



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА**

**Заключение диссертационного совета МГУ.013.6
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук**

Решение диссертационного совета от 20 июня 2024 года № 10

О присуждении Соколовской Ольге Игоревна, гражданке Российской Федерации 1994 года рождения, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Влияние упругого рассеяния света на эффективность поглощения и комбинационного рассеяния света в средах с неоднородностями субмикронного размера» по специальности 1.3.6. «Оптика» принята к защите 13 мая 2024 года, протокол № 3, диссертационным советом МГУ.013.6.

Соискатель Соколовская Ольга Игоревна в 2017 году окончила физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Физика» со специализацией «Физика наносистем». С 2017 по 2021 год обучалась в очной аспирантуре физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и окончила ее с получением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». С 2022 по 2023 год соискатель работал ведущим инженером кафедры общей физики и молекулярной электроники. С 2023 года и по настоящее время соискатель работает в должности научного сотрудника кафедры общей физики и молекулярной электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена на кафедре общей физики и молекулярной электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель — Головань Леонид Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры общей физики и молекулярной электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Володин Владимир Алексеевич, доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории неравновесных полупроводниковых систем Института физики полупроводников имени А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН),

Зимняков Дмитрий Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика» Физико-технического института Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.,

Доленко Татьяна Альдефонсовна, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник кафедры квантовой электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова —

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, из них 5 по теме диссертации, в том числе 4 научных публикации в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.6. «Оптика». Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

1. **О.И. Соколовская**, С.В. Заботнов, Л.А. Головань, П.К. Кашкаров, Д.А. Куракина, Е.А. Сергеева, М.Ю. Кириллин. *Перспективы применения кремниевых наночастиц, полученных методом лазерной абляции, для гипертермии злокачественных опухолей* // Квантовая электроника, 2021, Т. 51, № 1, с. 64-72. **IF = 0.91 (РИНЦ)**
Переводная версия: **O.I. Sokolovskaya**, S.V. Zabotnov, L.A. Golovan, P.K. Kashkarov, D.A. Kurakina, E.A. Sergeeva, M.Yu. Kirillin. *Prospects for using silicon nanoparticles fabricated by laser ablation in hyperthermia of tumours* // Quantum Electronics, 2021, Vol. 51, No. 1, pp. 64–72. DOI: 10.1070/QEL17487. **JIF = 0.9 (WoS), SJR = 0.3 (Scopus)**. Общий объём статьи = 1,25 п.л.; личный вклад = 0,67 п.л.
2. **O.I. Sokolovskaya**, E.A. Sergeeva, L.A. Golovan, P.K. Kashkarov, A.V. Khilov, D.A. Kurakina, N.Y. Orlinskaya, S.V. Zabotnov, M.Y. Kirillin *Numerical simulation of enhancement of superficial tumor laser hyperthermia with silicon nanoparticles* // Photonics, 2021, Vol. 8, No. 12, Art. No. 580. DOI: 10.3390/photonics8120580. **JIF = 2.4 (WoS), SJR = 0.48 (Scopus)**. Общий объём статьи = 1,44 п.л.; личный вклад = 0,86 п.л.
3. В.Ю. Нестеров, **О.И. Соколовская**, Л.А. Головань, Д.В. Шулейко, А.В. Колчин, Д.Е. Преснов, П.К. Кашкаров, А.В. Хиллов, Д.А. Куракина, М.Ю. Кириллин, Е.А. Сергеева, С.В. Заботнов *Лазерная фрагментация кремниевых микрочастиц в жидкостях для решения задач биофотоники* // Квантовая электроника, 2022, Т. 52, № 2, с. 160-170. **IF = 0.91 (РИНЦ)**
Переводная версия: V.Yu. Nesterov, **O.I. Sokolovskaya**, L.A. Golovan, D.V. Shuleiko, A.V. Kolchin, D.E. Presnov, P.K. Kashkarov, A.V. Khilov, D.A. Kurakina, M.Yu. Kirillin, E.A. Sergeeva, S.V. Zabotnov *Laser fragmentation of silicon microparticles in liquids for solution of biophotonics problems* // Quantum Electronics, 2022, Vol. 52, No. 2, pp. 160-170. DOI: 10.1070/QEL17984. **JIF = 0.9 (WoS), SJR = 0.3 (Scopus)**. Общий объём статьи = 1,38 п.л.; личный вклад = 0,69 п.л.
4. **O. I. Sokolovskaya**, L.A. Golovan, S.V. Zabotnov, P.K. Kashkarov, E.A. Sergeeva, M.Y. Kirillin *Numerical simulation of picosecond laser fragmentation of silicon micropowder in the framework of photothermal mechanism* // Progress in Biomedical Optics and Imaging – Proceedings of SPIE, 2022, Vol. 12194, Art. No. 121940T. DOI: 10.1117/12.2628022. **SJR = 0.17 (Scopus)**. Общий объём статьи = 0,69 п.л.; личный вклад = 0,42 п.л.

На автореферат диссертации поступило 5 отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области оптики и имеют публикации по тематике диссертации. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований

продемонстрирована возможность управления поглощением света и роста эффективности комбинационного рассеяния света в условиях контролируемого упругого рассеяния света в задачах фотогипертермии, спектроскопии комбинационного рассеяния, методах лазерной фабрикации.

Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М.В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов. Продемонстрированные в работе эффекты могут стать основой для разработки протоколов фотогипертермии в присутствии кремниевых наночастиц, разработки технологии формирования наночастиц лазерной абляцией светорассеивающих мишеней, для повышения информативности методов исследования неоднородных сред, основанных на эффекте комбинационного рассеяния света.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. В результате численного моделирования процесса фотогипертермии биоткани, содержащей подкожную опухоль толщиной до 2 мм с введенными в нее кремниевыми наночастицами размером менее 100 нм в концентрации не менее 5 мг/мл, с использованием непрерывного излучения с длиной волны 633 нм и интенсивностью 560 мВт/см², позволяет достичь температуры опухоли выше 42°C, при этом нагрев ограничен областью опухоли, что не удастся осуществить в отсутствие наночастиц.
2. Выполненное численное моделирование процесса облучения кремниевых микрочастиц размером 5 мкм в составе водных суспензий с концентрациями микрочастиц 0,5–12 мг/мл одиночными пикосекундными лазерными импульсами с энергией 16 мДж и длинами волн 532 и 1064 нм, фокусируемыми в суспензию, показало, что в ней достигаются температуры фазовых переходов плавления и испарения. Продемонстрировано наличие двух областей фрагментации микрочастиц: в фокусе лазерного пучка при малой концентрации микрочастиц и в приповерхностной области суспензии при большой концентрации микрочастиц. Для случая фрагментации излучением с длиной волны 1064 нм зависимость массы расплава кремния от концентрации исходных микрочастиц является немонотонной, с минимумом при концентрации частиц 5 мг/мл.
3. Эксперименты по измерению времени жизни фотонов в суспензиях частиц рутила диаметром 0,5 мкм и фосфида галлия диаметром 3 мкм в диметилсульфоксиде, выполненные методом оптического гетеродинамирования, и моделирование методом Монте-Карло распространения света в них показывают, что введение светорассеивающих частиц в диметилсульфоксиде приводит к заметной (до 1 пс) задержке света в указанных средах, при этом с ростом объемной доли рассеивателей время жизни фотонов в суспензиях падает.
4. Анализ условий увеличения роста выхода назад сигнала комбинационного рассеяния света в суспензии, выполненный с помощью численного моделирования, показал, что данная величина немонотонно зависит от объемной доли рассеивающих частиц и их диаметра; максимально возможный рост вышедшего назад сигнала комбинационного рассеяния в условиях многократного рассеяния света составляет до 7,5 раз по сравнению со случаем отсутствия рассеивателей в растворителе. Как эксперимент, так и численное моделирование показали, что использование линзы для сбора излучения комбинационного рассеяния света приводит к уменьшению роста величины сигнала обратно-

рассеянного комбинационного рассеяния света в диметилсульфоксиде, при этом максимум сигнала комбинационного рассеяния света достигается при большей объемной доле рассеивателей.

На заседании 20 июня 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Соколовской Ольге Игоревне учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **15** человек, из них **6** докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **22** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — **13**, «против» — **1**, недействительных бюллетеней — **1**.

Председатель
диссертационного совета МГУ.013.6
доктор физико-математических наук,
профессор

Салецкий Александр Михайлович

Учёный секретарь
диссертационного совета МГУ.013.6
доктор физико-математических наук,
доцент

Косарева Ольга Григорьевна

Дата оформления заключения: 20 июня 2024 года.