

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

Решение диссертационного совета от «19» октября 2023 г. №17

О присуждении Горловой Диане Алексеевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Ускорение электронов и вторичные процессы при взаимодействии лазерного импульса релятивистской интенсивности со слоем подкритической плазмы» по специальности 1.3.19 — «Лазерная физика» (по физико-математическим наукам) принята к защите диссертационным советом «22» июня 2023 г., протокол № 10.

Соискатель Горлова Диана Алексеевна 1997 года рождения, в 2020 году окончила очную магистратуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Физика». В период подготовки диссертации обучалась в очной аспирантуре физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Соискатель работает стажером-исследователем в Институте ядерных исследований Российской академии наук.

Диссертация выполнена на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Савельев-Трофимов Андрей Борисович, профессор кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, доцент, профессор РАН **Лотов Константин Владимирович**, ФГБУН Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, сектор 5-12, главный научный сотрудник
- доктор физико-математических наук **Стародубцев Михаил Викторович**, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук, дирекция, зам. директора по научной работе
- кандидат физико-математических наук **Карташов Игорь Николаевич**, физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, кафедра физической электроники, доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 19 опубликованных научных работ, в том числе 10 научных публикаций по теме диссертации, из них 7 статей, опубликованных, в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.19 – «Лазерная физика» (по физико-математическим наукам).

1. **Горлова Д. А.**, Цымбалов И.Н., Иванов К.А., Савельев А.Б. Генерация терагерцевого излучения с экстремальными параметрами с использованием мультипетаваттного лазерного пучка // Квантовая электроника. – 2023. – Т. 53. – №. 3. – С. 259-264. ИФ РИНЦ: 0.605. Авторский вклад: 70%.
2. **Gorlova D.**, Tsymbalov I., Volkov R., Savelev A. Transition radiation in the THz range generated in the relativistic laser—tape target interaction // Laser Physics Letters. – 2022. – Т. 19. – №. 7. – С. 075401. IF WoS JIF: 1.704. Авторский вклад: 70%.
3. Tsymbalov I., **Gorlova D.**, Ivanov K., Shulyapov S., Prokudin V., Zavorotny A., Volkov R., Bychenkov V., Nedorezov V., Savelev A. Efficient electron injection by hybrid parametric instability and forward direct laser acceleration in subcritical plasma // Plasma Physics and Controlled Fusion. – 2020. – Т. 63. – №. 2. – С. 022001. IF WoS JIF: 2.532. Авторский вклад: 40%.
4. Иванов К.А., Шуляпов С.А., **Горлова Д.А.**, Мордвинцев И.М., Цымбалов И.Н., Савельев-Трофимов А.Б. Роль контраста релятивистского фемтосекундного лазерного импульса при его взаимодействии со сплошными и структурированными мишенями // Квантовая электроника. — 2021. — Т. 51, № 9. — С. 768–794. ИФ РИНЦ: 0.605. Авторский вклад: 20%.
5. Tsymbalov I., **Gorlova D.**, Savel'ev A. Hybrid stimulated Raman scattering—two-plasmon decay instability and 3/2 harmonic in steep-gradient femtosecond plasmas // Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics. — 2020. — Vol. 102, no. 6. — P. 063206. IF WoS JIF: 2.707. Авторский вклад: 40%.
6. **Горлова Д.А.**, Овчинникова Л.Ю., Заворотный А.Ю., Лапик А.М., Русаков А.В., Бурмистров Ю.М., Иванов К.А., Цымбалов И.Н., Недорезов В.Г., Туринге А.А., Савельев А.Б. Исследование генерации позитронов вблизи порога // Физика элементарных частиц и атомного ядра. — 2019. — Т. 50, № 5. — С. 697–707. ИФ РИНЦ: 1.08. Авторский вклад: 30%.

7. **Горлова Д.А.**, Недорезов В.Г., Иванов К.А., Савельев А.Б., Туринге А.А., Цымбалов И.Н. К возможности генерации позитронов низких энергий на электронных ускорителях с энергией пучка несколько МэВ и на тераваттных лазерах // Квантовая электроника. — 2017. — Т. 47, № 6. — С. 522–527. ИФ РИНЦ: 0.605. Авторский вклад: 60%.

На диссертацию и автореферат поступило 4 дополнительных отзыва, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что они являются специалистами в области взаимодействия лазерного излучения высокой интенсивности с веществом и физике плазмы, а их научные интересы соответствуют теме диссертационного исследования. 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 экспериментальному и численному исследованию процессов ускорения электронов и генерации терагерцового излучения при взаимодействии фемтосекундного лазерного импульса релятивистской интенсивности со слоем подкритической плазмы длиной несколько сотен мкм, а также использовании полученного источника электронов для задач ядерной фотоники. На 1 ТВт лазерной системе был получен пучок электронов с зарядом в десятки-сотни пКл, средней энергией 2-3 МэВ, угловой шириной 0.1-0.3 рад в результате последовательного ускорения в плазменном канале и в кильватерных волнах. Полученный пучок использован для создания источника нейтронов в реакциях фоторасщепления. Предложен метод управления направлением пучка электронов, основанный на рефракции фемтосекундного импульса при распространении в пленочной мишени. Показано, что электронный пучок формирует при выходе из плазмы импульс электромагнитного излучения в диапазоне частот 1-5 ТГц с эффективностью по энергии до 0.1% от энергии лазерного импульса механизмом переходного излучения.

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 могут быть

использованы для разработки компактных лазерно-плазменных ускорителей с энергиями электронов на несколько МэВ и частотой повторения до кГц, а также для создания на базе таких ускорителей источников нейтронов фоторасщепления и источников мощного ТГц излучения.

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. Воздействие фемтосекундного лазерного импульса с интенсивностью от 2×10^{18} Вт/см² до 3×10^{19} Вт/см² и центральной длиной волны 805 нм на слой плазмы с электронной концентрацией порядка 10% от критической и длиной несколько сотен мкм приводит к генерации пучка электронов с зарядом в десятки-сотни пКл, экспоненциальным спектром со средней энергией 2-3 МэВ, угловой шириной 0.1-0.3 рад в направлении распространения лазерного импульса. Формирование электронного пучка является результатом последовательного ускорения в плазменном канале и в кильватерных волнах, при этом вклад каждого механизма в конечную энергию зависит от начальной плотности мишени.
2. Управление средней и максимальной электронной концентрацией, а также протяженностью плазменного слоя, формируемого при абляции наносекундным (с длительностью порядка 10 нс) лазерным импульсом с интенсивностью порядка 10^{12} Вт/см² лавсановой пленки толщиной несколько десятков мкм, варьированием задержки между наносекундным и фемтосекундным (с интенсивностью 5×10^{18} Вт/см² и центральной длиной волны 805 нм) импульсами приводит к значительному изменению характеристик ускоренных электронов при воздействии на плазменный слой фемтосекундного импульса: при совпадении максимумов импульсов генерируется электронный пучок с зарядом до 0.1 нКл, средней энергией 1 МэВ, угловой шириной 0.25 рад, при отставании фемтосекундного импульса на 3 нс генерируется электронный пучок с зарядом до 40 пКл, средней энергией 2 МэВ, угловой шириной 0.1 рад.
3. Наличие поперечного градиента показателя преломления плазменного слоя, формируемого при абляции лавсановой пленки наносекундным (с длительностью порядка 10 нс) лазерным импульсом с интенсивностью

порядка 10^{12} Вт/см², позволяет управлять углом вылета пучка ускоренных электронов по отношению к исходному направлению распространения фемтосекундного лазерного импульса в пределах $\pm 10^\circ$ без ухудшения его параметров.

4. Пучок электронов, ускоренных в слое плазмы толщиной в несколько сотен мкм и электронной концентрацией порядка 10% от критической фемтосекундным лазерным импульсом с интенсивностью 5×10^{18} Вт/см² и центральной длиной волны 805 нм, формирует при выходе из плазмы близкий к униполярному импульс электромагнитного излучения в диапазоне частот 1-5 ТГц с эффективностью по энергии до 0.1% от энергии лазерного импульса и угловым распределением в виде конуса с углом раствора 40° .

На заседании 19 октября 2023 диссертационный совет принял решение присудить Горловой Диане Алексеевне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **17** человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.3.19 – «Лазерная физика» (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за **17**, против **0**, недействительных бюллетеней **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: 19 октября 2023 г.