

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.023.03 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 20 января 2020 г. № 74

О присуждении Сараевой Ирине Николаевне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Абляционное формирование коллоидных растворов наночастиц металлов и полупроводников в жидкостях ультракороткими лазерными импульсами ближнего ИК-диапазона варьируемой длительности» принята к защите 18 октября 2019 г., протокол № 72 диссертационного совета Д002.023.03, созданного 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 Сараева Ирина Николаевна, 1991 г.р., окончила магистратуру Национального Исследовательского Ядерного университета Московского инженерно-физического института по специальности "Ядерные физика и технологии" в 2014 г. с присуждением степени магистра (диплом №1077240158956). С 2014 г. работает в ФИАН, с 2016 г. - в должности младшего научного сотрудника, с 2019 г. – в должности научного сотрудника. В период с 2014 г. по 2018 г. обучалась 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 2019 г. По окончании аспирантуры Сараевой И. Н. была присуждена квалификация «Исследователь; преподаватель-исследователь» (диплом №1077050007288).

Диссертационная работа Сараевой И. Н. выполнена в Отделении Квантовой радиофизики ФИАН.

Научный руководитель, кандидат физико-математических наук Кудряшов Сергей Иванович, является специалистом в области лазерной физики и взаимодействия излучения с веществом и работает в должности ведущего научного сотрудника на Факультете лазерной фотоники и оптоэлектроники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Университет ИТМО» (ИТМО) и в ФИАН (по совместительству).

Научный консультант, доктор физико-математических наук, профессор Ионин Андрей Алексеевич, специалист в области лазерной физики, работает в должности руководителя Отделения квантовой радиофизики ФИАН.

Официальные оппоненты:

Шафеев Георгий Айратович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Научного центра волновых исследований Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (ИОФ РАН);

Заботнов Станислав Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики и молекулярной электроники Физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ),

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация - Институт теоретической физики им. Л. Д. Ландау (ИТФ им. Ландау РАН), г. Черноголовка, в своем положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН Иногамовым Наилем Алимовичем, ведущим научным сотрудником сектора «Плазма и лазеры», 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 56 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 13 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science, опубликовано 5 работ. Основные результаты, представленные в диссертационной работе Сараевой И. Н., прошли научную апробацию на многих международных научных конференциях. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения о работах, опубликованных Сараевой И. Н.

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1) Danilov P.A., Ionin A.A., Kudryashov S.I., Rudenko A.A., Saraeva I.N., Zayarny D.A., «Non-monotonic variation of Au nanoparticle yield during femtosecond/picosecond laser ablation in water», Laser. Phys. Lett., v. 14, no. 5, art. no. .056001, 2017.

2) Ionin A. A., Ivanova A. K., Khmel'nitskii R. A., Klevkov Y. V., Kudryashov S. I., Mel'nik N. N., Nastulyavichus A. A., Rudenko A. A., Saraeva I. N., Smirnov N. A., Zayarny D. A., «Milligram-per-second femtosecond laser production of Se nanoparticle inks and ink-jet printing of nanophotonic 2D-patterns», Appl. Surf. Sci., v. 436, pp. 662-669, 2018.

3) Saraeva I.N., Kudryashov S.I., Rudenko A.A., Zhilnikova M.I., Ivanov D.S., Zayarny D.A., Simakin A.V., Ionin A.A., Garcia M.E., «Effect of fs/ps laser pulse width on ablation of metals and silicon in air and liquids, and on their nanoparticle yields», Appl. Surf. Sci., v. 470, pp.1018-1034, 2019.

4) Saraeva I.N., Kudryashov S.I., Lednev V.N., Makarov S.V., Pershin S.M., Rudenko A.A., Zayarny D.A., Ionin A.A., «Single-and multishot femtosecond laser ablation of silicon and silver in air and liquid environments: plume dynamics and surface modification», Appl. Surf. Sci., v. 476, pp.576-586, 2019.

5) Saraeva I. N., Nastulyavichus A. A., Kudryashov S. I., Rudenko A. A., Zayarny D. A., Ionin A. A., Klevkov Yu. V., Zhilnikova M. I., Simakin A. V., «The effect of laser pulse width on the selenium nanoparticle smass yield», Laser. Phys. Lett., т. 16, №6, p.066004, 2019.

На автореферат диссертации поступили отзывы от доктора физико-математических наук Булгакова Александра Владимировича, главного научного сотрудника лаборатории физических процессов энергетики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С. С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, и кандидата физико-математических наук Светличного Валерия Анатольевича, заведующего лабораторией новых материалов и перспективных технологий, доцента кафедры оптики и спектроскопии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Национального исследовательского Томского государственного университета.

В отзыве доктора физико-математических наук Булгакова А. В. отмечается, что диссертационная работа Сараевой И. Н. выполнена на высоком научном уровне и носит завершённый характер. Имеется замечание о том, что в автореферате отсутствует методика определения размера пятна фокусировки лазерного излучения и имеются некоторые неточности в оформлении автореферата.

В отзыве кандидата физико-математических наук Светличного В. А. отмечается, что автореферат написан подробно и ясно, что позволяет сделать вывод о выполнении автором значительного объема разноплановых

экспериментальных исследований, а в качестве замечания отмечено отсутствие информации о прямых измерениях концентрации частиц в растворителе.

В обоих отзывах на автореферат указано, что Сараева И. Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертационная работа посвящена экспериментальным исследованиям абляционного формирования коллоидных растворов наночастиц при лазерной абляции металлических (золото, серебро) и полупроводниковых (кремний, селен) мишеней в жидких средах (деионизированная вода, изопропиловый спирт) с использованием лазерных импульсов ближнего ИК-диапазона различной длительности (0.3-10 пс). С помощью мультиспектральной диагностики спектров коэффициента экстинкции коллоидных наночастиц установлено влияние длительности лазерного импульса и жидкой среды, в которой осуществлялась обработка, на изменение количества аблированного вещества, концентрации и размеров наночастиц в генерируемых коллоидных растворах, а также на изменение поверхностного абляционного рельефа, с которого происходил выход наночастиц.

На основании выполненных соискателем исследований, диссертационный совет отмечает следующие основные результаты диссертации:

1. Определены пороговые значения плотности энергии абляции золота, серебра, кремния и селена в воздухе, деионизированной воде и изопропиловом спирте при одноимпульсном воздействии лазерными импульсами с длительностью от 0.3 пс до 10 пс и выявлена динамика их роста с увеличением длительности от 3 до 7 раз в диапазоне от 0.15 до 3 Дж/см²;

2. Выявлено соответствие выхода наночастиц и глубины абляционного рельефа с дофиламентационным и пост-филаментационным режимами, определяемыми критической мощностью самофокусировки в соответствующих растворителях (вода, изопропиловый спирт - 2 МВт и 0.7 МВт, соответственно);

3. С помощью метода мультиспектральной диагностики выявлены возрастающие и убывающие с ростом длительности лазерных импульсов зависимости выхода наноразмерных и субмикронных фракций продуктов абляции в процессе абляционной генерации коллоидных растворов, определяемые типом аблируемого материала и окружающей среды обработки. Так, при формировании коллоидов золотых и серебряных наночастиц в деионизированной воде с ростом длительности наблюдается уменьшение выхода наночастиц и увеличение выхода субмикрочастиц, тогда как в изопропанолу наблюдается обратная динамика. Для продуктов абляции, получаемых при обработке кремния в деионизированной воде и изопропанолу, выход обеих фракций уменьшается с ростом длительности импульса. При абляции селена в деионизированной воде вариация вкладов наноразмерной и субмикронной фракций с увеличением длительности происходит в пределах ошибки измерений, тогда как в изопропанолу происходит рост вклада обеих фракций;

4. Продемонстрирована возможность лазерно-абляционного формирования наночастиц селена в деионизированной воде с выходом массы аблированного вещества, достигающей мг/с.

Все основные научные результаты, включенные в диссертацию Сараевой И. Н., получены лично автором либо при его непосредственном участии, являются оригинальными и научно обоснованными.

Анализ и интерпретация полученных результатов, подготовка материалов к опубликованию производились автором лично или в сотрудничестве с соавторами.

Достоверность проведенных автором экспериментальных исследований подтверждается использованием сертифицированного оборудования и взаимодополняющих методов измерений, а также согласием с результатами теоретического моделирования.

Научная новизна результатов работы Сараевой И. Н. выражается в выявлении влияния длительности лазерных импульсов в диапазоне от 0.3 пс до 10 пс на изменение пороговых значений плотности энергии абляции при одноимпульсном воздействии, а также на вариацию выхода продуктов абляции и различных размерных фракций в корреляции с глубиной возникающего абляционного рельефа. Впервые был использован мультиспектральный анализ для определения вклада в экстинкцию наноразмерных и субмикронных продуктов абляции.

Практическая значимость результатов, полученных в диссертационной работе Сараевой И. Н., связана с нахождением оптимальных параметров для генерации ультракороткими лазерными импульсами коллоидных наночастиц металлов и полупроводников, востребованных в областях сенсорики и биомедицины. Продемонстрированная эффективность формирования наночастиц селена (мг/с) позволит производить их в промышленных масштабах для создания устройств, основанных на гигантском поглощении ИК излучения, а также антибактериальных покрытий.

В диссертационной работе решена задача определения влияния длительности лазерного импульса и окружающей среды на изменение пороговых значений плотности энергии абляции, а также на вариацию количества аблированного вещества и концентрации продуктов абляции различных фракций в корреляции с морфологией аблированной поверхности и размерами наночастиц.

На заседании 20 января 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Сараевой И. Н. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 8 докторов наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение ученой степени – 20,
против присуждения ученой степени – 1,
недействительных бюллетеней – 1.

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

_____ Колачевский Николай Николаевич

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

_____ Золотько Александр Степанович

20 января 2020 года