

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.479.04, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28 сентября 2023 г. № 13

О присуждении Сафаргалину Идрису Нарисовичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Физико-химические и электронные свойства пленочных материалов на основе новых производных полианилинов и фуллеренов» по научной специальности 1.4.4. Физическая химия принята к защите 29 июня 2023 года (протокол № 9) диссертационным советом 24.2.479.04, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32), приказ № 519/нк от 24.03.2023 г.

Соискатель, Сафаргалин Идрис Нарисович, 16 июля 1991 года рождения. В 2015 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный университет» по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика с присуждением квалификации «Магистр». В 2019 г. окончил аспирантуру по очной форме обучения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия с присвоением квалификации «Исследователь.

Преподаватель-исследователь». Диплом об окончании аспирантуры выдан Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Башкирский государственный университет» в 2019 г.

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории дизайна новых материалов, Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уфимский университет науки и технологий», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре инфокоммуникационных технологий и наноэлектроники, физико-технического института Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Салихов Ренат Баязитоваич, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой инфокоммуникационных технологий и наноэлектроники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

Официальные оппоненты:

1. Тамеев Алексей Раисович, доктор физико-математических наук (02.00.04 – Физическая химия), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, лаборатория электронных и фотонных процессов в полимерных наноматериалах, главный научный сотрудник;

2. Тухбатуллин Адис Анисович, кандидат физико-математических наук (02.00.04 – Физическая химия), Институт нефтехимии и катализа – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимский федеральный исследовательский центр РАН, лаборатория химии высоких энергий и катализа, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, в своем положительном отзыве, подписанном Гималтдиновым Ильясом Кадировичем – доктором физико-математических наук (01.02.05 - Механика жидкости, газа и плазмы), профессором, членом-корреспондентом АН РБ, заведующим кафедрой «Физика», Денисовой Ольгой Аркадьевной – доктором физико-математических наук (01.04.07 - Физика конденсированного состояния), доцентом, профессором кафедры «Физика», указала, что по своей актуальности, научной новизне, практической значимости, объему выполненных исследований, а также и личному вкладу соискателя диссертационная работа Сафаргалина И.Н. «Физико-химические и электронные свойства пленочных материалов на основе новых производных полианилинов и фуллеренов» соответствует требованиям п.п. 9-14 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Соискатель имеет 15 научных работ, из которых 6 научных статей, из них 4 в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 2 включены в базу данных Web of Science и Scopus, 9 тезисов докладов на всероссийских и международных конференциях.

Общий объем публикаций по теме диссертации 4,5 п.л., авторский вклад – 1,3 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. A.R. Tuktarov, Z.R. Shakirova, L.M. Khalilov, Y.B. Dudkina, Y.N.

Budnikova, R.B. Salikhov, I.N. Safargalin, U.M. Dzhemilev Electrochemical and electrophysical properties of aminomethano-and tetrahydropyridino-C 60-fullerenes // Mendeleev Communications. – 2017. – Т. 27. – №. 2. – С. 201-203.

2. Ю.Н. Биглова, Р.Б. Салихов, И.Б. Абдрахманов, Т.Р.Салихов, И.Н.Сафаргалин, А.Г. Мустафин Получение и исследование растворимых функционализированных полианилинов // Физика твердого тела. – 2017. – Т. 59. – №. 6. – С. 1228-1233.

3. R.B. Salikhov, I.N. Mullagaliev, I.N. Safargalin Thin polymer films for chemical sensors // 2018 XIV International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE). – IEEE, 2018. – С. 20-22.

4. Ю.Н Биглова, Р.Б Салихов, И.Н Сафаргалин, Т.Р Салихов, А.Г Мустафин Поли-2 (1-циклопент-2-ен-1-ил) анилин: синтез и исследование электрофизических и физико-химических свойств // Физика твердого тела. – 2019. – Т. 61. – №. 11. – С. 2249-2256.

5. A.R. Tuktarov, R.B. Salikhov, A.A. Khuzin, N.R. Popod'ko, I.N. Safargalin, I.N. Mullagaliev, U.M. Dzhemilev Photocontrolled organic field effect transistors based on the fullerene C 60 and spiropyran hybrid molecule // RSC advances. – 2019. – Т. 9. – №. 13. – С. 7505-7508.

6. A.R. Tuktarov, R.B. Salikhov, A.A.Khuzin, I.N. Safargalin, I.N. Mullagaliev, O.V. Venidiktova, T.M.Valova, V.A. Barachevsky, U.M. Dzhemilev Optically controlled field effect transistors based on photochromic spiropyran and fullerene C60 films // Mendeleev Communications. – 2019. – Т. 29. – №. 2. – С. 160-162.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет». Отзыв положительный. Имеются замечания: 1) В исследуемых пленках полианилинов дырочная проводимость, а в фуллеренах электронная. Как Вами было это установлено

и чем они отличаются? 2) Не обсуждаются физико-химические свойства новой производной ПАНИ -поли-2-(1-цилопент-2-ен-1-ил)? Если ли экспериментальные доказательства этих свойств? 3) Выделяется тот факт, что новые производные ПАНИ и фуллеренов, которые исследовали, являются растворимыми? Где они растворяются и почему растворимость такая важная особенность? 4) Не реагируют ли алюминиевые контакты с полимерной пленкой, когда пропускаете ток? 5) На рисунках обозначения осей и размерности написаны на английском языке. 6) Например, на рисунке 15 не проведена аппроксимация. 7) Работа экспериментальная, но отсутствуют сведения погрешностях. 8) В основных выводах фактически отражено то, что сделано диссертантом, а не выводы.

2. Официального оппонента, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника лаборатории электронных и фотонных процессов в полимерных наноматериалах ФГБУН Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук Тамеева Алексея Раисовича. Отзыв положительный.

Имеются замечания: 1) Отсутствует обоснование выбора исследованных в работе материалов в виде новых производных полианилина и фуллерена. Проявление каких новых свойств или эффектов ожидалось от этих материалов? 2) В работе рассмотрен механизм термоэлектронной эмиссии Шоттки носителей заряда через контакт металл- полимерный полупроводник. В работе не обсуждаются другие известные механизмы инжекции носителей заряда из электродов в объем пленки. Чем оправдан выбор механизма термоэлектронной эмиссии для анализа экспериментальных данных? 3) В разработанных структурах фототранзистора, показанных на рис. 39 и 40 (раздел 4.1.), слой ПАНИ были нанесены методом термического испарения в вакууме, как это описано в разделе 2.2.4. В фототранзисторах слой ПАНИ служит в качестве диэлектрического слоя между затвором и слоем фотопроводника. В то же

время в резистивном датчике (рис.28) и транзисторе (рис. 29) слои ПАНИ, были нанесены из жидкого раствора. Слои ПАНИ служили полупроводниковым (транспортным) слоем в этих устройствах (раздел 4.3). В работе не обсуждаются разные функциональные применения ПАНИ и то, каким становится ПАНИ после его термического испарения в вакууме. 4) В оформлении обзора литературы имеется небрежность, в частности: (а) на стр. 11-14 подробно представлены исследования свойств композита ПАНИ и CdO, но источники цитирования не приведены; (б) на стр. 16 обсуждается время отклика сенсора со ссылкой на Рис.3, на котором показаны результаты другого исследования, далее во всем обзоре номер рисунка и его упоминание в тексте не совпадают в последней цифре.

3. Официального оппонента, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории химии высоких энергий и катализа Института нефтехимии и катализа – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Уфимский федеральный исследовательский центр РАН» Тухбатуллина Адиса Анисовича. Отзыв положительный. Имеются вопросы: 1) На мой взгляд, в выводах к главе 1 (литературный обзор) не хватает обобщающего заключения (1-2 предложения), а именно что не было изучено ранее, на что нужно обратить основное внимание для дальнейшего развития данной области? (То есть из анализа литературы по факту должны вытекать соответствующая цель и задачи). 2) По рис. 1 не понятно, какой из спектров относится к чистому CdO? 3) В работе полимерные пленки получались в основном двумя способами: центрифугированием и методом термического напыления. Однако, в тексте мало описано преимущество и принципиальная разница того или иного способа нанесения пленки. В каких случаях, при изготовлении органических устройств (особенно в данной диссертационной работе), перспективнее нанесение центрифугированием, в каких термическим напылением 4) При сборе данных из изготовленного датчика

влажности диссертант пишет обрабатывались через USB и отправлялись в ноутбук. Как понять, что значит, обрабатывались через USB? Необходимо более детально пояснить 5) В тексте диссертации отсутствует информация об измерениях влажности, с помощью разработанного датчика, при разных температурах окружающей атмосферы и с чем связано выбор окружающей $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$? 6) Почему для светорегулируемых и полевых транзисторов на основе фуллеренов и т.д. применяется метод многослойной структуры органических полевых транзисторов в чем преимущество такого метода? 7) В тексте диссертации отсутствует пояснение, почему обратимые процессы под действием света лучше в растворах, чем в пленках? 8) Почему полученные гибридные слои оказались более устойчивыми к УФ излучению в отличии от отдельно нанесенных C60 и спиропирана? 9) В тексте также отсутствует информации, с какой скоростью вращения наносили пленки с помощью центрифуги. Указана только максимальная скорость вращения 3500 об/мин, однако на данном оборудовании имеется возможность сверхточного регулирования скорости вращения ротора. В связи с этим, как зависит толщина полимерного слоя от скорости вращения ротора?

4. Доктора химических наук, профессора кафедры "Физическая и органическая химия" ФГБОУ ВО "Уфимский государственный нефтяной технический университет" Борисова Ивана Михайловича. Отзыв положительный. Замечаний нет.

5. Доктора физико-математических наук, профессора кафедры вакуумной электроники Московского физико-технического института (национальный исследовательский университет) Шешина Евгения Павловича Отзыв положительный. Замечание: 1. В работе проводилось исследование двухконтактным методом тонкопленочных пленок, было бы логичным исследовать 4 контактным методом.

6. Кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника группы Электронно-микроскопических исследований института

проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук Мусабирова Ирека Ильфировича. Отзыв положительный. Замечаний нет.

7. Доктора физико-математических наук, эксперта управления исследований керна и пластовых флюидов ООО "РН-БашНИПНефть" Ситдикова Виля Даяновича. Отзыв положительный. Замечаний нет.

8. Доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника лаборатории тепломассообменных явлений Института криосферы Земли - обособленного структурного подразделения ФГБУН "ФИЦ Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук" Шавлова Анатолия Васильевича. Отзыв положительный. Замечаний нет.

9. Кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника наносистем Института физики молекул и кристаллов Уфимского научного центра Российской академии наук Карамова Данфиса Данисовича. Отзыв положительный. Имеются вопросы: 1) В формуле (1) энергия активации тепловых носителей заряда интерпретирована как разница энергий между ВЗМО и НСМО. Известно, что проводимость в органическом материале определяется не только тепловым возбуждением носителей из валентной зоны в зону проводимости, но также и электронным транспортом посредством ловушек, уровни энергии которых расположены в запрещенной зоне. Оценки ширины запрещенной зоны по результатам температурных измерений проводимости могут быть заниженными. 2) В работе не в полной мере обосновано влияние морфологии поверхности полимерных пленок на сенсорные свойства к парам воды. Следовало бы изучить как влияет на проводимость в парах воды изменение шероховатости поверхности сенсорного слоя одного состава.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой профессиональной квалификацией, наличием публикаций по проблематике, связанной с темой диссертации,

компетенциями в вопросах, имеющих отношение к теме работы. Ведущая организация и оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- В работе исследованы их электрофизические свойства и выявлены особенности механизмов переноса заряда через границу металл – полимер в тонкопленочных структурах на основе новых производных полианилинов и фуллеренов.

- Определены подвижности носителей заряда в транспортном канале тонкопленочных фототранзисторов трех видов на основе фуллерена C₆₀ и спиропирана.

- Установлено влияние морфологии поверхности полимерных пленок на сенсорные свойства тонкопленочных структур на основе новых производных ПАНИ.

Практическая значимость и ценность результатов

- Отработана методика создания тонких пленок новых производных форм полианилинов и фуллеренов с целью улучшения электропроводящих свойств.

- Впервые на основе новых производных ПАНИ: поли-2-(1-циклопент-2-ен-1-ил) анилина созданы экспериментальные образцы датчиков относительной влажности воздуха в виде тонкопленочных резистивных и транзисторных структур. Так же основе этих пленок изготовлены структуры органических полевых транзисторов и измерены их выходные и передаточные характеристики.

- Созданы органические фототранзисторы на основе пленочных структур, состоящих из спиропирана и фуллерена C₆₀.

- Все полученные в диссертационной работе результаты являются новыми. Результаты, полученные в исследовании, могут быть применены для

создания органических фототранзисторов, датчиков влажности воздуха. Кроме того, методы, способы и результаты исследований могут быть применены на занятиях по устройствам органической электроники.

Оценка достоверности результатов обеспечена с использованием отечественных и зарубежных методов, разработок и исследований. Кроме того, с использованием сертифицированной измерительной аппаратуры, эталонированных средств измерения, а так же повторяемостью результатов в работах других авторов.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии во всех стадиях научно-исследовательского процесса: от постановки задачи до проведения экспериментальных работ и подготовки публикаций. Все выводы основаны на данных, полученных автором.

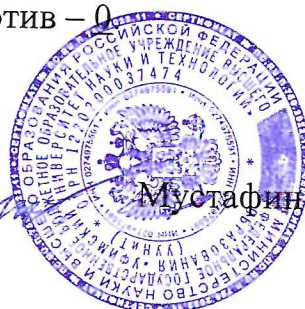
В ходе защиты диссертации было высказано критическое замечание по поводу недостаточного объяснения свойств материала и механизма увеличения проводимости в датчиках влажности.

Соискатель Сафаргалин И.Н. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию на высказанное замечание: Свойства материалов, которые были исследованы - это электропроводность, подвижность носителей заряда и сенсорные свойства. Было выявлено влияние освещенности, температуры, влажности на указанные свойства. Предполагается, что в случае производных ПАНИ механизм взаимодействия с молекулами воды включает в себя несколько разных типов. С увеличением влажности среды полимерная пленка поглощает влагу, что приводит к набуханию полимера и последующему разворачиванию спиральной формы полимерной цепи. Формирование более выровненной структуры производного ПАНИ облегчает процесс переноса заряда вдоль цепи полимера. Также предполагается, что происходит диссоциация молекул воды на протон и гидроксильный ион, причем известно, что протонирование полианилина приводит его проводимости.

На заседании 28.09.2023 г. диссертационный совет принял: решение, за решение задачи за получение тонкопленочных структур с применением новых производных на основе полианилинов и фуллеренов, установление особенностей механизма переноса заряда через границу раздела металл - полимер в виде термоэлектронной эмиссии Шоттки, определение подвижности носителей заряда в транспортном канале фототранзисторов и полевого транзистора и изучение влияния морфологии поверхности полимерных пленочных структур на их сенсорные свойства присудить Сафаргалину Идрису Нарисовичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 6 докторов химических наук по профилю защищаемой диссертации, участвовавших в заседании; из 18 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 15, против – 0.

Председатель
диссертационного совета



Мустафин Ахат Газизьянович

Ученый секретарь
диссертационного совета



Исмагилова Альбина Сабирьяновна

28 сентября 2023 г.