

## СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ НОВОГО ТИПА

Никитин Н.И., Рыженков А.В.,

научный руководитель Патрушева Т.Н.

*Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия*

Развитие новых видов солнечных батарей, которые легче и гибче, чем традиционные конструкции на основе кремния откроет целый ряд новых приложений для фотовольтаики. Сенсibilизированные красителем солнечные элементы (DSSCs) предлагают эти преимущества, а также снижение стоимости изготовления.

Сенсibilизированные красителем солнечные элементы на основе тонкопленочных устройств, могут быть изготовлены из недорогих и широко доступных соединений с использованием относительно простых электрохимических процессов. Структура самого DSSC также достаточно проста, состоящая из анода и катода, погруженного в электролит. Анод DSSCs обычно состоит из смеси красителя, поглощающего свет и генерирующего свободные положительные и отрицательные заряды и диоксида титана, который действует в качестве канала, что позволяет транспортировать заряды к соответствующим электродам и производить электрический ток.

Anyuan Cao, Zuqiang Bian и его коллеги из Пекинского университета [1] в настоящее время расширили спектр возможных применений DSSCs путем разработки дизайна однопроводных солнечных ячеек, которые могут быть собраны в большой пучок. Сенсibilизированные красителем **солнечные батареи в виде проводов** также являются основой фотоэлектрического текстиля. Cao, Bian и их коллеги предложили миниатюрные конструкции DSSC в масштабе микронных отдельных проводов путем обертывания вокруг титановой проволоки (анод) трубок диоксида титана, заполненных краской. Внешний слой выполнен из сетки углеродных нанотрубок, который служит в качестве катода (рис. 1). Углеродные нанотрубки электропроводны и имеют преимущество, заключающееся в их полупрозрачности, что делает их идеальными для максимизации количества света, который может достигать красителя.

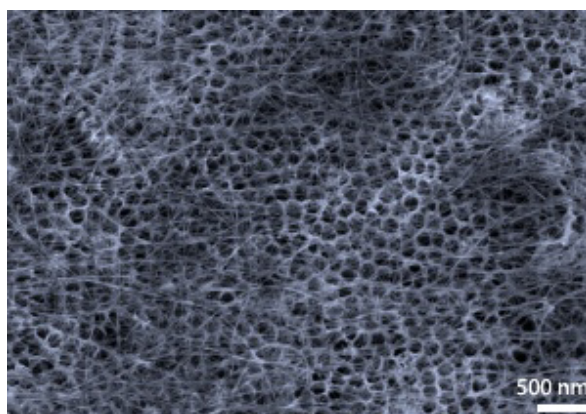


Рис. 1. Сканирующая электронная микроскопия DSSC проводов, показывающая сеть углеродных нанотрубок

В DSSCs на основе проволоки эффективность преобразования солнечной составляет 1,6 % для каждого провода. Хотя этот уровень эффективности остается намного ниже результатов тестов для DSSCs, значительные улучшения ожидаются за счет оптимизации конструкции провода, отмечает Biao. Например, электропроводность углеродных нанотрубок может быть повышена, и несколько проволок могут быть интегрированы в одном устройстве для получения более крупных сетей проволок. Использование волокнистых ячеек обеспечит гибкость и ячейки могут быть легко интегрированы в такие предметы, как одежда, сумки и шторы", говорит он.

Работа [2] представляет концепцию **интегрирования в бетон красителем сенсibilизированных фотоэлектрических солнечных батарей** для преобразования оптического сигнала в электрическую энергию. Вольт-амперные измерения при освещении в 46 мВт привело к получению электрической мощности 0,64 мВт. В настоящей работе сделан первый шаг на пути к реализации дополнительного пути к дешевому производству электроэнергии в городской среде на основе использования комбинированных органических красителей, диоксида титана и технологии бетонов.

Рост городов и темпов жилищного строительства является преобладающей причиной увеличения покрытия бетоном мест обитания человека и потери природной экосистемы с продолжающейся интенсивной урбанизацией значительные количества CO<sub>2</sub> от коммерческих и жилых зданий ассоциируются с повышением уровня потребления энергии жителями, тем самым требуя инновативной архитектуры и энергетических подходов к производству электрической энергии в границах городов. В этом отношении реализация солнечной энергии непосредственно на поверхности бетона может повлечь много выгод, включая внешнюю генерацию энергии. Кроме того, современный архитектурный дизайн часто включает в себя декоративные бетонные поверхности, которые идеально подходят для развертывания встраиваемых в бетон фотоэлектрических систем. Эти системы, когда дополняются батареями для накопления энергии и могут поставить электроэнергию непрерывно.

Новые разработки в области бетонов предлагают включение TiO<sub>2</sub> фото-каталитических наночастиц в бетон, который способен снизить уровень загрязнения воздуха окружающей среды (например, путем снижения содержания оксидов азота при воздействии УФ-света) и само-очистения. Важно отметить, что мезопористый TiO<sub>2</sub> электрод, как известно, демонстрируют большую эффективность по сравнению с планарными аналогами [3,4], делая его лучшим кандидатом для реализации солнечного бетона, собирающего энергию.

Экстракт красителя Punica GranatumL (PGL) наносят на таблетку композитного бетона, в результате чего появляется фиолетовая окраска поверхности бетона [2]. Йодид/три-йодид (I<sup>-</sup>/I<sub>3</sub><sup>-</sup>) раствор использовали в качестве электролита, которым заполнили промежутки в таблетке бетона, сенсibilизированной красителем. В качестве противоположного электрода служит оптически прозрачный проводящий оксид индия и олова (ITO) на стекле.

При освещении, напряжение холостого хода V<sub>OC</sub> и ток короткого замыкания I<sub>SC</sub> испытывают скачкообразное увеличение от темного уровня до 310 мВ и 12 мА соответственно. Для повышения эффективности и снижения стоимости солнечного бетона целесообразно заменить электролит на полимерные тонкие пленки и необходима дальнейшая оптимизация эффективности ячеек.

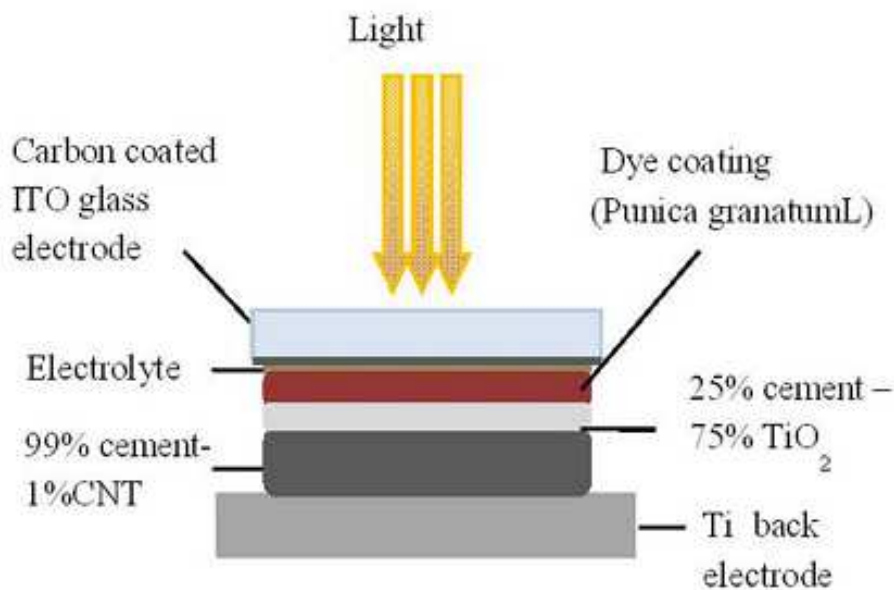


Рисунок 2 – Схемы солнечного бетона с красителем

Нами разрабатывается растворная технология получения DSSC на основе использования органических экстрактов металлов (In, Sn, Ti). Органические растворы характеризуются низким поверхностным натяжением и способностью затекать в поры, что делает перспективными для пропитки бетонов. В настоящее время солнечные элементы изготовлены на стеклянных подложках.

Электроды изготавливались из предварительно подготовленных подложек из стекла (соответствующего ГОСТ 111–2001), с одной из сторон которого ЭП методом формировалась прозрачная токоотводящая плёнка оксида индия легированного оловом ( $In_{0,1}Sn_{0,9}O_x$ ), удельное поверхностное сопротивление которой составляло  $300 \text{ Ом/см}^2$ , коэффициент пропускания в видимом диапазоне  $82 \%$  (спектрометр SPECORD M400), а средняя толщина равнялась порядка  $300 \text{ нм}$ . Катод получили путем формирования плёнки платины на стеклянной подложке поверх токоотводящей плёнки ЭП методом. Слой платины получен из неорганического раствора платиноводородной кислоты, нанесенного на ITO-стекло и отожженного при  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ . В качестве пористого металло-оксидного полупроводника фотоанода использован зарекомендовавший себя своей высокой химической стабильностью, низкой токсичностью диоксид титана, плёночная структура которого была сформирована ЭП-методом из растворов карбоксилата титана различной концентрации ниже описанным ранее способом. В фотоэлементах использовался жидкий электролит на основе ионного редокс-комплекса  $I^-/I_3^-$  в растворе полиэтиленгликоля (ПЭГ).

Фото-вольтаические характеристики ячеек такие как ток короткого замыкания и напряжение холостого хода при  $AM = 1,5$  и плотности падающего потока излучения в  $900 \text{ Вт/м}^2$  для температуры окружающей среды в  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Облучение фотоэлементов производилось галогенной лампой Osram Haloline 500W 220V R7s 114,2 мм, спектр излучения которым максимально близок к солнечному излучению в условиях атмосферы. Полученные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Состав и фотовольтаические характеристики солнечных ячеек, полученных экстракционно-пиролитическим методом.

№	Фотоанод			Электролит	Катод		
	ITO, кол-во слоев	TiO <sub>2</sub> , кол-во слоев	Краситель		ITO, кол-во слоев	U <sub>хх</sub> , В	I <sub>кз</sub> , мА/см <sup>2</sup>
1	15	5	Оранжевый Колер	ПЭГ 1:1+KI/I <sub>2</sub> (водный)	15	0,65	2
2	15	5	RuCl <sub>x</sub> + толуол	ПЭГ 1:1+KI/I <sub>2</sub> (водный)	15	0,3	0,1
3	10	5	Хлорофил + этанол	ПЭГ 1:1 (1г)+KI/I <sub>2</sub> (на ацетонитриле)	10	0,6	0,8
4	15	5	Гранатовый сок в этаноле	ПЭГ (1г)+KI/I <sub>2</sub> (на ацетонитриле)	15	0,5	5
5	25	5	Антрахинон	IK/I <sub>2</sub> 1:1 (водный)	25	0,15	10

Таким образом, в настоящее время разработка новых типов солнечных батарей происходит стремительными темпами. При этом наиболее перспективны солнечные батареи на основе диоксида титана, которые отличаются пониженной стоимостью и легкостью изготовления. Предложенный нами экстракционно-пиролитический метод также хорошо зарекомендовал себя при использовании нового типа красителей на основе антрахинона. Солнечные ячейки, изготовленные в едином технологическом цикле из растворов экстрактов, показали эффективность более 2,5 %.

#### Литература

1. Zhang S., Ji C., Bian Z., Liu R., Xia X., Yun D., Zhang L., Huang C. Cao A. Single-wire dye-sensitized solar cells wrapped by carbon nanotube film electrodes // Nano Lett. 2011. V. 11. P. 3383–3387.
2. Sobolev K., Ferrada M. How Nanotechnology Can Change the Concrete World // American Ceramic Society Bulletin 2005. V. 84. 11. P. 16–19.
3. Barbe C.J., et al. Nanocrystalline titanium oxide electrodes for photovoltaic applications // J. Am. Ceram. Soc. 80, 1997, V. 12, P. 3157–3171.
4. Ito, S. et al. High-efficiency organic-dye-sensitized solar cells controlled by nanocrystalline-TiO<sub>2</sub> electrode thickness // Adv. Mater. 2006. V. 18, 9, P. 1202–1205.
5. Qiu Y., Chen W., Yang S., Double-layered photoanodes from variable-size anatase TiO<sub>2</sub> nanopindles: A candidate for high-efficiency dye-sensitized solar cells // Angew. Chem. Int. Ed. 2010. V. 49, P. 3675.