

ОТЗЫВ

официального оппонента д. ф.-м. н. Урюпина Сергея Александровича на диссертационную работу Абрамовского Никиты Андреевича «Оптико-терагерцовые конверторы на основе электрооптических кристаллов с неколлинеарным распространением импульса накачки и терагерцовых волн», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19.

Лазерная физика

Диссертационная работа посвящена актуальной тематике – разработке эффективных методов генерации импульсного ТГц (терагерцового) излучения с высокой напряженностью электрического поля. Такое излучение применяется в научных и практических приложениях, включающих ТГц спектроскопию и интроскопию, ускорение заряженных частиц, управление коллективными возбуждениями в веществе и обнаружение опасных веществ. В настоящее время для генерации ТГц излучения используется оптическое выпрямление высокоинтенсивных фемтосекундных лазерных импульсов в кристаллах с квадратичной нелинейностью. Наиболее эффективными при этом являются схемы, в которых генерируемое излучение распространяется под углом к лазерному пучку накачки. Возможности совершенствования таких неколлинеарных схем исследуются в диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка цитируемой литературы и списка публикаций по диссертации.

Во введении на основе обзора литературы обоснована актуальность диссертационной работы, указаны ее цель и задачи, отмечены научная новизна и практическая значимость результатов, приведены выносимые на защиту основные положения, дано краткое описание содержания глав диссертации.

В первой главе диссертации предложена схема нелинейно-оптической конверсии фемтосекундных лазерных импульсов со скосенным фронтом интенсивности в пластине ниобата лития, расположенной между двумя согласующими призмами. Выполнен теоретический анализ предложенной схемы. Приведены результаты экспериментального исследования созданного на ее основе конвертора с пластиной ниобата лития толщиной 1 мм, призмой в виде кюветы с водой для ввода в пластину оптической накачки и кремниевой призмой для вывода ТГц излучения. Продемонстрированы преимущества предложенного конвертора по сравнению с обычно используемыми призмами из ниобата

лития. Конвертор позволяет получить лучшее качество генерируемого ТГц пучка и допускает возможность накачки широкоапertureными пучками мощных лазеров.

Во второй главе диссертации предложена схема оптико-терагерцевого конвертора, в которой лазерный импульс распространяется в слое ниобата лития толщиной несколько десятков микрон и генерирует черенковское излучение, выходящее через боковые поверхности слоя в две кремниевые призмы полного внутреннего отражения, которые обеспечивают коллимацию излучения в один ТГц пучок. Выполнено численное моделирование работы конвертора. Приведены результаты экспериментального исследования, в ходе которого достигнута эффективность конверсии импульсов титан-сапфирового усилителя на уровне 0,35% при хорошем качестве выходного пучка.

В третьей главе экспериментально продемонстрировано масштабирование выходной терагерцовой энергии в оптико-терагерцовом конверторе черенковского типа в виде прикрепленного к кремниевой призме тонкого слоя ниобата лития. Результат достигнут посредством увеличения поперечного размера конвертора и пучка накачки до нескольких сантиметров и увеличения энергии импульса накачки до сотен мкДж. При этом достигнута энергия импульса 1,2 мкДж и напряженность терагерцевого поля 0,5 МВ/см.

В четвертой главе диссертации проведено теоретическое и экспериментальное исследование черенковского излучения ТГц волн фемтосекундными лазерными импульсами в кристаллах с квадратичной нелинейностью в условиях многофотонного поглощения лазерного излучения. Используя численное моделирование предсказан эффект уширения спектра черенковского излучения при высоких интенсивностях накачки. Предложен механизм эффекта уширения, связанный с излучением генерируемых свободных носителей. Эффект уширения и его связь с генерацией носителей подтверждены экспериментально для черенковского излучения ТГц волн импульсами титан-сапфирового лазера в кристалле ниобата лития в условиях трехфотонного поглощения.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Диссертационная работа Абрамовского Н.А. представляет собой цельное и законченное исследование в области нелинейной оптики. Все основные результаты диссертации являются новыми и представляют значительный интерес.

Несомненным достоинством диссертации является ее практическая направленность на разработку источников ТГц излучения с улучшенными характеристиками.

Предложенные в диссертации схемы оптико-терагерцовых конверторов могут найти применение в ряде практических приложений ТГц излучения.

В качестве достоинства диссертации следует отметить выполнение экспериментальных исследований на фемтосекундном лазерном оборудовании мирового уровня и высокий уровень теоретического анализа и численного моделирования. Хорошее совпадение экспериментальных результатов с результатами численного моделирования позволяет говорить о достоверности сделанных в диссертации выводов.

Обоснованность и достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается также тем, что они не противоречат теоретическим и экспериментальным данным, полученным другими исследователями, доложены на авторитетных конференциях и опубликованы в высокорейтинговых рецензируемых журналах.

По содержанию работы имеются следующие замечания:

1. При моделировании оптико-терагерцовой конверсии с использованием уравнений (2.3) и (2.4) использовался пучок гауссовой формы. Стоило обсудить как вид формы пучка влияет на полученные результаты.
2. Система уравнений (4.4) и (4.5) не учитывает влияние поля разделения зарядов на генерируемые поля. Целесообразно указать почему такое влияние мало.
3. В автореферате указана постановка задач и приведены основные результаты. Было бы неплохо представить информацию и о том, какие уравнения решались и каким способом.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и не ставят под сомнение достоверность полученных результатов и защищаемых положений. Тематика и содержание диссертации полностью соответствует специальности 1.3.19. Лазерная физика. Основные результаты работы опубликованы в 10 научных работах, в том числе 5 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных результатов диссертации. Выводы диссертации соответствуют целям, задачам и положениям, выносимым на защиту. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Абрамовского Никиты Андреевича «Оптико-терагерцовые конверторы на основе электрооптических кристаллов с неколлинеарным распространением импульса накачки и терагерцовых волн» является завершённой научно-квалификационной работой и удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства

Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Абрамовский Никита Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Официальный оппонент:

Высококвалифицированный главный научный сотрудник Физического института имени П.Н. Лебедева РАН (г. Москва), доктор физико-математических наук (01.04.08. Физика плазмы)

20 сентября 2023 г.

Урюпин Сергей Александрович

Я, Урюпин Сергей Александрович, даю согласие на обработку моих персональных данных (приказ Минобрнауки России от 01.07.2015 №662) и на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук Абрамовского Никиты Андреевича.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

Почтовый адрес: 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д.53

Тел.: (499) 132-63-03

E-mail: uryupin@sci.lebedev.ru

Подпись С.А. Урюпина заверяю

Ученый секретарь Физического института

им. П.Н. Лебедева РАН,

к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник



А.В. Колобов