

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

Решение диссертационного совета от 02 октября 2024 г. № 8

О присуждении Львову Кириллу Вячеславовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Динамика носителей заряда и генерация когерентного излучения фемтосекундными лазерными полями в газовых и конденсированных средах» по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки) принята к защите диссертационным советом 27 июня 2024 г., протокол № 5.

Соискатель Львов Кирилл Вячеславович, 1996 года рождения, в 2020 году окончил магистратуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению 03.04.02 «Физика». В 2024 году окончил очную аспирантуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Лазерная физика».

Соискатель работает младшим научным сотрудником на кафедре оптики, спектроскопии и физики наносистем физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена на кафедре оптики, спектроскопии и физики наносистем физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель:

Стремоухов Сергей Юрьевич, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», физический факультет, профессор кафедры оптики, спектроскопии и физики наносистем.

Официальные оппоненты:

- Бугай Александр Николаевич, доктор физико-математических наук, Международная межправительственная организация «Объединенный институт ядерных исследований», директор лаборатории радиационной биологии;
- Манцызов Борис Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», физический факультет, профессор кафедры общей физики;
- Дормидонов Александр Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова», начальник научно-исследовательского отдела

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 8 опубликованных научных работ, из них 8 научных работ по теме диссертации, в том числе 8 научных статей общим объемом 4,94 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. K. V. Lvov, S. Y. Stremoukhov, F. V. Potemkin, E. A. Migal. Asymmetric temporal splitting of laser pulse and broad supercontinuum generation under femtosecond filamentation in YAG crystal // *Laser Physics Letters*. — 2018. — Vol. 15, no. 8. — P. 085402. SJR = 0,35 / 0,56 п.л. / вклад соискателя 40%.

2. E. I. Mareev, K. V. Lvov, B. V. Rumiantsev, E. A. Migal, I. D. Novikov, S.Yu. Stremoukhov, F.V. Potemkin. Effect of pulse duration on the energy delivery under nonlinear propagation of tightly focused Cr:forsterite laser radiation in bulk silicon // *Laser Physics Letters*. — 2020. — Vol. 17, no. 1. — P. 015402. SJR = 0,35 / 0,50 п.л. / вклад соискателя 20%.

3. Lvov K., Stremoukhov S., Potemkin F. The role of external focusing in spectral enrichment under mid-IR laser filamentation in dielectrics // *Journal of optics*. — 2021. — Vol. 23, no. 6. — P. 065502. SJR = 0,57 / 0,38 п.л. / вклад соискателя 40%.

4. Mareev E.I., Pushkin A.V., Migal E.A., Lvov K.V., Stremoukhov S.Yu, Potemkin F.V. Single-shot femtosecond bulk micromachining of silicon with mid-IR tightly focused beams // *Scientific reports*. — 2022. — Vol. 12. — P. 7517. SJR = 0,90 / 0,75 п.л. / вклад соискателя 10%.

5. Lvov K. V., Potemkin F. V., Stremoukhov S. Y. Extension of the multiple rate equation model for conduction band dynamics under near- and mid-IR femtosecond excitation of dielectrics and semiconductors // *Materials Today Communications*. — 2023. — Vol. 35. — P. 105594. SJR = 0,67 / 0,56 п.л. / вклад соискателя 60%.

6. Львов К. В., Стремоухов С. Ю. Учет энергетического распределения свободных носителей в скоростных уравнениях, описывающих их динамику при взаимодействии диэлектриков с мощным лазерным излучением // *Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики*. — 2023. — Т. 117, № 12. — С. 904–911. IF RSCI = 0,34 / 0,50 п.л. / вклад соискателя 80%.

Переводная версия: Lvov K. V., Stremoukhov S. Y. Inclusion of the energy distribution of free carriers in the rate equations describing their dynamics at the interaction of dielectrics with intense laser radiation // *JETP Letters*. — 2023. — Vol. 117, no. 12. — P. 908–915. SJR = 0,33 / 0,50 п.л. / вклад соискателя 80%.

7. К. В. Львов, С. Ю. Стремоухов. Учет энергетического дисперсионного расплывания свободных носителей, индуцированных мощным фемтосекундным лазерным излучением в диэлектриках // *Известия РАН. Серия Физическая*. – 2024. – Т. 88, № 1. – С. 54–59 IF RSCI = 0,48 / 0,50 п.л. / вклад соискателя 80%.

Переводная версия: Lvov K. V., Stremoukhov S. Y. Allowing for the energy dispersion spreading of free carriers induced by high-power femtosecond laser radiation in dielectrics // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. — 2024. — Vol. 88, no. 1. — P. 44–48. SJR = 0,21 / 0,31 п.л. / вклад соискателя 80%.

8. Львов К.В., Стремоухов С.Ю. Фазовый синхронизм при генерации гармоник в газе с учетом изменения расстройки волновых векторов при распространении интенсивного фемтосекундного лазерного импульса // Квантовая электроника. – 2024. – Т. 54, № 2. – С. 113-118. IF RSCI = 0,90 / 0,38 п.л. / вклад соискателя 80%.

На диссертацию и автореферат поступило два дополнительных отзыва, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что они являются специалистами в области лазерной физики и нелинейной оптики и имеют публикации по этой 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. Диссертационная работа посвящена исследованию нелинейно-оптических взаимодействий фемтосекундного лазерного излучения с газовыми и конденсированными средами. Как аналитически, так и численно изучаются процессы возбуждения и динамики связанных и свободных носителей заряда, а также генерация гармоник и суперконтинуума под действием интенсивного ( $10^{12}$ – $10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup>) фемтосекундного лазерного излучения. Исследуется влияние эффектов распространения лазерного излучения на особенности генерации излучения гармоник и суперконтинуума.

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.

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. Усовершенствованная модель динамики свободных носителей заряда (EMRE) позволяет исследовать взаимодействие полупроводников и диэлектриков с лазерным излучением среднего инфракрасного диапазона благодаря учету нагрева свободных носителей выше критической энергии, необходимой для ударной ионизации.

2. В режиме лавинной ионизации формируется распределение свободных носителей заряда по энергии, форма которого не зависит от флюенса лазерного излучения и ширины запрещенной зоны среды.

3. Учет дисперсионного слагаемого в усовершенствованной модели динамики свободных носителей заряда (EMRE) увеличивает точность расчетов концентрации

носителей зарядов и их средней кинетической энергии, приближая к значениям, полученным по кинетической модели Фоккера-Планка, при 20-кратном ускорении проводимых расчетов.

4. При увеличении жесткости фокусировки лазерного излучения среднего инфракрасного диапазона в прозрачных диэлектриках положение антистоксова крыла суперконтинуума смещается в длинноволновую область спектра благодаря влиянию фазовой самомодуляции и плазменной фазовой модуляции.

5. Расстройка волновых векторов гармоник и основной частоты изменяется в несколько раз при распространении в газовой среде вследствие модуляции интенсивности лазерного излучения и тока свободных носителей заряда при таком распространении. Установленные законы масштабирования фазовой модуляции и поглощения лазерного излучения в газовой среде при изменении макропараметров взаимодействия (давление, интенсивность, степень ионизации среды) позволяют оптимизировать эффективность генерации третьей гармоники.

На заседании 02 октября 2024 диссертационный совет принял решение присудить Львову Кириллу Вячеславовичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, участвовавших в заседании (из них 8 докторов наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика, физико-математические науки), из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 17, «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: 02 октября 2024 г.