



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПФ РАН,
академик РАН Г.Г. Денисов

«10» июля 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)

по диссертации Перевалова Сергея Евгеньевича «Экспериментальное исследование лазерно-плазменных источников вторичного излучения с использованием ультракоротких лазерных импульсов» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.19. Лазерная физика.

Работа выполнена в отделе нелинейной и лазерной оптики (отд. 370) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Научный руководитель – Соловьев Александр Андреевич, заместитель заведующего отделом по научной работе, заведующий лабораторией лазерно-плазменных источников синхротронного излучения и нейтронов ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук.

В 2020 г. соискатель учёной степени окончил магистратуру в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" по направлению подготовки 03.04.03. Радиофизика.

Сроки обучения в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»: с 1 сентября 2020 года по 31 августа 2024 года.

Свидетельство об окончании аспирантуры № 105200 00000019 от 10 июля 2024 года.

В период подготовки диссертации соискатель Перевалов Сергей Евгеньевич работал младшим научным сотрудником в отделе нелинейной и лазерной оптики (отд. 370) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Личное участие аспиранта в получении результатов, изложенных в диссертации

Работа выполнена в коллективе соавторов. Автором лично проведено численное моделирование режима "лазерный скребок" и разработаны программы восстановления

электронных спектров по данным с детекторов. Автору принадлежит идея использования режима "лазерный скребок" для восстановления пиковой интенсивности в перетяжке сверхмощного фемтосекундного лазерного импульса. Автору принадлежит основополагающий вклад в постановку численных и лабораторных исследований и в интерпретацию полученных данных. Автор сыграл ключевую роль при проведении полномасштабных лабораторных экспериментов на комплексе PEARL и при сборе экспериментальных данных.

Научная новизна и основные результаты диссертационного исследования

1. Проведено полномасштабное двумерное численное исследование модифицированной геометрии режима лазерный скребок. Показана генерация гармоник высокого порядка при скользящем падении лазерных импульсов.

2. Численно показано ускорение электронов свыше 100 МэВ в режиме лазерного скребка, при этом при использовании зубчатых мишеней эффективность конверсии энергии лазерного драйвера увеличивается более чем в 2 раза.

3. Экспериментально продемонстрировано ускорение электронов в режиме лазерного скребка при взаимодействии лазерных импульсов с гладкими и зубчатыми мишенями. Показано увеличение конверсии энергии лазерного драйвера в электроны при использовании зубчатых мишеней, что наблюдается при анализе спектров ускоренных электронов, а также угловых распределений генерируемых пучков.

4. Получены в эксперименте электроны с энергиями до 1,5 ГэВ в несогласованном режиме кильватерного ускорения. Угловой размер полученных пучков достигал 5 мрад на 100 МэВ и 1 мрад на 1 ГэВ. Пучки имеют квазимоноэнергетичную структуру. Достигнутые в эксперименте энергии электронов превышают оценки максимальной энергии по теории сильнонелинейного режима кильватерного ускорения для параметров лазерного комплекса PEARL.

5. Проведено первое экспериментальное исследование взаимодействия фс импульсов с мишенями околосредней плотности. Показана важная роль преионизации мишеней при помощи нс импульсов, при включении преимпульса происходит резкое изменение диаграммы направленности электронов. Определено оптимальное время опережения фс импульса в смысле достижения большего числа частиц и максимальной их эффективной температуры. При использовании свинцового конвертора получен источник тормозного рентгеновского излучения с максимальной энергией квантов до 50 МэВ.

6. Разработана методика прямого измерения интенсивности на основе измерения спектров ГВП, генерируемых в режиме лазерного скребка. Численно исследовано влияние параметров эксперимента на измеряемые спектры ГВП.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Применение для численного исследования трехмерного кода, основанного на методе частица-в-ячейке, обеспечивает соответствие получаемых результатов известным закономерностям. Использование в эксперименте диагностики, опирающейся на известные физические принципы, обеспечивает достоверность полученных результатов.

Практическая и теоретическая значимость результатов исследования

Результаты экспериментального и численного исследования режимов взаимодействия помогут в разработке и создании новых источников вторичного излучения, основанных на бетатронном механизме, взаимодействии при околокритических и твердотельных плотностях. Методика прямого измерения интенсивности сфокусированных лазерных импульсов, разработанная в рамках работы, будет использована для измерения интенсивности мощных импульсов на лазерных комплексах. Разработанная и адаптированная лабораторная диагностика вторичного излучения лягут в основу новых исследований на лазерных комплексах.

Список работ, опубликованных в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук

1. Experimental study of strongly mismatched regime of laser-driven wakefield acceleration / S. Perevalov [et al.] // Plasma Physics and Controlled Fusion. – 2020. – Vol. 62, no. 9. – P. 094004.
2. Ускорение электронов лазерным импульсом при его параллельном падении на твердую мишень / С. Ф. Шен [и др.] // Квантовая электроника. – 2021. – Т. 51, № 9. – С. 833-837.
3. Laser peeler regime of high-harmonic generation for diagnostics of high-power focused laser pulses / S. Perevalov [et al.] // Matter and Radiation at Extremes. – 2023. – Vol. 8, no. 3.
4. Исследования в области физики плазмы и ускорения частиц на петаваттном лазере PEARL / А. Соловьев [и др.] // Успехи физических наук. – 2024. – Т. 194, № 3.
5. Ускорение электронов при взаимодействии лазерных импульсов с твердотельными мишенями в режиме лазерного скребка / С. Перевалов [и др.] // Квантовая электроника. – 2024. – Т. 54, № 1. – С. 35-42.

Результаты, представленные в диссертационной работе, в полной мере изложены в работах, опубликованных соискателем ученой степени. Формулировки результатов изложены в соответствии с личным вкладом автора в каждую из опубликованных статей. Ссылки на источники заимствования материалов оформлены корректно.

Научная специальность, которой соответствует диссертация: 1.3.19. Лазерная физика.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация соответствует критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 23 августа 1996 года № 127-ФЗ "О науке и государственной научно-технической политике".

Диссертация «Экспериментальное исследование лазерно-плазменных источников вторичного излучения с использованием ультракоротких лазерных импульсов»

Перевалова Сергея Евгеньевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.19. Лазерная физика.

Настоящее заключение составлено на основании решения Ученого совета отделения нелинейной динамики и оптики ИПФ РАН по проведению итоговой аттестации по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности: 1.3.19. Лазерная физика.

Присутствовало на заседании 15 чел.

Результаты голосования: «за» — 15 чел., «против» — 0 чел., «воздержалось» — 0 чел.
протокол № 10 от « 25 » июня 2024 г.



Стародубцев Михаил Викторович,
доктор физико-математических наук,
Председатель Ученого совета отделения
нелинейной динамики и оптики



Шилягин Павел Андреевич,
кандидат физико-математических наук,
Учёный секретарь отделения нелинейной динамики
и оптики, зам. зав. отделом 340