

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНВЕРСИИ СВЕТА В ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПОМОЩИ СВЕТОУЛАВЛИВАЮЩЕГО ЭЛЕКТРОДА

✉ А. А. Образцова¹, П. М. Ворошилов¹, Д. Бареттин², А. Д. Фурасова¹

¹ Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

² Университет Никколо Кузано, Рим, Италия

✉ anna.obraztsova@metalab.ifmo.ru

Сегодня органо-неорганические галогенидные перовскиты имеют высокий интерес среди научного сообщества ввиду их уникальных физических свойств. Особенно активно создаются и изучаются солнечные элементы на их основе, впервые описанные в 2009 г. А. Кодзимой и др. и получившие до 3,8 % эффективности конверсии света в электричество [1], а сегодня этот показатель превысил 25 %, догнав классические кристаллические кремниевые элементы. Большинство предыдущих исследований было сосредоточено на улучшении электрических характеристик материала за счет химических методов, однако не менее актуальным остается изучение оптических показателей и улучшение качества фотоэлектрических устройств за счет улавливания света, а также уменьшения потерь падающего излучения в электроде.

Для оптимизации поглощения света перовскитными элементами и концентрации его в фотоактивной области мы предлагаем использование светоулавливающих структур (СУС). Такая структуризация может значительно повысить эффективность преобразования энергии

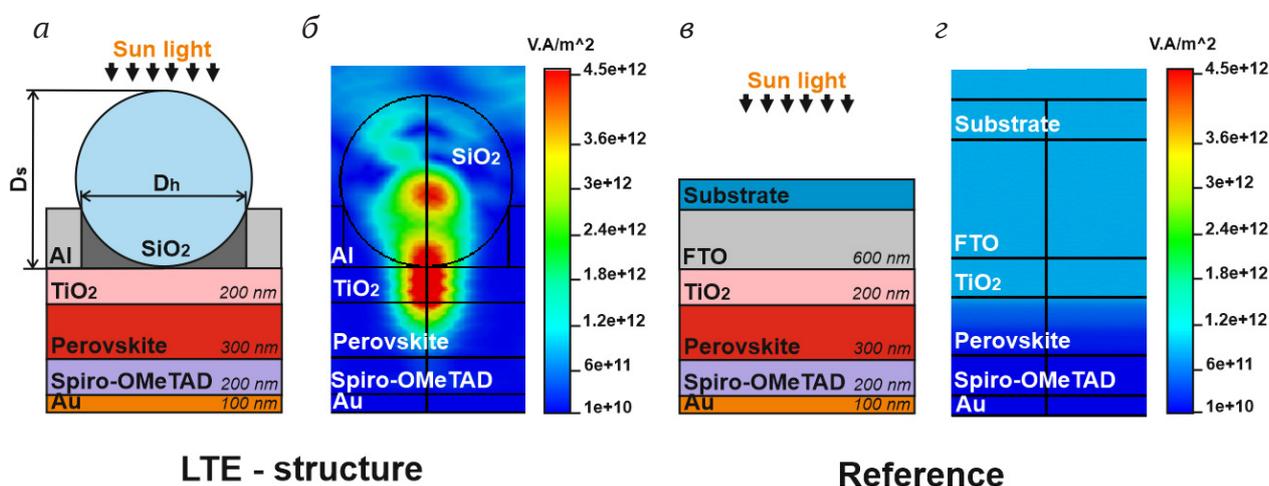


Рис. 1. а — схема перовскитного солнечного элемента со светоулавливающей структурой; б — поток мощности для перовскитного солнечного элемента со светоулавливающей структурой для длины волны 650 нм и размера наносферы 940 нм (TE — поляризация); в — схема эталонного одностороннего перовскитового солнечного элемента; г — поток мощности для эталонного одностороннего перовскитового солнечного элемента для длины волны 650 нм и размера наносферы 940 нм (TE — поляризация)

перовскитных солнечных элементов за счет концентрации света в перовскитном материале и снижения оптических потерь в устройствах. На данный момент существуют различные типы СУС, такие как фотонно-кристаллические структуры, плазмонные наночастицы, структуры с постепенным показателем преломления, случайные рассеиватели и микролинзы [2, 3].

Мы представляем новую СУС для перовскитных солнечных элементов, состоящую из диэлектрических микросфер, расположенных на перфорированной металлической подложке (рис. 1, а). Мы анализируем оптические свойства структуры с помощью численного моделирования и оцениваем оптические и электрические показатели предложенной нами структуры по сравнению с эталонным дизайном (рис. 1, в). Предлагаемые светоуправляющие структуры могут значительно уменьшить паразитное отражение от поверхности и увеличить генерацию зарядов в активном слое за счет фокусировки падающего излучения на активную область, что можно увидеть на рис. 1, б для структуры с СУС, на котором изображен поток мощности в структуре при длине волны 650 нм. Поток мощности в эталонной структуре изображен на рис. 1, г. Кроме того, предложенный СУС выступает в качестве прозрачного электрода для замены ИТО. Мы показываем, что солнечные элементы с внедренной СУС позволяют увеличить генерацию зарядов до 11 % для одностороннего солнечного элемента, а эффективность — на 1,8 %. Наш электрод также применим к дизайну двухстороннего перовскитного солнечного элемента, который включает возможность поглощения отраженного света с обратной стороны [5]. Увеличение поглощения за счет снижения оптических потерь для двухстороннего дизайна достигает 15 %, а эффективности повышается на 1,5 % за счет увеличения тока короткого замыкания и фактора заполнения.

Мы считаем, что настоящая концепция может быть полезна для дальнейшего развития высокоэффективных перовскитных солнечных элементов.

Список литературы

1. Kojima A. et al. Organometal halide perovskites as visible-light sensitizers for photovoltaic cells // *J. Am. Chem. Soc.* 2009. Т. 131, № 17. С. 6050–6051.
2. Garnett E. C. et al. Photonics for photovoltaics: Advances and opportunities // *ACS Photonics*. 2020. Т. 8, № 1. С. 61–70.
3. Chen C., Zheng S., Song H. Photon management to reduce energy loss in perovskite solar cells // *Chem. Soc. Rev.* 2021. Т. 50, № 12. С. 7250–7329.
4. Sarrazin M., Herman A., Deparis O. First-principle calculation of solar cell efficiency under incoherent illumination // *Opt. Express*. 2013. Т. 21, № 104. С. A616–A630.
5. Wang H. et al. Bifacial, color-tunable semitransparent perovskite solar cells for building-integrated photovoltaics // *ACS Appl. Mater. Interfaces*. 2019. Т. 12, № 1. С. 484–493.