

Новосибирский государственный технический университет

Результаты выполнения 4 этапа прикладных научных исследований «Изготовление экспериментальных образцов органических солнечных батарей» в рамках выполнения Соглашения № 14.574.21.0097 от 22.08.2014 г. и дополнительного соглашения № 1 от 21.05.2015 г. по теме «Оптимизация эффективности органических солнечных батарей с помощью мониторинга в реальном времени структурных и электрических свойств активных слоев» (шифр заявки «2014-14-576-0122-047»), федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»

Объектом исследования является солнечная батарея на органической основе. Целью данной работы является создание технологии получения нового класса солнечных батарей на органической основе, включая гибридные солнечные батареи, сенсibilизированные красителем, полимерные солнечные батареи с акцепторами на основе фуллеренов и полностью полимерные солнечные батареи.

Методом последовательного формирования слоев были изготовлены экспериментальные образцы солнечных батарей на полимерной основе. Активный слой P3HT-PCBM с соотношением компонентов 1:0,7 и барьерный слой PEDOT:PSS формировали путем подачи раствора и последующего спиннингования. Металлические слои формировали при помощи магнетронного распыления. Качество изготовленных батарей контролировали при помощи in-situ камеры, установленной в рентгеновский дифрактометр; контрольными параметрами процесса являлись структура активного слоя и энергоэффективность батарей (коэффициент полезного действия).

Различными методами изучена поверхность экспериментальных солнечных батарей. По данным атомно-силовой микроскопии, в среднем максимальное изменение толщины батареи составляет около 100 нм. Однако, в редких случаях в поверхности батареи могут присутствовать небольшие островки агломератов, имеющие существенно большую толщину (до 150 нм). Статистический анализ формы поверхности батарей показал, что средневзвешенное изменение толщины составляет 50-55 нм, отклонение по десяти точкам S_z изменяется от 87,5 до 138 нм, а средняя шероховатость S_a – от 10,9 до 12,6 нм. Среднее расстояние между сформированными на поверхности батарей доменами составляет примерно 0,65 – 0,95 мкм, что свидетельствует о достаточно равномерном распределении агломератов РСВМ в структуре полимера. Анализ гистограмм распределения доменов РСВМ по размерам показал, что средний размер доменов находится в диапазоне от 16 до 22 мкм, что ниже определенного Техническим заданием максимального размера 50 нм.

Исследования, проведенные с использованием метода растровой электронной микроскопии в режиме детектирования обратно отраженных электронов, показали, что дисперсность структуры электродов солнечной батареи различна. Так, структура поверхности анода является более дисперсной по сравнению с поверхностью катода. На изображении анодной области практически не различим контраст, что говорит о высокой степени дисперсности структуры.

Анализ экспериментальных образцов органических солнечных батарей с помощью комплекса для изучения топографии поверхности выявил высокую гладкость поверхности, имеющую низкую шероховатость. Установлено, что среднеарифметическое отклонение профиля R_a варьируется от минимального значения 0,002 мкм до максимального 0,036 мкм, а в случае, если в область анализа не попадает граница электрода, значения R_a не превышают 0,005 мкм. Значения среднеквадратической шероховатости r_{ms} изменяются в пределах от 0,005 мкм до 0,031 мкм. При сканировании поверхности батареи вдали от

границы электрода максимальное значение rms снижается от 0,031 мкм до 0,012 мкм. Таким образом, результаты исследования поверхности изготовленных органических солнечных батарей хорошо согласуются с данными, полученными ранее при изучении характеристик поверхности активных слоев состава P3HT-PCBM.

На основании полученных ранее данных разработан лабораторный регламент изготовления органических солнечных батарей системы P3HT:PCBM с использованием in-situ камеры. Лабораторный регламент разработан с учетом требований по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды, пожарной безопасности, а также в соответствии с нормативными документами.

Для комплекса для изучения топографии поверхности Zygo NewView 7000 приобретен комплект объективов, существенно расширяющий возможности прибора. С его помощью проводились исследования топографии поверхности экспериментальных образцов солнечных батарей. Кроме того, был приобретен криогенный блок для ожижителя азота Cryomech LNP-10.

В целях популяризации результатов, полученных при выполнении работ по соглашению, на четвертом этапе Новосибирский государственный технический университет принял участие в следующих выставках с целью популяризации работ по теме исследования: «Учсиб-2016», “Mashex Siberia-2016” и «ТЕХНОПРОМ-2016». На всех выставках НГТУ представлял в качестве экспоната баннер с основными результатами по проекту, а также in-situ камеру для мониторинга структуры активных слоев органических солнечных батарей во время их эксплуатации и систему дистанционного управления камерой. По результатам выставки НГТУ получил благодарственное письмо за вклад в организацию и проведение форму «Технопром-2016».