РЕЦЕНЗИЯ

на диссертационную работу **Секербаева Кайроллы Секербаевича** на тему:
«**Оптоэлектронные свойства полупроводниковых структур на основе кремния и органометаллических перовскитов**»,
представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D071000 – Материаловедение и технология новых материалов».

1 Оценка актуальности темы диссертационной работы

Основной целью работы **«Оптоэлектронные свойства полупроводниковых структур на основе кремния и органометаллических перовскитов»** является выявление закономерностей в формировании оптических и фотоэлектрических свойств слоев анизотропных кремниевых наноструктур и органометаллических перовскитов на кремниевых подложках.

В связи с растущей проблемой загрязнения окружающей среды и существенным сокращением запасов ископаемого топлива, а также с ростом населения планеты, становится актуальным поиск новых экологически-чистых источников энергии. Наиболее перспективным представляется получение электроэнергии за счет использования солнечного света. Количество солнечной энергии, ежедневно поступающей на земную поверхность, во много раз больше, чем требуется для удовлетворения энергетических потребностей населения Земли.

В настоящее время проявляется большой интерес по использованию перовскитов в качестве фоточувствительного материала для создания на его основе солнечных элементов. Впервые о фотопреобразователях на основе этих материалов было сообщено в 2009 году. Основной материал состоял из органо-металлического галогенного перовскита CH3NH3PbI3. КПД этих устройств составлял 3,8%. Перовскитными солнечными элементами занимаются во многих странах, и эффективность солнечных элементов на основе перовскитов в 2019 году поднялась до 25%. Удивительным является рекордно короткий срок в течение, которого были достигнуты указанные КПД по сравнению с динамикой развития традиционных солнечных элементов.

Перспективность перовскитных солнечных элементов связана с дешевизной изготовления полупроводниковых поликристаллическких перовскитовых слоев с использованием процесса центрифугирования для осаждения пленок при комнатной температуре. Примечательно то, что в данной технологии отсутствует необходимость применения дорогостоящих «чистых» комнат и термического оборудования, характерных для кремния.

2 Научные результаты в рамках требований к диссертации (пп. 127, от 31.03.11 г., «Правил присуждения ученых степеней»)

В диссертации содержатся новые достоверные результаты, являющиеся итогом достижения цели и решением поставленных задач:

1. Теоретически и экспериментально изучены оптические свойства в инфракрасной области спектра слоев анизотропных кремниевых наноструктур, содержащих свободные носители заряда.
2. Исследованы оптические свойства пленок органометаллических галогенидных перовскитов, полученных двухступенчатым методом осаждения из растворов и имеющих различный состав по содержанию йода и брома.
3. В диссертации выполнено численное решение одномерного уравнения диффузии и проведено моделирование кинетик ФЛ и определены коэффициенты амбиполярной диффузии D и поверхностной рекомбинации S в таких слоях.
4. Теоретический анализ кинетик фотолюминесценции и фототока в гибридных структурах на основе слоев органометаллических перовскитов на подложках из кристаллического кремния со слоем кремниевых нанонитей показал возможность эффективного разделения и переноса фотовозбужденных носителей заряда.

3 Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

Диссертация Секербаева К.С. выполнена с использованием современных методов научных исследований и содержит экспериментально-исследовательские разделы по основным защищаемым положениям.

Основные положения, выводы, практические рекомендации, полученные в диссертации, экспериментально и теоретически обоснованы, и подтверждены. Экспериментальная часть работы выполнена на высоком методическом уровне с использованием современных методов исследований, таких как сканирующая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, спектроскопический анализ коэффициентов отражения, пропускания и фотолюминесценции.

Обоснованность и достоверность каждого научного результата (научного положения) подтверждается оригинальностью поставленных задач, объемом и статистикой экспериментальных данных и их анализом, публикациями результатов исследований в периодических международных журналах и докладах международных конференций, входящих в базы Thompson Reuters и Scopus.

4 Степень новизны каждого научного результата (положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

1. Впервые теоретически и экспериментально установлено, что величина дихроизма наноструктурированных кремниевых слоев со свободными носителями заряда может иметь немонотонную спектральную зависимость в инфракрасной области спектра.
2. Теоретический анализ края спектров поглощения органометаллических перовскитов на основе соединений метил-аммония с йодид-бромидом свинца впервые позволил оценить величины энергии связи экситонов в данных соединениях.

3. Предложена феноменологическая модель для описания кинетик спада интенсивности фотолюминесценции и величины фототока в слоях перовскитов на полупроводниковой подложке.

4. На основе количественного анализа экспериментальных данных по кинетикам спада фотолюминесценции в слоях органометаллических перовскитов на основе соединений метил-аммония с йодидом свинца, полученных напылением в вакууме, показано, что коэффициент амбиполярной диффузии носителей заряда может достигать значений не менее 1 см2/с, что делает их перспективными для использования в фотовольтаике.

5 Теоретическая и практическая значимость исследования

Результаты исследования указывают на новые возможности использования анизотропных кремниевых наноструктур в фотонике и терагерцовой оптике в качестве активных сред для управления оптическим излучением и на возможности использования слоев органометаллических перовскитов в светоизлучающих оптоэлектронных устройствах, совместимых с кремниевыми управляющими элементами.

6 Полнота опубликованных материалов диссертации в печати

По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, из которых 4 статей в рейтинговых журналах, входящих в базу Web of Knowledge (Clarivate Analytics, США), Scopus (Elsevier, Нидерланды) с ненулевым импакт-фактором: «The journal of physical chemistry letters» (импакт-фактор 7,329), «Semiconductors», «Technical Physics Letters», «Письма в ЖЭТФ»; 1 статья в изданиях, рекомендованных ККСОН МОН РК, 5 работ в материалах международных конференции.

7 Замечания, предложения по диссертации:

Недостатки в диссертации сводятся к следующему:

1. В тексте диссертационной работы содержатся технические ошибки.
2. Местами автором допускаются стилистические неточности и формулировки в изложении материала.
3. Не прояснено влияние процессов Оже-рекомбинации, состояний ловушек на фотолюминесценцию пленок органометаллического перовскита.

Содержания диссертации в рамках требований «Правила присуждения ученых степеней»

Диссертационная работа Секербаева К.С. «Оптоэлектронные свойства полупроводниковых структур на основе кремния и органометаллических перовскитов» является самостоятельным, законченным исследованием. Тема диссертации соответствует специальности «6D071000 – Материаловедение и технология новых материалов». Считаю, что диссертационная работа отвечает всем требованиям «Правил присуждения степеней» Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК, а Секербаев Кайролла

Секербаевич заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности «6D071000 – Материаловедение и технология новых материалов».

Рецензент,
PhD
проректор по научной и
международной деятельности
АО Международного университета
информационных технологий

Дайнеко Е. А.

