

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Ней Вин Аунг на тему: «Электрофоретические композиционные нанопленки из модифицированных оксидом меди углеродных наночастиц: синтез, структура, свойства», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Разработка новых функциональных материалов, сочетающих в себе свойства различных классов веществ на атомарном, нано- и микроуровне, является одним из наиболее динамично развивающихся и перспективных направлений современной материаловедения, химии и физики. Представленная диссертационная работа, направленная на создание композиционных пленок на основе углеродных наночастиц, модифицированных оксидом меди, обладает как научной значимостью, так и актуальностью. Это обусловлено целым рядом фундаментальных вызовов и практических потребностей современного общества, связанных с решением острых экологических проблем и задач обеспечения санитарно-эпидемиологических норм, а также развития новых технологий в зеленой химии, энергетике и сенсорике. Особенность подхода, предложенного соискателем, заключается в использовании электрофоретического осаждения предварительно центрифугированных в коллоидных растворах углеродных наночастиц, что позволяет целенаправленно управлять размером частиц и формировать упорядоченные наноструктуры с заданными свойствами. Полученные материалы перспективны для создания высокочувствительных сенсоров широкого спектрального диапазона и эффективных систем очистки от органических загрязнителей. Поэтому **актуальность, теоретическая и практическая значимость** данного диссертационного исследования не подлежат сомнению.

Структурно диссертация Ней Вин Аунг изложена на 145 страницах и содержит список сокращений и условных обозначений, введение, четыре главы, заключение и список литературы из 159 наименований. Работа проиллюстрирована 70 рисунками, наиболее значимые данные систематизированы в 2 таблицы. По своей структуре и объему диссертация полностью соответствует требованиям, представленным в «Положении о присуждении ученых степеней».

К наиболее **важным результатам**, имеющим несомненную научную ценность, можно отнести следующее:

1. Электрофоретический синтез в центрифугированных углеродных коллоидных растворах приводит к формированию композиционных нанопленок из углеродных наночастиц, модифицированных CuO .

Модификация поверхности углеродных наночастиц оксидом меди (II) обусловлена механизмом электролитического осаждения окисленных ионов меди.

2. Синтезированные многослойные композиционные нанопленки CNPs/CuO обладают фоточувствительностью в широком спектральном диапазоне: в ультрафиолетовом – до $40 \text{ мВ/Вт}\cdot\text{см}^{-2}$, в видимом – до $130 \text{ мВ/Вт}\cdot\text{см}^{-2}$, в инфракрасном диапазоне – до $200 \text{ мВ/Вт}\cdot\text{см}^{-2}$.

3. Прохождение токов проводимости через синтезированные композиционные пленки CNPs/CuO приводит к разложению на их поверхности молекулярных газов, таких как изопропиловый спирт и бутилацетат, к полному разложению на CO_2 и H_2O . Высокую скорость деградации молекулярных газов обеспечивает механизм электрокаталитического разложения.

Новизна полученных в диссертации результатов заключается в том, что был 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 $17\pm 2 \text{ мВ}$ до $122\pm 2 \text{ мВ}$ при изменении толщины пленок от $200\pm 10 \text{ нм}$ до $2000\pm 100 \text{ нм}$. Также, в работе было доказано, что высокая скорость деградации молекулярных газов изопропилового спирта и бутилацетата на поверхности композиционных нанопленок CNPs/CuO обусловлена механизмом электрокаталитического разложения.

Достоверность представленных в диссертации данных подтверждается применением соискателем комплекса современных взаимодополняющих методов исследования, включающих сканирующую электронную микроскопию (СЭМ), атомно-силовую микроскопию (АСМ), энергодисперсионную рентгеновскую спектроскопию (EDX), рентгенофазовый анализ (РФА), спектроскопию комбинационного рассеяния (КР), ИК-Фурье спектроскопию и электрофизические измерения. Полученные экспериментальные данные и результаты их анализа воспроизводимы, согласуются с построенной теоретической моделью электропроводности и находятся в соответствии с литературными данными..

Результаты работы, полученные на композиционных нанопленках CNPs/CuO, имеют существенное значение для развития науки о наноматериалах и физики конденсированного состояния. **Практическая значимость** заключается в разработке технологии получения перспективных материалов для оптоэлектроники (сенсоры УФ, видимого и ИК-диапазона) и экологии (электрокаталитические воздушные фильтры для разложения летучих органических соединений). На основе результатов диссертации

получен патент на изобретение, что подчеркивает прикладную ценность исследования.

Результаты исследований в полном объеме **опубликованы** автором в 17 научных работах, включающих 7 статей в рецензируемых научных изданиях (3 – в журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus, 4 – в журналах Перечня ВАК), 1 патент на изобретение и 9 материалов и тезисов конференций. Основные результаты были представлены на 10 всероссийских и международных конференциях..

Автореферат диссертации содержит все требуемые структурные элементы и полностью отражает объем и содержание представленной диссертационной работы. Текст автореферата соответствует научной стилистике изложения материала и написан грамотным языком, содержащим термины и понятия, принятые в данной области научных исследований.

В качестве **замечаний** хотелось бы выделить следующие пункты:

1. В работе не хватает исследований просвечивающей электронной микроскопии, которая дала бы ценную информацию о структуре синтезированных композиционных пленок.

2. Хорошо было бы рассмотреть возможность сравнения электрофоретического метода осаждения с альтернативными методами получения композиционных нанопленок, что позволило бы лучше оценить преимущества разработанной методики.

3. Отсутствуют сведения о старении синтезированных образцов. Не понятно, как будут меняться функциональные свойства композиционных пленок в процессе реальной эксплуатации.

4. На стр. 94 приводится обсуждение рентгенограмм композиционных пленок (рис. 3.12), где отмечается смещение дифракционных пиков, что интерпретируется как свидетельство образования новых химических связей. Для однозначного подтверждения этого важного результата целесообразно было бы провести дополнительные исследования, к примеру методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС).

Заключение по диссертационной работе

Указанные замечания носят рекомендательный характер, не снижают научной значимости диссертационной работы и могут быть учтены автором при дальнейших исследованиях. Представленная диссертация представляет собой оригинальную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение совокупности научных задач, связанных с синтезом, структурой и функциональными свойствами композиционных наноматериалов, имеющих несомненное значение для развития физики конденсированного состояния. Работа полностью соответствует паспорту специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния и отвечает

требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Министерства образования и науки РФ, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 29.04.2013 (со всеми последующими изменениями), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Ней Вин Аунг, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук
(научная специальность 01.04.07. –
Физика конденсированного состояния),
профессор, ведущий научный сотрудник
лаборатории перспективных материалов
и технологий Федерального
государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Белгородский
государственный национальный
исследовательский университет (НИУ
«БелГУ»)» (г. Белгород)

Василий Сергеевич Захвалинский



«02» 12 2025 г.

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена докторская диссертация: 01.04.07. – Физика конденсированного состояния.

Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85,

Тел.: (4722) 30-12-11

E-mail: zakhvalinskii@bsuedu.ru

Подпись ведущего научного сотрудника лаборатории перспективных материалов и технологий ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ «БелГУ»)» Захвалинского Василия Сергеевича удостоверяю.

