

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Кудряшова Сергея Ивановича**
«Взаимодействие фемтосекундных лазерных импульсов в режиме абляции с металлами и полупроводниками, обладающими сильным межзонным поглощением»,

представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика

Актуальность исследований в области фемтосекундной лазерной абляции (ФЛА) связана с богатым фундаментальным и междисциплинарным характером данного явления, соединяющего на своих последовательных стадиях малоизученные процессы лазерной физики, оптики, физики твердого тела, физики плазмы, акустики, теплофизики, с соответствующими разнообразными практическими применениями ФЛА в современных лазерных технологиях. Также, **высокоактуальными** являются новые экспериментальные методы исследования различных стадий ФЛА, которые в совокупности должны всесторонне характеризовать основные процессы базовых стадий ФЛА для формирования ее целостной феноменологической картины. Наконец, **актуальными** являются такие исследования ФЛА для материалов с сильным межзонным поглощением, которые представляют собой более универсальный случай взаимодействия ультракоротких лазерных импульсов с конденсированной фазой.

В диссертационной работе Кудряшова С.И. представлен целый ряд **новых** физических эффектов, определяющих базовые стадии ФЛА, исследованные с помощью разработанных автором оригинальных методик измерения. На стадии электронной динамики обнаружено, что для полуметаллов и полупроводников в условиях сильного возбуждения запрещенная зона существенно сужается с ростом плотности фотогенерированной электрон-дырочной плазмы (электронная перенормировка) в течение возбуждающего импульса с одновременным «красным» сдвигом спектра диэлектрической проницаемости. Одновременно имеет место нелинейный рост коэффициента оже-рекомбинации, сильно ограничивающий рост плотности плазмы при увеличении плотности энергии излучения и саму величину электронной перенормировки зонного спектра, что приводит к нагреванию и эмиссии заряженных частиц, зарегистрированных с использованием разработанных автором методик. В случае металлов аналогичное поведение связано с насыщением межзонного поглощения. На следующей стадии электрон-фононной релаксации

разработанная Кудряшовым С.И. методика позволила, исходя из пороговых плотностей энергии одноимпульсной абляции алюминия, меди, железа и серебра, показано, что минимум их зависимости от длительности лазерных импульсов в диапазоне 1-3 пс соответствует характерным временам переноса энергии из электронной в ионную подсистему. Далее, плавление полупроводников в ходе ФЛА впервые исследовано, используя впервые обнаруженный эффект квазипериодической модуляции их коэффициента отражения вследствие высокодобротных ревербераций акустической волны в поверхностном расплавленном слое кремния, арсенида галлия и графита с существенно отличными акустическими импедансами фазы расплава, где акустическая волна возбуждалась изменением удельного объема в ходе самого процесса плавления. В результате, автором в пикосекундном масштабе времени наблюдалось распространение в поверхностном слое полупроводника фронта плавления и с помощью разработанной методики измерялись мгновенные и максимальные толщины расплава в зависимости от плотности энергии лазерного излучения в доабляционном и абляционном режимах. На стадии откольной абляции было установлено, что отрыв нанометрового поверхностного слоя расплава алюминия, кремния, арсенида галлия и графита происходит уже после завершения его акустической релаксации в результате субнаносекундного подповерхностного гомогенного вскипания и образования паровой полости в квазиравновесном расплаве. Наконец, сверхзвуковой разлет сильно рассеивающего закритического флюида был охарактеризован в плане начальных мульти-гигапаскальных давлений и сверхзвуковых скоростей не обычными оптическими, а разработанным ультразвуковым методом, что позволило экспериментально исследовать диссипативный и сверхупругий режимы пробега ударной волны в мишенях титана, используя измеренные начальные давления флюида.

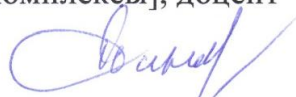
Автореферат написан достаточно подробно, отражая большой объем выполненных научных исследований. Согласно содержанию автореферата, отражающего актуальность, цель и задачи работы, научную новизну полученных результатов, диссертационная работа Кудряшова С.И. выполнена на очень высоком научном уровне и имеет высокую научную и практическую значимость. **Достоверность** полученных результатов работы подтверждается представлением на многочисленных конференциях и публикацией целого цикла печатных работ в количестве 52 штук в научных журналах, индексируемых в библиографической базе данных Web of Science, не считая глав в научных книжных изданиях.

В качестве замечания к тексту автореферата хотелось бы отметить следующие моменты:

1. К сожалению, из текста автореферата непонятна связь процессов, представляющих фемтосекундную лазерную абляцию, и соответствующее пространственное разрешение для разных абляционных механизмов.
2. Кроме того, в тексте присутствуют отдельные орфографические и пунктуационные неточности, например, на странице 6, где описываются задачи, на странице 9 и т.д.

Приведенные замечания не снижают высокую оценку диссертационной работы в целом, которая **полностью удовлетворяет** необходимым требованиям Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор Кудряшов Сергей Иванович заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «лазерная физика».

Отзыв подготовил –
профессор кафедры лазерных и оптико-электронных систем Московского Государственного Технического Университета имени Н. Э. Баумана, доктор технических наук [шифр специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы], доцент



дата, подпись

Сергей Борисович Одинокоев

27.09.2019 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Адрес: 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, тел. +7 916 603-37-62,
e-mail: odinokov2009@yandex.ru.

Подпись Одинокоева Сергея Борисовича заверяю
Заместитель начальника управления кадров Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)



Матвеев Александр Григорьевич

« 27 » 09 2019 г.