



## ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $\text{TiO}_2$ ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ПРОИЗВОДСТВЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ К КРАСИТЕЛЯМ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Д.Х. Шукуров., Жалматова Г.С.

Термезский государственный университет

**Аннотация.** В статье представлена информация об оптических и фотоэлектрохимических свойствах диоксида титана, который используется в качестве фотокатализатора для чувствительных к красителям солнечных элементов как одного из альтернативных источников энергии. Данные анализа изображений с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) предназначены для описания структуры диоксида титана.

**Abstract.** The article provides information on the optical and photoelectrochemical properties of titanium dioxide, which is used as a photocatalyst for dye-sensitive solar cells as one of the alternative energy sources. Scanning Electron Microscopy (SEM) image analysis data are intended to describe the structure of titanium dioxide.

**Ключевые слова:** Солнечный элемент, оптические свойства, чувствительный к красителю солнечный элемент, фотоанод, диоксид титана  $\text{TiO}_2$ , фотокатализатор.

**Key words:** Solar cell, optical properties, dye-sensitive solar cell, photoanode, titanium dioxide  $\text{TiO}_2$ , photocatalyst.

**Введение.** Сегодня энергетический кризис-большая проблема для каждой страны мира. Ископаемое топливо по-прежнему является идиолом из-за его относительно низкой цены, простоты использования и доступности. Однако, поскольку запасы становятся все меньше, необходимо исследовать и использовать альтернативные источники энергии, особенно экологически чистые и недорогие. Одним из экологически чистых и недорогих источников энергии является солнце. Каждый час солнечный свет падает на Землю, давая энергию, более чем достаточную для удовлетворения глобальных потребностей в энергии на целый год [1,2]. Именно Гратцель и О'Реган в 1991 году первыми представили привлекательный и недорогой СК, а именно сенсibilизированный красителем





солнечный элемент (DSSC), основанный на материале  $\text{TiO}_2$  [3, 4]. Для DSSC был собран  $\text{TiO}_2$  структуры в качестве полупроводникового материала катода и Pd / Au в качестве катализатора по более низкой цене, чем Pt, и хорошей реакционной способности в отношении восстановления трийодида, сравнимой с Pt и углеродом [5,6]. Помимо полупроводникового материала, краситель также играет важную роль в улучшении характеристик DSSC, поскольку он должен быть в состоянии собрать солнечный свет и перевести его в электрическую энергию. Многие исследования были проведены на DSSC с использованием различных типов красителей, в том числе натуральных и синтетических красителей [7,8]. Основной характеристикой красителя является его способность в поглощение спектра видимого света от красного до синего, что может повысить чувствительность полупроводника с широкой запрещенной зоной материал, пигмента на основе фталоцианина меди был использован в качестве красителя для микросфер на основе  $\text{TiO}_2$  [9,10,11].

$\text{TiO}_2$  наносили центрифугированием поверх прозрачного стекла ITO и прокачивали при  $350^\circ\text{C}$ ,  $450^\circ\text{C}$  и  $550^\circ\text{C}$  каждый в течение 1 и 2 часа. Корреляция между структурой и электрическими свойствами материала была проанализирована с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) [12].

**Экспериментальная часть.** Для приготовления пасты из диоксида титана 6 г диоксида титана взвешивали на весах  $\text{TiO}_2$ , помещали в ступку и смешивали с 20 мл 96% этанола. Процесс проводили в течение 25 минут, пока смесь не приобрела белый молочный цвет. Мы добавили каплю поверхностно-активного вещества поверх полученного раствора, потому что поверхностно-активное вещество снижает водопроницаемость раствора и в то же время помогает полностью покрыть поверхность стеклянной пластины. Приготовленная паста из диоксида титана покрыта с одной стороны проводящим прозрачным стеклянным (ITO) электродом толщиной 10 микрон. Каждая поверхность (ITO) покрыта пластиковым клеем шириной 5 мм от края, так что он формируется в слой диоксида титана ( $\text{TiO}_2$ ). Затем односторонний электрод из проводящего прозрачного стекла (ITO), покрытый диоксидом титана, нагревали, помещая муфель в печь при  $350^\circ\text{C}$ ,  $450^\circ\text{C}$ ,  $550^\circ\text{C}$ , на 1 и 2 часа соответственно.

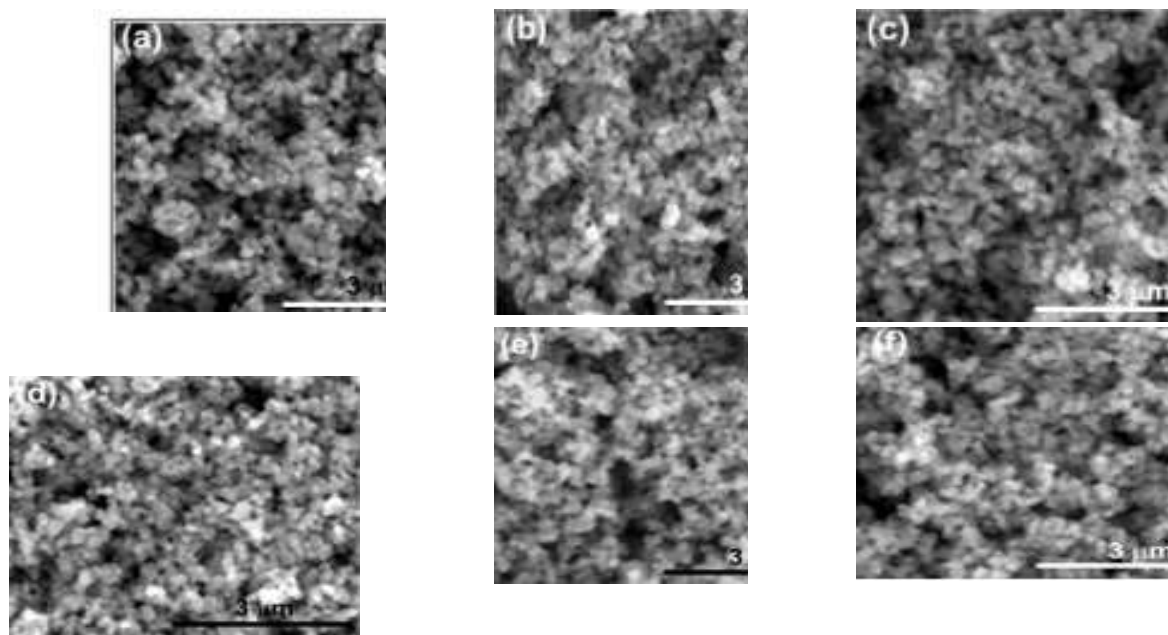




ISSN (E): 2181-4570 ResearchBib Impact Factor: 4.9 / 2023

Для приготовления раствора йода в йодиде калия, используемого в качестве материала раствора электролита для чувствительных к красителям солнечных элементов, 0,5 г йодида калия добавляли к 10 мл ацетонитрила и добавляли 0,2 г измельченных кристаллов йода и перемешивали до образования коричневого раствора. Стеклопластину, покрытую диоксидом титана и погруженную в раствор фталоцианина меди, вынимают из раствора, промывают сначала дистиллированной водой, а затем раствором этанола и сушат на открытом воздухе. Медь покрыта лицом к лицу со сторонами стеклянной пластины (ITO), сенсibilизированной фталоцианиновым пигментом. (ITO) Два куска прозрачного стекла зажимаются зажимами с противоположных сторон. Раствор электролита попадает в пространство между двумя (ITO) прозрачными бутылками.

**Результаты и их обсуждение.** На **рис-1** показан результат измерения на сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) -изображения наноматериала  $\text{TiO}_2$ , который был покрыт поверх стекла ITO. Наноматериал  $\text{TiO}_2$  имел сферическую форму (0-D) и был распределен почти равномерно с размером частиц от 0,2 до 0,4 мкм. Некоторые сферы  $\text{TiO}_2$  слиплись, образуя небольшие кластеры. Более длительное время прокаливания привело к росту частиц.





ISSN (E): 2181-4570 ResearchBib Impact Factor: 4.9 / 2023

**Рис 1. Показано СЭМ-изображение наноматериала  $TiO_2$ , нанесенного на стакан ИТО после нагрева.**

СЭМ-изображения вторичных электронов наноматериала  $TiO_2$ , который был нанесен поверх проводящего стекла ИТО после прокаливания при (a)  $350^\circ C$  в течение 1 часа (b)  $350^\circ C$  в течение 2 часа (c)  $450^\circ C$  в течение 1 часа (d)  $450^\circ C$  в течение 2 часа (e)  $550^\circ C$  в течение 1 часа (f)  $550^\circ C$  в течение 2 часа.

Тенденция электрических характеристик соответствовала тенденции результатов СЭМ, где образец, прокаленный при  $450^\circ C$  в течение 1 часа, позиционировался как образец, который показал самые высокие электрические характеристики, а образец, прокаленный при  $550^\circ C$  в течение 2 часа, как самый низкий.

**Общий принцип работы чувствительных к красителю солнечных элементов**

Для достижения высокой производительности DSSC важна большая площадь поверхности наноструктуры слоя  $TiO_2$ , потому что это позволяет адсорбировать достаточно большое количество молекул красителя, необходимых для эффективного преобразования света [13]. Для уменьшения реакции фотопроизведенных электронов с три-йодидом электролита и гарантии хорошей электрической проводимости требуются:

- большая площадь поверхности слоя  $TiO_2$ ;
- хорошие связи между зернами  $TiO_2$ ;
- высокая адгезия к (ИТО) -слою.

Базовый рабочий цикл чувствительного к красителю солнечного элемента (DSSC) можно резюмировать следующим образом с помощью фотохимических реакций: Раствор йода в йодиде калия, который отдает электроны красителю, иону йода, восстанавливает электроны через катод. Вот слой S-красителя,  $h\nu$ -света, полупроводникового оксидного слоя  $TiO_2$ .

**фотоанод:**  $S + h\nu \rightarrow S^*$  - поглощение света краситель;

**краситель:**  $S^* \rightarrow S + e^- (TiO_2)$  - потеря электронов;

$2S + 3I^- \rightarrow 2S + I_3^-$  - восстановление потерянных электронов;

**катод:**  $I_3^- + 2e^- (Pt) \rightarrow 3I^-$  - восстановление потерянного электрона электролита;



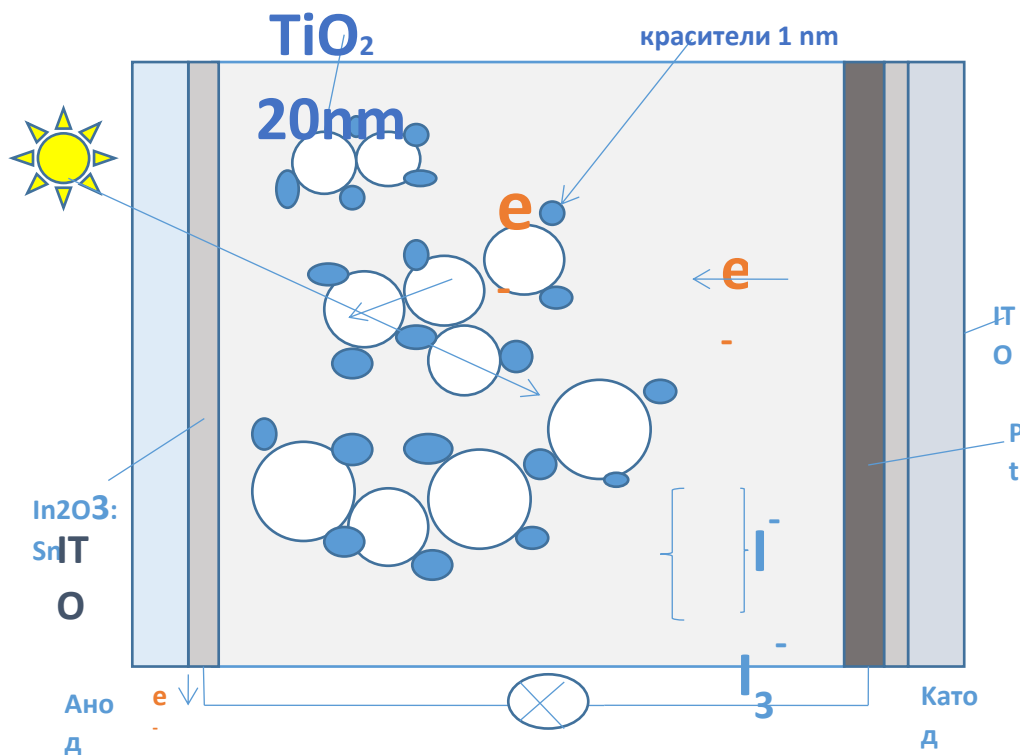




ISSN (E): 2181-4570 ResearchBib Impact Factor: 4.9 / 2023

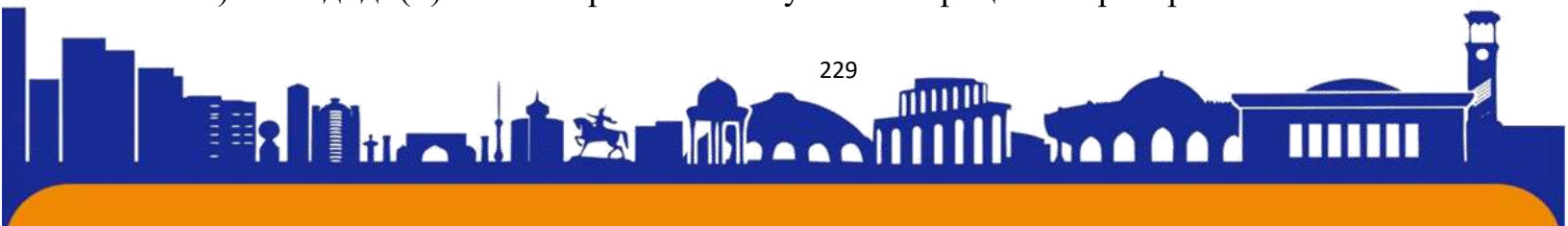
$I_3^- + 2e^- (TiO_2) \rightarrow 3I^- + TiO_2$  - восстановление потерянного электрона электролита;

внешний вид процесса в целом:  $e^- (Pt) + h\nu \rightarrow e^- (TiO_2)$  На Рис 2.



**Рис 2. Общий вид чувствительных к красителю солнечных элементов (DSSC).**

Когда солнечный свет проникает через проводящее стекло, краситель (фотосенсибилизатор), чувствительный к солнечному (видимому) свету, поглощает фотон. Электрон красителя будет возбужден и инжектирован в зону проводимости  $TiO_2$  и течет через внешний провод к нагрузке (например, лампе). Потеря электрона из красителя будет компенсирована электроном из электролита в результате окислительно-восстановительной реакции йодида ( $I^-$ ), окисленного до трииодида ( $I_3^-$ ), и высвобождения электрона. Электрон от нагрузки будет течь обратно в DSSC через противозлектрод (ITO), покрытый Pd/Au), который каталитически способствует реакции восстановления трииодида электролита ( $I_3^-$ ) в иодид ( $I^-$ ) и повторно используется в процессе преобразования света в





электрическую энергию в DSSC. Ранее принцип работы и свойства этой солнечной батареи были тщательно изучены Грацелем и О'Реганом. с посяхом [14].

**Вывод.** В этой работе электрические характеристики DSSC были улучшены за счет диоксид титана  $\text{TiO}_2$  высокой активной поверхности. Как уже упоминалось выше, всякий раз, когда площадь активной поверхности  $\text{TiO}_2$  увеличивалась, содержание красителя и электролита вместе с проникновением света также увеличивалось, что увеличивало характеристики DSSC. Для DSSC были успешно получены из наноматериала  $\text{TiO}_2$  со структурой с наивысшей эффективностью, в результате прокалывания ИТО, покрытого  $\text{TiO}_2$ , при  $450^\circ\text{C}$  в течение 1 часов из-за самой высокой активной поверхности. Несмотря на низкую эффективность, эта работа показала эффективность диоксид титана  $\text{TiO}_2$  в качестве фотоанод полупроводника для применения DSSC.

#### Список литературы:

1. Dresselhaus, M.S., Thomas.I.L., //Alternative energy technologies//.Nature 2001, С. 332–337.
2. Kay A, Grdtzel M., // Low cost photovoltaic modules based on dye sensitized nanocrystalline titanium dioxide and carbon powder //, Sol. Energy Mater. Solor Cells 1996.
3. Riyaz Ahmad Mohamed Ali and Nafarizal Nayan // Fabrication and analysis of dye-sensitized solar cell using natural dye extracted from dragon fruit// International Journal of Integrated Engineering Issue on Electrical and Electronic Engineering 2005. С.61.
4. M. Gratzel. “Dye-sensitized solar cell”. Journal of Photochemistry & Photobiology C4 (2003) С.145.
5. Шукуров Д. Х., Тураев Х.Х., Каримов М.У., Джалилов А.Т., // Исследование синтезированных полупроводниковых полимеров // Universum: химия и биология: электрон.научн. журн. – 2020. – № 11 (77). С.75-81.
6. Zhang Y, Wang L, Liu B, Zhai J, Fan H, Wang D, Lin Y, Xie T., Synthesis Zn-doped  $\text{TiO}_2$  microspheres with enhanced photovoltaic performance and application for dye –sensitized solar cell, Electrochim. Acta 2011; 56: 6517-23.





7. Chang H, Wu HM, Chen TL, Huang KD, Jwo CS, Lo YJ., Dye-sensitized solar cell using natural dyes extracted from spinach and ipomoea, J. Alloys Comp. 2010; 495: 606-10.

8. Шукуров Д. Х., Тураев Х. Х., Каримов М.У., Джалилов А.Т., // Изготовление и анализ сенсibiliзирoванных солнечных элементов с использованием пигмента на основе фталоцианина меди // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2020. № 11(80). С.73-77.

9. Shukurov D.Kh., Turaev Kh.Kh., Tojiyev P.J., Karimov M.U. Synthesis of Polyaniline Dye Pigment and Its Study in Dye-Sensitive Solar Cells // International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), –India, 2022. –№ 70(4). –P. 236-244. Crossref, <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V70I4P220>.

10. Turaev Kh.Kh., Shukurov D.Kh., Djalilov A.T., Karimov M.U. New review of dye sensitive solar cells // International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), 2021. №69(9). P.265-271. doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I9P232.

11. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Каримов М.У., Джалилов А.Т., // Исследование синтезированных полупроводниковых полимеров // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – 2020. – № 11 (80). С.78-81.

12. Dilmurod Shukurov, Khayit Turaev, Bakhodir Kholnazarov, Sherzod Kasimov, Zulkhumor Jumaeva and Kholmamat Tillayev. Synthesis of Polyaniline Dye Pigment and Its Study in Dye-Sensitive Solar Cells // International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), –India, 2023. –№ 71(4). –P. 453-461. Crossref, <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V71I4P238>.

13. Т. Н. Патрушева // Технологии изготовления компонентов оксидных солнечных батарей // Монография. Красноярск. СФУ. 2015. С 41-42.

14. D. Zhang, J. A. Jonathan, A. Downing et al. // Room-temperature preparation of nanocrystalline TiO<sub>2</sub> films and the influence of surface properties on dye-sensitized solar energy conversion // J. Phys. Chem. – 2006. Vol. 110. P. 21890.

