

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.262.01 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 декабря 2021 г. № 14

О присуждении Колымагину Даниле Анатольевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Оптические и морфологические свойства микроструктур, полученных методом DLW-STED-фотолитографии» по специальности 1.3.6 – «Оптика» принята к защите 08 октября 2021 года, (протокол заседания № 7) диссертационным советом 24.1.262.01, созданным 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 Колымагин Данила Анатольевич, 5 мая 1994 года рождения, в 2017 году окончил Факультет общей и прикладной физики Московского физико-технического института (МФТИ), защитив магистерскую дипломную работу. С 1 сентября 2017 года обучался в аспирантуре МФТИ по направлению «Физика и астрономия» и закончил её 10 июля 2021 года, получив диплом об окончании аспирантуры с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана МФТИ в 2021 году. С сентября 2015 года по настоящее время Д.А. Колымагин работает в Лаборатории технологий 3D-печати функциональных микроструктур МФТИ. С 2018 г. по результатам конкурса зачислен на должность младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа Д.А. Колымагина выполнена в Лаборатории технологий 3D-печати функциональных микроструктур МФТИ.

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук Чубич Дмитрий Анатольевич, ведущий научный сотрудник Лаборатории технологий 3D-печати функциональных микроструктур МФТИ.

Научный консультант: доктор физико-математических наук, профессор Витухновский Алексей Григорьевич, высококвалифицированный главный научный сотрудник Отдела люминесценции Отделения оптики ФИАН.

Официальные оппоненты:

1. Першин Сергей Михайлович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник научного центра волновых исследований отдела волновых явлений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр "Институт общей физики им. А.М. Прохорова" Российской академии наук (ИОФ РАН);

2. Бутов Олег Владиславович, доктор физико-математических наук, заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова Российской академии наук (ИРЭ РАН)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»), в своем положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук Овчинниковым Олегом Владимировичем, заведующим кафедрой оптики и спектроскопии ФГБОУ ВО «ВГУ», и утвержденном доктором химических наук, доцентом Козадеровым Олегом Александровичем, проректором по науке, информации и цифровизации ФГБОУ ВО «ВГУ», указала, что соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 17 работ, из них 12 работ опубликованы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus. Получен один патент РФ. Результаты работы доложены на 5 российских и международных конференциях.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем Д.А. Колымгиным работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. R. D. Zvagelsky, D. A. Chubich, D. A. Kolymagin, E. V. Korostylev, V. V. Kovalyuk, A. I. Prokhodtsov, A. V. Tarasov, G. N. Goltsman and A. G. Vitukhnovsky. Three-dimensional polymer wire bonds on a chip: morphology and functionality //Journal of Physics D: Applied Physics. – 2020. – Т. 53. – №. 35. – С. 355102.
2. Y. E. Begantsova, R. D. Zvagelsky, E. V. Baranov, D. A. Chubich, Y. V. Chechet, D. A. Kolymagin, A. V. Pisarenko, A. G. Vitukhnovsky and S. A. Chesnokov. Imidazole-containing photoinitiators for fabrication of sub-micron structures by 3D two-photon polymerization //European Polymer Journal. - 2021 – Т. 145. – С. 110209.
3. M. I. Sharipova, T. G. Baluyan, K. A. Abrashitova, G. E. Kulagin, A. K. Petrov, A. S. Chizhov, T. B. Shatalova, D. A. Chubich, D. A. Kolymagin, A. G. Vitukhnovsky, V. O. Bessonov, and A. A. Fedyanin. Effect of pyrolysis on microstructures made of various photoresists by two-photon polymerization: comparative study //Optical Materials Express. – 2021. – Т. 11. – №. 2. – С. 371-384.
4. A. V. Pisarenko, R. D. Zvagelsky, D. A. Kolymagin, B. V. Katanchiev, A. G. Vitukhnovsky, D. A. Chubich. DLW-printed optical fiber micro-connector kit for effective light coupling in optical prototyping //Optik. – 2020. – Т. 201. – С. 163350

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у них признанных достижений в области нелинейной оптики и исследованиях оптических свойств люминесцентных материалов и фотонных

устройств.

Диссертационный совет отмечает, что в диссертации исследованы проблемы, связанные с созданием 3D-структур с субмикронной точностью реализации элементов структур методами фотолитографии. В диссертации были рассмотрены улучшения метода двухфотонной фотополимеризации (DLW-фотолитографии, Direct Laser Writing – прямая лазерная печать) путем использования оригинальных фоточувствительных композиций и оптических эффектов, в том числе метода гашения фотополимеризации за счет эффекта вынужденного излучения (DLW-STED-фотолитография, Stimulated Emission Depletion – гашение вследствие эффекта вынужденного излучения).

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

1. Создана уникальная установка с открытой архитектурой для осуществления DLW-STED-фотолитографии. Открытая архитектура установки предназначена для добавления дополнительных модулей, с помощью которых возможно исследование фоточувствительных композиций в процессе DLW-фотолитографии и DLW-STED-фотолитографии, а также определения границы раздела между фоточувствительной композицией и подложкой с точностью не хуже 10 нм.
2. Продемонстрирована возможность создания не только полимерных, но и металлоорганических 3D-микроструктур, содержащих наночастицы серебра, методом DLW-STED-фотолитографии. Установлено, что с помощью анализа времени затухания люминесценции при двухфотонном возбуждении (TR-FLIM), возможно провести качественный анализ влияния параметров литографии на концентрацию фотовосстановленных наночастиц серебра.
3. Впервые благодаря фоточувствительным композициям на основе имидазол содержащих и (мет)акрилат содержащих фотоинициаторов экспериментально реализованы микроструктуры с размерами элементов от 78 до 45 нм, что составляет 1/10 и 1/17 от длины волны фемтосекундного излучения, инициирующего реакцию фотополимеризации, соответственно.

4. Разработано оригинальное микроустройство на основе микроконнектора и согласованной с оптоволоконном микролинзы с радиусом кривизны 60 мкм для увеличения эффективности сбора излучения в оптоволоконно. Благодаря единому процессу DLW-фотолитографии для создания микроконнектора и микролинзы достигается высокая степень совмещения фокуса микролинзы и сердцевины оптоволоконно. Микролинзы, созданные методом DLW-фотолитографии, имеют оптическое качество поверхности и способны фокусировать излучение видимого диапазона.
5. Разработаны «фотонные межсоединения» (PWB, Photonic Wire Bounding), изготавливаемые методом DLW-STED-фотолитографии. Показано, что данные «фотонные межсоединения» обладают пропусканием света не хуже 5 дБ на длине волны 1550 нм.

Все основные научные результаты, включенные в диссертацию Колымагина Д.А., 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 обусловлена использованием апробированных и протестированных измерительных приборов в процессе экспериментальных исследований, высокой воспроизводимостью результатов измерений, а также хорошим согласием экспериментальных данных с расчетными. Положения и выводы, сформулированные в диссертации, получили квалифицированную апробацию на международных и российских научных конференциях. Достоверность выводов также подтверждается публикациями результатов исследований в ведущих российских и международных рецензируемых научных изданиях.

Научная новизна полученных результатов обусловлена тем, что в работе Колымагина Д.А. впервые реализована DLW-STED-фотолитография с включающими органическую соль серебра AgCF_3COO гибридными

металлорганическими композициями, а также с новыми имидазолсодержащими и (мет)акрилатсодержащими фотокомпозициями. Благодаря применению новых имидазолсодержащих и (мет)акрилатсодержащих фотокомпозиций достигнут размер линейного элемента 45 нм в объеме. Также, благодаря созданным в ходе исследований микроструктурам с помощью уникальной установки с открытой архитектурой, демонстрируются преимущества метода DLW-STED-фотолитографии для реализации функциональных элементов фотоники для среднего, ближнего ИК и видимого диапазонов излучения.

Практическая значимость исследования заключается в развитии методов создания функциональных и пассивных элементов фотоники видимого и ИК диапазонов. В частности, с помощью оригинального метода двухволновой DLW-STED-фотолитографии, рассмотренного в диссертации, возможна реализация структур для локального управления распределением электромагнитных полей в дальней волновой зоне и поляризацией непосредственно на оптических волокнах и в составе гибридных фотонных интегральных схем. Созданная на основе полученных в диссертации результатов технология применима при создании фотонных интегральных схем, гибридных фотонных структур сложной архитектуры, включающих как планарные волноводы, так и полимерные 3D-структуры.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

В ходе защиты соискатель Колымагин Д.А. аргументированно ответил на заданные ему вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 21 декабря 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Д.А. Колымагину учёную степень кандидата физико-математических наук за решение новой научной задачи о развитии методов фотолитографии с использованием излучения видимого и ближнего ИК-диапазона для создания 3D-микроструктур с размерами элементов менее 100 нм, что важно для развития фотонных технологий.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 22 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.6 – Оптика), участвовавшие в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 22,
против присуждения учёной степени - 0,
недействительных бюллетеней - 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 декабря 2021 г.