

УТВЕРЖДАЮ

ФГАС



Проректор по науке и инновациям
Национальный исследовательский
университет «МИСИС»,
Физико-математических наук, профессор
М.Р. Филонов
«19» ноября 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет МИСИС» на диссертационную работу Ней Вин Аунг «Электрофоретические композиционные нанопленки из модифицированных оксидом меди углеродных наночастиц: синтез, структура, свойства», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Диссертация Ней Вин Аунг посвящена исследованиям в актуальной области современной физики конденсированного состояния и нанотехнологий, а именно разработке новых функциональных материалов для сенсорики и электрокатализа. В работе непосредственно рассматривался электрофоретический синтез композиционных нанопленок на основе углеродных наночастиц, электролитически модифицированных оксидом меди, а также исследовались физико-химические свойства синтезированных пленок. **Актуальность** работы подчеркивается широким спектром потенциального применения полученных материалов как в устройствах экологического мониторинга, так и системах очистки и кондиционирования воздуха.

Как указано в литературном обзоре, проведённом соискателем, одним из перспективных способов получения композиционных наноматериалов является метод электрофоретического осаждения. Большинство традиционных способов получения композиционных нанопленок основаны,

как правило, на физических методах, к примеру ионно-лучевое напыление или лазерная абляция, которые характеризуются относительно низкой производительностью, высокими требованиями к техническому обслуживанию и др. В этой связи электрофоретический синтез позволяет создавать композиционные структуры на основе углеродных частиц, сохраняя уникальность их каталитических и физических свойств, при этом существенно превосходя аналоги по целому ряду характеристик, тем самым, решая актуальную проблему по созданию новых материалов, способных, в частности, служить в качестве эффективных катализаторов различных окислительных процессов.

Структура диссертации Ней Вин Аунг состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка сокращений и обозначений и списка литературы, включающего 159 наименований. Работа изложена на 145 страницах, содержит 70 рисунков и две таблицы.

К **основным результатам**, полученным автором и имеющим несомненную научную ценность, можно отнести следующее:

1. Обнаружен размерный фотоэффект на резонансном поглощении при переотражении ИК излучения (1,06 мкм) на гетерогенных границах раздела фаз воздух/пленка/подложка, сопровождаемый ростом фото-ЭДС от 17 ± 2 мВ до 122 ± 2 мВ при изменении толщины пленок от 200 ± 10 нм до 2000 ± 100 нм.

2. Доказано, что высокая скорость деградации молекулярных газов изопропилового спирта и бутилацетата на поверхности композиционных нанопленок CNPs/CuO обусловлена механизмом электрокаталитического разложения.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что в рамках приближения эффективной гомогенизированной среды построена электрофизическая модель проводимости электрофоретических пленок, которая адекватно описывает электрофизические процессы при электрофоретическом синтезе.

Практическая значимость:

– Получены электрофоретические многослойные композиционные нанопленки CNPs/CuO с сенсорными свойствами в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах. Получен патент на изобретение.

– На основе композиционных нанопленок CNPs/CuO изготовлены пористые структуры с высокой электрокаталитической активностью в реакциях деградации органических молекулярных газовых систем.

Достоверность и обоснованность основных положений и выводов диссертации обеспечена проведением комплексных исследований образцов современными взаимодополняющими наноинструментальными методами (СЭМ, РФА, КРС, ИК), воспроизводимостью результатов, а также согласованностью экспериментальных результатов с теоретическими расчетами и литературными данными.

Анализ представленной диссертационной работы позволяет заключить, что поставленная цель – синтез электрофоретическим методом оригинальных композиционных нанопленок из углеродных наночастиц, модифицированных оксидом меди, а также изучение влияния размерных характеристик, структуры, химического и фазового состава синтезированных пленок на их электрофизические свойства – была полностью достигнута посредством решения следующих задач:

1. Разработка методики формирования однослойных и многослойных композиционных нанопленок CNPs/CuO электрофоретическим синтезом;
2. Проведение гранулометрического анализа синтезированных композиционных нанопленок CNPs/CuO в зависимости от режимов получения;
3. Определение элементного, химического и фазового анализа синтезированных нанопленок CNPs/CuO;
4. Исследование оптических и сенсорных свойств, синтезированных композиционных нанопленок CNPs/CuO, в зависимости от спектрального

(ультрафиолетового, видимого и инфракрасного) состава падающего излучения;

5. Изучение электрокаталитических свойств синтезированных композиционных нанопленок CNPs/CuO в реакции деградации молекулярных газов.

Рекомендации по использованию результатов работы:

Полученные в диссертационном исследовании результаты в области создания высокочувствительных сенсорных устройств нового поколения и эффективных систем очистки воздуха от органических загрязнителей могут быть использованы такими научными и производственными коллективами, как ОАО «Фармстандарт-Лексредства», ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» и др.

Результаты диссертации прошли апробацию на международных, всероссийских и региональных конференциях. По теме работы опубликовано 4 статей в журналах, рекомендованных ВАК, и 4 статьи рецензируемых научных изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

По диссертационной работе имеются следующие **замечания**:

1. В работе проводимость углеродных структур была оценена вплоть до 10^6 См/м. Из представленных данных не ясно, как согласуются эти значения с высоким сопротивлением самих композиционных пленок, величину которого можно оценить из представленных вольтамперных характеристик в диапазоне 1-10 кОм.

2. На приведенных в работе фазовых диаграммах наблюдаются также дифракционные пики, соответствующим и другим оксидным фазам, например, Cu_2O . Почему в выводах говорится только о фазе оксида меди (II)?

3. По данным спектроскопии комбинационного рассеяния после электрофоретического синтеза происходит разрушение углеродных нанотрубок. Однако, данный факт почему-то не нашел отражение в работе.

4. В работе никак не объясняется, что в конечном итоге определяет функциональные свойства композиционных пленок: оксид меди, углеродные частицы, межфазные взаимодействия. Какой вклад будет давать каждый компонент?

5. Не приводятся данные о ширине запрещенной зоны, значение которой напрямую должно влиять на фотовольтаические характеристики синтезированных пленок.

6. Не ясно, влияют ли тепловые эффекты на синтез и свойства композиционных пленок. Не приводятся оценки температур, развиваемых как в процессе синтеза пленок, так и электрокатализа.

Однако, отмеченные замечания носят частный характер и направлены, в первую очередь, на дальнейшее развитие представленного исследования.

Заключение по диссертационной работе:

Представленная диссертация представляет собой оригинальную научно-квалификационную работу, которая по актуальности поставленных задач, научной новизне и практической значимости, а также по количеству работ, опубликованных в открытой печати, соответствует п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 года (со всеми последующими изменениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки).

Отзыв подготовлен заведующим кафедрой технологии материалов электроники ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», доктором физико-математических наук, профессором Костишиным В.Г.

Отзыв на диссертацию был обсуждён и одобрен на заседании кафедры технологии материалов электроники ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» 19 ноября 2025 года (протокол № 3).

Присутствовали на заседании: 17 человек. Результаты голосования за проект отзыва: «за» – 17 человек, «против» – нет, «воздержались» – нет.

Заведующий кафедрой технологии материалов электроники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет МИСИС», доктор физико-математических наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников, профессор



Костишин
Владимир Григорьевич

e-mail: kostishin@misis.ru
Тел.: +7 495 638-46-51

119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1.
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский технологический университет МИСИС" (ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС»)
Тел: +7(495)955-00-32; +7(499)236-21-05
e-mail: kancela@misis.ru

Отзыв подписал: Заведующий кафедрой технологии материалов электроники ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» д.ф.-м.н., проф. Костишин Владимир Григорьевич.

Отзыв утвердил: проректор по науке и инновациям ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», д.т.н., проф. Филонов Михаил Рудольфович