

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.286.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Воронежский государственный технический
университет», Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 20.01.2026 г. № 399

О присуждении Ней Вин Аунг, гражданину Республики Союз Мьянмы, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Электрофоретические композиционные нанопленки из модифицированных оксидом меди углеродных наночастиц: синтез, структура, свойства» **по специальности** 1.3.8. Физика конденсированного состояния **принята к защите** 11.11.2025 (протокол заседания № 397) **диссертационным советом** 24.2.286.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, приказ о создании совета №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Ней Вин Аунг, 08 октября 1991 года рождения, в 2018 г. **окончил** магистратуру ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» по направлению 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника». В 2023 г. **окончил** аспирантуру ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» по специальности 03.06.01 «Физика и астрономия».

Диссертация выполнена на кафедре нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент, Пугачевский Максим Александрович, директор Регионального центра нанотехнологий ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет».

Официальные оппоненты:

1. **Штарев Дмитрий Сергеевич**, доктор физико-математических наук, доцент, профессор департамента ядерных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (г. Владивосток);

2. **Захвалинский Василий Сергеевич**, доктор физико-математических наук, 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), дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (г. Москва) в своем положительном отзыве, подписанном **Костишиным Владимиром Григорьевичем**, доктором физико-математических наук по специальности 01.04.10 «Физика полупроводников», профессором, заведующим кафедрой технологии материалов электроники, указала, что диссертация выполнена на актуальную тему, полученные в работе результаты представляются достоверными, а выводы и основные положения, выносимые на защиту, хорошо обоснованными. Отмечено, что результаты диссертации имеют высокую научную и практическую значимость, связанную с тем, что полученные закономерности вносят вклад в понимание взаимосвязи «структура–свойства» в композиционных наноматериалах и демонстрируют возможность управления электрокаталитической активностью и сенсорными характеристиками за счёт варьирования условий электрофоретического синтеза и морфологии нанопленок CNPs/CuO. В заключении указано, что диссертация Ней Вин Аунг представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, которая по актуальности поставленных задач, научной новизне и практической значимости, а также по количеству работ, опубликованных в открытой печати, соответствует квалификационным требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (со всеми последующими изменениями), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки).

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них 4 работы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и 3 работы, индексируемых в международных базах Scopus, Web of Science.

Общий объем опубликованных работ составил 5,97 п.л., из них соискателю принадлежит 2,72 п.л.

Личный вклад соискателя состоит в анализе литературных источников по теме исследования, получении образцов методом электрофоретического синтеза, в анализе, систематизации и обсуждении результатов экспериментальных исследований, подготовке статей к публикации. Экспериментальные данные о структуре и функциональных свойствах композиционных нанопленок CNPs/CuO, обсуждаемые в диссертации, получены автором лично. Автор самостоятельно проводил функционализацию углеродных наночастиц, разработал и апробировал методику электрофоретического синтеза экспериментальных образцов. Автор непосредственно участвовал во всех этапах экспериментальных исследований,

комплексном анализе и интерпретации полученных данных, а также в подготовке всех научных публикаций по теме диссертации.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Ней Вин Аунг.** Электропроводность упорядоченных одностенных углеродных нанотрубок в постоянном электрическом поле / Ней Вин Аунг, Мьо Мин Тан, М.А. Пугачевский, В.В. Родионов, А.П. Кузьменко, Тет Пьо Наинг // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия техники и технологии. – 2020. – Т. 10. – №. 1. – С. 86-98.

2. **Ней Вин Аунг.** Инфракрасные сенсорные свойства многослойных нанокompозитных пленок CuO/CNPs, полученных электрофоретическим синтезом / Ней Вин Аунг, М.А. Пугачевский, В.В. Филиппов, В.М. Емельянов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия техники и технологии. – 2023. – Т. 13. – №. 2. – С. 177-188.

3. **Ней Вин Аунг.** Деградация молекулярных газов на пористых композиционных наноструктурах CNPs/CuO / Ней Вин Аунг, М.А. Пугачевский // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия техники и технологии. – 2025. – Т. 15. – №. 3. – С. 54-66.

4. **Nay Win Aung.** Nanocomposite films of CNPs/CuO structures by electrophoresis method / Nay Win Aung, M.A. Pugachevskii, A.P. Kuzmenko, Myo Min Than // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – V. 2064. – №. 1. – P. 012105.

5. Kuzmenko A. P. Formation of hierarchical structures from functionalized multi-walled carbon nanotubes in aerosil containing solutions / A.P. Kuzmenko, Thet Phyto Naing, Myo Min Thant, **Nay Win Aung** // Modern Electronic Material. – 2020. – Vol.6. – №. 1. – P. 132-134.

На диссертацию и автореферат поступило 3 отзыва (все отзывы положительные), в них содержатся следующие замечания:

1. **Мышкин Вячеслав Федорович**, д.ф.-м.н., профессор, профессор инженерной школы ядерных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет (НИ ТПУ)», со следующими замечаниями:

– В автореферате можно было бы более подробно осветить перспективы практического применения разработанных методик для формирования наноструктур, а также процесс фотокаталитического разложения изопропилового спирта и бутилацетата;

– также хотелось бы услышать мнение аспиранта на зависимость размера наночастиц от частоты вращения центрифуги (страница 11).

2. **Глуховской Евгений Геннадьевич**, к.ф.-м.н., доцент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», со следующими замечаниями:

– хотелось бы прояснить вопрос деградируемости (или стабильности) материала плёнки и макета датчика в целом в процессе проведённых испытаний;

– в качестве рекомендации для продолжения исследований можно предложить изучить температурную стабильность полученных нанопленок. Поскольку для восстановления параметров чувствительных слоёв часто используется именно их подогрев для ускорения десорбции газов с поверхности сорбента.

3. Белов Павел Анатольевич, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики и нанотехнологий ФГБОУ ВО «Курский государственный университет (КГУ)», со следующими замечаниями:

– в качестве замечания к работе хотелось бы отметить отсутствие детальных исследований резонансных явлений, возникающих в композитных пленках при изменении их толщины, что тем не менее в целом не снижает общей ценности работы.

На замечания диссертант дал свои пояснения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и работники ведущей организации являются компетентными специалистами в области физики конденсированного состояния, в частности, в области физических свойств наноматериалов и композиционных систем, а также имеют ряд публикаций в соответствующей сфере исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработана новая методика получения многослойных композиционных пленок CNPs/CuO для сенсорных и каталитических применений, заключающаяся в послойном формировании композиционных структур с контролируемым размерным и фазовым составом методом электрофоретического синтеза;

Обнаружен размерный фотоэффект с резонансным поглощением при переотражении ИК излучения (1,06 мкм) на гетерогенных границах раздела фаз воздух/пленка/подложка, сопровождаемый ростом фото-ЭДС до 122 ± 2 мВ при увеличении толщины пленок до 2000 ± 100 нм;

Показано, что высокая скорость деградации (до 7 мкмоль/мин для спирта и до 3 мкмоль/мин для бутилацетата) молекулярных газов на поверхности композиционных нанопленок CNPs/CuO обусловлена механизмом электрокаталитического разложения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

разработана теоретическая модель электропроводности двухфазной системы (нанокомпозитная пленка CNPs/CuO и водный растворитель) при электрофоретическом синтезе, основанная на приближении эффективной гомогенизированной среды с высокой анизотропной проводимостью углеродных нанотрубок и большим сопротивлением изолирующей матрицы, расчёты по которой адекватно согласуются с экспериментальными данными;

установлен механизм электролитического осаждения, обуславливающий модификацию поверхности углеродных наночастиц оксидом меди (II) в процессе формирования композиционных наноструктур CNPs/CuO электрофоретическим методом, заключающийся в электрохимическом образовании $\text{Cu}(\text{OH})_2$ и ионов

Cu^2 , их адсорбцию на углеродных наночастицах и последующую термическую дегидратацию в CuO ;

раскрыты закономерности и предложен механизм электрокаталитического окисления летучих органических соединений на поверхности наноплёнок CNPs/CuO , включающий в себя процессы адсорбции кислорода, локального выделения джоулева тепла преимущественно на межфазных границах, генерации активных форм кислорода и последующего окисления активными радикалами молекул-реагентов;

экспериментально доказано наличие количественных зависимостей между структурой и морфологией композитных плёнок (размером зерен, шероховатостью и толщиной) и их функциональными характеристиками (электропроводностью, электрохимической активностью и сенсорным откликом), что позволяет целенаправленно управлять свойствами материала на этапе синтеза;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплексный подход, совмещающий методы рентгенофазового анализа (РФА), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), атомно-силовой микроскопии (АСМ), ИК-Фурье спектроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния (КР), а также измерение электрических, электрохимических и спектрофотометрических характеристик при аттестации композиционных наноплёнок CNPs/CuO ;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

предложен новый способ электрофоретического синтеза композиционных нанопленок CNPs/CuO , обеспечивающий воспроизводимое получение материалов с контролируемой морфологией и развитой межфазной поверхностью для применения в катализе и сенсорике;

показана практическая эффективность синтезированных нанопленок CNPs/CuO в качестве электрокатализаторов для разложения летучих органических соединений (изопропанола и бутилацетата), что открывает перспективы для создания систем очистки воздуха и каталитических фильтров.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты экспериментальных исследований получены на современном сертифицированном и поверенном оборудовании с использованием стандартизированных методик проведения измерений; показана хорошая воспроизводимость результатов в независимых экспериментальных сериях;

теории и модели, используемые для объяснения механизмов электрокаталитической активности, формирования структуры и изменения функциональных свойств композиционных нанопленок CNPs/CuO в зависимости от параметров синтеза и последующей обработки, являются адекватными и применимыми к исследуемым объектам;

установлено качественное и количественное соответствие данных, полученных в диссертации, с результатами, представленными в научных публикациях по данной тематике.

Диссертация отвечает установленным в Положении о присуждении ученых степеней критериям и соответствует шифру специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния. В материалах диссертации Ней Вин Аунг содержится решение научной задачи, имеющей значение для дальнейшего развития теории и методов получения функциональных композиционных наноматериалов, а также понимания взаимосвязи между их структурой, электрофизическими, каталитическими и сенсорными свойствами. Работа написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые результаты и положения, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

В ходе дискуссии были высказаны критические замечания по поводу формулировок положений, выносимых на защиту.

На заседании 20 января 2026 года диссертационный совет за решение научной задачи, имеющей значение для дальнейшего развития физических представлений об установлении основных закономерностей влияния морфологии, состава, условий синтеза и обработки на функциональные свойства композиционных наноплёнок из модифицированных оксидом меди углеродных наночастиц, а также о механизмах сенсорного отклика и электрокатализа в гетерогенных наносистемах, принял решение присудить Ней Вин Аунг учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 12, против – 1, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Домашевская
Эвелина Павловна

Стогней
Олег Владимирович

«20» января 2026 года