**Полимеры класса политриариламинов в качестве дырочно-транспортных материалов для повышения эффективности перовскитных солнечных элементов инвертированной архитектуры**

***Жукова И.Н.***

*Студентка, 3 курс бакалавриата*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова  
факультет наук о материалах, Москва, Россия*

*E-mail: zhukovain@my.msu.ru*

Перовскитные солнечные элементы (ПСЭ) – самая быстроразвивающаяся область фотовольтаики. ПСЭ имеют слоистую структуру, в которой светопоглощающий материал расположен между электрон-транспортным (ЭТМ) и дырочно-транспортным (ДТМ) материалами. Оптимизация транспортных слоев так же важна, как и улучшение свойств светопоглощающего слоя, так как ЭТМ и ДТМ в значительной степени определяют эффективность и стабильность устройств. Полимерные материалы PTAA и Poly-TPD – наиболее перспективные ДТМ благодаря подходящему для большинства перовскитов выравниванию энергетических зон и высокой стабильности интерфейса ДТМ/перовскит (следствие гидрофобности данных полимеров). Цель настоящей работы – исследование эффективности и стабильности ПСЭ инвертированной (p-i-n) архитектуры с новыми полимерами класса политриариламинов: поли([4-(4-фторфенил)метанон-N,N-дифенил- анилин) (далее – Ich114) и поли(4-гексил-N,N-дифениланилин) (Ich190) в качестве ДТМ.

В ходе работы была осуществлена сборка ПСЭ архитектуры: ITO/ДТМ/*FA*0.85Cs0.15PbI3/C60/BCP/Cu, ДТМ = PTAA (контрольные элементы), Ich114 или Ich190. По результатам исследования вольт-амперных характеристик серии элементов с Ich114 можно заключить, что данный полимер неэффективен в роли ДТМ (КПД ниже в 3-4 раза по сравнению контрольными элементами). Ich190 же продемонстрировал значимые результаты: КПД элементов с этим полимером и PTAA сравнимы (16.0 % и 15.0 % соответственно). Испытания термо- и фотостабильности (отслеживание точки максимальной мощности при непрерывном облучении белым светом мощностью 100 мВт/см2 на воздухе при 65 оС) показали, что элементы с PTAA деградируют медленнее, чем с Ich190 (потери эффективности составили в среднем 35 и 85 % соответственно).

Оказалось, что свойства ITO могут оказывать значительное влияние на процесс сборки ПСЭ. В данной работе при смене производителя ITO нанесение светопоглощающего слоя на пленку Ich190 стало невозможным: поверхность полимера при стандартной модификации органическим иодидом не смачивалась раствором перовскита. Для повышения гидрофильности Ich190 далее проводилось УФ-озонирование пленок [1]. Показано, что КПД элементов с Ich 190 увеличивается с понижением концентрации прекурсора полимера, но такой эффект может быть связан с деструкцией Ich190 при УФ-О3-обработке (пленки, полученные из раствора с самой низкой концентрацией такой модификации не подвергались). Дополнительно для пленок ITO/ДТМ/перовскит исследованы спектры фотолюминесценции для сравнения способности Ich190 и PTAA извлекать носители заряда из светопоглощающего слоя и рентгенограммы для подтверждения образования фазы перовскита *FA*0.85Cs0.15PbI3.

По результатам исследования можно заключить, что среди исследованных полимеров Ich190 – наиболее многообещающий ДТМ для изготовления высокоэффективных ПСЭ.

*Выражаю благодарность моему научному руководителю Ивлеву Павлу Андреевичу, научному сотруднику Лаборатории новых материалов для солнечной энергетики за значимые замечания и важнейшие советы при проведении исследования.*

**Литература**

1. Xiuwen Xu, Chunqing Ma и др. Ultraviolet-ozone surface modification for non-wetting hole transport materials based inverted planar perovskite solar cells with efficiency exceeding 18 % // Journal of Power Sources. 2017. Vol. 360. P. 157-165.