

Письменный отзыв официального рецензента на диссертационную работу
Палтушевой Жанны Уразгалиевны на тему
«Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 8D07103 – «Материаловедение и инженерия».

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направленным развитием науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки и/или 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)	Диссертационная работа на тему «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах» выполнена в рамках проекта на грантовое финансирование AP08856173 «Синтез и исследование свойств низкоразмерных полупроводниковых материалов для создания высокочувствительных биосенсоров», финансируемого из государственного бюджета Республики Казахстан.
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта	Диссертационная работа вносит существенный вклад в развитие науки в области материаловедения, новых материалов и инженерии. В ходе исследования были получены новые данные о свойствах полупроводниковых оксидных материалов, что имеет большое значение для создания высокочувствительных сенсорных устройств. Актуальность и практическая значимость темы подробно обоснованы в диссертации, а научные результаты имеют потенциал для дальнейшего

			применения в разработке сенсоров различного назначения, включая биомедицинские и экологические системы мониторинга.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий</u> ; 2) <u>Средний</u> ; 3) <u>Низкий</u> ; 4) Самостоятельности нет	Диссертационная работа выполнена с соблюдением принципа самостоятельности. В ней последовательно реализованы все этапы научного исследования: обоснование актуальности темы, формулировка целей и задач, выбор методов, проведение экспериментов, анализ полученных результатов и формулировка выводов. Работа отражает самостоятельный подход к решению научной задачи и демонстрирует умение применять современные методы исследования в области материаловедения и инженерии.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована</u> ; 2) <u>Частично обоснована</u> ; 3) <u>Не обоснована</u> .	Актуальность диссертационной работы обусловлена растущей потребностью в разработке высокочувствительных и селективных сенсорных устройств для биомедицинской диагностики и мониторинга физиологических процессов. В рамках исследования был разработан оптоволоконный сенсор на основе шарового резонатора с тонким слоем оксида цинка (ZnO) для детекции биомаркера CD44, который играет важную роль в диагностике онкологических заболеваний. Создан электрохимический сенсор на основе композита ZnO/GO (графен оксид) для определения концентрации аскорбиновой кислоты — ключевого показателя антиоксидантного статуса организма. Разработка таких сенсоров отвечает современным требованиям медицины и биотехнологии, а также способствует внедрению полупроводниковых материалов в практические приложения.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает</u> ; 2) <u>Частично отражает</u> ; 3) <u>Не отражает</u>	Содержание диссертационной работы полностью соответствует заявленной теме. Работа состоит из четырех глав, в которых последовательно рассматриваются теоретические основы, методы получения наноструктурированных

		полупроводниковых материалов, их структурные и сенсорные характеристики, а также практическое применение в оптоволоконных и электрохимических сенсорах. Каждая из глав логически связана с общей целью исследования и способствует раскрытию научной задачи, поставленной в диссертации.
	4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: <u>1) соответствуют;</u> 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Цель и задачи соответствуют теме диссертации: Целью диссертационной работы является синтез наноструктурированных полупроводниковых материалов, применяемых в качестве основы для эффективных высокочувствительных сенсорных устройств, а также определение их чувствительности и предела обнаружения в отношении выбранных аналитов. Особое внимание уделено изучению физико-химических свойств полупроводниковых наноструктур (ZnO и ZnO/GO) и методов их синтеза для создания сенсоров с высокими аналитическими характеристиками. Поставленные задачи полностью соответствуют теме диссертации и логично раскрываются в содержании работы: 1. Изучить физико-химические свойства полупроводниковых наноструктур (ZnO и ZnO/GO) и методы их синтеза, для создания высокоэффективных сенсоров. 2. Исследовать принципы работы биосенсоров и роль наноматериалов в повышении их чувствительности и селективности. 3. Разработать оптоволоконный биосенсор на основе ZnO для обнаружения гликопротеина CD44 с высокочувствительным откликом, провести его калибровку и выполнить анализ характеристик. 4. Разработать электрохимический биосенсор на основе ZnO/GO для детекции аскорбиновой кислоты с оптимизацией чувствительности и рабочих параметров.

		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u>; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Диссертация обладает четкой внутренней структурой, в которой все разделы логически связаны между собой и подчинены общей цели исследования. Каждый последующий раздел основывается на материалах предыдущего, обеспечивая последовательное развитие научной мысли: от теоретического анализа и выбора методов синтеза наноструктур — к разработке и экспериментальной реализации сенсорных систем. Такая структура позволяет проследить логическую цепочку от постановки научной задачи до получения практических результатов, подтверждающих эффективность разработанных сенсоров.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть</u>; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	В работе представлен критический анализ существующих методов и технологий, применяемых для создания высокочувствительных сенсорных устройств. Автором предложены новые принципы и методы синтеза полупроводниковых оксидных материалов, а также их использование в оптоволоконных и электрохимических биосенсорах. В ходе исследования подробно рассмотрены преимущества предложенных решений по сравнению с уже существующими технологиями. Оценка эффективности новых методов и принципов демонстрирует их высокие аналитические характеристики, включая улучшенную чувствительность и селективность, что значительно расширяет возможности применения этих сенсоров в различных областях.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Научные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, обладают научной новизной. Разработанные методы синтеза наноструктурированных полупроводниковых материалов на основе ZnO и ZnO/GO, а также их применение в качестве основы для высокочувствительных сенсоров, не имели аналогов в существующих исследованиях. В работе представлены

		новые подходы к улучшению характеристик биосенсоров, включая оптимизацию чувствительности и селективности через использование наноматериалов. Приведенные результаты, связанные с применением оптоволоконных и электрохимических сенсоров для детекции биомаркеров и аналитных веществ, раскрывают уникальные возможности использования таких материалов в медицинской диагностике и других областях.
5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) <u>полностью новые</u> ; 2) <u>частично новые</u> (новыми являются 25-75%); 3) <u>не новые</u> (новыми являются менее 25%)	Выводы, сделанные в диссертационной работе, являются полностью новыми и представляют собой значительный вклад в область разработки сенсорных устройств на основе наноструктурированных полупроводников. В частности, предложенные методы синтеза и применения наноматериалов ZnO и ZnO/GO для создания оптоволоконных и электрохимических сенсоров имеют инновационный характер. Полученные результаты расширяют возможности создания высокочувствительных биосенсоров, а также открывают перспективы для их применения в различных областях, таких как медицинская диагностика и экология. Научные выводы, основанные на детальном анализе свойств материалов и их применения в сенсорах, не имели аналогов в существующих исследованиях.	
5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) <u>полностью новые</u> ; 2) <u>частично новые</u> (новыми являются 25-75%); 3) <u>не новые</u> (новыми являются менее 25%)	Предложенные в диссертации технические и технологические решения являются полностью новыми и обоснованными. В частности, разработанные методы синтеза наноструктурированных полупроводниковых материалов на основе ZnO и ZnO/GO для применения в биосенсорах представляют собой инновационные подходы, которые обеспечивают улучшенные характеристики чувствительности и селективности сенсоров. Эти решения тщательно обоснованы как с теоретической, так и с экспериментальной точки	

			зрения, что подтверждается полученными результатами. Экономическая обоснованность внедрения этих технологий также подтверждена их потенциальным применением в различных областях, включая медицинскую диагностику, что может привести к значительным улучшениям в точности и доступности диагностики. Все предложенные решения прошли комплексную оценку и показали свою эффективность в сравнении с существующими методами.
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы <u>основаны</u> /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Основные выводы, сделанные в диссертационной работе, полностью основаны на весомых научных доказательствах, полученных в ходе экспериментов и теоретических исследований. Все данные были получены с использованием современных методов синтеза и анализа наноструктурированных полупроводников, что подтверждает их научную достоверность. Экспериментальные результаты были подтверждены тщательным статистическим анализом, а также сравнением с существующими решениями, что делает выводы обоснованными и подтвержденными в рамках научного подхода. Таким образом, выводы являются не только новыми, но и логически обоснованными, что свидетельствует о высоком уровне научной зрелости работы.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u> ; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано	Да, все положения, изложенные в диссертации, доказаны на основе экспериментальных данных и теоретических обоснований. Полученные результаты, касающиеся синтеза и применения полупроводниковых оксидных материалов, были подтверждены с использованием современных методов анализа и детального экспериментального исследования. Все доказательства подкреплены надежными результатами, что позволяет считать представленные положения научно обоснованными и доказанными.

	7.2 Является ли тривиальным? 1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u>	Нет, положения, изложенные в диссертации, не являются тривиальными. Все выводы и предложенные решения имеют научную новизну и оригинальность. Разработанные методы синтеза наноструктурированных полупроводниковых материалов и их использование в качестве основы для высокочувствительных сенсоров демонстрируют значительный вклад в развитие материаловедения и инженерии, что подтверждается новизной подходов и полученными результатами. Эти решения не являются очевидными и перспективны для практического применения.
	7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u>	Да, положения, изложенные в диссертации, являются новыми. Разработанные методы синтеза наноструктурированных полупроводниковых материалов и их применение в сенсорных устройствах для детекции биомаркеров и аналитных веществ не имели аналогов в существующих исследованиях. Полученные результаты демонстрируют значительное улучшение характеристик чувствительности и селективности сенсоров, что подтверждает их новизну и научную ценность.
	7.4 Уровень для применения: 1) <u>узкий</u>; 2) <u>средний</u>; 3) <u>широкий</u>	Результаты диссертационной работы имеют широкий потенциал для применения. Разработанные методы синтеза наноструктурированных полупроводниковых материалов и сенсорных устройств могут быть использованы в различных областях, включая медицинскую диагностику, экологический мониторинг, биотехнологии и другие. Благодаря улучшенным характеристикам чувствительности и селективности, полученные разработки имеют перспективы для коммерциализации и внедрения в практическое использование.
	7.5 Показано ли в статье? 1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u>	В рамках диссертационного исследования автором подготовлено и опубликовано 19 научных трудов, среди которых одна статья в рецензируемом журнале,

			входящем в базу данных Scopus (квартиль Q1, процентиль 89), четыре публикации в научных изданиях, рекомендованных Комитетом по качеству в сфере науки и высшего образования МОН РК, а также 14 докладов, представленных на международных научных конференциях.
8.	Принцип достоверности. Достоверность, источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u>	Выбор методологии обоснован и достаточно подробно описан. В работе использовались два основных подхода для разработки сенсоров — оптоволоконный сенсор на основе наноструктурированного оксида цинка, синтезированного методом золь-гель, и электрохимический сенсор, полученный методом осаждения из раствора. Эти методы были выбраны на основе их эффективности и возможности получения высокочувствительных и селективных сенсоров. Метод золь-гель был применен для синтеза наночастиц ZnO, так как он позволяет точно контролировать размер, форму и структуру частиц, что критично для их использования в оптоволоконных сенсорах. Электрохимический метод осаждения из раствора был выбран для получения ZnO/GO, так как он обеспечивает хорошее покрытие и стабильность материалов для электрохимической детекции. Методология исследования была ориентирована на детекцию биомаркеров, таких как гликопротеин CD44, с использованием оптоволоконного сенсора на основе оксида цинка. Методы детекции белков были тщательно выбраны с учетом их специфичности и чувствительности, что позволило обеспечить высокую точность в измерениях и достижение желаемых результатов. Таким образом, методология работы обоснована, а описание методов и подходов достаточно подробно для понимания их применения и воспроизведения результатов.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных	Результаты диссертационной работы были получены с использованием современных методов научных

	методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u>	исследований, включая методы синтеза наноструктурированных материалов, а также высокоточные методики анализа и интерпретации данных. Для обработки и анализа экспериментальных данных активно использовались компьютерные технологии, что позволило повысить точность и достоверность полученных результатов. Эти подходы являются современными и соответствуют актуальным требованиям научной практики.
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) <u>да</u>; 2) <u>нет</u>		Все теоретические положения, касающиеся синтеза и применения наноструктурированных полупроводниковых материалов, подкреплены результатами лабораторных экспериментов, что подтверждает их научную обоснованность и практическую применимость. Экспериментальные данные служат убедительным доказательством правильности выдвинутых гипотез и моделей. Теоретические выводы, модели и выявленные взаимосвязи, представленные в диссертации, были доказаны и подтверждены экспериментальными исследованиями.
8.4 Важные утверждения <u>подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены</u> ссылками на актуальную и достоверную научную литературу		Важные утверждения, представленные в диссертации, подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу. Автор ссылается на современные исследования и публикации в области материаловедения и инженерии, сенсорных технологий, что свидетельствует о глубоком знании научного контекста и современного состояния проблемы. Все ключевые теоретические и экспериментальные положения обоснованы и подкреплены результатами работ ведущих ученых в соответствующих областях.
8.5 Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора		Использованные источники литературы, количество которых составляет 350, являются достаточными для формирования полноценного литературного обзора. Обзор охватывает широкий спектр актуальных

			исследований, что позволяет глубоко изучить существующие теории, методы и подходы, а также выявить научные пробелы в области наноструктурированных материалов и сенсорных технологий. Такое количество источников обеспечивает надежную основу для обоснования научных положений диссертации.
9.	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u>;	Диссертация имеет важное теоретическое значение, так как она вносит вклад в развитие научных знаний о синтезе и применении наноструктурированных полупроводниковых материалов. Теоретические выводы, полученные в работе, помогают глубже понять физико-химические свойства полупроводниковых материалов, а также их влияние на эффективность сенсоров. Эти результаты расширяют теоретические представления о взаимодействии наноструктур с аналитами и способствуют развитию новых подходов к созданию высокочувствительных сенсорных устройств.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u>; 2) нет	Диссертация имеет значительное практическое значение, поскольку полученные результаты могут быть использованы для разработки высокочувствительных сенсоров на основе наноструктурированных полупроводниковых материалов. Практическое применение результатов работы возможно в таких областях, как инженерия, медицинская диагностика, экология, биотехнологии и другие, где требуется высокая точность и чувствительность при детекции аналитных веществ. Высокая вероятность применения полученных сенсоров на практике подтверждается их перспективностью и возможностью коммерциализации.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>;	Предложения для практики, представленные в диссертации, являются полностью новыми. Разработанные методы синтеза

		2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	наноструктурированных полупроводниковых материалов и их использование в качестве основы для сенсоров для детекции биомаркеров и аналитных веществ представляют собой инновационные решения. Эти предложения отличаются высокой чувствительностью и селективностью, что делает их уникальными в области развития материаловедения и инженерии.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) <u>высокое</u>; 2) <u>среднее</u>; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество академического письма в диссертации высокое. Текст написан четко, логично и последовательно, что позволяет легко воспринимать представленные научные идеи и выводы. Научная терминология используется правильно, а все аргументы подкреплены ссылками на актуальные исследования и экспериментальные данные. Кроме того, структура работы соответствует академическим стандартам, что повышает ее научную ценность и доступность для читателей.
11.	Замечания и рекомендации: 1) Следует обратить внимание на некоторые орфографические и стилистические ошибки при написании диссертации, которые не умаляют качество работы. 2) Некоторые рисунки (Рис. 25, 26 и т.д.) не полностью переведены на русский язык и содержат латинские символы, например, "nm" → "нм". А также делитель дробей на графиках установлен как "." вместо ",", что соответствует стилю в русскоязычной грамматике. 3) Не все сокращения внесены в список обозначений и сокращений. Однако указанные недостатки не имеют принципиального характера и не умаляют достоинств диссертационной работы. 4) Подписи и масштаб на некоторых рисунках мелкие или плохо читабельны, к примеру, Рис. 16-19. 5) С чем связан выбор толщины слоя оксида цинка в 100 нм? Были ли получены шаровые резонаторы с большей или меньшей толщиной слоя оксида цинка и какие у них могут быть характеристики? 6) Объясните наличие функциональных групп 1541 и 1444 см⁻¹ на ИК спектре, представленном на рисунке 22, которые могут, к примеру, соответствовать карбоксильным группам. 7) Объясните, как включение оксида графена повлияло на кристаллическую структуру оксида цинка (рисунки 35 и 36).		

В целом, диссертационная работа Платушевой Ж.У. на тему: «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах», выполнена в полном объеме и соответствует всем требованиям,

предъявляемым к диссертационным работам на соискание степени доктора философии (PhD), а ее автор Палтушева Жанни Уразгалиевна заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07103 – «Материаловедение и инженерия».

Доктор PhD, ведущий научный сотрудник
и заведующий лабораторией
«Энергоемких наноматериалов»
Институт Проблем Горения



Атаманов М. К.