

ОТЗЫВ

официального оппонента Куркина Семена Андреевича
о диссертационной работе Юровского Льва Александровича
«Развитие методов формирования и усиления коротких микроволновых импульсов»
на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 1.3.4–«Радиофизика»

Диссертационная работа Л.А. Юровского посвящена исследованию методов формирования коротких микроволновых импульсов с высокой пиковой мощностью. Актуальность выбранной темы исследования обусловлена тем, что в последние годы увеличивается интерес к использованию мощных короткоимпульсных источников в ряде как исследовательских (ускорение элементарных частиц, физика плазмы, плазмохимия и др.), так и прикладных (медицина, радиолокация, связь и др.) приложений. Возможности повышения пиковой мощности коротких импульсов за счет увеличения энергии электронных пучков ограничены, поэтому значительное число исследований связано с поиском механизмов повышения мощности без увеличения энергозапаса электронных пучков. Данным вопросам посвящена и настоящая диссертационная работа.

Основными целями диссертационной работы являются:

- Теоретическое исследование возможности реализации метода усиления chirпированных импульсов в микроволновой электронике для генерации импульсов с ультравысокой пиковой мощностью.
- Анализ возможности реализации частотного модулятора на основе режима вынужденного обратного рассеяния излучения на попутном слаборелятивистском электронном пучке с переменной энергией.
- Исследование генерации импульсов сверхизлучения терагерцового диапазона при обратном рассеянии лазерного импульса на попутном сильноточном релятивистском электронном пучке.
- Получение обобщенных (двухпараметрических) солитонных решений, описывающих формирование солитонов самоиндуцированной прозрачности при циклотронно-резонансном взаимодействии микроволновых импульсов с первоначально прямолинейным электронным потоком, выступающим в роли пассивной нелинейной среды.

Достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается согласованностью полученных результатов с общепринятыми положениями радиофизики, СВЧ электроники и теории колебаний, а также использованием обще-

принятых в научном сообществе методов моделирования диссипативных квантовых систем.

Положения, выносимые на защиту, результаты и выводы по работе сформулированы достаточно ясно и обоснованы. Полученные автором результаты отличаются оригинальностью и новизной. В диссертационной работе представлен большой объем как аналитических результатов, так и детальных численных экспериментов, в том числе, с использованием РС-моделирования.

Результаты исчерпывающе и убедительно проиллюстрированы. На протяжении всей работы автор демонстрирует высокую квалификацию в области радиофизики, СВЧ электроники и теории колебаний. Все вышеперечисленное свидетельствует о достоверности полученных результатов.

Диссертационная работа отличается высокой научной новизной, что подтверждается публикациями в высокорейтинговых научных журналах. Основные результаты работы заключаются в следующем.

В первой главе была исследована возможность переноса в СВЧ электронику метода усиления chirpированных импульсов, используемого в лазерной физике для формирования фемтосекундных импульсов петаваттного уровня мощности. Данный метод основан на предварительном растяжении начального импульса в диспергирующем элементе (стретчере), последовательном усилении спектральных компонент в усилителе и восстановлении начальной формы в компрессоре. На основе проведенных исследований Л.А. Юровским показана перспективность использования волноводов с многозаходной винтовой гофрировкой для реализации стретчера и компрессора в миллиметровом диапазоне частот, а также разработан метод оптимизации параметров указанных диспергирующих элементов. В качестве усилителя для формирования коротких импульсов мультимегаваттного уровня пиковой мощности в работе рассматривается возможность использования, разработанной в ИПФ РАН, широкополосной винтовой giro-ЛБВ. В то же время показана возможность повышения пиковой мощности субнаносекундных импульсов сверхизлучения (СИ) до мульти-гигаваттных значений при использовании релятивистской черенковской ЛБВ в качестве усилителя. Особенностью такой схемы является невозможность непосредственного усиления импульсов СИ в рассматриваемой ЛБВ при сопоставимой энергетике электронного пучка в усилителе и генераторе импульсов СИ.

Во второй главе исследован альтернативный метод формирования частотно-модулированного сигнала с целью его последующей компрессии, основанный на режиме вынужденного обратного рассеяния излучения на попутном слаборелятивистском электронном пучке с переменной энергией. Показано, что в этом случае существует два меха-

низма насыщения роста амплитуды рассеянной волны, один из которых связан с истощением накачки, а другой – с нелинейными эффектами в движении электронов. В условиях больших значений квантового выхода показана возможность генерации периодической последовательности коротких субнаносекундных микроволновых импульсов с пиковой мощностью, многократно превышающей мощность непрерывного (длинноимпульсного) гиротрона накачки при периодическом варьировании энергии электронов в частотном модуляторе, основанном на вынужденном обратном рассеянии. Кроме того, показана возможность формирования терагерцовых импульсов СИ на основе вынужденного обратного рассеяния лазерного излучения на попутном релятивистском электронном пучке.

В третьей главе найдено семейство двухпараметрических солитонов самоиндуцированной прозрачности в процессе циклотронно-резонансного взаимодействия излучения с первоначально прямолинейным электронным потоком. Аналитически показано и подтверждено сопоставлением с результатами численного моделирования, что форма указанных солитонов определяется их скоростью и параметром частотного сдвига относительно частоты циклотронного резонанса.

Все перечисленные выше основные результаты диссертации являются новыми и представляют очевидный научный интерес. В целом диссертация хорошо оформлена.

Тем не менее, по тексту диссертации можно сделать ряд замечаний.

1) В Главе 1 электродинамические характеристики рассчитанных и оптимизированных стретчеров и компрессоров на основе спирально-гофрированных волноводов было бы не лишним проверить с помощью моделирования в зарекомендованных программных пакетах, таких как CST Microwave Studio или Ansys HFSS. Впрочем, возможность экспериментальной реализации рассчитанных стретчеров и компрессоров не вызывает сомнений, поскольку известны успешные эксперименты с использованием подобных волноводных компрессоров в комбинации с релятивистской ЛОВ.

2) В п.2.1 рассмотрено рассеяние волноводной моды накачки в аналогичную моду сигнальной волны. В то же время, как известно из теории ЛОВ, при развитии абсолютной неустойчивости возможна генерация не только основной моды, но и других мод, для которых выполняется условие самовозбуждения. В связи с этим желательно проверить влияние конкуренции мод на работу рассматриваемого частотного модулятора.

3) В Главе 3 не обсуждается влияние волноводной дисперсии на полученные солитонные решения, потенциально приводящей к искажению огибающей формируемого солитона. В то же время устойчивость полученных решений продемонстрирована в рамках моделирования на PIC-коде KARAT.

Однако отмеченные недостатки не являются принципиальными и не снижают общей положительной оценки диссертации, которая представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвященную решению актуальной задачи радиофизики. Самостоятельность и оригинальность исследования, включая личный вклад автора, не вызывают сомнений. Результаты диссертации обладают научной новизной и практической значимостью, а основные выводы и положения, выносимые на защиту, представляются обоснованными и достоверными. Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации. Результаты диссертации широко опубликованы, включая 9 статей в ведущих российских и зарубежных научных журналах, а также докладывались на многочисленных всероссийских и международных конференциях. Содержание диссертации полностью соответствует специальности 1.3.4 – «Радиофизика».

Считаю, что диссертационная работа в полной мере удовлетворяет всем требованиям пп. 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Юровский Лев Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4–«Радиофизика».

Официальный оппонент:

Куркин Семен Андреевич

д.ф.–м.н. (спец. 01.04.03 и 05.13.18), профессор лаборатории Нейронауки и когнитивных технологий Центра технологий компонентов робототехники и мехатроники

АНО ВО "Университет Иннополис"

420500, г. Иннополис, ул. Университетская, д. 1

e-mail: kurkinsa@gmail.com

Тел. +7 (927) 055 77 70

«13» 10 2022 г.

Куркин С. А.

Я, Куркин Семен Андреевич, выражаю своё согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации.

Подпись д.ф.-м.н. Куркина С.А. удостоверяю

Директор по развитию и кадровой политике

«13» 10 2022 г.



Валиев Р.Ф.