current structures", *Physics of Plasmas*, 22 (8), 2015, 083303. DOI: 10.1063/1.4928905.
2. VI.V. Kocharovsky, V.V. Kocharovsky, V.Yu. Martyanov, S.V. Tarasov, "Analytical theory of self-consistent current sheets in multicomponent relativistic plasma with arbitrary energy distribution of particles" // Talk at the Conference "High-Energy Phenomena in Relativistic Outflows V" (Argentina, La Plata, Oct. 5 – 8, 2015). Conference program, p. 3.

4.3.4. Программа фундаментальных исследований Отделения физических наук «Фундаментальные основы и экспериментальная реализация перспективных полупроводниковых лазеров в интересах промышленности и технологий»

НИР № 5354121 «Экситон-2015»

«Предельно узкие спектры генерации сверхизлучающего лазера на основе ловушки для бозе-конденсации диполярных экситонов»

Руководитель: чл.-корр. РАН Вл.В. Кочаровский

С целью исследования взаимного влияния лазерной генерации поляритонных мод и бозе-эйнштейновской конденсации в различных ловушках для диполярных экситонов в полупроводниковых гетероструктурах были продолжены исследования явления бозе-эйнштейновской конденсации в критической области параметров и разработки эффективных методов описания динамических особенностей и спектров генерации лазеров с временем затухания поляризации, превышающим время жизни фотонов в резонаторе:

1) получено точное решение квантовой задачи о бозе-эйнштейновской конденсации и установлена неэквивалентность описания конденсации в рамках канонического и большого канонического ансамблей для случая идеального газа в мезоскопических ловушках с произвольными параметрами во всей критической области. Доказано существование универсальных автомодельных критических функций, описывающих флуктуации и термодинамические свойства газа в критической области, в том числе форму лямбда-особенности теплоёмкости [1];

2) численно проанализированы особенности квазистационарной генерации мод в сверхизлучающем лазере, в том числе в гетеролазере, который основан на ловушке для бозе-конденсации диполярных экситонов и в общем случае допускает индуцированное излучение как сконденсированных, так и надконденсатных экситонов; выяснены возможные режимы динамической автомодуляции одномодового излучения предложенного гетеролазера в отсутствие модуляции его параметров; проанализированы квазиклассические эффекты коллективного спонтанного излучения, определяющие спектральную ширину сверхизлучательной моды при постоянной накачке лазера [2 - 4].

1. S.V. Tarasov, V.V. Kocharovsky, VI.V. Kocharovsky. Universal structure of statistics and thermodynamics in a critical region of Bose-Einstein condensation of an ideal gas in arbitrary trap // *Journal of Statistical Physics*, v. 161, n. 4, p. 942, 2015.
2. E. Kocharovskaya, A.S. Gavrilov, VI.V. Kocharovsky, V.V. Kocharovsky, E.M. Loskutov, D.N. Mukhin. "The Dynamical Spectra of the Superradiant Heterolasers: Spatial-Temporal-

- Dependent Mode Technique Versus Cold or Hot Mode Techniques", In: Technical Digest of the International Workshop "Nonlinear Photonics: Theory, Materials, Applications" NPh-15 (St. Petersburg, June 29 – July 2, 2015). P. 46-47.
3. V.I.V. Kocharovskiy, V.V. Kocharovskiy, E.R. Kocharovskaya, V.A. Kukushkin. "Spontaneous mode locking in the superradiant lasers: Intrinsic losses in an active medium instead of resonant losses in a saturable absorber", In: Technical Digest of the 2015 Conference on Lasers and Electro-Optics Europe & European Quantum Electronics Conference (Munich, June 21 – 25, 2015). P. 202.
 4. V.I.V. Kocharovskiy, V.V. Kocharovskiy, E.R. Kocharovskaya. "Dynamics of superradiant lasers". – Planary talk at the International Conference on Dynamical Systems "Shilnikov Workshop - 2015" (Nizhny Novgorod, Dec. 17-19, 2015).

4.3.5. Программа фундаментальных исследований Отделения физических наук «Фундаментальные проблемы электродинамики и волновой диагностики атмосферы»

НИР № 5004052 «Эволюция Н»

«Моделирование динамики и нелинейных взаимодействий малых примесей в нижней атмосфере»

Руководитель: д.ф.-м.н. Фейгин А.М.

1. Проведена модификация статистического метода восстановления концентраций ряда важных малых газовых составляющих мезосферы по временным рядам концентрации озона, измеряемых посредством микроволновых пассивных приборов наземного базирования, позволяющая учесть априорную информацию о вертикальных распределениях восстанавливаемых характеристик на высотах нижней и средней мезосферы. С помощью пространственно-распределенных модельных данных, зашумленных с учетом точности микроволновых измерений концентрации озона на мезосферных высотах, исследовано качество восстановления концентраций атомарных кислорода и водорода, гидроксила, гидропероксида и паров воды в зависимости от высоты и длины временного ряда исходных данных.

2. Проведена непрерывная экспериментальная кампания по одновременному микроволновому зондированию характеристик тропосферы и стратосферы над Нижним Новгородом и исследована пространственно-временная эволюция температуры воздуха (в диапазоне высот от 0 до 55 км), концентрации водяного пара (от 0 до 10 км) и концентрации озона (от 10-12 до 70 км) в периоды внезапных стратосферных потеплений и последующей финальной зимне-весенней перестройки нижней и средней атмосферы.

НИР №5034052 «Атмосфера-Э»

«Проблемы глобальной и региональной атмосферной электродинамики»

Руководитель: чл.-корр. РАН Мареев Евгений Анатольевич

Организованы и проведены комплексные эксперименты по разнесенному приему вариаций электрического поля и тока в грозовых условиях и в условиях хорошей погоды в течении всего 2015 года в широком диапазоне частот. Получены результаты по измерению радиоизлучения грозовых разрядов с высоким временным разрешением, проанализированы возможности использования электрических измерений как средства

диагностики динамических процессов различного масштаба в атмосфере. Проведен статистический анализ различных электрических конвективного сезона 2015 г. Исследованы спектры возмущений электрического поля в грозовых условиях и условиях хорошей погоды. Развита модель динамики грозового электричества с высоким пространственно-временным разрешением и исследование механизмов формирования многослойной мозаичной структуры пространственного электрического заряда грозового облака и механизмов инициации и развития молниевых разрядов. Развита модель процессов инициации и развития молниевых разрядов и выяснение роли нижнего слоя положительного пространственного заряда при формировании молниевых разрядов на землю.

НИР № 5074052 «Лед»

«Радиофизические методы анализа региональных особенностей динамики природных и антропогенных процессов»

Руководитель: д.ф.-м.н. Иудин Дмитрий Игоревич

Разработаны модели инициации и распространения электрических разрядов во внутриоблачной среде. Выполнен анализ данных высокочастотного картографирования молниевых разрядов разного типа.

4.3.6. Программа фундаментальных исследований Отделения физических наук «Фундаментальные проблемы акустики искусственных и природных сред»

НИР № 5274072 «Акустика – 1»

«Нелинейная акустическая диагностика сред с неоднородной микроструктурой»

Руководитель: д.ф.-м.н. В.Е. Назаров.

Проведен сравнительный анализ точных аналитических решений задач о распространении и эволюции интенсивных периодических пилообразных волн в микронеоднородных средах: с квадратичной упругой нелинейностью и с квадратичными упругим и неупругим гистерезисами. Теоретически и численно исследовано распространение продольной гармонической волны в безграничной среде и в стержневом резонаторе с неупругим гистерезисом с учетом характерного для реальных микронеоднородных сред насыщения амплитудно-зависимых потерь.

НИР № 5264072 «Акустика – 3»

«Акустические исследования гетерогенных материалов»

Руководитель: д.ф.-м.н. А.В. Лебедев.

Создан и испытан лабораторный стенд для исследований динамических нагрузочных характеристик гетерогенных сред. Выполнены расчеты, оптимизирована схема измерений и проведены пробные эксперименты, показавшие возможность достижения широкого диапазона рабочих частот до 10 кГц, что позволяет в дальнейшем исследовать динамику релаксационных процессов в образцах горных пород в условиях переменной нагрузки.

НИР № 5284072 «Акустика – 2»

«Когерентные методы акустической томографии океана»

Руководитель: к.ф.-м.н. А.И. Малеханов

В приложении к задаче акустической томографии океана на основе вертикально-развитых излучающих и приемных антенных решеток выполнено исследование задачи оптимизации антенных амплитудно-фазовых распределений в рефракционном волноводе на основе предложенных критериев. Численно исследована эффективность методов фокусировки акустического пучка в некоторую (с заданными координатами) область канала.

Осуществлены лабораторные (в гидроакустическом бассейне) измерения параметров флуктуаций акустического поля когерентных излучателей электромагнитного типа на средних и предельных мощностях излучения. Показано, что за счет возникновения случайных тепловых токов в электромагнитной системе излучателя, а также неустойчивых нелинейных колебаний, уширение линии излучения до уровня 10^{-3} при средней частоте 240 Гц происходило только при максимальной мощности излучения (450 Вт). Показано, что уровень второй гармоники излучения при максимальной мощности, возникающей за счет нелинейных колебаний мембран излучателя, составлял - 20 дБ по отношению к основной гармонике излучения.

НИР № 5314077 «Диагностика»

«Развитие методов управления полями и обработки сигналов в акустических волноводах»

Руководитель: д.ф.-м.н. А.Л.Вировлянский

Развиты методы синтеза амплитудно-фазовых распределений на элементах вертикальной антенны в подводном звуковом канале для фокусировки поля в заданную область волновода. Задача решена как для детерминированной модели среды, так и с учетом флуктуаций показателя преломления. При практической реализации алгоритма фокусировки во флуктуирующем волноводе основной трудностью является вычисление корреляционной матрицы амплитуд мод. Предложен упрощенный метод расчета элементов этой матрицы в глубоком море, базирующийся на результатах, полученных в предыдущих работах участников авторского коллектива. Эффективность предложенного метода подтверждена сопоставлением его предсказаний с результатом вычисления статистических моментов амплитуд мод методом Монте Карло, основанном на расчете поля в отдельных реализациях случайно-неоднородного волновода методом широкоугольного параболического уравнения (с последующим усреднением по реализациям).

НИР № 5324073 «Акустика-15»

«Методы ультразвуковой и вибрационной диагностики биологических сред»

Руководитель: В.В. Казаков

Для решения задачи пластики века в офтальмологии разработан и изготовлен портативный макет вибрационного эластографа, использующий измерение электрического импеданса колеблющегося биморфного пьезоэлемента, вдавливаемого рукой в биологическую ткань. На 30-ти пациентах проведены измерения импедансов верхнего и нижнего века и предполагаемых участков взятия свободных трансплантатов. С помощью вибрационного эластографа показана возможность отбора биотканей по их упругим свойствам, а также установлена зависимость их свойств от возраста пациента.

Средствами ранее разработанного АПК для доплеровской дистанционной эластометрии проведена серия экспериментов по измерению модуля сдвиговой упругости печени человека в условиях организма. Найденное медианное значение модуля сдвига в выделенном сегменте печени составило 2.7 кПа, что соответствует литературным данным. Значение интерквартильного размаха в серии составило 0.74 кПа (27.7 %). Полученная

точность сопоставима с результатами аналогичных измерений средствами аппарата “Фиброскан” и достаточна для практического применения.

4.3.7. Программа фундаментальных исследований Отделения физических наук «Новые нелинейно-оптические материалы, структуры и методы для создания лазерных систем с уникальными характеристиками»

НИР № 5104093 «Гибрид-2015»

«Разработка физических основ создания мощных твердотельных, волоконных и гибридных лазерных систем с нелинейно-оптическим управлением параметрами излучения»

Руководитель: к.ф.-м.н. Антипов О.Л.

Проведены исследования модовой неустойчивости в маломодовых иттербиевых волоконных усилителях с учётом распространения встречной волны (отражения от торца волокна).

В волоконно-лазерных усилителях, активированных ионами Yb^{3+} , с малым числом поперечных мод и сохранением поляризации обнаружена неустойчивость основной моды по отношению к модам с более высоким индексом. Измеренный порог возникновения неустойчивости варьируется от 1 до 100 Вт (по мощности выходного сигнала) и зависит как от параметров волокна (диаметра сердцевины, числовой апертуры, длины, уровня легирования ионами Yb^{3+} , отражением от выходного торца), так и от характеристик излучения (ширины линии, мощности входного сигнала, длины волны). Аналитические исследования и численное моделирование показали, что основная причина модовой неустойчивости связана с рассеянием на динамических решётках показателя преломления, сопровождающих решётки населённости, которые индуцируются интерференционным полем основной и высшей мод.

НИР № 774093 «Ветвь 15»

«Высокоэффективные и компактные лазерные системы среднего ИК диапазона на основе твердотельных лазеров с диодной накачкой и нелинейно-оптического преобразования частоты»

Руководитель: Новиков А.А.

Проведены исследования нелинейно-оптического преобразования частоты мощного импульсно-периодического излучения лазеров на керамике $Tm:Lu_2O_3$ и кристаллах $Ho:YAG$ (на длине волны $\sim 2070-2100$ нм) с волоконно-лазерной накачкой в средний ИК диапазон (3-5 мкм) за счёт параметрического преобразования излучения в параметрическом генераторе света на основе кристаллов $ZnGeP_2$. Достигнута мощность импульсно-периодического излучения более 10 Вт в пучках высокого качества на длинах волн среднего ИК диапазона (3-5 мкм).

НИР № 5134093 «Теллур»

«Разработка и исследование мощного волоконного источника когерентного суперконтинуума в среднем ИК-диапазоне»

Руководитель: к.ф.-м.н. А.В. Ким

Проведены исследования нелинейной динамики ультракоротких импульсов при распространении в нелинейных микроструктурированных световодах, изготовленных из высокочистого $TeO_2-WO_3-La_2O_3$ стекла. Проведены измерения дисперсии и нелинейности

световодов методом широкополосной спектральной фазовой интерферометрии, хорошо согласующиеся с теоретическими расчетами. Экспериментально продемонстрирована возможность получения широкополосного излучения с длинноволновой границей около 2.7 мкм при накачке ультракороткими импульсами с выхода Ег/Тм лазерной системы на 2 мкм, а также суперконтинуума с октавной шириной (1100-2200 нм) при накачке излучением с выхода эрбиевой системы на 1.6 мкм.

НИР № 5144093 «Аттосекунда»

«Разработка эффективных методов генерации аттосекундных импульсов и управления характеристиками генерируемого излучения и квантового состояния нелинейной среды с использованием многокомпонентного лазерного излучения»

Руководитель: М.Ю. Рябикин

Проведены исследования, направленные на разработку способов аттосекундного управления динамикой возбуждения и ионизации атомов и характеристиками аттосекундных импульсов, генерируемых в двухкомпонентном лазерном поле. Продемонстрировано, что при использовании двух задержанных относительно друг друга предельно коротких лазерных импульсов с различающимися центральными длинами волн возможно увеличение выхода высоких гармоник с энергиями фотонов порядка кэВ более чем на порядок величины по сравнению со случаем одноцветного лазерного поля.

Определены предельные значения длительности аттосекундных импульсов, формируемых из ВУФ излучения с длиной волны 58.4 нм и интенсивностью 10^9 - 10^{11} Вт/см² на основе ионизационного прерывания резонансного взаимодействия с атомами гелия дважды за период ионизирующего ИК поля с интенсивностью 10^{14} - 10^{15} Вт/см². С учётом всех многофотонных процессов в одноэлектронном приближении показана возможность формирования импульсов длительностью менее 500 ас. Установлено, что длительность формируемых импульсов убывает с ростом интенсивности и уменьшением длины волны ИК поля, предельные значения которых ограничиваются (а) опустошением основного состояния атомов гелия и (б) генерацией гармоник ИК поля высокого порядка.

Основные исполнители: Железнов Д.С., Василенко Н.И., Глумова Л.М., Денисенко А.Н., Денисов В.П., Евтушенко А.А., Иудин Д.И., Климашов В.Ю., Клименко В.В., Костров А.В., Кукин Л.М., Кутерин Ф.А., Малеханов А.И., Мареев Е.А., Рассказова Т.А., Рыжакова Л.А., Солуянов Е.И., Таланов В.И., Французова И.П., Шаталина М.В., Шлюгаев Ю.В., Ястребов В.В., Андриянов А.Ф., Балакин В.П., Белоусов В.И., Богомоллов Я.Л., Быков Ю.В., Гаштури А.П., Денисов Г.Г., Дерендяев Д.Н., Заргаров А.Е., Красильников А.А., Кукин Л.М., Лебедев Н.Д., Майзус И.И., Мартынов В.О., Махнев В.Ю., Овсянников Р.И., Смирнов А.И., Третьяков М.Ю., Турко А.Н., Федоренко Е.Ф., Федосеев Л.И., Французова И.П., Шагалова О.А., Шевц Л.М., Арабаджи В.В., Бурдуковская В.Г., Вировлянский А.Л., Иваненков А.С., Казаков В.В., Казарова А.Ю., Канатова Е.В., Кияшко С.Б., Коньков А.И., Кривенкова Л.П., Лебедев А.В., Малеханов А.И., Манаков С.А., Назаров В.Е., Овчинников В.Д., Радостин А.В., Родионов А.А., Смирнов И.П., Смирнов А.В., Тиманин Е.М., Хилько А.И., Антипов О.Л., Бабина И.А., Башинов А.В., Бодров С.Б., Буренин А.В., Горячев Ю.А., Емелин М.Ю., Еранов И.Д., Кирюхин Н.Д., Киселев А.М., Кобытин А.И., Косицын Р.И., Кузнецов М.С., Кулагин Д.И., Кулагин О.В., Кулагина С.Н., Мальков Ю.А., Матвеев А.З., Мурзанов А.А., Новиков А.А., Сергеев Ю.А., Софронов В.К., Степанов А.Н., Заргаров А.Е., Кукин Л.М., Рыжакова Л.А., Серов Н.В., Смирнов А.И., Усов В.Г., Французова И.П., Пасманик Д.Л., Щербаков А.И.

Вспомогательный персонал: 27 человек.

4.4. Федеральные целевые научно-технические программы

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2013–2020 годы»

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.607.21.0107 «Разработка новых инструментальных средств дистанционного зондирования температуры нижней и средней атмосферы с поверхности Земли»

Руководитель д.ф.-м.н. Фейгин А.М.

Сроки выполнения: 2014 - 2016.

В 2015г. м создан метод и разработано программное обеспечение для восстановления температурного профиля атмосферы по данным зондирования в мм диапазоне с помощью комплекса спектрорадиометров. Разработан алгоритм и создано программное обеспечение автоматизации измерений по средствам создаваемого комплекса спектрорадиометров. Изготовлены антенные системы спектрорадиометров для зондирования приземного слоя атмосферы, свободной тропосферы, стратосферы. Созданы модуляторы-калибраторы для системы внутренней калибровки комплекса спектрорадиометров. Созданы приемники для зондирования приземного слоя атмосферы, свободной тропосферы, стратосферы. Изготовлены термостатированные, влагозащищенные корпуса для трех спектрорадиометров.

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.607.21.0055 шифр ФЦП 2014-14-579-0052-2603. «Разработка методов и создание экспериментального образца комплекса многочастотной радиолокации для мониторинга океана и внутренних водоемов», (Тема 8814982 «Аракс-А»).

Научный руководитель С.А. Ермаков

Работа посвящена исследованию и разработке комплекса научно-технических решений, направленных на создание новых эффективных методов всепогодной многочастотной радиолокации в сверхвысокочастотном (СВЧ) диапазоне электромагнитных волн для исследования характеристик ветровых волн и мониторинга океана и внутренних водоемов, а также созданию экспериментального образца комплекса многочастотной радиолокации для мониторинга океанов и внутренних водоемов (КМРЛ для МО и ВВ). В течении 2015 года был создан экспериментальный образец КМРЛ для МО и ВВ, и проведены экспериментальные исследования ЭО КМРЛ для МО и ВВ для проверки соответствия его требованиям к техническим характеристикам. Кроме того, для использования в КМРЛ для МО и ВВ разработаны алгоритмы: алгоритм восстановления спектральных интенсивностей мелкомасштабных ветровых волн, алгоритм обнаружения внутренних волн, течений, штелевых зон и пленок поверхностно-активных веществ на поверхности океана, алгоритмы оценок характеристик длинных ветровых волн, внутренних волн, пленок ПАВ на поверхности океана и вариаций скорости ветра в штелевых зонах с использованием КМРЛ для МО и ВВ. Разработан экспериментальный образец программного обеспечения для мониторинга океанов и внутренних водоемов.

1. Заявка на патент «Способ различения аномалий на водной поверхности средствами многочастотной СВЧ-радиолокации» №2015149331 от 18.11.2015.

Соглашение № 14.604.21.0065 от 27 июня 2014 г. с Минобрнауки России. «Разработка компактного нейтронного источника высокой интенсивности для бор-нейтронозахватной терапии онкологических заболеваний» (Тема № 8804981 «БНЗТ»).

Руководитель: к.ф.-м.н. В.А. Скалыга

Сроки выполнения: 2014 - 2016.

Разработаны макеты соленоидов магнитной ловушки макета компактного нейтронного источника. Разработан макет системы формирования ионного пучка макета компактного нейтронного источника. Разработан макет системы высоковольтной изоляции макета компактного нейтронного источника. Разработана эскизная конструкторская документация на макет компактного нейтронного источника. Изготовлен макет компактного нейтронного источника. Произведены первые измерения параметров нейтронного потока, генерируемого макетом компактного нейтронного источника при использовании для нагрева плазмы СВЧ излучения с частотой 37,5 ГГц.

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.616.21.0059 с Минобрнауки России. «Разработка методов оценки и прогнозирования опасных метеорологических явлений в океане на основе инновационных микроволновых технологий и новых физических моделей взаимодействия атмосферы и океана при штормовых условиях»

Руководитель д.ф.-м.н. Троицкая Ю.И. .

Срок выполнения: 11.11.2015-31.12.2016.

Проект направлен на разработку методов и технологических решений для оценки и прогноза опасных метеорологических явлений в океане на основе микроволновых технологий и новых физических представлений о процессах вблизи границы раздела атмосферы-океана. К настоящему времени выполнен обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей исследуемую научно-техническую проблему, а также проведен патентный поиск по существующим скаттерометрам X диапазона.

Мероприятие 1.2 «Проведение прикладных научных исследований для развития отраслей экономики» «Разработка и создание устройства флуоресцентной визуализации для контроля накопления фотосенсибилизатора и мониторинга процесса фотодинамической терапии» (Тема № 8794983 «ФОТОСЕНС»).

Руководитель И.В. Турчин

Сроки выполнения: 2014–2015

Разработана эскизная документация на устройство флуоресцентной визуализации для контроля накопления фотосенсибилизатора и мониторинга процесса фотодинамической терапии, в том числе схемы и чертежи устройства, описание программы автоматизации и обработки данных, проект инструкции по эксплуатации. Изготовленное согласно данной ЭКД устройство позволяет работать в четырех режимах: 1) режим live-mode для настройки фокусного расстояния, 2) режим получения флуоресцентных изображений, позволяющий в непрерывном циклическом режиме получать флуоресцентные изображения исследуемого объекта при возбуждении источниками 400 и(или) 660 нм, а также изображения в обратно-рассеянном свете, 3) режим ручного определения опухолевого очага, 4) режим мониторинга процесса ФДТ, в котором программа отслеживает положение выбранной (автоматически или вручную) области опухоли,

отслеживает промежутки времени, в которые лазер находится в выключенном состоянии, в эти моменты времени производит вычисление средней интенсивности флуоресценции выбранной области, а также протоколирование результатов исследований. По результатам предварительной клинической апробации выявлено, что устройство позволяет определять такие параметры как степень накопления фотосенсибилизатора в опухоли, степень фотобличинга (выгорания) фотосенсибилизатора и скорость фотобличинга (определяемую по кинетике фотобличинга при ее аппроксимации экспоненциальной функцией). Данные показатели предложены в качестве критериев эффективности проводимой ФДТ.

4.5. Гранты Российского научного фонда

НИР № 4002971 «ТЭРУФ» грант РФ 14-02-00609 «Разряд, поддерживаемый излучением ТГц диапазона в неоднородном потоке газа как точечный источник экстремального ультрафиолетового излучения»

Научный руководитель к.ф.-м.н. А.В. Водопьянов

Сроки: 2014 – 2016.

Проведено моделирование формирования функции распределения ионов по зарядовым состояниям в плазме ксенона и олова, моделирование эмиссионной способности плазмы в диапазоне экстремального ультрафиолета. Проведено исследование параметров температуры и концентрации плазмы в различных условиях горения разряда по эмиссионным спектрам плазмы. Определена концентрация плазмы по Штарковскому уширению линий спектра.

Установлено, что динамика микроволнового пробоя в воздухе существенным образом зависит от наличия даже весьма разреженного плазменного ореола перед фронтом ионизации. В зависимости от частоты поля и давления воздуха наличие плазменного ореола может приводить к следующим качественно различным эффектам:

- 1) Увеличению скорости стационарной волны ионизации с понижением плотности плазмы в ней (при частоте поля выше 500 ГГц в воздухе атмосферного давления).
- 2) Формированию скачков фронта ионизации (при частоте поля порядка 200 ГГц в воздухе атмосферного давления).
- 3) Подавлению скачков фронта ионизации (при частоте поля ниже 100 ГГц в воздухе атмосферного давления).

Приоритетное направление развития науки, технологий и техники РФ: индустрия наносистем.

Критическая технология РФ: технологии наноустройств и микросистемной техники

Научное направление: физика газового разряда и его приложения.

НИР № 4042971 Грант РФ 14-12-00887 «Компактные электронные ТГц мазеры с рекордными характеристиками»

Научный руководитель: д.ф.-м.н. Глявин М.Ю.

Сроки выполнения работы: 2014 – 2016

Выполнена разработка гиротрона с рабочей частотой 527 ГГц на второй гармонике гирочастоты. Проведена серия экспериментов по использованию гиротрона с рабочей частотой 263 ГГц для спектроскопических приложений. Впервые реализованы непрерывные записи молекулярных спектров высокого разрешения с применением мощного источника непрерывного когерентного излучения субтерагерцового диапазона. Применение микроволнового комплекса на базе 263 ГГц/1 кВт гиротрона позволило, как минимум, на три порядка повысить чувствительность газовой спектроскопии с применением радиоакустического детектирования поглощения излучения

Приоритетное направление: Энергетика и энергосбережение.

Критическая технология: Технологии создания электронной компонентной базы, технологии новых и возобновляемых источников энергии.

Научное направление: Электроника больших мощностей/ Гирорезонансные приборы, релятивистская микроволновая электроника.

НИР №4052971 «Градиент» Грант РФ №14-19-01723 «Мощные миллиметровые источники и высокоградиентные структуры для суперколлайдеров нового поколения»

Научный руководитель д.ф.-м.н. Н.Ю.Песков

Сроки: 2014 - 2016

В 2015 году в рамках проекта проведены теоретические и экспериментальные исследования в следующих направлениях:

1. Проведен теоретический анализ и численное моделирование (в рамках оригинальных усредненных моделей электронно-волнового взаимодействия и трехмерных коммерческих кодов) усилительных схем МСЭ, обладающих широкой полосой усиления и высоким уровнем мощности. Разработан проект широкополосного МСЭ-усилителя 8-мм диапазона длин волн с мощностью на уровне 20 - 50 МВт на основе ускорителя ЛИУ-3000 (ОИЯИ, Дубна).

2. Экспериментально реализованы макеты МСЭ-усилителей в диапазонах 30-ГГц и 36-ГГц на основе ускорителя ЛИУ-3000, в том числе:

- МСЭ-усилителя, работающего в режиме касания дисперсионных кривых (при использовании ондулятора с постоянным периодом магнитного поля) и
- МСЭ-усилителя на основе ондулятора с профилированными параметрами, реализующего режим захвата и адиабатического торможения электронов.

Получен уровень выходной мощности излучения ~ 10 МВт при усилении до 30 дБ. Продемонстрирована возможность оперативной перестройки частоты излучения в полосе ~ 3% в диапазоне 30 ГГц (допускаемая возможностям используемого источника входного сигнала).

3. Продемонстрирована работа 30 ГГц высокоградиентной структуры с винтовой гофрировкой на низком и высоком уровне мощности.

4. Разработан и исследован в «холодных» электродинамических тестах макет 30 ГГц квазиоптического компрессора на основе многозеркального резонатора.

Приоритетные направления развития науки, технологий и техники РФ:- индустрия наносистем и материалов;

Критические технологии РФ:- нанотехнологии и наноматериалы;

- *технологии создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств.*

Научное направление, определенное уставом института:- радиофизика и электроника, акустика.

НИР № 4082971 Грант РФ 14-29-00192 «Создание нового поколения сверхмощных гироприборов миллиметрового и субмиллиметрового диапазона»

Научный руководитель: чл.-корр. РАН Денисов Г.Г.

Сроки выполнения работы: 2014 – 2016

В 2015 году решены принципиально важные задачи, на основе которых будут созданы гиро-приборы нового поколения. Новые приборы несомненно востребованы в новых системах дальней радиолокации и радиовидения, установках УТС, различных технологических процессах (например, спекание керамики и обработка материалов, выращивание алмазов и других материалов), источниках многозарядных ионов и нейтронов, спектроскопии и диагностики различных сред, ускорителях, медицине.

Приоритетное направление: энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика; безопасность и противодействие терроризму.

Критическая технология: технологии создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств

Научное направление: радиофизика и электроника, акустика

НИР №4092971 «Ионизация» Грант РФФИ № 15-12-10033 «Нелинейные эффекты при взаимодействии интенсивных ультракоротких лазерных импульсов с ионизируемой средой»

Руководитель к.ф.-м.н. Н.В. Введенский

Сроки: 2015 – 2017

При исследовании пороговых аномалий в спектрах генерации гармоник в двухчастотном поле установлены общие закономерности в атомных системах, связанных короткодействующим (например, отрицательные ионы) и дальнедействующим (атомы) атомными потенциалами. На основе численных расчетов и развитой феноменологической теории показано, что в случае малоинтенсивной второй гармоники пороговые аномалии существенно зависят от симметрии начального состояния, в частности, происходит селективное усиление гармоник определенной четности при закрытии канала многофотонной ионизации. В случае соизмеримых по интенсивности компонент показано, что пороговые аномалии, приводящие к усилению выхода гармоник, могут быть усилены или подавлены варьированием относительной фазы двухчастотного поля: а именно, усиление происходит, если две компоненты поля находятся в фазе, а полное подавление пороговых аномалий наблюдается, если две компоненты поля находятся в противофазе. Показано, что эффект подавления или усиления пороговых аномалий не зависит от вида атомного потенциала. Представлено теоретическое обоснование этому эффекту, основанное на квазиклассическом анализе амплитуды генерации высших гармоник.

На основе решения уравнений Максвелла в рамках полуклассического подхода рассчитаны частотно-угловые спектры низкочастотного терагерцового излучения, генерируемого в длинном плазменном шнуре интенсивным ионизирующим фемтосекундным лазерным импульсом. Были рассмотрены два типа ионизирующих лазерных импульсов: предельно короткие (содержащие несколько периодов оптического поля) и двухцветные (содержащие две квазимонохроматические составляющие с частотами, отличающимися в два раза). Показано, что частотно-угловые спектры генерируемого излучения могут содержать структуру, форма которой определяется дисперсионным соотношением, связывающим комплексную частоту низшей дипольной вытекающей волновой моды со скоростью ионизационного фронта (то есть фазовой скоростью волны) и параметрами плазменного шнура. С помощью указанного дисперсионного соотношения найдены зависимости комплексной частоты вытекающей волны от скорости ионизационного фронта, плотности плазмы, диаметра плазменного шнура и частоты столкновений электронов. Показано, что комплексная частота может существенно зависеть от скорости ионизационного фронта, если возникающий за фронтом шнур достаточно толстый (радиус порядка или больше плазменной частоты, отнесённой к скорости света). Предложена методика определения параметров плазменного шнура, основанная на подборе значений для наиболее точного совпадения теоретически рассчитанной зависимости действительной части собственной частоты от фазовой скорости и зависимости, восстановленной из формы характерной V-образной структуры в измеряемых частотно-угловых спектрах.

Приоритетное направление развития науки, технологий и техники РФ: Информационно-телекоммуникационные системы.

Критическая технология РФ: Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем

Научное направление: Оптика и лазерная физика, Физика плазмы.

НИР № 4112971 «Сфероид» Грант РФ № 15-12-00046 «Сфероидизация дисперсных материалов при воздействии СВЧ излучения гиротрона для использования в аддитивных технологиях»

Руководитель д.ф.-м.н. В.Е. Семенов

Сроки: 2015 – 2017

Проведены исследования электродинамики малых сферических объектов. Определены пределы применимости дипольного приближения, предложенного в книге Ландау. Показано, в частности, что это приближение становится некорректным в условиях резонансного рассеяния и поглощения падающей электромагнитной волны на объекте. Выполнены расчеты нагрева отдельных частиц в зависимости от их размера и материала, частоты и амплитуды микроволнового поля. Разработана методика расчета эффективной диэлектрической проницаемости ансамбля малых, в том числе многослойных частиц. Проведены расчеты электродинамических свойств ансамблей частиц в зависимости от частоты поля, материала частиц, их размеров и плотности упаковки.

Приоритетное направление развития науки, технологий и техники РФ: индустрия наносистем.

Критическая технология РФ: технологии наностроительств и микросистемной техники
Научное направление: физика газового разряда и его приложения.

Тема 4072972, Шифр «КАПЛЯ» проект №14-17-00667 «Динамика и дистанционная диагностика многофазных сред в пограничных слоях атмосферы и гидросферы»

Руководитель: Троицкая Ю.И.

Сроки выполнения: 01.06.2014-31.12.2016

1. Проведены лабораторные экспериментальные исследования процессов турбулентного обмена в приводном слое атмосферы с учетом многофазности и комплексной структуры поверхности воды. Получены профили скоростивоздушного потока при сильных ветрах в присутствии брызг вблизи поверхности воды, искривленной волной, в том числе, во впадинах волн. Для описания статистики числа событий развита феноменологическая модель, основанная на методах статистической физики с учетом механизма генерации "мембран" как результата развития неустойчивости Кельвина-Гельмгольца поверхности раздела воды и воздуха. С учетом этого механизма вычислен коэффициент аэродинамического сопротивления поверхности воды при ураганном ветре и проведено его сравнение с доступными данными измерений при ураганных ветрах

2. Впервые проведено численное моделирование и теоретическое исследование процессов турбулентного обмена в приводном слое атмосферы с учетом многофазности и комплексной структуры поверхности воды.

3. В рамках модели WAVEWATCH III выполнено моделирование развития поверхностного волнения с использованием различных параметризаций ветрового напряжения для тестового района – акватории Горьковского водохранилища.

Приоритетное направление развития науки, технологий и техники РФ: Рациональное природопользование

Критическая технология РФ: Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения

Тема № 4102972 "Баланс" Грант РФФИ № 15-17-10024 «Разработка и применение новых методов диагностики источников, содержания и эволюции атмосферных примесей, имеющих климатическое значение»

Руководитель – д.ф.-м.н. Фейгин А. М.

Срок 2015 – 2017гг.

Разработан общий метод оценки эмиссий CO₂ от сгорания ископаемого топлива путем обращения спутниковых измерений CO и NO₂. Метод включает в себя (1) оценку антропогенных эмиссий NO_x and CO на основе соответствующих спутниковых измерений и расчетов, выполненных с использованием химико-транспортной модели, (2) применение "факторов конверсии", рассчитанных на основе данных существующих кадастров эмиссий и определяющих связь эмиссий CO₂ с эмиссиями сопутствующих примесей, а также (3) кросс-валидацию и оптимальную вероятностную комбинацию оценок эмиссий CO₂, полученных из спутниковых измерений различных примесей. В рамках разработанного метода предложены и реализованы эффективные способы оценки и исключения систематической ошибки в измерениях и расчетах, а также определения доверительных интервалов полученных оценок эмиссий CO₂ при отсутствии априорного знания уровня ошибок в используемых данных расчетов и измерений. Получено глобальное пространственное распределение потоков CO₂ на основе обращения одновременно спутниковых и наземных измерений CO₂. Выполнено модельное исследование мезомасштабной динамики углеродсодержащего аэрозоля, образующегося в процессе растительных пожаров, с учетом ее зависимости от оптической толщи аэрозоля; выявлен механизм обратной связи между процессами образования вторичного органического аэрозоля и аэрозольной оптической толщиной. Путем численного моделирования ситуации, имевшей место в европейской части России летом 2010 г., показано, что интенсивность образования вторичного органического аэрозоля (ВОА) в дымовых шлейфах при реальных условиях может существенно зависеть от величины аэрозольной оптической толщи, которая, в свою очередь, зависит от скорости генерации ВОА в результате газофазного окисления полувolatile органических соединений.

ПН РФ Рациональное природопользование,

КТ РФ Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды и ликвидации ее загрязнения,

НН ИПФ физические и химические процессы в атмосфере.

Тема № 4012973 «Структура-3» Грант РФФИ № 14-12-01358 «Нелинейные колебания в динамических сетях с изменяющейся структурой»

Руководитель: В.И. Некоркин

Сроки исполнения: 2014-2016 г.

Исследована коллективная динамика сетей взаимодействующих осцилляторов, связанных между собой пластичными связями. Проведен анализ свойств динамических режимов, наблюдаемых в сети, и выделены области их существования в пространстве параметров. Установлено влияние топологии соединений на режимы динамического поведения сетей. Исследована динамика сложных динамических сетей с модульной топологией и установлено влияния локальных операторов межузловых связей на режимы переключательной сетевой активности. Проведено исследование сложных динамических режимов осцилляторных систем с импульсной запаздывающей обратной связью. Обнаружен новый механизм потери устойчивости регулярных колебаний, при котором наблюдается возникновение сложных колебаний, характеризующихся неравными межимпульсными интервалами – так называемых «дрожащих» режимов. Для экспериментального изучения динамических режимов в таких системах была разработана экспериментальная установка, состоящая из автогенератора и линии задержки.

Разработаны сетевые модели энергосистем и исследована их коллективная динамика. Установлены области в пространстве параметров, отвечающие наличию синхронных и асинхронных режимов. Выявлены закономерности трансформации режимов с изменением электрической структуры сетей. Исследованы различные характеристики синхронных режимов.

ПН РФ – Информационно-телекоммуникационные системы
КТ РФ – Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии
НН ИПФ – Радиофизика и электроника, акустика

Тема № 4022973 «Экситон» Грант РФФИ № 14-19-01702 «Лазеро-индуцированные экситон-плазмонные нано-композиты»

Руководитель: Н.М. Битюрин

Сроки исполнения: 2014-2016 г.

Предложены новые прекурсоры, молекулы, которые будучи введенными в полимерную пленку, под действием лазерного излучения разлагаются с образованием наночастиц сульфида кадмия. В отличие от прекурсоров, описанных в литературе, предложенное в ходе выполнения проекта соединение хорошо растворяется в полимерной пленке.

Полоса люминесценции сульфида кадмия попадает в полосу плазмонного резонанса золотых наночастиц.

В 2015 году в ходе выполнения проекта были предложены новые прекурсоры золотых наночастиц, которые, в отличие от хорошо известных прекурсоров золота, являются химически совместимыми с вышеуказанными прекурсорами сульфида кадмия.

Впервые были получены образцы полимерных пленок, содеоржащие прекурсоры обоих типов. Было показано, что облучение таких пленок мощным УФ излучением приводит к изменению оптических свойств вещества, которое имеет признаки того, что в облученной пленке присутствуют частицы обоих типов.

Таким образом, сделан важный шаг на пути получения фотоиндуцированных экситон-плазмонных нано-композитов, то есть трехмерных сред с экситон-плазмонным резонансом.

Начато теоретическое исследование методов получения пространственно коррелированного распределения частиц обоих типов, то есть например получение сред, в которых плазмонная частица окружена экситонными.

По результатам работы опубликована статья в журнале, входящем в базу данных Web of science и три статьи посланы в печать.

ПН РФ – Индустрия наносистем
КТ РФ – Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов
НН ИПФ – Оптика и лазерная физика

Тема № 4032973 «Переход 2014» Грант РФФИ № 14-15-00840 «Использование лазера – индуцированных неравновесных процессов в медицинских технологиях»

Руководитель: В.А. Каменский

Сроки исполнения: 2014-2016 г.

Предложено новое направление («непрямой») бескровной лазерной хирургии, где излучение воздействует не на саму биоткань, а на преобразующий элемент, который контактирует с биотканью. Выбрано два вида покрытий – с сильно поглощающим покрытием на основе микрочастиц углерода и монослой микроразмерных сфер. Все планы на текущий год были полностью выполнены.

Методика резекции с использованием специального сильно поглощающего слоя на торце оптоволокна, в которой биоткань нагревается в контакте с разогретым лазерным излучением поглощающим слоем раздвигается боковым торцом волокна, позволяет делать рассечение на глубину до 3 мм со скоростью от 30 мм/ мин с зоной коагуляции около 300 мкм. Показана важная роль обратного рассеяния биотканей при использовании лазеров в диапазоне «терапевтического окна прозрачности» биотканей, что приводит к дополнительному нагреву и стабилизации температуры нагретого до 2000 К конца световода. На лабораторных животных было обнаружено, что все используемые режимы с поглощающим слоем на торце волокна обладали лучшей регеративной способностью, чем в случае использования оптоволокна без подобного слоя.

Результаты по лазерному скальпелю на основе монослоя сфер:

- 1) Впервые создана технология нанесения монослоя микросфер на торец волокна.
- 2) Создана теоретическая модель образования микропузырьков на монослое микросфер. Определены параметры оптического излучения позволяющие создать микропузырьки, которые в процессе кавитации могут реализовать давление до 100 атмосфер в области нескольких микрон.
- 3) Контроль образования и наличия пузырьков может быть осуществлен с помощью импульсной ультразвуковой локации, использующей одновременное возбуждение пузырьков короткими и длинными импульсами ультразвуковых волн.

ПН РФ – Науки о жизни

КТ РФ – Биомедицинские и ветеринарные технологии

НН ИПФ – Оптика и лазерная физика

Тема № 4062973 "Оптоакустика-15" Грант РФФИ № 14-15-00709 "Разработка оптико-акустического метода визуализации биотканей с использованием многоэлементной антенны" Грант РФФИ № 14-15-00709

Руководитель И.В. Турчин

Сроки выполнения: 2014–2016

Осуществлена сборка и наладка оптико-акустического томографа. В томографе реализованы режимы электронного и электронно-механического сканирования. Механическое сканирование осуществляется последовательными перемещениями многоэлементной антенны при помощи шагового двигателя с частотой следования лазерных импульсов. Электронное сканирование реализовано посредством последовательной коммутации 64 элементов антенны к 16 каналам аналогово-цифрового преобразования. Для обеспечения возможности совместного использования 64-элементной антенны разработана схема электронной коммутации приемных каналов антенны с имеющимися в распоряжении лаборатории 16 каналами аналогово-цифрового преобразования.

С использованием режимов электронного и электронно-механического сканирования проведены испытания оптико-акустического томографа на модельных кровеносных сосудах. Осуществлена апробация численных методов решения обратной задачи оптико-акустической томографии на реальных сигналах. Для повышения качества реконструкции использовалась интерполяция исходных данных. Продольное/поперечное разрешение оптико-акустического томографа составляет 200/400 мкм в диапазоне глубин диагностики 18 мм.

С использованием одного элемента оптико-акустического томографа исследована возможность перехода от одномодального оптико-акустического имиджинга к тримодальной диагностике, также включающей в себя ультразвуковой и оптический биоимиджинг.

ПН РФ – Науки о жизни

4.6. Гранты Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых – докторов наук

НИР № 8165911 «Дилемма» «Сверхвысокочастотные резонансные волновые процессы в плотной магнитоактивной плазме»

Научный руководитель: д.ф.-м.н. А.Г. Шалашов

Грант Президента РФ №14.120.14.1736-МД

Сроки: 2014-2015.

Развита теория разряда в сильно неоднородном потоке многократно ионизированного газа в условиях резонансного СВЧ нагрева. Исследованы особенности стационарного горения локализованного разряда в потоке ионизированного газа с заданной электронной температурой, многократно превышающей температуру ионов и нейтральных атомов. Разработан эффективный метод расчета распределения электромагнитного поля в неоднородном квазисферическом плазменном образовании, малом по сравнению с длиной электромагнитной волны. Разработана квазиоптическая волновая теория электронно-циклотронного (ЭЦ) нагрева плазмы в крупномасштабной прямой магнитной ловушке, описывающая взаимодействие СВЧ волн с неоднородной плазмой с учетом эффектов дифракции, пространственной дисперсии и нелокального резонансного поглощения. Проведена верификация новой схемы электронно-циклотронного нагрева для крупномасштабной магнитной ловушке ГДЛ.

Критические технологии: Энергетика и энергосбережение.

Приоритетные направления развития науки: Технологии новых и возобновляемых источников энергии; Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепла и электроэнергии.

Направление работ института: Физика плазмы

4.7. Гранты Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук

НИР № 8215911 «Дейтерий» Грант Президента РФ МК-6565.2014.2 «Сильноточный источник ионов изотопов водорода для исследований в области ядерной физики и медицины»

Научный руководитель к.ф.-м.н. В.А. Скалыга

Сроки 2014 – 2015

В ходе работ по проекту продемонстрирована возможность получения пучков ионов дейтерия с током до 450 мА из плазмы разряда, удерживаемой в магнитной ловушке сильноточного ЭЦР ионного источника. Полученные ионные пучки были использованы для бомбардировки нейтронообразующей мишени из тяжелого льда. Продемонстрирована возможность получения нейтронного выхода с мишени с плотностью до 10⁹ нейтронов в секунду с квадратного сантиметра. Тем самым была подтверждена перспективность создания мощного компактного нейтронного генератора на основе сильноточного ЭЦР ионного источника.

Приоритетное направление развития науки, технологий и техники РФ: Науки о жизни

Критическая технология РФ: Биомедицинские и ветеринарные технологии

Научное направление: Электродинамика плазмы.

Тема №8125911 Грант Президента РФ МК-3550.2014.5 "Исследование взаимодействия атмосферы и гидросферы в пограничных слоях для широкого диапазона метеоусловий, включая экстремальные (ураганы)"

Руководитель: к.ф.-м.н. Сергеев Д.А.

Сроки: 2014-2015.

На основе результатов натуральных и лабораторных экспериментов получены новые параметрические зависимости коэффициентов обмена в пограничных слоях атмосферы и океана. Развита физическая представления и модифицированы численные модели ветрового волнового взаимодействия.

Приоритетное направление: Рациональное природопользование

Критическая технология РФ: Технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы

Направление: Физические процессы в океане.

Тема № 8185913 «Прегрант 2013» Грант №МК-2934.2014.2 «Подавление термонаведенных искажений мощного (3-10 кВт) излучения в лазерных элементах произвольной формы с применением криогенного охлаждения, композитных структур и методов компенсации»

Руководитель – к.ф.-м.н. Д. С. Железнов

Сроки исполнения - 2014-2015 г.

В целях разработки новых способов подавления термонаведенных искажений мощного излучения теоретически и численно исследовано влияние геометрии оптического элемента на вносимую в излучение термонаведенную деполяризацию. Теоретически и экспериментально показана значительная зависимость термонаведенной деполяризации от отношения диаметра пучка к диаметру оптического элемента и отношения длины оптического элемента к его диаметру в так называемых переходных геометриях «короткий стержень» и «толстый диск».

Экспериментально измерена тепловая линза и термодеполяризация в перспективной керамике тербий алюминированного граната (TAG) при охлаждении до криогенных температур. Показано, что при охлаждении с 293 К до 79 К термодеполяризация уменьшается в 5 раз, а тепловая линза в 2 раза. Оценки показывают, что использование керамики TAG в криогенном изоляторе Фарадея позволит обеспечить степень изоляции более 30 дБ вплоть до мощностей 3кВт на длине волны 1070 нм.

ПН РФ – Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

КТ РФ – Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетика

НН ИПФ – Оптика и лазерная физика

Тема № 8222912 «Димер1» «Исследование вклада гетеродимеров атмосферных газов в континуальное поглощение миллиметровых и субмиллиметровых волн».

Руководитель к.ф.-м.н. Серов Евгений Александрович.

Срок выполнения работ: 16.02.2015 – 31.11.2016

Определен оптимальный диапазон частот для наблюдения спектральных особенностей гетеродимеров. Разработана экспериментальная методика, позволяющая минимизировать систематическую погрешность измерений. Повышена чувствительность резонаторного спектрометра, произведена его модернизация.

ПН РФ Рациональное природопользование
КТ РФ Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды и ликвидации ее загрязнения

НН ИПФ Физические и химические процессы в атмосфере.

Тема № 8232913 «Ионизация» Грант № МК-5935.2015.2 «Ионизационные процессы в газах под воздействием фемтосекундных лазерных импульсов ближнего и среднего ИК диапазона»

Руководитель М.Ю. Емелин

Сроки выполнения: 2015–2016

На основе квантовомеханических численных расчетов в рамках двумерной модели атома исследован процесс возбуждения направленных токов при оптическом пробое газа двухцветным лазерным излучением, содержащим компоненты поля на основной частоте и ее четвертой гармонике. Длина волны основной компоненты варьировалась в пределах от 494 до 675 нм. Показано, что эффективность возбуждения направленного тока является сложной функцией частоты лазерного излучения с перепадами между максимумами и минимумами более чем на порядок. В то же время, расчеты в рамках классической модели дают лишь слабую и монотонную зависимость эффективности возбуждения направленного тока от частоты лазерного излучения. Сравнение результатов классических и квантовых расчетов позволяет сделать вывод о сильном влиянии энергетического спектра частиц среды на процесс возбуждения направленных токов и генерации терагерцового излучения путем оптического пробоя газов. Наблюдаемые максимумы и минимумы в зависимости величины генерируемого направленного тока от частоты лазерного излучения могут быть интерпретированы как проявление многофотонных резонансных внутриатомных переходов, инициируемых лазерным полем и резко изменяющих условия ионизации атома. Проведенное исследование позволяет сделать вывод о возможности существенного повышения эффективности генерации терагерцового излучения путем тонкой подстройки частоты основной компоненты лазерного излучения в экспериментах с двухцветным полем.

ПН РФ – Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

КТ РФ – Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств

НН ИПФ – Оптика и лазерная физика

4.8. Гранты Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых (Мегагранты)

НИР №8815951 «Дельта-13» «Полупроводниковый CVD алмаз для мощных и высокочастотных электронных приборов»

Договор № 14.В25.31.0021 от 26 июня 2013 года между Министерством образования и науки Российской Федерации, ИПФ РАН и Ведущим ученым (Джеймс Батлер)

Научный руководитель д.ф.-м.н. Вихарев А.Л.

Срок выполнения - 26.06.2013г. – 31.12.2015г.

В ходе выполнения работы в 2015 году были получены следующие основные результаты.

Усовершенствован плазмохимический 2,45 ГГц реактор для эпитаксиального осаждения монокристаллического CVD алмаза высокого качества с содержанием азота внутри образца не более 10 - 15 ppb (1ppb= 10^{-7} %). Такой уровень азотной примеси соответствует пленкам электронного качества. В результате проведенного цикла экспериментов по гомоэпитаксиальному CVD росту алмаза получены алмазные CVD слои, которые имеют качество выше, чем у подложек и толщину около 1 мм. Качество экспериментальных образцов эпитаксиальных слоев CVD алмаза исследовано методами микрорамановской спектроскопии.

Разработана методика механической обработки подложек из монокристаллического HPHT алмаза, подготовлена серия подложек (100) HPHT алмаза размером (3,5x3,5x0,5 мм³) с шероховатостью менее 1Å и углом разориентации не более 0,1°. Исследован процесс травления монокристаллических подложек методом ICP-RIE (inductively coupled plasma – reactive ion etching) в Ar/Cl₂ плазме при низком давлении, показано, что ICP-RIE метод является перспективным для однородного удаления поверхностного слоя монокристаллической алмазной подложки, нарушенного в процессе шлифовки. Установлено, что используемый метод травления не приводит к ухудшению шероховатости поверхности, достигнутой в процессе механической полировки. Выявлено, что при травлении подложек в ICP-RIE плазме с увеличением глубины травления уменьшается плотность дефектов шлифовки, вплоть до их полного исчезновения.

Разработан метод получения однородно легированных бором слоев CVD алмаза толщиной 2-2,5 мкм в плазмохимическом 2,45 ГГц реакторе с использованием жидкого борсодержащего вещества, концентрация бора в выращенных экспериментальных алмазных образцах находилась в пределах 10^{18} - 10^{19} см⁻³. Показано, что управление потоком водорода через раствор триметилбората в этиловом спирте, а также концентрацией триметилбората, позволяет расширить диапазон уровня легирования алмаза бором от 10^{16} до 10^{21} см⁻³. Разработан метод контроля уровня легирования непосредственно в процессе роста CVD алмаза. Электрофизические характеристики легированных бором слоев CVD алмаза толщиной 2-2,5 мкм были исследованы методами рентгеновской топографии и дифрактометрии, ИК-Фурье спектроскопии, катодолюминесценции.

В результате измерений методом спектроскопии адмиттанса были определены I-V и C-V характеристики сильно легированных бором экспериментальных образцов монокристаллических алмазных слоев. Была установлена зависимость энергии активации примесей бора от степени легирования. Обнаружен переход к прыжковому типу проводимости при высоких концентрациях бора.

Создан принципиально новый тип реактора для получения легированного бором дельта слоя CVD алмаза. На данном реакторе получены сильно легированные бором дельта-слои алмаза толщиной 2-3 нм, демонстрирующие рекордную холловскую подвижность дырок. Данный реактор позволяет создавать предложенный и рассчитанный новый профиль дельта-легированного проводящего канала полевого транзистора, в котором распределение концентрации бора имеет два близко расположенных максимума (на расстоянии порядка 3 нм). Показано, что такой профиль легирования обеспечивает повышение подвижности носителей более чем в три раза по сравнению с профилем, который имеет один максимум.

По результатам работы опубликовано 6 работ в рецензируемых журналах, 5 работ направлено в печать.

Тема №8825952 «Молния» «Молнии и грозы: физика и эффекты»
Договор от 28.07.2013 г. № 14.B25.31.0023 с Министерством образования и науки РФ.

Руководитель: Мареев Евгений Анатольевич

Сроки выполнения: 01.01.2015 - 31.12.2015

Исследована генерация и распространение электромагнитных излучений молнии в целях совершенствования технологии грозопеленгации молний. Разработаны основы оперативного мониторинга экстремальных метеорологических явлений с учетом анализа молниевой активности.

Проведен анализ обратных связей, обусловленных молниевой активностью, в химико-климатической модели высокого разрешения. Проведены эксперименты с триггерным разрядом в заряженном аэрозольном облаке. Разработаны модели ступенчатого лидера и компактного внутриоблачного разряда

Разработаны модели генерации и распространения электромагнитных излучений молний. Сформулированы предложения по оперативному мониторингу экстремальных метеорологических явлений с учетом анализа молниевой активности.

Проанализированы обратные связи, обусловленных молниевой активностью, в химико-климатической модели высокого разрешения. Проведены эксперименты с триггерным разрядом в заряженном аэрозольном облаке. Представлена модель ступенчатого лидера и компактного внутриоблачного разряда.

Выработаны предложения по совершенствованию российской грозопеленгационной сети. Выработаны предложения по космическим экспериментам, направленным на локацию молниевых вспышек и изучение климатологии молний и гроз. Модернизирована модель глобальной электрической цепи. Разработан спецкурс «Физика молнии».

Приоритетное направление: Рациональное природопользование;
Критическая технология РФ: технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы;
Научные направления: физика атмосферы.

Тема № 8855952, «Мегаклимат» «Новые подходы к исследованию климатических процессов и прогнозу экстремальных явлений»

Договор от «24» марта 2014 г. № 14.Z50.31.0033 между Министерством образования и науки Российской Федерации, ИПФ РАН и Ведущим ученым Юргеном Куртцем

Руководитель: Фейгин А.М.

Срок 24.03.2014 - 31.12.2016.

Разработаны новые средства реконструкции, классификации, дизайна, управления и адаптации «сетей из сетей». Исследованы процессы формирования структур в эволюционирующих «сетях из сетей»: коллективное поведение, кластеризация и синхронизация. Разработаны новые методы детектирования взаимодействий и направленности связей в сложных системах. Разработаны прогностические эмпирические модели Северо-Атлантического колебания, формирования блокингов над Центральной Россией, Южного колебания Эль-Ниньо (ЮКЭН) и Тихоокеанского декадного колебания (ТДК). Исследовано влияние ЮКЭН и ТДК на глобальный климат. Проанализировано влияния блочной структуры топологии сети на свойства синхронизации средней блочной активности. Разработана прогностическая эмпирическая модель поведения (от межгодового до декадного) арктического морского льда.

Приоритетное направление: Рациональное природопользование;
Критическая технология РФ: технологии мониторинга и прогнозирования
состояния атмосферы и гидросферы;
Научное направление: физика атмосферы.

Тема №8845953, шифр «Фукс» «Лабораторные и численные исследования плазменных явлений в экстремальных астрофизических объектах»

Грант Правительства Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования, научных учреждениях государственных академий наук и государственных научных центрах Российской Федерации № 12.Z50.31.0007.

Руководитель: Стародубцев М. В.

Сроки выполнения: 01.01.2014 - 31.12.2014

Проведена серия экспериментов по ускорению протонов в режиме TNSA. Для этого были проведены подготовительные работы, а в частности были оптимизированы длительность и фокусировка лазерного излучения при помощи адаптивной лазерной системы, были разработаны и реализованы два подхода к измерению спектров ускоренных протонов (магнитный спектрометр томсоновская парабола и трековый детектор на основе радиохромных пластинок), была установлен рентгеновский спектрометр, для измерения K-alpha излучения алюминия в области взаимодействия.

После этого была проведена серия из более чем 70 выстрелов с энергией лазерного импульса от 2 до 10 Дж, в ходе которых зафиксированы показания подготовленных диагностик и проведен анализ полученных экспериментальных данных.

Основным результатом серии экспериментов стало получение протонных пучков с максимальной энергией превышающей 43 МэВ, что является мировым рекордом энергии TNSA протонов полученных при помощи лазерного импульса с энергией менее 10 Дж.

Кроме этого были проведены работы по модернизации экспериментального стенда для проведения экспериментов по моделированию разлета плазмы в присутствии сильно внешнего магнитного поля. Для этих целей был спроектирован, оптический тракт для наносекундного излучения лазера накачки финального каскада параметрического усиления системы PEARL, доставляющий излучение с апертурой 120 мм и энергией до 200 Дж в мишенную камеру; разработана, изготовлена (у подрядчика), и протестирована криогенная импульсная система создания внешнего магнитного поля с амплитудой до 20 Т в области взаимодействия мишени с лазерным импульсом в объеме с линейным размером до 15 мм; разработана и изготовлена система интерферометрической и поляриметрической диагностики области взаимодействия с учетом просветов магнитной системы; разработана и апробирована новая моторизованная система закрепления и позиционирования мишени с использованием длинных стеклянных (диэлектрических) штанг для помещения мишени в магнитную систему учетом отверстий в магнитной системе и возможных перемещений системы при откачке и в ходе разряда накопительных блоков, создающих магнитное поле.

Также были проведены численные эксперименты по моделированию проведенных экспериментов по ускорению протонов, а также для моделирования наносекундной плазмы, ограниченной внешним магнитным полем в планируемых экспериментах. Ввиду присутствия сильно различных временных и пространственных масштабов в системе, использовался гибридный код на основе PIC-кода и МГД-кода.

ПН РФ – Энергетика и энергосбережение

КТ РФ – Энергоэффективные световые устройства

НН ИПФ – Оптика и лазерная физика

Тема № 8835953 «Лаборатория» «Диагностика новых оптических материалов для перспективных лазеров»

Договор от «28» июня 2013г. № 14.В25.31.0024 между Министерством образования и науки Российской Федерации, научным учреждением Российской академии наук и ведущим ученым, осуществляющим руководство научным исследованием, о выделении гранта правительства Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования, научных учреждениях государственных академий наук и государственных научных центрах Российской Федерации

Руководитель: О. В. Палашов

Сроки исполнения: 2013-2015 г.

На базе технологического стенда, позволяющего изготавливать композитные оптические элементы, создан активный элемент Yb:YAG/YAG для высокоэффективного (более 35%) мощного (более 350Вт) дискового лазера с водяным охлаждением. На базе технологического стенда, позволяющего изготавливать цилиндрические магнитные системы, представляющие собой набор аксиально и радиально намагниченных колец, созданы оптические изоляторы, работающие при киловаттном уровне средней по времени мощности на перспективных кристаллах Tb:CaF₂ и TСАГ (отечественного и японского производства).

На базе измерительных стендов проведены экспериментальные исследования характеристик различных перспективных сред (керамики MgAl₂O₄, Y₃Al₅O₁₂, кристаллов CaF₂, BaF₂ и SrF₂). Разработан ряд уникальных изоляторов Фарадея: на неполяризованное излучение (в котором, после деления на ортогонально поляризованные пучки, оба проходят через один магнитооптический элемент, что приводит к ослаблению термонаведенной деполаризации); на лазерный пучок с квадратным поперечным сечением; широкоапертурный (на монокристалле TGG с уникальной световой апертурой диаметром 40 мм).

ПН РФ – Энергетика и энергосбережение

КТ РФ – Энергоэффективные световые устройства

НН ИПФ – оптика и лазерная физика

5. Премии и награды

Медаль Российской академии наук с премией для молодых ученых

В.Ю.Заславский за работу "Использование двумерной распределенной обратной связи для генерации пространственно-когерентного излучения мощными релятивистскими электронными пучками"

Медаль Исаака Ньютона

(Европейский научно-промышленный консорциум)

Пелиновский Е.Н. "За особые заслуги и достижения в развитии физико-математических наук и образования"

Серебряный знак профсоюзов РАН

Глявин М.Ю.

Почетный Диплом Губернатора Нижегородской области

Каменский В.А. за изобретательскую и рационализаторскую деятельность

Благодарственное письмо Правительства Нижегородской области

Оладышкин И.В.

Почетная грамота Министерства образования Нижегородской области

Литвак А.Г., Третьякова С.Е.

Почетный диплом “За заслуги в подготовке научно-педагогических и научных кадров в Нижегородской области”

Голубев С.В.

Благодарственное письмо Министерства образования Нижегородской области

Рябкин М.Ю., Коржиманов А.В.

Викторов Михаил Евгеньевич, URSI Young Scientist Award at 1st URSI Atlantic Radio Science Conference (URSI AT-RASC 2015), 2015 (certificate).

Гарасев М.А. Диплом за устный доклад "Численное моделирование динамики верхних слоев атмосфер нейтронных звезд" XIV Конференции молодых ученых "Взаимодействие полей и излучения с веществом", Иркутск, 2015

Маткинский В.А. – диплом II степени на XIII Всероссийском молодежном Самарском конкурсе-конференции научных работ по оптике и лазерной физике.

Кузнецов И.И. – диплом победителя программы «Умник».

Кузнецова А.М., Байдаков Г.А. Диплом за проведение натуральных исследований в рамках конференции «Великие реки России».

6. Диссертации

Докторские диссертации

Стародубцев М.В. «Лабораторное исследование волновых процессов резонансных диапазонов частот в магнитоактивной плазме» – диссертационный совет Д 002.069.02 на базе ИПФ РАН, дата защиты: 14 декабря 2015 г, специальность 01.04.08 – физика плазмы.

Кандидатские диссертации

Махалов В.Б. «Приготовление и диагностика двумерного ферми-газа атомов». Специальность: 01.04.21 – лазерная физика. Диссертационный совет Д003.024.01 на базе Института лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук, дата защиты: 17.04.2015.

Иляков И.Е. «Исследование новых схем генерации и детектирования терагерцового излучения, основанных на взаимодействии фемтосекундных лазерных импульсов с твердотельными и газовыми средами». Специальность: 01.04.21 - лазерная физика. Диссертационный совет Д 002.069.02 на базе ИПФ РАН, дата защиты: 19.10.2015 г

Павличенко И.А. «Поверхностные и объемные плазмоны, возбуждаемые в наноразмерных структурах лазерными импульсами и потоками заряженных частиц», специальность 01.04.03. – радиофизика. Диссертационный совет Д 212.166.07 на базе Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, дата защиты 16.12.2015.

Конюшков А.П. «Переходные процессы в импульсных генераторах и регенеративных усилителях на основе релятивистской лампы обратной волны», специальность 01.04.03 - радиофизика. Диссертационный совет Д 002.069.02 на базе ИПФ РАН, дата защиты 21.12.2015.

Миронов Е.А. «Формирование заданных магнитных полей в магнитооптических элементах лазерных устройств» – диссертационный совет Д 002.069.02 на базе ИПФ РАН, дата защиты 20 апреля 2015 г, специальность 01.04.21 – лазерная физика.

Мальков Ю.А. «Лазерная генерация ускоренных частиц и коротковолнового излучения с использованием диэлектрических капилляров» – диссертационный совет Д 002.069.02 на базе ИПФ РАН, дата защиты 20 апреля 2015 г., специальность 01.04.21 – лазерная физика.

Гачева Е.И. «Управление параметрами лазерных драйверов для фотоинжекторов ускорителей электронов» – диссертационный совет Д 002.069.02 на базе ИПФ РАН, дата защиты 22 июня 2015 г., специальность 01.04.21 – лазерная физика.

Яшунин Д.А. «Микро/нано- структурирование и нелинейно-оптическая диагностика материалов с помощью фемтосекундного лазерного излучения и атомно-силовой микроскопии» – диссертационный совет Д 002.069.02 на базе ИПФ РАН, дата защиты 19 октября 2015 г., специальность 01.04.21 – лазерная физика.

Старобор А.В. «Термонаведенная деполяризация в лазерных оптических элементах сложной геометрии с произвольным аспектным отношением» – диссертационный совет Д 002.069.02 на базе ИПФ РАН, дата защиты: 26 октября 2015 г., специальность 01.04.21 – лазерная физика.

Стукачев С.Е. «Дифракционный метод регистрации оптических волновых полей» – диссертационный совет Д 002.069.02 на базе ИПФ РАН, дата защиты 26 октября 2015 г., специальность 01.04.03 – радиофизика.

Снетков И.Л. «Различные способы компенсации термонаведенных искажений излучения в оптических элементах лазеров» – диссертационный совет Д 002.069.02 на базе ИПФ РАН, дата защиты 21 декабря 2015 г., специальность 01.04.21 – лазерная физика.

Ильин Н. В. «Взаимодействие электромагнитных полей с резонансными метаматериалами и металлическими наночастицами». Диссертационный совет: Д 212.166.07 на базе Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, специальность 01.04.03 - радиофизика, дата защиты 02 декабря 2015.

Шургалина Е.Г. Динамика ансамбля нерегулярных волн в прибрежной зоне. Специальность 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы. Совет Д 212.165.10 на базе Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексева, дата защиты 22 апреля. 2015 г.

7. Сотрудники института – члены научных обществ и организаций

Российская академия наук

Академики: А. В. Гапонов-Грехов, В. В. Железняков, А. Г. Литвак, В. И. Таланов
члены-корреспонденты: В. А. Зверев, Вл. В. Кочаровский, Е. А. Мареев,
М. И. Рабинович, А. М. Сергеев, Е. А. Хазанов, Г. Г. Денисов

Президиум Российской академии наук

А. Г. Литвак – член Президиума

Бюро Отделения физических наук РАН

В. В. Железняков, А. Г. Литвак – члены бюро

Президиум Нижегородского научного центра РАН

А. Г. Литвак – председатель, В. В. Железняков

Научный совет РАН по оптике и лазерной физике

А. М. Сергеев

Научный совет РАН по акустике

А. Г. Лучинин – член бюро, председатель секции, А. И. Малеханов, А.И. Хилько

Научный совет РАН по гидрофизике

А. Г. Лучинин – председатель секции, В. В. Баханов, А. И. Хилько

Научный совет РАН по нелинейной динамике

А. В. Слюняев – ученый секретарь

Научный совет РАН по астрономии

В. В. Зайцев – член бюро, председатель секции, В. В. Железняков – член бюро,
Вл. В. Кочаровский – член бюро секции

Научный совет РАН по химии высокочистых веществ

В. И. Родченков

Научный совет РАН по распространению радиоволн

Л. И. Федосеев, Ю. В. Чугунов – члены совета

Научный совет РАН по биомеханике

В. А. Антонец – член совета

Всемирная федерация научных работников

В. Ф. Вдовин - вице-президент

Международный астрономический союз (IAU)

В. М. Губченко, В. В. Зайцев, Е. Я. Злотник, В. В. Железняков, А. Г. Кисляков,
Вл. В. Кочаровский, В. Е. Шапошников, И. И. Зинченко

Международное общество инженеров оптиков (SPIE)

Е. А. Хазанов, Е. А. Перевезенцев, М. С. Клешнин, М.Ю. Кириллин, А. Г. Орлова,
В. Ю. Зайцев

Международный радиосоюз (URSI)

В. Л. Братман – член РНК, Ю. В. Чугунов – член РНК, член комиссии «Волны в плазме», И. И. Зинченко, А. Г. Демехов, А. И. Смирнов, Л. И. Федосеев

Общество геофизиков-разведчиков (Society of Exploration Geophysics - SEG)

А.В. Лебедев

Международная комиссия по цунами (Tsunami Society)

Е. Н. Пелиновский

Европейское астрономическое общество (EAS)

В. М. Губченко, И. И. Зинченко, В. В. Зайцев, В. В. Железняков, А. Г. Кисляков, Вл. В. Кочаровский, В. Е. Шапошников, С. А. Корягин

Европейское сообщество солнечных радиоастрономов (CESRA)

В. В. Зайцев, Е. Я. Злотник, В. В. Железняков

Европейское физическое общество (EPS)

Вл. В. Кочаровский

Европейский геофизический союз (EGU)

П. А. Беспалов, О. Д. Шишкина, Мухин Д.Н., Куликов М.Ю., Фейгин А.М., О. А. Дружинин, А.А. Швецов

Комиссия по исследованию космоса (COSPAR)

П. А. Беспалов, А. Г. Демехов, В. М. Губченко, В.Ю. Караев, Ю. Титченко, М. Панфилова

Европейская акустическая ассоциация (ЕАА)

В.Ю. Зайцев

Европейская академия

Ю. И. Троицкая

European Network for Novel Acceleration

И.Ю. Костюков – член Совета

Electron Device Society

М. И. Петелин

Программный комитет по рентгеновому спутнику «Интеграл»

Европейского космического агентства

В. В. Железняков, Вл. В. Кочаровский

Российский программный комитет по рентгеновому спутнику «Спектр-рентген-гамма»

Вл. В. Кочаровский

Российское астрономическое общество

И. И. Зинченко, В. В. Зайцев, Е. Я. Злотник, А. Г. Кисляков

Российское акустическое общество

А. Г. Лучинин – член правления, И. Н. Диденкулов – член правления, А. В. Лебедев, А. Л. Вировлянский, Л. Я. Любавин, В. В. Казаков, Е. М. Тиманин, А. И. Хилько, В. Ю. Зайцев, А.Д. Мансфельд

Российское общество нейроинформатики

В. Г. Яхно – член правления

**Научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи
им. А. С. Попова**

В. И. Родченков

Оптическое общество им. Д. С. Рождественского

, А. Г. Лучинин

Национальная ассоциация по фотодинамической терапии и диагностике

Н. М. Шахова – член правления

Межрегиональная ассоциация когнитивных исследований

В. Г. Яхно – член правления, С. Б. Парин, С. А. Полевая, И. В. Нуйдель, В.А. Антонец

Российская ассоциация экспериментальной психологии

В.А. Антонец – член ассоциации

Американское акустическое общество (ASA)

А. В. Лебедев, А. Л. Вировлянский, А. И. Хилько

Американское физическое общество (APS)

М. С. Гитлин, В. В. Кочаровский, Вл. В. Кочаровский, А. Г. Литвак

Американский геофизический союз (AGU)

П. А. Беспалов, С. С. Давыденко, А.Г. Демехов, Д. Н. Мухин, Е. М. Лоскутов, Фейгин А.М.

Американское оптическое общество (OSA)

О. Л. Антипов, Н. М. Битюрин, А. Н. Вадимова, Е. И. Гачева, А. В. Ким, И. И. Кузнецов, О. В. Кулагин, Вл. В. Кочаровский, М. Ю. Рябикин, А. Н. Степанов, Е. А. Хазанов, П. А. Хандохин, А. В. Старобор Е. А. Перевезенцев.

Американское астрономическое общество (AAS)

Вл. В. Кочаровский

Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE)

В. Ф. Вдовин, М. С. Гитлин, А. Г. Литвак, М. И. Петелин, А. В. Стриковский, Е. А. Хазанов, В.Ю. Караев

American Ceramic Society

К. И. Рыбаков

American Chemical Society (ACS)

Н. М. Битюрин

American Institute of Aeronautic and Astronautics (AIAA)

В. М. Губченко

Creogenic Society of America

В. Ф. Вдовин

Asia-Oceania-Geophysical Society (AOGS)

В. М. Губченко

Университетский колледж Лондона

Н.Ф. Зобов – почетный исследователь

Институт квантовой науки и технологии Техасского АМ университета

Е.В. Радионычев – почетный исследователь

Эксперты Европейской комиссии “Europlanet”

В. В. Зайцев, В. Е. Шапошников

Экспертный совет по премии им. А. А. Белопольского

В. В. Железняков

Совет по грантам Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых наук и ведущих научных школ

Сергеев А.М. - эксперт

Совет по грантам Правительства Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования, научных учреждениях государственных академий наук и государственных научных центрах Российской Федерации

Кочаровский Вл. В. – член совета

Министерство образования и науки РФ

Е. Н. Пелиновский - эксперт

Редколлегия журнала “Infrared, Millimeter and Terahertz Waves”

А. Г. Литвак

Редколлегия журнала “Terahertz Science and Technology”

В. Л. Братман

Редколлегия журнала “The International Journal of Modern Physics D”

Вл. В. Кочаровский

Редколлегия журнала “The Open Plasma Physics Journal”

В. Б. Гильденбург, А. В. Савилов

Редколлегия журнала “Open Oceanography Journal”

Е. Н. Пелиновский – Chief Editor

Journal of Ocean Engineering and Marine Energy

Е. Н. Пелиновский – Associative Editor

Редколлегия журнала “Photonics & Lasers in Medicine”

Н. М. Шахова

Международный редакционный совет журнала “The International Journal of Bifurcation and Chaos”

В. И. Некоркин

Advances in Nano Research

В.А. Кукушкин

Редколлегия журнала «Известия РАН. Серия физическая»

А. В. Гапонов-Грехов – главный редактор

Редколлегия журнала «Физика плазмы»

А. В. Гапонов-Грехов

Редколлегия журнала «Акустический журнал»

А. В. Гапонов-Грехов, А. Г. Лучинин

Редколлегия журнала «Известия ВУЗов Радиофизика»

В. В. Железняков – главный редактор, С. С. Давыденко – ответственный секретарь,
А. В. Гапонов-Грехов, В. И. Таланов, В. Л. Братман, С. Н. Власов, В. А. Зверев

Редколлегия журнала «Геомагнетизм и аэронавигация»

А. Г. Демехов

Редколлегия журнала «Известия АН Физика атмосферы и океана»

Ю. И. Троицкая

Редколлегия журнала «Известия ВУЗов Прикладная нелинейная динамика»

В. И. Некоркин, В. Г. Яхно

Редколлегия Письма в Астрономический журнал

Вл. В. Кочаровский

Редколлегия журнала «Фотодинамическая терапия и фотодиагностика»

Н. М. Шахова – член редколлегии

Редколлегия журнала «Фундаментальная и прикладная гидрофизика»

Е. Н. Пелиновский, А. Г. Лучинин, Ю.И. Троицкая

Научный консультант Большой российской энциклопедии

В. И. Некоркин (раздел «Физика и астрономия»)

Советы по защите докторских и кандидатских диссертаций при Институте прикладной физики РАН

А. В. Гапонов-Грехов, В. В. Железняков, В. А. Зверев, А. Г. Литвак, Ю. В.

Чугунов, А. А. Абрашкин, Р.А. Ахмеджанов, П. А. Беспалов, Н. М, Битюрин, В. Л. Братман, А. Л. Вировлянский, А. Л. Вихарев, С. Н. Власов, В.М. Геликонов, В.Б. Гильденбург, Н. С. Гинзбург, С. В. Голубев, А.Г. Демехов, Г. Г. Денисов, Н. Ф. Ковалев, Вл. В. Кочаровский, И.Ю. Костюков, А. Г. Лучинин, А. И. Малеханов, Е. А. Мареев, В. Е. Назаров, В. И. Некоркин, Е. Н. Пелиновский, В. П. Реутов, А. Г. Сазонтов, В. Е. Семенов, А. М. Сергеев, Н.С. Степанов, А.И. Смирнов, Е. В. В. И. Таланов, М.Д. Токман, Ю. И. Троицкая, А. М. Фейгин, Г. М. Фрайман, Е. А. Хазанов

Совет по защите докторских и кандидатских диссертаций при Институте физики микроструктур РАН

В. Л. Братман, Вл. В. Кочаровский, В. Е. Семенов, С.В. Голубев

Совет по защите при Нижегородском техническом университете

Ю. В. Чугунов

Совет по защите при Нижегородском государственном университете

Ю. В. Чугунов

Совет по защите докторских и кандидатских диссертаций при Научно-исследовательском радиофизическом институте

В. В. Зайцев, С. В. Голубев, И. И. Зинченко, А. Г. Демехов

Временный совет по защите диссертаций университета Париж-7 и университета Бургундии (Франция)

В. И. Некоркин

РФФИ

Е. А. Мареев – зам.председателя регионального экспертного совета РФФИ по Нижегородской области, И. А. Сергиевская-ученый секретарь регионального экспертного совета РФФИ по Нижегородской области

Совет регионального отделения Общероссийской общественной организации «Российская ассоциация содействия науке»

Вл. В. Кочаровский – председатель

Научно-попечительский совет Нижегородского планетария

Вл. В. Кочаровский – председатель, Е. Я. Злотник

Группа по работе общества «Знание» при Нижегородском научном центре РАН

Вл.В.Кочаровский – руководитель, А. В. Лапинов – председатель, Д.С. Железнов – член оргкомитета

Оргкомитет открытой городской олимпиады по астрономии, астрофизике и физике космоса

Вл.В.Кочаровский - председатель

8. Интеллектуальная собственность института (отчет об изобретательской и патентно-лицензионной работе)

Поданы следующие заявки на выдачу патента на изобретение:

1. Заявка №2015119098 от 20.05.2015 на изобретение «Усилитель лазерного излучения с большим коэффициентом усиления, высокой средней и пиковой мощностью и высоким качеством выходного пучка» авторов Кузнецова И.И., Мухина И.Б., Палашова О.В.
2. Заявка №2015107173 от 02.03.2015 на изобретение «Способ спекания керамических изделий с использованием воздействия интенсивного микроволнового излучения» авторов Быкова Ю.В., Егорова С.В., Еремеева А.Г., Рыбакова К.И., Сорокина А.А., Холопцева В.В.
3. Заявка №2015119693 от 26.05.2015 на изобретение «Устройство для флуоресцентной диагностики и мониторинга фотодинамической терапии» авторов Клешнина М.С., Турчина И.В., Фикса И.И., Воробьева В.А.
4. Заявка №2015123220 от 16.06.2015 на изобретение «Плазмохимический способ получения халькогенидных стекол системы As-S и устройство для его реализации» авторов Мочалова Л.А., Лобанова А.С., Кострова А.В., Стриковского А.В., Степанова А.Н., Воротынцева В.М., Нежданова А.В., Машина А.И.
5. Заявка №2015125271 от 25.06.2015 на изобретение «Многопроходный лазерный усилитель на дисковом активном элементе» авторов Перевезенцева Е.А., Мухина И.Б., Палашова О.В.
6. Заявка №2015125868 от 29.06.2015 на изобретение «Изолятор Фарадея с неоднородным магнитным полем для лазеров большой мощности» авторов Миронова Е.А., Войтовича А.В., Палашова О.В.
7. Заявка №2015127605 от 08.07.2015 на изобретение «Изолятор Фарадея для неполяризованного лазерного излучения» авторов Палашова О.В., Старобора А.В.
8. Заявка №2015135143 от 19.08.2015 на изобретение «Оптический вентиль с монокристаллическим магнитооптическим элементом для лазеров большой мощности» авторов Снеткова И.Л., Палашова О.В.
9. Заявка №2015141453 от 29.09.2015 на изобретение «Способ управления сейсмоакустическими косами и устройство позиционирования для его осуществления» автора Костылева К.А.
10. Заявка №2015143918 от 13.10.2015 на изобретение «Оптический вентиль с компенсацией термонаведенной деполяризации в магнитном поле» авторов Снеткова И.Л., Палашова О.В.
11. Заявка №2015147452 от 05.11.2015 на изобретение «Твердотельный усилитель лазерного излучения с диодной накачкой с большим коэффициентом усиления и высокой средней мощностью» авторов Кузнецова И.И., Мухина И.Б., Палашова О.В.
12. Заявка №2015147454 от 05.11.2015 на изобретение «Изолятор Фарадея со стабилизацией степени изоляции» авторов Миронова Е.А., Войтовича А.В., Палашова О.В.
13. Заявка №2015146425 от 29.10.2015 «Способ определения высотного профиля температуры средней атмосферы» авторов Караштина Д.А., Куликова М.Ю., Беликовича М.В., Кукина Л.М., Мухина Д.Н., Красильникова А.А., Рыскина В.Г., Швецова А.А., Скалыги Н.К., Федосеева Л.И., Фейгина А.М.
14. Заявка №2015149331 от 18.11.2015 «Способ различения аномалий на водной поверхности средствами многочастотной СВЧ-радиолокации» авторов Ермакова С.А., Сергиевской И.А., Шоминой О.В., Капустина И.А.

15. Заявка №2015153002 от 10.12.2015 «Сильноточный источник пучков ионов на основе плазмы электронно-циклотронного резонансного разряда, удерживаемой в открытой ловушке» авторов Голубева С.В., Изотова И.В., Разина С.В., Сидорова А.В., Скалыги В.А.
16. Заявка №2015153001 от 10.12.2015 «Способ определения скорости ветра над водной поверхностью» авторов Баханова В.В., Зуйковой Э.М., Лучинина А.Г., Репиной И.А., Титова В.И.
17. Заявка №2015153001 от 10.12.2015 «Способ создания легированных дельта-слоев в CVD алмазе» авторов Лобаева М.А., Мучникова А.Б., Вихарева А.Л.
18. Заявка №2015153001 от 10.12.2015 «Способ измерения поглощаемой мощности в единице объема плазмы СВЧ разряда» авторов Лобаева М.А., Богаднов С.А., Горбачев А.М., Радищев Д.Б., Вихарева А.Л.

Поданы следующие заявки на регистрацию программ для ЭВМ:

1. «Программа для расчета нелинейной динамической моды и ее обоснованности по многомерному временному ряду (версия1)». Авт. Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М., Беликович М.В., Караштин Д.А.
2. «Программа обработки последовательности цифровых изображений потоков сплошных сред (жидкостей и газов) для нахождения полей скорости течений (Vortex). Авт. Баландина Г.Н., Сергеев Д.А., Троицкая Ю.И.
3. «Программа для калибровки численных схем климатических моделей, основанная на методе байесового осреднения на регулярной широтно-долготной вычислительной сетке». Авт. Елисеев А.В., Чернокульский А.В.
4. «Программа для расчета стохастической модели оператора эволюции на базе нейронных сетей, ее обоснованности и прогноза поведения по скалярному временному ряду». Авт. Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М.
5. «Программа для расчета нелинейной динамической моды и ее обоснованности по многомерному временному ряду с оптимизацией по размерности». Авт. Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М.
6. «Программа расчета спектра протонных пучков, полученных в результате лазерного ускорения протонов в режиме TNSA, по данным о затемнении радиохромных пленок». Авт. Еремеев А.А., Соловьев А.А., Бурдонов К.Ф.

Получены свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:

1. Свидетельство № 2015611321. «Программа для расчета пространственно-временной моды по многомерному временному ряду». Авт. Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М., Беликович М.В., Караштин Д.А.
2. Свидетельство № 2015617219. «Программа расчета спектра электронных пучков, полученных в результате лазерного ускорения в поле кильватерной плазменной волны по данным с двухэкранного одноимпульсного спектрометра». Авт. Соловьев А.А., Стародубцев М.В.
3. Свидетельство № 2015614269. «Программа для расчета нелинейной динамической моды и ее обоснованности по многомерному временному ряду (версия1)». Авт. Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М., Беликович М.В., Караштин Д.А.
4. Свидетельство № 2015616658. «Программа обработки последовательности цифровых изображений потоков сплошных сред (жидкостей и газов) для нахождения полей скорости течений (Vortex). Авт. Баландина Г.Н., Сергеев Д.А., Троицкая Ю.И.

5. Свидетельство № 2015660260 «Программа для калибровки численных схем климатических моделей, основанная на методе байесового осреднения на регулярной широтно-долготной вычислительной сетке. Авт. Елисеев А.В, Чернокульский А.В.
6. Свидетельство № 2015661379 «Программа для расчета стохастической модели оператора эволюции на базе нейронных сетей, ее обоснованности и прогноза поведения по скалярному временному ряду» Авт. Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М.
7. Свидетельство № 2015618068 «Программа для расчета нелинейной динамической моды и ее обоснованности по многомерному временному ряду с оптимизацией по размерности» Авт. Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М.

Получены следующие патенты РФ:

1. Патент № 2548943 на изобретение «Фотолитографический интерференционный способ создания наноразмерных двумерно-периодических структур на светочувствительном материале произвольной площади» автора Верёвкина Ю.К. зарег. 25.03.2015 (по заявке №2013146419 от 18.10.2013).
2. Патент № 2548688 на изобретение «Импульсно-периодический лазер на неодимовом стекле для накачки мощных титан-сапфировых усилителей, работающий с частотой повторения импульсов не менее 0.02 Гц» авторов Кузьмина А.А., Хазанова Е.А., Шайкина А.А. зарег. 24.03.2015 (по заявке №2013146420 от 18.10.2013).
3. Патент № 2560356 на изобретение «Способ получения оптически прозрачных монокристаллов граната» авторов Иванова И.А., Бульканова А.М., Палашова О.В., Железнова Д.С. зарег. 21.07.2015 (по заявке №2013153667 от 03.12.2013).
4. Патент № 2558273 на изобретение «Способ определения теплопроводности твердых тел» авторов Кузнецова И.И., Мухина И.Б., Силина Д.Е., Палашова О.В., зарег. 01.07.2015 (по заявке №2013155766 от 17.12.2013)
5. Патент № 2559863 на изобретение «Изолятор Фарадея на постоянных магнитах для лазеров большой мощности» авторов Иванова И.А., Бульканова А.М., Палашова О.В., Железнова Д.С., зарег. 17.07.2015 (по заявке №2013155764 от 17.12.2013).
6. Патент № 2557677 на изобретение «Способ наноструктурирования поверхности диэлектрической подложки с помощью ближнепольной литографии» авторов Битюрина Н.М., Афанасьева А.В., Пикулина А.В., зарег. 29.06.2015 (по заявке №2014107793 от 03.03.2014)
7. Патент № 2556462 на изобретение «Способ поиска и восстановления информации о событии по известному временному периоду и имеющимся базам данных» автора Шишкиной О.Д., зарег. 16.06.2015 (по заявке №2014113210 от 07.04.2014)
8. Патент № 2562924 на изобретение «Способ измерения характеристик волнения водной поверхности» авторов Караева В.Ю., Мешкова Е.М., Титченко Ю.А., зарег. 17.08.2015 (по заявке №2014122743 от 03.06.2014)
9. Патент № 2560438 на изобретение «Способ соединения деталей оптического элемента из кристаллов гранатов» авторов Мухина И.Б., Палашова О.В., Перевезенцева Е.А., зарег. 21.07.2015 (по заявке №2014134017 от 19.08.2014)
10. Патент № 2569176 на изобретение «Способ определения тепловой проводимости контактов твердых тел» авторов Кузнецова И.И., Мухина И.Б., Палашова О.В., зарег. 26.10.2015 (по заявке №2014122742 от 03.06.2014)
11. Патент № 2569040 на изобретение «Фазоконтрастное устройство получения инвертированного по яркости изображения непрозрачных объектов» авторов Бубиса Е.Л., Ложкарева В.В. (по заявке №2014129235 от 15.07.2014)

Находятся на стадии экспертизы по существу следующие заявки:

1. Заявка №2014139995 от 09.10.2014 на изобретение «Изолятор Фарадея для лазерных пучков с квадратным поперечным профилем распределения интенсивности» авторов Балабанова С.С., Войтовича А.В., Миронова Е.А., Палашова О.В., Старобора А.В.
2. Заявка №2014146356 от 18.11.2014 на изобретение «Электронный СВЧ прибор» авторов Фикса А.Ш., Запелова В.Е.
3. Заявка №2014150241 от 12.12.2014 на изобретение «Лазерный волоконный скальпель с термооптическим наконечником и способ его изготовления» авторов Битюрина Н.М., Бредихина В.И., Каменского В.А.
4. Заявка №2014150472 от 15.12.2014 на изобретение «Плазменный СВЧ реактор для газофазного осаждения алмазных пленок в потоке газа» авторов Вихарева А.Л., Горбачева А.М., Лобаева М.А., Батлера Д.Е.
5. Заявка №2014152493 от 25.12.2014 на изобретение «Полевой транзистор на осаждённой из газовой фазы алмазной плёнке с дельта-допированным проводящим каналом» автора Кукушкина В.А.
6. Заявка №2015119098 от 20.05.2015 на изобретение «Усилитель лазерного излучения с большим коэффициентом усиления, высокой средней и пиковой мощностью и высоким качеством выходного пучка» авторов Кузнецова И.И., Мухина И.Б., Палашова О.В.
7. Заявка №2015107173 от 02.03.2015 на изобретение «Способ спекания керамических изделий с использованием воздействия интенсивного микроволнового излучения» авторов Быкова Ю.В., Егорова С.В., Еремеева А.Г., Рыбакова К.И., Сорокина А.А., Холопцева В.В.
8. Заявка №2015119693 от 26.05.2015 на изобретение «Устройство для флуоресцентной диагностики и мониторинга фотодинамической терапии» авторов Клешина М.С., Турчина И.В., Фикса И.И., Воробьева В.А.
9. Заявка №2015123220 от 16.06.2015 на изобретение «Плазмохимический способ получения халькогенидных стекол системы As-S и устройство для его реализации» авторов Мочалова Л.А., Лобанова А.С., Кострова А.В., Стриковского А.В., Степанова А.Н., Воротынцева В.М., Нежданова А.В., Машина А.И.
10. Заявка №2015125271 от 25.06.2015 на изобретение «Многопроходный лазерный усилитель на дисковом активном элементе» авторов Перевезенцева Е.А., Мухина И.Б., Палашова О.В.
11. Заявка №2015125868 от 29.06.2015 на изобретение «Изолятор Фарадея с неоднородным магнитным полем для лазеров большой мощности» авторов Миронова Е.А., Войтовича А.В., Палашова О.В.
12. Заявка №2015127605 от 08.07.2015 на изобретение «Изолятор Фарадея для неполяризованного лазерного излучения» авторов Палашова О.В., Старобора А.В.
13. Заявка №2015135143 от 19.08.2015 на изобретение «Оптический вентиль с монокристаллическим магнитооптическим элементом для лазеров большой мощности» авторов Снеткова И.Л., Палашова О.В.

В стадии экспертизы по существу в Патентных Ведомствах выбранных стран находятся следующие заявки на патенты:

1. Третья выделенная заявка № 12/220340 от 05.03.2012 на выдачу патента на изобретение «Способ высокоскоростного осаждения алмазных пленок из газовой фазы в плазме СВЧ разряда» авторов А.Л. Вихарева и др. в США
2. Европейская заявка EP1643001 от 05.04.2006 на выдачу патента на изобретение High velocity method for depositing diamond films from a gaseous phase in SHF discharge plasma and a plasma reactor for carrying out said method авторов А.Л. Вихарева и др. в Великобритании, Германии и Франции.

Интеллектуальная собственность Института прикладной физики РАН в 2015 году

1-е отделение

Патенты РФ на изобретение

1. Патент РФ № 2215061 на изобретение «Высокоскоростной способ осаждения алмазных плёнок из газовой фазы в плазме СВЧ разряда и плазменный реактор для его реализации» авторов Вихарева А.Л., Горбачева А.М., Литвака А.Г., Быкова Ю.В., Денисова Г.Г., Иванова О.А., Колданова В.А. (з. № 2002125807/02 от 30.09.2002).
2. Патент №2416677 на изобретение «Плазменный реактор для высокоскоростного осаждения алмазных плёнок из газовой фазы» авторов Вихарева А.Л., Горбачева А.М., Денисова Г.Г., Соболева Д.И. (з. № 2009136650 от 06.10.2009).
3. Патент №2461922 на изобретение «Переключаемый электронным пучком коммутатор для активного компрессора СВЧ импульсов» авторов Вихарева А.Л., Исаева В.А., Лобаева М.А., Иванова О.А. (з. №2011101787 от 20.01.2011).
4. Патент № 2471886 на изобретение «Способ обработки подложек для выращивания на них нанокристаллических пленок» авторов Вихарева А.Л., Чернова В.В., зарег. 10.01.2013 (по заявке №2011129875 от 20.07.2011)
5. Патент № 2480858 на изобретение «Сильноточный источник многозарядных ионов на основе плазмы ЭЦР разряда» авторов Голубева С.В., Зорина В.Г., Водопьянова А.В., Колданова В.А. зарег. 27.04.2013 (по заявке №2011130435 от 22.07.2011)
6. Патент № 2478243 на изобретение «Частотноперестраиваемый источник когерентного излучения дальнего инфракрасного и терагерцового диапазона на полупроводниковой наногетероструктуре» автора Кукушкина В.А., зарег. 27.03.2013 (по заявке №2011146035 от 11.11.2011)
7. Патент № 2489532 на изобретение «Способ получения пластины комбинированного поли- и монокристаллического алмаза» авторов Вихарева А.Л., Горбачёва А.М., Духновского М.П., Мучникова А.Б., Ратникова А.К., Федорова Ю.Ю. (по заявке №2012110968 от 23.03.2012)
8. Патент № 2483130 на изобретение «Способ получения изотопно-обогащенного германия» авторов Сенникова П.Г., Голубева С.В., Шашкина В.И., Колданова В.А., Пряхина Д.А., Корнева Р.А., Мочалова Л.А., Зырянова С.А., Филимонова С.В., Рогожина Д.В.(по заявке №2011147539 от 24.11.2011)
9. Патент № 2523447 на изобретение «Электронная пушка магнетронного типа для формирования винтовых электронных пучков с ловушкой отраженных электронов» авторов Петелина М.И., Глявин М.Ю., Гольденберг А.Л., зарег. 26.05.2014 (по заявке №2012125738 от 21.06.2012)
10. Патент № 2523445 на изобретение «Способ получения направленного экстремального ультрафиолетового (ЭУФ) излучения для проекционной литографии высокого разрешения и источник направленного ЭУФ излучения для его реализации» авторов Водопьянова А.В., Голубева С.В., Литвака А.Г., Мансфельда Д.А., Окса Е.М., Салащенко Н.Н., Чхало Н.И., Юшкова Г.Ю., зарег. 26.05.2014 (по заявке №2012131070 от 19.07.2012).

Программы для ЭВМ

1. Свидетельство о регистрации программы ЭВМ № 2011612014. «Программа моделирования динамики ультракоротких оптических импульсов в нелинейных волноводах (NLFiber)». Авт. Андрианов А.В.
2. Свидетельство № 2012615446. «Программный интерфейс расчета метеорологических характеристик и эмиссий газовых и аэрозольных примесей при

природных пожарах для химическо-транспортной модели (PREP_FIRES)». Авт. Коновалов И.Б.

Know-how

1. №201312006 «Плазменный реактор для газофазного осаждения алмазных пленок в ламинарном потоке газа» авторов Лобаева М.А., Горбачева А.М., Вихарева А.Л., Батлера Д.Э., приоритет know-how 09.12.2013 г., зарегистрирован в реестре ИПФ РАН 12.12.2013г.

2. №201412012 «Устройство держателя подложки в плазменном СВЧ реакторе для газофазного осаждения алмазных пленок в потоке газа» авторов Вихарева А.Л., Горбачева А.М., Лобаева М.А., приоритет know-how 23.12.2014 г., зарегистрирован в реестре ИПФ РАН 26.12.2014 г.

2-е отделение

Патенты РФ на изобретение

1. Патент РФ № 2400705 на изобретение «Устройство оптической спектральной обработки изображения шероховатой поверхности» авторов Зуйковой Э.М., Титова В.И., Троицкой Ю.И. (з. №2009103024 от 30.01.2009).

2. Патент №2436040 на изобретение «Способ определения кинематических характеристик поверхностных волн по пространственно-временным изображениям водной поверхности» авторов Зуйковой Э.М., Титова В.И., Троицкой Ю.И. (з. №2009140801 от 03.11.2009).

3. Патент №2449312 на изобретение «Панорамный радиолокационный способ определения параметров состояния приповерхностного слоя океана со спутника» авторов Караева В.Ю., Коваленко А.И. (з. №2010153821 от 27.12.2010).

4. Патент №2466425 на изобретение «Способ измерения характеристик вольнованной водной поверхности» автора Караева В.Ю. (з. №2011122364 от 01.06.2011).

5. Патент № 2488941 на изобретение «Электрически управляемый модулятор-калибратор миллиметрового диапазона длин волн» Федосеева Л.И., Божкова В.Г., Генеберга В.А., Петрова И.В. (по заявке №2012116861 от 27.04.2012)

12. Патент № 2501037 на изобретение «Радиолокационный способ определения параметров крупномасштабного волнения водной поверхности» автора Караева В.Ю., зарег. 10.12.2013 (по заявке №2012119318 от 11.05.2012)

13. Патент № 2556462 на изобретение «Способ поиска и восстановления информации о событии по известному временному периоду и имеющимся базам данных» автора Шишкиной О.Д., зарег. 16.06.2015 (по заявке №2014113210 от 07.04.2014)

14. Патент № 2562924 на изобретение «Способ измерения характеристик волнения водной поверхности» авторов Караева В.Ю., Мешкова Е.М., Титченко Ю.А., зарег. 17.08.2015 (по заявке №2014122743 от 03.06.2014).

Патенты РФ на полезную модель

1. Патент №110494 на полезную модель «Измерительная система для исследования течений жидкости и газа» авторов Сергеева Д.А, Троицкой Ю.И. (з. №2009142289 от 18.11.2009).

Программы для ЭВМ

1. Свидетельство № 2015611321. «Программа для расчета пространственно-временной моды по многомерному временному ряду». Авт. Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М., Беликович М.В., Караштин Д.А.

2. Свидетельство № 2015614269. «Программа для расчета нелинейной динамической моды и ее обоснованности по многомерному временному ряду (версия1)». Авт. Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М., Беликович М.В., Караштин Д.А.

3. Свидетельство № 2015616658. «Программа обработки последовательности цифровых изображений потоков сплошных сред (жидкостей и газов) для нахождения полей скорости течений (Vortex). Авт. Баландина Г.Н., Сергеев Д.А., Троицкая Ю.И.

4. Свидетельство № 2015660260 «Программа для калибровки численных схем климатических моделей, основанная на методе байесового осреднения на регулярной широтно-долготной вычислительной сетке. Авт. Елисеев А.В, Чернокульский А.В.

5. Свидетельство № 2015661379 «Программа для расчета стохастической модели оператора эволюции на базе нейронных сетей, ее обоснованности и прогноза поведения по скалярному временному ряду» Авт. Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М.

6. Свидетельство № 2015618068 «Программа для расчета нелинейной динамической моды и ее обоснованности по многомерному временному ряду с оптимизацией по размерности» Авт. Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М.

3-е отделение

Патенты РФ на изобретение

1. Патент № 2169525 на изобретение «Способ диагностики *in vivo* патологической зоны в слоистой системе биологического органа эпителий – подлежащая соединительная ткань» авторов Геликонова В.М., Геликонова Г.В., Гладковой Н.Д., Фельдштейна Ф.И., Сергеева А.М., Шахова А.В., Шаховой Н.М. и др. (з. №2000101087 от 20.01.2000).

2. Патент № 2353961 на изобретение «Фазоконтрастное устройство для визуализации прозрачных объектов» авторов Бубиса Е.Л., Каменского В.А., Матвеева А.З. (з. № 2007123861/28 от 25.06.2007).

3. Патент № 2368306 на изобретение «Устройство получения флуоресцентных томографических изображений» авторов Турчина И.В., Каменского В.А., Плеханова В.И., Орловой А.Г., Клешнина М.С. (з. № 2007144338 от 03.12.2007).

4. Патент №2415874 на изобретение «Способ получения твёрдого полимерного материала, чувствительного к УФ излучению» авторов Агаревой Н.А., Александрова А.П., Смирновой Л.А., Битюркина Н.М. (з. №2009136778 от 05.10.2009).

5. Патент № 2441582 на изобретение «Устройство диффузионной флуоресцентной томографии» авторов Каменского В.А., Клешнина М.С., Турчина И.В., Фикса И.И. (з. №2010117525 от 30.04.2010).

6. Патент №2 465698 на изобретение «Устройство для компенсации термонаведенной деполяризации в поглощающем оптическом элементе лазера» авторов Снеткова И.Л., Палашова О.В., Мухина И.Б., Хазанова Е.А. (з. №2011101548 от 17.01.2011).

7. Патент № 2437617 на изобретение «Способ неинвазивного определения кислородного статуса тканей» авторов Голубятникова Г.Ю., Каменского В.А., Масленникова А.В., Орлова А.Г., Турчина И.В., Шаховой Н.М., Плеханова В.И. (з. №2010121464 от 27.05.2010).

8. Патент № 2484509 на изобретение «Поляризационная аподизирующая диафрагма» авторов Войтовича А.В., Потёмкина А.К., Миронова Е.А., Палашова О.В., Хазанова Е.А., зарег. 10.06.2013 (по заявке №2011146236 от 16.11.2011)

9. Патент № 2506566 на изобретение «Способ определения параметра оптической анизотропии ξ материала кубического монокристалла, относящегося к классу симметрии $m\bar{3}m$, $\bar{4}3m$ или 432 » авторов Снеткова И.Л., Вяткина А.Г., Палашова О.В., Хазанова Е.А., зарег. 10.02.2014 (по заявке №2012135658 от 20.08.2012)

10. Патент № 2515203 на изобретение «Устройство получения томографических флуоресцентных изображений» авторов Клешнина М.С., Турчина И.В., Фикса И.И., Кириллина М.Ю., зарег. 12.03.2014 (по заявке №2012143507 от 12.10.2012)

15. Патент № 2527257 на изобретение «Компенсатор термонаведенной поляризации γ_0 в поглощающем оптическом элементе лазера» авторов Снеткова И.Л., Палашова О.В., зарег. 08.07.2014 (по заявке №20131059687 от 12.02.2013)

16. Патент № 2548943 на изобретение «Фотолитографический интерференционный способ создания наноразмерных двумерно-периодических структур на светочувствительном материале произвольной площади» автора Верёвкина Ю.К. зарег. 25.03.2015 (по заявке №2013146419 от 18.10.2013).

17. Патент № 2548688 на изобретение «Импульсно-периодический лазер на неодимовом стекле для накачки мощных титан-сапфировых усилителей, работающий с частотой повторения импульсов не менее 0.02 Гц» авторов Кузьмина А.А., Хазанова Е.А., Шайкина А.А. зарег. 24.03.2015 (по заявке №2013146420 от 18.10.2013).

18. Патент № 2560356 на изобретение «Способ получения оптически прозрачных монокристаллов граната» авторов Иванова И.А., Бульканова А.М., Палашова О.В., Железнова Д.С. зарег. 21.07.2015 (по заявке №2013153667 от 03.12.2013).

19. Патент № 2558273 на изобретение «Способ определения теплопроводности твердых тел» авторов Кузнецова И.И., Мухина И.Б., Силина Д.Е., Палашова О.В., зарег. 01.07.2015 (по заявке №2013155766 от 17.12.2013)

20. Патент № 2559863 на изобретение «Изолятор Фарадея на постоянных магнитах для лазеров большой мощности» авторов Иванова И.А., Бульканова А.М., Палашова О.В., Железнова Д.С., зарег. 17.07.2015 (по заявке №2013155764 от 17.12.2013).

21. Патент № 2557677 на изобретение «Способ наноструктурирования поверхности диэлектрической подложки с помощью ближнепольной литографии» авторов Битюрин Н.М., Афанасьева А.В., Пикулина А.В., зарег. 29.06.2015 (по заявке №2014107793 от 03.03.2014)

22. Патент № 2560438 на изобретение «Способ соединения деталей оптического элемента из кристаллов гранатов» авторов Мухина И.Б., Палашова О.В., Перевезенцева Е.А., зарег. 21.07.2015 (по заявке №2014134017 от 19.08.2014)

23. Патент № 2569176 на изобретение «Способ определения тепловой проводимости контактов твердых тел» авторов Кузнецова И.И., Мухина И.Б., Палашова О.В., зарег. 26.10.2015 (по заявке №2014122742 от 03.06.2014)

24. Патент № 2569040 на изобретение «Фазоконтрастное устройство получения инвертированного по яркости изображения непрозрачных объектов» авторов Бубиса Е.Л., Ложкарева В.В., Гусева С.А., Мартынова В.О., Кожеватова И.Е., Силина Д.Е., Степанова А.Н. (по заявке №2014129235 от 15.07.2014)

Патенты РФ на полезную модель

1. Патент № 91517 на полезную модель «Устройство диффузионной оптической томографии» авторов Каменского В.А., Турчина И.В., Клешнина М.С. и др. (з. №208144279 от 10.11.2008)

2. Патент №122498 на полезную модель «Вращатель Фарадея по традиционной схеме для лазеров с высокой средней мощностью» авторов Палашова О.В., Перевезенцева Е.А., Катина Е.В., Хазанова Е.А., зарег. 27.11.2012 (з. №2012106455 от 22.02.2012).

3. Патент № 137459 на полезную модель «Оптоакустический микроскоп для функционального биоимиджинга» авторов Субочева П.В., Постникова А.С., Морозова А.Н., Орлова А.Г., Каменского В.А., Турчина И.В., зарег. 20.02.2014 (по заявке №2013139983 от 29.08.2013).

Программы для ЭВМ

- a. Свидетельство № 2012611188. «Программа моделирования биологических нейронных сетей (NeuroNet)». Авт. Лобов С.А.
- b. Свидетельство № 2012611189. «Программа моделирования динамики роста виртуальных нейрональных сетей (VNS virtual network simulator)». Авт. Миронов В.И., Казанцев В.Б.
- c. Свидетельство № 2012611190. «Программа анализа электрофизиологических сигналов нейронов, записанных на мультиэлектродных матрицах (Meaman)». Авт. Пимашкин А.С.
- d. Свидетельство № 2012661043. «Программа моделирования ассоциативной памяти с автоматической селекцией путей распространения сигналов». Авт. Кастальский И.А., Симонов А.Ю., Пимашкин А.С., Казанцев В.Б.
- e. Свидетельство № 2011611925 «Программа моделирования плазмы методом частиц в ячейках в одномерной геометрии (Prisma). Авт. Гоносков А.А.
- f. Свидетельство № 2013619434. «Программа анализа передачи импульсных сигналов через пластичный синапс». Авт. Прокин. И.С., Кастальский И.А.
- g. Свидетельство № 2015617219. «Программа расчета спектра электронных пучков, полученных в результате лазерного ускорения в поле кильватерной плазменной волны по данным с двухэкранного одноимпульсного спектрометра». Авт. Соловьев А.А., Стародубцев М.В

Know-how

- 1. № 201101001 «Методика контроля параметров пьезопреобразователей при их изготовлении» авторов Мансфельда А.Д., Санина А.Г., Субочева П.В., приоритет know-how 17.01.2011 г., зарегистрирован в реестре ИПФ РАН 27.2011 г.
- 2. №201201002 «Способ создания компактного твердотельного лазера на длине волны 2066 нм с мощностью непрерывного излучения более 50 Вт» авторов Антипова О.Л., Зиновьева А.П., Новикова А.А., приоритет know-how 19.01.2012 г., зарегистрирован в реестре ИПФ РАН 25.01.2012 г.
- 3. №201311004 «Методика расчета, сборки и настройки волоконной лазерной системы, генерирующей мощные ультракороткие оптические импульсы» авторов Анашкиной Е.А., Андрианова А.В., Кима А.В., Муравьева С.В, приоритет know-how 11.11.2013, зарегистрирован в реестре ИПФ РАН 12.11.2013г.
- 4. №201311005 «Способ генерации мощного одномодового излучения на длине волны 2070 нм» авторов Антипова О.Л., Новикова А.А., приоритет know-how 11.11.2013, зарегистрирован в реестре ИПФ РАН 12.11.2013г.

Центр гидроакустики

Программы для ЭВМ

- 1. Свидетельство № 2014617046. «Акустическая суперэлементная технология расчетов (АСТРА)». Авт. Соков Е.М., Суворов А.С., Салин М.Б.

Зарубежные патенты института

- i. Патент № 838384 от 03.11.2008 (дата выдачи) на изобретение High velocity method for depositing diamond films from a gaseous phase in SHF discharge plasma and plasma reactor for carrying out said method авторов А.Л. Вихарева и др. в Республике Корея (Южная Корея).
- ii. Патент № 2005/02854 от 28.12.2005 (дата выдачи на изобретение High velocity method for depositing diamond films from a gaseous phase in SHF discharge plasma and a

plasma reactor for carrying out said method авторов А.Л. Вихарева и др. в Южно-Африканской Республике (ЮАР).

iii. Патент № ZL03824814.X от 08.05.2009 (дата выдачи) на изобретение High velocity method for depositing diamond films from a gaseous phase in SHF discharge plasma and device for carrying out said method авторов А.Л. Вихарева и др. в Китае.

iv. Патент № US 7694651 от 13.04.2010 (дата выдачи) на изобретение High velocity method for depositing diamond films from a gaseous phase in SHF discharge plasma and device for carrying out said method авторов А.Л. Вихарева и др. в США.

v. Патент № НК 1085245 от 16.04.2010 (дата выдачи) в Гонконге на изобретение High velocity method for depositing diamond films from a gaseous phase in SHF discharge plasma and device for carrying out said method авторов А.Л. Вихарева и др.

vi. Патент № 4694842 от 04.03.2011 (дата выдачи) на изобретение High velocity method for depositing diamond films from a gaseous phase in SHF discharge plasma and device for carrying out said method авторов А.Л. Вихарева и др. в Японии.

vii. Патент №2501070 от 04.01.2012 г. (дата выдачи) на изобретение High velocity method for depositing diamond films from a gaseous phase in SHF discharge plasma and a plasma reactor for carrying out said method авторов А.Л. Вихарева и др. в Канаде.

viii. Патент №8091506 от 10.01.2012 г. (дата выдачи) по второй выделенной заявке №12/660445 на изобретение High velocity method for depositing diamond films from a gaseous phase in SHF discharge plasma and a plasma reactor for carrying out said method авторов А.Л. Вихарева и др. в США.

9. Подготовка научных кадров

В Институте прикладной физики РАН реализуется уникальная многоуровневая система непрерывной (от лицея до аспирантуры) подготовки научных кадров, основанная на предельно полной интеграции академической науки с высшим образованием. Постановлением Президиума РАН № 268 от 21 ноября 2000 г. для координации совместных исследований Института прикладной физики РАН и Нижегородского государственного университета (ННГУ) в актуальных областях прикладной физики и обеспечения высокого качества подготовки соответствующих специалистов в ИПФ РАН создан Научно-образовательный центр (НОЦ). В 2009 году приказом директора института Научно-образовательный центр преобразован в Научно-образовательный комплекс (НОК). НОК осуществляет научное, учебно-методическое и материально-техническое обеспечение деятельности следующих подразделений:

– **Классы НОК:**

– профильные (физические) классы физико-математического лицея № 40;

– **ВУЗ:**

– базовый факультет Нижегородского государственного университета (ННГУ) «Высшая школа общей и прикладной физики» (ВШОПФ);

– специализация «Фундаментальная радиофизика и физическая электроника» (ФРФЭ) и профиль «Фундаментальная радиофизика» (ФР)

– базовая образовательная лаборатория ВШОПФ

– межфакультетская базовая кафедра нейродинамики и нейробиологии

– филиалы кафедр радиофизического факультета ННГУ (филиал кафедры электроники; филиал кафедры электродинамики).

– **Аспирантура ИПФ РАН.**

НОК ИПФ РАН также проводит летнюю физико-математическую школу для учащихся 9–11 классов Нижегородского региона и активно поддерживает олимпиадное движение. Целью проводимых институтом олимпиад является поиск талантливой молодежи и привлечение ее в науку, а также активизация работы факультативов, спецкурсов, кружков и повышение уровня преподавания предметов естественнонаучного цикла в школах города.

Аспирантура

В 2015 году Институт провел второй прием на обучение по основной профессиональной образовательной программе высшего образования (ОПОП ВО) в рамках контрольных цифр приема на направление подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия.

На 31 декабря 2015 г. численность аспирантов, обучающихся в аспирантуре Института с отрывом от производства, составляет 50 человек. Из них 24 аспиранта продолжают обучаться по основным образовательным программам послевузовского профессионального образования, а 26 аспирантов, принятые в 2014 и в 2015 годах, обучаются по ОПОП ВО.

В связи с переходом на четырехлетнее обучение в 2015 году выпуска из аспирантуры не было, 3 аспиранта отчислен по собственному желанию.

В 2015 г. успешно защитили кандидатские диссертации выпускники аспирантуры 2014 года:

по специальности 01.04.21 – лазерная физика Гачева Е.И., Миронов Е.А., Старобор А.В.,

Так же успешно защитили кандидатские диссертации выпускники аспирантуры предыдущих лет:

по специальности 01.04.03 – радиопизика Конюшков А.П., Стукачев С.Е.,

по специальности 01.04.21 – лазерная физика Мальков Ю.А., Гачева Е.И., Миронов Е.А., Иляков И.Е., Старобор А.В., Снетков И.Л., Яшунин Д.А.

Учебная работа аспирантов организуется и контролируется отделом аспирантуры. В первый год обучения аспиранты сдают кандидатские экзамены по английскому языку и истории и философии науки, подготовка к которым организована непосредственно в ИПФ РАН силами высококвалифицированных преподавателей ведущих ВУЗов Н.Новгорода. В весеннюю сессию 2015 года сдали экзамены по «Истории и философии науки» 13 аспирантов и 1 сотрудник института, ранее обучавшихся в аспирантуре и сдававший в период обучения философию. Кандидатский экзамен по «Иностранному языку» сдали 13 аспирантов.

13 аспирантов 2-го года обучения сдали экзамен по дисциплине «Современные проблемы физики», и зачет по дисциплине «Основы педагогики высшей школы»

Аспиранты ИПФ РАН активно участвуют в различных конкурсах, проводимых на федеральном и местном уровнях. Одной из форм повышения творческой активности молодежи является приуроченный к Дню Российской науки традиционный Конкурс работ молодых ученых ИПФ РАН, в котором участвуют аспиранты, молодые научные сотрудники в возрасте до 33 лет. Он организуется отделом аспирантуры при участии Совета молодых ученых. XVII конкурс проходил со 2 по 6 февраля 2015 г., причем на конкурс допускались работы, получившие одобрение научного семинара. На XVII конкурс был представлен 21 доклад. Он проходил в форме обсуждения научных сообщений участников членами компетентного жюри во главе с чл.-корр. РАН. А.М. Сергеевым.

Победители конкурса:

1. Первая премия:

- аспирант 3 года обучения Тарасов Сергей Владимирович, научн. рук. член.-корр. РАН, д.ф.-м.н. Вл.В. Кочаровский за работу «Аналитическая теория бозе-эйнштейновской конденсации идеального газа в произвольной мезоскопической ловушке».

2. Вторая премия:

- авторский коллектив в составе аспиранта 1 года обучения Оладышкина Ивана Владимировича и мнс отд. 170 Фадеева Даниила Александровича, научн. рук. к.ф.м.н. В.А. Миронов за работу «Тепловые и стрикционные нелинейные эффекты в металлах и генерация терагерцового излучения фемтосекундными лазерными импульсами».

3. Третья премии (4)

- мнс отд. 170 Иляков Игорь Евгеньевич научн. рук. д.ф.м.н. Р.А. Ахмеджанов за работу «Новый способ когерентного детектирования терагерцового излучения, основанный на преобразовании спектра фемтосекундных оптических импульсов в нелинейных кристаллах»;

- авторский коллектив в составе
мнс отд. 350 Снеткова Ильи Львовича,
мнс отд. 350 Старобора Алексея Викторовича и
мнс отд. 350 Миронова Евгения Александровича,
научн. рук. к.ф.м.н. О.В. Палашов
за работу «TSAG – уникальный магнитоактивный материал для мощных изоляторов Фарадея»;

- авторский коллектив в составе
мнс отд. 350 Галки Александра Георгиевича
научн. рук. д.ф.м.н. А.В. Костров
и к.ф.-м.н., мнс отд. 260 Янина Дмитрия Валентиновича
за работу «Резонансная ближнеполюсная СВЧ диагностика неоднородностей в диэлектрических средах»

- авторский коллектив в составе
аспиранта 3 года обучения отд. 260 Байдакова Георгия Алексеевича и
аспиранта 2 года обучения отд. 260 Кузнецовой Александры Михайловны
научн. рук. д.ф.м.н. Ю.И. Троицкая
за работу «Натурные исследования и численное моделирование ветра и поверхностных волн на внутренних водоемах средних размеров».

4. Пять поощрительных премий присуждены:

- мнс отд. 260 Ильину Николаю Владимировичу
за работу «Инструментарий для численного моделирования состояния и прогноза атмосферы»

- авторскому коллективу в составе
аспиранта 3 года обучения Александрова Леонида Николаевича,
научн. рук. к.ф.-м.н. А.В. Ким
к.ф.-м.н., мнс отд. 330 Емелина Михаила Юрьевича и
мнс отд. 170 Илякова Игоря Евгеньевича
за работу «Генерация терагерцового излучения при оптическом пробое газа двухцветным лазерным полем: об адекватности классической модели фототоков»;

- мнс отд. 330 Малькову Юрию Андреевичу
научн. рук. д.ф.-м.н. А.Н. Степанов
за работу «Лазерно-плазменное ускорение электронов и ионов с использованием микроструктурированных мишеней»;

- авторскому коллективу в составе
мнс отд. 260 Айдакиной Натальи Александровны,
мнс отд. 260 Зудина Ильи Юрьевича,
мнс отд. 260 Коробкова Сергея Владимировича,
за работу «Модуляция волн свистового диапазона частот в магнитоактивной плазме, модифицированной мощным электромагнитным излучением»

- авторскому коллективу в составе
аспиранта 3 года обучения Собгайды Дмитрия Андреевича,
научн. рук. д.ф.-м.н. Р.А. Ахмеджанов

нс отд. 170 Гущина Льва Анатольевича,
за работу «Управление состоянием ансамблевого кубита».

В 2015 г. победителями XX сессии молодых ученых по естественнонаучным дисциплинам, проводимых Министерством образования и науки Нижегородской области при активном участии ИПФ РАН, стали следующие аспиранты:

Диплом 1 степени

Кузнецов Иван Игоревич

Поощрительные дипломы:

Александров Леонид Николаевич

Коптев Максим Юрьевич

Дипломы отделения Академии информатизации образования по Нижегородской области
(за активное участие в работе секции и высокий уровень доклада)

Калинина Вера Игоревна

Оладышкин Иван Владимирович

Дементьева Светлана Олеговна

Сергеев Юрий Александрович

Отмечены жюри за высокий уровень работы:

Кияшко Сергей Борисович

Фокин Андрей Павлович

Мартынов Виталий Олегович

Коньков Андрей Игоревич

Емелина Анна Сергеевна

Зуев Александр Сергеевич

Рекомендованы к участию в программе «УМНИК»:

Кузнецова Александра Михайловна

Булатов Алексей Андреевич

Смирнов Антон Андреевич

Сессии молодых ученых одновременно являются отборочным конкурсом на соискание учрежденных Администрацией Нижегородской области **именных стипендий им. акад. Г.А. Разуваева**, и среди лауреатов конкурса неизменно присутствуют аспиранты ИПФ РАН. В конкурсе 2015 года приняли участие 33 аспиранта, из них 22 человек стали Разуваевскими стипендиатами:

1. Александров Леонид Николаевич
2. Байдаков Георгий Алексеевич
3. Вадимова Ольга Львовна
4. Вилков Михаил Николаевич
5. Голованов Антон Александрович
6. Дементьева Светлана Олеговна
7. Железнов Илья Владимирович
8. Кияшко Сергей Борисович
9. Коньков Андрей Игоревич
10. Коптев Максим Юрьевич
11. Кузнецов Иван Игоревич
12. Кюберис Александра Александровна

13. Мартынов Виталий Олегович
14. Муравьев Александр Андреевич
15. Одинцова Татьяна Анатольевна
16. Оладышкин Иван Владимирович
17. Смирнов Антон Андреевич
18. Тарасов Сергей Владимирович
19. Титченко Юрий Андреевич
20. Фокин Андрей Павлович
21. Широков Евгений Алексеевич
22. Шомина Ольга Владимировна

Победителями конкурса 2015-2017 г на получение **стипендии Президента Российской Федерации** молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации Российской экономики на 2015-2017 гг. стали:

1. Антонов Владимир Андреевич
2. Башинов Алексей Викторович
3. Кузнецов Иван Игоревич
4. Мальков Юрий Андреевич
5. Миронов Сергей Юрьевич
6. Неруш Евгений Николаевич
7. Анашкина Елена Александровна
8. Андрианов Алексей Вячеславович
9. Калинина Вера Игоревна
10. Коптев Максим Юрьевич
11. Масленников Олег Владимирович
12. Силаев Александр Андреевич

Аспиранты ИПФ РАН активно участвуют в выполнении научно-технических программ, грантов и контрактов, работе Научных школ, Научно-образовательных центров, организации и работе научных конференций, проводимых как в Российской Федерации, так и за рубежом. Многие побывали на всероссийских и зарубежных конференциях, где выступили с научными сообщениями.

В 2015 году поддерживались научные связи аспирантов с зарубежными научными учреждениями, проводилась активная работа по контрактам с иностранными коллегами, несколько человек направлялись в длительные служебные командировки за границу. Почти все аспиранты ведут педагогическую работу в Научно-образовательном центре ИПФ со школьниками и студентами, активно участвуют в организации и проведении летней физ-мат. школы в Зеленом городе.

Ведущие научные школы

«Взаимодействие интенсивного электромагнитного излучения с плазмой» (академик РАН А. Г. Литвак). Научная школа объединяет 50 исследователей, из которых 31 - в возрасте до 39 лет. В состав школы входят 13 докторов наук, 24 кандидата наук, 11 магистров, 2 студента. Защищены 2 кандидатские диссертации.

«Взаимодействие электромагнитного излучения с астрофизической и геофизической плазмой» (академик РАН В.В. Железняков). Школа объединяет 23 основных исполнителей, из них 6 человек - до 39 лет. В состав школы входит 13 докторов наук, 7 кандидатов наук, 3 аспиранта.

«Фемтосекундная оптика, нелинейная динамика оптических систем и высокочувствительные оптические измерения» (член-корреспондент РАН А.М. Сергеев). В составе школы 42 человек, из них докторов – 7, кандидатов – 25, аспирантов – 7, моложе 35 лет – 25 человек. Защищены 3 кандидатские диссертации.

«Новые мощные электронные источники миллиметрового и субмиллиметрового излучения, пространственно-развитые электродинамические системы и системы управления мощными волновыми потоками» (член-корреспондент РАН Г.Г. Денисов). В составе школы 31 человек, из них докторов наук – 9 человек, кандидатов наук – 13 человек, аспирантов – 3 человека, до 39 лет – 13 человек.

Педагогическая работа сотрудников ИПФ РАН в ВУЗах Нижнего Новгорода

Нижегородский государственный университет (ННГУ)

ВШОПФ и Радиофизический факультет

академик Литвак А.Г., академик Железняков В.В., академик Таланов В.И., чл.-корр. РАН Сергеев А.М., чл. корр. Мареев Е.А., Фрайман Г.М. (зам. декана ВШ ОПФ), Агрба П.Д., Зайцев В.В., Петелин М.И., Смирнов А.И., Голубев С.В., Семенов В.Е., Фейгин А.М., Денисов Г.Г., Ковалев Н.Ф. Швецов А.А, Зинченко И. И., Троицкая Ю. И., Юнаковский А.Д., Чугунов Ю.В., Дорожкина Д.С. (зам. декана ВШ ОПФ), Миронов В.А., Давыденко С.С., Рыбаков К.И., Горбачев А.М., Демехов А.Г., Корягин С.А., Костин В. А., Деришев Е.В., Кочетов А.В, Глявин М.Ю., Шалашов А.Г., Турлапов А.В., Водопьянов А.В., Абубакиров Э.Б., Иудин Д.И., Гинзбург Н. С., Господчиков Е. Д., Введенский Н. В., Лобаев М.А., Стародубцев М.В., Стриковский А.В., Фадеев Д. А., Малеханов А.И., Зайцев В.Ю., Диденкулов И.Н., Шалфеев В.Д., Некоркин В.И., Казанцев В.Б., Реутов В.П., Дмитричев А. С., Захаров С. Б., Зиновьев А. П., Ким А.В., Корюкин И.В., Мартынова О. В., Мухина И. В., Бодров С.Б., Царев М.В., Кияшко С.В., Нудель И.В., Орлова А.Г., Палашов О. В., Полевая С.А., Тиманин Е. М., Щапин Д. С., Еремейкин О.Н., Хандохин П. А., Новиков А.А., Третьяков М.Ю., Кошелев М.А., Каменский В.А., Турчин И.В., Степанов А.Н., Рябикин М.Ю., Антонец В.А., Антипов О.Л., Хазанов Е.А., Матвеев А. З., Бубис Е. Л., Афанасьев А.В., Радионычев Е.В, Балалаева И. В., Коржиманов А. В., Яхно В. Г., Парин С. Б., Кутерин Ф.А., Заславский В. Ю., Абрашкин А. А., Назаров В. Е., Папко В.В., Сергеев Д, А., Дружинин О. А., Зенькович Д. А., Лебедев А. В. , Сазонтов А.Г., Хилько А.И., Ермаков С.А., Айдакина Н.А., Зудин И.Ю.

Биологический факультет

Казанцев В. Б., Яхно В. Г

Факультет социальных наук

Антонец В.А., Парин С.Б., Полевая С.А., Нуйдель И. В.

Химический факультет

Беляев С.Н.

Нижегородский государственный технический университет (НГТУ)

Пелиновский Е. Н., Соустова И. А., Родченков В. И., Ежова Е. В., Быстров А.М., Шлюгаев Ю.В., Слюняев А.В.

Нижегородский государственный педагогический университет (НГПУ)

Мареев Е. А., Абрашкин А. А., Евтушенко А.А.

Высшая школа экономики

Абрашкин А. А., Гинзбург А. Н., Пелиновский Е. Н., В.Е. Шапошников

Нижегородская государственная медицинская академия

Турчин И. В.

Московский физико-технический институт

Антонец В. А.

Диссертационные советы при ИПФ РАН

Д002.069.01 со специальностями:

01.04.06 – акустика,

25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

С 6 ноября 2012 года

Д002.069.02 со специальностями:

01.04.03 – радиофизика,

01.04.08 – физика плазмы,

01.04.21 – лазерная физика.

10. Организация конференция и школ

Институт является признанным лидером отечественной и мировой науки в области радиофизических исследований, организатором регулярно проводимых хорошо известных во всем мире конференций и школ: международных конференций «Прогресс в нелинейной физике» и «Взаимодействие сильного микроволнового излучения с плазмой», «Проблемы нелинейной динамики: теория и приложения», «Лазерная физика сверхсильных полей» и «Нелинейные параметрические явления в окружающей среде», ежегодного (начиная с 1989 года) российско-германского совещания по электронно-циклотронному нагреву и гиротронам, всероссийской школы по нелинейным волнам, ежегодной региональной конференции молодых ученых в области естественных и технических наук, а также ряда других традиционных научных мероприятий.

В 2015 году институтом были проведены следующие научные конференции и школы.

V Международный симпозиум Topical Problems of Biophotonics 2015. Н. Новгород – Елабуга – Н. Новгород, Россия. 20–24 июля 2015 г. (186 участников, из них 87 — иностранных, 120 — не сотрудники ИПФ РАН).

IV Всероссийская конференция «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях-2015», Нижний Новгород, 21-25 сентября 2015 (160 участников, 150 — не сотрудники ИПФ РАН).

International School on Ultra-Intense Lasers. Пансионат «Юность», Московская обл., Россия. 4–9 октября 2015 г. (около 120 участников, из них около 90 — не сотрудники ИПФ РАН, около 50 — иностранцы).

11. О работе Ученого совета

В течение года было проведено 21 заседание Ученого совета института.

На заседаниях Ученого совета регулярно заслушивались научные сообщения по актуальным проблемам. В 2015 году с докладами выступили:

22.01	В.В.Клиньшов	"Динамика сетей осцилляторов с импульсными запаздывающими связями"
05.02	А.В.Водопьянов	«Приложения ЭЦР разряда, поддерживаемого миллиметровым излучением гиротронов».
	И.А.Капустин	«О проблеме радиолокационного рассеяния на морской поверхности в условиях интенсивного ветрового волнения».
	А.В.Пикулин	"Создание 3D наноструктур с помощью лазерной полимеризации: модели и обсуждение предельных возможностей".
	А.А.Родионов	"Результаты и перспективы использования апертурного синтеза в гидроакустике"
19.02	С.В.Тарасов	«Аналитическая теория бозе-эйнштейновской конденсации идеального газа в произвольной мезоскопической ловушке»
05.03	<u>И.В.Оладышкин</u> , Д. А.Фадеев)	«Тепловые и стрикционные нелинейные эффекты в металлах и генерация терагерцового излучения фемтосекундными лазерными импульсами».
09.04	И.Б.Мухин	«Дисковые лазеры с высокой средней по времени мощностью в непрерывном и импульсно-периодическом режимах работы».
23.04	С.А. Скобелев	"Новые методы самокомпрессии мощных импульсов до предельно коротких длительностей"
21.05	М.И.Эпов (директор ИНГГ СО РАН)	«Новые теоретические подходы в геофизике и их инновационный потенциал»
17.09	А.Г.Шалашов	"Электронно-циклотронный нагрев плазмы в крупномасштабной газодинамической ловушке ГДЛ"
24.09	Ю.И.Троицкая	"Мелкомасштабное взаимодействие атмосферы и океана при сильных и ураганных ветрах: модели, эксперименты, дистанционная диагностика".
15.10	П.В.Субочев	"Опτικο-акустический имиджинг биологических сред".
29.10	А.В.Лапинов	"Прецизионная радиоспектроскопия в астрономических исследованиях и в лаборатории".
17.11	М.Ю.Глявин	«Союз микроволн и плазмы. Рекордные параметры и технологии будущего»
	Е.А.Мареев	«Экстремальные явления в геофизике»
	М.Д.Токман	«Нелинейная электродинамика: от токамака до кубита»
	С.А.Скобелев	«Солитоны и экстремальная нелинейная оптика»

На заседании Ученого совета 5 февраля 2015 года, посвященного Дню российской науки, заслушали научные доклады представителей научных отделений института.

21 мая 2015 года на расширенном заседании Ученого совета института с докладом «Новые теоретические подходы в геофизике и их инновационный потенциал» выступил академик М. И. Эпов (директор Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН). Целью его визита и научного сообщения явилось приглашение к сотрудничеству, поскольку в настоящее время междисциплинарные проекты представляются очень важными, а геофизики остро нуждаются в знаниях фундаментальной физики.

В 2015 году в институте прошла смена руководства ИПФ РАН. На должность директора ИПФ РАН в мае 2015 года в соответствии с утвержденным «Положением о выборах директора института» был избран член-корреспондент РАН А.М.Сергеев, а 2 июня 2015 года прошли выборы заместителей директора и ученого секретаря института.

Академик А.Г.Литвак избран Ученым советом на должность научного руководителя института.

17 ноября 2015 г. прошло расширенное заседание Ученого совета ИПФ РАН, посвященное 75-летию академика А.Г.Литвака, на котором были заслушаны научные доклады по актуальным направлениям исследований.

В течение года Ученый совет обсуждал различные аспекты реформы Российской академии наук и взаимодействия с ФАНО, вносил изменения в структуру института и поправки в Устав ИПФ РАН, утвердил Положение о звании «Почетный доктор ИПФ РАН» и провел выборы кандидатов на это звание.

На заседании 9 апреля 2015 года были заслушаны отчеты о работе по мегагрантам, которые выполняются в институте.

На заседаниях 2 и 25 июня 2015 года Ученый совет провел обсуждение работ молодых ученых для выдвижения на медали РАН.

На заседании 24 сентября 2015 года был поставлен вопрос о повышении публикационной активности ученых, в институте разработано и утверждено Положение о стимулирующих надбавках. В конце года выплаты за публикации были произведены.

На своих заседаниях Ученый совет регулярно заслушивает отчеты о проведенных институтом научных мероприятиях. Так, 24 сентября 2015 года был заслушан Отчет о V Международном симпозиуме “Topical Problems of Biophotonics-2015”.

Ученый совет принял решение о выдвижении ряда научных сотрудников института на назначении стипендии работникам оборонно-промышленного комплекса РФ.

Поскольку на Ученый совет возложены функции конкурсной комиссии, в повестку дня заседаний Ученого совета регулярно включались вопросы объявления конкурсов на замещение вакантных должностей руководителей научных подразделений и научных сотрудников, а также избрание по конкурсу на эти должности. Избран руководитель научного направления «физика плазмы».

В ноябре 2015 года были проведены три заседания, посвященные обсуждению важнейших научных результатов года. Ученый совет рассмотрел представленные научными отделениями института результаты и принял решение рекомендовать их для включения в годичный отчет РАН. Были выделены 20 лучших результатов, полученных в институте в 2015 году, по которым было проведено рейтинговое голосование членами Ученого совета, по итогам этого голосования принято решение о премировании коллективов сотрудников, получивших лучшие результаты.

Традиционно Ученый совет большое внимание уделял вопросам молодежной политики в институте. В повестке дня работы Ученого совета в течение года были вопросы о выдвижении работ молодых ученых на соискание грантов и стипендий для молодых ученых, отчеты ведущих научных школ и отчеты по грантам государственной поддержки молодых кандидатов и докторов наук, о результатах XVII конкурса работ молодых научных сотрудников института (победители конкурса сделали научные сообщения на заседаниях Ученого совета 19 февраля и 5 марта 2015 года), рекомендации аспирантов на соискание стипендий им. Г.А.Разуваева, вопросы улучшения преподавания физики в школах. На заседании 24 сентября 2015 года был заслушан отчет о проведении ежегодной Летней физико-математической школы.

Кроме вышеназванных, на заседаниях Ученого совета рассматривались и другие актуальные вопросы жизни института и Академии наук: изменения в Программе фундаментальных исследований, информация об Общих собраниях РАН, информация о Нобелевских премиях 2015 года, утверждение планов работ института и плана научных мероприятий на 2016 год, финансовое состояние ИПФ РАН, итоги 2015 года, поддержка выдвижений научных работников к присвоению почетного звания «Заслуженный деятель науки РФ», сотрудничество с Нижегородским государственным университетом им.Н.И. Лобачевского и Нижегородским техническим университетом им. Р.Е. Алексеева и др.

Неоднократно в течение года Ученый совет обсуждал различные аспекты деятельности по созданию Федерального исследовательского центра на основе института.

На заседании 25 июня прошло обсуждение проекта «Разработка научных основ, создание аппаратных комплексов, алгоритмов и программных средств и практическое применение методов микроволновой диагностики быстропротекающих процессов», выдвинутого федеральным государственным унитарным предприятием Федеральный научно-производственный центр «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова» на соискание премии Правительства Российской Федерации 2015 года в области науки и техники, принято решение о поддержке выдвижения.

12. Издательская деятельность

Тематический план на 2015 г.							ОТЧЕТ о ВЫПОЛНЕНИИ			
№	Ответственный редактор, автор, ответственный за выпуск	Полное тематическое наименование и вид издания (сборник научных трудов, монография, материалы конференции)	Объем, уч.-изд. л.– русск. усл. п. л.– англ.	Тираж, экз.	Язык издания. Типография	Срок предст-ия, квартал	Издано, не издано	Объем, уч.-изд. л., усл. печ. л.	Тираж, экз.	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сборники										
1	Составитель С.Д. Жерносек	Михаил Адольфович Миллер «Из спектров чувств и сгустков дум»	16	500	Русский Т _{сторон}	II -2014	Издано	29	600	Т _{стор}
Монографии										
2	А. П. Протогенов, д.ф.-м.н	«Топологический порядок в энионных жидкостях»	9 А5	200	Русский	III-2015	Издано	9,3	200	Т _{типф}
Материалы конференций										
3	Отв. ред. чл.-кор. РАН А.М. Сергеев	5-й международный симпозиум «Topical Problems of biophotonics» (TPB-2015) 1) Сборник материалов	320 с. А4 <i>Эл. ресурс</i>	–	Английский	25 июня	Издано			
4	Отв. ред. к.ф.-м.н. А.В. Коржиманов	2) Сборник аннотаций лекций + программа	60 с. А4 цв. обложка и вкладки	230	Английский Т _{типф}	5 июля	Издано			Т _{типф}
5	Отв. ред. д.ф.-м.н. В.Г. Яхно	Труды 4-й научной конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях»	280 с. А4 цв. обложка и вкладки	150	Русский Т _{типф}	II–2015	Издано	30	150	Т _{типф}
Информационно-рекламные издания										
6	Отв. ред. чл.-кор. РАН А. М. Сергеев	Информационный буклет ICUIL NEWS № 6 Международного комитета по сверхмощным лазерам (ICUIL) (предс. – Т. Таджима)	8 с. А4	500	Английск; полноцвет, Т _{типф}	II–2015	Издано	8 с. А4	500	Т _{стор}
Дополнительно, вне плана										
7	Отв. ред. В.Г. Кулешов	Актуальные нормативно-правовые вопросы профсоюзной деятельности. Сборник материалов XX Поволжской ассамблеи Профсоюза работников РАН					Издано	11,3	200	Т _{типф}
8	Учебные пособия на англ. языке:	1) REVISION ENGLISH. English for first year students. Practicum in english					Издано	7,2	60	Т _{типф}
9		2) SPOKEN ENGLISH. English for first year students. Practicum in english					Издано	7,7	60	Т _{типф}
10	Отв. за вып. А. О. Перминов	«Я познаю мир». 2-я ученич. конф-ция Ресурсного центра дистанц. образования детей					Издано	7,6	100	Т _{типф}

Программы конференций (отд. изданием)

2 шт.

общ. тираж 350 экз.

Авторефераты

13 шт. (2 докт.)

22,0 усл. печ. л.,

общ. тираж 1340 экз.

13. О работе инженерно-эксплуатационной службы

Обеспечение высокого уровня контроля промышленной безопасности, охраны труда, пожарной и экологической безопасности, а также надежная работа по энергообеспечению института являлись в 2015 году основой деятельности инженерно-эксплуатационной службы.

Промышленная безопасность

Система управления промышленной безопасностью ИПФ РАН разработана на основании Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. №116 ФЗ (с изменениями и дополнениями в редакциях федерального закона с 2000 по 2013 г.г.), «Правилами организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте», утверждёнными постановлением Правительства РФ от 01.03.1999 г. №2636 и других нормативно-технических документов в области промышленной безопасности.

В соответствии с «Правилами организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте», утвержденными постановлением Правительства РФ № 263 от 10.03.99 г., в Институте разработано «Положение об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности опасных производственных объектов ИПФ РАН», на основании которого осуществляется производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности опасных производственных объектов (ОПО). Управление промышленной безопасностью и производственный контроль ИПФ РАН осуществляются путем выполнения комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безопасного функционирования производственных объектов Института, предупреждение аварий, аварийных ситуаций, инцидентов и готовности к локализации и ликвидации аварий, аварийных ситуаций и их последствий.

В 2015 году в области промышленной безопасности выполнены следующие основные мероприятия:

- подготовлены и направлены в Ростехнадзор сведения об организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности опасных производственных объектов ИПФ РАН в 2014 г. и планируемых мероприятий в этой области на 2015 г. по новой форме в соответствии с требованиями, определёнными приказом Ростехнадзора №25 от 23.01.2014 г.
- представлены в Ростехнадзор ежеквартальные сведения об авариях и инцидентах на опасных производственных объектах ИПФ РАН.
- в соответствии с «Законом об обязательном страховании ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте » был застрахован ОПО Института.
- проведены проверки ОПО в соответствии с «Планом мероприятий по осуществлению производственного контроля ИПФ РАН в области промышленной безопасности ОПО на 2015 г.». (Всего 14 проверок).
- участие в семинаре «Безопасность в промышленности в 2015 г. Изменения и планируемые изменения», проводимом Волжско-Окским управлением Ростехнадзора, с получением удостоверения (12 чел.).

Охрана труда и экология.

Значительные работы выполнены инженерно-эксплуатационной службой института в области охраны труда и экологии.

Проведено ежегодное заседание комиссии по установлению льгот и компенсаций работникам института. Согласованы списки и принято решение о сохранении размера компенсации за работу во вредных условиях труда и стоимости талона на получение молока.

Подготовлен перечень работников, проходящих ежегодный медицинский осмотр. Проведен медосмотр работников института, занятых на вредных и опасных работах, в ЗАО ГК «Медси».

Составлены отчеты по охране труда и направлены в администрацию Нижегородского района и в статуправление.

Изменена программа по аттестации специалистов и работников по охране труда и электробезопасности в связи с принятием новых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок и закона о проведении специальной оценки условий труда.

Проведено переобучение и внеочередная проверка знаний специалистов центрального отделения и членов комиссий научных подразделений по электробезопасности в центральной комиссии института.

Организовано обучение и аттестация (переаттестация) 180 членов комиссий и специалистов в области промышленной безопасности ОПО и охраны труда, в т. ч. 13- в обучающих центрах.

Аттестовано 27 работников по новым правилам по охране труда при работе на высоте.

Обновлены 25 инструкций по охране труда, учитывающие изменения в законодательстве.

Выполнены работы по улучшению теплового режима на рабочих местах путем замены окон на многокамерные стеклопакеты (всего заменено на сумму 1216 тыс. руб.), заменены 3 входные двери и наружная дверь мусоропровода 1 корпуса.

В рамках производственного контроля проведены комплексные проверки отделений института. Составлены Акты с замечаниями и сроками устранения нарушений.

Проведена экспертиза проекта нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ) вредных веществ в атмосферу, разработанного по договору с ЗАО «Нижегородский Институт «Проектпромвентиляция», в ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии». Роспотребнадзором выдано санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии вышеуказанного проекта санитарным правилам. Департаментом Росприроднадзора по ПФО утверждены нормативы ПДВ. Получено Разрешение на выброс загрязняющих веществ в атмосферу.

Проведен комплекс работ по паспортизации отходов 1-4 классов опасности по договору с ООО «Экопромпроект». Разработанный пакет документов зарегистрирован в Департаменте Росприроднадзора по ПФО.

Составлены и согласованы в Департаменте Росприроднадзора по ПФО и Нижегородстате статотчеты: 2-тип (отходы), 4-ос.

Собрана необходимая информация и подготовлена документация по всем объектам института и арендаторам для оформления «Расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду». Перечисление средств в Департамент Росприроднадзора по ПФО осуществляется ежеквартально.

Контроль качества сбрасываемых институтом сточных вод проводится по согласованному графику, с привлечением аккредитованных лабораторий.

Лабораторно-производственный мониторинг атмосферного воздуха (на границе СЗЗ, на источниках выбросов) и почвы, проводится АНО «Приволжский центр здоровья среды» (по договору), в соответствии с Программой производственного контроля.

Предоставлен в Департамент Росприроднадзора по ПФО Технический отчет о неизменности производственного процесса и образующихся отходах на объекте ДООЛ

им. Талалушкина. Продлено Разрешение (Лимиты) на размещение отходов по данному объекту на 2015-16 гг.

Первичный учет образовавшихся, использованных, обезвреженных, переданных другим лицам или полученных от других лиц, а также размещенных отходов в институте ведется постоянно.

Составлены и переданы годовые отчеты по обращению с отходами в Комитет охраны природы и Управление природопользования Нижегородской области для подготовки регионального кадастра отходов производства и потребления.

В настоящее время проводятся работы по разработке проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение по объектам: ИПФ РАН, Полигон «Безводное», Детский сад, Гараж (Казанская наб.).

Контроль за выполнением организационных мероприятий, проводимых подразделениями института и направленных на снижение влияния образующихся отходов производства и потребления на состояние окружающей среды (в т.ч. за своевременной передачей отходов на утилизацию специализированным организациям), осуществляется постоянно.

Участие в семинарах:

- «Экологическая безопасность и обращение с опасными отходами на предприятии в 2015г. Изменения в законодательстве и практические рекомендации», организованного компанией «Лигаро».

- «Вступление в силу с 1 января 2015 года Федерального Закона от 29.12.2014 г. № 458-ФЗ» (О внесении изменений в федеральный закон "Об отходах производства и потребления"), организованного ГК «Браво Софт».

Проведён радиационный контроль:

- Индивидуальной дозы облучения персонала ускорителей группы А;
- Дозы рентгеновского излучения ускорителей;
- Дозы и мощности дозы рентгеновского излучения ВЭК с гиротронами;

Составлены и направлены в надзорные органы:

- Радиационно-гигиенический паспорт ИПФ РАН;
- Отчет о дозах облучения лиц из персонала в условиях нормальной эксплуатации радиационно-опасных объектов;
- Акт инвентаризации источников ионизирующего излучения;
- Отчет о состоянии радиационной безопасности и работе с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений в ИПФ РАН.

Переоформлено санитарно-эпидемиологическое заключение, дающее право на дальнейшую эксплуатацию ускорителя «Сатурн» - Д.

Пожарная безопасность

В 2015 году работа отдела по обеспечению пожарной безопасности института строилась в соответствии с постановлением Правительства РФ от 25.04.2012г. № 390 «О противопожарном режиме в РФ», должностными инструкциями, планом работы отдела на 2015 год. Совместно с инженерными службами института и главными инженерами научных отделений проведен ряд организационных и технических мероприятий, направленных на усиление мер пожарной безопасности.

Под постоянным контролем находились вопросы внедрения автоматических систем обнаружения пожара (АПС). В 2015 году АПС было оборудовано 30 помещений 7 отделения, 43 помещения 3 отделения, помещение отдела снабжения. На центральный пост охраны института выведен сигнал о срабатывании АПС с механического и слесарного участков, с участка точной механики и раздевального помещения опытного производства. На сегодняшний день по центральному отделению осталось дооборудовать АПС коридоры 1-го корпуса, 5-го корпуса, часть коридоров 4 и 6-го корпусов,

4 помещения 500 отдела, 27 помещений опытного производства. По 1,2 и 7 отделению эти работы практически завершены.

В марте 2015 года заключен договор на техническое обслуживание систем АПС и системы оповещения и управления эвакуации (СОУЭ) людей в случае пожара, аналогичный договор заключен в ДООЛ им.Талалушкина на оздоровительный период. Также для лагеря изготовлены по новому ГОСТу планы эвакуации на фотолюминесцентной основе. Проведен вводный противопожарный инструктаж с вновь принятыми на работу сотрудниками в количестве 134 человек. Согласовано и проконтролировано проведение 47 газосварочных работ. Совместно с ОГМ в мае и ноябре проверено состояние внутреннего противопожарного водопровода. Давление воды в противопожарном водопроводе и длина компактной части водяной струи от пожарного ствола соответствуют требованиям норм. Все пожарные краны (101 шт.) укомплектованы рукавами и стволами, обозначены и опечатаны.

По договору с Богородским ВДПО в апреле 2015 г. в научных отделениях и подразделениях центрального отделения была проведена перезарядка просроченных порошковых и углекислотных огнетушителей в количестве 260 шт. Проведены работы по огнезащитной обработке арболитового домика на базе отдыха «Варнавино».

Подготовлены материалы и направлены в Управление ГО Нижегородского района для участия в смотре-конкурсе на лучшее защитное сооружение района. До 30.06.2015 г. устранены нарушения, выявленные в ходе проверки прокуратурой Нижегородского района, защитного сооружения ГО института. В ФАНО России направлена заявка на дополнительное финансирование для приобретения и замены фильтров - поглотителей (ФП-300-1). Разработан план-график размещения заказов на выполнение противопожарных работ на 2016 год, который согласован с экономистами института и отделом закупок.

Согласно этого графика наиболее приоритетными направлениями в работе отдела на 2016 год считаются:

- обеспечение надлежащего противопожарного режима в подразделениях института(соблюдение режима курения, содержание путей эвакуации, первичных средств пожаротушения, внутреннего противопожарного водопровода, систем оперативного оповещения о пожаре и другие);

- дальнейшее внедрение автоматических систем оперативного обнаружения пожара (оборудовать АПС коридоры в корпусах института, помещения 3-го научного отделения, опытного производства);

- капитальный ремонт систем АПС и оповещения о пожаре в помещениях НОЦ (2корпус);

- монтаж системы автоматического управления включением и выключением пожарных насосов-повысителей внутреннего противопожарного водопровода.

- согласно распоряжения главного инженера института № 060/6 от 08.07.2013 года в научных отделениях института провести техническое обслуживание кондиционеров специализированными организациями.

Метрологическое обеспечение работ института

1. Подготовлены и согласованы с «Военным Регистром» перечни средств измерения (СИ), средств контроля (СК), индикаторов (И), средств индикации военного назначения (СИН).

2. Подготовлена метрологическая служба (МС) для проведения контроля со стороны «Военного Регистра», все процессы приведены в соответствие с ГОСТ ВР 0015-002-2012.

3. Проведен контроль со стороны «Военного Регистра» на соответствие деятельности СМК ИПФ РАН сертификату, подготовка Перечней средств контроля, индикаторов и научно-исследовательского оборудования. Замечания касались только формулировок (содержания) СТО 023 и 038. По самим процессам замечаний не было.

4. Устранены замечания по результатам контроля.

5. По расширению области аккредитации ИПФ РАН: в настоящее время госуслуга по плановой аккредитации в соответствии с новыми критериями аккредитации зарегистрирована, проведена первичная документарная экспертиза. Ведется работа по замечаниям. Расширение области аккредитации включено.

6. Проведена первичная аттестация эталонов. Поданы документы на регистрацию эталонов. Ведется работа по замечаниям.

7. Проведено обучение по программе «Метрологическое обеспечение производства».

8. Проведена закупка оборудования для расширения области аккредитации. В настоящее время заканчивается поставка.

9. Руководство по качеству МС: разработано, проведена первичная документарная экспертиза экспертом по аккредитации, ведется работа по замечаниям.

10. В соответствии с графиками поверки, согласованными с руководителями подразделений, осуществляется поверка СИ (и в случае необходимости ремонта), а также проводятся необходимые мероприятия по осуществлению поверки в НЦСМ. Информация о поверке заносится в Информационный фонд Росстандарта.

11. Осуществляется ремонт и поверка СК, И и другого оборудования для мониторинга и измерений с занесением информации в Перечни СК, И и др. (паспорта, формуляры).

12. Развивается процесс проведения метрологической проработки и экспертизы технической документации по заявкам подразделений. Проведена детальная метрологическая экспертиза более 30 документов различного уровня.

13. Проведена аттестация двух стендов испытательного оборудования, используемого для нужд «Военного Регистра».

14. Проведены консультации сотрудников института в метрологических вопросах.

15. Проводится метрологический надзор и внутренний аудит подразделений института согласно графика в соответствии со стандартом СТО-БИГЮ-038 и СТО-БИГЮ-042.

16. Проводится текущая модернизация и дополнительная поверка эталонного, ремонтного и проверочного оборудования с целью повышения качества работ.

17. Проведено обучение: повышение квалификации - 4 человека, получение дополнительного высшего образования - 1 человек.

Энергосбережение, энергоэффективность, АСКУЭ

1. Водопотребление

1.1 В результате работы по экономии водных ресурсов, (систематический анализ потребления воды, усовершенствование систем охлаждения экспериментальных установок, перевод их на оборотное водоснабжение, своевременное обнаружение и устранение утечек и т.п.), расход воды Институтом в 2015 году снизился относительно 2009 г., являющегося базовым по Федеральному закону «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», на 27923 м³, что составляет 50,2%. (Законом предусмотрено ежегодное снижение не менее чем на 3%, или на 15% за 5 лет). Относительно 2014 г. снижение расхода составило 3475 м³.

В денежном выражении экономия по усреднённым тарифам 2015 г. составила: относительно базового 2009 г. - 804182 руб.

относительно 2014 г. - 100080 руб.

1.2 Выполнен очередной этап модернизации системы оборотного водоснабжения, включающий следующие мероприятия:

- разработан и смонтирован сетчатый фильтр для очистки воды, поступающей из градирни в баки;

- автоматизирована работа отечественного резервного консольного насоса. Пуск и остановка его происходит теперь автоматически от дополнительного датчика давления через устройство плавного пуска. Это позволило использовать насос в качестве основного, параллельно с автоматизированными насосными станциями фирмы Grundfos. Кроме того, исчезли гидроудары, возникавшие при ручном управлении и приводившие к сбоям в работе основных насосных станций.

Расчётная экономия электроэнергии от внедрения этого мероприятия составила ориентировочно 35200 кВт*час.

В денежном выражении по усреднённому тарифу 2015 г. это составило 166000 руб.

- выполнена реконструкция системы электроснабжения оборудования водооборотки.

Расходы на оборудование и материалы составили 70000 руб.

- выполнена реконструкция магистрали оборотного водоснабжения в зале управления (3 этаж корпус № 5) и в помещении стенда 3025 (трубы заменены на полипропиленовые, изменены схемы трубопроводов). Это позволило почти полностью исключить взаимозависимость охлаждения установок стенда 3025 и экспериментальных комплексов ВЭК 1/150/5365, ВЭК 2/150/5365 и Гиро ЛБВ. Расходы на материалы составили 150000 руб. (140000 на экспериментальные комплексы ВЭК и Гиро ЛБВ и 10000 на стенд 3025).

- приобретён и подготовлен к монтажу насос для градирни

- транспортирован и подготовлен к монтажу консольный насос производительностью 90 м³/час.

Затраты на оборудование и материалы для модернизации системы оборотного водоснабжения составили 110444 руб.

В результате проводимой модернизации возможности водооборотной системы в значительной степени возросли. Вместе с тем в 2015 г. возросли и потребности. Более ¼ года система работает в круглосуточном режиме, включая выходные дни, в остальные дни по 12 часов. Если раньше расход воды в 23 м³/час считался довольно большим, то в настоящее время он достигает 75 м³/час, а это уже на пределе возможностей водооборотки.

Общий расход воды, охлаждённой и перекаченной водооборотной системой в 2015 г. составил около 105 тыс. м³. Это эквивалентно 1750 железнодорожным цистернам или 35 железнодорожным составам по 50 вагонов. По усреднённому тарифу ОАО «Нижегородский водоканал» 2015 г. стоимость такого количества воды составляет: 28,8 руб./м³ * 105000 = 3024000 руб.

2. Теплопотребление

2.1 В результате проведённых мероприятий, направленных на сбережение тепловой энергии, теплопотребление Института в сопоставимых условиях снизилось в 2015 г. по сравнению с базовым 2009 г. на 1178 Гкал, что составило 18%.

В денежном выражении экономия в усреднённых тарифах 2015 г. относительно 2009 г. составила 1097479 руб. (в среднем 183443 руб. в год за 6 лет).

2.2 Заменён узел учёта тепловой энергии Института. В новом теплосчётчике в соответствии с правилами учёта тепловой энергии введены датчики давления, уменьшен нижний предел измерений расхода теплоносителя (с 1,358 до 0,566 м³), что позволяет подогревать воду в летний период с меньшим расходом теплоносителя (а следовательно и теплопотребления), введён ряд дополнительных индицируемых параметров и есть возможность измерения температуры в системе ГВС.

Кроме того, ОАО «Теплоэнерго» ввело новую форму отчётности, которая предписывает передачу 22 параметров (в старой форме их было 7), из которых не все формировал старый теплосчётчик.

Экономический эффект от замены теплосчётчика составил:

в натуральном выражении – 242,35 Гкал,
в денежном выражении (по усреднённому тарифу 2015 г.) – 226430 руб.

2.3 Сконструирован и смонтирован автоматический клапан забора уличного воздуха в системе приточной вентиляции химлаборатории отд. № 195.

3. Энергопотребление

3.1. Заменены люминесцентные светильники 4x18 на светодиодные в количестве 68 шт. Экономия – 5377 кВт.час.

3.2. Заменены светильники 2x36 в количестве 59 шт. Экономия – 4659 кВт.час.

3.3 Заменены люминесцентные лампы 18 Вт на светодиодные в количестве 720шт. Экономия – 1719 кВт.час.

3.4 Заменаены люминесцентные лампы 36 Вт на светодиодные в количестве 406 шт.

Экономия – 3208 кВт.час.

Итого сэкономлено электроэнергии – 14963 кВт.час.,
в денежном выражении – 104741 руб.

4. АСКУЭ (автоматизированная система контроля и управления энергоресурсами), подсистема «Теплоэнергетика и водоснабжение»

Благодаря внедрению средств телекоммуникации (технические и программные средства) стала возможна передача данных по тепло и водопотреблению в энергоснабжающие и другие организации (ОАО «Теплоэнерго», ОАО «Нижегородский водоканал», НЦСМ, ООО «Теплоэнергосервис») при наличии у них таких возможностей. Система опробована при взаимодействии с НЦСМ при решении проблем, возникших после проведения поверки приборов учёта тепловой энергии, а также с ООО «Теплоэнергосервис» при введении в эксплуатацию нового теплосчётчика. Кроме того, система позволяет контролировать расход тепловой энергии, потребляемой ЗАО НПП «Гиком», от котельной Экспериментальной базы «Безводное».

14. Опытное производство.

Опытное производство (ОП) изготавливает макеты и опытные образцы изделий по документации научных отделений института, а также нестандартные изделия и приспособления по чертежам заказчиков центрального отделения.

Основное внимание в работе коллектив ОП уделяет совершенствованию системы менеджмента качества, внедрению новых технологических процессов, улучшению качества нормирования, повышению квалификации сотрудников.

В 2015 году разработана технологическая документация на 141 заказ, включая изготовление оснастки, оригинального инструмента и расчет программ для станков ЧПУ. Изготовлены уникальные излучатели, титановый криостат, узлы ячеек Поккельса, узлы волноводных линий передач, узлы масштабной модели перспективных изделий морской техники и т. д., проведены приемо-сдаточные испытания опытной партии пьезоакселерометров АП-11УС.

Общий объем выполненных работ в Опытном производстве в 2015 году составил 18 508 912 рублей.

Внедрен стандарт предприятия СТО БИГЮ 025-14 по входному контролю продукции. Разработан новый стандарт предприятия СТО БИГЮ 019-15 «Организация опытного производства».

За отчетный период в сектор технического контроля было предъявлено 35079 изготовленных деталей и узлов. С первого предъявления принято 35078 деталей, процент принятых с первого предъявления деталей составляет 99,98%.

Организован и аттестован новый участок изготовления и испытания первичных преобразователей.

В 2015 году повысили квалификацию 3 сотрудника опытного производства.

Список статей, опубликованных в рецензируемых научных журналах**Статьи в российских журналах.**

1. Абрамов И.С., Е.Д. Господчиков, А.Г. Шалашов, О формировании многозарядной плазмы в направленном потоке газа.// Изв. ВУЗов Радиофизика Т.58 №12, стр. 1022-1043 (2015).
2. Абубакиров Э.Б., А.Н.Леонтьев О параллельном усилении в электронных системах с распределенным взаимодействием, Радиотехника и электроника, 2015, т.60, №7, стр.754-758.
3. Абубакиров Э.Б., И.В. Бандуркин, А.А. Вихарев, С.В. Кузиков, Р.М. Розенталь, А.В. Савилов, А.Э. Федотов Микроволновые ондуляторы и электронные генераторы для нового поколения лазеров на свободных электронах, Известия ВУЗов: Радиофизика, 2015, т.58, №10, стр. 841-856.
4. Абубакиров Э.Б., Гузнов Ю.М., Денисов Г.Г., Завольский Н.А., Запевалов В.Е., Запевалов С.А., Планкин О.П., Розенталь Р.М., Седов А.С., Семенов Е.С., Чирков А.В., Шевченко А.С. Проект релятивистского гиротрона диапазона 100 ГГц с выходной мощностью 5-10 МВт.// Изв. ВУЗов «Прикладная нелинейная динамика т. 23, № 2, 2015 Стр. 94-107.
5. Абубакиров Э.Б., А.С.Сергеев Конкуренция азимутально-несимметричных мод в релятивистской лампе обратной волны, Известия ВУЗов: Радиофизика, 2015, т.58, №8, стр.683-690.
6. Авербах В.С., Коньков А.И., Лебедев А.В., Малеханов А.И., Манаков С.А., Таланов В.И. Методы когерентной инженерной сейсморазведки в Институте прикладной физики РАН // Технологии сейсморазведки. 2015. Т. 2. 119–123.
7. Авербух Е.Л., Талипова Т.Г., А.А. Куркин, Вертикальная структура поля скорости в волнах на поверхности вязкой жидкости, покрытой упругой пленкой. Известия РАН, Механика жидкости и газа, 2015, № 3, С. 148-159.
8. Айдакина Н.А., М.Е. Гушин, И.Ю.Зудин, С.В. Коробков, А.В. Костров, А.В. Стриковский. Кроссмодуляция волн свистового диапазона частот в магнитоактивной плазме. Письма в ЖЭТФ, Т.101, №4, с.254-257 (2015).
9. Анашкина Е.А., А.В. Андрианов, А.В. Ким, Преобразование ультракоротких лазерных импульсов в диапазон длин волн свыше 3 мкм в конусных германатных световодах, Квантовая электроника, т.45, №5, с.437-442, 2015.
10. Аносов А.А., Р.В. Беляев, В.А. Вилков, А.В. Закарян, А.С. Казанский, А.Д. Мансфельд, П.В. Субочев. Восстановление глубинной температуры методом акустотермометрии с учетом уравнения теплопроводности// Радиотехника и электроника 2015, том 60, № 8, с. 855–864.
11. Аносов А.А., Немченко О.Ю., Лесс Ю.А., Казанский А.С., Мансфельд А.Д. Возможности акустотермометрии для контроля адресной доставки лекарств // Акустический журнал т.61 № 4 с. 535-540.
12. Антонец В.А., Казаков В.В. Неинвазивное измерение звукового поля в утробе матери, возникающего при проведении УЗИ // Акустический журнал. 2015. Т.61, № 4. С. 541-544.
13. Артельный В.В., П.В. Артельный, А.Л. Вировлянский, А.Ю. Казарова, П.И. Коротин. Фокусировка поля в гидроакустическом волноводе в заданный интервал глубин //Акуст. журн. 2015.Т.61. №4. С. 477-483

14. Афанасьев А.В., В.И. Бредихин, А.В. Пикулин, И.Е. Иляков, Б.В. Шишкин, Р.А. Ахмеджанов, Н.Н. Митин, Е.Н. Горшкова, Н.М. Битюрин, Повышение разрешающей способности метода наноструктурирования поверхности с помощью слоя коллоидных микрочастиц при воздействии фемтосекундного лазерного излучения, «Квантовая электроника», 45, № 5, сс. 467-471 (2015).
15. Ахмеджанов Р.А., Л.А. Гушин, И.В. Зеленский, Ю.П. Малакян, Д.А. Собгайда. Демонстрация возможности реализации операции Тоффоли в кристаллах, активированных ионами редкоземельных металлов. Оптика и спектроскопия, 2015, т.119, №1, стр.102-106
16. Бакунин В.Л., Г.Г. Денисов, Ю.В. Новожилова Зоны захвата частоты многомодового гиротрона мегаваттного уровня мощностью внешним сигналом.// Журнал "Известия ВУЗов. Радиофизика", том 58, № 12, стр. 999-1011, 2015.
17. Бандуркин И.В., Ю.К.Калынов, А.В.Савилов Экспериментальное исследование гиротрона с секционированным резонатором клистронного типа на высоких циклотронных гармониках, Известия ВУЗов: Радиофизика, 2015, т.58, №9, стр.770-778.
18. Бандуркин И.В., А.К. Каминский, Э.А. Перельштейн, Н.Ю. Песков, А.В. Савилов, С.Н.Седых Моделирование мощного широкополосного мазера-усилителя на свободных электронах с рабочей частотой около 30 ГГц, предназначенного для экспериментов по ускорению частиц, Известия ВУЗов: Радиофизика, 2015, т.58, №8, стр.674-671.
19. Баранов Е., О. Большаков, В. Вдовин, А. Елисеев, Д. Коротаев, И. Леснов, А. Мухин, М. Ю. Торгашин, «Температурная стабильность высокочувствительных сверхпроводниковых приемников ТГц излучения,» Журнал радиоэлектроники, т. 6, 2015. <http://jre.cplire.ru/jre/jun15/7/text.html>
20. Бармак А.С., П.И. Коротин, Б.М. Салин, М.Б. Салин. Восстановление временной зависимости и параметров сигнала широкополосных протяженных акустических источников в дальней зоне. Ч.2. Восстановление диаграммы направленности движущегося источника. // Акуст. журн. 2015. Т.61. №1. С.123-132.
21. Беспалов П.А., Мизонова В.Г. Трехмерная модель формирования мелкомасштабных каверн плотности в области авроральных продольных токов.// Геомагнетизм и аэрномия. 2015. Т. 55. № 6. С. 747–754.
22. Беспалов П.А., Савина О.Н. Электростатическая турбулентность в перепадах электронной температуры солнечной атмосферы. // Письма в Астрономический журнал. 2015. Т. 41. № 10. С. 651-656. DOI: 10.7868/S0320010815100010.
23. Беспалов П.А., Савина О.Н. Нелинейный отклик экваториальной токовой струи на внешние воздействия и его влияние на электромагнитные волны свистового диапазона в магнитосфере.// Космические исследования. 2015. Т. 53. № 1. С. 79–84.
24. Богдашов А.А., Г.Г. Денисов, С.В. Самсонов, И.Г. Гачев, Я.В. Доминюк, В.Н. Мурзин, Б.А. Левитан Волноводный тракт высокого уровня мощности Ка-диапазона с полосой 1 ГГц. // Журнал "Известия ВУЗов. Радиофизика", том 58, № 10, стр. -, 2015.
25. Братман В.Л., А.В. Савилов, Ч.Х. Чанг Возможности непрерывного изменения частоты в терагерцовых гиротронах с неперестраиваемыми электродинамическими системами, Известия ВУЗов: Радиофизика, 2015, т.58, №9, стр.732-741.
26. Бурдуковская В.Г., Ю.В. Петухов, А.И. Хилько. Работа линейной и кольцевой горизонтальных антенн в мелком море // Акустический журнал. 2015. Т. 61. №6. С. 729-735.
27. Бурдуковская В.Г., Петухов Ю.В. Формирование каустических пучков в рефракционном океаническом волноводе // Акустический журнал. 2015. Т.61. №4. С. 490-499.

28. Буренин А.В., О задании нежестких движений молекулы несобственными элементами её точечной группы, *Оптика и спектроскопия*, т.118, №5, с.707-712, 2015.
29. Варфоломеев А.А., М.Е. Гущин, С.В. Коробков, А.В. Костров, Ю.П. Палочкин, С.Э. Привер, Д.А. Одзерихо, А.В. Стриковский. Двигательная электризация летательных аппаратов как источник радиопомех. *Письма в Журнал технической физики*. Т.15, №1, с.28-35 (2015).
30. Вдовин В.Ф., И.В. Леснов, Повышение производительности беспроводных телекоммуникационных каналов и использование криоэлектронных приемных устройств, *Журнал радиоэлектроники*, т. 9, 2015. <http://jre.cplire.ru/jre/sep15/11/text.html>
31. Викторов М.Е., А.В. Водопьянов, С.В. Голубев, Д.А. Мансфельд, А.Г. Николаев, В.П. Фролова, Г.Ю. Юшков, Экспериментальный стенд для исследования взаимодействия плотных сверхзвуковых потоков плазмы с магнитным полем арочной конфигурации.// *Письма в ЖТФ*, 2015, Т. 41, вып. 18, С.74-81.
32. Викторов М. Е., Голубев С. В., Зайцев В. В., Мансфельд Д. А., Pulse-Periodic Regime of Kinetic Instability of the ECR Discharge Plasma Under the Conditions of Double Plasma Resonance, *Radiophysics and quantum electronics*, V.57, № 12, 2015, Springer, Dordrecht.
33. Вилков М.Н., Н.С.Гинзбург, Г.Г.Денисов, И.В.Зотова, А.С.Сергеев Генерация периодической последовательности мощных ультракоротких импульсов в гиро-ЛБВ с просветляющимся циклотронным поглотителем в цепи обратной связи, *Известия ВУЗов: Радиофизика*, 2015, т.58, №8, стр.664-673.
34. Вировлянский А.Л., А.Ю. Казарова, Г.В. Кенигсбергер, О.В. Колодиев, П.И. Коротин, Л.Я. Любавин, В.И. Моисеенков, Д.А. Орлов, О.А. Потапов, В.И. Турчин. Эксперимент по оценке координат источника звука на шельфе Черного моря // *Акуст. журн.* 2015. Т.61. №2. С. 216-224.
35. Власов С.Н. Нелинейные автомодельные пучки электромагнитных волн в вакууме, *Изв. ВУЗ., Радиофизика*, 2015г., т.58, п.7, с.552-558.
36. Воловик М.Г., Киселев Д.В., Полевая С.А., Александров Н.М., Перетягин П.В., Хомякова М.И., Ковальчук А.В. Влияние многократной локальной ишемии на температурный режим и микроциркуляцию кожи кисти у человека. *Физиология человека*. - 2015. - Том 41, N 4. - с. 100-109.
37. Гайкович К.П., Смирнов А.И. Обратные задачи низкочастотной диагностики земной коры. *Изв. вузов. Радиофизика*, 2015, т.58, №6, с. 476-491.
38. Гамаюнов С.В., Гребенкина Е.В., Ермилина А.А., Каров В.А., Карстен Кениг, Корчагина К.С., Скребцова Р.Р., Терехов В.М., Терентьев И.Г. Турчин И.В., Шахова Н.М., "Флуоресцентный мониторинг фотодинамической терапии рака кожи в клинической практике», *Современные технологии в медицине* 7(2), 2015 г., с 75-83.
39. Гачева Е.И., А.К. Потемкин, "Искажения квазиэллипсоидального 3D лазерного импульса-пучка при распространении в свободном пространстве", *Известия вузов. Радиофизика*, 2015, 58 (4), 304-310.
40. Гинзбург Н.С., А.М. Малкин, И.В. Железнов, В.Ю. Заславский, Е.Р. Кочаровская, Распространение волн в сверхразмерных планарных волноводах со слабогфрированной поверхностью, *Радиотехника и электроника*, 2014, т.59, №11, стр.1-9.
41. Гинзбург Н.С., В.Ю. Заславский, И.В. Зотова, И.В. Железнов Генерация импульсов циклотронного сверхизлучения в электростатической ловушке, накачиваемой электронным пучком, *Письма в ЖТФ*, 2015, т.41, вып.12, стр.1-7.
42. Гинзбург Н.С., Г.Г. Денисов, М.Н. Вилков, И.В. Зотова, А.С. Сергеев Генерация периодической последовательности мощных ультракоротких импульсов в лампе

- бегущей волны с просветляющимся поглотителем в цепи обратной связи, Письма в ЖТФ, 2015, т.41, вып.17, стр.44-52.
43. Гитлин М.С. «Визуализация пространственного распределения интенсивности миллиметровых волн при помощи оптического континуума, излучаемого газовым разрядом в смеси Cs-Xe. Часть I. Метод и его физические основы»// Успехи прикладной физики, Т. 3, № 6, с. 501 – 522.
 44. Глявин М.Ю., Г.Г. Денисов, М.Л. Кулыгин, Ю.В. Новожилова Стабилизация частоты гиротрона отражением от нерезонансной и резонансной нагрузки.// Письма в ЖТФ, 2015, том 41, вып. 13, с.25-32.
 45. Глявин М.Ю., Г.Г. Денисов, В.Е. Запевалов, А.Н. Куфтин, В.Н. Мануилов, Е.А. Солуянова, А.С. Седов, В.В. Холопцев, А.В.Чирков Особенности оптимизации подсистем непрерывного гиротрона с частотой генерации 0,26 ГГц на основном циклотронном резонансе. // Журнал "Известия ВУЗов. Радиофизика", том 58, № 9, стр. 720-731, 2015.
 46. Глявин М.Ю., Денисов Г.Г., Кулыгин М.Л., Мельникова М.М., Новожилова Ю.В., Рыскин Н.М. Стабилизация частоты гиротрона слабой отраженной волной. // Изв. ВУЗов Радиофизика, 58, 9, 747-758 (2015)
 47. Глявин М.Ю., Н.А. Завольский, В.Е. Запевалов, В.Ю. Заславский, К.А. Лещева, Р.М. Розенталь, А.С. Седов. Влияние азимутальной несимметрии электронно-волнового взаимодействия на характеристики излучения гиротронов субтерагерцового диапазона, Известия ВУЗов: Прикладная нелинейная динамика, 2015, т.23, №2, стр.108-118.
 48. Глявин М.Ю., В.Н. Мануилов, М.В. Морозкин. КПД гиротронов на второй гармонике гирочастоты с многоступенчатыми системами рекуперации остаточной энергии электронов // ЖТФ, 85, 5, 127-131, 2015
 49. Голубятников Г.Ю., С.П. Белов, А.В. Лапинов. О точности измерения частот спектральных линий на примере исследования вращательных переходов молекулы $^{16}\text{O}^{12}\text{C}^{32}\text{S}$ в мм и суб-мм диапазонах длин волн. Изв. вузов. Радиофизика. т.58 №8, с. 691-701 (2015).
 50. Горшков К.А., Соустова И.А., Ермошкин А.В. Структура поля квазисолитона при приближении к критической точке. Изв. Вузов» Радиофизика., т.58, №10, СС. 1-8, 2015.
 51. Господчиков Е.Д., О.Б. Смолякова Управление профилем энерговклада при электронном циклотронном нагреве плазмы в прямой магнитной ловушке.// Известия вузов. Радиофизика. Т.58 №11 С. 925-937 (2015).
 52. Грач В.С., Гарасёв М.А. Зарядка проводящей сферы в слабоионизованной столкновительной плазме: Временная динамика и стационарное состояние. ЖЭТФ. 2014, Т. 148, № 1, С. 150-165.
 53. Губарькова Е.В., Е.Б. Киселева, М.Ю. Кириллин, Л.Б. Тимофеева, С.С. Кузнецов, Ф.И. Фельдштейн, Н.Д. Гладкова “Количественная оценка поляризационных характеристик атеросклеротических бляшек коронарных артерий на разных стадиях развития” Современные технологии в медицине, 7, 39-49 (2015).
 54. Демехов А. Г. О вкладе В.Ю.Трахтенгерца в физику космической плазмы // Космич. исслед. 2015. Т. 53, № 1. С. 3–12.
 55. Дементьева С.О., Н.В. Ильин, Е.А. Мареев, Расчет электрического поля и индекса молниевой активности в моделях прогноза погоды, Известия РАН. Физика Атмосферы и Океана, 2015, Т. 51, № 2, с. 210-217.
 56. Денисов Г.Г., А.А. Богдашов, И.Г. Гачев, С.В. Мишакин, С.В. Самсонов, Е.В. Соколов, Е.А. Солуянова, Е.М. Тай Мощные широкополосные усилители на основе гиро-ЛБВ. // Электромагнитные волны и электронные системы, 2015, т.20, №5, с. 28-33.

57. Денисов Г.Г., А.А. Богдашов, И.Г. Гачев, С.В. Мишакин, С.В. Самсонов. Новые системы ввода-вывода излучения для гиро-ЛБВ миллиметрового диапазона длин волн. // Журнал "Известия ВУЗов. Радиофизика", том 58, № 10, стр. 857-866, 2015.
58. Денисов Г.Г., М.Ю. Шмелев. Использование эффекта Тальбота для суммирования СВЧ сигналов диапазона миллиметровых волн. // Журнал "Известия ВУЗов. Радиофизика", том 58, № 10, стр. 881-885, 2015.
59. Дерябин М.С., Д.А. Касьянов, В.В. Курин, М.А. Гарасев. Особенности стадии дестабилизация профиля волны при отражении интенсивного акустического пучка от мягкой границы. // Изв. вузов Радиофизика, №12, с. 1052-1061, 2015.
60. Диденкулов О.И., Диденкулова И.И., Пелиновский Е.Н., Куркин А.А. Влияние поперечного сечения бухты на характеристики наката волн на берег. Изв РАН Физика атмосферы и океана. 2015, т. 51, № 6, С.741-747.
61. Долин Л.С., И.М. Левин. Теория подводной видимости // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2015. Т.8. № 2. С.22-35.
62. Евтушенко А.А., Н.В. Ильин, Ф.А. Кутерин. О существовании глобальной электрической цепи в атмосфере Марса // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. 2015. № 1. С.57.
63. Ермаков С.А., Капустин И.А., Мольков А.А., Сироткин Е.М., Чебан Е.Ю. Теоретическое и экспериментальное исследование эффекта прохождения нефтепродуктов за боновые заграждения. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 2. С.127-139.
64. Ермаков С.А., Капустин И.А., Лазарева Т.Н., Шомина О.В. Экспериментальное исследование разрушения поверхностных пленок обрушивающимися гравитационными волнами. Предварительные результаты. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 1. С. 72-79.
65. Ермакова Е. Н., Яхнин А. Г., Яхнина Т. А., Демехов А. Г., Котик Д. С. Спорадические геомагнитные пульсации на частотах до 15 Гц в период магнитной бури 7-14 ноября 2004 г: Особенности амплитудных и поляризационных спектров и связь с ионно-циклотронными волнами в магнитосфере.// Известия вузов — Радиофизика. 2015. Т. 58, № 8. С. 607–622.
66. Ермошкин А.В., Баханов В.В., Богатов Н.А. Развитие эмпирико-теоретической модели рассеяния радиолокационных сигналов взволнованной водной поверхностью при скользящих углах наблюдения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 4. С. 51-59.
67. Ермошкин А.В., Капустин И.А. Исследование особенностей растекания пленок поверхностно-активных веществ на поверхности внутренних водоемов морским навигационным радиолокатором // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 6. С. 113-119.
68. Железняков В.В., Беспалов П.А. Распространение и генерация электромагнитных волн на протонных гирочастотах в релятивистской электрон-позитронной плазме. II. Возбуждение электромагнитных волн.// Известия вузов Радиофизика. 2015. Т. 58. № 11. С. 915-924.
69. Захаров Д.Г., Касаткин Д.В., Кириллов С.Ю., Кузнецов А.С. Особенности одновременного воздействия возбуждающих синаптических токов на нейрон с дифференциацией отклика. Известия ВУЗов. Прикладная нелинейная динамика, 2015, т.23, №2, с.47-66.
70. Захаров Д.Г., А.С. Кузнецов, О динамических механизмах воздействия синаптических токов на модель нейрона с дифференциацией отклика. Письма в ЖЭТФ, 102(2015), № 3, с. 211-215.
71. Зотова И.В., Н.С. Гинзбург, Г.Г. Денисов, Р.М. Розенталь, А.С. Сергеев. Режимы захвата и стабилизации частоты генерации в мощных гиротронах с

- низкодобротными резонаторами, Известия ВУЗов: Радиофизика, 2015, т.58, №9, стр.759-769.
72. Иванов А.В., Троицкая Ю.И., Папко В.В., Сергеев Д.А., Байдаков Г.А., Вдовин М.И., Казаков В.И., Кандауров А.А., Афанасьева И.М., Донскова О.А., Шувалова Н.М. Стратификация как фактор влияния на качество вод равнинного водохранилища // Приволжский научный журнал, №34, с.149-156, 2015.
73. Иляков И.Е., Б.В. Шишкин, Л.Н. Александров, М.Ю. Емелин, М.Ю. Рябикин, Генерация терагерцового излучения при оптическом пробое воздуха: зависимость оптимального сдвига между компонентами двухцветного лазерного импульса от их интенсивности, Письма в ЖЭТФ, т.101, №2, с.78-83, 2015.
74. Иомдина Е.Н., Игнатъева Н.Ю., Арутюнян Л.Л., Шехтер А.Б., Сергеева Е.А., Захаркина О.Л., Анисимов С.И., “Изучение коллагеновых и эластических структур склеры глаз при глаукоме с помощью нелинейно-оптической (мультифотонной) микроскопии и гистологии (предварительное сообщение)”, Российский офтальмологический журнал. 2015. Т. 8. № 1. С. 50-58.
75. Иудин Д.И., Давыденко С.С., Фрактальная модель компактного внутриоблачного разряда. I. Особенности строения и эволюции // Известия вузов. Радиофизика. 2015, т.58, №7, стр.530-551.
76. Калганова Т.И., Е.В. Губарькова, С.В. Гамаюнов, Е.Б. Киселева, Е.В. Гребенкина, С.С. Кузнецов, Е.С. Финагина, Н.М. Шахова, А.В. Масленникова, Е.В. Загайнова, А. Vitkin, Н.Д. Гладкова Кросс-поляризационная ОКТ в оценке динамики состояния патологических и нормальных тканей при проведении лучевой и фотодинамической терапии. Современные технологии в медицине, 2015, том 7, номер 3, стр. 119-129. DOI: <http://dx.doi.org/10.17691/stm2015.7.3.17>
77. Калинина В.И., Малеханов А.И., Мерклин Л.Р., Таланов В.И., Хилько А.И. Когерентные методы сейсмоакустического зондирования морского дна // Технологии сейсморазведки. 2015. № 4, с.81-88.
78. Канев Ф.Ю., О.Л. Антипов, Н.А. Макенова, В.П. Лукин, Е.И. Цыро. Адаптивная компенсация атмосферных искажений многоканального лазерного излучения. Автометрия. - Т. 51 - №. 6 - С. 41-46, 2015.
79. Караев В., Ю.Титченко, М.Панфилова, Е.Мешков, Г.Баландина, Ю.Кузнецов, А.Шлаферов, Первый российский скаттерометр орбитального базирования: обсуждение концепции. Исследование Земли из космоса, 2015, N 6, стр. 79-89.
80. Касаткин Д.В., Некоркин В.И. Динамика сети взаимодействующих фазовых осцилляторов с динамическими связями. Известия ВУЗов. Прикладная нелинейная динамика, 2015, т.23, №4.
81. Касаткин Д.В., Некоркин В.И. Динамика фазовых осцилляторов с пластичными связями. Известия ВУЗов. Радиофизика, 2015, т.58, №11, с. 981-997.
82. Кириллов С.Ю., Некоркин В.И., Сложные динамические пороги и генерация потенциалов действия в модели нейронной активности. // Изв. вузов. Радиофизика. 2015. Т. 58, № 12, 1062-1082.
83. Кияшко С.В., В.О. Аффенченко, А.В. Назаровский. Генерация спиральных волн при параметрическом возбуждении в кювете с неоднородной границей // Нелинейный мир, 2015, Т.13, №7, с.76-80.
84. Клочков Б.Н. «Волновые эффекты в мягких биососудах» // Прикладная механика и техническая физика, 2015, Т. 56, № 3, с. 55–64.
85. Кобелев Ю.А. Многократное рассеяние звуковых волн сферическими частицами с монополярным типом колебаний, расположенными в узлах трехмерной решетки с одинаковыми ячейками // Акустический журнал. 2015. Т. 61. № 4. С. 432–441.
86. Коваленко В.В., Корчак В.Ю., Хилько А.И., Чулков В.Л. Вопросы противодействия сетевым системам подводного наблюдения и обеспечения их безопасности.

- Акустическая война систем под водой // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2015. Т. 8. № 4. С. 7-15.
87. Козелков А.С., Куркин А.А., Пелиновский Е.Н., Курулин В.В. Моделирование цунами космогенного происхождения в рамках уравнений Навье-Стокса с источниками различных типов. *Известия РАН Механика жидкости и газа*, 2015, № 2, 142-150.
 88. Козелков А.С., Куркин А.А., Пелиновский Е.Н., Курулин В.В., Тятюшкина Е.С. Моделирование возмущений в озере Чебаркуль при падении метеорита в 2013 году. *Известия РАН Механика жидкости и газа*, 2015, № 6, 134-149.
 89. Коптев М.Ю., Е.А. Анашкина, К.К. Бобков, М.Е. Лихачев, А.Е. Левченко, С.С. Алешкина, С.Л. Семенов, А.Н. Денисов, М.М. Бубнов, Д.С. Липатов, А.Ю. Лаптев, А.Н. Гурьянов, А.В. Андрианов, С.В. Муравьев, А.В. Ким, Волоконный усилитель на основе активного иттербиевого световода-конуса для получения ультракоротких оптических импульсов с мегаваттным уровнем пиковой мощности, *Квантовая электроника*, т.45, №5, с.443-450, 2015.
 90. Костин В.А., Г.В. Осипов. Возбуждение пространственно-временных структур в упругих электрически активных сократимых волокнах. *Доклады Академии наук*. Т. 466. № 6. 2015.
 91. Костюков И.Ю., Пухов А.М. Плазменные методы ускорения электронов: современное состояние и перспективы // *Успехи физических наук*. 2015. Т. 185. С. 89-96.
 92. Кузнецов И.И., И.Б. Мухин, О.Л. Вадимова, О.В. Палашов, "Дисковый лазер на основе композитного активного элемента из Yb:YAG/YAG", *Квантовая электроника*, 2015, 45 (3), 207–210.
 93. Кукушкин В. А., Байдусь Н. В., Здоровейщев А. В. Диагностика эффективности возбуждения поверхностных плазмон-поляритонов квантовыми точками с помощью поляризационных измерений выходного излучения.// *Физика и техника полупроводников*, т. 49, вып. 6, стр. 804-809 (2015).
 94. Кукушкин В.А. Увеличение радиационного времени жизни экситонов Ванье–Мотта в полупроводниковых нанокластерах.// *Физика и техника полупроводников*, т. 49, вып. 1, стр. 76-81 (2015).
 95. Куликов М.Ю., А.А. Красильников, А.А. Швецов, Л.И. Федосеев, В.Г. Рыскин, Л.М. Кукин, Д.Н. Мухин, М.В. Беликович, Д.А. Караштин, Н.К. Скалыга, А.М. Фейгин. Одновременные микроволновые измерения концентрации озона и температуры средней атмосферы с поверхности земли. // *Изв. ВУЗов. Радиофизика* Т. 58. № 6. С. 454 – 464. 2015.
 96. Литвак А.Г., Малеханов А.И. Актуальные задачи акустической диагностики акваторий Арктического бассейна // *Нефтегазопромысловый инжиниринг*. 2015. № 9. С. 60-77.
 97. Лобаев М.А., О.А. Иванов, А.Л. Вихарев, А.М. Горбачев, В.А. Исаев, Исследование взаимодействия пучка электронов с сильным высокочастотным полем в волноводном переключателе мощного СВЧ компрессора, *Изв. Вузов. Радиофизика*, т.58, №.11, с.913-922, (2015).
 98. Лучинин А.Г. Влияние обрушений волн на разрешение океанологических лидаров. *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. Т. 51. № 1. 2015. С. 96-102.
 99. Малеханов А.И., Смирнов А.В. О коэффициенте усиления вертикальной протяженной антенны в случайно-неоднородном океаническом волноводе // *Известия РАН. Сер. Физическая*. 2015. Т. 79. № 10. С. 1488-1492.
 100. Малыкин Г.Б., Позднякова В.И. Квадратичный эффект Саньяка - влияние гравитационного потенциала силы Кориолиса на разность фаз в плечах вращающегося интерферометра Майкельсона. (Объяснение результатов экспериментов Д.К. Миллера 1921-1926 гг.)// *УФН*. 2015. Т.185. N4. С.431-440.

101. Малыкин Г.Б., Позднякова В.И., Дополнение к статье «Квадратичный эффект Саньяка - влияние гравитационного потенциала силы Кориолиса на разность фаз в плечах вращающегося интерферометра Майкельсона. (Объяснение результатов экспериментов Д.К. Миллера 1921-1926 гг.)» // УФН. 2015. Т.185. №8. С.895-896.
102. Малыкин Г.Б., Метод экспериментальной проверки эффекта гравитационного замедления времени с помощью активного водородного мазера // Известия Вузов Радиофизика.. 2015. Т.58, N4, С.319-325.
103. Мамаев Ю.А. Квазисимметричный светоделитель с 90-градусным фазовым сдвигом для р-поляризованного света // Оптика и спектроскопия, 118, 144-146/2, 2015.
104. Мамаев Ю.А. Волоконно-оптические поляризаторы с малыми потерями // Известия вузов. Радиофизика, 58, N 10, 2015.
105. Матвиенко Г.Г., Ошлаков В.К., Степанов А.Н., Суханов А.Я., Моделирование переноса излучения методом Монте-Карло и решение обратной задачи на основе генетического алгоритма по результатам эксперимента зондирования аэрозолей на коротких трассах с использованием фемтосекундного лазерного источника, Квантовая электроника, Т. 45, № 2, С. 145-152 (2015).
106. Мееров И.Б., С.И. Бастраков, И.А. Сурмин, А.А. Гоносков, Е.С. Ефименко, А.В. Башинов, А.В. Коржиманов, А.В. Ларин, А.А. Муравьев, А.И. Розанов, М.Р. Савичев, Трехмерное моделирование плазмы методом частиц в ячейках на Intel Xeon Phi: оптимизация вычислений и примеры использования, Вычислительные методы и программирование. Новые вычислительные технологии (Электронный научный журнал), т.16, №4, с.486-500, 2015.
107. Мольков А.А., Долин Л.С. О возможности определения оптических свойств воды по изображению подводной солнечной дорожки // Изв. вузов. Радиофизика. 2015. Т. 58, №8, С. 651-663.
108. Муравьев А.А., С.И. Бастраков, А.В. Башинов, А.А. Гоносков, Е.С. Ефименко, А.В. Ким, И.Б. Мееров, А.М. Сергеев, Генерация токовых слоев и гигантских квазистатических магнитных полей при ионизации вакуума в экстремально сильных световых полях, Письма в ЖЭТФ, т.102, №3, с.173-178, 2015.
109. Назаров В.Е., Кияшко С.Б. Пилообразные акустические волны в средах с гистерезисной нелинейностью // Известия вузов. Радиофизика. 2015. Т.58. №1. С.31-40.
110. Назаров В.Е., Радостин А.В., Кияшко С.Б., Самоподобные акустические волны в однородных средах с разномодульной нелинейностью и релаксацией // Изв. Вузов Радиофизика. 2015. Т. 58. №2, С. 134-141.
111. Назаров В. Е., Кияшко С. Б., Радостин А. В., Самоподобные волны в средах с разномодульной упругой нелинейностью и релаксацией// Нелинейная динамика, 2015. Т. 11. № 2, с. 209-218.
112. Назаров В.Е., Кияшко С.Б., Радостин А.В., Эволюция акустических волн в однородных средах с разномодульной нелинейностью и релаксацией// Изв. Вузов Радиофизика. 2015. Т. 58. № 10, С. 834-841.
113. Нахаев М.И., Березин Е.В., Шалыгина И.Ю., Кузнецова И.Н., Коновалов И.Б., Блинов Д.В., Лезина Е.А. Экспериментальные расчеты концентраций PM₁₀ и CO комплексом меделей CHIMERE и COSMO-RU7 // Оптика атмосферы и океана. Т. 28. № 6. С. 569 – 578. 2015.
114. Пантелеева О.Г., Кузнецова И.А., Качалина О.В., Елисеева Д.Д., Гребенкина Е.В., Гамаюнов С.В., Кузнецов С.С., Юнусова Е.Э., Губарькова Е.В., Кириллин М.Ю., Шахова Н.М. «Оптическая когерентная томография как инструмент в репродуктивной гинекологии», Современные технологии в медицине, 7(1), 89-96 (2015).

115. Панфилова М., Каневский М., Баландина Г., В.Караев, А.Стоффелен, А.Верхоев, Определение вектора скорости ветра над поверхностью океана по спектру изображения поляриметрического радиолокатора с синтезированной апертурой, Известия ВУЗов, сер. Радиофизика, 2015, т. 58, N 4, стр. 277-286.
116. Пелиновский Е.Н., Кузнецов К.И., Тубуль Дж., Куркин А.А. Донное давление, вызванное прохождением уединенной волны в рамках сильно нелинейной модели Грин-Нагди. Доклады Академии Наук, 2015, т. 461, № 4, 414-417.
117. Пелиновский Е.Н., Шургалина Е.Г., Родин А.А. О Критериях перехода обрушающегося бора в волнообразный. Изв. РАН Физика атмосферы и океана, 2015, т. 51, No. 5, 598 – 601.
118. Перевезенцев Е.А., И.Б. Мухин, И.И. Кузнецов, О.Л. Вадимова, О.В. Палашов, "Задающая система криогенного дискового Yb:YAG-лазера", Квантовая электроника, 2015, 45 (5), 451–454.
119. Песков Н.Ю., А.К.Каминский, С.В.Кузиков, Э.А.Перельштейн, С.Н.Седых, А.С.Сергеев Особенности спектра мод МСЭ на основе сверхразмерных брегговских резонаторов со скачком фазы гофрировки, Известия ВУЗов: Радиофизика, 2015, т.58, №10, стр. 829-840.
120. Пирогов Л. Е. «Область индуцированного звездообразования W40: наблюдения и модель». Астрон. журн., 92(5), стр. 400-405, 2015
121. Протогенов А.П., Е.В. Чулков, Универсальные свойства материалов с дираковской дисперсией низко-энергетических возбуждений, Физика и техника полупроводников Т. 49, 1598-1604 (2015).
122. Пугачев Л.П., Н.Е. Андреев, П.Р. Левашов, Ю.А. Мальков, А.Н. Степанов, Д.А. Яшунин, Лазерное ускорение электронов в двумерной неоднородной плазме на границе металлической фольги, Физика плазмы, Т. 41, № 7, С. 588-599 (2015).
123. Раевский М.А., Хилько А.И. О пространственно-временной когерентности низкочастотных акустических волн в мелком море с флуктуирующими параметрами // Акустический журнал. 2015. Т. 61. №3. С. 369-376.
124. Редько Р.А., С.И. Будзуляк, Д.В. Корбутяк, А.П. Лоцько, Н.Д. Вахняк, Л.А. Демчина, С.М. Калитчук, Р.В. Конакова, В.В. Миленин, Ю.В. Быков, С.В. Егоров, А.Г. Еремеев, Влияние СВЧ-обработок на люминесцентные свойства кристаллов CdS и CdTe:Cl. // Физика и техника полупроводников, т.49, вып.7, стр. 916-919, 2015.
125. Рыскин В.Г., А.Т. Орозобаков. Микроволновые наземные измерения суточных вариаций озона в верхней стратосфере Киргизии. // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. Т. 51. № 1. С. 88 – 95. 2015.
126. Сазонтов А.Г., И.П.Смирнов, А.Л.Матвеев. Локализация источника в мелководном канале со взволнованной поверхностью. // Акустический журнал, 2015, Т. 61, № 1, С.114-122. DOI: 10.7868/S032079191501013X.
127. Сазонтов А.Г., Малеханов А.И. Согласованная пространственная обработка сигналов в подводных звуковых каналах (обзор) // Акустический журнал, 2015, т. 61, № 2, с. 233-253.
128. Салин Б.М., М.Б. Салин. Комбинированный метод измерения трёхмерных спектров волнения. I. Алгоритмы преобразования поля яркости в распределение высот волнения // Изв. ВУЗов. Радиофизика, 2015. Т.58. №2. С.123-133
129. Салин Б.М., М.Б. Салин. Комбинированный метод измерения трёхмерных спектров волнения. II. Примеры использования основных схем измерений и анализ полученных результатов // Изв. ВУЗов. Радиофизика, 2015. Т.58. №3. С.200-213.
130. Семенов В.Е., Е.И. Ракова, М.Ю. Глявин, Г.С. Нусинович. Начальная стадия волны микроволнового пробоя в рамках одномерной задачи. Известия ВУЗов «Радиофизика», т. 58, № 12, с. 1012-1021 (2015).
131. Семенов В.Е., Е.И. Ракова, М.Ю. Глявин, Г.С. Нусинович. Исследования стационарной волны пробоя в условиях заметного отражения падающей

- электромагнитной волны от газоразрядной плазмы. Известия ВУЗов «Радиофизика», т. 58, № 5, СС. 362-375 (2015).
132. Семенов Е.С., О.П.Планкин, Р.М.Розенталь Развитие методов анализа электронно-оптических систем гиротронов с нарушениями азимутальной симметрии, Известия ВУЗов: Прикладная нелинейная динамика, 2015, т.23, №2, стр.94-105.
 133. Сергеев Д.А., А.А. Кандауров, Вдовин М.И., Ю.И. Троицкая Измерение характеристик поверхностного волнения методами цифровой визуализации в рамках лабораторного моделирования взаимодействия атмосферы и океана. Журнал Научная визуализация (ISSN 2079-3537) Т.7, №5 С. 109-121, 2015.
 134. Силаев А.А., О.В. Мешков, М.Ю. Емелин, Н.В. Введенский, М.Ю. Рябикин, Управление динамикой фотоэлектронов для эффективной трансформации короткоимпульсного частотно-модулированного оптического излучения в рентгеновское, Квантовая электроника, т.45, №5, с.393-400, 2015.
 135. Сироткина М.А. Буянова Н.Л., Калганова Т.И., Карабут М.М., Елагин В.В., Кузнецов С.С., Снопина Л.Б., Геликонов Г.В., Зайцев В.Ю., Матвеев Л.А., Загайнова Е.В., Виткин А., Гладкова Н.Д., Разработка методики наблюдения экспериментальных опухолей с помощью многофункциональной оптической когерентной томографии: выбор оптимальной модели опухоли, Современные Технологии в Медицине, 2015, 7(2), 6-15.
 136. Скворцова Н.Н., В.Д.Степахин, Д.В.Малахов, А.А.Сорокин, Г.М.Батанов, В.Д.Борзосеков, М.Ю.Глявин, Л.В.Колик, Е.М.Кончечков, А.А.Летунов, А.Е.Петров, И.Г.Рябикина, К.А.Сарксян, А.С.Соколов, В.А.Смирнов, Н.К.Харчев Создание рельефа на молибденовых пластинах в разрядах, инициируемых гиротроном в порошках металл-диэлектрик.// Изв. ВУЗов Радиофизика, 58, 9, 779-788 (2015).
 137. Смирнов Л.А. Крюков А.К. Кадина Е.Ю. Губина Е.В. Осипов Г.В. Вращательная динамика системы из двух связанных маятников. Проблемы прочности и пластичности, т. 77, № 4, стр. 425-437, 2015.
 138. Смирнов Л.А., А.К. Крюков, Г.В. Осипов. Вращательная динамика в системе двух связанных маятников. Изв. вузов «ПНД», т. 23, № 5, стр. 1-21, 2015.
 139. Смышляев С.П., Мареев Е.А., Галин В.Я., Блакитная П.А. Моделирование влияния выбросов метана из арктических газовых гидратов на региональные изменения состава нижней атмосферы // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2015. №4. С. 472-483.
 140. Снетков И.Л., И.Б. Мухин, С.С. Балабанов, Д.А. Пермин, О.В. Палашов, "Эффективная генерация на лазерной керамике $\text{Yb:(YLa)}_2\text{O}_3$ ", Квантовая электроника, 2015, 45 (2), 95–97.
 141. Талипова Т.Г., О.Е. Куркина, А.А. Наумов, А.А. Куркин. Моделирование эволюции внутреннего бора в Печорском море. Фундаментальная и прикладная гидрофизика, 2015. Т. 8, № 3, С. 62-71.
 142. Талипова Т.Г., Куркина О.Е., Рувинская Е.А., Пелиновский Е.Н. Распространение уединенных внутренних волн в двухслойном океане переменной глубины. Изв. РАН, Физика атмосферы и океана. 2015, т. 51, № 1, 103-112.
 143. Тиманин Е.М., Еремин Е.В., Беляев Р.В., Мансфельд А.Д. Ультразвуковой доплеровский способ дистанционной эластометрии // Акустический журнал. 2015. Т.61, № 2. С.274-280.
 144. Титова Е. Е., Демехов А. Г., Мочалов А., Гвоздевский Б. Б., Могилевский М. М., Парро М. Возмущения в КНЧ/ОНЧ сигналах в верхней ионосфере над передатчиком HAARP, регистрируемые на спутнике DEMETER.// Изв. вузов — Радиофизика. — 2015. — Т. 58, № 3. — С. 167–186.

145. Третьяков М.Ю., А.А. Сысоев, Т.А. Одинцова, А.А. Кюберис, Столкновительно-индуцированный дипольный момент и континуальное поглощение миллиметровых и субмиллиметровых электромагнитных волн в водяном паре. Изв. вузов. Радиофизика 58/4, 287-303 (2015).
146. Фролов В.Л., В.О. Рапопорт, Е.А. Шорохова, Н.А. Айдакина, М.Е. Гуцин, И.Ю. Зудин, С.В. Коробков, А.В. Костров, М. Парро, Ж.-Л.Рош. Тонкая структура дактов плотности, формирующихся при активном радиочастотном воздействии на лабораторную и космическую плазмы. Письма в ЖЭТФ, Т.101, №5, с.342-346 (2015).
147. Хандохин П.А., Ю.А. Мамаев, Поляризационный анализ оптимальных условий стационарной генерации второй гармоники в твердотельном лазере”, Квантовая электроника. 2015. т 15. №2. стр.128-130.
148. Хилько А.И., И.П. Смирнов, А.И. Машошин, А.В. Шафранюк, А.А. Хилько. Сила цели в океанических волноводах // Акустический журнал. 2015. Т. 61. №3. С. 377-386.
149. Хрыкин О.И., Ю.Н. Дроздов, М.Н. Дроздов, П.А. Юнин, В.И. Шашкин, С.А. Богданов, А.Б. Мучников, А.Л. Вихарев, Д.Б. Радищев, Монокристаллические слои GaN/AlN на CVD-алмазе, Письма в ЖТФ, 2015, том 41, вып. 19, с.8-15.
150. Цветков А.И., М.В.Морозкин, М.Ю.Глявин, В.И.Малыгин, Л.В.Лубяко, Г.Ю.Голубятников, А.Н.Куфтин, В.Е.Запевалов, А.С.Седов, А.В.Чирков, А.П.Фокин, В.В.Холопцев, А.Г.Еремеев, Е.В.Соколов, Г.Г.Денисов Автоматизированный микроволновый комплекс на основе непрерывного 263 ГГц/1 кВт гиротрона.// Изв. ВУЗов Радиофизика, 58, 9, 709-719 (2015).
151. Чернышов А.А., Д.В. Чугунин, М.М. Могилевский, И.Л. Моисеенко, А.А. Ильясов, В.В. Вовченко, С.А. Пулинец, М.В. Клименко, И.Е. Захаренкова, А.В. Костров, М.Е. Гуцин, С.В. Коробков. Подходы к исследованию мультимасштабной структуры ионосферы с использованием наноспутников. Геомагнетизм и аэронавигация, Т.56, № 1, с.1–9 (20167-483).
152. Чугунов Ю.В., Широков Е.А., Фомина И.А. К теории короткой цилиндрической антенны в анизотропных средах // Изв. вузов. Радиофизика. 2015. Т. 58, № 5. С. 352—361.
153. Юровский Ю.Ю., И.А.Сергиевская, С.А.Ермаков, Б. Шапрон, И.А.Капустин, О.В. Шомина. О влиянии обрушений ветровых волн на обратное рассеяние миллиметровых радиоволн морской поверхностью. // Морской гидрофизический журнал. №4. 2015. С. 37-50.
154. Янин Д.В., А.Г. Галка, А.И. Смирнов, А.В. Костров, А.В. Стриковский, Н.Ю. Орлинская, А.А. Епишкина, Е.В. Гребенкин. Неинвазивная диагностика меланомы и других новообразований кожи методом резонансного ближнепольного СВЧ-зондирования. Журнал радиоэлектроники. №1. с.1-16 (2015)
155. Яхно Т.А.. Кристаллизация хлорида натрия из высыхающих капель белково-солевых растворов с разным содержанием белка. ЖТФ, 2015, том 85, вып. 11, с. 30-37.

Статьи в зарубежных журналах

1. Aasi J. , ..., E.A. Khazanov, O. Palashov, A. Poteomkin, A. Sergeev et al. (LIGO Scientific Collaboration), Advanced LIGO, Classical and Quantum Gravity, v.32, No 7, 074001, 2015.
2. Aasi J. , ..., E.A. Khazanov, A. Sergeev et al. (LIGO Scientific Collaboration), Characterization of the LIGO detectors during their sixth science run, Classical and Quantum Gravity, v.32, No 11, 115012, 2015.
3. Aasi J. , ..., E.A. Khazanov, O. Palashov, A. Poteomkin, A. Sergeev et al. (LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration), Searches for Continuous Gravitational Waves from Nine Young Supernova Remnants, The Astrophysical Journal, v.813, No 1, 39, 2015.
4. Aasi J. , ..., E.A. Khazanov, A. Sergeev et al. (LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration), Searching for stochastic gravitational waves using data from the two colocated LIGO Hanford detectors, Phys. Rev. D, v.91, No 2, 022003, 2015.
5. Aasi J. , ..., E.A. Khazanov, O. Palashov, A. Poteomkin, A. Sergeev et al. (LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration), Narrow-band search of continuous gravitational-wave signals from Crab and Vela pulsars in Virgo VSR4 data, Phys. Rev. D, v.91, No 2, 022004, 2015.
6. Aasi J. , ..., E.A. Khazanov, O. Palashov, A. Poteomkin, A. Sergeev et al. (LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration), Directed search for gravitational waves from Scorpius X-1 with initial LIGO data, Phys. Rev. D, v.91, No 6, 062008, 2015.
7. Afanasiev A., V. Bredikhin, A. Pikulin, I. Ilyakov, B. Shishkin, R. Akhmedzhanov, and N. Bityurin, Two-color beam improvement of colloidal particle lens array assisted surface nanostructuring, Applied Physics Letters, 106, 183102 (2015).
8. Agareva N, A.A. Smirnov, A. Afanasiev, S. Sologubov, A. Markin, E. Salomatina, L. Smirnova and N. Bityurin, Properties of Cadmium-(bis)dodecylthiolate and Polymeric Composites Based on It. // Materials, 2015, 8, 8691–8700; doi:10.3390/ma8125487
9. Akhmedzhanov R.A., L.A. Gushchin, A.A. Kalachev, A.G. Litvak, D.A. Sobgayda and I.V. Zelensky. Single-qubit gates for ensemble qubits via off-resonant Raman interaction. // Laser Physics, 25, 055202 (2015)
10. Akhmedzhanov R.A., I.E. Ilyakov, V.A. Mironov, I.V. Oladyshkin, E.V. Suvorov, D.A. Fadeev, B.V. Shishkin. Generation of Terahertz Radiation by Interaction of Intense Femtosecond Laser Pulses with a Metal Surface. // Radiophysics and Quantum electronics. April 2015, Volume 57, Issue 11, pp 807-820.
11. Andrianov A.V. , A.V. Kim, E.A. Anashkina, I.B. Meyerov, S.A. Lebedev, A.M. Sergeev, K. Koenig, and G. Mourou, Modeling of coherent beam combining from multimillijoule chirped pulse tapered fiber amplifiers, Eur. Phys. J. ST, v.224, No 13, pp.2579-2583, 2015.
12. Anosov A.A, Kazansky AS, Subochev PV, Mansfel'd AD, Klinshov VV// Passive estimation of internal temperatures making use of broadband ultrasound radiated by the body. The Journal of the Acoustical Society of America. 2015 04 29 P
13. Antipov O.L. , I.D. Eranov, M.P. Frolov, Yu.V. Korostelin, V.I. Kozlovsky, A.A. Novikov, Yu.P. Podmar'kov, Ya.K. Skasyrsky, "2.92 μm Cr^{2+} :CdSe monocrystal laser pumped by repetitively pulsed Tm^{3+} : Lu_2O_3 ceramics laser at 2.066 μm ," Laser Physics Letters v. 12, N4, 045801 (2015).
14. Antonov V.A., T.R. Akhmedzhanov, Y.V. Radeonychev, and O. Kocharovskaya, Attosecond pulse formation via switching of resonant interaction by tunnel ionization, Physical Review A 91, 023830 (2015).
15. Antonov V.A., Y.V. Radeonychev, and Olga Kocharovskaya, γ -ray-pulse formation in a vibrating recoilless resonant absorber, Physical Review A. 92, 023841 (2015).
16. Arzhannikov A.V., M.K.A.Thumm, A.V.Burdakov, V.S.Burmasov, N.S.Ginzburg, I.A.Ivanov, P.V.Kalinin, A.A.Kasatov, V.V.Kurkuchekov, S.A.Kuznetsov,

- M.A.Makarov, K.I.Mekler, N.Yu. Peskov, S.V.Polosatkin, S.S.Popov, V.V.Postupaev, A.F.Rovenskiikh, A.S.Sergeev, S.L.Sinitsky, V.F.Sklyarov, V.D.Stepanov, L.N.Vyacheslavov, V.Yu.Zaslavsky Two ways for high-power generation of subterahertz radiation by usage of strong relativistic electron beams, *IEEE Trans. on Terahertz Science and Technology*, 2015, vol.5, no.3, pp.478-485.
17. Bagryansky P.A., A.V. Anikeev, G.G. Denisov, E.D. Gospodchikov, A.A. Ivanov, A.A. Lizunov, Yu.V. Kovalenko, V. I. Malygin, V.V. Maximov, O.A. Korobeinikova, S.V. Murakhtin, E.I. Pinzhenin, V.V. Prikhodko, V.Ya. Savkin, A.G. Shalashov, O.B. Smolyakova, E.I. Soldatkina, A.L. Solomakhin, D.V. Yakovlev, K.V. Zaytsev Overview of ECR plasma heating experiment in the GDT magnetic mirror.// *Nuclear Fusion* 55 (2015) 053009 (12pp); doi:10.1088/0029-5515/55/5/053009
 18. Bagryansky P.A., E.D.Gospodchikov, Yu.V.Kovalenko, A.A.Lizunov, V.V.Maximov, S.V.Murakhtin, E.I.Pinzhenin, V.V.Prikhodko, V.Ya.Savkin, A.G.Shalashov, E.I.Soldatkina, A.L.Solomakhin, D.V.Yakovlev Electron Cyclotron Resonance Heating Experiment in the GDT Magnetic Mirror: Recent Experiments and Future Plans.// *Fusion Science and Technology* Volume 68 Number 1 P. 87-91, 2015 dx.doi.org/10.13182/FST14-864
 19. Bagryansky P.A., A.G.Shalashov, E.D.Gospodchikov, A.A.Lizunov, V.V.Maximov, V.V.Prikhodko, , E.I.Soldatkina, A. L.Solomakhin and D. V.Yakovlev Threefold increase of the bulk electron temperature of plasma discharges in a magnetic mirror device.// *Phys. Rev. Lett.* 114, 205001 (2015).
 20. Balabanov S.S., R.P. Yavetskiy, A.V. Belyaev, E.M. Gavrishchuk, V.V. Drobotenko, I.I. Evdokimov, A.V. Novikova, O.V. Palashov, D.A. Permin, V.G. Pimenov, “Fabrication of transparent MgAl₂O₄ ceramics by hot-pressing of sol-gel-derived nanopowders”, *Ceramics International*41(2015)13366–13371.
 21. Balakin A.A. and E.D. Gospodchikov. Operator formalism for permittivity tensor in smoothly inhomogeneous media with spatial dispersion.// *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 48 215701 (2015).
 22. Balakin A.A., G.M. Fraiman, I. Dodin. Two-stage Raman compression of laser pulses with controllable phase fronts // *Phys. Plasmas*, 22, 053112 (2015).
 23. Balal N., V.L .Bratman Undulator radiation of dense plane electron bunches, *IEEE Trans. on Plasma Science*, 2015, vol.43, no.2, pp.532-538.
 24. Balal N., I.V. Bandurkin, V.L. Bratman, E. Magory, A.V. Saviolov Negative-mass mitigation of Coulomb repulsion for terahertz undulator radiation of electron bunches. *Appl. Phys. Lett.*, 2015, vol.107, p.163505.
 25. Bandurkin I.V., I.V. Osharin, A.V. Saviolov Cyclotron radiation cooling of a short electron bunch kicked in an undulator with guiding magnetic field.// *Phys. Rev. Spec. Topics – Accelerators and Beams*, 2015, vol.18, no.11, p.110702.
 26. Bandurkin I.V., Yu.K. Kalynov, A.V. Saviolov Experimental realization of the high-harmonic gyrotron oscillator with a klystron-like sectioned cavity, *IEEE Trans. on Electron Devices*, 2015, vol.62, p.2356-2361.
 27. Bandurkin I.V., A.V. Saviolov Super-radiant effects in electron oscillators with near-cutoff operating waves, *Phys. of Plasmas*, 2015, vol.22, p.063113.
 28. Bashinov A.V. , A.V. Kim, and A.M. Sergeev, Impact of quantum effects on relativistic electron motion in a chaotic regime, *Phys. Rev. E*, v.92, No 4, 043105, 2015.
 29. Behdad R., S. Binczak, A.S. Dmitrichev, V.I. Nekorkin, J.M. Bilbault, Artificial electrical Morris- Lecar neuron, *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 26 (9) 1875 - 1884 (2015).
 30. BenMoshe R., V.L. Bratman, M. Einat A long cavity with reduced diffraction Q for subterahertz and terahertz gyrotrons, *IEEE Trans. on Plasma Science*, 2015, vol.43, no.8, pp.2598-2606.

31. Bepalov P.A., Savina O.N. Exponential and local Lamb waves in the nonisothermal atmosphere as an obstacle to the acoustic-gravity disturbance propagation up to the ionosphere.// *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 2015. V. 123. P. 137-143. DOI: 0.1016/j.jastp.2015.01.002.
32. Bepalov P.A., Savina O.N. Collective processes in the transition region of the Solar atmosphere.// *Central European Astrophysical Bulletin*. 2015. V. 39. P. 43-50.
33. Bepalov P.A., Savina O.N. Ionospheric response to the acoustic-gravity wave singularity. // *Acta Geophysica*. 2015. V. 63.No, 1. P. 319-328. DOI:10.2478/s11600-014-0246-1.
34. Bepalov P.A., Savina O.N. Equatorial electrojet as a nonlinear ulf antenna for the short-wave heating facility. // *Advances in Space Research*, 2015, V, 56, No. 9. P. 1922-1926. DOI: 10.1016/j.asr.2015.07.030.
35. Bratman V.L., Yu.K.Kalynov, G.I.Kalynova, V.N.Manuilov, P.B.Makhalov Frequency tuning in a subterahertz gyrotron with a variable cavity, *IEEE Trans. on Electron Devices*, 2014, vol.61, no.10, pp.3529-3533.
36. Bubnov, Grigoriy M.; Abashin, Evgeniy B.; Balega, Yuriy Yu.; Bolshakov, Oleg S.; Dryagin, Stepan Yu.; Dubrovich, Victor K.; Marukhno, Andrey S.; Nosov, Vladimir I.; Vdovin, Vyacheslav F.; Zinchenko, Igor I. Searching for New Sites for THz Observations in Eurasia. *IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology*, vol. 5, issue 1, pp. 64-72
37. Buzynin Yu N, A.V. Vodop'yanov, S.V. Golubev, M.N. Drozdov, Yu.N. Drozdov, A.Yu. Luk'yanov, D.A. Mansfeld, O.I. Khrykin, V.I. Shashkin, P.A. Yunin. High-rate growth of InN films on fianite and sapphire substrates by metalorganic vapor phase epitaxy with plasma-assisted nitrogen activation. // *Technical Physics Letters*. 2015, v 41, p.266.
38. Bykov Yu.V., S.V. Egorov, A.G. Ereemeev, V.V. Kholoptsev, K.I. Rybakov, A.A. Sorokin, Flash microwave sintering of transparent Yb:(LaY)2O3 ceramics.// *J. Am. Ceram. Soc.*, 96 #11 pp.3518-3524 (2015) DOI: 10.1111/jace13809
39. Chirkov A.V., G.G. Denisov, A.N. Kuftin. Perspective gyrotron with mode converter for co- and counter-rotation operating modes. // *Applied Physics Letters* 106, 263501 (2015); doi: 10.1063/1.4923269.
40. Choi B.H., Kim K.O., Yuk J.H., Kaistrenko V., Pelinovsky E. Analytical rapid prediction of tsunami runup heights: application to 2010 Chilean Tsunami. *Ocean and Polar Research*, 2015, vol. 37, No.1, 1-9.
41. Denisov G.G., M.Y. Shmelev Power Combiner Based on the Talbot Effect in an Oversized Rectangular Waveguide.// *Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves* 06/2015; 36(6).
42. Didenkulov O., Didenkulova I., Pelinovsky E. Parameterization of run-up characteristics for long bell-shaped solitary waves propagating in the bay of parabolic cross-section. *Proc. Estonian Academy of Sciences*, 2015, vol. 64, No. 3, 234-239.
43. Didenkulova I., Didenkulov O., Pelinovsky E. A note on the uncertainty in tsunami shape for estimation of its run-up heights. *J Ocean Engineering and Marine Energy*, 2015, vol. 1, No. 2, 199-205.
44. Druzhinin O. A, Yu. I. Troitskaya, S.S. Zilitinkevich "Stably stratified airflow over a waded water surface. Part 1: Stationary turbulence regime" *Q. J. R. Meteorol. Soc.* (2015) DOI:10.1002/qj.2677
45. Druzhinin O. A, Yu. I. Troitskaya, S.S. Zilitinkevich "Stably stratified airflow over a waded water surface. Part 2: Wave-induced pre-turbulent motions" *Q. J. R. Meteorol. Soc.* (2015) DOI:10.1002/qj.2678
46. Efimenko E. S., Yu. A. Malkov, A. A. Murzanev, A. N. Stepanov, Scattering of intense femtosecond laser radiation at water aerosol in backward direction, *Applied Physics B*, Volume 121, Issue 4, pp 483-488 (2015).

47. Emelina A.S. , M.Yu. Emelin, and M.Yu. Ryabikin, Multi-keV ultrahigh-order harmonics produced in gases with subrelativistically intense mid-IR laser pulses, *JOSA B*, v.32, No 12, pp. 2478-2487, 2015.
48. Erukhimova Maria, Mikhail Tokman, The fluctuation-dissipation relation in a resonantly driven quantum medium.// *Optics Letters*, vol. 40, No 12, p. 2739-2742 (2015)
49. Fokin A.P., A.V.Savilov Frequency tuning in the gyrotron oscillator with a klystron-like sectioned cavity. *IEEE Trans. on Electron Devices*, 2015, vol.62, p.3393-3398.
50. Fokin A.P., M.Yu.Glyavin and G.S.Nusinovich Effect of ion compensation of the beam space charge on gyrotron operation.// *Physics of Plasmas*, 22(4), 043119, 2015
51. Frolov M.V., N.L. Manakov, Wei-Hao Xiong, Liang-You Peng, J. Burgdorfer, and Anthony F. Starace. Scaling laws for high-order-harmonic generation with midinfrared laser pulses.// *Physical Review A*. V. 92. P. 023409. 2015.
52. Gacheva E.I. , V.V. Zelenogorskii, A.V. Andrianov, M. Krasilnikov, M.A. Martyanov, S.Yu. Mironov, A.K. Potemkin, E.M. Syresin, F. Stephan, and E.A. Khazanov, Disk Yb:KGW amplifier of profiled pulses of laser driver for electron photoinjector, *Opt. Express*, v.23, No 8, pp. 9627-9638, 2015.
53. Gelfer E.G. , A.A. Mironov, A.M. Fedotov, V.F. Bashmakov, E.N. Nerush, I.Yu. Kostyukov, and N.B. Narozhny, Optimized multibeam configuration for observation of QED cascades, *Phys. Rev. A*, v.92, No 2, 022113, 2015.
54. Ginzburg N.S., V.R.Baryshev, A.S.Sergeev, A.M.Malkin Dynamics of semiconductor lasers with two-dimensional distributed feedback. // *Phys. Rev. A*, 2015, vol.91, p.053806.
55. Ginzburg N.S., A.W. Cross, A.A. Golovanov et al., Generation of Electromagnetic Fields of Extremely High Intensity by Coherent Summation of Cherenkov Superradiance Pulses // *Physical Review Letters* 115 (11) (2015), 114802.
56. Ginzburg N.S., E.V.Ilyakov, I.S.Kulagin, N.Yu.Peskov, R.M.Rozental, A.S.Sergeev, V.Yu.Zaslavsky, I.V.Zheleznov Synchronization of radiation in an oversized coaxial Ka-band backward wave oscillator using two-dimensional Bragg structure.// *Phys. Rev. Spec. Topics – Accelerators and Beams*, 2015, vol.18, no.12, p.XXX.
57. Ginzburg N.S., A.S.Sergeev, I.V.Zotova, I.V.Zheleznov Time-domain theory of gyrotron traveling wave amplifiers operating at grazing incidence.// *Phys. of Plasmas*, 2015, vol.22, p.013112.
58. Ginzburg N.S., A.S.Sergeev, I.V.Zotova Time-domain self-consistent theory of frequency-locking regimes in gyrotrons with low-Q resonators. // *Phys. of Plasmas*, 2015, vol.22, p.033101.
59. Ginzburg N.S., I.V. Zotova, A.S. Sergeev, V.Yu. Zaslavsky, I.V. Zheleznov, S.V. Samsonov, and S.V. Mishakin Mechanisms of amplification of ultrashort electromagnetic pulses in gyrotron traveling wave tube with helically corrugated waveguide. // *Physics of Plasmas*, 2015, vol.22, no. 11, pp.113111 (1-7).
60. Glyavin M. Yu., A. V. Chirkov, G. G. Denisov, A. P. Fokin, V. V. Kholoptsev, A. N. Kuftin, A. G. Luchinin, G. Yu. Golubyatnikov, V. I. Malygin, M. V. Morozkin, V. N. Manuilov, M. D. Proyavin, A. S. Sedov, E. V. Sokolov, E. M. Tai, A. I. Tsvetkov, and V. E. Zapevalov Experimental tests of a 263 GHz gyrotron for spectroscopic applications and diagnostics of various media. // *Review of Scientific Instruments* 86, 054705 (2015); doi: 10.1063/1.4921322.
61. Glyavin M.Yu., T.Idehara, S.P.Sabchevski Development of THz gyrotrons at IAP RAS and FIR UF and their applications in physical research and high-power THz technologies // *IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology*, 5, 5, 788-797 (2015)
62. Glyavin M.Yu., A.D.Kuntsevich, V.N.Manuilov Suppression of the Oscillato.// *Int. J. IRMM&THz Waves*, 36, 1, pp.7-12, 2015
63. Gonoskov A. , S. Bastrakov, E. Efimenko, A. Ilderton, M. Marklund, I. Meyerov, A. Muraviev, A. Sergeev, I. Surmin, and E. Wallin, Extended particle-in-cell schemes for

- physics in ultrastrong laser fields: Review and developments, *Phys. Rev. E*, v.92, No 2, 023305, 2015.
64. Gorshkov A.V. and M.Yu. Kirillin “Acceleration of Monte Carlo simulation of photon migration in complex heterogeneous media using Intel many-integrated Core Architecture”, *J. Biomed. Opt*, 20(8), 085002 (2015). DOI: 10.1117/1.JBO.20.8.085002
 65. Gospodchikov E.D., O.B. Smolyakova The Features of Refraction of Electromagnetic Waves Near the Electron Cyclotron Resonance Surface in an Open Magnetic Trap.// *Radiophysics and Quantum Electronics* Volume 57, Issue 12, pp 857-867 (2015)
 66. Gubchenko V. M. Kinetic Description of the 3D Electromagnetic Structures Formation in Flows of Expanding Plasma Coronas. Part 1: General. ISSN 0016-7932, *Geomagnetism and Aeronomy*, 2015.Vol. 55, No. 7, pp 831-845. Pleiades Publishing, Ltd., 2015.
 67. Gubchenko V. M. Kinetic Approach to the Formation of the 3D Electromagnetic Structures in Flows of Expanding Plasma Coronas. II. Flow Anisotropy Parameters. ISSN 0016-7932, *Geomagnetism and Aeronomy*, 2015.Vol. 55, No. 8, 1009-1025. Pleiades Publishing, Ltd., 2015. DOI: 10.1134/S0016793215080101
 68. Harris, M.W., Nicolsky, D.J., Pelinovsky, E.N., and Rybkin A.V. Runup of nonlinear long waves in trapezoidal bays: 1-D analytical theory and 2-D numerical computations. *Pure and Applied Geophysics*, 2015, vol. 172, No. 3-4, 885-899.
 69. Ilyakov I.E., G.Kh. Kitaeva, B.V. Shishkin, and R.A. Akhmedzhanov, “Terahertz wave electro-optic measurements with optical spectral filtering”, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 106, pp. 121101, 2015.
 70. Ivanov O.A., A.B.Muchnikov, V.V.Chernov, S.A.Bogdanov, A.L.Vikharev, J.E.Butler, Experimental study of hydrogen plasma etching of (100) single crystal diamond in a MPACVD reactor, *Materials Letters*, 151 (2015) 115–118, <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2015.03.073>.
 71. Ivanov O. A., A. M. Gorbachev, A. L. Vikharev, M. A. Lobaev, V. A. Isaev, V. V. Chernov, Electron emission amplification of cold cathode by two-layer diamond coating.// *Phys. Status Solidi A*, 212: 1779–1784. <http://dx.doi.org/10.1002/pssa.201431799>.
 72. Izotov I., T. Kalvas, H. Koivisto, J. Komppula, R. Kronholm, J. Laulainen, D. Mansfeld, V. Skalyga, and O. Tarvainen. Cyclotron instability in the afterglow mode of minimum-B ECRIS.// *Review of Scientific Instruments* 87, 02A729 (2016); doi: 10.1063/1.4935624
 73. Izotov I., O. Tarvainen, D. Mansfeld, V. Skalyga, H. Koivisto, T. Kalvas, J. Komppula, R. Kronholm, J. Laulainen. Microwave emission related to cyclotron instabilities in a minimum-B electron cyclotron resonance ion source plasma. // *Plasma Sources Science and Technology*, v. 24, p. 045017, 2015.
 74. Karaev V., Panfilova M., Titchenko Yu., Meshkov Eu., Balandina G., Kuznetcov Yu., Shlaferov Eu., Russian scatterometer: discussion of the concept and the numerical simulation of the wind field retrieval, *International Journal of Remote Sensing*, 2015, v. 36, N 24, pp. 6056-6084.
 75. Kazakov VV, AG Sanin, VA Kamensky On the Possible Ultrasonic Inspection of Micro-Bubbles Generated by the Optical Fiber Tip, *Journal of Innovative Optical Health Sciences* DOI:10.1142/S1793545816500139
 76. Kim A.V. , A.G. Litvak, V.A. Mironov, and S.A. Skobelev, Extreme self-compression along with superbroad spectrum up-conversion of few-cycle optical solitons in the ionization regime, *Phys. Rev. A*, v.92, No 3, 033856, 2015.
 77. Kim K.O., Kim D.C., Choi B.H., Jung K.T., Yuk J.H., Pelinovsky E. The role of diffraction effects in extreme runup inundation at Okushiri Island due to 1993 tsunami. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2015, vol. 15, No. 4, 747-755.
 78. Kim K.O., Kim D.C., Yuk J.H., Pelinovsky E., Choi B.H. Extreme tsunami inundation at Babi Island due to Flores earthquake induced tsunami in 1992. *Ocean and Polar Research*, 2015, vol. 37, No. 2, 91-105.

79. Kirillin M.Yu., E.A. Sergeeva, P.D. Agrba, A.D. Krainov, A.A. Ezhov, D.V. Shuleyko, P.K. Kashkarov, and S.V. Zaboltnov, "Laser-ablated silicon nanoparticles: optical properties and perspectives in optical coherence tomography", *Laser Physics*, 25, 075604 (2015). doi:10.1088/1054-660X/25/7/075604
80. Kiseleva E., M. Kirillin, F. Feldchtein, A. Vitkin, E. Sergeeva, E. Zagaynova, O. Streltsova, B. Shakhov, E. Gubarkova, and N. Gladkova, "Differential diagnosis of human bladder mucosa pathologies in vivo with cross-polarization optical coherence tomography" *Biomedical Optics Express*, 6(4), 1464-1476 (2015) doi:10.1364/BOE.6.001464.
81. Kislyakova K. G., L. Fossati, C. P. Johnstone, M. Holmström, V. V. Zaitsev, and H. Lammer, Stellar Wind Induced Soft X-Ray Emission from Close-in Exoplanets.// *The Astrophysical Journal Letters*, 799:L15 (5pp), 2015 January 30, doi:10.1088/2041-8205/799/2/L15.
82. Kleshnin M S, I I Fiks, V I Plekhanov, S V Gamayunov and I V Turchin, "Compact and fully automated system for monitoring photodynamic therapy, based on two LEDs and a single CCD", *Laser Phys. Lett.* 12 115602 (2015).
83. Kleshnin Mikhail, Marina Shirmanova, Ilya Fiks, Anna Orlova, Vladimir Plekhanov, Elena Zagaynova, Sergey Lukyanov and Ilya Turchin, "Trans-illumination fluorescence imaging of deep-seated tumors in small animals", *Photonics & Lasers in Medicine* 4(1), 2015, pp. 85-92.
84. Klinshov V., L. Lucken, D. Shchapin, V. Nekorkin, and S. Yanchuk, Multistable jittering in oscillators with pulsatile delayed feedback, *Phys Rev Lett*, vol. 114, no. 17, p. 178103, 2015.
85. Klinshov V., L. Lucken, D. Shchapin, V. Nekorkin, and S. Yanchuk, Emergence and combinatorial accumulation of jittering regimes in spiking oscillators with delayed feedback, *Phys. Rev. E*, vol. 92, no. 4, p. 042914, 2015.
86. Klinshov V. and I. Franović, Mean-field dynamics of a random neural network with noise, *Phys. Rev. E*, vol. 92, 2015.
87. Kocharovskiy V.V.; Kocharovskiy V.I.V., Microscopic theory of phase transitions in a critical region. // *Physica Scripta* Volume: 90 Issue: 10 Article Number: 108002 (2015)
88. Kocharovskiy V.V.; Kocharovskiy V.I.V., Towards an exact solution for the three-dimensional Ising model: A method of the recurrence equations for partial contractions. // *Physics Letters A* Volume: 379 Issue: 39 Pages: 2520-2523 (2015)
89. Kocharovskiy V.V.; Kocharovskiy V.I.V., Microscopic theory of a phase transition in a critical region: Bose-Einstein condensation in an interacting gas.// *Physics Letters A* Volume: 379 Issue: 5 Pages: 466-470 (2015).
90. Kocharovskiy V.V., V.I.V. Kocharovskiy, V.J. Martyanov, S.V. Tarasov. The breaks and the hidden components in the power-law spectra of synchrotron radiation of the self-consistent current structures.// *Physics of Plasmas*, v. 22, n. 3, p. 083303, 2015 (doi: 10.1063/1.4928905).
91. Konkov A.I., Lebedev A.V., Manakov S.A. The acoustic study of soil liquefaction effects in-situ // *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2015. Vol. 138. No. 3. Pt. 2. P. 1938–1939.
92. Konovalov I.B., Beekmann M., Berezin E.V., Petetin H., Mielonen T., Kuznetsova I.N., Andrea M.O. The role of semi-volatile organic compounds in the mesoscale evolution of biomass burning aerosol: a modeling case study of the 2010 mega-fire event in Russia // *Atmospheric Chemistry and Physics*. T. 15. № 23. C. 13269–13297. 2015.
93. Koptev M.Yu., E.A. Anashkina, A.V. Andrianov, V.V. Dorofeev, A.F. Kosolapov, S.V. Muravyev, and A.V. Kim, Widely tunable mid-infrared fiber laser source based on soliton self-frequency shift in microstructured tellurite fiber, *Optics Letters*, v.40, No 17, pp.4094-4097, 2015.
94. Kornienko Vladimir V., Rinat A. Akhmedzhanov, Igor E. Ilyakov, Alexey D. Mishin, Pavel A. Prudkovskiy, Oleg V. Samotokhin, Boris V. Shishkin, and Galiya Kh. Kitaeva.

- Scattering Effects in Terahertz Wave Spectroscopy of Granulated Solids. IEEE Transactions on THz Science and Technology, 2015, v.5, .no.4, pp.665-672
95. Koryukin I.V., Relaxation oscillations in a semiconductor quantum dot laser // Physical Review A. 2015 v.92 p.043840.
 96. Koshelev M.A., I.N. Vilkov, M.Yu. Tretyakov, Pressure broadening of oxygen fine structure lines by water. J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 154, 24-27 (2015).
 97. Koshelev M.A., A.P. Velmuzhov, I.A. Velmuzhova, P.G. Sennikov, N.I. Raspopova, E.S. Bekhtereva, O.V. Gromova, O.N. Ulenikov, High Resolution Study strongly interacting $\nu_1(A_1)/\nu_3(F_2)$ bands of MGeH₄ (M = 76, 74), J. Quant. Spectrosc. Radiative Transfer 164 161-174 (2015).
 98. Kostin V.A., N.V. Vvedenskii. Dc to ac field conversion due to leaky-wave excitation in a plasma slab behind an ionization front.// New Journal of Physics, Vol. 17. Iss. 3. P. 033029. 2015.
 99. Kostinskiy Alexander Yu., Vladimir S. Syssoev, Nikolay A. Bogatov, Evgeny A. Mareev, Mikhail G. Andreev, Leonid M. Makalsky, Dmitry I. Sukharevsky, Vladimir A. Rakov, "Observation of a new class of electric discharges within artificial clouds of charged water droplets and its implication for lightning initiation within thunderclouds", Geophysical Research Letters, Volume 42, Issue 19, Pages 8165–8171, (2015). DOI: 10.1002/2015GL065620
 100. Kostinskiy Yu., V. S. Syssoev, N. A. Bogatov, E. A. Mareev, M. G. Andreev, L. M. Makalsky, D. I. Sukharevsky, V. A. Rakov, "Infrared images of bidirectional leaders produced by the cloud of charged water droplets", Journal of Geophysical Research: Atmospheres, DOI: 10.1002/2015JD023827
 101. Kostinskiy Alexander Y., Vladimir S. Syssoev, Eugene A. Mareev, Vladimir A. Rakov, Mikhail G. Andreev, Nikolai A. Bogatov, Leonid M. Makal'sky, Dmitry I. Sukharevsky, Alexander S. Aleshchenko, Vladimir E. Kuznetsov, Maria V. Shatalina, "Electric discharges produced by clouds of charged water droplets in the presence of moving conducting object", Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Volume 135, December 2015, Pages 36–41, (2015). doi:10.1016/j.jastp.2015.10.006
 102. Krishna K., Pelinovsky E. Editorial to Special Issue: Role of ocean-atmospheric process on global climate. The Open Oceanography, 2015, vol. 8, 1.
 103. Kukushkin V.A., S.A. Bogdanov, Simulation of CVD diamond-based high speed near-infrared photodetectors, Diamond & Related Materials, v. 60, pp. 94–98 (2015).
 104. Kukushkin V.A., S.A. Bogdanov, Diamond & Related Materials 60 (2015) 94–98, Simulation of CVD diamond-based high speed near-infrared photodetectors, Diamond and Related Materials, <http://dx.doi.org/10.1016/j.diamond.2015.10.017>.
 105. Kulygin M., G. Denisov, K. Vlasova, E. Novikov, V. Belousov, N. Andreev, A. Makarov, S. Shubin, M. Khozin, A. Gashturi, D. Sobolev, A. Fokin, A. Tsvetkov. Nanosecond Microwave Semiconductor Switches for 258...266 GHz.// Journal of Infrared Millimeter and Terahertz Waves (2015) Vol. 36, No. 9, p. 845–855, DOI 10.1007/s10762-015-0182-4.
 106. Kulygin M., G. Denisov, K. Vlasova, N. Andreev, S. Shubin, and S. Salahetdinov Sub-Terahertz Microsecond Optically-Controlled Switch with GaAs Active Element Beyond the Photoelectric Threshold. // Review of Scientific Instruments, August 2015, positive review received.
 107. Kurkina O.E., Talipova T.G., Kurkin A.A., Rouvinskaya E.A., Pelinovsky E.N. Estimates of the parameters of nonlinear internal waves in a stratified lake. Wulfenia Journal, 2015, vol. 22, No. 4, 7-16.
 108. Kuznetsov I.I., I.B. Mukhin, O.L. Vadimova, O.V. Palashov, K.I. Ueda, Thermal effects in Yb:YAG single-crystal thin-rod amplifier, Applied Optics, Vol. 54, No. 25, 2015.
 109. Kuznetsova D, V Elagin, M Karabut, M Shakhova, V Bredikhin, L Snopova, A. Shakhov, N. Sapogova, N. Bityurin, V. Bagratashvili, V. Kamensky The influence on biotissue

- laser resection of a strongly absorbing layer at the optical fiber tip, *Journal of Innovative Optical Health Sciences* Vol. 9, No. 5, 1650011 (7 pages).
110. Kuznetsova Daria S., Marina V. Shirmanova, Varvara V. Dudenkova, Pavel V. Subochev, Ilya V. Turchin, Elena V. Zagaynova, Sergey A. Lukyanov, and Vladislav A. Kamensky, Photobleaching and phototoxicity of KillerRed in tumor spheroids induced by continuous wave and pulsed laser illumination // *J. Biophotonics* 1–9 (2015) / DOI 10.1002/jbio.201400130
 111. Kyuberis A.A., L. Lodi, N.F. Zobov, O.L. Polyansky. Ab initio calculation of the rovibrational spectrum of H₂F⁺. *J. Molec. Spectrosc.* 316 38-44 (2015).
 112. Laryushin I.D., L.S. Kuznetsov, V.A. Kostin, A.A. Silaev, N.V. Vvedenskii. Low-Frequency Generation by Ionizing Femtosecond Laser Pulse Supplied by Its Second or Half-Harmonic.// *Problems of Atomic Science and Technology.* Iss. 4, V. 98. P. 270–273. 2015.
 113. Lesnov Il'ya V., Vyacheslav F. Vdovin, Corrected Link Budget Analysis for Terahertz Wireless Links, *Communications.* Vol. 3, No. 6, 2015, pp. 158-161. doi: 10.11648/j.com.20150306.11
 114. Luu-Thanh Ph., T Tückmantel, A Pukhov, I Kostyukov, Laser fields in dynamically ionized plasma structures for coherent acceleration, *Eur. Phys. J. Special Topics* 224, 2625 (2105). DOI: <http://dx.doi.org/10.1140/epjst/e2015-02574-8>
 115. Maderich, V., K. T. Jung, K. Terletska, I. Brovchenko, T. Talipova Incomplete similarity of internal solitary waves with trapped core. *Fluid Dynamics Research*, 2015, V. 47, 035511.
 116. Makarov D.S., M.A. Koshelev, N.F. Zobov, O.V. Boyarkin, Dissociation threshold of H₂18O: Validating ab initio calculations by state-selective triple-resonance spectroscopy, *Chem. Phys. Letters* 627 73–76 (2015).
 117. Makhalov P.B., A.E.Fedotov Design and modeling of a slow-wave 260 GHz tripler, *IEEE Trans. on Terahertz Science and Technology*, 2015, vol.5, no.6, pp.1048-1052.
 118. Makhalov V., K. Martiyanov, T. Barmashova, and A. Turlapov. Precision measurement of a trapping potential for an ultracold gas.// *Physics Letters A* 379 (4), 327–332 (2015).
 119. Manuilov V.N., M.Yu.Glyavin, A.S.Sedov, V.Yu.Zaslavsky, T. Idehara Design of a Second Harmonic Double-Beam Continuous Wave Gyrotron with Operating Frequency of 0.79 THz// *Journal IRMM&THz Waves* 36, 12, 1164-1175 (2015).
 120. Martínez-Fernández J., Á. Cappa, A. Chirkov, A. Ros, A. Tolkachev, G. Catalán, A. Soleto, M. Redondo, J.L. Doanec, J.P. Anderson. Commissioning of the 28 GHz ECRH power transmission line for the TJ-II stellarator. *Fusion Engineering and Design* 96–97 (2015) pp. 522–526.
 121. Maslennikov O.V., V.I. Nekorkin, Evolving dynamical networks with transient cluster activity. // *Commun. Nonlin. Sci. Numer. Simulat.* 2015. Vol. 23. pp. 314–320.
 122. Maslennikov O.V., V.I. Nekorkin, J. Kurths, Basin stability for burst synchronization in small-world networks of chaotic slow-fast oscillators. // *Phys. Rev. E.* 2015. Vol. 92, Issue 4, 042803.
 123. Maslennikova A, Kochueva M, Ignatieva N, Vitkin A, Zakharkina O, Kamensky V, Sergeeva E, Kiseleva E, Bagratashvili V., вЂѢEffects of gamma irradiation on collagen damage and remodelingвЂѢќ, *International Journal of Radiation Biology.* 2015; 91(3):240-7.
 124. Matveev Lev A., Vladimir Y. Zaitsev, Grigory V. Gelikonov, Aleksander L. Matveev, Alexander A. Moiseev, Sergey Yu. Ksenofontov, Valentin M. Gelikonov, Marina A. Sirotkina, Natalia D. Gladkova and Alex Vitkin. Hybrid M-mode-like OCT imaging of three-dimensional microvasculature in vivo using reference-free processing of complex-valued B-scans, *Optics Letters*, 2015, 40(7),1472-1475. DOI:10.1364/OL.40.001472
 125. Mironov S.Yu., V.N. Ginzburg, E.I. Gacheva, D.E. Silin, A.A. Kochetkov, Yu.A. Mamaev, A.A. Shaykin, E.A. Khazanov and G.A. Mourou, "Use of polyethylene

- terephthalate for temporal recompression of intense femtosecond laser pulse", *Laser Physics Letters*, 2015, 12 (2), 025301.
126. Mironov Evgeniy A., Alexey V. Starobor, Alexander V. Voitovich, Oleg V. Palashov "A Faraday isolator with a square optical aperture", *Optics Communications*, 338 (2015) pp.565-568
 127. Mironov E.A., O.V. Palashov, A.V. Voitovich, D.N. Karimov, I.A. Ivanov, "Investigation of thermo-optical characteristics of magneto-active crystal Na_{0.37}Tb_{0.63}F_{2.26}", *Optics Letters*, Vol.40, No.21, pp. 4919-4922, 2015.
 128. Mironov E. A., D. S. Zheleznov, A. V. Starobor, A. V. Voitovich, O. V. Palashov, A. M. Bulkanov and A. G. Demidenko, "Large-aperture Faraday isolator based on a terbium gallium garnet crystal," *Opt. Lett.* Vol. 40, Issue 12, pp. 2794-2797 (2015).
 129. Mishakin S.V., S.V. Samsonov, and G.G. Denisov A Helical-Waveguide Gyro-TWT at the Third Cyclotron Harmonic.// *IEEE Transactions on Electron Devices*, 2015, vol.62, no.10, pp.3387-3392.
 130. Muchnikov A. B., A. L. Vikharev, J. E. Butler, V. V. Chernov, V.A. Isaev, S.A. Bogdanov, A. I. Okhapkin, P. A. Yunin, and Y. N. Drozdov, Homoepitaxial growth of CVD diamond after ICP pretreatment, *Phys. Status Solidi A*, 212: 2572–2577. <http://dx.doi.org/10.1002/pssa.201532171>, ISSN: 1862-6300
 131. Mukhin Dmitry, Andrey Gavrillov, Alexander Feigin, Evgeny Loskutov & Juergen Kurths. *Principal nonlinear dynamical modes of climate variability*. *Nature Scientific Reports*, rep. 5, 15510; doi: 10.1038/srep15510 (2015).
 132. Mukhin D., E. Loskutov, A. Mukhina, A. Feigin, I. Zaliapin, M. Ghil, Predicting critical transitions in ENSO models, part i: methodology and simple models with memory, *Journal of Climate*, Vol. 28, No. 5. pp. 1940-1961, 2015.
 133. Mukhin D., D. Kondrashov, E. Loskutov, A. Gavrillov, A. Feigin, M. Ghil, Predicting critical transitions in ENSO models, part ii: spatially dependent models, *Journal of Climate*, Vol. 28, No. 5. pp. 1962-1976, 2015.
 134. Nerush E.N. and I.Y. Kostyukov, Laser-driven hole boring and gamma-ray emission in high-density plasmas, *Plasma Phys. Control. Fusion*, v.57, No 3, 035007, 2015.
 135. Oladyshekin I. V., D. A. Fadeev and V. A. Mironov Thermal mechanism of laser induced THz generation from a metal surface.// *Journal of Optics* 17, 075502 (2015)
 136. Ostrovsky L., Pelinovsky E., Shrira V., and Stepanyants Y. Beyond the KDV: post-explosion development. *Chaos*, 2015, vol. 25, No. 9, 097620, 13 pages.
 137. Petrukhin N.S., Ruderman M.S., Pelinovsky E. Non-reflective propagation of kink pulses in magnetic waveguides in solar atmosphere. *Solar Physics*, 2015, vol. 290, No. 5, 1323-1335.
 138. Pikulin A., N. Bityurin, V.I. Sokolov, Model of Diffusion-Assisted Direct Laser Writing by Means of Nanopolymerization in the Presence of Radical Quencher, *AIP Advances* 5, 127215 (2015).
 139. Polyansky O.L., K. Bielska, M. Ghysels, L. Lodi, N.F. Zobov, J.T. Hodges, J. Tennyson, High-Accuracy CO₂ Line Intensities Determined from Theory and Experiment. *Phys. Rev. Lett.* 114 243001 (2015).
 140. Radeonychev Y.V., V.A. Antonov, F.G. Vagizov, R. N. Shakhmuratov, and Olga Kocharovskaya, Conversion of recoilless γ radiation into a periodic sequence of short intense pulses in a set of several sequentially placed resonant absorbers, *Physical Review A*. 92, 043808 (2015).
 141. Romanov A.A., A.A. Silaev, N.V. Vvedenskii. Strong-field approximation for analytical calculation of the residual current density excited by gas ionization with an intense two-color laser pulse.// *Problems of Atomic Science and Technology*. Iss. 4. V. 98. P. 286-289. 2015.

142. Rouvinskaya E., Talipova T., Kurkina O., Soomere T., Tyugin D. Transformation of internal breathers in the idealised shelf sea conditions. *Continental Shelf Res.*, 2015, V. 110, 60-71
143. Rozental R.M., N.S. Ginzburg, M.Yu. Glyavin, A.S. Sergeev, I.V. Zotova Mutual synchronization of weakly coupled gyrotrons.// *Physics of Plasmas*, 22, 9, 093118 (2015)
144. Samal M. R., Ojha D. K., Jose J., Zavagno A., Takahashi S., Neichel B., Kim J. S., Chauhan N., Pandey A. K., Zinchenko I., Tamura M., Ghosh S. K. "Star formation in the filament of S254-S258 OB complex: a cluster in the process of being created". *Astronomy & Astrophysics*, Volume 581, id.A5, 14 pp., 2015
145. Samokhin AV, NV Alekseev, AV Vodop'yanov, DA Mansfeld, MA Sinaiskii, Yu V Tsvetkov, AG Ereemeev, IV Plotnikov. Production of WO₃ tungsten oxide nanopowders by evaporation-condensation process using focused 24-GHz microwave radiation. *High Energy Chemistry*, v 49, p.267, 2015.
146. Savilov A.V., G.G. Denisov, Yu.K. Kalynov, I.V. Osharin Two-wave regime of operation of the high-harmonic gyrotron.// *Phys. of Plasmas*, 2015, vol.22, p.043104.
147. Seleznev A.F., G.V. Fedoseev, M.A. Koshelev, M.Yu. Tretyakov, Shape of collision-broadened lines of carbon monoxide. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer* 161 171–179 (2015).
148. Semenov V.E., E.I. Rakova, V.P. Tarakanov, M.Yu. Glyavin, G.S. Nusinovich. A 1D study of the evolution of the microwave breakdown in air.// *Physics of Plasmas*, v. 22, 092308, pp. 1-8 (2015).
149. Sergievskaya, S. Ermakov, I. Kapustin On discrimination between film slicks and "look-alikes" on the sea surface in multifrequency radar images // *Proc. of SPIE Vol. 9638: Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2015*, 963808 doi: 10.1117/12.2195031.
150. Shakhmuratov R. N., F. G. Vagizov, V. A. Antonov, Y. V. Radeonychev, M. O. Scully, and O. Kocharovskaya, Transformation of a single-photon field into bunches of pulses, *Phys. Rev. A*, 92 023836 (2015).
151. Shaykin A.A., K.F. Burdonov, E.A. Khazanov 'A novel technique for longitudinal mode selection in Q-switched lasers' *Laser Physics Letters* 12(12) 125001 (2015).
152. Shirokov E.A. Computations of the input impedance of antennas in cold magnetoplasmas in nongyrotropic and quasi-stationary cases using the method of moments.// *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. 2015. V. 63, No. 12. P. 5846-5849.
153. Shlivko I.L., M.Yu. Kirillin, E.V. Donchenko, D.O. Ellinsky, O.E. Garanina, M.S. Neznakhina, P.D. Agrba, V.A. Kamensky "Identification of layers in optical coherence tomography of skin: comparative analysis of experimental and Monte Carlo simulated images", *Skin Research and Technology*, 21(4), 419-425 (2015). DOI: 10.1111/srt.12209 (2015).
154. Shugaev M. V., A. J. Manzo, C. Wu, V. Y. Zaitsev, H. Helvajian, and L. V. Zhigilei, "Strong enhancement of surface diffusion by nonlinear surface acoustic waves," *Phys. Rev. B* 91, 235450(1–11) (2015).
155. Shukla Braj Kishore, Paresh J. Patel, Jatin Patel, Rajan Babu, Harshida Patel, Pragnesh Dhorajia, Prashant Singh, Cheeramveetil B. Sumod, Dipal P. Thakkar, Laxmi Narayan Gupta, [...], Ratneshwar Jha, Dhiraj Bora, Mikhail Shmelev, Vladimir Irkhin, Mikhail Khozin, Vladimir Belousov, Elena Soluyanova, Evgeny Tai, Zakhar Gasainiev, Gregory Denisov 42GHz/500kW Electron Cyclotron Resonance Heating (ECRH) system on Tokamak SST-1.// *IEEE Transactions on Plasma Science* 01/2015; 43(1):485-489.
156. Silaev A.A., N.V. Vvedenskii. Analytical description of generation of the residual current density in the plasma produced by a few-cycle laser pulse.// *Physics of Plasmas*. V. 22. P. 053103-1-14. 2015.

157. Silaev A.A., N.V. Vvedenskii. Optimization of single-hump imaginary potentials for efficient absorption of the wave function in numerical solution of the time-dependent Schrödinger equation.// *Problems of Atomic Science and Technology*. Iss. 4. V. 98. P. 290-293. 2015.
158. Skalyga V., I. Izotov, S. Golubev, S. Razin, A. Sidorov, A. Maslennikova, A. Volovecky, T. Kalvas, H. Koivisto, O. Tarvainen. Neutron generator for BNCT based on high current ECR ion source with gyrotron plasma heating. *Applied Radiation and Isotopes*. doi:10.1016/j.apradiso.2015.08.015
159. Skalyga V., I. Izotov, S. Golubev, A. Sidorov, S. Razin, A. Strelkov, O. Tarvainen, H. Koivisto, T. Kalvas. High yield neutron generator based on a high-current gasdynamic electron cyclotron resonance ion source.// *Journal of Applied Physics*, v. 118, 093301 (2015); doi: 10.1063/1.4929955 (2015).
160. Skalyga V., I. Izotov, T. Kalvas, H. Koivisto, J. Komppula, R. Kronholm, J. Laulainen, D. Mansfeld, O. Tarvainen. Suppression of cyclotron instability in ECR ion sources by two-frequency heating. *Physics of Plasmas* 22, 083509 (2015); doi: 10.1063/1.4928428.
161. Slunyaev A., Sergeeva A., Pelinovsky E. Wave amplification in the framework of forced nonlinear Schrödinger equation: the rogue wave context. *Physica D*, 2015, vol. 303, 18-27.
162. Slyunyaev N.N., E.A. Mareev, A.A. Zhidkov. On the variation of the ionospheric potential due to large-scale radioactivity enhancement and solar activity, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 2015, V. 120, № 8, p. 7060–7082.
163. Smirnov L. A., Smirnov A. I. Scattering of two-dimensional dark solitons by a single quantum vortex in a Bose-Einstein condensate.// *Physical Review A*. Vol. 92, no. 1. Pp. 013636(1)-013636(19). (2015).
164. Smirnov L.A., Smirnova D.A., Noskov R.E., Kivshar Yu.S. Dissipative plasmon solitons in graphene nanodisk arrays.// *Physical Review B*. Vol. 91, no. 7. Pp. 075409(1)-075409(6). (2015).
165. Snetkov I. and O. Palashov, "Faraday isolator based on a TSAG single crystal with compensation of thermally induced depolarization inside magnetic field," *Optical Materials*, vol. 42, pp. 293-297, 2015.
166. Snetkov I. L., A. I. Yakovlev, and O. V. Palashov, "CaF₂, BaF₂ and SrF₂ crystals optical anisotropy parameters," *Laser Phys. Lett.* 12, 095001 (2015).
167. Snetkov I.L., Yasuhara R., Starobor A. V, Mironov E.A., Palashov O. V. «Thermo-Optical and Magneto-Optical Characteristics of Terbium Scandium Aluminum Garnet Crystals» // *IEEE J. Quantum Electron.* 2015. Vol. 51, №7. P. 1–7.
168. Starobor A., Palashov O. Faraday isolator for high-power nonpolarized radiation // *Opt. Commun.* 2015. Vol. 354. P. 103–106.
169. Starobor A. V, Zheleznov D.S., Palashov O. V, Savinkov V.I., Sigaev V.N. Borogermanate glasses for Faraday isolators at high average power // *Opt. Commun.*, 2016. Vol. 358. P. 176–179.
170. Subochev Pavel, Anna Orlova, Marina Shirmanova, Anna Postnikova, and Ilya Turchin, "Simultaneous photoacoustic and optically mediated ultrasound microscopy: an in vivo study", *J. Biomed. Opt. Express* 6(2), pp. 631-638 (2015)
171. Talipova T., Pelinovsky E., Kurkina O., Kurkin A. Dispersive shock wave in stratified fluid. *Shock and Vibration*, 2015, vol. 2015, ID 875619, 7 pages.
172. Tao M. , G. Feng, A. Andrianov, A. Kim, T. Yu, H. Zhao, and X. Ye, Tm-Ho codoped fiber based multi-wavelength Q-switching of an Er-doped fiber laser, *Opt. Commun.*, v.354, pp.209-212, 2015.
173. Tarasov S.V., Vl.V. Kocharovsky, V.V. Kocharovsky. Grand Canonical Versus Canonical Ensemble: Universal Structure of Statistics and Thermodynamics in a Critical Region of Bose-Einstein Condensation of an Ideal Gas in Arbitrary Trap.// *Journal of Statistical Physics*, v. 161, n. 4, p. 942, 2015 (doi: 10.1007/s10955-015-1361-3).

174. Tarvainen O., J. Laulainen, J. Komppula, R. Kronholm, T. Kalvas, H. Koivisto, I. Izotov, D. Mansfeld, and V. Skalyga. Limitations of electron cyclotron resonance ion source performances set by kinetic plasma instabilities.// *Review of Scientific Instruments*, v. 86, p. 023301, 2015.
175. Tarvainen O., T. Kalvas, H. Koivisto, J. Komppula, R. Kronholm, J. Laulainen, I. Izotov, D. Mansfeld, V. Skalyga. Kinetic instabilities in pulsed operation mode of a 14 GHz electron cyclotron resonance ion source.// *Review of Scientific Instruments*, 87, 02A701 (2016); <http://dx.doi.org/10.1063/1.4931711>
176. Titchenko Yu., Karaev V., Meshkov E., Zuikova E., Measuring the variance of the vertical orbital velocity component by an acoustic wave gauge with a single transceiver antenna, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2015, v. 53, N 8, pp.4340-4347.
177. Titova E.E., Kozelov B.V., Demekhov A.G., Manninen O.J. Santolik, Kletzing C.A., Reeves G. Identification of the source of quasiperiodic VLF emissions using ground-based and Van Allen Probes satellite observations.// *Geophys. Res. Lett.* 2015. V. 42, No.15. P.6137–6145.
178. Tokman M.D., M.A. Erukhimova, V.V. Vdovin, The features of a quantum description of radiation in an optically dense medium, *Annals of Physics*, vol. 360, p. 571-595 (2015)
179. Tokman M.D., M.A. Erukhimova, Anisotropy-Induced Transparency in Optically Dense Media.// *Radiophysics and Quantum Electronics*, vol. 57, N 11, p. 821-836 (2015).
180. Troitskaya Yu., D. Sergeev, A. Kandaurov, E. Ezhova, O.Druzhinin, I.Soustova, O.Ermakova, M.Vdovin Small-scale atmosphere-ocean coupling in gale force winds: models, experiments, remote sensing Report Series in Aerosol Science, v. 163, p. 450-455
181. Vadimova O., I. Kuznetsov, I. Mukhin, E. Perevezentsev, and O. Palashov, Comparison of composite and disk shaped active elements for pulsed lasers, 2015 *Laser Phys.* 25 095001.
182. Vikharev A.L., A.B.Muchnikov, D.B.Radishev, V.A.Isaev, O.A.Ivanov, A.M. Gorbachev, Growth and characterization of combined single-crystalline and polycrystalline CVD diamond wafer, Pittsburgh, PA, MRS Proceedings, V.1734, (2015), <http://dx.doi.org/10.1557/opl.2015.41>
183. Viktorov M., D. Mansfeld and S. Golubev, Laboratory study of kinetic instabilities in a nonequilibrium mirror-confined plasma.// *EuroPhysics Letters.* 2015. V.109, N.6. P.65002.
184. Vodopyanov Alexander, Dmitry Mansfeld. Reactive nitrogen source based on ECR discharge sustained by 24 GHz radiation.// *Japanese Journal of Applied Physics*, v 54, p.040302, 2015.
185. Vyatkin A. G. and E. A. Khazanov, "Thermally induced beam distortions in sesquioxide laser ceramics of m3 crystal class—Part II," *IEEE J. Quantum Electron.* 51, 1700108 (2015).
186. Vyatkin A. G. and E. A. Khazanov, "Thermally induced beam distortions in laser ceramics at strong birefringence," *J. Opt. Soc. Am. B* 32 (6), 1084-1096 (2015).
187. Wagner D., Stober J., Leuterer F., Monaco F., Muller S., Munich M., Rapson C.J., Reich M., Schubert M., Schutz H., Treutterer W., Zohm H., ASDEX UPGRADE Team, Thumm M., Gantenbein G., Jelonnek J., Scherer T., Meier A., Kasperek W., Lechte C., Plaum B., Goodman T., Litvak A.G., Denisov G.G., Chirkov A., Malygin V.I., Zapevalov V., Popov L.G., Nichiporenko V.O., Myasnikov V.E., Tai E.M., Soluyanov E.A., Malygin S.A. Status, operation, and extension of the ECRH system at ASDEX UPGRADE.// *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*, 2015, DOI: 10.1007/s10762-015-0187-z.
188. Wallin E. , A. Gonoskov, and M. Marklund, Effects of high energy photon emissions in laser generated ultra-relativistic plasmas: Real-time synchrotron simulations, *Physics of Plasmas*, v.22, No 3, 033117, 2015.

189. Wang Yongrui, Mikhail Tokman, and Alexey Belyanin, Continuous-wave lasing between Landau levels in graphene.// *Phys. Rev. A*, 91, 033821 (2015)
190. Yakhno T.A., A.G. Sanin, Ilyazov R.G., Vildanova G.V., Khamzin R.A., Astascheva N.P., Markovsky M.G., Bashirov V.D., Yakhno V.G. (2015). Drying Drop Technology as a Possible Tool for Detection Leukemia and Tuberculosis in Cattle. // *J. Biomedical Science and Engineering*, 8, 1-23. <http://dx.doi.org/10.4236/jbise.2015.81001>
191. Yao Xianghan, Mikhail Tokman, and Alexey Belyanin. Strong magneto-optical effects due to surface states in three-dimensional topological insulators.// *Optics Express* Vol. 23, Iss. 2, pp. 807–814 (2015)
192. Yashunin D. A., Yu. A. Malkov, L. A. Mochalov and A. N. Stepanov, Fabrication of microchannels in fused silica using femtosecond Bessel beams, *J. Appl. Phys.* 118, 093106 (2015); <http://dx.doi.org/10.1063/1.4929649>
193. Zaitsev V. V., *Ultrafine Magnetic Structures in the Chromosphere, Geomagnetism and Aeronomy*, 2015, Vol. 55, No. 7, pp. 846–849. DOI: 10.1134/S0016793215070294.
194. Zaitsev V.V., A.V. Stepanov, Particle Acceleration and Plasma Heating in the Chromosphere.// *Solar Physics*, 281, №8, 2015, DOI 10.1007/s11207-015-0731-y, Springer, Dordrecht.
195. Zaitsev V.Y., A.L.Matveyev, L.A.Matveev, G.V.Gelikonov, V.M.Gelikonov, and A. Vitkin. Deformation-induced speckle pattern evolution and feasibility of correlational speckle tracking in optical coherence elastography, *Journal of Biomedical Optics*, 2015, 20(7), 075006(1-12). DOI:10.1117/1.JBO.20.7.075006.
196. Zaitsev, V. Y., Matveyev, A. L., Matveev, L. A., Gelikonov, G. V., Gubarkova, E. V., Gladkova, N. D., & Vitkin, A. Hybrid method of strain estimation in optical coherence elastography using combined sub-wavelength phase measurements and supra-pixel displacement tracking. *Journal of Biophotonics*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jbio.201500203> (2015).
197. Zdobnova T, Sokolova E, Stremovskiy O, Karpenko D, Telford W, Turchin I, Balalaeva I, Deyev S., “A novel far-red fluorescent xenograft model of ovarian carcinoma for preclinical evaluation of HER2-targeted immunotoxins”, *Oncotarget* 2015 Oct 13;6(31):30919-28 doi: 10.18632/oncotarget.5130
198. Zhang L., S.Mishakin, W.He, S.Samsonov, M.McStravick, G.G.Denisov, A.W.Cross, V.L.Bratman, C.G.Whyte, C.W.Robertson, A.R.Young, K.Ronald, A.D.R.Phelps Experimental study of microwave pulse compression using a five-fold helically corrugated waveguide, *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, 2015, vol.63, no.3, p.1090-1096.
199. Zheleznov Dmitry S., Aleksey V. Starobor, Oleg V. Palashov, Characterization of the terbium-doped calcium fluoride single crystal, *Optical Materials*, Volume 46, 2015, Pages 526–529.
200. Zinchenko I., Liu S. -Y., Su Y. -N., Sali S. V., Sobolev A. M., Zemlyanukha P., Beuther H., Ojha D. K., Samal M. R., Wang Y. The Disk-outflow System in the S255IR Area of High-mass Star Formation.// *The Astrophysical Journal*, Volume 810, Issue 1, article id. 10, 18 pp., 2015
201. Zlotnik E.Ya., Zaitsev, V.V., Melnik, V.N., Konovalenko, A.A., Dorovskyy, V.V., 'Fingerprint' Fine Structure in the Solar Decametric Radio Spectrum.// *Solar Physics* 2015, V. 290, No.7, pp.2013-2030, ISSN: 0038-0938, IF 4.039, DOI: 10.1007/s11207-015-0724-x.
202. Zubkov V. I., O. V. Kucherova, S. A. Bogdanov, A. V. Zubkova, J. E. Butler, V. A. Ilyin, A. V. Afanas'ev, A. L. Vikharev, Temperature admittance spectroscopy of boron doped chemical vapor deposition diamond.// *Journal of Applied Physics* 118, 145703 (2015); <http://dx.doi.org/10.1063/1.4932664>, ISSN: 0021-8979