

СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ И ДРУГИХ НАНОСТРУКТУРАХ

О.П.Кульментьева, к.ф.-м.н., доцент,

А.И.Кульментьев*, к.ф.-м.н., в.н.с.

Сумский государственный университет,

*Институт прикладной физики НАН Украины

В работе описан опыт использования углеродных наносистем в курсе “Основы гелиоэлектроники”, который в течение ряда последних лет читается на кафедре прикладной физики СумГУ. В данном курсе постоянно приходится следить за развитием направления, связанного с конструированием солнечных элементов и солнечных батарей. При этом необходимо обращать особое внимание на использование наноматериалов. Последние позволяют существенно изменять технические характеристики СЭ. Для того чтобы современные технологические решения быстро включались в учебный процесс необходимо постоянное использование ресурса Интернета, где оперативно размещается текущая информация. Анализ публикаций за последние три года показал, что созданием и изучением солнечных элементов (СЭ) на органических и наноматериалах занимаются во многих учебных и научных центрах мира. Интерес к фуллеренам и фуллереноподобным структурам вызван тем, что кристаллические и пленочные фуллерены представляют собой полупроводники с шириной запрещенной зоны 1,2 – 1,9 эВ, обладают фотопроводимостью при оптическом облучении и имеют практическое значение для дальнейшего развития органической фотовольтаики.

На рис.1 показаны примеры использования производного фуллерена (PCBM), пиридилзамещенных пирролидинофуллеренов (PуF) в качестве материалов в органических солнечных батареях. Производные

фуллерена (ПФ) применены для создания фоточувствительного акцепторного слоя в солнечных батареях (СБ) с донорным слоем из фталоцианина цинка ZnPc. Возможность химического контроля электроноакцепторных свойств производных фуллеренов и использование координационного связывания на границе между фазами донора и акцептора для обеспечения высокой эффективности процесса фотоиндуцированного разделения зарядов была совместно реализована в тандемной структуре, состоящей из двухслойных СБ (фуллерен/фталоцианин цинка) и СБ на основе РСВМ и полисопряженных полимеров. На пленку сублимированную в вакууме фталоцианина цинка наносилось не чистое ПФ, а его смесь с полисопряженным полимером. В экспериментах использовался замещенный поли(п-фениленвинилен) – MDMO-PPV (рис.1 г). Координация N(ПФ)...Zn(ZnPc) создает новую двухслойную структуру органической СБ.

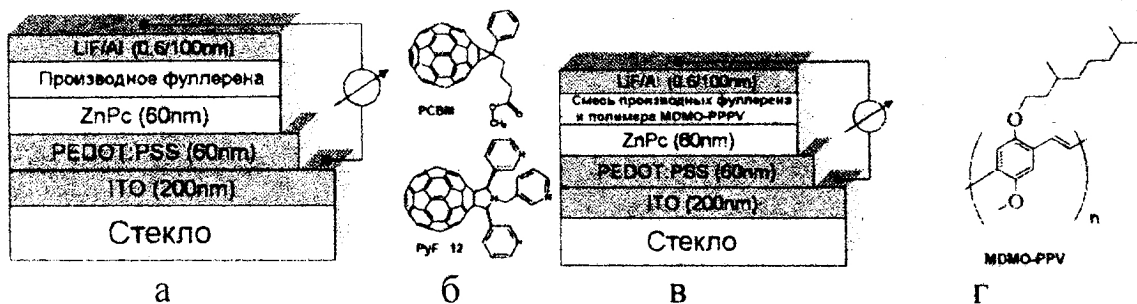


Рис. 1 – Структура двухслойной фотовольтаической ячейки (а), "гибридной" батареи (в) и молекулярные структуры производного фуллерена (РСВМ), фуллерен/фталоцианин цинка (PyF 12) (б) и полисопряженного полимера MDMO-PPV (г)

Активный слой этих батарей эффективно поглощает световую энергию вплоть до 850 нм, преобразуя ее в электрическую, тогда как лучшие из известных органических батарей поглощают свет лишь до 650 нм, что сильно ограничивает их эффективность. Достигаемая в таких батареях эффективность преобразования солнечного

света не высока и приближается лишь к 1%. или 1,96% соответственно.

Проследим хронологию изменения эффективности преобразования органических солнечных элементов. До недавнего времени солнечные элементы на основе органических материалов имели незначительный КПД. Так, созданные в 2005 г. в Институте проблем химической физики РАН СЭ на основе фуллеренсодержащих структур имели КПД до 2%. Достигнутая к 2006 году эффективность преобразования света в органических СЭ в ~3% явилась стартовой точкой. Последующие исследования позволили существенно повысить эту величину. В течение всего 2007 г. это значение удалось увеличить сначала до 6%, а затем и до 8,9%. Это стало возможным в связи с использованием наночастиц и углеродных нанотрубок, на поверхность которых наносили фоточувствительный слой. Нанотрубки и нанопроводники хорошо транспортируют электроны, но хуже покрывают площадь поверхности подложки, чем наночастицы. Наночастицы же более плотно покрывают поверхность и более эффективно поглощают фотоны, однако из-за зернистой структуры материала менее пригодны для транспортировки электронов.

В 2006 г. в Центре нанотехнологий и молекулярных материалов университета Вейк Форест объявили о достижении 5% эффективности, а через год (май 2007 г.) ими была преодолена 6% отметка. Рекордная эффективность для органических гибких пластмассовых СЭ была достигнута за счет создания "нанонитей" внутри легкой абсорбирующей пластмассы, подобно прожилкам в листьях дерева. Созданное внутри полимера вещество особой формы назвали мезоструктурой. Мезоструктура

изменяет свойства пластика. При этом можно использовать более толстые абсорбирующие слои в устройствах, которые захватывают больше солнечного света. В этом центре надеются достигнуть 10 % КПД в 2008 году, что сможет сделать пластмассовые устройства рентабельными.

В июне 2007 г. исследователи Технологического института Нью-Джерси объявили о разработке недорогого СЭ, который можно окрашиванием или печатанием нанести на пластиковую панель. Разработанный ими СЭ построен на комплексах углеродных нанотрубок. В качестве элемента, взаимодействующего с солнечным излучением, применен фуллерен-60 и нанотрубки, которые являются проводниками электронов и по свойствам значительно превосходят медь. В совокупности C_{60} и нанотрубки представляют змеевидную структуру. Использование этой уникальной комбинации увеличивает эффективность наносимых на панели СЭ. Сейчас учёные работают над комбинированным применением двух первых методик для создания высокоэффективного композита. СЭ на базе композитного материала с нанотрубками и наночастицами, уже позволили добиться 8,6% КПД при толщине слоя всего 10 мкм. По прогнозам учёных эксперименты по “выращиванию” вертикально ориентированных нанопроводников на подложке из оксида титана с наночастицами, расположенными между нанопроводниками, может позволить поднять КПД таких ячеек до 10 – 15%. В декабре 2007 г. ученые из Стэнфордского университета (США) повысили эффективность преобразования лучистой энергии в электрический ток для солнечных батарей на тонких пленках из органических СЭ в 1,5 раза – на 52%. Для этого они изменили форму солнечных батарей с плоской на V-образную.

Наконец, 31 января 2008 года пришло сообщение о том, что ученые из университета штата Калифорния в Санта-Барбаре в сотрудничестве с корейскими специалистами разработали двухслойные солнечные батареи из органических материалов. Слои имеют разные физические характеристики: они поглощают солнечное излучение в разных диапазонах спектра – один в коротковолновом, другой в длинноволновом. Контакты между слоями изготовлены из оксида титана.

ВВЕДЕНИЕ ВТОРОГО ЗАТВОРА В КОНСТРУКЦИЮ МОП – ТРАНЗИСТОРА

Н.Н. Опанасюк, доцент, Д.Ю. Дорошенко, студент
Сумський державний університет

С недавнего времени увеличилось количество исследований МОП – структуры, в частности МОП - транзисторов. На основе этих исследований предложено ввести в конструкцию МОП - транзистора второй электрод. В таком транзисторе можно вдвое увеличить плотность тока и смягчить влияние эффекта короткого канала. Благодаря второму затвору можно отказаться от применения диэлектриков с высокой диэлектрической постоянной, без которых не обойтись из-за увеличения токов утечки по мере непрерывного утонения затворного оксида. Затвор формируется на основе контакта металл/металл. С помощью существующих технологических процессов и оборудования удастся изготовить КМОП - устройства с двойным затвором с размерами элементов 0,05 мкм (50 нм). Возможно, минимальные размеры таких транзисторов составят 7 нм (0,007 мкм). Напряжение питания КМОП – схемы