

Улучшение фотоэлектрических свойств ячейки перовскита на основе метиламмония иодида свинца путем оптимизации характеристик катодного слоя TiO_x

И.А. Врублевский¹, Р. Карнич², К.В. Черянкова²,
А.К. Тучковский¹, Н.В. Лушина¹

¹Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск, Республика Беларусь

²Центр физических наук и технологий, Вильнюс, Литва

e-mail: vrublevsky@bsuir.edu.by

The influence of the characteristics of the TiO_x -based cathodic layer on the photoelectric properties of the perovskite cell was investigated. The formed TiO_x layer played the role of an n-type semiconductor. A 2 μm thick perovskite layer based on methylammonium lead iodide was deposited by centrifugation in an argon atmosphere at 85-90 °C. At the final stage, the cathodic and anodic layers were connected at 2.0 atm to form a perovskite cell.

Ячейки перовскита на основе метиламмония иодида свинца в настоящее время являются самым быстроразвивающимся типом фотовольтаических элементов. Интерес к такому типу ячеек вызван простотой технологии синтеза перовскитов. В отличие от традиционных материалов для солнечных ячеек, таких как кремний, они не требуют высоких температур или вакуума для нанесения. Кристаллы такого материала можно синтезировать из специальных растворов смешиванием необходимых количеств иодида свинца и метиламмония и их совместной кристаллизацией.

В работе исследовалось влияние характеристик катодного слоя на основе TiO_x на фотоэлектрические свойства ячейки перовскита.

Анодный слой ячейки получали нанесением полистиролсульфоната (PEDOT:PSS) на стеклянную пластину с напыленным проводящим прозрачным слоем оксида индия-олова (ITO). В качестве основы для катода использовалась полированная алюминиевая фольга толщиной 14 мкм с нанесением методом вакуумного напыления слоем Ti толщиной 60 нм. Затем проводили полное окисление слоя титана методом анодирования в водном растворе щавелевой кислоты с добавкой сульфаминовой кислоты. При этом после достижения анодным оксидом границы раздела с алюминием, происходило частичное анодное окисление алюминия, с формированием на дне пор столбиков из Al_2O_3 . Такая структура слоя анодного оксида позволила полностью исключить возможность контакта слоя перовскита с алюминием. Толщина анодного слоя TiO_x определялась с помощью лазерного эллисометра ЛЭФ-3М-1. Сформированный слой TiO_x играл роль полупроводника n- типа. Затем в атмосфере аргона наносился слой перовскита на основе метиламмония иодида свинца толщиной 2 мкм методом центрифугирования при температуре 85–90 °С. Использование процесса нанесения при повышенной температуре приводило к ускоренной кристаллизации перовскита.

Затем под давлением 2,0 атм методом складывания соединяли катодный и анодный слой.

С целью уменьшения пористости формируемого слоя TiO_x применялось многоступенчатое анодирование с повышением напряжения с интервалом в 10 В от 10 до 40 В. При этом каждый процесс продолжался около 1 мин до полного спада тока. После этого напряжение снова ступенчато повышалось. Измерение фотоэлектрических свойств сформированных ячеек проводили с помощью микроамперметра. Электрический ток в ячейке перовскита возбуждался под действием светового излучения мощностью 100 мВт/см^2 . Такое излучение формировали мощной галогенной лампой через водяной фильтр, что обеспечивало имитацию солнечного излучения.

Исследования показали, что толщина слоя TiO_x до определенного значения оказывала существенное влияние на увеличение фототока ячейки перовскита (рисунок 1).

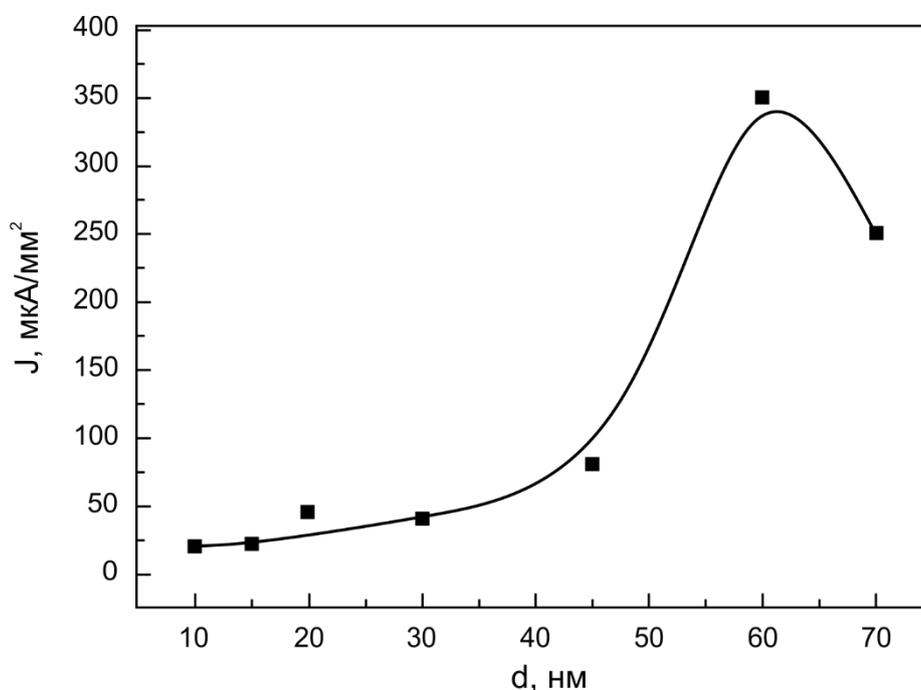


Рисунок 1 – Зависимость фототока ячейки перовскита от толщины слоя TiO_x

Анализ полученных результатов позволил установить, что слой TiO_x толщиной 60 нм (сформированный при напряжении анодирования 40 В) является оптимальным для достижения максимальной фотоэлектрической эффективности ячейки перовскита. Выбор такой толщины позволяет достичь значений для фототока на уровне 360 мкА/мм^2 , что в 18 раз превышает значение фототока при толщине слоя TiO_x в 20 нм.

Работа выполнена при поддержке проекта Nr.09.3.3-LMT-K-712-01-0031 «Perovskitinių saulės elementų stabilumas: degradacijos vyksmų identifikavimas ir valdymas».