

ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу

Дуйсебаева Толағая Сабыржанұлы на тему «Электронные системы на основе полупроводников с эффектами резистивного переключения и свойствами сенсора органических веществ», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D0621 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

№ 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: 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 проекта № AP19678266 «Разработка селективного газового сенсора для взрывоопасных и вредных веществ на основе наноструктурированных полупроводников для обеспечения промышленной безопасности», финансируемого Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (2023-2025гг.)
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта.	Диссертационная работа посвящена актуальной научно-технической проблеме разработки и исследования полупроводниковых электронных систем,

		сочетающих свойства газочувствительных сенсоров и структур с эффектом резистивного переключения. Исследования в данном направлении имеют важное значение для развития современной микро- и нанoeлектроники, интеллектуальных сенсорных систем, устройств энергонезависимой памяти и нейроморфных вычислительных технологий. Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений. В условиях интенсивного развития Интернета вещей (IoT), систем экологического мониторинга, промышленной безопасности и интеллектуальной электроники возрастает потребность в создании многофункциональных устройств, способных одновременно выполнять функции регистрации, хранения и обработки информации. Особый интерес представляют структуры на основе пористого кремния и металлоксидных полупроводников, обладающие
--	--	---

			высокой чувствительностью к газовым средам и демонстрирующие эффекты резистивного переключения. Дуйсебаев Толағай в процессе написания диссертационной работы провел комплексное исследование газочувствительных свойств полупроводниковых элементов начиная от синтеза полупроводников до исследования электрических, оптических свойств, морфологии и их взаимосвязи в задачах газосенсорики.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) высокий; 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) обоснована; 2) частично обоснована; 3) не обоснована.	В условиях интенсивного развития Интернета вещей (IoT), систем экологического мониторинга, промышленной безопасности и интеллектуальной электроники возрастает потребность в создании многофункциональных устройств, способных одновременно выполнять функции регистрации, хранения и обработки информации. В данном контексте актуальность диссертации обоснована.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:	Содержание диссертации

	1) отражает; 2) частично отражает; 3) не отражает.	включает литературный обзор по современным достижениям газовых сенсоров и элементов памяти на основе полупроводниковых электронных систем, проблемы и задачи газосенсорики и пути их решения, а также представлен потенциал использования работы в создании нового класса электронных устройств «газисторов»
		Цели и задачи соответствуют теме диссертации
	1) соответствуют; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют.	
	4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) полностью взаимосвязаны; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	Разделы и положения диссертации имеют логическую структуру и взаимосвязь
	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;	Предложенный автором метод эллипсометрии вызывает широкий интерес в задачах газосенсорики т.к. оно применено впервые и аргументируется соответствующими публикациями

		4) анализ отсутствует.	
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%). 5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%). 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%).	Научные результаты и положения являются новыми В диссертационной работе предложен новый метод эллипсометрии для задач газосенсорики, показана связь между морфологией и структурой полупроводниковых систем на газочувствительные свойства. Выводы диссертации полностью новые Предложенные технические решения в диссертационной работе являются полностью новыми и обоснованными
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (худолитатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	Все основные выводы в диссертационной работе логически связаны и подкреплены научными публикациями.

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; 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;	1. Интегрированный в электронную систему сенсорный элемент из пористого кремния, полученный методом электрохимического травления с параметрами плотности тока $j = 12 \text{ mA/cm}^2$, напряжения $U = 9 \text{ В}$ и времени $t = 45 \text{ мин}$ (пористость 52%) демонстрирует наибольшую чувствительность к аммиаку – 42%, с временем отклика равным $t_{\text{откл}} = 35 \text{ с}$. 7.1 доказано; 7.2 нет; 7.3 да; 7.4 широкий; 7.5 да; 2. При исследовании гетероструктуры $\text{SnO}_2/\text{por-Si}$ на основе метода эллипсометрии, газочувствительный отклик на пары этанола и пропанола увеличивается более чем на 50 % при увеличении толщины металлоксидного слоя со 100 нм до 300 нм. 7.1 доказано;
----	---	--	--

		3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	7.2 нет; 7.3 да; 7.4 широко; 7.5 да; 3. Полученная гетероструктура NiO/MgO с анизотропным резистивным переключением дает наибольшее соотношение HRS/LRS равное 10^2 , при значениях напряжения ± 5 В и параллельной конфигурации электродов. 7.1 доказано; 7.2 нет; 7.3 да; 7.4 широко; 7.5 да;
8.	Принцип достоверности.	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:	Методология исследований в диссертационной работе подробно описаны и логически связаны
	Достоверность источников и предоставляемой информации	1) да;	
		2) нет.	
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:	
		1) да;	Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов анализа (SEM, XRD, UV-Vis и т.д) и научных исследований.

	2) нет.	Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены соответствующими публикациями
	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.	
	8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу
9	8.5 Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора.	Использованные источники литературы достаточны для литературного обзора
	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:	Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в установлении взаимосвязи между структурными, морфологическими, электрическими и газочувствительными свойствами полупроводниковых структур на основе пористого кремния и металлооксидных гетероструктур. Полученные результаты расширяют представления о механизмах
	1) да;	
Принцип практической ценности	2) нет.	

		резистивного переключения, процесса адсорбции газов и влияния толщины металлооксидных слоёв на формирование газочувствительного отклика. Также показана перспективность применения метода спектральной эллипсометрии для исследования адсорбционных процессов в задачах газосенсорики
	9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет.	Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанных полупроводниковых электронных систем для детектирования летучих органических соединений (ЛОС) в системах экологического мониторинга, промышленной безопасности и медицинской диагностики. Полученные результаты также могут быть применены при создании элементов энергонезависимой памяти и функциональных устройств нового поколения на основе эффектов резистивного переключения. Кроме того,

		результаты исследования открывают перспективны разработки нового класса устройств – газисторов, объединяющих сенсорные и мемристорные свойства.
	9.3 Предложения для практики являются новыми:	Предложения по газочувствительным механизмам и методики их определения, представленные в диссертационной работе, являются полностью новыми
	1) полностью новые;	
	2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
	3) не новые (новыми являются менее 25%).	
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое ; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.
11.	Замечания к диссертации	Замечаний по диссертационной работе не имеются
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)	Научный уровень статей докторанта по теме исследования очень высокий
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Диссертационная работа Дуйсебаева Толабая Сабыржанұлы «Электронные системы на основе полупроводников с эффектами резистивного переключения и сдвоями органических веществ» является завершённым научным исследованием, содержит новые научно обоснованные результаты, имеющие существенное значение для развития полупроводниковой электроники, сенсорики и устройств энергонезависимой памяти. По актуальности, научной новизне, теоретической и

	практической значимости работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD), а её автор заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D06201 – «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»
--	---

Рецензент,

и.о. доцента, к.т.н., кафедры «Радиотехника,

электроника и телекоммуникаций»

Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева

Мусаханов Д.А.

Handwritten signature of Musaخانov D.A.

Handwritten signature of Musaخانov D.A.



ҚОЛЫ	ҚОЛЫ
ҚҰЛАНДЫРАМЫН	
«Л.Н. Гумилев атындағы	
Еуразия ұлттық	
университеті» КеАҚ	
ҚЫЗМЕТКЕРЛЕР	
БАҚАРМАСЫ	
	<i>Handwritten signature</i>