

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 16 сентября 2024 г № 72

О присуждении Грициенко Александру Владимировичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Фотодинамика люминесценции гибридных наноструктур с твердотельными источниками света» по специальности 1.3.6 — Оптика принята к защите 04 июня 2024 года, (протокол заседания № 68) 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. Дата защиты была перенесена на 16 сентября 2024 решением диссертационного совета от 28 июня 2024 г (протокол заседания № 70).

Соискатель Грициенко Александр Владимирович, 15 января 1996 года рождения, в 2020 г. окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (МФТИ) по направлению подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика. С 2020 года обучался в аспирантуре МФТИ по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» на кафедре «Электрофизика» и закончил её в августе 2024 года. С 2018 года является сотрудником ФИАН. В настоящее время

работает в должности высококвалифицированного младшего научного сотрудника Отдела люминесценции им. С.И. Вавилова Отделения оптики ФИАН.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор, Витухновский Алексей Григорьевич, специалист в области люминесценции, нанооптики и наноплазмоники. Основное место работы – ФИАН, высококвалифицированный главный научный сотрудник Отдела люминесценции им. С.И. Вавилова Отделения оптики. Место работы по совместительству – МФТИ, главный научный сотрудник, заведующий Лабораторией технологий 3D-печати функциональных микроструктур.

Официальные оппоненты:

1. Овчинников Олег Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, декан физического факультета, заведующий кафедрой оптики и спектроскопии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет»,
2. Смирнов Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, доцент кафедры физики полупроводников и криоэлектроники Физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова».

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий» (Сколтех), город Москва, в своем положительном отзыве, подписанном доктором физико-математических наук, профессором Гиппиусом Николаем Алексеевичем, директором группы теоретической нанофотоники Центра инженерной физики, доктором физико-математических наук Дьяковым Сергеем Александровичем, доцентом группы теоретической нанофотоники Центра

инженерной физики, доктором физико-математических наук, профессором Драчевым Владимиром Прокопьевичем, директором Центра инженерной физики, и утвержденном академиком РАН, доктором технических наук, профессором Кулешовым Александром Петровичем, ректором Сколтеха, указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяющей всем требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6–Оптика.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, опубликовано 7 работ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем Грициенко А.В. работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. Gritsienko A.V., Matveev A.T., Kurochkin N.S., Voskanyan G.R., Shcherbakov D.A., Shtansky D.V., Vitukhnovsky A.G. Photocontrol of Single-Photon Generation in Boron Nitride Nanoparticles: Implications for Quantum Photon Sources, Sub-Diffraction Nanoscopy, and Bioimaging // ACS Applied Nano Materials. 2022. Vol. 5. No. 8. pp. 10462-10470.
2. Gritsienko A.V., Duleba A., Pugachev M.V., Kurochkin N.S., Vlasov I.I., Vitukhnovsky A.G., Kuntsevich A.Y. Photodynamics of Bright Subnanosecond Emission from Pure Single-Photon Sources in Hexagonal Boron Nitride // Nanomaterials. 2022. Vol. 12. No. 24. Article no. 4495.
3. Gritsienko A.V., Kurochkin N.S., Lega P.V., Orlov A.P., Ilin A.S., Eliseev S.P., Vitukhnovsky A.G. Hybrid cube-in-cup nanoantenna: towards

ordered photonics // Nanotechnology. 2021. Vol. 33. No. 1. Article no. 015201.

4. Romshin A.M., Gritsienko A.V., Lega P.V., Orlov A.P., Ilin A.S., Martyanov A.K., Sedov V.S., Vlasov I.I., Vitukhnovsky A.G. Effectively enhancing silicon-vacancy emission in a hybrid diamond-in-pit microstructure // Laser Physics Letters. 2022. Vol. 20. No. 1. Article no. 015206.

5. Gritsienko A.V., Gavrilyuk A.V., Kurochkin N.S., Vitukhnovsky A.G. High-q resonances in silicon nanoparticle coupled to nanopit // Optical and Quantum Electronics. 2024. Vol. 56. No. 5. Article no. 857.

Выбор Овчинникова Олега Владимировича в качестве официального оппонента обоснован его высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области оптики, оптической спектроскопии и фотоники наноструктур.

Выбор Смирнова Александра Михайловича в качестве официального оппонента обоснован его высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в оптике и нелинейной оптике полупроводников.

Выбор ведущей организации обоснован её репутацией признанного научного центра, проводящего исследования в области фотоники и квантовых технологий, в том числе в области плазмоники и нанофотоники.

Диссертационная работа Грициенко А.В. посвящена исследованию методом люминесцентной микроскопии оптических свойств источников одиночных фотонов и гибридных наноантенн на основе наночастиц, помещенных на металлическую поверхность и в наноуглубления. Актуальность исследования определяется перспективами создания источников одиночных фотонов с достаточной интенсивностью излучения для обеспечения защищённых систем коммуникаций, в которых не было бы необходимым использование криогенных температур.

На основании выполненных соискателем исследований были получены следующие основные результаты:

1. Обнаружено, что с помощью дополнительного ультрафиолетового излучения с длиной волны 375 нм происходит опустошение метастабильных уровней излучающих центров в наночастицах гексагонального нитрида бора с размерами менее 15 нм, что приводит к переходу центров из «темного» состояния люминесценции в «светлое», а также увеличивает контраст люминесцентных изображений до двух раз с применением данных наночастиц.
2. После обработки ионами аргона и высокотемпературного отжига на воздухе в многослойных пластинах гексагонального нитрида бора формируются излучающие центры. Для отдельных центров при комнатной температуре достигается минимальное значение автокорреляционной функции интенсивности около 0.15, при этом время жизни возбужденного состояния составляет менее 1 нс, а интенсивность детектируемого излучения - более 10^6 отсчетов в секунду.
3. Для слоя нанокристаллов CdSe/CdS, помещенных внутрь цилиндрических наноглублений в алюминии вместе с серебряными нанокубиками, среднее время жизни спонтанного излучения уменьшается до 80 раз по сравнению с нанокристаллами, размещенными на стеклянной поверхности. Обнаружено, что интенсивность излучения для слоя нанокристаллов в углублениях с нанокубиками увеличивается в среднем в 2 раза по сравнению с интенсивностью излучения нанокристаллов в углублениях без нанокубиков.
4. Установлено, что интенсивность излучения от отдельных алмазных наночастиц с излучающими SiV-центрами внутри цилиндрических наноглублений в пленке золота возрастает более чем в 8 раз при перемещении этих наночастиц с плоской поверхности золотой пленки в наноглубление.

5. Обнаружено, что добротность резонатора в виде сферической кремниевой наночастицы, помещенной внутрь цилиндрического углубления в золотой пленке, достигает значения 100.

Все результаты, представленные автором, являются новыми. Новизна обусловлена тем, что впервые:

- Подобраны режимы обработки структур с наночастицами гексагонального нитрида бора, при которых обнаружены источники одиночных фотонов. Для таких структур был выявлен эффект переключения излучателей в «светлое» состояние с помощью подсветки дополнительным лазером.

- Разработана методика для воспроизводимого создания наноантенн, включающих цилиндрические углубления в металлической пленке с помещенными в них отдельными металлическими наночастицами.

- Показано значительное усиление люминесценции SiV-центров в наноалмазах, расположенных внутри золотых наноуглублений, за счет оптически стимулированного изменения их зарядового состояния.

- Установлено, что размещение одиночной кремниевой наночастицы внутри золотого углубления значительно повышает добротность такого резонатора.

Практическая значимость полученных соискателем результатов заключается в том, что созданные источники фотонов перспективны для их использования в качестве ключевых элементов систем защищенных квантовых коммуникаций. Одним из возможных практических применений источников на основе наночастиц нитрида бора является их использование для повышения контраста изображений и оптического разрешения в субдифракционной наноскопии и технике получения биоизображений.

Результаты, полученные в диссертации, позволят расширить имеющиеся знания о структуре и свойствах локализованных излучающих состояниях в гексагональном нитриде бора. Исследованные конструкции наноантенн и их

комбинации с излучателями, работающими при комнатных температурах, могут лечь в основу практической реализации источников одиночных фотонов для коммуникационного оборудования.

Полученные результаты представляют интерес для разработки оптических и квантовых приборов с применением излучающих слоистых материалов и полупроводников в таких организациях, как Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, Университет ИТМО, Сколковский институт науки и технологий, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, ООО «Сконтел», ОАО «РЖД».

Достоверность и обоснованность результатов, представленных в диссертации, обеспечена применением современного экспериментального оборудования и известных из литературы методик, которые обеспечивали высокую точность и повторяемость экспериментальных данных. Достоверность результатов обработки экспериментальных данных и компьютерного моделирования определяется использованием известных в литературе аналитических моделей и алгоритмов.

Все основные научные результаты, включенные в диссертацию Грициенко А.В., получены лично автором, либо при его непосредственном участии. Автор проводил необходимые экспериментальные измерения и численное моделирование, анализировал и обрабатывал полученные данные. В частности, автором лично был разработан набор различных наноантенн на основе частиц внутри углублений, был применен метод микроскопии с использованием дополнительного лазера, а также предложены методы по получению источников одиночных фотонов в гексагональном нитриде бора. Подготовка публикаций проводилась совместно с соавторами, при этом вклад соискателя был определяющим.

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

На заседании 16 сентября 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Грициенко А.В. учёную степень кандидата физико-математических наук за решение научной задачи по разработке твердотельных источников одиночных фотонов и наноантенн, работающих при комнатных температурах и обладающих высокой интенсивностью излучения, что необходимо для развития технологий, связанных с разработкой эффективных излучателей для защищенной оптической коммуникации, а также люминесцентной микроскопии.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.6 — Оптика), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 19,
против присуждения учёной степени - 0,
недействительных бюллетеней - 0.

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

Колачевский Николай Николаевич

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

Золотько Александр Степанович

16 сентября 2024 г.