

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Грудцына Якова Викторовича

«Самосокращение фемтосекундных импульсов в тонком кварце в режиме множественной мелкомасштабной самофокусировки», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21-«Лазерная физика».

В диссертации соискателя Грудцына Якова Викторовича выполнен цикл исследований, направленных на разработку метода сокращения длительности фемтосекундных лазерных импульсов большой энергии.

Актуальность темы диссертационного исследования предопределяется потребностью получения мощных лазерных импульсов с длительностью вплоть до нескольких периодов световой волны. Применение методов внрезонаторного сокращения длительности представляется вполне перспективным для решения данной проблемы. Значительный практический и фундаментальный интерес представляет также экспериментальное определение величины четырёхфотонного сечения поглощения для кварца на длине волны 473 нм, выполненное в работе.

Наиболее важными результатами диссертации являются следующие:

1. Предложен и экспериментально реализован простой и достаточно эффективный способ сокращения длительности фемтосекундных импульсов большой энергии.
2. Экспериментально измерено значение сечения четырёхфотонного поглощения $\sigma_4 = (1.0 \pm 0.5) \times 10^{-115} \text{ см}^8 \text{ с}^3$ для широко используемого оптического материала - плавленого кварца марки КУ-1.
3. С помощью численной модели, основанной на нелинейном уравнении Шрёдингера, проведён анализ спектрально-угловой зависимости излучения импульса, рассеиваемого в процессе сокращения его длительности в тонкой кварцевой пластине.

Результаты работы прошли апробацию на российских и международных конференциях и опубликованы в 5 статьях, входящих в базу данных Web of Science.

Диссертация состоит из Введения, четырёх глав, Заключения, списка литературы и двух приложений. Объём диссертации составляет 106 страниц, включая 31 рисунок и 6 таблиц.

Во Введении дан краткий обзор литературы, обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи работы, её научная и практическая значимость.

Первая глава содержит детальное описание используемой в данной работе численной модели, основанной на нелинейном уравнении Шрёдингера. Кроме того, обсуждаются известные в литературе значения нелинейного показателя преломления для кварца.

Вторая глава диссертации посвящена экспериментальному оборудованию, с помощью которого выполнена работа. Обсуждается точность измерений используемого в работе одноимпульсного автокоррелятора.

Третья глава посвящена измерениям нелинейного показателя преломления и сечения четырёхфотонного поглощения на длине волны 473 нм для плавленого кварца в схемах с I и с Z сканированием. Согласие результатов, полученных при неоднократных измерениях в обеих схемах с использованием различных методик, свидетельствует об их достоверности. Следует отметить, что для кварца такие измерения проведены впервые.

Четвёртая глава состоит из четырёх разделов. В первом разделе описаны экспериментальные результаты по сокращению длительности отрицательно chirпированного импульса до длительностей меньших, чем длительность спектрально-ограниченного импульса, которая отвечает начальному спектру импульса. Второй раздел посвящён результатам расчётов, моделирующих импульс в дальней зоне после взаимодействия. Третий раздел посвящён экспериментальному наблюдению четырёхкратного самосокращения 87фс спектрально-ограниченных импульсов интенсивностью выше 3 ТВт/см^2 в образце УФ кварца толщиной 1 мм без использования посткомпрессии. Основной причиной сокращения длительности в этом режиме является развитие мелкомасштабной неустойчивости, приводящей к формированию плазменных каналов на заднем фронте импульса, рассеивающих излучение. В результате энергетических потерь этой части импульса в дальней зоне в приосевой области формируется короткий импульс из излучения переднего фронта. В четвёртом разделе приводятся результаты численного моделирования усиления и самофокусировки одиночного возмущения, объясняющие спектрально-угловую структуру конического излучения. Для проведения этих расчётов экспериментально оценен уровень начальных шумов.

В Заключение сформулированы основные научные результаты диссертации.

Достоверность полученных в работе результатов подкреплена согласованностью экспериментальных данных с результатами численного моделирования. Полученные результаты опубликованы в рецензируемых журналах Квантовая Электроника, JOSA B, докладывались на международных конференциях и семинарах.

Выводы проведенных исследований являются новыми и могут быть использованы при сокращении длительности лазерных импульсов высокой мощности, а измеренное значение четырехфотонного сечения в численных расчётах нелинейного взаимодействия в УФ кварце.

К недостаткам диссертации следует отнести достаточно частое использование нестрогих формулировок, к примеру «за счёт минимизации третьей дисперсии была достигнута длительность 6 фс» (с.5), «сокращена длительность рекордного уровня энергии», «компенсация фазы, внесённой во время нелинейного взаимодействия» (с.6), и пр. В тексте встречаются грамматические ошибки и опечатки. В выводах следовало бы подробнее остановиться на перспективах применения исследованного метода сокращения длительности в петаваттных системах, где необходимо потребуется увеличение диаметра пучка.

Приведённые выше замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Тематика диссертационной работы соответствует специальности «Лазерная физика», автореферат правильно отражает её содержание. Список цитируемой литературы полностью соответствует содержанию работы.

Таким образом, представленная Грудцыным Яковом Викторовичем диссертация «Самосокращение фемтосекундных импульсов в тонком кварце в режиме множественной мелкомасштабной самофокусировки» удовлетворяет требованиям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением № 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., а автор работы, Грудцын Яков Викторович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 Лазерная физика.

Официальный оппонент

Заведующий лабораторией спектроскопии ультрабыстрых процессов
Института спектроскопии РАН
д.ф.-м.н., профессор

Сергей Васильевич Чекалин

«1» марта 2019 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук (ИСАН) (108840 г. Москва, г.Троицк, ул. Физическая, 5, тел. 8(495) 851-0221, e-mail: isan@isan.troitsk.ru)

Подпись д.ф.-м.н., проф. Сергея Васильевича Чекалина удостоверяю:

Ученый секретарь ИСАН к.ф.-м.н.



Е.Б. Перминов

Список основных научных публикаций зав. лаб. Спектроскопии ультрабыстрых процессов ИСАН д.ф.-м.н.Чекалина Сергея Васильевича по теме диссертации Грудцына Якова Викторовича «Самосокращение фемтосекундных импульсов в тонком кварце в режиме множественной мелкомасштабной самофокусировки», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «лазерная физика».

1. В. П. Кандидов, В. О. Компанец, С. В. Чекалин, “Роль многофотонной ионизации в коротковолновом уширении спектра световой пули среднего ИК-диапазона”, Письма в ЖЭТФ, 108:5 (2018), 307–311

2 С. В. Чекалин, В. О. Компанец, А. Е. Дормидонов, В. П. Кандидов, “Длина пробега и спектр световых пуль среднего ИК диапазона длительностью в один цикл в прозрачных диэлектриках”, Квантовая электроника, 48:4 (2018), 372–377

3 С. В. Чекалин, В. О. Компанец, А. Е. Дормидонов, Е. Д. Залозная, В. П. Кандидов, “Спектр суперконтинуума при филаментации лазерных импульсов в условиях сильной и слабой аномальной дисперсии групповой скорости в прозрачных диэлектриках”, Квантовая электроника, 47:3 (2017), 252–258

4 А. Е. Dormidonov, V. O. Kompanets, S. V. Chekalin, S. V., V. P. Kandidov, “Giantically blue-shifted visible light in femtosecond mid-IR filament in fluorides ”, Optics Express. 23:22(2015), 29202-29210.

5. С. В. Чекалин, В. О. Компанец, А. Э. Докукина, А. Е. Дормидонов, Е. О. Сметанина, В. П. Кандидов, “Видимое излучение суперконтинуума световых пуль при фемтосекундной филаментации ИК импульсов в плавленом кварце”, Квантовая электроника, 45:5 (2015), 401–407