

УДК 620.3

ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛОТЫХ НАНОСТЕРЖНЕЙ В ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНЫХ СЛОЯХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ КОЛЛОИДНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК

Корженевский Ю.Г. (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»),

Научный руководитель – к. ф.-м. н. Литвин А.П.

(федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Функционализация электрон-транспортного слоя оксида цинка золотыми плазмонными наночастицами позволила существенно снизить энергетический барьер между активным и электрон-транспортными слоями солнечного элемента. Это привело к повышению напряжения холостого хода и увеличило эффективность преобразования энергии в фотовольтаических устройствах в 2,5 раза.

Введение. Одним из материалов, представляющих интерес для модернизации солнечных элементов (СЭ) на основе наноструктур являются золотые наностержни (ЗНС) обладающие локализованным поверхностным плазмонным резонансом. Внедрение данных наночастиц в различные функциональные составляющие СЭ позволяет достичь увеличения эффективности подобных устройств. При внедрении ЗНС в активный слой СЭ ближнее поле рассматриваемых наночастиц усиливает поглощение света активным слоем, кроме этого, рассеивая его внутри слоя, что дополнительно усиливает поглощение. При внедрении ЗНС в вспомогательные транспортные слои СЭ возрастает их проводимость, что делает более эффективной экстракцию заряда, также это модифицирует положения уровней энергии. Это может устранять потенциально возникающие энергетические барьеры, препятствующие разделению и извлечению заряда. В настоящее время многими исследовательскими группами было исследовано внедрение ЗНС в СЭ на основе системы проводящего полимера и фуллерена, в данной работе будет рассмотрено слабо изученное влияние внедрения ЗНС в СЭ на основе квантовых точек сульфида свинца.

Основная часть. В ходе эксперимента была изготовлена линейка из трёх образцов солнечных элементов. В качестве активного слоя был использован гетеропереход между двумя типами квантовых точек сульфида свинца (PbS): обработанных этандитиолом (EDT) и обработанных йодидом тетрабутиламмония (TBAI), обозначения PbS-EDT и PbS-TBAI соответственно. Был изготовлен референтный образец с дырочно-транспортным слоем представленным полимером поли(3,4-этилендиокситиофен) поли(стиролсульфонат) (PEDOT:PSS) и электрон-транспортным слоем представленным оксидом цинка (ZnO). В двух остальных образцах в электрон-транспортный слой, между двумя слоями ZnO, был инкорпорирован дополнительный слой ЗНС с двумя различными концентрациями: 500 мкг/мл и 250 мкг/мл. Для данных образцов были получены вольтамперные характеристики. Вольтамперная характеристика референтного образца свидетельствует о наличии энергетического барьера между слоями ZnO и PbS-TBAI, чем объясняется низкое напряжение холостого хода в 0,4 В. Однако, работа выхода золота составляет около 5 эВ, что заметно ниже, чем у ZnO, и, благодаря этому, в функционализированном слое ZnO-ЗНС понижается уровень Ферми. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению энергетического барьера между слоями PbS-TBAI и ZnO-ЗНС, что отражается на вольтамперных характеристиках и приводит к возрастанию напряжения холостого хода до 0,62 В. Одновременно с этим значительно увеличивается эффективность преобразования энергии СЭ с 0,6% для опорного образца до 1,6% для образца с внедрёнными ЗНС при концентрации 250 мкг/мл. Также добавление ЗНС в электрон-

транспортный слой увеличило фактор заполнения СЭ с 28% для референтного образца до 40% для образца с внедрёнными ЗНС при концентрации 500 мкг/мл.

Выводы. В данной работе было показано, что внедрение ЗНС в транспортный слой СЭ на основе наноструктур сульфида свинца может выступать инструментом регулировки уровней энергии в электрон-транспортном слое оксида цинка, в частности, для устранения энергетического барьера между функциональными элементами СЭ. Было показано, что при снижении данного барьера возможно увеличение эффективности фотовольтаического устройства до 2,5 раз и возрастание напряжения холостого хода до 1,5 раз.