

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА**

Д.501.001.31, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», по диссертационной работе Иванова Константина Анатольевича, представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Диссертация «Роль предымпульса в формировании быстрого электронного компонента при фокусировке субтераваттного фемтосекундного лазерного излучения на поверхность жидких и твердых мишеней» в виде рукописи выполнена на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова.

Диссертация принята к защите на заседании диссертационного совета Д.501.001.31 от 12 апреля 2013 года, протокол № 4пр.

Соискатель Иванов Константин Анатольевич, гражданин Российской Федерации, на момент защиты диссертации работает в должности инженера физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. В 2010 году Иванов К.А. окончил физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова. В период подготовки диссертации, с 2010 по 2013 годы, Иванов К.А. учился в очной аспирантуре физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2013 г. физическим факультетом МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Савельев-Трофимов Андрей Борисович, профессор физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

1. Доктор физ.-мат. наук Матафонов Анатолий Петрович, гражданин Российской Федерации, заместитель начальника отдела Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»

2. Кандидат физ.-мат. наук Волков Георгий Степанович, гражданин Российской Федерации, старший научный сотрудник Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научный центр Российской федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований»

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт общей физики имени А.М. Прохорова Российской академии наук», Москва, дала положительное заключение (заключение составил заведующий отделом когерентной и нелинейной оптики института общей физики им. А.М. Прохорова РАН доктор физ.-мат. наук, профессор Коробкин Владлен Васильевич).

На автореферат диссертации поступили отзывы:

1) отзыв доктора М. Калашникова (Dr. M. Kalashnikov, отзыв составлен на английском языке), руководителя отдела Б3 (мощные лазеры) института нелинейной оптики и спектроскопии коротких импульсов им. Макса Борна, Берлин, Германия.

2) отзыв кандидата физ.-мат. наук, главного научного сотрудника Федерального государственного унитарного предприятия «НПО Астрофизика» Н.П. Андреевой Н.П.

В отзывах отмечаются высокий научный уровень диссертации, значимость полученных результатов для фундаментальных и прикладных

исследований, а также высокая квалификация соискателя Иванова К.А. Замечания и недостатки в отзывах на автореферат отсутствуют.

В дискуссии приняли участие: д.ф.-м.н. В.В. Шувалов, д.ф.-м.н. В.И. Емельянов, д.ф.-м.н. В.Т. Платоненко, д.ф.-м.н. В.М. Гордиенко, д.ф.-м.н. С.М. Аракелян, д.ф.-м.н. А.В. Наумов, д.ф.-м.н. А.В. Андреев, д.ф.-м.н. А.Б. Савельев-Трофимов, д.ф.-м.н. А.П. Матафонов, к.ф.-м.н. Г.С. Волков,

Соискатель имеет пять опубликованных по теме диссертации научных работ общим объёмом 3.5 печатных листа, в том числе 2 статьи в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, а также 3 статьи в зарубежных научных изданиях.

По теме диссертации опубликовано 13 работ в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1) Ускорение тяжелых многозарядовых ионов при воздействии фемтосекундного лазерного излучения субрелятивистской интенсивности на поверхность расплавленного металла/ К.А. Иванов, Д.С. Урюпина, Н. Моршедиан и др.// Физика Плазмы.-2010.-Том 36; №2.-С.115-116.

2) High repetition rate laser-driven K-alfa x-ray source utilizing melted metal target/ К.А. Ivanov, D.S. Uryupina, R.V. Volkov и др.// Nucl.Instrum.Meth.A.-2011.-Том 653.-С.58-61.

3) Femtosecond laser-plasma interaction with prepulse-generated liquid metal microjets/ D.S. Uryupina, K.A. Ivanov, A.V. Brantov и др.// Phys.Plasmas.-2012.-Том 19.-С.013104.

4) X-ray diagnostics of ultrashort laser-driven plasma: experiment and simulations/ К.А. Ivanov, S.A. Shulyapov, A.A. Turinge и др.// Contr.Plasma.Phys.-2013.-Том 54.-С.116-121.

Диссертационный совет считает, что работа Иванова К.А. выполнена на высоком научном уровне. На основании выполненных соискателем исследований изучено и выявлено влияние целого ряда ключевых параметров предимпульсов фемтосекундного лазерного импульса, опережающих основной импульс на нано- и пикосекундном масштабах времени, усиленной спонтанной люминесценции, типа применяемой мишени на формирование горячего электронного компонента в плазме, создаваемой на поверхности вещества лазерным излучением с интенсивностью от умеренной до релятивистской.

К наиболее важным результатам, полученным автором, следует отнести:

1. Впервые обнаружено, что воздействие фемтосекундного импульса с интенсивностью около  $10^{15}$  Вт/см<sup>2</sup> на поверхность мишени из расплавленного галлия приводит к появлению над поверхностью мишени повторяющихся от импульса к импульсу микроструктур в виде плотных плазменных струй.

2. Показано, что взаимодействие фемтосекундного лазерного импульса с интенсивностью  $5 \times 10^{16}$  Вт/см<sup>2</sup> с подобными микроструктурами приводит к многократному увеличению средней энергии горячих электронов (с 20 до 80 кэВ) и существенному увеличению выхода жёсткого рентгеновского излучения из плазмы по сравнению с случаем взаимодействия с невозмущённой поверхностью.

3. Продемонстрировано, что увеличение длительности лазерного импульса с 45 до 350 фс с сохранением плотности энергии (максимальная интенсивность при длительности 45 фс –  $10^{18}$  Вт/см<sup>2</sup>) приводит к существенному возрастанию средней энергии быстрых электронов (от нескольких сотен кэВ до МэВ) при взаимодействии лазерного излучения с протяженным преплазменным слоем высокой плотности, образующимся под действием усиленной спонтанной люминесценции на поверхности твердотельных металлических мишеней (железа и свинца).

Результаты, отражённые в диссертации, могут найти применение при исследовании физики плазмы, ускорении заряженных частиц и в других прикладных и фундаментальных задач.

Разработанная методика обработки рентгеновских и гамма спектров плазмы, измеренных в режиме счёта квантов, позволяет восстановить исходные спектры рентгеновского излучения плазмы с учётом их искажения при регистрации сцинтилляционными детекторами на основе кристалла NaI и оценить среднюю энергию быстрых электронов в плазме.

Формирование микроструй коротким предимпульсом, опережающим основной импульс на несколько наносекунд, на поверхности расплавленного галлия и существенное повышение выхода жесткого рентгеновского излучения из плазмы, наблюдающееся при взаимодействии лазерного импульса с интенсивностью около  $10^{16}$  Вт/см<sup>2</sup> с микроструктурированной предимпульсом мишенью, может найти широкое применение при создании лазерно-плазменных рентгеновских источников высокой эффективности.

Кванты с энергией до 4 МэВ, генерируемые в плазме, создаваемой на поверхности металлических мишеней лазерным импульсом субрелятивистской интенсивности с высоким уровнем усиленной спонтанной люминесценции, могут быть использованы при исследовании ядерных процессов, инициировании низкопороговых реакций, получении пучков электронов, ионов и нейтронов при помощи компактных лазерных систем субтераваттной мощности.

Результаты работы могут быть использованы при проведении исследований в следующих научных организациях: Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Институт общей физики им. А.М. Прохорова, Объединённый институт высоких температур РАН, Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» и других организациях.

Достоверность полученных результатов подтверждается тем, что сравнение оригинального программного кода обработки рентгеновских

спектров плазмы, с помощью которой были получены оценки на энергии электронов в плазме, с широко распространенным программным пакетом GEANT показало хорошее совпадение. Помимо этого, экспериментальные данные были подтверждены численным моделированием лазерно-плазменного взаимодействия с помощью PIC кода, проведённого учёными из Физического института им. П.Н. Лебедева РАН в аналогичных с экспериментальными условиях.

Все изложенные оригинальные экспериментальные результаты получены автором лично, либо при его непосредственном участии. Не вызывает сомнения высокая квалификация автора как экспериментатора. Ивановым К.А. осуществлялись проведение экспериментов, обработка и анализ экспериментальных данных, разработка методики обработки рентгеновских спектров плазмы. Автором лично или при его участии подготовлены к публикации все научные работы по теме диссертации.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается последовательной структурой работы, чёткой взаимосвязью поставленных задач, проведённых исследований и выводов.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 января 2002 г. № 74 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 20 июня 2011 г. № 475), и принял решение присудить Иванову Константину Анатольевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 «лазерная физика».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов физ.-мат. наук по специальности 01.04.21 «лазерная физика», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени –

18, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного

совета Д.501.001.31

доктор физико-математических наук, профессор

А.В. Андреев

Ученый секретарь диссертационного

совета Д.501.001.31

кандидат физико-математических наук

А.А. Коновко

«6» июня 2013 года.

М.П.

