

Отзыв

научного консультанта к.х.н., доцента
Гадирова Руслана Магомедтахировича
на диссертацию Бейсембекова Мейірхана Құрманғазыұлы
«Инвертированный перовскитный солнечный элемент с дырочно-
транспортным слоем на основе NiO_x/фталоцианин»,
представленную на соискание степени доктора философии (PhD)
по образовательной программе 8D05302 - «Физика»

Повышение эффективности и стабильности инвертированных перовскитных солнечных элементов (PSCs) представляет собой одну из ключевых задач современных исследований в фотовольтаике. Основными проблемами, препятствующими прогрессу в этой области, являются деградация функциональных слоев, нестабильность выходных параметров и неоптимальная архитектура солнечных элементов. Важным компонентом инвертированных PSCs является дырочно-транспортный слой (HTLs), ответственный за формирование гетероперехода с фотоактивным перовскитным материалом. Поскольку эффективность экстракции и подвижность дырок в этом слое напрямую влияют на конечные параметры элемента, оптимизация HTLs представляется ключевым направлением исследования. Таким образом, комплексное исследование фотофизических и транспортных процессов в инвертированных PSCs является актуальной задачей.

В настоящей работе получены эффективные и стабильные инвертированные PSCs с бислойным дырочно-транспортным слоем NiO_x/MPc. Проведены исследования по влиянию температуры отжига пленок NiO_x на оптические и электрофизические свойства. Разработана технология получения пленок и нанолент MPc на поверхности пленок NiO_x. Исследовано влияние структуры межфазных HTLs на электрофизические характеристики инвертированных PSCs.

Научные исследования направлены на решение проблем низкой эффективности и деградации инвертированных PSCs, связанных с использованием дырочно-транспортного слоя NiO_x. Для этого между перовскитным слоем и NiO_x был введен промежуточный слой на основе фталоцианина и его металлокомплексов (MPc). Выбранные соединения MPc обладают высокой химической и термической стабильностью, значительным оптическим поглощением в видимой области спектра и способны формировать высокоупорядоченные тонкие пленки с отличной фотопроводимостью. Нанесение промежуточного слоя MPc решает ключевую проблему, блокируя канал деградации перовскита за счет предотвращения прямого контакта между перовскитным слоем и NiO_x. Это улучшает экстракцию дырок и существенно снижает концентрацию дефектов на интерфейсе между фотоактивным и дырочно-транспортными слоями. Кроме того, MPc выполняет роль дополнительного фотоактивного материала. Его широкие полосы поглощения в Q- и В-диапазонах с высоким молярным коэффициентом экстинкции способствуют генерации дополнительных

носителей заряда, расширяя спектральную чувствительность устройства и повышая общую эффективность PSCs. Важным структурным преимуществом является способность молекул MPc в тонких пленках упорядочиваться вдоль молекулярной оси, формируя ламельную структуру. Эта организация увеличивает длину свободного пробега носителей заряда, что напрямую ведёт к повышению проводимости промежуточного слоя.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке высокоэффективных и стабильных инвертированных PSCs с применением бислойного дырочно-транспортного слоя NiO_x/MPc. Установлена роль межфазных слоев из наноструктур MPc в усилении инжекции зарядов в дырочно-транспортном слое NiO_x/MPc, уменьшении эффективности рекомбинации и миграции носителей заряда на границе раздела с перовскитом и улучшении стабильности инвертированных PSCs.

Докторант Бейсембеков М.Қ. полностью выполнил поставленные перед ним задачи. К экспериментальной работе относился ответственно, внимательно, проявил творческий подход к поставленным задачам. Основные экспериментальные результаты получены докторантом самостоятельно. Анализ полученных результатов выполнен и выводы работы в целом сформулированы совместно с научными консультантами.

По результатам исследований, представленных в диссертационной работе, Бейсембекова М.Қ опубликовано 7 научных трудов, среди которых: 3 статьи опубликованы в рецензируемых зарубежных журналах, входящих в базы данных Scopus и ClarivateAnalytics (1 статья в Optical Materials. -2024, IF – 3.9, Q2, перцентиль – 72; 1 статья в J.Small. – 2025, IF – 12,1, Q1, перцентиль – 92; 1 статья в Materials Letters. – 2025, IF – 2,7, Q3, перцентиль – 73;) 1 статья опубликована в журналах, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК и 3 публикации, опубликованные в материалах международных и республиканских конференций. Таким образом, достоверность выносимых на защиту результатов не вызывает сомнения и подтверждается научным сообществом.

Полученные результаты и выводы работы не вызывают сомнений. Содержание диссертации и список публикаций автора по теме исследования позволяют считать, что диссертационная работа Бейсембекова М.Қ является законченным научным исследованием и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 8D05302 – Физика.

Научный консультант
к.х.н., доцент Томского
государственного университета

Полностью завершено. Спешу по



Гадиров Р.М.

Суховейко СВ.