

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.106.01, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ ТЕХНОЛОГИИ
МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ОСОБОЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК
(ИПТМ РАН) ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 02.07.2024 г. № 1-24

О присуждении Сапегину Александру Андреевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Оптические свойства волноводов на дискретных наноразмерных элементах» по специальности 2.2.2 – электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств принята к защите 24.04.2024 г., протокол № 24-2-С, диссертационным советом 24.1.106.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук (ИПТМ РАН), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 142432, Московская обл., г. Черноголовка, ул. Академика Осипяна, д. 6, утвержден приказом Минобрнауки №105/нк от 11.04.2012 г..

Соискатель Сапегин Александр Андреевич, 18.08.1994 года рождения, в 2018 году с отличием окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (МФТИ), в 2022 году окончил аспирантуру МФТИ по направлению подготовки 11.06.01 – электроника, радиотехника и системы связи. Работает в Акционерном обществе «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники» (АО «НИИМЭ») начальником лаборатории.

Диссертация выполнена в отделе функциональной электроники АО «НИИМЭ».

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Барабаненков Михаил

Юрьевич, главный научный сотрудник в лаборатории рентгеновской акустооптики ИПТМ РАН.

Официальные оппоненты: Шорохов Александр Сергеевич, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры нанофотоники Физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,

Светухин Вячеслав Викторович, д-р физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. РАН, директор Федерального государственного бюджетного научного учреждения Научно-производственный комплекс "Технологический центр", – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твёрдого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН), в своем положительном заключении, подписанном д-ром физ.-мат. наук Ефимовым В.Б., ведущим научным сотрудником лаборатории квантовых кристаллов ИФТТ РАН, указала, что «По актуальности темы, объёму и значимости выводов диссертация Сапегина А.А. полностью соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор, Александр Андреевич Сапегин, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2 – электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств».

Недостовверные сведения об опубликованных работах в диссертации отсутствуют. Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации, из них 4 (каждая работа объемом 5-9 страниц) опубликованы в рецензируемых ВАК научных изданиях. Наиболее значимые публикации по теме диссертации содержат ключевые результаты, основная часть которых получена лично соискателем:

1. **Сапегин А. А.,** Барабаненков М. Ю., Итальянцев А. Г. Интегрированные в структуры микроэлектроники волноводы на

- дискретных наноразмерных элементах // Наноиндустрия. – 2018. – № S(82). – С. 252-256. – DOI 10.22184/1993-8578.2018.82.252.256
2. Barabanenkov M. Y., Italyantsev A. G., **Sapegin A. A.** Comparative Study of Light Guiding by Freestanding Linear Chains of Spherical Au and Si Nanoparticles //physica status solidi (b). – 2020. – Т. 257. – №. 9. – С. 2000151. – DOI 10.1002/pssb.202000151
 3. **Sapegin A. A.**, Barabanenkov M. Y., Italyantsev A. G. All-optical comparator based on linear chain of silicon nanoparticles //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2020. – Т. 1482. – №. 1. – С. 012033. – DOI 10.1088/1742-6596/1482/1/012033
 4. **Сапегин А. А.**, Барабаненков М. Ю. Упрощенное описание условий формирования темной моды в дискретном нановолноводе // Электронная техника. Серия 3: Микроэлектроника. – 2021. – № 3(183). – С. 62-68. – DOI 10.7868/S2410993221030088

На диссертацию и автореферат поступило 6 положительных отзывов. В них отмечается актуальность работы, важность полученных результатов и их новизна, а также указано, что автор диссертации заслуживает присуждения искомой степени. В отзыве д-ра физ.-мат. наук Замковца А.Д., ведущего научного сотрудника центра «Фотоника атомных и молекулярных структур» Института физики им. Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси, в качестве замечания указано, что подписи под рисунками в автореферате недостаточно отделены от основного текста. Д-р физ.-мат. наук Брюханов В.В., ведущий научный сотрудник Балтийского Федерального университета имени И. Канта (г. Калининград), отмечает, что автор диссертации не проводит аналогичные расчёты для частиц другой геометрической формы (цилиндров, столбиков), а также не рассматривает случай малого отклонения частиц от оси распространения. Отзыв д-ра физ.-мат. наук Трушина О.С., директора Ярославского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт имени К.А. Валиева (г. Ярославль), содержит следующее замечание: «практически отсутствует сравнение получаемых теоретических зависимостей с каким-либо экспериментом как с точки зрения дальности распространения возбуждения, так и с точки зрения условий возбуждения крайней частицы цепочки излучением с выбранной в работе поляризацией». В отзыве канд. физ.-мат. наук Колосовского Е.А., старшего научного сотрудника лаборатории оптических материалов и структур Института Физики Полупроводников им. А.В. Ржанова (г. Новосибирск) не предъявляются

замечания к автореферату. Канд. физ.-мат. наук Кононов М.А., старший научный сотрудник лаборатории лазерной биофизики Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, отмечает не совсем удачный выбор наименования «оптический компаратор» для предложенного в диссертации устройства сравнения двух оптических пучков. В отзыве д-ра физ.-мат. наук Юревича В.А., профессора кафедры техносферной безопасности и общей физики Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий (г. Могилев), также отмечается, что «изложение результатов не лишено использования жаргона и стилистических погрешностей».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что ведущая организация – передовое предприятие в области исследования свойств низкоразмерных систем, а официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в области нанофотоники, оптоэлектроники и плазмоники, что подтверждается авторитетными публикациями.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных исследований:

разработана новая аналитическая методика исследования условий дальнего распространения излучения в цепочках наночастиц различных материалов;

доказано, что неизлучающая мода дальнего распространения, возбуждаемая в линейной конечной цепочке сферических металлических частиц, отсутствует в цепочке частиц ряда полупроводниковых и диэлектрических материалов;

предложено использовать цепочки металлических наночастиц в качестве оптических межсоединений в УБИС (ультрабольших интегральных схемах).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

предложено физическое объяснение связи между условием появления моды дальнего распространения электромагнитного возбуждения в цепочке частиц с дипольным взаимодействием ближайших соседей и условием возбуждения собственных мод пары частиц;

применительно к проблематике диссертации результативно, т.е. с

получением обладающих новизной результатов, **использован** комплекс современных теоретических и аналитических методов исследования и моделирования;

изложены аналитические расчеты, свидетельствующие о возможности создания цепочек сферических частиц из золота, в которых реализованы условия дальнего (до 10^5 частиц) распространения электромагнитного излучения в узкой полосе частот;

изучено влияние природы материала на волноводные свойства цепочек частиц; изучен относительный вклад электрического дипольного волнового взаимодействия дальних соседей в амплитуду моды дальнего распространения в линейной цепочке частиц.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан алгоритм поиска частоты дальнего распространения электромагнитного излучения в цепочках наночастиц для различных материалов, что позволяет быстро определять резонансные параметры для таких волноводов и ускоряет процесс их проектирования;

представлены результаты, доказывающие перспективность использования линейных цепочек наночастиц для создания волноводов и систем оптических межсоединений;

предложен новый принцип функционирования цепочки частиц в режиме оптического компаратора. Данная техника обработки оптических сигналов лучше масштабируется и встраивается в кремниевую технологию по сравнению с методом четырехволнового смешения.

Оценка достоверности результатов выявила:

теория исследования основывается на общей и последовательной теории многократного рассеяния классических волновых полей в плотных средах, состоящих из резонансных рассеивателей, и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе литературных данных;

использованы опубликованные ранее сведения о применении метода

квантово-механического квазисепарабельного Т-оператора рассеяния в теории многократного рассеяния электромагнитных волн в плотных ансамблях частиц произвольной формы для решения задач распространения электромагнитного возбуждения вдоль цепочек наночастиц;

установлена корреляция полученных результатов в области моделирования распространения электромагнитного излучения вдоль цепочек наночастиц с данными, полученными другими авторами.

Личный вклад соискателя состоит в разработке физико-математической модели распространения излучения в цепочках наночастиц, в том числе лично автором выполнен весь объем численного моделирования и обработка полученных результатов. Кроме того, автором выполнено аналитическое исследование режимов распространения электромагнитного возбуждения, разработка и реализация численных алгоритмов; автором предложен принцип функционирования цепочки частиц в режиме оптического компаратора, проведены численные расчеты зависимости амплитуд токов в таком компараторе, а также анализ литературных данных и полученных результатов, подготовка публикаций по выполненной работе и апробация результатов исследования.

На заседании 2 июля 2024 г. диссертационный совет принял решение: за новые научно обоснованные теоретические изыскания и модели, имеющие существенное значение для развития оптоэлектроники, присудить Сапегину Александру Андреевичу учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2 – электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств (содержание диссертации соответствует п. 1 и п. 2 паспорта специальности).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 12 докторов наук по специальности 2.2.2, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 14, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета
чл.–корр. РАН



Рощупкин Дмитрий Валентинович

канд. физ.-мат. наук

Koromey

Коротницкая-Седловец Дарья Михайловна

Подпись Рощупкина Д.В. заверяю:

канд. физ.-мат. наук



О.В. Феклисова