**Применение фталоцианинов в перовскитных солнечных элементах для повышения их термофотостабильности**

***Баранова М.В. 1, Петров A.A. 1,2, Ивлев П.А. 2***

*Студент, 4 курс бакалавриата*

*1Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне,*

*Факультет наук о материалах, Шэньчжэнь, Китай*

*2Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*Факультет наук о материалах, Москва, Россия*

*E-mail: maria.baran14@yandex.ru*

Повышение стабильности перовскитных солнечных элементов (ПСЭ) – одна из наиболее актуальных задач в области современной перовскитной фотовольтаики, которая может быть решена за счет использования более стабильных материалов для транспортных слоев. В качестве дырочно-транспортного слоя (ДТС) в ПСЭ, как правило, используется органический полупроводник Spiro-OMeTAD (2,2',7,7'-Тетракис[N,N-ди(4-метоксифенил)амино]-9,9'-спиробифлуорен). Он обладает высокой дырочной проводимостью, однако отличается высокой стоимостью, обусловленной сложностью многостадийного синтеза, и невысокой стабильностью. Эффективной заменой Spiro-OMeTAD могут стать макроциклические молекулы фталоцианинов (Pc), также обладающие высокими показателями дырочной проводимости. Их главными достоинствами являются низкая стоимость, термо- и фотоустойчивость, легкость управления свойствами за счет замены металлического центра и заместителей [1]. Pc, в отличие от Spiro-OMeTAD, могут быть использованы без легирующих добавок, которые негативно влияют на стабильность ПСЭ [2].

В данной работе были собраны инкапсулированные ПСЭ с прямой планарной архитектурой (Стекло/FTO/c-TiO2/SnO2/MA0,25FA0,75PbI3/(Spiro-OMeTAD или CuPс)/Au). Слой незамещенного CuPc наносили методом термического вакуумного напыления, а его толщину варьировали в пределах 10-40 нм. На основании анализа вольт-амперных характеристик и сравнения степени термофотодеградации изготовленных элементов, было установлено, что оптимальное значение толщины слоя CuPc составляет 30 нм.

Оценка термофотостабильности полученных элементов показала, что спустя 140 часов непрерывного облучения и нагрева (65 ºС) элементы со Spiro-OMeTAD потеряли 61,4 % от начального КПД, полученного сразу после сборки, в то время как для ПСЭ с СuPc потери составили только 51,7 %. Таким образом, было показано, что элементы с СuPc в качестве ДТС обладают большей термофотостабильностью, что позволит сделать процесс сборки ПСЭ экономически более выгодным за счет меньшей стоимости ДТС.

Для модификации пленок перовскита тремя различными Pc (CuPc, NiPc, NiPc(OBu)8) были использованы две методики: 1) растворение Pc в безводном хлорбензоле и нанесение его на пленки в качестве антисольвента; 2) добавление Pc к раствору MAPbI3 в диметилсульфоксиде (DMSO). Полученные плёнки были охарактеризованы методом спектроскопии диффузного отражения, из полученных спектров поглощения была определена ширина запрещённой зоны. На основе пленок, продемонстрировавших лучшие оптические показатели, были собраны ПСЭ и проанализированы их вольт-амперные характеристики и термофотостабильность.

**Литература**

1. Yu Z. et al. Intramolecular Electric Field Construction in Metal Phthalocyanine as Dopant‐Free Hole Transporting Material for Stable Perovskite Solar Cells with >21 % Efficiency // Angewandte Chemie. 2021. Vol. 133, № 12. P. 6364–6369.

2. Schloemer T.H. et al. Doping strategies for small molecule organic hole-transport materials: impacts on perovskite solar cell performance and stability // Chem Sci. 2019. Vol. 10, № 7. P. 1904–1935.