

Заключение диссертационного совета МГУ.013.4
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от 21 декабря 2023 г. № 25

О присуждении Залозной Елизавете Дмитриевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Свойства экстремально сжатого волнового пакета среднего инфракрасного диапазона в объеме прозрачной среды» по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки) принята к защите диссертационным советом «19» октября 2023 г., протокол № 19.

Соискатель Залозная Елизавета Дмитриевна, 1996 года рождения, в 2019 году окончила физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Физика» по программе «Лазерная физика». В сентябре 2023 года окончила очную аспирантуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Лазерная физика».

В настоящее время соискатель работает в должности младшего научного сотрудника подразделения 0500 ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова».

Диссертация выполнена на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и в научно-исследовательском подразделении ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова».

Научный руководитель:

- кандидат физико-математических наук, Дормидонов Александр Евгеньевич, начальник научно-исследовательского отдела ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова» (март 2023 г. – по наст.вр.)

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, профессор Сазонов Сергей Владимирович, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Курчатовский ядерно-физический комплекс, отдел экспериментальных исследований конденсированного состояния, начальник отдела, ведущий научный сотрудник
- доктор физико-математических наук, доцент Селезнев Леонид Владимирович, ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, отделение квантовой радиофизики, лаборатория фемтосекундной нелинейной оптики, и.о. заведующего лабораторией, ведущий научный сотрудник
- доктор физико-математических наук Стрелков Василий Вячеславович, ФГБУН ФИЦ Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 20 научных публикаций, в том числе 20 работ по теме диссертации, из них 16 статей (19.16 п.л.), опубликованных в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В.

Ломоносова и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки). Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

1. Залозная Е.Д. Влияние параметров фемтосекундного излучения ближнего и среднего ИК-диапазонов на закономерности формирования последовательности световых пульс в прозрачных диэлектриках / **Залозная Е.Д.**, Дормидонов А.Е., Кандидов В.П. // Оптика атмосферы и океана. 2016. Т. 29, № 3. С. 184-191. ИФ РИНЦ = 1.47, 1.48 п.л., вклад соискателя 60%.
2. Чекалин С.В. Спектр суперконтинуума при филаментации лазерных импульсов в условиях сильной и слабой аномальной дисперсии групповой скорости в прозрачных диэлектриках / Чекалин С.В., Компанец В.О., Дормидонов А.Е., **Залозная Е.Д.**, Кандидов В.П. // Квантовая электроника. 2017. Т.47, № 3. С. 252-258. ИФ РИНЦ = 0.791, 1.25 п.л., вклад соискателя 30%.
3. Залозная Е.Д. Параметр подобия процесса образования световых пульс среднего ИК-диапазона / **Залозная Е.Д.**, Компанец В.О., Дормидонов А.Е., Чекалин С.В., Кандидов В.П. // Квантовая электроника. 2018. Т.48, № 4. С. 366-371. ИФ РИНЦ = 0.791, 1.18 п.л., вклад соискателя 60%.
4. Чекалин С.В. Влияние дисперсии групповой скорости на фемтосекундную филаментацию бессель-гауссова пучка / Чекалин С.В., Компанец В.О., **Залозная Е.Д.**, Кандидов В.П. // Квантовая электроника. 2019. Т.49, № 4. С. 344-349. ИФ РИНЦ = 0.791, 1.16 п.л., вклад соискателя 40%.
5. Chekalin S.V. Light bullet supercontinuum / Chekalin S.V., Dormidonov A.E., Kompanets V.O., **Zaloznaya E.D.**, Kandidov V.P. // Journal of the Optical Society of America B. 2018. Vol.36, № 2, P. A43-A53. IF WoS JIF = 2.18, 2.25 п.л., вклад соискателя 20%.
6. Залозная Е.Д. Влияние характерных масштабов фемтосекундного волнового пакета среднего ИК диапазона на пороговую мощность филаментации / **Залозная Е.Д.**, Дормидонов А.Е., Компанец В.О. // Краткие сообщения по физике. 2019. Т. 4. С. 20-26. ИФ РИНЦ = 0.467, 0.5 п.л., вклад соискателя 60%.
7. Geints I.Yu. Dependence of the short-wavelength cutoff in the mid-IR pulse spectrum on the interaction length in SiO₂ and CaF₂ / Geints I.Yu., **Zaloznaya E.D.**, Kompanets V.O., Dormidonov A.E., Chekalin S.V., Kandidov V.P. // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1692. P. 012016. IF Scopus SJR = 0.183, 0.54 п.л., вклад соискателя 20%.
8. Залозная Е.Д. Интерференционные эффекты в формировании спектра световой пули при аксиальной фокусировке / **Залозная Е.Д.**, Компанец В.О., Чекалин С.В., Дормидонов А.Е., Кандидов В.П. // Квантовая электроника. 2020. Т.50, № 4. С. 366-374. ИФ РИНЦ = 0.791, 1.39 п.л., вклад соискателя 30%.
9. Залозная Е.Д. Параметры световой пули / **Залозная Е.Д.**, Дормидонов А.Е., Компанец В.О., Чекалин С.В., Кандидов В.П. // Письма в "Журнал экспериментальной и теоретической физики". 2021. Т.113, № 12. С. 817-824. ИФ РИНЦ = 0.468, 1.1 п.л., вклад соискателя 60%.
10. Zaloznaya E.D. Short-wavelength cutoff of the light bullet spectrum in calcium fluoride / **Zaloznaya E.D.**, Kompanets V.O., Dormidonov A.E., Geints I.Yu., Chekalin S.V., Kandidov

V.P. // Applied Physics B: Lasers and Optics. 2021. Vol.127. P. 42. IF WoS JIF = 2.171, 1.13 п.л., вклад соискателя 40%.

11. Кандидов В.П. Световые пули в прозрачных диэлектриках / Кандидов В.П., **Залозная Е.Д.**, Дормидонов А.Е., Компанец В.О., Чекалин С.В. // Квантовая электроника. 2022. Т.52, № 3, 233-246. ИФ РИНЦ = 0.791, 2.5 п.л., вклад соискателя 40%.
12. Дормидонов А.Е. Формирование световой пули эллиптически поляризованного излучения / Дормидонов А.Е., **Залозная Е.Д.**, Кандидов В.П., Компанец В.О., Чекалин С.В. // Письма в "Журнал экспериментальной и теоретической физики". 2022. Т.115, № 1. С. 15-19. ИФ РИНЦ = 0.468, 0.72 п.л., вклад соискателя 30%.
13. Дормидонов А.Е. Определение длительности одноциклового световой пули среднего инфракрасного диапазона по структуре индуцированных плазменных каналов или центров окраски / Дормидонов А.Е., **Залозная Е.Д.**, Компанец В.О., Чекалин С.В., Кандидов В.П. // Письма в "Журнал экспериментальной и теоретической физики". 2022. Т.116, № 7. С. 434-441. ИФ РИНЦ = 0.468, 1.12 п.л., вклад соискателя 30%.
14. Залозная Е.Д. Влияние материальной дисперсии на осцилляции одноциклового волнового пакета, / **Залозная Е.Д.**, Дормидонов А.Е., Компанец В.О., Чекалин С.В., Кандидов В.П. // Оптика и спектроскопия. 2022. Т.130, № 12. С. 1871-1874. ИФ РИНЦ = 0.809, 0.66 п.л., вклад соискателя 50%.
15. Zaloznaya E.D. Carrier-envelope phase effect on light bullet dynamics / **Zaloznaya E.D.**, Kompanets V.O., Savvin A.D., Dormidonov A.E., Chekalin S.V., Kandidov V.P. // Laser Phys. Lett. 2022. Vol.19, № 7. P. 075402. IF WoS JIF = 1.704, 1.08 п.л., вклад соискателя 40%.
16. Залозная Е.Д. Экстремально сжатые волновые пакеты в излучении, сфокусированном аксионом / **Залозная Е.Д.**, Дормидонов А.Е., Кандидов В.П. // Квантовая электроника. 2023. Т.53, № 6. С. 469-474. ИФ РИНЦ = 0.791, 1.1 п.л., вклад соискателя 60%.

На автореферат диссертации поступило 3 отзыва, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что они являются специалистами в области лазерной физики, а также взаимодействия излучения с веществом и имеют публикации по схожей тематике. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение задачи, имеющей значение для развития лазерной физики и нелинейной оптики. Исследованы особенности формирования и динамики, а также свойства экстремально сжатых волновых пакетов среднего инфракрасного диапазона в плавленом кварце и фторидах. Определены параметры подобия процесса образования световой пули в излучении с гауссовым и бессель-гауссовым профилем. Продемонстрировано формирование особых точек с разрывом волнового фронта при филаментации фемтосекундных импульсов с бессель-гауссовым пространственным профилем. Установлены факторы, определяющие положение и характеристики изолированного антистоксового крыла в спектре экстремально сжатого волнового пакета. Исследовано изменение пространственно-временных и энергетических

параметров экстремально сжатого волнового пакета при нелинейно-оптическом взаимодействии с прозрачными диэлектрическими средами, обладающими материальной дисперсией.

Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М.В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов. Полученные результаты имеют значение для фундаментального понимания особенностей взаимодействия лазерного излучения ультракороткой длительности с диспергирующими нелинейными средами. Результаты работы могут быть использованы при создании однопериодных импульсов с управляемыми параметрами, а также при разработке систем управления сверхбыстрыми процессами.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Пороговая мощность образования световой пули в условиях аномальной дисперсии групповой скорости, отнесенная к критической мощности стационарной самофокусировки гауссового пучка P_{cr} , определяется параметром подобия — отношением дифракционной длины волнового пакета к его дисперсионной длине L_{dif}/L_{disp} . При $L_{dif}/L_{disp} < 1$ возможно формирование световой пули в волновом пакете, мощность которого ниже критической P_{cr} , при $L_{dif}/L_{disp} > 1$ пороговая мощность становится в несколько раз выше P_{cr} .
2. Параметр подобия L_{dif}/L_{disp} определяет сценарий пространственно-временной трансформации волнового пакета при нелинейно-оптическом взаимодействии с прозрачным диэлектриком в условиях аномальной дисперсии групповой скорости. В случае $L_{dif}/L_{disp} < 1$ компрессия волнового пакета во времени преобладает над пространственной самофокусировкой, при $L_{dif}/L_{disp} > 1$ линейное дисперсионное расплывание препятствует сжатию волнового пакета во времени. Приближенное равенство $L_{dif}/L_{disp} \approx 1$ обеспечивает согласованную компрессию в пространстве и времени.
3. В распределении напряженности электрического поля $E(r, t)$ световой пули, сформированной в прозрачном диэлектрике при фокусировке фемтосекундного волнового пакета аксионом, присутствуют дислокации со скачком фазы 2π , расположенные на окружностях с центром на оси пучка. Кольцевые дислокации возникают парами противоположного знака в различных временных слоях и мигрируют в плоскости (r, t) при распространении световой пули.
4. Крутизна фронтов временного профиля световой пули возрастает с увеличением начальной энергии излучения при $L_{dif}/L_{disp} \ll 1$, что приводит к смещению максимума антистоксова крыла спектра в коротковолновую область. При $L_{dif}/L_{disp} \geq 1$ сильная компрессия волнового пакета во времени приводит к формированию устойчивой световой пули, положение максимума антистоксового крыла которой не зависит от начальной энергии.
5. Крутизна заднего фронта временного профиля световой пули и градиент напряженности электрического поля в поперечном сечении пучка возрастают с

увеличением порядка многофотонности процесса ионизации среды, что приводит к уменьшению длины волны максимума антистоксова крыла и увеличению предельного угла конической эмиссии суперконтинуума световой пули.

6. Пространственно-временные и энергетические параметры ядра световой пули, определяемого по уровню e^{-1} квадрата модуля напряженности электрического поля, синхронно осциллируют при распространении световой пули в диспергирующей среде. Амплитуда осцилляций возрастает при уменьшении отношения длительности τ_c ядра световой пули к периоду T_0 колебаний светового поля и стремится к нулю при $\tau_c/T_0 > 2$.

На заседании 21.12.2023 диссертационный совет принял решение присудить Залозной Елизавете Дмитриевне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **18** человек, из них **8** докторов наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из **24** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – **18**, «против» – **0**, недействительных голосов – **0**.

Председатель
диссертационного совета МГУ.013.4
доктор физико-математических наук,
профессор

Андреев Анатолий Васильевич

Учёный секретарь
диссертационного совета МГУ.013.4
кандидат физико-математических наук

Коновко Андрей Андреевич

Дата оформления заключения: 21 декабря 2023 г.