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 приоритетную направлению развития науки "Энергия, передовые материалы и транспорт", утвержденных до 2026 г.
		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 научных и научно-технических проектов грантового финансирования и программы целевого финансирования: 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	В работе приведен комплексный и детальный анализ свойств УНС и их дальнейшего практического применения в электронных устройствах, в частности, предложен сенсор для идентификации углекислого газа с лабиринтообразной морфологией. Работа вносит существенный вклад в науку, в понимание влияния ионизирующего излучения на свойства УНС, содержания азота на

			электрохимические свойства УНС. Важность работы хорошо раскрыта и заключается в разработке электронных устройств на основе УНС.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) **Высокий;** 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	Диссертация защищается на основе ряда опубликованных работ в журналах, индексирующихся в международных базах данных. Результаты диссертации были опубликованы в 4 статьях, индексируемых в журналах Web of Science, Scopus, 1 статьи в журнале, рекомендованном КОКСНВО МНВО РК, 1 патента РК на полезную модель, а также 6 тезисах и докладах на международных конференциях за период проведения исследований. Уровень самостоятельности выполнения диссертационного исследования можно оценить высоко, так как соискатель в двух статьях является первым автором.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) **Обоснована;** 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность диссертационного исследования, представленного на защиту обоснована. Опубликованные работы кандидата свидетельствуют о новизне и следовательно актуальности научных исследований в данном научном направлении.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) **Отражает;** 2) Частично отражает; 3) Не отражает	Содержание статей, представленных на защиту в полной мере отражают заявленную тему исследований. Все публикации непосредственно логически связаны с темой диссертации, охватывают цель и поставленные задачи.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) **соответствуют;** 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Цель и задачи диссертации сформулированы четко и научно обоснованы, а также полностью соответствует заявленной теме диссертации. Во всех публикациях отражено комплексное исследование свойств УНС, и в результате проведенных исследований созданы газовые сенсоры, самоадаптивные фотодиоды и электрохимические сенсоры.
		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;**	Критический анализ есть. Автор предоставил критический анализ исследования свойств УНС, с применением различных, независимых методов. Также приведены сравнение результатов с работами опубликованными другими авторами.

		2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	
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%)	Научные результаты и положения, представленные к защите, являются полностью новыми. Соискателем представлены результаты исследования чувствительности и время отклика/восстановления изготовленных сенсоров на основе УНС при различных концентрациях газа CO_2 и температуры устройств. Показано, что УНС способен адсорбировать больше молекул CO_2 в своем объеме благодаря лабиринтообразной морфологии и дефектов (свободных связей). Кроме этого, исследовано влияние электронного и протонного облучения на морфологические, структурные, электрические и оптические свойства УНС. Показано, что использование УНС как буферного слоя в фотодиодной структуре УНС/CdZnTe в результате радиационного воздействия приводит к улучшению чувствительности и обнаружительной способности что обусловлено улучшением оптического пропускания. Кандидатом исследовано влияние содержание азота на электрохимические свойства устройств на основе УНС для определения пероксида водорода (H_2O_2).
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) **полностью новые**; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Выводы диссертации, связанные с определением перспективности использования УНС в качестве основы для газовых сенсоров обоснованы и имеют достаточный уровень новизны, определяемый пределом чувствительности, а также эффективностью сенсоров.
		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 решения представленные в диссертационном исследовании являются полностью новыми и обоснованными. Автором разработаны газовые сенсоры на основе УНС и исследованы газочувствительные свойства для различных концентраций газа CO_2 и температуры устройств. Проведены комплексные исследования влияния ионизирующего излучения на свойства УНС и изготовлены самоадаптивные фотодиоды. Разработаны электрохимические сенсоры на основе УНС, легированные азотом 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 данных и широко используемых научных методах, и объясняются в соответствующих публикациях.
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; 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	Все выносимые на защиту положения доказаны экспериментальными результатами, являются новыми и нетривиальными. Все поставленные задачи для достижения поставленной цели выполнены в полном объеме. ***Положение 1.*** «Углеродные наностены с лабиринтообразной морфологией с высотой 150 нм и толщиной 28 нм, синтезированные методом ICP-PECVD, обеспечивают чувствительность сенсоров углекислого газа 1.03% и время отклика 57 с при концентрации CO_2 400 ppm и температуре 100 °C.» 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 7.2 Является ли тривиальным? 2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 7.4 Уровень для применения: 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) да, доказано в соответствующей публикации в рецензируемом научном журнале Nanotechnology (Journal Impact Factor – 3.5, Q2, Percentile 80%). Положение 1 является не тривиальным и имеет широкий уровень применения. ***Положение 2.*** «Структура на основе углеродных наностен с лабиринтообразной морфологией, с высотой 200 нм и толщиной 40 нм синтезированные методом ICP-PECVD и монокристаллический CdZnTe позволяет создать самоадаптивный фотодиод с чувствительностью 0.11 А/Вт и удельной детектирующей способностью 5.2 $\times 10^{10}$ Джонс, при протонном облучении с энергией 1,5 МэВ и общей дозой 10^{12} п/см^2.» 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 7.2 Является ли тривиальным?

			2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 7.4 Уровень для применения: 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) да, доказано в научных публикациях в высокорейтинговых рецензируемых журналах, в частности, Carbon (Journal Impact Factor – 10.9, Q1, Percentile 96%) и ACS Omega (Journal Impact Factor – 4.1, Q2, Percentile 72%). Положение 2 является не тривиальным и имеет широкий уровень применения. ***Положение 3.*** «Эффективные электрохимические сенсоры пероксида водорода могут быть созданы на основе УНС легированные азотом с высотой 640 нм и толщиной 25 нм синтезированные методом RI-PECVD при параметрах скорости потока (N_2: 20 $см^3$/мин), демонстрирующие широкий диапазон линейного отклика при концентрации H_2O_2 от 1 мкМ до 250 мкМ, низкий предел обнаружения 14 мкМ и высокую чувствительность 679,6 мкА $мМ^{-1}$ $см^{-2}$.» 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 7.2 Является ли тривиальным? 2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 7.4 Уровень для применения: 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) да, доказано в научном публикации в рецензируем журнале Sensing and Bio-Sensing Research (Journal Impact Factor – 5.3, Percentile 85%) и в заявке патент на полезную модель РК. № 281435 Способ определения концентрации пероксида водорода в растворе с помощью углеродных наностен легированных азотом. 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	Методология подробно изложена в научных публикациях и подкреплена соответствующими литературными источниками.
		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	Все экспериментальные данные были получены с использованием современных методов и использованием аналитических оборудований.
		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	Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальными исследованиями и соответствующими литературными данными.
		8.4 Важные утверждения **подтверждены**/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Все высказанные утверждения были подтверждены экспериментально, а также сравнены с литературными данными из достоверных научных изданий.
		8.5 Использованные источники литературы **достаточны**/не достаточны для литературного обзора	Достаточны.

9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) **да**; 2) нет	Данная работа имеет важное теоретическое значение. Теоретическая значимость результатов исследования заключается в определении применимости УНС в качестве сенсоров, а также определении взаимосвязи между внешними воздействиями в виде ионизирующего излучения и изменениями морфологических и оптических свойств УНС.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) **да**; 2) нет	Представленные результаты являются прикладными. Полученные результаты по исследованию свойств УНС показали эффективность применения УНС для разработки газовых сенсоров, самоадаптивных 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%)	Предложения для практики являются полностью новыми. Практическая значимость результатов диссертации заключается в предложенных методах получения сенсоров на основе УНС.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) **высокое**; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество академического письма высокое.

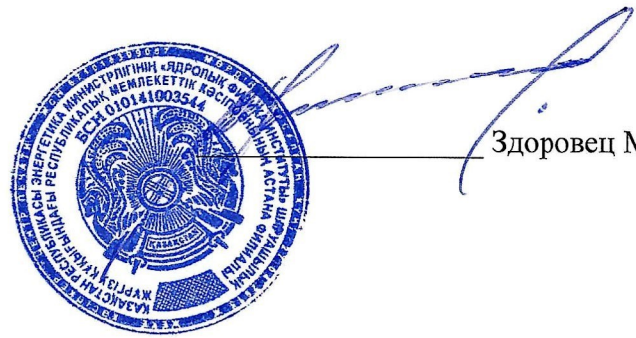
В качестве комментариев к диссертационному исследованию можно отнести следующее:

В работе проведен ряд экспериментов по определению влияния воздействия ионизирующего излучения на УНС и сенсоры на их основе. Оценивалось ли длительное воздействие ионизирующего излучения, и если да, но насколько сохраняется увеличение эффективности изменения оптических свойств в зависимости от дозы облучения? Также следует отметить, насколько стабильны подобные эффекты во времени, в виду того, что радиационные повреждения имеют релаксирующий характер. Соискателю следует отметить причины выбора двух типов излучения с различными дозами облучения, как при данных условиях можно проводить сравнение по эффективности изменения морфологических и оптических свойств УНС?

При этом данные комментарии и замечания носят уточняющий характер и не оказывают влияние на представленные результаты исследования.

Решение официального рецензента: присудить степень доктора философии (PhD).

Официальный рецензент:
к.ф.-м.н., профессор,
Директор Астанинского филиала
РГП ИЯФ МЭ РК



Здоровец Максим Владимирович