

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

Залозной Елизаветы Дмитриевны

на тему: «Свойства экстремально сжатого волнового пакета среднего

инфракрасного диапазона в объеме прозрачной среды»,

по специальности 1.3.19 – Лазерная физика

Диссертационная работа Залозной Елизаветы Дмитриевны относится к сфере нелинейной оптики сверхкоротких мощных импульсов и посвящена актуальной теме филаментации фемтосекундного лазерного излучения в прозрачных твердотельных диэлектриках в условиях аномальной дисперсии групповой скорости. Значительный интерес к закономерностям самоформирования устойчивых высокоинтенсивных волновых пакетов среднего инфракрасного диапазона, сильно сжатых в пространстве и во времени, обусловлен возможностями их практического применения. Короткая длительность, высокая локализация оптического излучения в световой пульсе и нелинейная трансформация спектра при ее формировании открывает широкие перспективы в развитии методов изучения и управления сверхбыстрыми процессами, систем передачи лазерной энергии высокой плотности. В связи с чем актуальность выбранной темы не вызывает сомнений, а полученные результаты представляют научную и практическую значимость.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы. Полный объем диссертации составляет 115 страниц, включая 59 рисунков. Список цитируемой литературы содержит 123 наименования.

Во введении приведена и обоснована актуальность темы диссертации, грамотно сформулированы цель и задачи работы, описана теоретическая и

практическая значимость полученных результатов, указана их научная новизна, сформулированы защищаемые положения и приведен список публикаций автора по теме диссертационной работы.

Первая глава представляет собой достаточно подробный и качественный обзор работ по теме диссертационного исследования. Приведены основные результаты экспериментальных и теоретических исследований явления филаментации в условиях нормальной и аномальной дисперсии групповой скорости. Обсуждается влияние абсолютной фазы излучения на динамику близкого к одноцикловому волнового пакета в среде с материальной дисперсией.

Во второй главе приведены математические уравнения, описывающие распространение фемтосекундного излучения в объеме прозрачных твердотельных диэлектриков с кубической нелинейностью. Представлены два используемых приближения и обсуждаются границы их применимости.

Следующие главы содержат оригинальные результаты.

В третьей главе приведены результаты исследования условий формирования высокоинтенсивных световых пуль при филаментации фемтосекундного излучения в условиях аномальной дисперсии групповой скорости. Установлены параметры подобия процесса образования световой пули в излучении с гауссовым и бессель-гауссовым пространственным профилем. Выделены различные режимы филаментации в условиях аномальной дисперсии групповой скорости в зависимости от значения параметра подобия. Обнаружены и численно исследованы особые точки с разрывом волнового фронта, возникающие в сфокусированном конической линзой излучении при филаментации. Исследовано влияние энергии излучения на длину пробега световой пули в различных режимах дисперсии групповой скорости и показана возможность управления числом световых пуль в последовательности с помощью параметра дисперсии групповой скорости.

Четвертая глава посвящена исследованию генерации широкополосного суперконтинуума при формировании световой пули. Обсуждаются особенности уширения спектра в антистоксову область в зависимости от условий фокусировки излучения. Исследована трансформация антистоксовоого крыла суперконтинуума при формировании последовательности из нескольких световых пуль. Показано, что голубой сдвиг изолированного крыла в спектре одиночной световой пули определяется порядком многофотонности процесса ионизации среды распространения и не зависит от значения параметра подобия, введенного в Главе 3. Установлено, что энергия излучения не влияет на положение антистоксовоого крыла при формировании устойчивой световой пули в режиме оптимальной аномальной дисперсии групповой скорости.

В *пятой главе* предложен универсальный метод определения параметров сильно искаженного близкого к одноцикловому волнового пакета, основанный на анализе перераспределения напряженности светового поля в нем. С помощью предложенного метода выполнена оценка параметров экстремально сжатой световой пули, обнаружено их осциллирующее изменение при распространении. Исследование влияния различных факторов на изменение параметров световой пули позволило установить однозначную зависимость амплитуды наблюдаемых осцилляций от длительности импульса и начальной эллиптичности поляризации.

В *заключении* четко сформулированы основные результаты диссертационного исследования.

В рамках диссертационной работы получен ряд результатов, обладающих безусловной научной новизной. Впервые установлен параметр подобия процесса образования световой пули при филаментации в условиях аномальной дисперсии групповой скорости, позволяющий предсказать сценарий трансформации излучения при формировании световой пули и однозначно определить минимальную мощность излучения, необходимую для ее зарождения. Показано, что самокомпрессия излучения в среде с

положительной кубической нелинейностью в условиях аномальной дисперсии групповой скорости возможна при мощности ниже критической мощности стационарной самофокусировки. Впервые численно продемонстрировано формирование кольцевых дислокаций фазы при филаментации излучения с бессель-гауссовым пространственным профилем. Обнаружено ключевое влияние ширины запрещенной зоны диэлектрика на антистоксово крыло спектра суперконтинуума световой пули. Установлены условия, при которых положение изолированного антистоксова крыла в спектре не зависит от начальной энергии волнового пакета. Впервые подробно исследована динамика световой пули при распространении в среде с материальной дисперсией – определены размеры экстремально сжатой сильно искаженной световой пули, обнаружено их строго осциллирующее изменение.

Диссертация «Свойства экстремально сжатого волнового пакета среднего инфракрасного диапазона в объеме прозрачной среды» представляет собой целостную научную работу, выполненную на высоком уровне. Материалы диссертации изложены ясным научным языком, хорошо иллюстрированы. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

Научные положения, выносимые на защиту, сформулированы обоснованно и являются оригинальными. Достоверность и научная новизна представленных в диссертации результатов, а также обоснованность сделанных выводов подтверждается публикациями в рецензируемых высокорейтинговых научных журналах и успешной апробацией на всероссийских и международных профильных конференциях. Результаты получены с использованием современных методов компьютерного моделирования и находятся в отличном соответствии с результатами экспериментальных измерений.

В качестве замечаний к диссертации выделю следующее:

1. В разделе 2.1 недостаточно полно описаны методы расчета динамики ионизации среды. Так, в выражении (2.5) присутствует частота лавинной ионизации, однако не уточняется, зависит ли она от интенсивности поля. Если такой зависимости нет, выражение (2.5) описывает неограниченный экспоненциальный рост плотности свободных электронов. При этом в расчетах такой нефизический рост отсутствует, как это видно, например, из рис. 50 в главе 5. Отметим, что корректный учет динамики ионизации принципиально важен для расчета параметров световой пули.
2. При описании в разделе 4.3 влияния параметра подобия ($L_{\text{dif}}/L_{\text{disp}}$) на антистоково крыло спектра световой пули указано, что исследование проведено в трех диэлектриках – плавленом кварце, фторидах лития и кальция. В тексте диссертации конкретные результаты приведены только для фторида кальция. Фразу «*Аналогичные зависимости получены при рассмотрении филаментации фемтосекундных волновых пакетов в плавленом кварце и фториде лития*» следовало бы подтвердить, дополнив, например, рисунок 33 зависимостями, полученными в плавленом кварце и фториде лития.

Вместе с тем высказанные замечания не влияют на общую высокую оценку и значимость диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.19 – Лазерная физика (по физико-математическим наукам), удовлетворяет критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени

доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Считаю, что соискатель Залозная Елизавета Дмитриевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – Лазерная физика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник теоретического отдела Федерального
государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова
Российской академии наук» (ИОФ РАН)

Стрелков Василий Вячеславович

«29» ноября 2023 г.

Контактные данные:

тел.: +7 (499) 503 87-77.

E-mail:

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена
диссертация:

01.04.21 – «лазерная физика»

Адрес места работы:

119991, ГСП-1, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38,
ИОФ РАН

Тел.: +7 (499) 503 87-34; e-mail: office@gpi.ru

Подпись В.В. Стрелкова заверяю

ВРИО учёного секретаря ИОФ РАН, д.ф.-м.н.

Глушков В.В.