ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу

Жақыпова Әлібека Серікұлы на тему «Элементы энергонезависимой памяти для оптической и электрической записи информации на основе модифицированных пленок GST», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD)по специальности «6D072300 – Техническая физика»

№ 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 выполнена в рамках проекта «Структура и электронные свойства наноразмерных пленок модифицированных металлом халькогенидных полупроводников с фазовой памятью в состояниях стекло-кристалл» (2018-2020 AP05133499 № госрегистрации 0118РК01188), в соответствии с приоритетным направлением развития науки «Энергетика и машиностроение»
		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.	Результаты диссертационной работы вносят вклад в развитие технологии получения фазопеременных функциональных слоев для оптической и электрической энергонезависимой памяти. Результаты представляют ценность для повышения стабильности и быстродействия устройств фазоперменной энергонезависимой памяти нового поколения.

3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности:	Высокий уровень самостоятельности автора подтверждается соавторством в публикациях по результатам диссертационной работы, включая статьи в рецензируемых зарубежных изданиях, а также активным участием в международных конференциях.
		1) **высокий**;	
		2) средний;	
		3) низкий;	
		4) самостоятельности нет.	
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации:	В диссертации исследованы модифицированные серебром пленки $Ge_2Sb_2Te_5$ для энергонезависимой фазопеременной памяти, с акцентом на фазовые переходы под действием лазера и электрического поля. Актуальность диссертации полностью обоснована и подтверждена публикациями в международных журналах.
		1) **обоснована**;	
		2) частично обоснована;	
		3) не обоснована.	
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:	Диссертация является завершенным научным трудом, соответствующим теме диссертации. Все разделы логически взаимосвязаны и посвящены разработке подходов к примесной модификации функциональных слоев, а также исследованию их фазовых, оптических и электрических характеристик при внешнем низкоэнергетическом воздействии.
		1) **отражает**;	
		2) частично отражает;	
		3) не отражает.	
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:	Цели и задачи диссертационной работы полностью соответствуют заявленной теме диссертационной работы и выполнены в полном объеме.
		1) **соответствуют**;	
		2) частично соответствуют;	
		3) не соответствуют.	
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:	Все разделы и положения диссертационной работы последовательны и логически взаимосвязаны. Исследование охватывает полный цикл — от синтеза до оценки рабочих параметров материалов.
		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:	На основе обзора литературы и критического анализа обоснован выбор подходов к модификации $Ge_2Sb_2Te_5$ серебром и определены направления экспериментальной работы.
		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?	Представленные в диссертационной работе основные результаты и положения являются новыми. 1. Впервые изучено воздействие мощности и длительности лазерного излучения (λ = 633 нм) на кинетику трансформации структуры фазопеременных модифицированных функциональных слоев $Ge_2Sb_2Te_5$<Ag> с использованием *in situ* метода рамановской спектроскопии, и установлены особенности фазовых переходов, управляемые мощностью лазерного излучения и концентрацией примеси. 2. Впервые установлено значительное увеличение оптического контраста фазопеременных функциональных слоев $Ge_2Sb_2Te_5$ в широком спектральном диапазоне от 300 до 650 нм при модифицировании их серебром. Наиболее существенное возрастание *ОС* (до 60%) происходит у
		1) **полностью новые**;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	

			функциональных слоев с концентрацией 12,3 ат.%. 3. Впервые изучено влияние примеси серебра на параметры электрической записи информации в ячейках памяти на основе фазопеременных модифицированных функциональных слоев $Ge_2Sb_2Te_5$. Установлено, что при повышении концентрации примеси происходит снижение порогового напряжения и времени переключения. Наименьшую потребляемую мощность имеют ячейки памяти на основе состава $Ge_2Sb_2Te_5$<Ag 7,0 ат.%>.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми?	Выводы, представленные в диссертационной работе, являются новыми и оригинальными. Каждый из выводов обоснован достоверными экспериментальными данными, полученными в ходе исследований.
		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:	Разработанные в диссертации технические решения обладают научной новизной и обоснованностью, что подтверждается публикациями в ведущих международных изданиях. Разработанные подходы обеспечили значительное повышение параметров электрической и оптической записи информации.
		1) **полностью новые**;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (куолитатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	Все выводы диссертации основаны на достоверных экспериментальных данных и подтверждены современными методами анализа. Полученные результаты согласуются с теоретическими представлениями и способствуют развитию технологий энергонезависимой памяти нового поколения.

7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:	**Положение 1:** Методом ионно-плазменного высокочастотного (13,56 МГц) магнетронного распыления комбинированной мишени из поликристаллического полупроводникового состава $Ge_2Sb_2Te_5$ и Ag возможно получение фазопеременных функциональных слоев $Ge_2Sb_2Te_5$<Ag> с аморфной структурой с содержанием примеси Ag до 12,3 ат.% и с повышенной температурой кристаллизации (280 °C). **Положение 2:** Воздействие лазерного излучения (λ = 633 нм) на фазопеременные функциональные слои $Ge_2Sb_2Te_5$<Ag> приводит к фазовому переходу их структуры из аморфного в кристаллическое состояние (оптическая запись информации), особенности которого (наличие или отсутствие промежуточной фазы) определяются мощностью и длительностью излучения и контролируются концентрацией модифицирующей примеси Ag. Оптический контраст функциональных слоев $Ge_2Sb_2Te_5$<Ag> существенно возрастает при увеличении концентрации примеси Ag для всех длин волн излучения лазеров, применяемых на практике для записи информации. **Положение 3:** Параметры электрической записи информации в ячейках памяти на основе фазопеременных функциональных слоев
		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;	

		3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	$Ge_2Sb_2Te_5$<Ag> управляются в широких пределах концентрацией модифицирующей примеси Ag. При возрастании концентрации серебра от 0 до 12,3 ат.% пороговое напряжение и время переключения уменьшаются от 1,74 до 1,06 В и от 70 нс до < 50 нс, соответственно. Минимальная мощность записи достигается при концентрации Ag в $Ge_2Sb_2Te_5$ равной 7,0 ат.%. **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:	Выбор методологии, представленный в диссертационном исследовании обоснован и детально описан.
	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:	Результаты диссертационной работы получены с применением комплекса современных и достоверных методов научных исследований, что обеспечило высокую научную обоснованность выводов.
		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 теоретические выводы и выявленные закономерности согласуются с результатами других исследований, что свидетельствует об их научной обоснованности и корректности.
		1) **да**;	
		2) нет.	
		8.4 Важные утверждения **подтверждены**/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Полученные результаты и выводы согласованы со всей структурой диссертации и отражены в публикациях, индексируемых в Scopus и Web of Science, а также подтверждены использованием актуальной научной литературы, что обеспечивает их достоверность и обоснованность.
		8.5 Использованные источники литературы **достаточны**/не достаточны для литературного обзора.	В диссертационной работе выполнен детальный обзор научной литературы, полностью соответствующий тематике исследования и обосновывающий выбранные направления экспериментальной работы.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:	Диссертация обладает теоретической значимостью, так как расширяет представления о фазовых переходах функциональных слоев $Ge_2Sb_2Te_5$<Ag>, внося вклад в понимание оптических и электрических параметров записи информации.
		1) **да**;	
		2) нет.	
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:	Да, полученные результаты диссертационной работы могут внести практический вклад в проектировании функциональных слоев для фазопеременной оптической и электрической записи информации.
		1) **да**;	

		2) нет.	
		9.3 Предложения для практики являются новыми:	Полученные результаты диссертации являются новыми: впервые показано, что модификация $Ge_2Sb_2Te_5$ серебром существенно улучшает параметры одновременно оптической и электрической записи информации, при этом подчёркивается повышение стабильности фазопеременных функциональных слоев.
		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:	Качество академического письма высокое. Все требования к структуре и оформления диссертационной работы выполнены, текст изложен последовательно и логически взаимосвязан.
		1) **высокое**;	
		2) среднее;	
		3) ниже среднего;	
		4) низкое.	
11.	Замечания к диссертации	Нет никаких замечаний к работе соискателя.	
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 по теме диссертационной работы является высоким. По материалам диссертационной работы опубликовано 12 печатных работ, в том числе 2 статьи в журналах, входящих в базу данных Scopus и Web of Science, 2 статьи в изданиях, рекомендованных КОКСНВО МНВО РК, и 8 тезисов докладов в материалах международных научных конференций.	

13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	В связи с вышеизложенным считаю, что диссертационная работа Жақыпова Әлібека Серікұлы на тему: «Элементы энергонезависимой памяти для оптической и электрической записи информации на основе модифицированных пленок GST», соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание. степени доктора философии (PhD) по специальности «6D072300 – Техническая физика», а ее автор заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD).

Официальный рецензент:

PhD, профессор, научный сотрудник
Назарбаев Университет (Астана, Казахстан)

Арбуз Александр Сергеевич

