

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Алексея Викторовича Мишина "Взаимодействие мод и эффекты неоднородности инверсии населенностей уровней активной среды в динамике сверхизлучающих лазеров с низкодобротными резонаторами", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – радиофизика

Диссертация А.В. Мишина посвящена исследованию весьма нового класса явлений лазерной динамики, имеющему общеволновую, радиофизическую направленность и представляющему значительный научный интерес как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения. Исследуемые явления связаны с взаимодействием лазерных мод в условиях неоднородного распределения инверсии населённости уровней активной среды и полуволновой решётки этой инверсии населенностей, обусловленной взаимодействием встречных волн, амплитуды и фазы которых, как правило, являются нестационарными и неоднородными, но согласованными с указанными распределениями. Последние в существенной мере обусловлены самосогласованными когерентными дипольными колебаниями активных центров, имеющими время жизни много больше времени жизни фотонов в резонаторе. Это обстоятельство определяет новизну предсказываемых в диссертации режимов установившейся генерации, которые являются многомодовыми, имеют развитый динамический спектр и определяются взаимодействием (нелинейным усилением и брэгговским переотражением) поля встречных волн с неоднородным распределением инверсии населённости уровней активной среды.

В диссертации выясняются свойства и необходимые условия существования найденных уникальных режимов генерации в сверхизлучающих лазерах с низкодобротными комбинированными резонаторами Фабри-Перо с распределенной связью встречных волн. Присутствие долговременной, непрерывной накачки делает эти режимы, включая обусловленные импульсным высвечиванием сверхизлучательных мод, качественно отличными от хорошо исследованных ранее процессов высвечивания импульсов суперфлюоресценции, т.е. коллективного спонтанного излучения Дике, из ансамблей активных центров, инвертированных коротким импульсом накачки (в том числе при наличие открытого резонатора). Среди решаемых в диссертации фундаментальных задач квантовой электроники и радиофизики определённый ряд

имеет практическую направленность, например, в отношении разработки новых методов синхронизации лазерных мод и получения различных, в том числе кратных, гребёнок спектра непрерывной генерации.

Главы работы посвящены 1) обоснованию выбора исследуемой области параметров сверхизлучающих лазеров и расчёту спектров их горячих мод, 2) изучению явления спонтанного нарушения зеркальной симметрии сверхизлучательных структур в симметричном лазере с практически однородным уширением спектральной линии, 3) разработке параметрического когерентного механизма самосинхронизации мод в комбинированном резонаторе сверхизлучающего лазера, 4) исследованию эффектов двойного резонанса и спонтанного формирования двух кратных гребёнок в спектре сверхизлучающего лазера с самосинхронизацией мод. Актуальность и перспективность данных исследований не вызывает сомнений.

В работе изучаются вполне определённые режимы указанной сверхизлучательной лазерной генерации, информацию о существовании, грубости и физической значимости которых призваны дать представленные научные результаты. Автору диссертации удалось получить и опубликовать (с соавторами) серию результатов, которые обладают безусловной научной новизной и включают, в частности:

1. выявленные широкие возможности управления неэквидистантностью, инкрементами/декрементами и неоднородностью структуры горячих мод сверхизлучающих лазеров, которые позволяют реализовать уникальные когерентные состояния ансамбля активных центров и их поля излучения;
2. найденные в однородном сверхизлучающем лазере самосогласованные асимметричные состояния поля, поляризации и инверсии населённостей активной среды, которые характеризуются значительно различающимися интенсивностями излучения, выходящего из противоположных торцов лазера;
3. возможности формирования обходящего резонатор солитоноподобного импульса в результате самосинхронизация части квазимонохроматических мод на крыльях спектра генерации в условиях параметрического резонанса их биений с биениями двух нестационарных (сверхизлучательных) мод на краях запрещённой фотонной зоны в центре спектра генерации;
4. обнаруженное явление спонтанного формирования двух кратных гребёнок в спектре сверхизлучающего лазера, одна из которых образована частично самосинхронизованными квазимонохроматическими модами, создающими

циркулирующий по резонатору солитоноподобный импульс, а другая – двумя сверхизлучательными модами, обуславливающими генерацию периодической последовательности когерентных импульсов, интервал между которыми в целое число раз превышает период обхода резонатора светом.

Сделанные выводы основаны на проведённом глубоком качественном анализе происходящих в рассматриваемой системе физических явлений и выявленных механизмах когерентного взаимодействия электромагнитного поля с активными центрами. Достоверность результатов исследования определяется обоснованным выбором использованных физических моделей рассматриваемых явлений, согласованностью описывающих их уравнений и численных методов решения последних, непротиворечивой физической интерпретацией совокупности выясненных свойств изученных ансамблей радиационно взаимодействующих активных центров.

Характеризуя научную деятельность А.В. Мишина, необходимо отметить, что он начал работать в отделе 130 ИПФ РАН с 2015 г. по тематике, отличной от представленной в диссертации. В процессе обучения в аспирантуре ИПФ РАН (в 2017-2021 гг.) он освоил ряд теоретических и численных методов радиофизики и квантовой электроники. Работы по теме диссертационного исследования выполнялись им в течение пяти лет с 2018 г. по 2022 г., когда полученные навыки он применял к конкретным задачам в области динамики лазеров и представлял полученные результаты на различных семинарах и научных конференциях.

В диссертационной работе А.В. Мишин продемонстрировал свои возможности работы со сложными данными численного моделирования и внес весомый вклад в получение основных результатов диссертационной работы на различных ее этапах, включая обзор возможных параметров реальных активных сред и выбор надлежащих параметров сверхизлучающего лазера для численного моделирования при помощи описывающих его нелинейных интегро-дифференциальных уравнений, расчёт и анализ горячих мод для различных параметров лазерной модели, статистический анализ характеристик сверхизлучательных и солитоноподобных импульсов и свойств их последовательностей для различных временных интервалов и режимов лазерной генерации, сравнительный анализ динамических спектров и пространственно-временных структур внутрирезонаторных самосогласованных состояний поля, поляризации и инверсии населённостей уровней активной среды, а также физическую интерпретацию выявленных динамических закономерностей и пространственно-спектральных структур в сверхизлучающем лазере с непрерывной накачкой.

Считаю, что диссертация "Взаимодействие мод и эффекты неоднородности инверсии населенностей уровней активной среды в динамике сверхизлучающих лазеров с низкодобротными резонаторами" удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Алексей Викторович Мишин заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – радиофизика.

Научный руководитель, заведующий отделом ИПФ РАН
член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук

Кочаровский Владимир Владиленович



30.09.2022

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН)

603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46

Телефон (831) 416-48-94

Адрес электронной почты kochar@ipfran.ru

Подпись В.В. Кочаровского удостоверяю

Ученый секретарь ИПФ РАН

кандидат физико-математических наук



И.В. Корюкин