ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу

Пузиковой Дарьи Сергеевны на тему «Структура и физические свойства новых полупроводниковых материалов на основе сложнооксидных систем для фотоэлектрохимических солнечных элементов», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071000 (8D07110) – Материаловедение и технология новых материалов»

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
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:	Диссертационная работа соискателя соответствует приоритетным направлениям науки и государственным программам Республики Казахстан в области фундаментальных и прикладных исследований, а именно «Энергетика и машиностроение» (Альтернативная энергетика и технологии: возобновляемые источники энергии, ядерная и водородная энергетика другие источники энергии). Диссертационная работа выполнена в рамках научно-исследовательских работ по программам грантового финансирования научных исследований КН МОН РК по темам: AP05130392 «Повышение энергоэффективности фотоэлектрохимических солнечных элементов за счет применения новых полупроводниковых материалов» (2018-2020 гг.), AP08856338 «Фотоэлектрохимические солнечные элементы на основе тонкопленочных полупроводниковых соединений висмута» (2020-2022 гг.).
		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).	

2.	Важность для науки	Работа **вносит**/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность **хорошо раскрыта**/не раскрыта.	Представленная диссертационная работа отличается высокой степенью научной проработки и актуальностью рассматриваемой тематики. В центре исследования находятся полупроводниковые материалы, обладающие потенциалом для применения в фотоэлектрохимических ячейках нового поколения. Выполненное соискателем исследование способствует углублению научного понимания процессов, лежащих в основе фотогенерации и переноса заряда в твердофазных системах. Полученные результаты обладают фундаментальной значимостью, так как позволяют уточнить взаимосвязи между структурными характеристиками и функциональными свойствами оксидных соединений, а также оценить влияние модифицирующих добавок на эффективность фотоэлектрохимических процессов. Особое внимание заслуживает комплексный подход к изучению материалов, сочетающий физико-химические методы анализа и функциональное тестирование. Диссертационная работа отвечает современным требованиям к научным исследованиям и представляет собой ценный вклад в развитие одного из перспективных направлений материаловедения и солнечной энергетики.

3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) **высокий**; 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	В ходе выполнения диссертационного исследования соискатель продемонстрировал высокий уровень самостоятельности и профессиональной подготовки. Соискателю принадлежит ключевая роль в организации и проведении экспериментальных работ: не только активное участие в получении тонких плёнок сложнооксидных полупроводников, но и, самостоятельная разработка методики модификации состава и поверхности плёнок $CuBi_2O_4$. Особо стоит отметить, что исследование фотоэлектрохимических свойств модифицированных и немодифицированных плёнок методом РЕС было выполнено лично соискателем. Также был проведен детальный анализ результатов, полученных с использованием комплекса современных методов, включая сканирующую электронную микроскопию, электронную дифракцию, рентгенофотоэлектронную спектроскопию (РФЭС) и Рамановскую спектроскопию, с последующей интерпретацией полученных спектров. Работа выполнена на высоком научном уровне и свидетельствует о сформировавшихся исследовательских навыках соискателя.

4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации:	Диссертационное исследование отличается высокой степенью актуальности, по причине растущего интереса к поиску и оптимизации новых материалов для преобразования солнечной энергии. В работе предложены обоснованные и научно выверенные подходы к модификации сложнооксидных соединений Cu–Bi–O системы, направленные на повышение их эффективности. Научная новизна и практическая значимость результатов определяют вклад диссертанта в развитие направлений, имеющих важное значение для устойчивой энергетики и фундаментальной фотоэлектрохимии.
		1) **обоснована**;	
		2) частично обоснована;	
		3) не обоснована.	
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:	Материалы диссертационной работы, включающие обзор литературы, расчетные выкладки и экспериментальные данные, адекватно раскрывают содержание исследования и находятся в полном соответствии с заявленной темой диссертации.
		1) **отражает**;	
		2) частично отражает;	
		3) не отражает.	
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:	Целеполагание и структура задач в диссертации тщательно продуманы и обоснованы. Задачи отражают ключевые этапы исследования, логически согласованы между собой и направлены на комплексное решение основной научной проблемы, обозначенной в теме работы.
		1) **соответствуют**;	
		2) частично соответствуют;	
		3) не соответствуют.	

		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:	Диссертация демонстрирует логичную композицию, в которой отдельные разделы органично связаны между собой и последовательно раскрывают основное содержание исследования. Представленная работа обладает признаками завершенности, а сформулированные выводы отличаются ясностью, аргументированностью и соответствием поставленным задачам.
		1) **полностью взаимосвязаны**;	
		2) взаимосвязь частичная;	
		3) взаимосвязь отсутствует.	
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:	Выводы, представленные в каждой главе диссертации, свидетельствуют о наличии у соискателя критического мышления и сформированной научной позиции по обсуждаемым вопросам. Разработанные и применённые в работе методы исследования тщательно обоснованы, методологически выверены и соответствуют целям и задачам диссертационного исследования.
		1) **критический анализ есть**;	
		2) анализ частичный;	
		3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов;	
		4) анализ отсутствует.	
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми?	Диссертационная работа содержит научно обоснованные и принципиально новые результаты, полученные соискателем самостоятельно. Впервые приводятся данные о технологии и механизме введения примеси серебра в структуру тонких пленок системы Cu-Bi-O и его влиянии на фотоэлектрохимические свойства. Новизна представленных положений подтверждается публикациями, отражающими ключевые выводы исследования в авторитетных научных
		1) **полностью новые**;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	

		1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано; 5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно. 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно. 7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно. 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий; 4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно. 7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	серебром с заданной структурой достигнуто в результате одностадийного процесса методом совместного электроосаждения. В пленках $CuBi_2O_4(Ag)$ серебро частично встраивается в кристаллическую решетку, замещая атомы висмута, а также присутствует на поверхности пленок $CuBi_2O_4$ в виде смеси оксидов Ag_2O и Ag-O. **7.1 Доказано** **7.2 Нет** **7.3 Да** **7.4 Широкий** **7.5 Да** Положение 2. Эффективная модификация поверхности пленок $CuBi_2O_4$ примесью платины достигнута оптимизированным методом dip coating с использованием H_2PtCl_6. При этом на поверхности пленок $CuBi_2O_4$ образуются игольчатые структуры платины с размерами длиной ~100-200 нм и диаметром до 40 нм в химическом состоянии Pt^0, не образующие связи с матрицей. **7.1 Доказано** **7.2 Нет** **7.3 Да** **7.4 Широкий** **7.5 Да** Положение 3. Существенное увеличение квантовой

			эффективности (в 4 раза) фотокатодов на основе тонких пленок сложнооксидной системы медь-висмут $CuBi_2O_4$ достигается путем модифицирования матрицы пленок серебром с концентрацией до 1 ат. %. **7.1 Доказано** **7.2 Нет** **7.3 Да** **7.4 Широкий** **7.5 Да** Положение 4. Модифицирование поверхности тонких пленок сложнооксидной системы медь-висмут $CuBi_2O_4$ наночастицами платины (до 10 ат %) методом dip coating существенно увеличивает выход водорода (в 7 раз) при фотокаталитическом процессе. **7.1 Доказано** **7.2 Нет** **7.3 Да** **7.4 Широкий** **7.5 Да**
8.	Принцип достоверности.	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:	Публикации соискателя содержат чёткое и последовательное изложение методологических основ проведённого исследования. Подробное описание всех этапов, применённых методик, инструментальной базы и программных средств делает процесс исследования полностью прозрачным и подтверждает надёжность и корректность полученных
	Достоверность источников и предоставляемой информации	1) **да**;	
		2) нет.	

			научных данных.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:	Результаты диссертационного исследования опираются на использование современного аналитического оборудования, что подчёркивает высокий научно-методический уровень работы. Стоит отметить, что в исследовании состава, и структуры тонких плёнок $CuBi_2O_4$ применены не только сканирующая электронная микроскопия и рамановская спектроскопия, но и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия высокого разрешения. Кроме того, для оценки фотоэлектрохимических характеристик широко использован метод РЕС. Применение комплекса данных подходов обеспечило глубину и достоверность полученных результатов, позволив автору подтвердить эффективность предложенных путей модификации материалов и раскрыть механизмы, определяющие их фотоэлектрохимическое поведение.
		1) **да**;	
		2) нет.	
		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):	Все выводы диссертационной работы подтверждены достоверными результатами, полученными в результате самостоятельных экспериментальных, расчетных и аналитических исследований, что свидетельствует о высокой степени научной обоснованности проведённой работы.
		1) **да**;	

		2) нет.	
		8.4 Важные утверждения **подтверждены**/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Основные положения диссертации обоснованы с привлечением актуальных литературных источников, опубликованных в авторитетных рецензируемых журналах. Это свидетельствует о высокой степени достоверности и научной обоснованности используемых данных.
		8.5 Использованные источники литературы **достаточны**/не достаточны для литературного обзора.	Обзор литературы, представленный в диссертации, отличается полнотой и охватывает широкий спектр современных исследований по тематике работы. Соискателем использован достаточный объём научных источников, что свидетельствует о глубоком погружении в предметную область. Список литературы включает 219 наименований, отражающих как фундаментальные, так и прикладные аспекты, относящиеся к изучаемым материалам и методам исследования.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:	Представленная диссертационная работа отличается высокой теоретической значимостью и глубиной проработки фундаментальных аспектов. Соискатель уделяет особое внимание процессам взаимодействия примесных элементов с кристаллической решёткой и поверхностью тонкоплёночных полупроводниковых материалов. Такой подход позволяет более полно понять природу возникающих изменений в электронных и структурных
		1) **да**;	
		2) нет.	

			свойствах системы. Результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, представляют собой важный шаг в направлении научного обоснования методов модификации функциональных материалов и могут быть использованы для создания новых поколений фоточувствительных структур.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:	Работа производит впечатление хорошо продуманного и практически ориентированного исследования. Соискатель продемонстрировал понимание актуальных задач современной энергетики, предложив материалы, обладающие потенциалом для использования в реальных фотоэлектрохимических устройствах. Практическая применимость полученных результатов прослеживается в контексте разработки новых решений для устойчивого производства водорода. Проведённые эксперименты и сделанные выводы указывают на возможность дальнейшего развития представленных подходов в рамках прикладных проектов и междисциплинарных исследований.
		1) **да**;	
		2) нет.	
		9.3 Предложения для практики являются новыми:	Одной из сильных сторон диссертационного исследования является внедрение соискателем оригинальных технологических решений, направленных на повышение эффективности фотоактивных тонкоплёночных материалов. В частности,
		1) **полностью новые**;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	

			предложенные способы примесной и поверхностной модификации $CuBi_2O_4$ позволяют достичь улучшенных фотоэлектрохимических характеристик, что говорит о высокой степени новизны используемых подходов. Подобные технологические решения являются ценной научной основой для дальнейшего развития функциональных материалов в области возобновляемой энергетики.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) **высокое**; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Работа написана на высоком научно-методическом уровне с соблюдением норм академического стиля. Последовательность изложения, логичность построения и корректное использование научной терминологии свидетельствуют о зрелости исследовательского подхода и завершенности диссертационного исследования.
11.	Замечания к диссертации	Замечаний к работе соискателя нет.	
12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	Научные статьи, опубликованные соискателем, отличаются высоким качеством и соответствуют тематике диссертации. Представленные в них результаты являются существенными составляющими диссертационного исследования и подтверждают его научную значимость.	

13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Диссертационная работа Пузиковой Дарьи Сергеевны на тему «Структура и физические свойства новых полупроводниковых материалов на основе сложнооксидных систем для фотоэлектрохимических солнечных элементов» соответствует установленным требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере образования и науки МНВО РК, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD). Соискатель заслуживает присуждения указанной степени.

Официальный рецензент:
PhD, ассоциированный профессор НАО «Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова» Жантурина Нургуль Нигметовна

«К. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы
ҚОЛЫН РАСТАЙМЫН
Персонал департаменті
«_____» _____ 20____ ж.