**Создание защитных буферных слоёв для применения в полупрозрачных перовскитных солнечных элементах**

***Чувилева В.М. Судаков А.А. Тарасов А.Б.***

*Студент, 2 курс бакалавриата*

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

*E-mail: varvara.chuvileva@gmail.com*

В настоящее время активно разрабатываются тандемные солнечные элементы (СЭ) перовскит-кремний, в состав которых входит полупрозрачный перовскитный СЭ. В качестве прозрачных электродов в перовскитном субэлементе используют материалы на основе оксида индия-олова (ITO), получаемого магнетронным распылением. Однако в процессе нанесения ITO происходит повреждение подлежащих органических транспортных слоев и снижение эффективности работы СЭ [1]. Защита транспортных слоев возможна путем нанесения буферного слоя.

Цель работы: разработка методики формирования защитного буферного слоя под распыляемые прозрачные электроды для перовскитных СЭ.

В качестве защитного буферного слоя в СЭ были выбраны следующие полупрозрачные проводящие материалы: оксид алюминия-цинка (AZO) [2], оксид индия-олова (ITO), полученный с помощью термического напыления, и тонкие слои меди (Cu).

Пленки AZO были получены путем спинкоатинга суспензии наночастиц оксида (2,5%масс) в бутаноле при 4000rpm в течение 25с. По данным растровой электронной микроскопии было установлено формирование поликристаллической пленки. Латеральная проводимость была менее предела обнаружения. Прозрачность AZO составляет 98% в диапазоне 350-1300 нм.

Получение пленок буферного ITO производилось термическим напылением смешанных и спрессованных порошков оксидов индия и олова в массовом соотношении 19:1 при давлении кислорода в камере 1\*10-4 мбар. Полученные пленки имеют пористую структуру. Латеральная проводимость так же вне предела обнаружения. Прозрачность пленок увеличивается от 90% до 99% в диапазоне 350-1300 нм при уменьшении их толщины от 10 до 2,5 нм.

Тонкие пленки меди получали с помощью термического напыления металла перед нанесением ITO. Уменьшение поверхностного сопротивления композитов Cu/ITO наблюдается только при толщинах слоя меди более 3 нм. При варьировании толщины слоя меди от 2 до 7 нм значительно снижается прозрачность пленок от 60% до 44%.

Были собраны тестовые СЭ с разными буферными слоями: AZO; ITO 2,5нм, полученное термическим напылением; Cu 2нм, с архитектурой Стекло/ITO/PTAA/Перовскит/C60/BCP/Буферный слой/ITO/SiO2/Инкапсуляция, которые продемонстрировали средние значения КПД: 12,27±1,81%, 8,14±4,87%; 14,47±0,63% соответственно. Устройства с буферным слоем из ITO 2,5 нм демонстрируют низкие значения коэффициента заполнения, что свидетельствует о наличии высоких резистивных потерь и неэффективности буферного слоя. СЭ с буферным слоем Cu 2 нм демонстрируют высокий коэффициент заполнения (в среднем 67%) и как следствие наибольшие значения КПД (вплоть до 15,51%).

**Литература**

1. Kanda H. et al. Analysis of Sputtering Damage on I – V Curves for Perovskite Solar Cells and Simulation with Reversed Diode Model // J. Phys. Chem. C. 2016. Vol. 120, № 50. P. 28441–28447

2. Bush K.A. et al. Thermal and Environmental Stability of Semi-Transparent Perovskite Solar Cells for Tandems Enabled by a Solution-Processed Nanoparticle Buffer Layer and Sputtered ITO Electrode. // Adv. Mater. 2016. Vol. 28, № 20. P. 3937–3943.