

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 21 декабря 2020 г. № 90

О присуждении Курочкину Никите Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Оптические свойства нанокристаллов в плазмонных наноантеннах и диэлектрических средах» по специальности 01.04.05 – «Оптика» принята к защите 12 октября 2020 года, протокол № 84 диссертационного совета Д002.023.03, созданного 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 Курочкин Никита Сергеевич, 1993 года рождения, в 2016 году окончил факультет общей и прикладной физики Московского физико-технического института (МФТИ), защитив магистерскую дипломную работу. С 1 октября 2016 года обучался в аспирантуре МФТИ на Кафедре квантовой радиофизики, являющейся базовой кафедрой МФТИ в ФИАН, по специальности 01.04.05 «Оптика» и закончил её в 2020 году, получив диплом об окончании аспирантуры с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана МФТИ в 2020 году. С 2015 года по настоящее время Н.С. Курочкин работает в ФИАН; в 2020 году был зачислен по конкурсу на должность младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа Н.С. Курочкина выполнена в Отделе люминесценции Отделения оптики ФИАН.

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

Научный консультант: кандидат физико-математических наук Елисеев Станислав Петрович, старший научный сотрудник лаборатории технологий 3D-печати функциональных микроструктур Московского физико-технического института.

Официальные оппоненты:

1. Лощёнов Виктор Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией лазерной биоспектроскопии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН;
2. Кузьмин Владимир Александрович, доктор химических наук, заведующий лабораторией процессов фотосенсибилизации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН (ИБХФ РАН)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ имени Н.Э. Баумана), в своем положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук Бункиным Николаем Федоровичем, профессором кафедры ФН-4 «Физика» МГТУ им. Н.Э. Баумана, и доктором физико-математических наук Морозовым Андреем Николаевичем, профессором, заведующим кафедрой ФН-4 «Физика» МГТУ им. Н.Э. Баумана, и утвержденном кандидатом экономических наук,

доцентом Старожилом Евгением Андреевичем, проректором по экономике и инновациям МГТУ им. Н.Э. Баумана, указала, что соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, опубликовано 6 работ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем Н.С. Курочкиным работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Kurochkin N. S., Eliseev S. P., Gritsienko A. V., Sychev V. V., Vitukhnovsky A. G. Silver nanoparticle on aluminum mirror: Active spectroscopy and decay rate enhancement // Nanotechnology. — 2020.— Vol. 31, no. 50.
2. Kurochkin N. S., Eliseev S. P., Vitukhnovsky A. G. Plasmon resonance in nanopatch antennas with triangular nanoprisms // Optik. — 2019. — Vol. 185. — P. 716–720.
3. Kurochkin N. S., Katsaba A. V., Ambrozevich S. A., Vitukhnovsky A. G., Vaschenko A. A., Tananaev P. N. Energy transfer in hybrid systems composed of TPD and CdSe/CdS/ZnS colloidal nanocrystals // Journal of Luminescence. — 2018. — Feb. — Vol. 194. — P. 530–534.
4. Елисеев С. П., Витухновский А. Г., Чубич Д. А., Курочкин Н. С., Сычев В. В., Марченко А. А. Пикосекундное время спонтанного излучения в плазмонных патч-наноантеннах // Письма в ЖЭТФ. — 2016. — Т. 103, №2. — С. 88–92.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у них признанных достижений в области спектроскопии люминесцентных материалов и время-разрешенных измерений.

Диссертационный совет отмечает, что в диссертации проведено исследование источников одиночных фотонов на базе коллоидных квантовых точек и центров окраски в наноалмазах, а также созданы экспериментальные образцы наноустройств планарной геометрии, типа нанопатч антенн (наночастиц на металлическом зеркале).

В работе получены следующие результаты:

1. Реализован метод обнаружения металлических наночастиц с размером ~ 80 нм на металлической поверхности в системе конфокального микроскопа и перестраиваемого лазерного источника света. С использованием этого метода проведены исследования нанопатч антенн на алюминиевой подложке с серебряными наночастицами кубической и треугольной формы.
2. Экспериментально продемонстрировано значительное сокращение времени затухания люминесценции (до 600 раз, с 7.5 нс до 12 пс) для нанопатч антенн с серебряной треугольной нанопризмой на алюминиевом основании. Для нанопатч антенны кубической формы достигнут фактор роста интенсивности люминесценции в 330 раз и фактор увеличения скорости затухания люминесценции в 60 раз.
3. Рассчитаны зависимости длины волны пика плазмонного резонанса для серебряной наночастицы, имеющей форму треугольной призмы, в различном окружении (в свободном пространстве, в воде, на стеклянной подложке и в нанопатч антенне с алюминиевым основанием) от геометрических параметров и диэлектрических свойств окружающей среды. Установлено, что положение пика плазмонного резонанса смещается в красную область спектра при увеличении длины ее ребра, а с увеличением высоты призмы и расстояния от нее до металлического слоя – в синюю область.
4. На основе результатов измерений кинетики затухания люминесценции выяснено, что скорость переноса энергии возбуждения между

трехслойными коллоидными квантовыми точками, CdSe/CdS/ZnS, с различными длинами лигандов и органическим комплексом TPD (N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidine), подчиняется степенному закону. Установлено, что скорость переноса возбуждения между органическими молекулами TPD и квантовыми точками имеет ферстеровский характер, уменьшаясь с увеличением толщины лигандной оболочки квантовых точек в зависимости от среднего расстояния между центрами квантовых точек по степенному закону.

5. Исследованы два типа источников одиночных фотонов: многослойные коллоидные квантовые точки и центры окраски в наноалмазах, для которых получены корреляционные функции второго порядка. Обнаружено, что структура уровней энергии центров окраски в алмазах с размерами от 50 нм до 250 нм проявляет двухуровневый и трехуровневый характер в зависимости от мощности лазерного возбуждения.
6. Рассчитаны спектральные положения пика плазмонного резонанса в детекторе ближнего и среднего ИК диапазонов, содержащем массив прямоугольных плазмонных наноантенн и фоточувствительный слой коллоидных квантовых точек PbSe. Из расчета следует пятикратное увеличение коэффициента фотопоглощения на длине волны плазмонного резонанса в сравнении со случаем детектора без массива наноантенн.

Результаты работы Н.С. Курочкина оригинальны и научно обоснованы. Их достоверность подтверждается адекватным выбором экспериментальных методик, использованием современного оборудования и хорошим количественным согласием результатов проведенных автором численных расчетов с полученными экспериментальными данными. Все результаты получены лично автором либо при его непосредственном участии.

Научная новизна полученных результатов обусловлена тем, что впервые созданы и исследованы экспериментальные образцы наноатч антенн на алюминиевом основании с наночастицами треугольной и кубической

геометрии, для которых достигнуто значительное (до 600 раз) сокращение времени люминесценции коллоидных квантовых точек. Исследование плазмонных нанопатч антенн осуществлено предложенным автором диссертации оригинальным методом регистрации их излучения при резонансном возбуждении моды наноантенны.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты открывают возможности для создания быстродействующих (пикосекундной длительности) однофотонных источников излучения нового типа. Результаты исследования резонансных свойств периодической структуры -наноантенн, помещенных в слой полупроводниковых квантовых точек, имеют принципиально важное значение при создании приемников излучения инфракрасного диапазона, работающих при комнатных температурах. Результаты экспериментов по изучению процессов и механизмов переноса возбуждения в системе коллоидные квантовые точки – органическая матрица TPD важны при проектировании светоизлучающих и фотовольтаических устройств нового поколения.

В диссертационной работе решена задача создания нанопатч антенн кубической и треугольной геометрий с алюминиевым основанием и их исследования, а также разработки метода идентификации металлических наночастиц на металлической поверхности. Это имеет важное значение для развития оптики, спектроскопии и применений в медицине.

Результаты работы могут быть использованы в области спектроскопии источников одиночных фотонов и при разработке оптических быстродействующих устройств на основе полупроводниковых коллоидных квантовых точек.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

На заседании 21 декабря 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Н.С. Курочкину учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 18 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.05 – Оптика), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали

за присуждение учёной степени – 18,

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 2020 г.