

УТВЕРЖДАЮ

проректор по научной и инновационной
работе
ФГБОУ ВО «Уфимский
государственный нефтяной технический
университет»


И.Г. Ибрагимов
« 04 » 2023 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»
на диссертационную работу Сафаргалина Идриса Нарисовича на тему
**«Физико-химические и электронные свойства пленочных материалов на
основе новых производных полианилинов и фуллеренов»**,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.4.4. Физическая химия, физико-математические науки

Актуальность темы выполненной работы

Диссертационная работа Идриса Нарисовича Сафаргалина посвящена исследованию тонкопленочных структур, включающих полианилины, фуллерены и их производные, а также изучению их электрофизических свойств. Эти исследования расширяют знания о процессах, связанных с созданием органических и наноэлектронных устройств и компонентов. Они подтверждают перспективы использования пленочных материалов на основе новых производных полианилинов и фуллеренов в разработке электронных устройств.

Исследования фотоэлектрических свойств наноразмерных структур и органических соединений помогают лучше понять процессы, определяющие транспорт зарядов в тонких пленках таких материалов. Они демонстрируют потенциал использования этих материалов в современных разработках молекулярной электроники.

Структура и основное содержание работы

Диссертация имеет объем 110 страниц; состоит из введения, четырех глав, выводов; списка литературы из 177 наименований; 47 рисунков; 2 таблиц. Это самостоятельная научно-квалификационная работа, которая представляет собой новое исследование в области получения тонкопленочных структур с использованием новых производных полианилинов и фуллеренов, а также исследования их электрофизических характеристик. В рамках данной

работы были выявлены особенности переноса заряда в этих структурах через границу между металлом и полимером.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации; сформулированы цели и задачи исследования; практическая ценность работы; изложены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава исследования представляет обзор литературы, где рассматриваются тонкие органические пленки на основе полианилинов и фуллеренов. Освещаются их электрофизические свойства, включая электро- и фотопроводимость, а также методы измерения подвижности носителей заряда в таких пленках. В этой части приведены различные способы и технологии получения тонких пленок, которые являются важными для современной органической электроники.

Во второй главе подробно рассматриваются методы получения тонких пленок на основе полианилинов (ПАНИ) и C₆₀, а также их применение в полевых транзисторах, фототранзисторах и датчиках влажности. Особое внимание уделяется технологиям формирования тонких слоев из растворов на основе ПАНИ и C₆₀, а измерению их электрофизических свойств. Приводятся способы изготовления транзисторов, фототранзисторов и датчиков влажности на основе производных ПАНИ и C₆₀.

В третьей главе приведены результаты исследований электрофизических свойств пленок, содержащих производные полианилина и фуллерена C₆₀. Путем анализа температурной зависимости проводимости выяснено, что перенос носителей заряда через границу между металлом и полимером осуществляется путем надбарьерного переноса. Высота барьера определяется разницей работы выхода металла и электронного сродства полимера (эффект термоэлектронной эмиссии Шоттки). Исследуется влияние морфологии поверхности полимерных пленок на сенсорные характеристики резистивных и транзисторных структур, основанных на новых производных полианилина.

В четвертой главе представлены результаты измерений характеристик фототранзисторов, транзисторов и сенсоров, полученных в ходе эксперимента. Исследованы тонкопленочные фототранзисторы трех типов: с отдельными слоями фуллерена C₆₀ и спиропирана, с механической смесью этих компонентов и с гибридным соединением фуллерена C₆₀ и спиропирана. Были измерены основные характеристики этих фототранзисторов, а также рассчитана подвижность носителей заряда в их транспортном канале. Показано, что фототранзисторы с транспортным слоем, основанным на гибридных молекулах фуллерена C₆₀ и спиропирана, обладают более стабильными и высокими значениями подвижности носителей и чувствительности к свету, по сравнению с другими типами фототранзисторов.

В заключении работы представлены основные результаты исследований, проведенных в рамках данной диссертационной работы.

Соответствие паспорту специальности

Диссертационное исследование соответствует паспорту научной специальности 1.4.4. Физическая химия, а именно пунктам:

5. Изучение физико-химических свойств изолированных молекул и молекулярных соединений при воздействии на них внешних электромагнитных полей, потока заряженных частиц, а также экстремально высоких/низких температурах и давлениях.

12. Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов.

Научная новизна

Научная новизна данной работы заключается в получении тонкопленочных структур с использованием новых производных форм полианилина и фуллеренов. Исследованы их электрофизические свойства, выявлены особенности механизмов переноса заряда через границу между металлом и полимером в этих структурах. Созданы органические фототранзисторы на основе пленочных структур, содержащих спиропиран и фуллерен C₆₀, и были определены значения подвижности заряда в транспортном канале. Созданы экспериментальные образцы датчиков относительной влажности воздуха в виде тонкопленочных резистивных и транзисторных структур на основе новой производной полианилина - поли-2-(1-циклопент-2-ен-1-ил)анилина.

Теоретическая значимость работы

Диссертантом впервые получены тонкопленочные структуры с применением новых производных форм полианилинов и фуллеренов, исследованы их электрофизические свойства и выявлены особенности механизмов переноса заряда через границу металл – полимер в этих структурах.

Практическая значимость работы заключается в том, что подтверждена возможность создания органических полевых транзисторов и фототранзисторов на основе пленочных структур, содержащих полианилин, фуллерены и их производные. Автор диссертации разработал органические фототранзисторы на основе тонкопленочных структур, состоящих из спиропирана и фуллерена C₆₀. Определена подвижность зарядов в канале транспорта этих транзисторов. В работе представлены экспериментальные образцы датчиков относительной влажности воздуха на основе новых производных поли-2-(1-циклопент-2-ен-1-ил)анилина в форме тонкопленочных резистивных и транзисторных структур.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы подтверждается количеством и качеством опубликованных научных трудов. Основное содержание диссертационной работы Сафаргалина И.Н. отражено в 6 статьях в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ и включенных в базу данных Web of Science и Scopus, а также 9 тезисов докладов на всероссийских и международных конференциях.

Диссертационная работа Сафаргалина И.Н. содержит новые и значимые результаты фундаментальных (глава 3) и прикладных (глава 4) исследований. Достоверность экспериментальных результатов, представленных в работе, основана на использовании различных классических методов, которые были проверены на объектах, описанных в научных литературных источниках. Изучение материалов, приведенных в диссертации, свидетельствует о высокой профессиональной квалификации автора. Основные результаты работы были представлены и обсуждены на конференциях различного уровня.

Замечания

После ознакомления с диссертационной работой возникли следующие вопросы и замечания:

1. В исследуемых пленках полианилинов дырочная проводимость, а в фуллеренах – электронная. Как Вами было это установили 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 о погрешностях.

8. В основных выводах фактически отражено то, что сделано диссертантом, а не выводы.

9. В работе встречаются опечатки и стилистические ошибки:

- стр. 27 общепринятое сокращение секунды - с, а не сек;

- стр. 28 отсутствует ед. изм., менее 0.1;

- стр. 29 опечатка, рисунок 2 по факту 9;

- стр. 28 - 30, 31 - 33 ссылки на источники начинаются с [1] и т.д., не соответствуют списку литературы.

- В тексте встречаются неудачные предложения, на приме, стр. 36: «Из 88 производных фуллерена, рассмотренных [101], ни один из производных фуллерена не имел подвижности выше, чем у обычного фуллерена, и только одно производное фуллерена имело более высокую подвижность.»; стр. 40 «Поглощение С60 кварцевым стеклом показано на рис. 14»;

- стр. 46 первый абзац, по-видимому, относится к подписи к рисунку;

- стр. 71 и 83 нет названия таблиц;

- стр. 80 значения 14000 и 1400, а также 1800 и 1400 (стр. 82) отн. ед. или усл. ед.?

- стр. 89 вывод 4 «... с остальными видами». Видами чего?;

- пропущены знаки препинания после формул;

- список использованных источников необходимо было привести в единообразный формат, некоторые ссылки оформлены не по ГОСТу.

Замечания, высказанные, не имеют критического значения и не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку работы.

Общая оценка диссертационной работы

Представленная диссертация является завершенной работой, которая выполнена на актуальную тему. Полученные результаты являются научно и практически значимыми для исследования физико-химических и электронных свойств пленочных материалов, основанных на новых производных полианилинов и фуллеренов. Опубликовано в научных журналах перечня ВАК, Scopus и Web of Science. Автореферат адекватно отражает содержание диссертационной работы и ее основные результаты.

Полученные результаты являются научно новыми и вносят вклад в развитие органической электроники и физики. Результаты исследования стимулируют дальнейшие исследования в данной области. Материал диссертации ясно изложен, результаты представлены четко и иллюстрированы информативными рисунками. Автореферат полностью отражает содержание и основные положения диссертации.

Достоверность и обоснованность полученных результатов не вызывают сомнений и подтверждаются их воспроизводимостью, а также надежностью использованных методов исследования и обработки данных. Полученные работы были признаны научным сообществом на специализированных конференциях и опубликованы в рецензируемых научных журналах.

Таким образом, диссертация Сафаргалина И.Н. представляет собой полную научно-квалификационную работу. Автор широко исследовал органические полупроводниковые полимерные материалы, подтвердив, что основным механизмом переноса заряда через контакт металл-полимер является термоэлектронная эмиссия Шоттки. Он также показал, что тонкопленочные структуры на основе спиропирана и фуллерена C₆₀ проявляют фоточувствительность, благодаря чему были созданы фототранзисторы на их основе.

Заключение

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.

Доклад, диссертационная работа, автореферат и отзыв заслушаны и обсуждены на заседании кафедры «Физика» Уфимского государственного нефтяного технического университета (протокол №1 от 30 августа 2023 г.)

Заведующий кафедрой «Физика»,
профессор, доктор физико-
математических наук
(01.02.05 Механика жидкости, газа и
плазмы), член-корреспондент АН РБ

Гималтдинов
Ильяс
Кадирович

Доктор физико-математических наук
(01.04.07 Физика конденсированного
состояния), доцент,
профессор кафедры «Физика»

Денисова
Ольга
Аркадьевна

Я, Гималтдинов Ильяс Кадирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Я, Денисова Ольга Аркадьевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Подписи Гималтдинова Ильяса Кадировича и Денисовой Ольги Аркадьевны заверяю:

Начальник отдела по работе с персоналом



Дадаев О.А.

ФГОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»;
450064, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. Космонавтов, д. 1; тел. (347)243-19-77; info@rusoil.net