

Письменный отзыв официального рецензента на диссертационную работу Толубаевой Дианы Бахытовны на тему «Электрохимические и структурные свойства наноструктурированных полупроводниковых оксидов», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07101 – «Нанотехнологии в инженерии»

№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: 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или <u>целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</u> 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)	Диссертационная работа соответствует задачам, видению и ожидаемым результатам Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020 – 2025 годы и Концепции индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2021 – 2025 годы и выполнена в рамках проекта на грантовое финансирование AP08856173 «Синтез и исследование свойств низкоразмерных полупроводниковых материалов для создания высокочувствительных биосенсоров» (научный руководитель Г.риценко Д.В.).
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит/не вносит</u> существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта/не раскрыта</u>	Диссертационное исследование на тему: «Электрохимические и структурные свойства наноструктурированных полупроводниковых оксидов» вносит существенный вклад в развитие таких областей науки, как наноматериаловедение и нанотехнологии. Важность представленной работы хорошо раскрыта и заключается в решении актуальных задач, а именно разработке эффективных экономичных методов синтеза наноструктурированных полупроводниковых оксидов.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий</u> ; 2) Средний; 3) Низкий;	Уровень самостоятельной работы диссертанта определяется личным вкладом в получении результатов диссертации, написании научных статей и участием в международных конференциях. В работе

		4) Самостоятельности нет	<p>Было приведено достаточное количество экспериментальных результатов, которые были реализованы в лабораториях при непосредственном участии соискателя. Об уровне самостоятельности можно судить по семи опубликованным работам, где диссертант является первым или корреспондирующим автором.</p> <p><i>Следует отметить, что несмотря на то, что согласно Правил присуждения степеней достоверно одной статьи, входящей в ВД Scopus и Web of Science, полученные результаты достаточно для публикации большего количества работ в упомянутых базах данных.</i></p>
4.	Принцип внутреннего единства	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:</p> <p>1) Обоснована;</p> <p>2) Частично обоснована;</p> <p>3) Не обоснована.</p>	<p>Диссертационная работа Толубаевой Дианы Бахитовны является актуальной в области наноматериаловедения и нанотехнологий.</p> <p>Актуальность темы заключается в необходимости разработки низкотратных методов синтеза наноструктурированных полупроводниковых материалов, перспективных для использования в сенсорной электронике. Современная медицина подчеркивает важность витаминов, минералов и антиоксидантов для здоровья человека. Разработка простых методов мониторинга уровня этих веществ поможет улучшить диагностику и повысить качество жизни. Электрохимические биосенсоры представляют собой устройства для анализа содержимого биологического образца благодаря прямому преобразованию биологического события в электрический сигнал. К достоинствам электрохимических биосенсоров можно отнести их миниатюрность, широкие пределы обнаружения, а также простоту и надежность. Разработка экономичного, простого в использовании, точного, портативного и быстрого биосенсора для определения глюкозы и аскорбиновой кислоты имеет решающее значение для медицинских приложений.</p> <p>В рецензируемой диссертации содержание целиком и</p>
4.2	Содержание диссертации отражает		

	<p>тему диссертации: <u>1) Отражает;</u> 2) Частично отражает; 3) Не отражает</p>	<p>полностью отражает ее тему. Диссертация состоит из введения, трех разделов, согласно поставленным задач, заключения, списка литературы и приложений. Рецензируемая работа посвящена разработке эффективных экономичных методов синтеза наноструктурированных полупроводниковых оксидов, таких как низкотемпературный гидротермальный метод, метод химического осаждения, метод термического разложения, а также определению оптимальных параметров контролируемого синтеза и исследованию электрохимических и структурных свойств полученных образцов, которые полностью раскрыты во всех трех главах диссертационной работы.</p>
	<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: <u>1) соответствуют;</u> 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют</p>	<p>Цель и задачи, поставленные в диссертационной работе, полностью соответствуют теме диссертации. Целью диссертационной работы является разработка низкочастотных методов контролируемого синтеза наноструктурированных оксидных полупроводников и исследование их электрохимических и структурных свойств с перспективой применения в сенсорной электронике. Для достижения поставленной цели сформулированы задачи, которые достигнуты путем проведения исследовательских работ докторантом по получению наноструктурированного оксида цинка и анализу его структурных и электрохимических свойств, о чем свидетельствуют опубликованные результаты исследований. Задачами диссертационной работы являются: 1. Разработать эффективные экономичные методы синтеза наноструктурированных оксидов: полупроводниковых гидротермальный метод, низкотемпературный гидротермальный метод, метод химического осаждения, метод термического разложения. 2. Определить оптимальные параметры контролируемого синтеза.</p>

		<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <p>1) <u>полностью взаимосвязаны;</u></p> <p>2) взаимосвязь частичная;</p> <p>3) взаимосвязь отсутствует</p>	<p>3. Исследовать электрохимические и структурные свойства полученных образцов.</p> <p>4. Определить перспективы применения синтезированных наноструктурированных полупроводниковых оксидных материалов в устройствах сенсорной электроники.</p> <p><i>Для полноты решаемых научных задач диссертации, докторант мог бы вынести отдельно подраздел 3.2 Зависимость электрохимических свойств биосенсоров от морфологии слоя оксида цинка Главы 3 диссертационной работы в Главу 4. При этом данное замечание носит лишь рекомендательный характер.</i></p> <p>Диссертационная работа представляет собой логически взаимосвязанный и полноценный научный труд, обладающий внутренним единством: все разделы диссертационной работы взаимосвязаны между собой, сформулированные цель и задачи исследования нашли последовательное теоретическое и методологическое решение, заключающиеся в предложенном экономичном методе синтеза оксида цинка - низкотемпературный гидротермальный метод.</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <p>1) <u>критический анализ есть;</u></p> <p>2) анализ частичный;</p> <p>3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов</p>	<p>В ходе проведения научно-исследовательской работы проведен аналитический обзор литературы методов получения наноструктурированного оксида цинка и дальнейшего определения перспектив применения синтезированных наноструктурированных полупроводниковых оксидных материалов в устройствах сенсорной электроники.</p> <p>Список литературных источников состоит из 206 наименований, что свидетельствует о доскональном изучении докторантом трудов других авторов и высоком уровне и способности докторанта к анализу и интерпретации результатов работ других авторов. На основании критического анализа была сформулирована постановка задач исследования диссертации.</p>
		<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p>	<p>Научные результаты и положения являются полностью новыми. К ним относятся:</p>

- 1) полностью новые;
2) частично новые (новыми являются 25-75%);
3) не новые (новыми являются менее 25%)

1. Обработка массивов наностержней оксида цинка, полученных гидротермальным методом, в атмосфере при температуре 450°C в течение часа с последующей кратковременной обработкой в плазме водорода влечет пассивацию поверхностных состояний, созданных адсорбированным на межзеренных границах кислородом во время предварительного отжига на воздухе, что способствует увеличению числа свободных электронов, которые ускоряют перенос заряда и снижают сопротивление образцов ZnO.

2. Чувствительность электрохимического безэлектродного датчика зависит от технологической обработки. Значения чувствительности аскорбиновой кислоты (АК), измеренные в нейтральном электролите PBS, составили 73, 44 и 92 мкА/(мМ·см²) для сенсоров на основе наностержней ZnO исходных, отожженных на воздухе (АТ) и отожженных на воздухе с последующей обработкой в плазме водорода (АТ+РТ) соответственно. Показано, что термическая обработка с последующей обработкой в плазме водорода массивов наностержней ZnO, синтезированных низкотемпературным гидротермальным методом, является эффективным технологическим этапом для создания высоко чувствительного безэлектродного сенсора для детектирования молекул аскорбиновой кислоты в нейтральном электролите.

3. Наименьшим коэффициентом поглощения обладают образцы ZnO, обработанные в водородной плазме, а наибольшим – исходные образцы. Оптическая ширина запрещенной зоны исходных образцов составила 3.125 эВ, 3.15 эВ для образцов, подвергнутых термическому отжигу, 3.2 эВ для образцов, отожженных на воздухе с последующей обработкой в водородной плазме, 3.25 эВ для образцов, обработанных только водородной плазмой. Отмечено, что наибольшую интенсивность фотоломинесценции имели синтезированные образцы ZnO, подвергнутые термическому отжигу с последующей обработкой в водородной плазме.

4. Изготовленные электроды ITO/ZnO/SiOx/Нафтон с

		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>массивами упорядоченных наностержней ZnO показали высокую чувствительность ~50 мкА/(мм·см²) при обнаружении глюкозы в буферном растворе, что позволяет рассматривать их в качестве основы для создания биосенсоров для детектирования глюкозы.</p> <p>Выводы, приведенные в работе, являются полностью новыми.</p> <p>Впервые разработан простой метод увеличения чувствительности сенсора на основе ZnO путем его термической обработки с последующей обработкой в плазме водорода. Получены стабильные и эффективные электроды ZnO NW/ПТО, демонстрирующие высокую чувствительность 92 мкА/(мм·см²).</p> <p>Все экспериментальные результаты получены на сертифицированных оборудованных и приборах.</p>
	<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>По результатам проведенных диссертантом теоретических и экспериментальных работ по разработке и контролю синтеза оксида цинка низкотемпературным гидротермальным методом, предложенный метод является перспективным при создании сенсорных биоаналитических электронных устройств с целью обеспечения безопасности в области здравоохранения и биомедицины. Наностержни ZnO продемонстрировали подходящую матрицу для иммобилизации глюкозооксидазы (GOx) благодаря хорошему удерживанию ферментов. Был достигнут прямой перенос электронов между наностержнями GOx и ZnO, что привело к проявлению каталитических свойств по отношению к глюкозе. Изготовленные электроды ПТО/ZnO/GOx/Нафтон могут быть использованы в качестве основы для биосенсоров глюкозы.</p>	<p>Выводы, приведенные в заключении сделаны на основе весомых результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также результатов физико-химических и структурных методов анализа. Полученные результаты достаточно хорошо обоснованы результатами теоретических и</p>
6.	<p>Обоснованность основных выводов</p>	<p>Все основные выводы <u>основаны</u>/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательств либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)</p>	<p>Выводы, приведенные в заключении сделаны на основе весомых результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также результатов физико-химических и структурных методов анализа. Полученные результаты достаточно хорошо обоснованы результатами теоретических и</p>

			<p>экспериментальных исследований и не противоречат положениям и принципам в области теории и технологии наноматериаловедения и нанотехнологий.</p> <p>Все четыре научных положения, выносимых на защиту, доказаны экспериментально.</p> <p>Опытным путем были исследованы сенсоры на основе наностержней ZnO исходных, отожженных на воздухе (AT) и отожженных на воздухе с последующей обработкой в плазме водорода (AT+PT).</p> <p>Для интерпретации результатов исследования были использованы такие современные методы анализа наноструктурированных материалов, как оптическая спектроскопия (Спектрофотометр Lambda 35), сканирующая электронная микроскопия (Электронный сканирующий микроскоп Quanta 200i 3D), дифракция рентгеновских лучей (Рентгеновский дифрактометр X'pert MPD PRO), рамановская спектроскопия (Спектрометр Solver Spectum), фотолюминесценция (Спектрофлуориметр Cary Eclipse), циклическая вольтамперометрия (Одноканальный потенциостат/гальваностат (Одноканальный потенциостат/гальваностат Согтест CS310), рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (Рентгеновский фотоэлектронный спектрометр NEXSA).</p>
7.	<p>Основные положения, выносимые на защиту</p>	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) <u>доказано</u>;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано</p>	
		<p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) <u>нет</u></p>	<p>Элементы тривиальности в диссертационной работе отсутствуют. Все найденные закономерности и особенности изученных процессов рассматривались не упрощенно, а с позиции современных знаний в области наноматериалов и нанотехнологий.</p>
		<p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) <u>нет</u></p>	<p>Основные положения, выносимые на защиту, являются новыми результатами, полученными путем детального анализа экспериментальных данных, включающих разработку и определение оптимальных параметров эффективных экономичных методов синтеза наноструктурированных полупроводниковых оксидов, исследованию электрохимических, структурных и фотокаталистических свойств полученных образцов, определено перспектив применения синтезированных наноструктурированных</p>

	<p>7.4 Уровень для применения:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) узкий; 2) средний; 3) <u>широкий</u> <p>7.5 Показано ли в статье?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>да</u>; 2) нет 	<p>полупроводниковых оксидных материалов в устройствах сенсорной электроники.</p> <p>Уровень применения каждого положения оценивается как <u>широкий</u>. Полученные результаты диссертационной работы могут быть применены в таких областях, как биомедицина, материаловедение, наноматериалы и нанотехнологии. Результаты исследований внедрены в учебный процесс НАО «Карагандинский индустриальный университет».</p> <p>Диссертантом опубликовано 7 научных работ по теме диссертации, в т.ч. 1 публикация, входящая в БД Scopus (IF = 5.4 Квартиль, Web of Science – Q1, Прцентиль SCOPUS-78%), 3 – в журналах, рекомендованных КОКССОН МОН РК, и 3 доклада на международных конференциях.</p>
<p>8. Принцип достоверности.</p> <p>Достоверность источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>да</u>; 2) нет 	<p>Выбранная в работе методика и методология учитывают закономерности формирования наноструктур оксида цинка, полученные из достоверных источников – результаты экспериментальных исследований и их анализа. Планирование и проведение экспериментов по разработке биосенсоров включало в себя разработку методик синтеза наноструктурированных полупроводниковых оксидных материалов, создание сенсорных элементов на их основе и проведение испытаний для оценки их характеристик, которые полностью изложены в диссертационной работе. Кроме того, достоверность результатов обоснована применением хорошо зарекомендовавших себя методов исследований и анализа на современных приборах. Выбор методологии в работе достаточно подробно описан и обоснован результатами аналитического обзора литературы и подтвержден достоверными результатами экспериментальных исследований.</p>
	<p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с</p>	<p>В работе использован комплекс современных методов оценивания полученных результатов. Для интерпретации результатов исследования были использованы такие современные методы анализа</p>

		<p>Применением компьютерных технологий:</p> <p>1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>наноструктурированных материалов, как оптическая спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, дифракция рентгеновских лучей, рамановская спектроскопия, фотолюминесценция, циклическая вольтамперометрия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.</p> <p>Все результаты имплементированы, обоснованы и интерпретированы при помощи современного программного комплекса Origin Pro, предназначенного для построения научных графиков, моделей и различных зависимостей.</p>
		<p>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):</p> <p>1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>Все теоретические выводы, модели и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием, полученных при комплексном исследовании методами ХРД, ХРС, РЭМ, рамановской микроскопии и оптической спектроскопии.</p> <p><i>Для большей убедительности желательным было бы провести сравнительный анализ полученных модифициций наноструктурированного оксида цинка и результатов аналогичных работ других исследований.</i></p>
		<p>8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p>	<p>Все экспериментальные исследования, описанные в диссертации, после проведенного критического анализа литературных источников и патентных исследований, планирования и проведения эксперимента по разработке низкозатратных методов синтеза полупроводниковых оксидов подтверждены соответствующими ссылками на достоверную научную литературу.</p>
		<p>8.5 И использованные источники литературы <u>достаточно</u>/не достаточно для литературного обзора</p>	<p>В работе приведен список литературы из 206 наименований. Приведенные источники достаточно для формирования литературного обзора и критического анализа по теме диссертационной работы.</p>
9.	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u> ;	В диссертационной работе приведены комплексные исследования, направленные на исследование электрохимических и структурных свойств наноструктурированных полупроводниковых оксидов. Все научные положения диссертанта имеют большое

	<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:</p> <p>1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>теоретическое значение и находят свое подтверждение актом внедрения полученных результатов исследования в учебный процесс НАО «Карагандинский индустриальный университет».</p> <p>Приведенные в диссертационной работе результаты имеют высокую практическую значимость. Результаты научных исследований, представленные в диссертационной работе, перспективны для применения при создании сенсорных биоаналитических электронных устройств с целью обеспечения безопасности в области здравоохранения и биомедицины.</p>
<p>10. Качество написания и оформления</p>	<p>9.3 Предложения для практики являются новыми?</p> <p>1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p> <p>Качество академического письма:</p> <p>1) <u>высокое</u>; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.</p>	<p>Рекомендации для практики являются совершенно новыми. Результаты исследований электрохимических и структурных свойств наноструктурированных полупроводниковых оксидов, а именно ZnO, могут быть эффективно использованы в электронике, материаловедении, фотовольтаике.</p> <p>Качество академического письма высокое. Диссертационная работа написана лаконично, выдержан высокий профессиональный научно-технический стиль. Формулировки основных положений и выводов четкие. Все разделы диссертационной работы логически взаимосвязаны и направлены на решение поставленных задач.</p> <p><i>Имеются замечания редакционного характера, которые не снижают качество работы.</i></p>

Диссертационная работа Толубаевой Д.Б. на тему: «Электрохимические и структурные свойства наноструктурированных полупроводниковых оксидов» выполнена в полном объеме и соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание степени доктора философии (PhD), а ее автор Толубаева Диана Бахтыовна заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07101 – «Нанотехнологии в инженерии».

PhD, заместитель декана школы материаловедения и зеленых технологий
Ассистент профессор (физика) школы естественных
и социальных наук АО Казакстанско-Британский технический университет
Email: DibaBakrapova@gmail.com, тел.: +77774973626

Подпись *Диана Бахтыовна Толубаева*
Директор Департамента по развитию персонала

Департамент

по развитию персонала



Бакранова Д.И.