

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.262.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22 января 2024 г № 59

О присуждении Куратову Андрею Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Механизмы генерации сверхсильных терагерцовых полей при взаимодействии релятивистски интенсивных лазерных импульсов с твердотельными мишенями» по специальности 1.3.19 — Лазерная физика принята к защите 09 октября 2023 года, (протокол заседания № 54) диссертационным советом 24.1.262.01, созданным 11 апреля 2012 года приказом № 105/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Куратов Андрей Сергеевич, 8 августа 1986 года рождения, в 2009 году окончил физический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по специальности «Физика» со специализацией «Лазерная физика и нелинейная оптика». В 2009 - 2012 гг. обучался в очной аспирантуре Физического факультета МГУ по направлению «Физика и астрономия».

В период подготовки диссертации соискатель Куратов А.С. являлся сотрудником ФИАН, а также сотрудником ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова» (ФГУП «ВНИИА»).

В настоящее время А.С. Куратов работает в должности старшего научного сотрудника ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова», и, по совместительству, занимает должность высококвалифицированного младшего научного сотрудника ФИАН.

Диссертационная работа А.С. Куратова выполнена в Отделении квантовой радиофизики ФИАН.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук Брантов Андрей Владимирович, высококвалифицированный ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук».

Официальные оппоненты:

1. Тимофеев Игорь Валериевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук» (г. Новосибирск),
2. Кулагин Виктор Владимирович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова»

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН), город Москва, в своем положительном отзыве, подписанном доктором физико-математических наук, профессором Игнатовым Александром Михайловичем,

заместителем председателя ученого совета теоретического отдела ИОФ РАН, кандидатом физико-математических наук, Богачевым Николаем Николаевичем, ученым секретарем ученого совета теоретического отдела ИОФ РАН, и утвержденном членом-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук Гарновым Сергеем Владимировичем, директором ИОФ РАН, указала, что диссертация подтверждает научную квалификацию Куратова А.С. и полностью удовлетворяет всем требованиям, изложенным в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19–Лазерная физика.

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 14 работ, из них в рецензируемых научных журналах, индексируемых международными базами данных Web of Science и Scopus, опубликовано 8 работ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем А.С. Куратовым работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. Терагерцевое излучение при лазерно-инициируемом разделении зарядов в облучаемой плазменной мишени. / А.С. Куратов, А.В. Брантов, Ю.М. Алиев и В.Ю. Быченков. // Квантовая Электроника – 2016. – Т. 46.– № 11. – С. 1023-1030.
2. Лазерно-индуцированная термо-ЭДС как источник генерации поверхностных электромагнитных волн терагерцевого диапазона. / А.С. Куратов, А.В. Брантов, Ю.М. Алиев и В.Ю. Быченков. // Квантовая Электроника – 2018. – Т. 48, № 7, – С. 653-657.

3. Laser-triggered fast charge-separation field generates a strong surface current and wave. / A.V. Brantov, A.S. Kuratov and V.Yu. Bychenkov. // Plasma Physics and Controlled Fusion – 2020 – Vol. 6, No. 9 – 094003.
4. Ultrafast target charging due to polarization triggered by laser-accelerated electrons. / A.V. Brantov, A.S. Kuratov, Yu.M. Aliev and V.Yu. Bychenkov. // Physical Review E – 2020 – Vol. 102, No. 2 – 021202.
5. Powerful laser-produced quasi-half-cycle THz pulses. / A.S. Kuratov, A.V. Brantov, V.F. Kovalev and V.Yu. Bychenkov. // Physical Review E – 2022 – Vol. 106, No. 3 – 035201.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области лазерной физики, физики плазмы и терагерцовых технологий, а ведущей организации – ее репутацией признанного научного центра, проводящего теоретические и экспериментальные исследования в области физики лазерной плазмы и генерации терагерцового излучения.

Диссертация Куратова А.С. посвящена теоретическому исследованию генерации электромагнитных импульсов терагерцового (ТГц) диапазона частот, обладающих высокой интенсивностью. В работе рассматривается терагерцовое излучение, возникающее при взаимодействии коротких лазерных импульсов с интенсивностями выше 10^{18} Вт/см² с твердотельными проводящими мишенями. Актуальность работы обусловлена прогрессом в разработке источников мощного ТГц излучения и усовершенствованием методик использования ТГц излучения в биомедицине, физике конденсированного состояния вещества, безопасности и ТГц связи. Дальнейшее увеличение мощности ТГц излучения открывает возможности по управлению свойствами материалов. Таким образом, тема диссертационной работы А.С. Куратова безусловно является актуальной.

На основании выполненных соискателем исследований были получены следующие основные результаты:

1. Проведен сравнительный анализ механизмов генерации мощного ТГц излучения при взаимодействии коротких лазерных импульсов, обладающих релятивистской интенсивностью, с проводящими твердотельными мишенями. Показано, что переходное излучение релятивистских электронов, вылетающих из мишени, является преобладающим. Получены коэффициенты конверсии энергии лазерного излучения в терагерцовое излучение, достигающие нескольких процентов и находящиеся в соответствии с недавно опубликованными экспериментальными данными.
2. Для переходного излучения релятивистских электронов получены аналитические выражения для терагерцовых электромагнитных полей, демонстрирующие униполярную форму импульса излучения.
3. Представлена теоретическая модель генерации поверхностных электромагнитных волн ТГц диапазона частот термоэлектрическими токами, рассчитана ее эффективность (коэффициент конверсии в ТГц излучение может достигать 10-5.) и получены основные характеристики возникающих волн.
4. Для процесса воздействия мощного лазерного импульса на проводящие мишени исследовано движение поверхностного нескомпенсированного положительного заряда, возникающего вследствие вылета релятивистских электронов. Получены выражения, описывающие поверхностные поля ТГц диапазона и поверхностные токи. Также даны оценки увеличения горячего пятна на поверхности мишени из-за поверхностных токов, генерируемых при возникновении поля разделения заряда.
5. Продемонстрировано, что, благодаря геометрическому фактору, цилиндрические мишени усиливают поле электромагнитных импульсов ТГц диапазона, распространяющихся вдоль поверхности. Показано распространение ТГц электромагнитных импульсов вдоль проволоки на

значительные (по сравнению с длиной волны излучения) расстояния, а так же возможность приповерхностного удержания высокоэнергетичных электронов в поле ТГц импульса.

Все результаты, представленные автором, являются новыми. Новизна обусловлена тем, что:

- Впервые теоретически получены аналитические выражения, описывающие электрическое и магнитное поля ТГц когерентного переходного излучения заряженного сгустка, пересекающего границу области с высокой проводимостью и вакуума, демонстрирующие униполярную форму полей импульса.

- Впервые предложен новый механизм генерация поверхностных электромагнитных ТГц волн термоэлектрическими токами.

- Проведен последовательный сравнительный анализ рассмотренных механизмов генерации ТГц излучения при воздействии лазерных импульсов с релятивистской интенсивностью на твердотельные проводящие мишени и обосновано доминирование преобладающего механизма генерации (переходного излучения высокоэнергетичных электронов).

- Впервые описаны процессы растекания поверхностных зарядов, возникающих при вылете из проводящей мишени релятивистских электронов, нагретых мощным лазерным импульсом.

Достоверность полученных результатов основывается на том, что оценки для коэффициентов конверсии энергии лазерного излучения в энергию терагерцевых импульсов, полученные соискателем, находятся в согласии с результатами экспериментов, проведенных в разных лабораториях. Результаты аналитических расчетов подтверждаются численным моделированием с адекватной физикой релятивистского лазер-плазменного взаимодействия, которое опирается на хорошо зарекомендовавшие численные методы, используемые для подобных задач, и проверенные коды. Справедливость ряда

представленных в диссертации результатов подтверждается их согласием с данными, полученными другими авторами.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практических приложений состоит в формулировке теоретической основы процесса генерации сильных низкочастотных полей в лазерной плазме, что позволит увеличивать эффективность такой генерации. Результаты важны для создания источника мощного терагерцового излучения с уникальными характеристиками, которые не могут быть достигнуты традиционными методами.

Полученные результаты могут быть применены в организациях, работающих в области лазерной физики высоких энергий, таких как Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Институт лазерной физики Российского федерального ядерного центра – Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики, Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН, Объединенный институт высоких температур РАН, Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Институт лазерной физики СО РАН.

Все основные научные результаты, включенные в диссертацию Куратова А.С., получены лично автором, либо при его непосредственном участии. Постановка задач исследований выполнена совместно с соавторами работ. Все численные расчеты, их обработка и интерпретация проведены соискателем самостоятельно. Модификация и дополнение численных кодов, требуемые для выполнения задач диссертации, проводились автором самостоятельно. Аналитические расчеты и проверка их достоверности проводились соискателем совместно с соавторами работ.

В ходе защиты соискатель Куратов А.С. аргументированно ответил на заданные ему вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 22 января 2024 года диссертационный совет принял решение присудить А.С. Куратову учёную степень кандидата физико-математических наук за решение научной задачи о теоретическом описании генерации мощных терагерцовых импульсов при взаимодействии мощных релятивистских лазерных импульсов с твердотельными проводящими мишенями.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 23 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.19 — Лазерная физика), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 23,
против присуждения учёной степени - 0,
недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета
член-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Колачевский Николай Николаевич

Учёный секретарь диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Золотько Александр Степанович

22 января 2022 г.