

УДК 621.311.25

К. СЕДЛИСКА, Н. ВИКТОРОВИЧ

Люблинский политехнический университет, г. Люблин, Республика Польша

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛИЗАРИНОВЫХ И КАТЕХИНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ В КАЧЕСТВЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРА ДЛЯ СЕНСИБИЛИЗИРОВАННЫХ КРАСИТЕЛЕМ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ (DSSC)

Optical and structural properties of alizarin and catechol dyes and their derivatives dye sensitized solar cell have been studied. The performance for different types of dyes has been tested. The highest efficiency of DSSC prepared was $\eta=0,252\%$ for quinizarin dye.

Введение

Одна из самых больших и актуальных проблем человечества – истощаемость запасов ископаемого топлива при нынешних темпах роста потребления энергии во всем мире и связанное с этим увеличение загрязнения окружающей среды. Решение этой проблемы заключается в создании недорогих способов использования общедоступных источников, таких как солнце, вода и ветер, которые уже были успешно использованы на протяжении миллионов лет. Именно поэтому использование солнечной энергии рассматривается как единственное экономически оправданное решение в интересах дальнейшего развития энергетического сектора.

До сих пор на рынке были доступны только фотоэлектрические технологии на основе неорганических материалов, которые требуют больших затрат, а также высокие энергозатраты методов производства. Кроме того, многие из этих материалов, используемых при изготовлении солнечных фотоэлементов, таких как CdTe, являются токсичными и труднодоступными. Используя органические фотоэлементы (OPV Organic Photovoltaics), мы можем избежать вышеуказанных проблем. Тем не менее, эффективность органических солнечных фотоэлементов по-прежнему значительно ниже, чем технологий на основе неорганических материалов, таких как кремний.

В таком случае, является разумным развитие в этой отрасли фотовольтанки, в частности, сенсibilизированных красителем фотоэлементов типа DSSC (Dye Sensitized Solar Cell), называемых ячейками Grätzela, над которыми в настоящее время проводятся исследования по всему миру. Сенсibilизированные красителем фотоэлементы состоят из пяти компонентов: 1) конструкция – стекло, покрытое прозрачным слоем проводящим оксидом индия-олова ITO (indium Tin oxide); 2) полупроводниковый слой, как правило, состоящий из наночастиц TiO_2 ; 3) краситель, нанесенный на поверхность полупроводника; 4) электролит (окислительно-восстановительная система); 5) платиновый электрод. Схема строения такой ячейки представлена на рисунке 1.

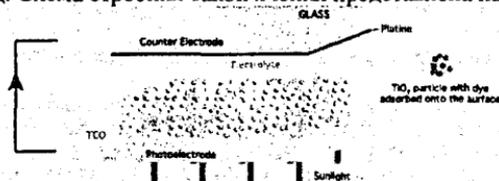
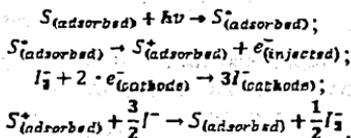


Рисунок 1 – Схема строения ячейки DSSC [3]

Принцип работы данного устройства является достаточно простым. При освещении фотоэлемента происходит поглощение фотона на верхнем электроде, и происходит возбуждение красителя. Затем в зону проводимости вводят электрон, который преобразует возбужденные молекулы красителя в положительный ион. Возникающий заряд проходит через кристаллическую решетку к внешней части электрической цепи. После прохождения через цепь и нижний электрод заряд достигает электролита, где происходит окислительно-восстановительная реакция, а затем регенерация молекулы красителя, и процесс завершается. Весь процесс можно описать с помощью следующих уравнений [3]:



Эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую в этих устройствах составляет более 11% [2]. Одна из основных проблем при разработке сенситизированных красителем фотоэлементов является выбор сенситизатора, так чтобы спектр поглощения солнечного излучения был настолько широк, насколько это возможно. Наилучшие результаты достигнуты при исследованиях соединений рутения, но они достаточно дороги и токсичны. Поэтому исследуются другие столь же эффективные, дешевые и экологически чистые сенситизаторы. Отсюда и интерес к органическим веществам, таким как ализарин и катехин и их производным, хинизарин и трет-бутил пирокатехин, которые для целей настоящего исследования были использованы и рассматриваются как сенситизаторы в ячейках Grätzel. Их химическая структура показана на рисунке 2.

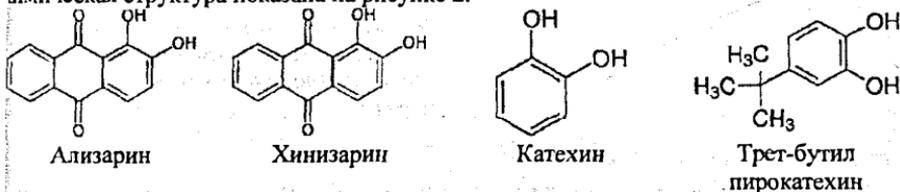


Рисунок 2 – Химическая структура сенситизированных красителей

Эксперимент

Для данных красителей с использованием спектрофотометра UV/VIS были определены спектры поглощения и изучены их спиртовые растворы. Получены следующие результаты: для ализарина – максимум поглощения в диапазоне длин волн 400–480 нм, для хинизарина – максимум поглощения в диапазоне длин волн 380–550 нм, для катехина – максимальное поглощение в диапазоне длин волн короче 320 нм, а трет-бутил пирокатехина – максимальное поглощение в диапазоне длин волн 300–410 нм.

Для проведения данных исследований был сконструирован солнечный фотоэлемент, состоящий из следующих компонентов в данной последовательности: ITO/TiO₂/краситель/электролит/Pt/ITO. Полупроводящий слой оксида TiO₂ получен путем приготовления пасты из наночастиц диоксида титана, предварительно приобретенных как готовое изделие под названием P-25 DEGUSSA. Данная паста нанесена

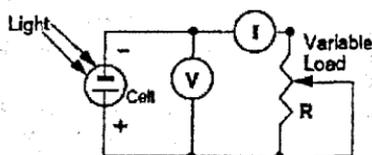
на поверхность стекла с проводящим слоем, которое затем отжигалось в течение одного часа при температуре 400 °С. Затем электрод был погружен в насыщенный раствор красителя и безводного этанола, и выдерживался в течение 24 часов. Полученный слой TiO₂ был помещена нижний электрод и стекло. Пространство между нижним и верхним электродами было заполнено электролитом. Построенный таким образом фотоэлемент затем исследовали. Готовый к исследованиям фотоэлемент показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Фотоэлемент DSSC, используемый в исследованиях

Параметры фотоэлемента измерялись при помощи амперметра, вольтметра и потенциометра, принципиальная схема измерительной системы показана на рисунке 4. Для условий освещения помещения интенсивность излучения, падающего на поверхность ячейки, равна 0,35 мВт/см².

Рисунок 4 – Принципиальная схема измерительной системы, используемой в исследованиях [1]



Благодаря использованной измерительной системе измерены параметры фотоэлемента, а при помощи программы Graph был построен график вольт-амперных характеристик ВАХ (рис. 5). Измерения проводились четыре раза для каждого из красителей по отдельности.

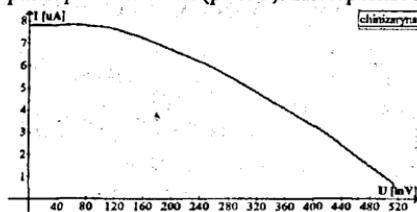


Рисунок 5 – Вольт-амперные характеристики фотоэлементов DSSC, сенсибилизированных хиизарином

Затем рассчитывалась эффективность отдельных фотоэлементов с использованием следующих формул:

$$FF = \frac{U_{MPP} \cdot I_{MPP}}{U_{OC} \cdot I_{SC}}$$

$$\eta = \frac{U_{OC} \cdot I_{SC} \cdot FF}{S \cdot A} \cdot 100\%$$

где FF – коэффициент заполнения, U_{MPP} – напряжение в максимальной рабочей точке [В], I_{MPP} – ток в максимальной рабочей точке [мА], U_{OC} – напряжение холостого хода [В], I_{SC} – ток короткого замыкания [мА], η – эффективность фотоэлемента [%], S – активная площадь фотоэлемента [см²], A – мощность излучения, падающего на поверхность фотоэлемента [мВт/см²].

Полученные при расчетах данные приведены в таблице 1, в которой содержатся все параметры, характеризующие фотоэлемент (U_{OC} , I_{SC} , FF , η). Наилучшие результаты получены при использовании хиизарина как сенсибилизатора ($\eta = 0,252\%$, что,

вероятно, связано с тем, что она имеет самый широкий спектр поглощения солнечного излучения среди исследуемых красителей). Отсюда видно, что изменение химической структуры молекулы красителя имеет большое влияние на его свойства поглощения, а следовательно, на эффективность исследуемой системы.

Таблица 1 – Параметры, полученные для исследуемых фотоэлементов DSSC

Исследуемый краситель	S	U_{oc}	I_{sc}	FF	η
трет-бутил пирокатехин	1,44 см ²	0,345 В	0,0058 мА	0,34	0,135%
катехин	1,53 см ²	0,391 В	0,0033 мА	0,31	0,075%
ализарин	1,65 см ²	0,13 В	0,00235 мА	0,38	0,029%
хинizarин	1,7 см ²	0,519 В	0,0078 мА	0,37	0,252%

Выводы

В данной статье отражены исследования по использованию ализарина и катехина, а также их производных, в качестве сенсibilизированных красителей в солнечных фотоэлементах. Полученные результаты показали, что наилучшую эффективность преобразования солнечной радиации можно получить с незначительными изменениями в химической структуре естественных пигментов. Благодаря данному методу исследования наибольшая эффективность, которая была достигнута, составляет 0,252%, при рабочих параметрах фотоэлементов $I_{sc}=0,0078$ мА, $U_{oc}=0,519$ В.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Alhamed, M. Studying of natural dyes properties as photo-sensitizer for dye sensitized solar cells (DSSC) / M. Alhamed, A.I. Issa, W. Doubal // J. of Electron Devices. – Vol. 16. – 2012. – P. 1370–1383.
2. Green, M.A. Solar cell efficiency tables (version 39) / M.A. Green, K. Emery, Y. Hishikawa, W. Warta, E.D. Dunlop // Prog. Photovolt: Res. Appl. 20. – 2012. – P. 12–20.
3. Nazceruddin, M.K. Dye-sensitized solar cells: a brief overview / M.K. Nazceruddin, E. Baranoff, M. Gratzel // Sol. En. 85. – 2011. – P. 1172–1178.

УДК 504.06:655

Е.Ю. СОМОНОВА, М.Г. ГЕРМЕНЧУК

Учреждение образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова», г. Минск

ОРГАНИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА БИОИНДИКАЦИИ

Bioindication as a method of the Environmental Systems Research. The problem of monitoring the development of different approaches in the environmental monitoring and environmental management today the most relevant. Assessment of the level of human impact with the complex nature of the contamination and the early diagnosis of disorders of the most sensitive components of biotic communities.

Локальный экологический мониторинг осуществляется на обособленном производственном объекте (или его части), объекте правомерного природопользования, отдельном участке территории, постоянно или временно обладающем особым правовым статусом (полиграфическое производство).