

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.01.262.01 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 21 июня 2021 г. № 1

О присуждении Данилову Павлу Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Прецизионное лазерное микро- и наноструктурирование серебряных пленок» по специальности 01.04.21 - Лазерная физика принята к защите 16 апреля 2021 года, протокол № 93 диссертационного совета Д 002.023.03, созданного 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 Данилов Павел Александрович, 1991 г.р., окончил специалитет Национального Исследовательского Ядерного университета Московского инженерно-физического института по специальности "Физика конденсированного состояния вещества" в 2015 г. с присуждением квалификации инженер-физик (диплом №1077050267800). С 2013 г. работает в ФИАН, с 2016 г. - в должности младшего научного сотрудника, с 2019 г. - в должности научного сотрудника. В период с 2015 г. по 2019 г. обучался в аспирантуре ФИАН по направлению подготовки «03.06.01 - Физика и астрономия» (направленность программы «01.04.21 - лазерная физика»). Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана ФИАН в 2021 году. По

окончании аспирантуры Данилову П. А. была присвоена квалификация «Исследователь; преподаватель-исследователь» (диплом №1077050007298).

Диссертационная работа Данилова П. А. выполнена в Отделении Квантовой радиофизики ФИАН.

Научный руководитель, доктор физико-математических наук, профессор Ионин Андрей Алексеевич, является специалистом в области лазерной физики, нелинейной оптики и взаимодействия излучения с веществом, работает в должности руководителя Отделения квантовой радиофизики ФИАН.

Научный консультант, доктор физико-математических наук Кудряшов Сергей Иванович, является специалистом в области лазерной физики, работает в должности ведущего научного сотрудника лаборатории лазерной нанопластики и биомедицины ФИАН.

Официальные оппоненты:

Головань Леонид Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»;

Ашитков Сергей Игоревич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории лазерного воздействия Отдела физики экстремальных состояний Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Объединенный институт высоких температур» Российской академии наук,

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук (ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН), Московская область, город Черноголовка, в своем положительном заключении, подписанном кандидатом физико-математических наук Хохловым Виктором Александровичем, научным сотрудником сектора «Плазмы и лазеров» ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, и кандидатом химических наук Крашаковым Сергеем Александровичем, ученым

секретарем ИТФ им. Ландау РАН, и утвержденном доктором физико-математических наук, доцентом Колоколовым Игорем Валентиновичем, директором ИТФ им. Ландау РАН, указала, что соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Выбор оппонентов и ведущей организации обоснован их значительным опытом работы по тематике диссертации, что подтверждается большим количеством публикаций в рецензируемых, в том числе ведущих в этой области, печатных изданиях.

Соискатель имеет 60 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 11 работ, из них 7 опубликованы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science. Результаты работы доложены на 4 международных конференциях.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения о работах, опубликованных Даниловым П. А.

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Данилов П. А., Заярный Д. А., Ионин А. А., Кудряшов С. И., Руденко А. А., Кучмижак А. А., Витрик О. Б., Кульчин Ю. Н., Жаховский В. В., Иногамов Н. А. Перераспределение материала при фемтосекундной лазерной абляции тонкой серебряной пленки // Письма в ЖЭТФ. – 2016. – Т. 104. – №. 11. – С. 780-786.

2. Bezhanov S. G., Danilov P. A., Klekovkin A. V., Kudryashov S. I., Rudenko A. A., Uryupin S. A. Prompt increase of ultrashort laser pulse transmission through thin silver films // Appl. Phys. Lett. – 2018. – Т. 112. – №. 11. – С. 113104.

3. Kuchmizhak A. A., Porfirev A. P., Syubaev S. A., Danilov P. A., Ionin A. A., Vitrik O. B., Kudryashov S. I. Multi-beam pulsed-laser patterning of plasmonic films using broadband diffractive optical elements // Opt. Lett. – 2017. – Т. 42. – №. 14. – С. 2838-2841.

4. Kudryashov S. I., Danilov P. A., Porfirev A. P., Saraeva I. N., Nguyen T. H. T., Rudenko A. A., Khmel'nitskii R. A., Zayarny D. A., Ionin, A. A., Kuchmizhak A. A., Khonina S. N., Vitrik O. B. (2019). High-throughput micropatterning of

plasmonic surfaces by multiplexed femtosecond laser pulses for advanced IR-sensing applications. //Appl. Surf. Sci. – 2019. – Т. 484. – С. 948-956.

5. Данилов П.А., Кудряшов С. И., Мигдал К. П., Ривнюк А. С., Ионин А. А. Усиление поглощения излучения интенсивных фемтосекундных лазерных импульсов видимого диапазона в пленке серебра // Письма в ЖЭТФ – 2021 – Т.113. - №6. – с. 299-303.

На автореферат диссертации поступил отзыв от кандидата технических наук Ковалева Михаила Сергеевича, доцента кафедры лазерных и оптико-электронных систем МГТУ им. Н.Э. Баумана. В отзыве Ковалева М.С. отмечается, что актуальность работы не вызывает сомнений, так как разработка и развитие современных методов лазерного структурирования материалов необходимы как для лабораторных, так и промышленных применений. Имеется замечание о том, что в автореферате нет пояснений о влиянии оксидного слоя или какого-либо другого вещества на поверхности пленок на морфологию создаваемых наноструктур (наноострий). В отзыве указывается, что соискатель П.А. Данилов заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертационный совет отмечает, что в диссертации экспериментально исследованы основные стадии формирования микро- и нанорельефа на поверхности серебряных пленок под действием ультракоротких лазерных импульсов (УКИ), включая процессы вложения и транспорта энергии УКИ в ионную подсистему.

В работе получены следующие результаты:

1. Воздействие лазерных импульсов ближнего ИК-диапазона (1030 нм) с длительностью ~ 200 фс на поверхность серебряных пленок толщиной 40 – 125 нм при росте интенсивности от 0.1 до 4.2 ТВт/см² приводит к увеличению коэффициента пропускания на порядок величины. Данный эффект объясняется нагреванием электронной подсистемы лазерным излучением и ростом частоты электрон-электронных соударений.

2. Радиус области вложения энергии при одноимпульсной лазерной абляции серебряных пленок толщиной 30 – 380 нм остросфокусированными ($\bar{N}\bar{A} = 0.1 - 0.65$) лазерными импульсами видимого (515 нм) и ближнего ИК-диапазонов (1030 нм) длительностью 300 фс на ~ 1 мкм превышает характерный гауссовский радиус пятна фокусировки оптической системы вследствие латеральной электронной теплопроводности на момент начала абляции.

3. Для исследования одноимпульсной лазерной абляции металлических пленок предложен новый метод количественной профилометрической характеристики радиального перераспределения массы расплава. Данный способ анализа, основанный на энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии, успешно применен для количественной оценки распределения массы расплава серебряной пленки толщиной 100 нм при формировании нанопичков под действием одиночных лазерных импульсов с длиной волны 515 нм и длительностью 300 фс.

4. За счет использования дифракционно-оптического элемента – линейного раstra из $N=51$ микропучков – реализована высокая скорость прямой лазерной записи – до 25×10^6 элементов/с - микроотверстий диаметром $D = 2 - 6$ мкм с периодами от 6 до 12 мкм. Данный способ значительно увеличивает производительность лазерных систем для формирования биосенсорных подложек.

Результаты работы П.А Данилова оригинальны и научно обоснованы. Их достоверность подтверждается адекватным выбором экспериментальных методик, использованием современного сертифицированного оборудования и согласием результатов теоретического моделирования с экспериментальными данными.

Все результаты диссертации получены лично автором или при его непосредственном участии.

Научная новизна полученных результатов выражается в обнаружении эффекта увеличения пропускания ультракоротких лазерных импульсов с длиной волны 1030 нм и длительностью ~ 200 фс при воздействии на серебряные пленки толщиной до 125 нм, связанного с нагревом электронной подсистемы и значительным увеличением частоты электрон-электронных соударений. Также определены характерные размеры области вложения энергии ультракоротких лазерных импульсов в случае двухтемпературного состояния вещества и количественно проанализировано радиальное перераспределение массы расплава вещества (серебра) новым оригинальным методом на основе энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии.

Практическая значимость результатов, полученных Даниловым П. А. связана с тем, что сформированные в ходе экспериментальных работ микро- и наноструктуры используются в качестве ключевых элементов функциональных подложек, применяемых в сенсорике и поляризационно-селективной резонансной спектроскопии. Продемонстрирована высокая скорость метода прямой лазерной записи таких структур – 25 млн. элементов в секунду.

В диссертационной работе решена задача исследования и количественного анализа процессов вложения и транспорта энергии лазерных импульсов ультракороткой длительности при взаимодействии с металлическими (серебряными) пленками, сопровождающихся изменением оптических свойств материала, латеральным теплопереносом и перераспределением расплавленного вещества в масштабах области вложения энергии излучения.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

На заседании 21 июня 2021 года диссертационный совет принял решение присудить П.А. Данилову учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении голосования члены диссертационного совета в количестве 22 человек, из них 7 докторов наук по специальности

рассматриваемой диссертации (01.04.21 – Лазерная физика), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 22,
против присуждения учёной степени - 0,
воздержались - 0.

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

Колачевский Николай Николаевич

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

Золотько Александр Степанович

21 июня 2021 г.