**Исследование влияния примеси прекурсоров в плёнках гибридных перовскитов на оптоэлектронные свойства и стабильность перовскитных солнечных элементов**

***Ван Чэнъюань***

*Аспирант, 1 год обучения*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*факультет наук о материалах, Москва, Россия*

*E-mail:* [*cheungyuenw@mail.ru*](mailto:cheungyuenw@mail.ru)

Одной из наиболее динамично развивающихся ветвей фотовольтаики в настоящее время являются солнечные элементы на основе плёнок гибридных перовскитов состава АВХ3, (А = МА+, FA+, Cs+; B = Sn2+, Pb2+; X = Cl-, Br-, I-) – "перовскитные солнечные элементы" (ПСЭ). В зависимости от особенностей процедуры синтеза плёнки перовскита, в материале, как правило, присутствуют примеси прекурсоров, например PbI2 и MAI. При этом, литературные данные, посвящённые влиянию отклонения состава плёнки перовскита от стехиометрического, противоречивы: в различных работах КПД и стабильность перовскитных солнечных элементов могут быть улучшены как с помощью внедрения примеси PbI2 в плёнку, так и с помощью удаления данной примеси.

Цель данной работы – определение влияния примесей иодидов (MAI, FAI, CsI) и PbI2 в плёнках гибридных перовскитов на их оптоэлектронные свойства и стабильность солнечных элементов на их основе. В частности, были поставлены следующие задачи: 1) Получить плёнки MA0.25FA0.75PbI3 и Cs0.15FA0.85PbI3 с заданным избытком органических или неорганических иодидов в диапазоне 0.5–10 мол. %; 2) Установить влияние избытка и недостатка PbI2 в смеси прекурсоров на состав, морфологию и люминесцентные свойства плёнок; 3) Изготовить образцы ПСЭ с использованием таких плёнок, определить приборные характеристики устройств; 4) Протестировать операционную стабильность образцов ПСЭ при длительном облучении и нагревании, выявить диапазон составов, для которого достигается наилучшая стабильность КПД устройств.

Морфология, фазовый состав образцов плёнок были исследованы с помощью растровой электронной микроскопии, сканирующей зондовой микроскопии и рентгенофазового анализа. Для характеризации люминесцентных свойств и оценки динамики фотодеградации плёнок использовалась фотолюминесцентная спектроскопия. С помощью растворных подходов и вакуумного термического напыления были получены прототипы перовскитных солнечных элементов с "n-i-p" и "p-i-n" архитектурой: "FTO / TiO2 / SnO2 / Перовскит / Spiro-OMeTAD / Au" и "ITO / PTAA / AUDAI / Перовскит / C60 / BCP / Cu". Приборные характеристики устройств были определены с помощью вольтамперометрии при облучении симулятором солнечного облучения, операционная стабильность определялась при помощи отслеживания точки максимальной мощности устройств при постоянном облучении.

Для ПСЭ с "n-i-p" архитектурой установлено, что 2.5–10 мол. % избыток соли AX (MAI, FAI) приводит к уменьшению КПД до значений <5 % в сравнении с контрольными образцами (КПД около 15 %), предположительно, за счёт взаимодействия слоя перовскита с продуктами химической реакции между АХ и компонентами дырочно-транспортного слоя. Для перовскита состава Cs0.15FA0.85PbI3 наилучшей фотостабильностью как для индивидуальных плёнок, так и для прототипов ПСЭ обладают стехиометрические образцы предположительно, из-за меньшей концентрации дефектов в плёнке перовскита, что подтверждается данными фотолюминесцентной спектроскопии. При этом, для перовскита состава MA0.25FA0.75PbI3 избыток PbI2 около 2.5 %, способствует повышению начального КПД элементов и улучшению операционной стабильности образцов с "n-i-p" и "p-i-n" архитектурой: образцы с оптимальным количеством примеси PbI2 для наиболее стабильной "p-i-n" архитектуры сохраняют начальный КПД около 15% в течение более чем 500 ч непрерывного облучения.