

Отзыв

на автореферат диссертации Саранина Даниила Сергеевича

«Технология жидкофазного получения и легирования тонкопленочных перовскитов для повышения эксплуатационных характеристик солнечных батарей на их основе»,

**представленной на соискание учёной степени доктора технических наук
по специальности 2.2.3 -Технология и оборудование для производства материалов и
приборов электронной техники**

Современное развитие фотовольтаики во многом определяется поиском новых материалов, способных конкурировать по эффективности и себестоимости с традиционными кремниевыми солнечными элементами. Галогенидные перовскиты являются одним из наиболее перспективных направлений в связи с их высокими коэффициентами поглощения, возможностью масштабирования технологий и относительной простотой синтеза.

В автореферате диссертации Д.С. Саранина подчёркивается, что переход к промышленному изготовлению перовскитных солнечных батарей требует разработки и отработки жидкофазных технологических процессов, способных обеспечить высокие эксплуатационные показатели (прежде всего КПД и стабильность). Предлагаемые научные подходы к легированию перовскитных слоёв и модификации интерфейсов как раз направлены на решение указанных задач. Успехи в данном направлении имеют стратегическое значение в контексте развития отечественной солнечной энергетики, что подчеркивает несомненную актуальность выбранной темы диссертационного исследования.

В ходе исследования разработаны научные подходы к жидкофазному получению и легированию тонкопленочных структур перовскитов, позволяющие повысить фотоэлектрические показатели и ресурсную надёжность солнечных батарей. Особо ценными представляются результаты, связанные с введением низкоразмерных функциональных материалов (таких как $\text{Ti}_3\text{C}_2 - \text{MXenes}$) для повышения эффективности транспорта зарядов и блокировки деградиационных процессов на интерфейсе металл/полупроводник.

Представлены комплексные результаты исследований о значимом вкладе изменений катионного и анионного состава CsFAPbI_3 для повышение фазовой стабильности и подавление ионной миграции в реальных эксплуатационных условиях.

- Разработаны комплексные методы многоступенчатого (лазерного) скрайбирования и применения экструзии (slot-die printing) в масштабированных процессах, что актуализирует промышленное внедрение.

В тексте автореферата приведены:

- Систематизированные сведения о физико-химических основах формирования гибридных перовскитов и управлении их дефектной структурой.

- Методы легирования и пассивации слоёв (включая TiSCl_2), обеспечивающие улучшение фотоэлектрических характеристик и подавление коррозионных процессов.

- Разработанные режимы масштабируемых технологий (slot-die печать с последующей вакуумной сушкой) и лазерного скрайбирования, позволяющие формировать модули размером 100×100 мм с КПД на уровне 15% и более.

- Показано, что разработанные прототипы солнечных модулей (как на жёстких подложках, так и в гибком варианте) сохраняют работоспособность при воздействии различных эксплуатационных факторов, включая пониженную освещённость, что особенно важно для нишевых применений (автономное питание малоточных устройств).

Автором представлен ряд патентов РФ на изобретения, а также международных патентов, свидетельствующих о прикладном характере выполненной работы и её научно-технической новизне.

Разработанные технологические процессы (в том числе промышленная ламинация и лазерная обработка перовскитных фотопреобразователей) прошли апробацию на профильных предприятиях (АО «ИСТОК», ООО «НТЦ ТПТ» и др.) и подтверждены соответствующими актами внедрения.

Полученные научно-технические результаты внедрены в учебный процесс и могут служить основой для дальнейших исследований и разработки нового поколения солнечных элементов на базе перовскитов.

В диссертации предлагаются комплексные решения по легированию и модификации перовскитов с использованием TiSCl_2 и иных компонентов. Представляется интересным более детально раскрыть механизмы взаимодействия вводимых наноматериалов с кристаллической решёткой и процессы «самоорганизации» на межфазных границах, что дополнительно прояснило бы физические предпосылки повышения долговечности.

Автор отмечает успехи в реализации модулей с КПД до 15% при размере 100×100 мм, однако дальнейшее масштабирование (например, до 500×500 мм) неизбежно требует исследовать неоднородность покрытий, шунтирующие пути и потери на краевых зонах, что может стать предметом последующих работ и коллабораций с промышленными партнёрами.

Следует отметить, что указанные замечания носят перспективный характер и не умаляют высокой научной и практической ценности проведённого исследования.

Диссертационная работа Саранина Даниила Сергеевича содержит законченный цикл исследований, посвящённых разработке научных основ жидкофазных технологий и легирования тонкопленочных перовскитов, а также созданию на их основе солнечных батарей с повышенными эксплуатационными характеристиками. Полученные результаты и выводы отличаются высокой степенью новизны, подтверждены соответствующей научной апробацией и обладают большим практическим значением для развития российской и мировой фотовольтаики.

Содержание автореферата диссертации «Технология жидкофазного получения и легирования тонкопленочных перовскитов для повышения эксплуатационных характеристик солнечных батарей на их основе» и выводы в полной мере соответствуют требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС П 710.05-24, предъявляемым на соискание степени доктора технических наук, а её автор, Саранин Данила Сергеевич, заслуживает присуждения ему степени доктора технических наук по специальности 2.2.3 - «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники».

Отзыв составил:

Профессор кафедры Функциональных наносистем и высокотемпературных материалов, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», д.ф.-м.н., Ховайло Владимир Васильевич

Телефон: +79263743260

Email: khovaylo@gmail.com

Адрес: г. Москва, Ленинский проспект, д.4, стр.1

27.02.2025

Подпись удостоверяю



Подпись

заверяю

Зам.начальника
отдела кадров

В. В. Ховайло
Ховайло В.В.
Кузнецова А.Е.
27.02.2025 г.