**Полимерный композит с наночастицами кремния для фотоэлектронных устройств**

***Саяров И.Р.***

*аспирант*

*Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия*

*Е-mail: sayaravir@phyche.ac.ru*

Основными функциональными слоями в пленочных фотоэлементах являются зарядо-транспортный и фотоактивный слои. При разработке фотоэлектрических устройств важным функциональным слоем служит дырочный транспортный слой (ДТС). Его роль заключается в эффективном переносе дырок между анодом и фотоактивным слоем. В качестве фотоанода прозрачного в видимой области излучения широко используют ITO. В отсутствие ДТС на границе раздела между фотоактивным слоем и ITO может происходить бимолекулярная рекомбинация из-за низкой скорости выхода дырок, что вызывает уменьшение фототока и эффективностb устройства. Добавление ДТС позволяет значительно повысить эффективность переноса дырок из фотоактивного слоя на ITO. В этой связи актуальной задачей является подбор материала для ДТС.

Цель работы состояла в приготовлении ДТС на основе электропроводящих полимерных систем, включающих наночастицы кремния (НЧ Si), исследовании влияния НЧ Si (1) на электропроводность и подвижность носителей заряда в ДТС, (2) на характеристики органо-неорганических перовскитных (MAPbI3) фотоэлементов и на скорость электрофотографического разряда.

В работе НЧ Si были приготовлены методом лазерной абляции пластин *n*- и *p*-типа кремния [1]. Взвесь НЧ была смешана с водным раствором полимерного комплекса PEDOT:PSS или ПАНИ-ПАМПСК. Были приготовлены растворы с концентрацией НЧ Si 10 вес.%. Твердый слой смеси на стеклянной подложке готовили методом ее центрифугирования. Для сравнения были изготовлены образцы, не содержащие НЧ Si. С помощью 4-х зондового метода и с использованием эффекта Холла были измерены электропроводность и подвижность носителей заряда в слоях ПАНИ-ПАМПСК и ПАНИ-ПАМПСК + НЧ Si, а также в слоях PEDOT:PSS и PEDOT:PSS + НЧ Si.

Экспериментально было показано, что добавление NЧ Si *n*-типа в ДТС на основе PEDOT:PSS и ПАНИ-ПАМПСК не изменяет подвижность носителей заряда. При этом электропроводность слоев PEDOT:PSS + НЧ *n*-Si на порядок величины выше, чем электропроводность слоев PEDOT:PSS, в случае ПАНИ-ПАМПСК изменение электропроводности при добавлении НЧ незначительное. Следовательно, добавление НЧ *n*-Si в PEDOT:PSS повышает концентрацию носителей заряда.

Экспериментально изучено влияние типа НЧ кремния в ДТС на фотоэлектрические характеристики гибридных органо-неорганических перовскитных фотоэлементов. Установлено, что ДТС с НЧ Si *p*-типа уменьшают, а с НЧ Si *n*-типа - повышают коэффициент полезного действия (КПД) фотоэлемента по сравнению с ДТС без НЧ. Наблюдаемое увеличение КПД перовскитных фотоэлементов мы объясняем повышением эффективности извлечения и переноса дырок из активного слоя на фотоанод благодаря уровню энергии НЧ *n*-Si, расположенного между ВЗМО полимера и краем валентной зоны MAPbI3.

Показана возможность применения разработанного ДТС для электрографической записи. Методом электрографического разряда измерено значение внешней квантовой эффективности фотогенерации (КЭФ). Установлено, что добавление дырочного транспортного слоя PEDOT:PSS между фотоактивным слоем и электродом улучшило перенос дырок, а введение наночастиц кремния в PEDOT:PSS приблизило измеренное значение КЭФ к значению квантового выхода фотогенерации носителей заряда.

**Литература**

1. Савин К.А., Форш П.А., Казанский А.Г., Амасев Д.В., Тамеев А.Р., Тедорадзе М.Г., Преснов Д.Е., Форш Е.А., Кульбачинский В.А., Кашкаров П.К. Электрофизические и фотоэлектрические свойства поли 3-гексилтиофена, модифицированного наночастицами кремния // Росс. нанотехнологии. 2020. T.15. N.6. C.794-802.