

### Отзыв научного руководителя

**доктора физико-математических наук, профессора Ионина Андрея Алексеевича о диссертационной работе Данилова Павла Александровича «Прецизионное лазерное нано- и микроструктурирование серебряных пленок», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика**

Павел Александрович Данилов занимается научной работой в Отделении квантовой радиофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ОКРФ ФИАН) с 2013 по настоящее время: с 2013 по 2020 гг. - в Лаборатории газовых лазеров, а с 2020 г. по настоящее время – в недавно созданной Лаборатории лазерной нанофизики и биомедицины Центра лазерных и нелинейно-оптических технологий ОКРФ ФИАН. В 2015 году П.А. Данилов закончил обучение в Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ» (диплом специалиста) и в том же году поступил в аспирантуру ФИАН, которую успешно закончил в 2019 году. П. А. Данилов является сотрудником ФИАН с 2014 года, в настоящее время в должности высококвалифицированного научного сотрудника.

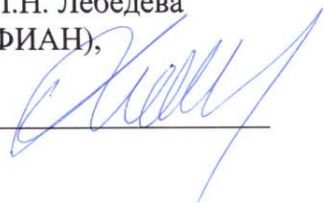
Направление лазерного структурирования поверхности продолжает активно развиваться и постепенно начинает конкурировать со стандартными литографическими методами в области формирования микроструктур, наноструктур и их упорядоченных массивов. Помимо непосредственно модификации поверхностей, важной физической задачей является изучение электронной динамики и релаксации вещества, возбужденного высокоинтенсивными лазерными импульсами ультракороткой длительности. Диссертация П.А. Данилова является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой, направленной на решение актуальной проблемы изучения механизмов вложения и последующего транспорта энергии ультракоротких лазерных импульсов при их взаимодействии с металлическими пленками и в процессе формирования поверхностного нано- и микрорельефа. Целью исследований соискателя являлось количественное исследование основных процессов при формировании нанопичков и микроотверстий на поверхности серебряных пленок под действием фемтосекундных лазерных импульсов. П.А. Данилов провел большую экспериментальную работу по изучению механизмов вложения энергии путем исследования пропускания фемтосекундных лазерных импульсов видимого и ближнего ИК-диапазонов, а также по оценке области вложения энергии, связанной с латеральной теплопроводностью, при различных условиях острой фокусировки лазерных импульсов. Также на основе метода энерго-дисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДРС) им был предложен и успешно апробирован метод количественной оценки перераспределения расплава вещества в процессе формирования нанопичков и микроотверстий в результате лазерного воздействия одиночных фемтосекундных импульсов видимого диапазона на металлическую пленку серебра толщиной ~100 нм, который показывает соотношение долей перемещенного и удаленного в виде нанокпель массой ~2 пг материала расплава. Полученные П.А. Даниловым режимы обработки серебряных пленок ультракороткими лазерными импульсами были применены для высокопроизводительной фабрикации сенсорной подложки в виде массива микроотверстий для анализа веществ в среднем ИК-диапазоне. Высокая скорость записи –  $25 \cdot 10^6$  элементов/с – достигнута за счет использования высокой частоты повторения лазерного источника (500 кГц), скорости сканирования (7 м/с) и мультиплексирования лазерного пучка на ~ 50 субпучков с помощью дифракционного оптического элемента в виде линейного раstra. Результаты проделанной работы опубликованы в высокорейтинговых научных журналах.

Проведенные П.А. Даниловым исследования и уровень полученных данных свидетельствуют о его прекрасных экспериментальных навыках, хорошей теоретической и практической подготовке, умении искать и анализировать информацию из литературных источников. Защищаемые положения соответствуют полученным результатам.

Научная достоверность данных, представленных в диссертации П.А. Данилова, не подвергается сомнению. Основные результаты диссертации прошли апробацию на семинарах ОКРФ ФИАН и на международных научных конференциях. Соискатель за все время работы в ФИАН опубликовал более 50 научных статей, индексируемых в базе Web of Science, 7 из них – по теме диссертационной работы. Он является соисполнителем двух грантов РФФИ, имеет опыт руководства молодежным грантом РФФИ (№16-32-00880 «мол-а»), грантом РФФИ на проведение научных мероприятий ( №17-02-20547 «Г»), с 2017 года является постоянным членом оргкомитета международной конференции UltrafastLight (International Conference on Ultrafast Optical Science), победителем конкурса научных работ имени Н.Г. Басова и конкурса молодежных научных работ ФИАН.

Считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, утвержденного постановлением правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор – Данилов Павел Александрович - заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Руководитель Отделения квантовой радиофизики им. Н. Г. Басова  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Физического института им. П.Н. Лебедева  
Российской академии наук (ФИАН),  
д.ф.-м.н., профессор  
Ионин Андрей Алексеевич



«19» 03 2021 г.

ФИАН, 119991 Москва, Ленинский пр-кт, д.53  
тел. 7(499) 132-62-30  
эл. адрес: [ioninaa@lebedev.ru](mailto:ioninaa@lebedev.ru)

Подпись Ионина Андрея Алексеевича заверяю:  
Ученый секретарь ФИАН,  
к.ф.-м.н.  
Колобов Андрей Владимирович

