

## Отзыв научного руководителя

о диссертационной работе **Смирнова Никиты Александровича**  
**«Абляционные кратеры при воздействии фемто- и пикосекундных лазерных импульсов на поверхность золота и кремния в воздушной и водной среде»**,  
представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – Лазерная физика

Смирнов Никита Александрович занимался научной работой в Отделении квантовой радиофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ОКРФ ФИАН) с 2015 по 2020 г. в лаборатории газовых лазеров, с 2020 г. по настоящее время - в лаборатории лазерной нанофизики и биомедицины. В 2014 году окончил Череповецкий государственный университет по специальности «Физика». В 2016 году Н.А. Смирнов окончил обучение в Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ» (диплом магистра). Параллельно поступил в 2015 г в аспирантуру ФИАН по специальности «Лазерная физика», которую окончил в 2019 г. С 2015 года Н.А. Смирнов является сотрудником ФИАН, в настоящее время - в должности высококвалифицированного младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа Н.А. Смирнова посвящена экспериментальному исследованию взаимодействия жестко сфокусированных ультракоротких лазерных импульсов (УКИ) с варьируемой длительностью, плотностью энергии и длиной волны с объемными мишенями золота и кремния в режиме абляции (удаления вещества). Данное направление высокопроизводительной прецизионной лазерной обработки поверхности ультракороткими лазерными импульсами является активно развивающейся областью и для многих технологических процессов конкурирует по производительности обработки с механическими методами. Это делает чрезвычайно важной задачей исследования механизмов удаления вещества при воздействии ультракоротких лазерных импульсов, а также выбора оптимальных параметров лазерной системы для получения наибольшей эффективности абляции.

В рамках диссертационной работы было проведено исследование основных режимов абляции объемных мишеней золота и кремния с оптическим качеством поверхности

лазерными импульсами видимого и ближнего ИК-диапазона фемто-пикосекундной длительности в воздушной и водной средах посредством изучения морфологии поверхности и измерения глубин и объемов абляционных микрократеров, полученных на поверхности образцов. Характеризация образцов производилась посредством сканирующей электронной микроскопии, атомно-силовой микроскопии, микроспектроскопии комбинационного рассеяния света. В работе использовался режим одноимпульсной абляции, что позволяло исключить влияние на нее рельефа поверхности, последующих импульсов и кавитационных пузырей, возникающих в жидкости. Н.А. Смирновым при анализе зависимости размера кратеров от энергии и длительности УКИ был обнаружен быстрый боковой перенос энергии из фокального пятна на временах электрон-фононной термализации в кристаллическом кремнии с эффективной скоростью в диапазоне  $(0.35-0.5) \times 10^6$  м/с. Для золотой и кремниевой мишени показано, что в воздухе при заданной надпороговой плотности энергии излучения в одноимпульсном режиме удаления эффективность абляции возрастает до 3 раз с уменьшением длительности УКИ. При абляции в воде, наоборот, эффективность абляции при заданной плотности энергии кратно - до 3-5 раз - возрастает с увеличением длительности УКИ из-за выключения эффекта их самофокусировки в жидкости при субкритической пиковой мощности импульсов, и далее насыщается.

Проведенные Н.А. Смирновым исследования и уровень полученных данных свидетельствуют о хороших экспериментальных навыках, теоретической и практической подготовке, умении искать и анализировать информацию из литературных источников.

Научная достоверность данных, представленных в диссертации Н.А. Смирновым, не вызывает сомнений. Основные результаты работы прошли апробацию на семинарах ОКРФ ФИАН и международных научных конференциях. По материалам диссертации было опубликовано 6 работ в рецензируемых научных журналах. Соискатель является соавтором более 50 статей, рецензируемых в Web of Science, является исполнителем двух грантов РФ (№ 20-71-10103, № 21-79-30063). Н.А. Смирнов удостоен двух молодежных премий имени Н.Г. Басова (2019 г., 2020 г.) ОКРФ ФИАН, премии молодежных научных работ ФИАН им П.Н. Лебедева (2021 г.) и стипендии правительства РФ (2018-2019 гг.).

Считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор – Смирнов Никита Александрович – заслуживает



присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности  
1.3.19. – лазерная физика.

Научный руководитель, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией  
лазерной нанопластики и биомедицины, ведущий научный сотрудник  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института  
им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН),

Кудряшов Сергей Иванович  « 21 » август 2022 г.

ФИАН, 119991 Москва, Ленинский пр-кт, д. 53

Тел. 7(499) 132-62-30

E-mail: [kudryashovsi@lebedev.ru](mailto:kudryashovsi@lebedev.ru)

Подпись Кудряшова Сергея Ивановича заверяю:

Ученый секретарь ФИАН,

Колобов Андрей Владимирович

