

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.166.01, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 02.12.2020 № 7

О присуждении Кудряшову Михаилу Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Морфология, оптические и электрофизические свойства новых композиционных материалов на базе полимеров, содержащих наночастицы серебра» по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» – принята к защите 23 сентября 2020 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом Д212.166.01, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 603950, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23, приказ от 11.04.2012 г. №105/нк о создании диссертационного совета.

Соискатель Кудряшов Михаил Александрович, 1986 года рождения, в 2008 году окончил Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, в 2011 году завершил освоение программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (срок обучения с 01.07.2008 г. по

01.07.2011 г.), работает в должности научного сотрудника научно-исследовательской лаборатории кафедры теоретической физики физического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

Диссертация выполнена на кафедре физики полупроводников и оптоэлектроники (с 27 февраля 2019 года объединена с кафедрой электроники твердого тела с переименованием в кафедру физики полупроводников, электроники и наноэлектроники) физического факультета и в научно-исследовательской лаборатории функциональных наноматериалов отдела фундаментальных и прикладных исследований федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Машин Александр Иванович, профессор, доктор физико-математических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией функциональных наноматериалов отдела фундаментальных и прикладных исследований федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Официальные оппоненты:

1. Барабаненков Михаил Юрьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории рентгеновской акустооптики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук;

2. Ерохин Виктор Васильевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник НИЛ OpenLab Генные и клеточные технологии Научно-клинического центра прецизионной и регенеративной медицины Института фундаментальной медицины и биологии федерального

государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук» (ФИЦ КазНЦ РАН) – в своем положительном отзыве, составленном и подписанном Хайбуллиным Рустамом Ильдусовичем, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Казанского физико-технического института им. Е.К. Завойского – обособленного структурного подразделения ведущей организации, и утвержденном Калачевым Алексеем Алексеевичем, доктором физико-математических наук, заместителем директора ФИЦ КазНЦ РАН по научной работе, отметила, что «Научная новизна работы заключается в том, что впервые методом УФ полимеризации были получены новые нанокompозитные материалы на базе прозрачной полимерной матрицы ПАН, содержащей в своем объеме наноразмерные частицы серебра с различной морфологией и дисперсными параметрами. В связи с этим все представленные в диссертации результаты исследования структурных, оптических и электрических свойств полученных нанокompозитных материалов являются качественно новыми и вносят существенный вклад в понимание природы и механизмов возникновения оптического и электрического отклика в металлосодержащих полимерных материалах. Особо стоит отметить новые результаты по исследованию влияния параметров и условий синтеза композитов на форму, размер и плотность наночастиц серебра, что дает возможность контролировать эти параметры и создавать серебросодержащие нанокompозитные пленки на основе ПАН с заданными оптическими и электрическими характеристиками». Ведущая организация подчеркивает практическую значимость результатов диссертации, которые могут быть применены «при производстве новых эффективных солнечных концентраторов». Ведущая организация делает вывод, что «диссертация на тему «Морфология, оптические и электрофизические свойства новых композиционных материалов на базе

полимеров, содержащих наночастицы серебра» удовлетворяет всем требованиям ВАК и "Положению о порядке присуждения степеней", утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, а ее автор, Кудряшов Михаил Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Соискатель имеет 48 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 23, из них 6 статей в журналах, включенных в Перечень ВАК РФ, в том числе индексируемых международными библиографическими базами Web of Science и Scopus, и 17 публикаций в сборниках трудов и тезисов докладов российских и международных научных конференций. В публикациях соискателя по теме диссертации отражена проделанная им работа по получению серебросодержащих полимерных нанокомпозитных пленок и исследованию их морфологии, оптических и электрофизических свойств. Автором **лично, либо в соавторстве** при его непосредственном участии, получены и обработаны экспериментальные результаты. **Автор принимал участие** в обсуждении и анализе полученных результатов и подготовке работ к печати. Личный вклад соискателя в опубликованные по теме диссертации работы является определяющим.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Металлополимерные композитные пленки на основе полиакрилонитрила и наночастиц серебра. Получение и свойства / М. А. Кудряшов, А. И. Машин, А. С. Тюрин, Дж. Кидикимо, Дж. Де Фильпо // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2010. – № 5. – С. 84–88.
2. Исследование морфологии нанокомпозита серебро/полиакрилонитрил / М. А. Кудряшов, А. И. Машин, А. С. Тюрин, А. Е. Федосов, G. Chidichimo, G. De Filpo // Журнал технической физики. – 2011. – Т. 81, вып. 1. – С. 95–100.
3. Частотная зависимость проводимости в нанокомпозитах Ag/PAN / М. А. Кудряшов, А. И. Машин, А. А. Логунов, G. Chidichimo, G. De Filpo // Журнал технической физики. – 2012. – Т. 82, вып. 7. – С. 69–74.

4. Диэлектрические свойства нанокомпозитов Ag/ПАН / М. А. Кудряшов, А. И. Машин, А. А. Логунов, G. Chidichimo, G. De Filpo // Журнал технической физики. – 2014. – Т. 84, вып. 7. – С. 67–71.
5. Структура и оптические свойства нанокомпозитов серебро/полиакрилонитрил / М. А. Кудряшов, А. И. Машин, А. В. Нежданов, А. А. Логунов, Т. А. Грачева, Т. А. Кузьмичева, G. Chidichimo, G. De Filpo // Журнал технической физики. – 2016. – Т. 86, вып. 11. – С. 80–85.
6. Ag/PVP/PAN nanocomposites with triangular nanoprisms of silver synthesized by UV-induced polymerization: Morphology manipulation and optical properties tuning / M. Kudryashov, A. Logunov, D. Gogova, A. Mashin, G. De Filpo // Optical Materials. – 2020. – V. 101. – P. 109746.

Сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, **достоверны**.

На автореферат диссертации поступило 4 отзыва.

1) Домашевская Эвелина Павловна, доктор физико-математических наук, академик РАН, главный научный сотрудник федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет», отмечает в своем отзыве, что «весь объемный комплекс экспериментальных данных, полученный автором диссертации, позволяет прогнозировать улучшение оптических и электрических характеристик в подобных нанокомпозитах и вырабатывать рекомендации для проведения синтеза», а диссертация «представляет собой научно-исследовательскую работу, содержащую решение актуальных задач физики конденсированного состояния». Отзыв не содержит замечаний.

2) Сресели Ольга Михайловна, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН, в своем отзыве отмечает актуальность и новизну диссертации. В работе получен «ряд интересных результатов, которые обогащают представления о поведении наночастиц Ag в полимерной матрице». Среди результатов выделяет «получение

треугольных нанопризм серебра...» и «прыжковый механизм проводимости...». Отзыв не содержит замечаний.

3) Терехов Владимир Андреевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики твердого тела и наноструктур федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет», отмечает в своем отзыве, что «диссертация Кудряшова М.А., направленная на разработку технологии, получение и исследование оптических и электрофизических свойств различных по составу композитов на основе полимерных материалов и наночастиц серебра вполне актуальна». В диссертации предложены и реализованы «технология формирования нанокompозитных пленок Ag/ПАН со сферическими наночастицами серебра размером 2-13 нм...» и «технология получения нанокompозитных пленок Ag/ПВП/ПАН, позволяющая формировать как сферические наночастицы серебра размером 10-60 нм, так и в виде призм с размерами ~ 40 нм (основание) $\times 15$ нм...». Отзыв не содержит замечаний.

4) Сотрудники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»: Аликин Денис Олегович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики конденсированного состояния и наноразмерных систем, старший научный сотрудник Отдела оптоэлектроники и полупроводниковой техники НИИ физики и прикладной математики, Институт естественных наук и математики, и Пряхина Виктория Игоревна, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Отдела оптоэлектроники и полупроводниковой техники НИИ физики и прикладной математики, Институт естественных наук и математики, в своем отзыве отмечают, что «диссертационная работа Кудряшова М.А., посвященная получению твердых нанокompозитных пленок с наночастицами серебра, является актуальной». «В автореферате продемонстрировано влияние условий синтеза на морфологию, оптические и электрические свойства композитов, а также возможность контролируемо их изменять».

Отзыв содержит пять замечаний:

1. «В тексте приводятся достаточно демонстративные изображения наночастиц в композитной пленке, однако размеры наночастиц, описываются в тексте весьма условно (например, на стр. 9 «средний диаметр наночастиц составляет приблизительно 3.5 нм и возрастает примерно до 13 нм»). Более демонстративным было бы дополнить изображения графиками распределения по размерам частиц».
2. «По ходу всего текста при описании значений величин автор часто использует слова «приблизительно» и «около» вместо того, чтобы оперировать точностью измерений и указывать погрешность».
3. «На стр. 10 и рисунке 3 продемонстрировано кристаллическое строение наночастиц серебра в композите, однако не идентифицируются параметры решетки».
4. «На стр. 15 автореферата при описании частотных зависимостей проводимости автор ссылается на выражение 3.13, которое отсутствует в тексте автореферата».
5. «Автором вводится множество сокращений и обозначений, которые используются в тексте нерегулярно, что затрудняет восприятие текста».

Все отзывы на автореферат диссертации положительные. В них отмечается актуальность темы исследования, новизна результатов, их научная и практическая значимость. В отзыве, содержащем замечания, отмечается, что последние не снижают общую положительную оценку диссертации. Во всех отзывах делается вывод, что соискатель М.А. Кудряшов заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тематической близостью их научных исследований и диссертационной работы соискателя, проявляющейся в изучении структурных и оптических свойств металлических наночастиц в различных матрицах. В частности, в Казанском физико-техническом институте им. Е.К. Завойского – обособленном структурном

подразделении ведущей организации – основные направления научной деятельности: 1) ионно-лучевой синтез металлополимерных композитных материалов; 2) ионный синтез новых магнитных материалов для индустрии магнитной записи и хранения информации, магнитосенсорной электроники и спинтроники; 3) исследование наноструктуры, линейных и нелинейных оптических свойств композиционных материалов с металлическими наночастицами; 4) разработка новых методик синтеза и создание на их основе тонкослойных пористых полупроводниковых слоев кремния и германия с металлическими плазмонными наночастицами для решения задач наноэлектроники и солнечной энергетики; 5) разработка и апробирование новых подходов для создания функциональных материалов с наночастицами благородных металлов с заданным гранулометрическими параметрами, проявляющими резонансные плазмонные возбуждения, и изучение особенности гигантского комбинационного рассеяния света на них для широкого класса органических соединений с целью совершенствования химических и биологических сенсорных свойств; 6) создание высокоупорядоченных по поверхности островковых периодических микроструктур с заданными геометрическими формами, содержащими различные типы металлических наночастиц; 7) формирование гибридных материалов на основе полимеров с квантовыми точками CdSe и CdS, комбинируемых со средами, содержащими наночастицы благородных металлов, и изучение особенности возбуждения и повышения интенсивности фотолюминесценции квантовых точек и т.д. Известными специалистами ведущей организации в указанных областях являются: доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Файзрахманов Ильдар Абдулкабирович; кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Хайбуллин Рустам Ильдусович (составитель отзыва ведущей организации); доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Петухов Владимир Юрьевич; доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Степанов Андрей Львович и др.

Официальный оппонент Барабаненков Михаил Юрьевич –

высококвалифицированный специалист в области моделирования и исследования свойств различных цепочек металлических и полупроводниковых наночастиц.

Официальный оппонент Ерохин Виктор Васильевич – высококвалифицированный специалист в области получения и исследования различных полимерных мемристорных устройств, в том числе содержащих металлические наночастицы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований впервые получены следующие **результаты**:

получены и исследованы твердые нанокомпозитные пленки серебро/полиакрилонитрил (Ag/ПАН) и серебро/поливинилпирролидон/полиакрилонитрил (Ag/ПВП/ПАН) с различной морфологией наночастиц серебра, синтезированные методом УФ-полимеризации;

изучено влияние условий получения нанокомпозитов на размер, форму и плотность формирующихся наночастиц серебра;

комплексно исследованы оптические и электрические свойства нанокомпозитных пленок Ag/ПАН, а именно: спектры оптической плотности в видимом диапазоне, ИК-спектры пропускания, спектры фотолюминесценции и комбинационного рассеяния света, частотные и температурные зависимости электрического модуля (обратной величины диэлектрической проницаемости) и удельной проводимости;

показано, что в зависимости от содержания исходных компонентов реакционной смеси наблюдается изменение размера и плотности сферических наночастиц серебра в пленках Ag/ПАН, в результате чего также изменяются оптические и электрические свойства этих пленок;

обнаружено, что формирование наночастиц серебра в полиакрилонитриле приводит к усилению интенсивности фотолюминесценции и комбинационного рассеяния света полимера;

установлено, что в нанокомпозитных пленках наблюдается прыжковый механизм переноса заряда и межфазная поляризация;

предложено, что прыжковый механизм переноса заряда происходит за счет

непрямого туннелирования между металлическими наночастицами через заряженные кластеры серебра Ag_4^{2+} и Ag_8^{2+} ;

исследовано влияние времени выдержки исходной реакционной смеси на морфологию и оптические свойства нанокомпозитных пленок Ag/ПВП/ПАН;

обнаружено, что образование треугольных нанопризм серебра в пленках Ag/ПВП/ПАН приводит к появлению на спектрах оптической плотности полос поверхностного плазмонного резонанса при 340 нм и в диапазоне 585-650 нм.

Представлено следующее:

1. Оригинальный способ формирования нанокомпозитных пленок Ag/ПАН с наночастицами серебра сферической формы, размером 2-13 нм и плотностью $10^{16} - 10^{17} \text{ см}^{-3}$;
2. Оригинальный способ получения твердых нанокомпозитных пленок Ag/ПВП/ПАН со сферическими наночастицами (размером 10-60 нм) и треугольными нанопризмами серебра (со стороной основания ~ 40 нм и высотой ~ 15 нм).

Доказано следующее:

1. Нанокомпозиты Ag/ПАН характеризуются прыжковым механизмом переноса заряда и межфазной поляризацией. С ростом размера наночастиц серебра на спектрах оптической плотности полоса плазмонного резонанса в диапазоне 420-450 нм сдвигается в длинноволновую область, а ее интенсивность коррелирует с плотностью нановключений;
2. Формирование треугольных нанопризм серебра в пленках Ag/ПВП/ПАН является причиной появления полос поглощения при 340 нм и в диапазоне 585-650 нм, характерных для поперечной квадрупольной и продольной дипольной мод поверхностного плазмонного резонанса, соответственно.

Практическая значимость диссертации обусловлена тем, что:

ее результаты могут быть использованы при выборе оптимальных условий для создания элементов различных оптических устройств со специфическими спектрами поглощения, а также придания пластичным покрытиям уникальных электрических свойств. Обнаруженное усиление фотолюминесценции

полиакрилонитрила в присутствии наночастиц серебра может быть использовано для создания новых эффективных солнечных концентраторов.

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

представленные результаты относятся к поиску новых способов получения полимерных нанокомпозитов с контролируемой морфологией металлических наночастиц. Комплексные исследования морфологии, оптических и электрических свойств позволят в дальнейшем прогнозировать необходимые характеристики при получении подобных материалов. Представленные методы получения на основе УФ-полимеризации позволяют синтезировать металлополимерные нанокомпозиты с заданными оптическими и электрическими свойствами большой площади в промышленном масштабе.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

полученные соискателем результаты достоверны и обоснованы, что обеспечивается использованием проверенных методов экспериментальной физики, отсутствием каких-либо противоречий в результатах экспериментов и их интерпретации, сопоставлением экспериментальных результатов с известными литературными данными и проверкой их теоретическими моделями.

Установлено, что авторские результаты не противоречат литературным данным.

Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы для использования в ряде научно-образовательных и научно-исследовательских организаций, среди которых можно выделить Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород), Институт физики микроструктур РАН (г. Нижний Новгород), Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН (г. Черноголовка), Южный федеральный университет (г. Ростов-на-Дону), Государственный научный центр Российской Федерации Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова (г. Москва), Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (г. Санкт-

Санкт-Петербург), Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва), Физико-технический институт УрО РАН (г. Ижевск), Воронежский государственный университет (г. Воронеж), Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук» (г. Казань), Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (г. Санкт-Петербург).

Личный вклад соискателя состоит в:

получении металлополимерных нанокомпозитных пленок по методам, разработанным совместно с итальянскими коллегами из Калабрийского университета PhD Дж. Кидикимо и PhD Дж. Де Фильпо, а также с к.х.н. А.А. Логуновым;

измерении частотной зависимости электрических свойств пленок (проводимости и емкости) при различных температурах, а также анализе полученных результатов;

исследовании и анализе оптических свойств нанокомпозитных пленок методом ИК спектроскопии и спектрофотометрии;

анализе изображений просвечивающей электронной микроскопии, а также спектров комбинационного рассеяния света и фотолюминесценции;

соискатель принимал непосредственное участие в обсуждении постановок задач, написании статей и отчетов (в рамках финансируемых НИР) по теме диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что диссертация Кудряшова М.А. соответствует паспорту научной специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния, и представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, содержащую новые и оригинальные результаты, относящиеся к решению научной задачи исследования особенностей морфологии, оптических и электрических свойств металлополимерных нанокомпозитов. Диссертация Кудряшова М.А. вносит вклад в развитие физики конденсированного состояния и отвечает соответствующему требованию к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук пункта 9 Положения о

присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842.

С учетом вышесказанного установлено, что диссертация Кудряшова М.А. соответствует всем критериям и требованиям Раздела II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013, № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании 02.12.2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Кудряшову М.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.07 – физика конденсированного состояния), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против 0 (нет), воздержавшихся 0 (нет).

Члены комиссии диссертационного совета, подготовившие проект настоящего заключения

 /Трушин Владимир Николаевич/

 /Нохрин Алексей Владимирович/

 /Сулейманов Евгений Владимирович/

Председатель

диссертационного совета

Чупрунов Евгений Владимирович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Марычев Михаил Олегович

Дата оформления Заключения 02.12.2020 г.

