

УТВЕРЖДАЮ

Врио ректора ФГБОУ ВО «КНИТУ»,

Д.Т.Н

Казаков Ю.М.

2021 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

по диссертации Низамеевой Гулии Ривалевны

на соискание ученой степени кандидата химических наук

(выписка из протокола № 3 расширенного заседания кафедры физики

ФГБОУ ВО «КНИТУ» от 21.10.2021 г.)

Присутствовали *от кафедры физики*: к.х.н., **Холин К. В.** – и. о. заведующего кафедрой физики; д.х.н., доцент **Кадиров М. К.**; д.х.н., профессор **Нефедьев Е.С.**; д. ф. – м. н., профессор **Гайсин Н. К.**; д.х.н., профессор **Минкин В.С.**; д.х.н., доцент **Старостина И.А.**; к.т.н., доцент **Шарафутдинов Р. А.**; к.ф. – м.н., доцент **Репин В. Б.**; к.т.н., доцент **Зиятдинов Р. Х.**; к.п.н., доцент **Агишева М. А.**; к.х.н, доцент **Миракова Т. Ю.**; к.х.н. **Низамеев И. Р.**; к.т.н., доцент **Сальманов Р. С.**; к.т.н., доцент **Репина А. В.**; к.х.н. **Галеева Э. И.**; к.х.н. **Иванова А. А.**; к.п.н. **Кузина Н. А.**; к.ф. – м.н., доцент **Садыкова А. Ю.**; к.ф.-м.н., доцент **Архипов В. П.**; к.ф.-м.н., доцент **Темников А. Н.**; **Вертепа А. В.** – аспирант кафедры физики; **Идиатуллин З. Ш.** – заведующий лабораторией кафедры физики; **Кадиров Д. М.** – ведущий инженер кафедры физики.

от кафедры общей и неорганической химии д.х.н., профессор **Назмутдинов Р. Р.**

от НИИ Перспективные углеродные наноматериалы ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»: к.х.н., ведущий научный сотрудник **Димиев А. М.**

от ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН: д.х.н. **Будникова Ю. Г.**, д.х.н. **Балакина М. Ю.**, д.х.н. доцент **Мустафина А. Р.**, д.х.н. **Латыпов Ш. К.**

Всего присутствовали – **29** человек.

Повестка: Обсуждение диссертационной работы Низамеевой Гулии Ривалевны, аспиранта кафедры физики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Диссертация «Ориентированные наносети платины, полученные химическим осаждением на мицеллярном шаблоне, как основа оптически прозрачных электропроводящих покрытий» выполнена на кафедре физики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Низамеева Г. Р. в 2016 г. с отличием окончила магистратуру ФГБОУ ВО «КНИТУ».

С 1.10.2017 по 30.09.2021 Низамеева Г. Р. являлась аспирантом очной формы обучения кафедры физики и в настоящее время работает на кафедре физики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» в должности ассистента.

Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2021 г. ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Научный руководитель – доктор химических наук, доцент Кадиров М. К. работает в должности профессора кафедры физики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Слушали: доклад Низамеевой Гулии Ривалевны, доложившей основные результаты диссертационного исследования.

С оценкой работы выступили:

Научный руководитель, д.х.н., доцент Кадилов М. К.:

Низамеева Гулия Ривалевна пришла к нам на кафедру после окончания с отличием магистратуры ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет». С 2017 по 2021 год обучалась в аспирантуре. За время обучения в аспирантуре проявила творческий подход к выполнению работы, научную смелость, талант экспериментатора. Заслужила уважение коллег. Принимала участие в различных Всероссийских и Республиканских научных конкурсах и занимала призовые места. За время обучения в аспирантуре она поднимала престиж кафедры физики и престиж нашего университета. Она была в числе лучших аспирантов Университета. Кроме этого, за время обучения в аспирантуре она освоила сложнейшие методы исследования – атомно-силовую и просвечивающую электронную микроскопию. Параллельно с обучением в аспирантуре Низамеева Гулия Ривалевна преподавала дисциплину «Физика» на нашей кафедре для студентов 1-2 курса очной формы обучения. В настоящее время стаж преподавания составляет 3 года. Всех призываю проголосовать за дальнейшее прохождение работы.

Д.х.н., профессор Нефедьев Е.С.:

Здравствуйте. Я бывший заведующий кафедрой физики. Когда Гулия Ривалевна пришла к нам в аспирантуру, ей было предложено преподавательская деятельность, с чем она прекрасно справилась. Говоря о практической значимости работы, сегодня она преподает курс физики на факультете наноматериалов и нанотехнологий, рассказывая о своей научной работе и достижениях нанотехнологий в этой области. Факультет проблемный, но она прекрасно справляется со своей работой. Гулия Ривалевна прекрасный ученый. Я прошу поддержать ее и допустить к защите.

Д.х.н. Латыпов Ш. К.:

Мне было очень интересно послушать от фундаментальных вещей до прикладной части. Шаг за шагом человек шел к своей цели. Даже на 3 этапа разделил свою работу и каждый этап показал. Мы видим, откуда он начал и куда дошел, и с этой точки зрения вопросов нет. Работа очень интересная и очень актуальная. Я первый раз слушал соискателя и мне было очень интересно, как и послушать ее, так и наблюдать, как она защищалась. Видно, что она уже состоявшийся специалист. Мне кажется, что здесь тоже не должно быть никаких вопросов. Единственно, бывают какие-то недочеты и пожелания, но они всегда бывают, потому что процесс совершенства бесконечен. И я призываю проголосовать «за».

Д.х.н. Будникова Ю. Г.:

Необходимо, чтобы название работы четче отображало цель исследования. Считаю, было бы неплохо больше выпячивать химические аспекты исследования. Какие превращения вы исследуете? Подумайте, пожалуйста. А так все хорошо, все интересно. Тема очень интересная. Публикации есть, все нормально.

Рецензент, к.х.н., ведущий научный сотрудник НИЛ Перспективные углеродные наноматериалы ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Димиев А. М.:

К сожалению, у меня не было возможности побеседовать с соискателем до данного мероприятия. Весь вывод о данной работе я делал исключительно на основе автореферата и диссертационной работы. Сегодня я с большим удовлетворением для себя обнаружил, что соискатель, как говорится, 100 % в теме. Уверенно держится, совершенно ясно и понятно, что вся работа выполнена непосредственно самим соискателем, потому что есть полное понимание того, что происходит. Если где-то, что-то не знает, то не стесняется сказать. И это очень хорошо.

В продолжение дискуссии о соответствии диссертации к специальности «Физическая химия» хочу сказать, что на самом деле вот эта работа относится к той теме, который за рубежом называется «Material Science». К сожалению, в нашей стране такой специальности как «Material Science» до сих пор нет. Я сам лично столкнулся в своей работе с такой сложностью, и мне нужно было решать, по какой специальности защищаться. И здесь люди стоят перед определенной дилеммой и половина людей, которые делают работы в этой области, защищаются именно по физической химии, а другая половина ищет какую-то специальность в области физики. Поэтому я призываю членов диссертационного совета отнестись с пониманием к такому положению вещей, а саму соискательницу я приглашаю к себе. Я подскажу, как сделать акцент на моменте физической химии.

Постановили:

По результатам рассмотрения диссертации Низамеевой Г.Р. «Ориентированные наносети платины, полученные химическим осаждением на мицеллярном шаблоне, как основа оптически прозрачных электропроводящих покрытий» принять следующее заключение:

Актуальность темы исследования. Жидкокристаллические экраны, сенсорные панели, органические светодиоды, солнечные батареи и множество других массовых продуктов современной электроники и оптоэлектроники попросту не появились бы в нашей жизни без тонкопленочных прозрачных проводников, которые изготавливаются из твердого раствора оксидов индия и олова (Indium Tin Oxide – ITO).

Этот материал до сих пор вне конкуренции по совокупности высоких значений оптической прозрачности (во всем видимом спектре) и электрической проводимости. Однако его недостатки – хрупкость, сложность высокотемпературной технологии получения пленок и дороговизна – являются главной причиной десятилетиями проводимых в научных лабораториях мира исследований по поиску гибкой и недорогой альтернативы. В последние годы эти

исследования приобретают все большую актуальность в связи с приближающимся истощением разведанных мировых запасов индия.

Кроме того, во всей оптоэлектронике сегодня стремятся к гибкости, а ИТО является довольно хрупким и может не выдержать использования на гибких подложках без растрескивания. Как избежать этих ограничений за счет использования альтернативных материалов, электродов и геометрии устройства – вот важнейшая задача исследований в течение последних лет. Сложность заключается в том, чтобы найти такие электроды, которые были бы не только достаточно надежными и недорогими, но и сочетали бы в себе высокую оптическую прозрачность с высокой электрической проводимостью.

Альтернативные прозрачные проводящие покрытия представлены широким классом материалов: одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ), графен, оксиды металлов. Описанные структуры уже сейчас частично удовлетворяют вышеописанным требованиям. Тем не менее, все перечисленные системы имеют существенные недостатки (высокая стоимость, слабая масштабируемость), которые еще предстоит устранить.

В связи с этим получение материала, который по проводимости и прозрачности приближался бы к ИТО, и одновременно был существенно ниже в цене, является очень важной задачей. Новый материал, который может стать заменой оксиду индия-олова, может быть разработан на основе металлических наносетей. В настоящей работе предлагается использовать ориентированные наносети платины, осажденные на поверхность стекла с использованием мицеллярного шаблона поверхностно активного вещества.

Наиболее существенные результаты, полученные лично соискателем, их научная новизна

1. Впервые получены ориентированные платиновые наносети на поверхности силикатного стекла методом химического осаждения из жидкой фазы при помощи мицеллярного шаблона ЦТАБ. Определены наиболее оптимальные

значения условий синтеза, соответствующие максимальным значениям «показателя качества» FoM.

2. Определена концентрация ЦТАБ, при которой наблюдается инверсия смачивания на рассмотренной стеклянной подложке. Для стекла, использованного в данной работе, эта концентрация равна 1 ммоль/л.

3. Установлено, что при концентрации равной 1 ммоль/л на межфазной границе «силикатное стекло – раствор ЦТАБ» наблюдается формирование периодической системы цилиндрических мицелл (мицеллярный шаблон) с периодом повторения полос 4.5-5 нм.

4. Определены зависимости коэффициента прозрачности T_{550} и поверхностного сопротивления R_s разрабатываемого электропроводящего покрытия от значений исходной концентрации гексахлороплатиновой кислоты. Установлено, что перколяционная проводимость возникает при концентрациях гексахлороплатиновой кислоты, равной 0.1 ммоль/л и выше, причем при концентрации 0.1 ммоль/л она максимальна.

Практическая значимость работы состоит в том, что результаты, полученные в ходе исследования процессов самоорганизации молекул ЦТАБ на межфазной границе «стекло-жидкость», могут применяться специалистами в области коллоидной и физической химии.

Полученное оптически прозрачное токопроводящее покрытие может применяться в области оптоэлектроники в качестве прозрачного электрода при разработке таких элементов, как сенсорные дисплеи и датчики, умные окна и т.д. Разработанное покрытие может найти применение и в области альтернативной энергетики, например, в солнечных элементах для преобразования солнечной энергии в электрическую.

Методология и методы исследования.

Объектом исследования являлось оптически прозрачное, токопроводящее покрытие на основе ориентированных металлических наносетей платины.

Ориентированные наносети платины были получены химическим осаждением из жидкой фазы с помощью мицеллярного шаблона поверхностно активного вещества (ПАВ). В качестве ПАВ использовался цетилтриметиламмония бромид. В качестве подложки использовалось силикатное стекло.

Краевые углы смачивания стекла водой и растворами ЦТАБ при различных концентрациях измерялись при температуре 300 К методом лежащей капли (DSA30, KRÜSS). Для изучения морфологии мицеллярного шаблона ЦТАБ на межфазной границе «стекло – жидкость» использовалась жидкостная ячейка атомно-силового микроскопа (АСМ). Для исследования структуры металлических наносетей платины использовались: атомно-силовой микроскоп MultiMode V производства фирмы Veeco (США), просвечивающий электронный микроскоп Hitachi HT 7700, оптическая система Leica DCM 3D. Элементный состав наносетей был определен точечным рентгенофлуоресцентным анализом (энергодисперсионной приставкой просвечивающего электронного микроскопа). Кристаллическая структура наносетей была исследована с помощью метода электронной дифракции в выбранной области (selected area electron diffraction), реализуемой на просвечивающем электронном микроскопе Hitachi HT 7700 с помощью специальных апертурных диафрагм. Для покрытия наносетей платины тонким слоем полимера использовался спин-коутер Ossila Spin Coater. Оптическая прозрачность (коэффициент пропускания света в оптическом диапазоне) готового материала была исследована на спектрофотометре Specord 50 PLUS (Analytik Jena AG). Сопротивление разработанного материала измерялось стандартным четырехзондовым методом Ван дер Пау.

Обоснованность и достоверность полученных результатов.

Достоверность результатов подтверждается применением современных методов исследования, соответствующих целям и задачам настоящей работы, большим количеством наблюдений и соответствием результатов, полученных различными независимыми методами, друг другу, а также ранее полученным

данным и теоретическим представлениям о подобных покрытиях и их оптических и электрических свойствах. Сформулированные в настоящей работе научные выводы и положения сопровождаются данными экспериментов и литературных изысканий, которые отображены в таблицах и рисунках.

Ценность работы Низамеевой Г. Р. заключается в получении оптически прозрачного токопроводящего покрытия на основе ориентированных сетей платины методом химического осаждения из жидкой фазы с использованием мицеллярного шаблона цетилтриметиламмоний бромида. Также ценностью работы Низамеевой Г. Р. является получение композитного материала на основе ориентированных сетей платины, обладающего высокой оптической прозрачностью и электрической проводимостью.

Личное участие автора в получении результатов

В диссертации представлены результаты исследований, выполненных лично автором или при его непосредственном участии. Автор принимал участие в постановке цели и задач исследования, разработке экспериментальных методик, непосредственном проведении экспериментов, обработке, анализе, интерпретации и обобщении полученных результатов, формулировании научных положений и выводов.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Основное содержание работы изложено в 6 научных работах, среди них 5 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ. По материалам диссертации также опубликовано 6 тезисов докладов на 3 международных и 3 всероссийских конференциях.

Научные результаты, изложенные в диссертации, достаточно полно опубликованы в следующих публикациях:

- статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК для размещения материалов диссертаций:

- 1) Nizameev, I.R. Transparent Conductive Layer Based on Oriented Platinum Networks / I. Nizameev, **G. Nizameeva**, M. Kadirov // Chemistry Select. – 2019. – V.4. – P.13564-13568.
- 2) Nizameev, I.R. Optically transparent conductive layer based on oriented metal networks / I.R. Nizameev, **G.R. Nizameeva**, M.K. Kadirov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V.1409. – P.012038.
- 3) Nizameev, I.R. Surfactant templated oriented 1-D nanoscale platinum and palladium systems on a modified silicon surface / I.R. Nizameev, A.J. Muscat, M.V. Motyakin, M.V. Grishin, L.Ya. Zakharova, **G.R. Nizameeva**, M.K. Kadirov // Nano-Structures & Nano-Objects. – 2019. – V.17. – P.1-6.
- 4) **Nizameeva, G.R.** Optical transparency and conductivity of oriented platinum nanonetworks on a glass surface / G.R. Nizameeva, I.R. Nizameev, E.S. Nefedev, M.K. Kadirov // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – V.1695. – 012007.
- 5) **Низамеева, Г.Р.** Зависимость поверхностного сопротивления и оптической прозрачности покрытия на основе ориентированной сетки платиновых нанопроводов от количества используемого металла / Г.Р. Низамеева, И.Р. Низамеев, Н.А. Кузина, Е.С. Неведьев, М.К. Кадиров // Вестник технологического университета. – 2021. – Т.24. – №5. – С.9-13.

- статьи в сборниках научных трудов и материалов конференций

- 1) **Низамеева, Г.Р.** Токопроводящее оптически прозрачное покрытие на основе ориентированных металлических систем / Г.Р. Низамеева, И.Р. Низамеев, М.К. Кадиров // Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли: Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Материалы конференции.

- Материалы докладов. Казань: Том 2. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2018. – С.64-67.
- 2) Nizameev, I. Optically transparent conductive layer based on oriented metal networks / I. Nizameev, **G. Nizameeva**, M. Kadirov // 6th International School and Conference “Saint Petersburg OPEN 2019” on Optoelectronics, Photonics, Engineering and Nanostructures carries on the tradition of annual conferences and schools organized at St Petersburg Academic University for students, PhD students and young scientists. The Book of Abstracts. – 2019. – P.111-112.
 - 3) **Низамеева, Г.Р.** Оптически прозрачное электропроводящее покрытие на основе наносетей платины / Г.Р. Низамеева, И.Р. Низамеев, Е.С. Нефедьев, М.К. Кадиров // XXII Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием) (Нижний Новгород, 23–25 апреля 2019 г.): тезисы докладов. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2019. - С.507.
 - 4) **Nizameeva, G.** Optical transparency and conductivity of oriented platinum nanonetworks on a glass surface / G. Nizameeva, I. Nizameev, E. Nefedev, M. Kadirov // 7th International School and Conference “Saint Petersburg OPEN 2020” on Optoelectronics, Photonics, Engineering and Nanostructures carries on the tradition of annual conferences and schools organized at St Petersburg Academic University for students, PhD students and young scientists. The Book of Abstracts. – 2020. – P.34-35.
 - 5) **Низамеева Г.Р.** Формирование и исследование композитных прозрачных электродов на основе системы поли (3,4 – этилендиокситиофен) полистиролсульфонат / ориентированные нанопровода платины / Г.Р. Низамеева, И.Р. Низамеев, Е.С. Нефедьев, М.К. Кадиров // Кирпичниковские чтения – XV Международная конференция молодых ученых, студентов и аспирантов «Синтез и исследование свойств, модификация и переработка высокомолекулярных соединений». Сборник

тезисов докладов. Том 1. – Казан: ФГБОУ ВО «КНИТУ», 2021. – С. 253–254.

- 6) **Nizameeva, G.R.** Transmission spectra of transparent electrodes based on oriented platinum nanowires at various concentrations of the metal used / G.R. Nizameeva, I.R. Nizameev, E.S. Nefedev, M.K. Kadirov // 8th International School and Conference “Saint Petersburg OPEN 2020” on Optoelectronics, Photonics, Engineering and Nanostructures. The Book of Abstracts. – 2021. – P.90-91.

Специальность, которой соответствует диссертация. Диссертационная работа Низамеевой Гулии Ривалевны «Ориентированные наносети платины, полученные химическим осаждением на мицеллярном шаблоне, как основа оптически прозрачных электропроводящих покрытий» соответствует паспорту научной специальности 02.00.04 - Физическая химия (1.4.4. Физическая химия):

- формуле паспорта специальности, так как в работе рассматриваются количественные взаимодействия между химическим составом, структурой вещества и его свойствами;

- областям исследования паспорта специальности, в частности:

пункту 3 «Определение термодинамических характеристик процессов на поверхности, установление закономерности адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях»;

пункту 4 «Теория растворов, межмолекулярные и межчастичные взаимодействия»;

пункту 11 «Физико-химические основы процессов химической технологии».

Соответствие п. 14 «Положения о присуждении учёных степеней»

Диссертационная работа Низамеевой Г.Р. на тему «Ориентированные наносети платины, полученные химическим осаждением на мицеллярном шаблоне, как основа оптически прозрачных электропроводящих покрытий», отвечает требованиям п. 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. В диссертационной работе отсутствует заимствованный материал без ссылки на автора и (или) источник заимствования, а также результаты научных работ, выполненных автором в соавторстве, без ссылок на соавторов.

Диссертация «Ориентированные наносети платины, полученные химическим осаждением на мицеллярном шаблоне, как основа оптически прозрачных электропроводящих покрытий» Низамеевой Гулии Ривалевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.


Заключение принято на расширенном заседании кафедры физики ФГБОУ ВО «КНИТУ».

Присутствовало на заседании 29 человек. В голосовании принимало участие 29 человек. Результаты голосования: «за» - 29 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол №3 от 21.10.2021 г.

Председатель заседания,

И. о. зав. каф. физики,

к.х.н.

 Холин К. В.

Секретарь заседания,

к.х.н.

 Иванова А. А.