

УДК 535.21

## РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОДХОДОВ К ПАССИВАЦИИ ГАЛОГЕНИДНОГО ПЕРОВСКИТА В УСТРОЙСТВЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Иванов В.С. (Университет ИТМО)

Научные руководители – к.ф.-м.н., Гец Д.С., PhD Сапори Д.  
(Университет ИТМО)

**Введение.** Перовскитные солнечные элементы – новое поколение устройств, генерирующих электрическую энергию под воздействием падающего солнечного излучения. Их изучение и производство началось в 2009 году, и эффективность стремительными темпами почти достигла значения коммерчески доступных кремниевых солнечных батарей. Несмотря на достигнутые успехи, существует целый ряд задач, которые необходимо решить для успешного запуска масштабного производства таких устройств. Среди этих проблем – большое количество дефектов в активном слое – перовските. Их наличие негативно влияет на эффективность, открывая каналы для безызлучательной рекомбинации носителей заряда.

На данный момент существует ряд возможных решений, одно из них – пассивация перовскитного слоя. Множество работ на эту тему уже проделано зарубежными авторами. Так, для пассивации сложного перовскита с тройным А-катионом применялись органические галогениды, добавленные непосредственно в раствор [1, 2]. Кроме того, предлагаются различные подходы, такие как добавление в раствор оксисоли свинца, избыток одного из компонентов перовскита, а также введение дополнительных слоев [3, 4, 5]. Однако, в этих работах либо используются стандартные *n-i-p* структуры, производство которых требует зачастую высоких температур, либо инвертированные *p-i-n*, дырочный транспортный материал в которых – РГАА – довольно сложный для работы в связи с плохой смачиваемостью.

**Основная часть.** В данной работе предлагается пассивация относительно простых для синтеза инвертированных *p-i-n* структур перовскитного солнечного элемента. Такие устройства не требуют высоких температур, а в качестве дырочного транспортного слоя будут использованы неорганические наночастицы оксида никеля, что позволяет значительно снизить затраты на производство, а также использовать в качестве активного слоя классический перовскит –  $\text{MAPbI}_3$ . В таких условиях процесс синтеза занимает не дольше одного дня – это позволяет быстро ставить эксперименты и проверять большое количество возможных вариантов решения проблемы в кратчайшие сроки.

Пассивацию предлагается проводить путем введения дополнительного слоя в устройство перовскитного солнечного элемента. В качестве пассивирующих материалов будет рассмотрен ряд органических галогенидов, нанесенных методом центрифугирования прямо на активный слой. Данное предложение проще, чем введение новых компонентов в раствор перовскита, так как позволяет использовать классический раствор  $\text{MAPbI}_3$  без необходимости дополнительного расчета необходимого объема/массы новой добавки. Среди рассматриваемых в первую очередь пассивирующих материалов:  $\text{FAI}$ ,  $\text{FACl}$ ,  $\text{FABr}$ , растворенные в бутаноле. Первым шагом планируется подбор оптимальной концентрации, а также наиболее подходящего материала для перовскитного солнечного элемента, обладающего следующей структурой:  $\text{ITO/NiO NPs/PK/C60/BSP/Ag}$ . Далее планируется оптимизация процесса синтеза для получения высокоэффективных устройств.

**Выводы.** На данный момент проведен ряд работ в выбранном направлении. Найдена оптимальная концентрация выбранных пассивирующих материалов в бутаноле, при которой эффективность получаемых образцов выше, чем у непассивированных. Проведены измерения времен жизни носителей заряда для выбранного перовскита и для пассивированных образцов. На основе полученных данных уже возможен синтез эффективных перовскитных солнечных элементов. Последующими шагами будет оптимизация процесса синтеза для уже

отработанных пассиваторов, а также эксперименты по применению других материалов с целью получения высокоэффективных и стабильных устройств.

**Список использованных источников:**

1. Tavakoli M.M., Saliba M., Yadav P., Holzhey P., Hagfeldt A., Zakeeruddin S.M., Gratzel M. Synergistic Crystal and Interface Engineering for Efficient and Stable Perovskite Photovoltaics // *Adv. Energy Mat.* – 2019. – Vol. 9, 1802646.
2. Tavakoli M.M., Yadav P., Prochowicz D., Sponseller M., Osherov A., Bulovic V., Kong J. Controllable Perovskite Crystallization via Antisolvent Technique Using Chloride Additives for Highly Efficient Planar Perovskite Solar Cells // *Adv. Energy Mat.* – 2019. – Vol. 9, 1803587.
3. Yang S., Chen S., Mosconi E., Fang Y., Xiao X., Wang C., Zhou Y., Yu Z., Zhao J., Gao Y., Angelis F., Huang J. Stabilizing halide perovskite surfaces for solar cell operation with wide-bandgap lead oxysalts // *Science.* – 2019. – Vol. 365. – pp. 473-478.
4. Son D., Lee J., Choi Y.J., Jang I., Lee S., Yoo P.J., Shin H., Ahn N., Choi M., Kim D., Park N. Self-formed grain boundary healing layer for highly efficient CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub> perovskite solar cells // *Nature Energy* – 2016. – 1, 16081.
5. Degani M., An Q., Albaladejo-Siguan M., Hofstetter Y.J., Cho C., Paulus F., Grancini G., Vaynzof Y. 23.7% Efficient inverted perovskite solar cells by dual interfacial modification // *Sci. Adv.* – 2021 – Vol. 7, Issue 49.

Иванов В.С. (автор)

Подпись

Гец Д.С. (научный руководитель)

Подпись