

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

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 научной специальности 1.4.4. Физическая химия

В настоящее время физика новых полупроводников на основе органических соединений претерпевает бурное развитие в связи с возрастающими потребностями в современных наукоемких материалах. В этой связи актуальными проблемами становятся как фундаментальные исследования процессов электронной проводимости в неупорядоченных системах, так и прикладные разработки материалов для электронных устройств (фототранзисторы, фотодиоды, полевые транзисторы, сенсоры и т.п.). Особый интерес исследователей направлен на изучение свойств пленочных материалов и применение их и разработке устройств органической электроники

Использование в будущем пленочных материалов на основе новых производных полианилина (ПАНИ) и фуллерена имеет большие перспективы. Хорошо известные физические и химические свойства фуллерена ставят его в ряд перспективных соединений, применимых в современных нанотехнологиях. В то же время, к известному полианилину не применимы распространенные методы нанесения пленочных покрытий из-за нерастворимости полимера в широко применяемых растворителях. Для решения проблемы требуется дальнейшее изучение и разработка новых производных полианилина. При этом для эффективного функционирования электронных устройств необходимо разработать методы нанесения полимерных слоев с контролем толщины и морфологии.

Диссертация Сафаргалина Идриса Нарисовича, на тему «Физико-химические и электронные свойства пленочных материалов на основе новых производных полианилинов и фуллеренов» посвящена получению тонкопленочных структур с применением новых производных форм полианилинов и фуллеренов и изучению их свойств.

Исследование тонкопленочных структур требует привлечения сложных экспериментальных методов и проведения трудоемких измерений. Разработка устройств и оптимизация их рабочих параметров носят междисциплинарный характер. В диссертации Сафаргалина И.Н. рассмотрена вся научно-технологическая цепочка от анализа растворимости органических соединений до приготовления тонкопленочных полевых фототранзисторов и обычных транзисторов.

Диссертация изложена на 110 страницах и состоит из введения, четырех глав, общих выводов и списка литературы. Она представляет собой самостоятельную завершенную научно-квалификационную работу, научная новизна которой состоит в получении тонкопленочных структур с применением новых производных форм полианилина и фуллерена, исследовании их электрофизических характеристик: электропроводность, подвижность носителей заряда. В результате исследования влияния температуры на электрическую проводимость пленок полианилина, фуллерена C_{60} и их производных соискателем установлено, что основным механизмом переноса заряда через границу раздела между металлическим электродом и слоем органического полупроводника является термоэлектронная эмиссия Шоттки. Соискатель разработал органические фототранзисторы, с использованием тонкопленочных структур из фотохромного спиропирана и фуллерена C_{60} , определил подвижность носителей заряда в канале транзистора. Соискателем впервые созданы экспериментальные образцы датчиков относительной влажности воздуха на основе новых производных ПАНИ - поли-2-(1-циклопент-2-ен-1-ил) анилина в форме тонкопленочных резистивных и транзисторных структур

Введение посвящено обоснованию темы диссертации, актуальности и практической значимости работы, сформулированы цель, задачи и научная новизна работы, обозначены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен литературный обзор. Соискатель рассматривает тонкие органические пленки на основе полианилинов и фуллеренов, их электрофизические свойства, включая электро- и фотопроводимость, методы измерения подвижности носителей заряда в тонких пленках. В обзоре также рассмотрены способы и технологии формирования тонких пленок, которые являются важной практической основой современной органической электроники.

Вторая глава посвящена описанию методов получения тонких пленок на

основе ПАНИ и C_{60} , полевых транзисторов, фототранзисторов, а также датчиков влажности. и экспериментальных установок. Особое внимание уделено технологиям формирования тонких слоев из растворов на основе ПАНИ и C_{60} , измерению их электрофизических свойств. Изложены способы приготовления транзисторов, фототранзисторов, а также датчиков влажности на основе производного ПАНИ и C_{60} .

В третьей главе представлены результаты исследований электрофизических свойств пленок на основе производных ПАНИ и C_{60} . Анализ результатов изучения температурной зависимости проводимости позволяет сделать вывод о том, что переход носителей заряда через границу металл-полимер реализуется в результате надбарьерного переноса, причем высота барьера определяется разностью работы выхода металла и электронного сродства полимера (термоэлектронная эмиссия Шоттки). Установлено влияние морфологии поверхности полимерных пленок на сенсорные свойства резистивных и транзисторных структур на основе новых производных ПАНИ.

В четвертой главе изложены результаты измерений характеристик полученных экспериментальных образцов фототранзисторов, транзисторов и сенсоров. Исследованы тонкопленочные фототранзисторы трех видов: на основе отдельных слоев фуллерена C_{60} и спиропирана, механической смеси этих компонент и гибридного соединения фуллерена C_{60} и спиропирана и измерены их основные характеристики, сделан расчет подвижности носителей заряда в транспортном канале этих транзисторов. Показано, что фототранзисторы с транспортным слоем на основе гибридных молекул фуллерена C_{60} и спиропирана, обладают более стабильными и достаточно высокими значениями подвижности носителей заряда и фоточувствительности, по сравнению с остальными видами.

По диссертационной работе имеются следующие 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.), слои 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.

Приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку рассматриваемой диссертационной работы.

Полученные в диссертационной работе результаты обладают научной новизной и вносят вклад в развитие физики в части электроники органических материалов. Полученные результаты имеют научную и практическую значимость в исследовании физико-химических и электронных свойств пленочных материалов на основе новых производных полианилина и фуллерена. Результаты диссертационной работы стимулируют дальнейшие исследования представленной тематике.

Достоверность и обоснованность полученных результатов не вызывает сомнений, подтверждается их воспроизводимостью, надежностью применимых методов исследования и обработки данных. Полученные работы были признаны научной общественностью при обсуждениях специализированных конференциях и опубликованы в рецензируемых научных журналах.

Заключение

Диссертационная работа Сафаргалина Идриса Нарисовича на тему «Физико-химические и электронные свойства пленочных материалов на основе новых производных полианилинов и фуллеренов» представляет собой

завершённую работу, выполненную на высоком научном уровне в соответствии с поставленной целью и задачами. Работа прошла достаточную апробацию на всероссийских и международных научных конференциях. По материалам диссертации опубликовано 6 работ в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК. Автореферат и публикации в полной мере отражает содержание и основные положения диссертационной работы.

На основании изложенного можно заключить, что рассмотренная диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «Положения о порядке присуждения ученых степеней». Содержание работы соответствует паспорту научной специальности 1.4.4 - физическая химия, а соискатель, Сафаргалин Идрис Нарисович, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

«8» сентября 2023 г.

Официальный оппонент:

Тамеев Алексей Раисович,
доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник лаборатории
электронных и фотонных процессов в
полимерных наноматериалах,
ФГБУН Институт физической химии и
электрохимии им. А.Н. Фрумкина
Российской академии наук (ИФХЭ РАН)
Тел. 8 495 955 4032
e-mail: tameev@elchem.ac.ru
Адрес: 119071, Россия, Москва, Ленинский
проспект, 31, корп. 4.

Подпись Тамеева А. Р. удостоверяю.

Начальник отдела кадров ИФХЭ РАН


Е.С. Медведева