ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу

Жумадилова Рахымжана Ерболсынұлы на тему «Исследование свойств углеродных наностен для разработки электронных устройств», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD)по образовательной программе «8D07112 – Наноматериалы и нанотехнологии».

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:	Работа соответствует приоритетным направлениям развития науки и государственным программам.
		1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы) 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)	Работа выполнена в рамках следующих проектов: 1. AP08856684 «Синтезирование углеродных наностен в плазменной среде, исследование их свойств и практическое применение» 2020-2022 гг. 2. AP19676443 «Создание био- фото- и газочувствительных сенсоров на основе углеродных наностен» 2023-2025 гг. 3. BR21882187 «Разработка новых наноматериалов и технологий для химических и электрохимических устройств преобразования и хранения энергии» 2023-2025 гг
2.	Важность для науки	Работа **вносит**/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность **хорошо раскрыта**/не раскрыта	Наиболее значительным вкладом в области науки является разработка таких электрических устройств как газовые сенсоры, фотодиоды и электрохимические сенсоры на основе УНС. Важность работы хорошо раскрыта и заключается в исследовании свойств УНС.

зам. ген. науке

3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) **Высокий;** 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	Работа демонстрирует высокую степень самостоятельности докторанта. Представленные результаты исследований, в частности, разработка сенсора углекислого газа на основе УНС, исследование чувствительности устройств при различных концентрациях газа CO_2 и температуре устройств, исследование влияния электронного и протонного облучения на свойства УНС и изготовление фотодиода со стабильными характеристиками, исследование влияния содержания азота на электрохимические свойства устройств на основе УНС были проведены автором. Кандидат учувствовал во всех экспериментальных работах, таким образом, внес основной вклад при подготовке всех указанных научных трудов.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) **Обоснована;** 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Обоснована. Диссертационная работа посвящена комплексному исследованию свойств УНС для создание высокочувствительных газовых и электрохимических сенсоров, исследование влияние ионизирующего излечения на свойства УНС и фотодиодов на их основе, которая является актуальной темой. Кроме того, опубликованные работы кандидата свидетельствуют о новизне и актуальности научных исследований в данном научном направлении.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:	Отражает. Все публикации

зам. дек. по науке

		1) **Отражает;** 2) Частично отражает; 3) Не отражает	непосредственно связаны с темой диссертации.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) **соответствуют;** 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Цель и задачи полностью соответствуют теме диссертации, которые отражены во всех публикациях автора.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) **полностью взаимосвязаны;** 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Все представленные результаты и положения диссертации логически полностью взаимосвязаны. Выносимые положения на защиту также отражаются в публикациях автора.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) **критический анализ есть;** 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	Критический анализ есть. Апробированные автором методы и решения полностью аргументированы полученными достоверными результатами.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) **полностью новые**; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Представленные для защиты научные результаты и положения являются абсолютно новыми. Автором Разработан сенсор углекислого газа на основе УНС с лабиринтообразной морфологией, с высотой 150 нм и толщиной 28 нм синтезированные методом ICP-PECVD. Кроме этого, Разработан самоадаптивный фотодиод с чувствительностью 0.11 А/Вт и удельной детектирующей способностью 5.2 $\times 10^{10}$ Джонс при длине волны 730 нм с использованием УНС с лабиринтообразной морфологией, с высотой 200 нм и толщиной 40 нм синтезированные методом ICP-PECVD при протонном облучении с энергией 1,5 МэВ и общей дозой 10^{12} п/см^2. Разработаны электрохимические

зам. дек. науч

			сенсоры пероксида водорода на основе УНС легированных азотом синтезированные методом RI-PECVD при параметрах скорости потока азота (N_2: 10,15,20 $см^3$/мин).
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) **полностью новые**; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Научные результаты и положения диссертации являются полностью новыми, что подтверждается научными публикациями кандидата в высокорейтинговых журналах.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) **полностью новые**; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются полностью новыми и обоснованными. Автором исследовано чувствительность и время отклика/восстановления изготовленных сенсоров на основе УНС при концентрациях газа CO_2 10-500 ppm и температуре устройств 27 °C–100 °C. Кроме этого, исследовано влияние электронного и протонного облучения на морфологические, структурные, электрические и оптические свойства УНС. Исследовано влияние содержание азота на электрохимические свойства устройств на основе УНС для определения пероксида водорода (H_2O_2).
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы **основаны**/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Все основные выводы основаны на экспериментальных результатах в соответствии с литературными данными.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) **доказано**; 2) скорее доказано;	Все выносимые на защиту положения доказаны экспериментальными результатами, являются новыми и нетривиальными. Все поставленные задачи для достижения поставленной

зам. дек. подпись

		3) скорее не доказано; 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) **нет** 7.3 Является ли новым? 1) **да**; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) **широкий** 7.5 Доказано ли в статье? 1) **да**; 2) нет	цели выполнены в полном объеме. ***Положение 1.*** Является новым и доказано в научном публикации: 1. **Zhumadilov R.Y.,** Yerlanuly Y., Parkhomenko H.P., Soltabayev B., Orazbayev S.A., Bakenov Z., Ramazanov T.S., Gabdullin M.T., Jumabekov A.N. Carbon nanowall-based gas sensors for carbon dioxide gas detection// Nanotechnology – 2024. https://doi.org/10.1088/1361-6528/ad1a7e (Journal Impact Factor – 3.5, Q2, Percentile 80%) Положение 1 является не тривиальным и имеет широкий уровень применения. ***Положение 2.*** Является новым и доказано в научных публикациях: 1. Yerlanuly Y., Parkhomenko H.P., **Zhumadilov R.Ye.,** Nemkayeva R.R., Akhtanova G., Solovan M.M., Mostovyi A.I., Orazbayev S.A., Utegenov A.U., Ramazanov T.S., Gabdullin M.T., Jumabekov A.N., Brus V.V., Achieving stable photodiode characteristics under ionizing radiation with a self-adaptive nanostructured heterojunction CNWs/CdZnTe // Carbon – 2023 – Vol.215, №118488 https://doi.org/10.1016/j.carbon.2023.118488 (Journal Impact Factor – 10.9, Q1, Percentile 96%) 2. Yerlanuly Y., **Zhumadilov R.Y.,** Danko I.V., Janseitov D.M., Nemkayeva R.R.,

зам. ген. науч.

			Kireyev A.V., Arystan A.B., Akhtanova G., Vollbrecht J., Schopp N., Nurmukhanbetova A., Ramazanov T.S., Jumabekov A.N., Oreshkin P.A., Zholdybayev T.K., Gabdullin M.T., Brus V.V., Effect of Electron and Proton Irradiation on Structural and Electronic Properties of Carbon Nanowalls // ACS Omega – 2022 – Vol.7, No. 51, P. 48467–48475 https://doi.org/10.1021/acsomega.2c06735 (Journal Impact Factor – 4.1, Q2, Percentile 72%) Положение 2 является не тривиальным и имеет широкий уровень применения. ***Положение 3.*** Является новым и доказано в научном публикации: 1. **Zhumadilov R.Ye.,** Yerlanuly Y., Kondo H., Nemkayeva R.R., Ramazanov T.S., Hori M., Gabdullin M.T., Hydrogen peroxide sensing with nitrogen-doped carbon nanowalls// Sensing and Bio-Sensing Research,Volume 43,2024, https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2023.100614. (Journal Impact Factor – 5.3, Percentile 85%) Кроме этого, по данному положению подана патент на полезную модель РК. № 281435 Способ определения концентрации пероксида водорода в растворе с помощью углеродных наностен легированных азотом. Авторы: Габдуллин М.Т., Ерланулы Е., Рамазанов Т.С., **Жумадилов Р.Е.**

зам. ди. науч.

			Положение 3 является не тривиальным и имеет широкий уровень применения.
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно подробно описана 1) **да**; 2) нет	Методы, использованные в этих исследованиях, являются широко используемые и известными для определения характеристик наноматериалов и электронных устройств.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) **да**; 2) нет	В работе использованы современные методы исследования, такие как XPS, UPS, SEM, TEM, измерение эффекта Холла Ван-дер-Пау, метод изучения фоточувствительных характеристик (вольт-амперных характеристик) (B1500A, Keysight) с использованием солнечного симулятора (Ossila Solar Simulator).
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) **да**; 2) нет	Все выводы подтверждены экспериментальными исследованиями и опубликованы в нескольких рецензируемых статьях.
		8.4 Важные утверждения **подтверждены**/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Все утверждения подкреплены ссылками на актуальную и надежную научную литературу.
		8.5 Использованные источники литературы **достаточны**/не достаточны для литературного обзора	Все статьи содержат достаточное количество ссылок на научную литературу, чтобы предоставить исчерпывающую информацию об изучаемых объектах.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) **да**; 2) нет	Теоретическая значимость работы состоит в углублении знаний о методах исследования свойств УНС и их применении в электронных устройствах.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая	Полученные результаты имеют большой

зам. дир. науч.

		вероятность применения полученных результатов на практике: 1) **да**; 2) нет	потенциал для практического применения УНС в разработке газовых сенсоров, фотодиодов и электрохимических сенсоров.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) **полностью новые**; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	В настоящее время УНС широко применяется для изготовления электронных устройств. Однако использование УНС для разработки сенсоров углекислого газа, в качестве защитного слоя от радиации при создании фотодиодов и для изготовления электрохимических сенсоров на основе УНС для определения пероксида водорода является новым.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) **высокое**; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Академическая письменность на высоком уровне, что подтверждается опубликованными работами в высокорейтинговых рецензируемых научных журналах.

Решение официального рецензента: присудить степень доктора философии (PhD) или доктора по профилю;

Официальный рецензент:
Доктор философии (PhD),
Научный сотрудник,
Magic Leap (США) _____ Кудышев Жаксылык Амангельдиевич

ФИЗИКА-ТЕХНИКАЛЫҚ ФАКУЛЬТЕТІ

Зам. дек.