

molecular layers on a sapphire surface // Optics and Spectroscopy. – 2012. – Vol. 113(6). – P. 616–620.

12. Zeinidenov A.K., Ibrayev N.Kh., Gladkova V. K. Effect of silver nanoparticles on luminescent and generation properties of rhodamine 6G in aqueous alcohol solutions // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2016. – Vol. 90 (12). – P. 2440–2443.

УДК 535.3, 535.215

### ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НАНОСТРУКТУРНА ОСНОВЕ НАНОСТЕРЖНЕЙ TiO<sub>2</sub>

<sup>1</sup>Садықова А.Е., <sup>1</sup>Балтабеков А.С., <sup>1</sup>Жанбирбаева П.А., <sup>1</sup>Демисинова А.,  
<sup>1</sup>Сериков Т.М.

<sup>1</sup>Карагандинский университет имени академика Е.А.Букетова, г.Караганда, Казахстан  
sadikova-aigul@mail.ru

Изменение температуры гидротермального синтеза приводит увеличению внешнего диаметра синтезируемых НС. Так, при температуре 100<sup>0</sup>С НС TiO<sub>2</sub>, которые формируют пленку уже после 3 часов имеют средний диаметр порядка 45 нм, а средний диаметр 110 нм. Увеличение длительности гидротермального синтеза приводит к увеличению длины НС TiO<sub>2</sub>, а диаметр остается неизменным или изменяется незначительно. С целью исследования влияния длины НС TiO<sub>2</sub> на фотокаталитические свойства были приготовлены образцы в 3 стадиях. Наилучшие фотокаталитические характеристики были зарегистрированы для пленок из НС TiO<sub>2</sub> полученных после 3 стадии синтеза. Фотокаталитическая активность пленок на основе НС TiO<sub>2</sub> на 68% выше, чем пленок, полученных на первой стадии.

Введение. Процессы фотодеградации органических загрязнителей привлекают все большее внимание в последние десятилетия. Средиразличных оксидных полупроводниковых фотокатализаторов диоксид титана (TiO<sub>2</sub>) было рассмотрено как самый соответствующий материал для широко распространенные экологические применения из-за своего длинного-термина термодинамическая стабильность, сильная окисляя сила, и относительная нетоксичность.

В работах [1–4] было показано, что 1D мерные структуры с прямыми электронными путями, могут значительно повысить электротранспортные свойства пленок за счет исключения границ зерен, возникающих при использовании пленок из наночастиц диоксида титана. Кроме того, наностержни обладают развитой поверхностью. Увеличение удельной поверхности полупроводникового оксидного слоя позволит адсорбировать большее количество молекул воды или красителя и приведет к росту поглощения солнечного света и увеличению концентрации носителей заряда в полупроводниковом слое.

Наноструктурированные пленки на основе НС TiO<sub>2</sub> получали в автоклаве из нержавеющей стали с фторопластовой вставкой объемом 100 мл из раствора, содержащего 35 мл деионизованной воды (H<sub>2</sub>O), 35 мл соляной кислоты (HCl) (36.5%, Sigma–Aldrich) и 0.25 мл бутилата титана C<sub>16</sub>H<sub>36</sub>O<sub>4</sub>Ti (97%, Sigma–Aldrich). НС TiO<sub>2</sub> синтезировали на стеклах с проводящим слоем FTO (8 Ом/см<sup>2</sup>), предварительно очищенных в ультразвуковой ванне в смеси деионизованной воды, ацетона и 2-пропанола (объемное соотношение 1: 1: 1) в течении 30 минут. Затем подготовленные FTO подложки помещали в автоклав проводящей стороной вниз. Для получения пленок с различной морфологии варьировали температуру печи и длительность синтеза в диапазоне от 120<sup>0</sup>С до 200<sup>0</sup>С и от 6 до 24 часов соответственно. После истечения времени синтеза, автоклав доводился до комнатной температуры в естественной среде. Затем, образцы извлекались и тщательно промывались, сначала изопропиловым спиртом, затем деионизованной водой и

оставлялись сушиться. Для улучшения кристаллизации и удаления побочных продуктов синтеза, пленки из НС прокальвались в высокотемпературной печи при температуре  $500^{\circ}\text{C}$  в течении 2 часов. Морфология поверхности пленок на основе НС  $\text{TiO}_2$ , синтезированных при различных температурах, приведена на рисунке 1.

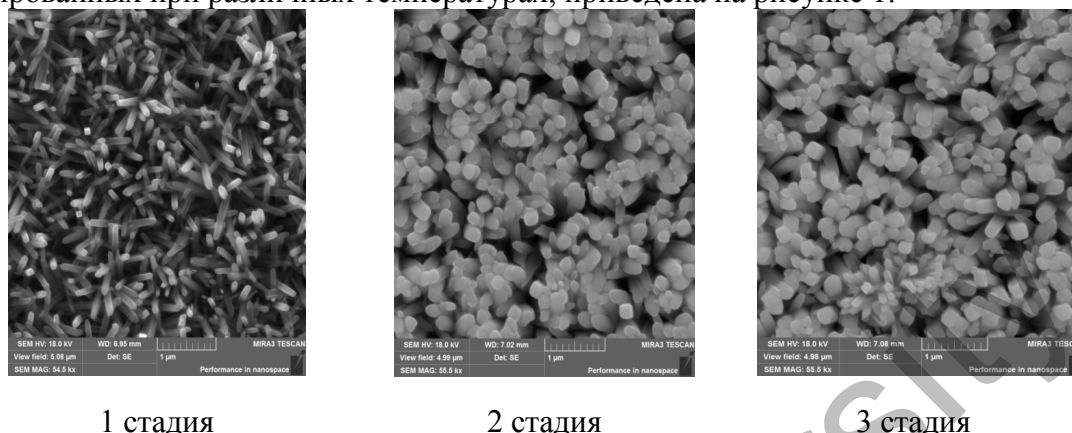
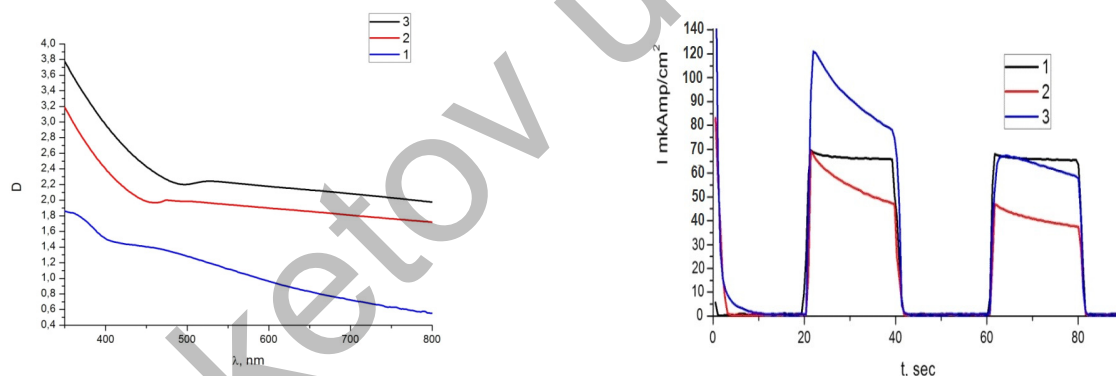


Рисунок 1 - СЭМ изображения пленок  $\text{TiO}_2$  на основе НС, синтезированных при различных стадиях

Из представленных данных видно, что при увеличении стадии синтеза толщина НС возрастает. Для пленки, синтезированной при первой стадии, длина НС составляет почти  $4,1 \mu\text{m}$ , а для пленки из НС полученной на второй стадии  $5,7 \mu\text{m}$ , на третим  $6,9 \mu\text{m}$ .

При исследовании оптических свойств спектры поглощения НС оксида титана были измерены с помощью интегрирующей сферы и спектрометра Avantes. Полученные спектры показаны на рисунке 2.



а) Спектры поглощения  
б) фотоиндуцированный ток пленок  
1–стадия 1; 2– стадия 2; 3 – стадия 3.

Рисунок 2 - Спектры поглощения и фотоиндуцированный ток пленок на основе НС  $\text{TiO}_2$ , синтезированных при различных стадиях

Из рисунка видно, что спектр поглощения НС  $\text{TiO}_2$  представлен широкой полосой в УФ области. Край спектра поглощения приходится на  $380\text{--}390 \text{ nm}$ . При этом оптическая плотность пленок в УФ области наибольшая для пленок, синтезированных после трех стадий гидротермального синтеза. Значения оптической плотности пленок напрямую коррелируют с толщиной синтезированных стержней.

В пленках, образованных НС диоксида титана, наилучшие показатели фототока были зарегистрированы для образца, синтезированного при  $180^{\circ}\text{C}$ .

Наилучшие фотокаталитические характеристики были зарегистрированы для пленок из НС  $\text{TiO}_2$  полученных после 3 стадии синтеза. Фотокаталитическая активность пленок на основе НС  $\text{TiO}_2$  на  $68\%$  выше, чем пленок, полученных на первой стадии.

### Литература:

- 1 Adachi M., Murata Y., Takao J., Jinting J. et al. Highly efficient dye-sensitized solar cells with a titanium thin-film electrode composed of a network structure of single-crystal-like TiO<sub>2</sub> nanowires made by the "oriented attachment" mechanism // J. Am. Chem. Soc. – 2004. – Vol. 126. – P. 14943–14949.
- 2 Fabregat-Santiago F., Bisquert J., Garcia-Belmonte G. etc. Solar Energy Materials & Solar Cells. – 2005. – № 87. – P.117.
- 3 Морозов А. Н. Синтез и каталитические свойства нано структурированных покрытий диоксида титана Диссертация на соискание степени кандидата химических наук 2014 г. Специальность ВАК РФ 05.17.01. Количество страниц 160.
- 4 Zhang K., Liu Q., Wang H., Zhang R.B., Wu C.H., Gong J.R. TiO<sub>2</sub> single crystal with four-truncated-bipyramid morphology as an efficient photocatalyst for hydrogen production // Small – 2013. – Vol. 9. – P. 2452–2459.

УДК 621.31; 621.311; 620.9

## РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕТРО-ДИЗЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Сакипова С.Е., Алхамина З.Ж.

Карагандинский университет имени академика Е.А.Букетова, Караганда, Казахстан  
[zyoma.pacman@gmail.com](mailto:zyoma.pacman@gmail.com)

*Введение.* Разработка и внедрение технологий преобразования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) становятся все более актуальными в связи с возрастающими проблемами глобального потепления и изменения климата. Повсеместный отказ от водородной энергетики во всем мире обусловил принятие Казахстаном добровольных обязательств по сокращению до нуля вредных выбросов углерода в атмосферу к 2050 году. Производство электроэнергии из новых возобновляемых источников энергии постепенно становится более рентабельным, чем производство электроэнергии на новых угольных электростанциях. Согласно официальному статистическому отчету Всемирной ассоциации ветроэнергетики Global Status Report 2020, ветровая и солнечная энергия стали основными источниками электроэнергии и становятся все более конкурентоспособными по стоимости по сравнению с электростанциями, работающими на ископаемом топливе [1-4]. Практика показывает, что среди активно внедряющихся объектов ВИЭ наиболее предпочтительной и в Казахстане является ветроэнергетика. Ветроэнергетика фактически становится основой стратегии по сокращению выбросов парниковых газов, и отказа от использования ископаемой и ядерной энергии.

Наша страна обладает значительными ресурсами возобновляемой энергии, куда входят гидроэнергетика, ветровая и солнечная энергетика. Количество реализуемых проектов ВИЭ ежегодно увеличивается. Самые высокие темпы роста электроэнергии из ВИЭ без учета больших ГЭС в Казахстане наблюдались в 2011-2016 гг. [2]. Темп роста объектов ВИЭ затем несколько снизился. К концу 2017 года было введено 58 объектов ВИЭ с установленной мощностью 342.3 МВт, а к концу 2018 г. уже действовало 67 объектов ВИЭ с общей установленной мощностью 531 МВт, что составило увеличение количества на 19% и мощности на 55%. По состоянию на 1 июля 2019 г. были введены 75 объектов ВИЭ с общей установленной мощностью 683.6 МВт, из них 16 ветропарков (232 МВт), 23 солнечных фотоэлектрические станции (250 МВт), 34 гидроэлектростанции (200.3 МВт) и 2 биоэлектростанции (1.3 МВт).

Несмотря на активное развитие сектора возобновляемых источников (ВИЭ) в Казахстане имеются ряд проблем таких, как недостаточная эффективность автономных