

ПОЛУЧЕНИЕ В ТРЕКОВЫХ ТЕМПЛЭЙТАХ НАНОКЛАСТЕРОВ БАЗИРУЮЩИХСЯ НА СОЕДИНЕНИЯХ ОЛОВА

Садуова Балжан Кайржановна

samai_b_91@mail.ru

Докторант 1 курса специальности Техническая физика, ЕНУ им. Л.Н.Гумилева,
Нур-Султан, Казахстан

Научные руководители – Акилбеков А.Т., Даулетбекова А.К.

Введение

В последние годы наноматериалы привлекли большое внимание из-за их высокого соотношения поверхности к объему, улучшенным характеристикам квантово-размерных эффектов и высокой доле химически сходных участков поверхности [1]. Среди металлоксидных полупроводниковых материалов большой интерес проявляется к исследованиям диоксида олова (SnO_2), благодаря уникальным физико-химическим свойствам [2-4]. SnO_2 является полупроводником n-типа с широкой запрещенной зоны в 3,6 эВ при комнатной температуре и обладающий превосходными оптическими и электрическими свойствами. Например, особая оптическая прозрачность, низкое удельное сопротивление [5, 6]. Кроме того, SnO_2 обладает высокой электронной подвижностью ($\sim 100\text{-}200 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$), указывающий на более быстрый перенос фотовозбужденных электронов [7-9]. За последние десятилетия SnO_2 был изучен как перспективный материал с множеством уникальных свойств поверхности, включая люминесценцию и фотокаталитическую активность [2]. В частности, так как диаметр SnO_2 меньше экситонов и носители ограничены в наноразмерной области во всех трех измерениях, большая ширина запрещенной зоны и высокая стабильность наночастиц SnO_2 приводит к таким уникальным свойствам как синий сдвиг краевого перехода и необычным структурным и оптическим свойствам [10, 11]. Кроме того, высокая скорость разложения органического красителя на as-синтезированных наночастицах SnO_2 с размерами меньше 10 нм может быть связано с небольшим размером наночастиц SnO_2 , так как большая площадь поверхности способствует увеличению мест фотокаталитических реакций, способствует эффективному разделению электронно-дырочных пар [12-14].

Оксид олова широко используется как перспективный материал для различных применений, таких как фотовольтаика, биосенсоры и плоские панели. [15], а также SnO_2 широко применяется в литиевых батареях [16-19], суперконденсаторах [20-23], датчиках газа [24, 25], и катализа [26, 27]

Существует множество способов синтеза наноструктур SnO_2 такие как золь-гель [2, 28], гидролиз [29], электрохимическое окисление оловянного металлического листа в неводном электролите, содержащего NH_4F [30], химическое осаждение [31, 32], при обработке ультразвуком [33], а также методом микроволнового облучения [34, 35].

Целью данной работы являлось получение наноструктур SnO_2 путём электрохимического осаждения в трековый темплэйт a-SiO₂/Si-n.

Экспериментальная часть. Результаты и обсуждение.

Структура a-SiO₂/Si-n типа изготавливалась термическим окислением кремниевой подложки (Si -n типа) в атмосфере влажного кислорода при 900°C. Толщина оксидного слоя по данным эллипсометрии составила 700 нм. Образцы были изготовлены в форме дисков диаметром 100 мм, а облучение проводилось на канале для полимерных пленок ионами 200 МэВ Хе до флюенса 10⁸ ионов/см².

Химическое травление образцов SiO₂/Si n и p типа проводилось в 1% водном растворе HF, в состав травителя входил палладий m(Pd)=0,025 г, температура травления 18°C (291К). Перед травлением треков проводилась ультразвуковая очистка поверхности образцов в

изопропанол в течение 15 минут в ультразвуковом очистителе 6.SB25-12DTS. После обработки образцы промывались в деионизованной воде (18,2 МОм).

Анализ нанопор после травления проводился на СЭМ JSM-7500F.

Электрохимическое осаждение проводилось при разных напряжениях в обычной электролитической ячейке (Рис. 1).

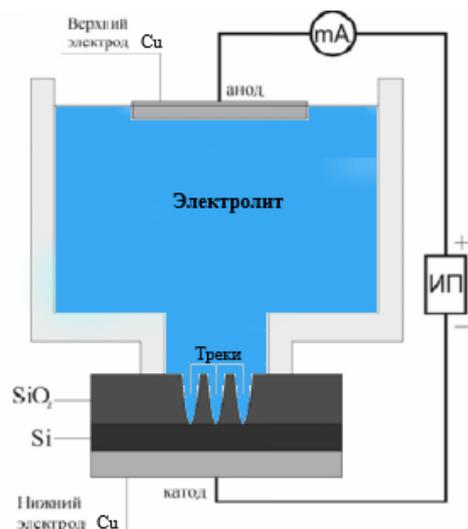


Рисунок 1: Модель ячейки для ЭХО.

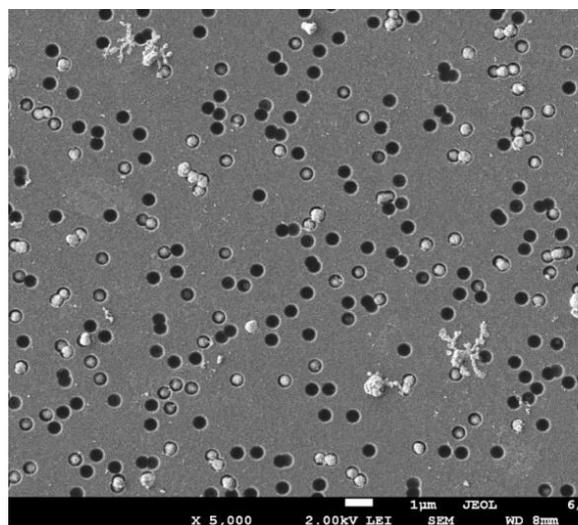


Рисунок 2: СЭМ изображение поверхности осажденных образцов после ЭХО при напряжении 1,75В в течение 4 мин

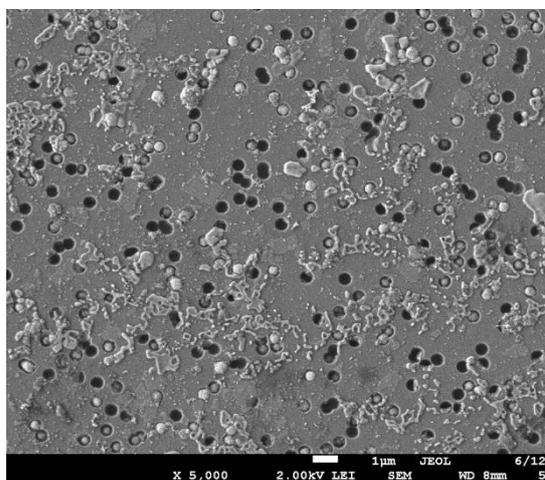


Рисунок 3: СЭМ изображение поверхности осажденных образцов после ЭХО при напряжении 0,5В в течение 7 мин.

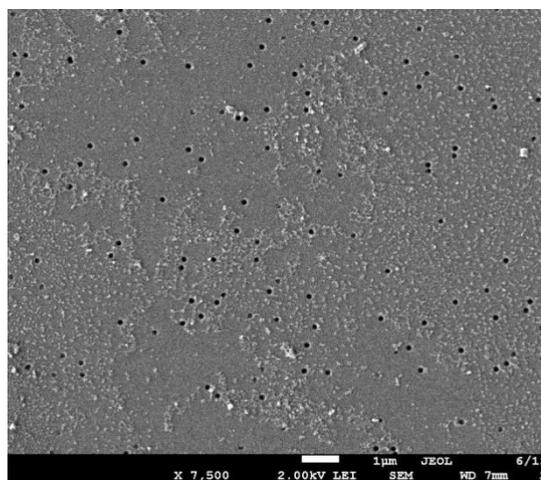


Рисунок 4: СЭМ изображение поверхности осажденных образцов после ЭХО при напряжении 1В в течение 7 мин.

Анализ СЭМ изображений поверхности осажденных образцов, показывает зависимость заполнения нанопор от напряжения между электродами. При малых напряжениях осаждение в основном происходит на поверхности и только при увеличении напряжения до 1.75 В, мы видим приемлемое заполнение нанопор.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Zhu H., Yang D., Yu G., Zhang H., and Yao K., "A simple hydrothermal route for synthesizing SnO₂ quantum dots," *Nanotechnology*, vol. 17, no. 9, pp. 2386–2389, 2006.
2. Abdelkader E., Nadjia L., and Rose-Noelle V., "Adsorption of Congo red azo dye on nanosized SnO₂ derived from sol-gel method," *International Journal of Industrial Chemistry*, vol. 7, no. 1, pp. 53–70, 2016.
3. Srivastava N. and Mukhopadhyay M., "Biosynthesis of SnO₂ nanoparticles using bacterium *Erwinia herbicola* and their photocatalytic activity for degradation of dyes," *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 53, no. 36, pp. 13971–13979, 2014.
4. Nazari A. and Riahi S., "The effects of SnO₂ nanoparticles on physical and mechanical properties of high-strength selfcompacting concrete," *Journal of Experimental Nanoscience*, vol. 7, no. 5, pp. 559–577, 2012.
5. Sheng Pan S., Fung Yu S., Xia Zhang Y et al., "Crystallite size-modulated exciton emission in SnO₂ nanocrystalline films grown by sputtering," *Journal of Applied Physics*, vol. 113, no. 14, Article ID 143104, 2013.
6. Shi L. and Lin H., "Facile fabrication and optical property of hollow SnO₂ spheres and their application in water treatment," *Langmuir*, vol. 26, no. 24, pp. 18718–18722, 2010.
7. Xu X., Yang G., Liang J. et al., "Fabrication of one-dimensional heterostructured TiO₂-SnO₂ with enhanced photocatalytic activity," *Journal of Materials Chemistry A*, vol. 2, no. 1, pp. 116–122, 2014.
8. Cai F, Yuan Z., Duane Y., and Bie L. , "TiO₂ coated SnO₂ nanosheet films for dye-sensitized solar cells," *Thin Solid Films*, vol. 519, no. 16, pp. 5645–5648, 2011.
9. Gao C., Li X., Lu B. et al., "A facile method to prepare SnO₂ nanotubes for use in efficient SnO₂-TiO₂ core-shell dyesensitized solar cells," *Nanoscale*, vol. 4, no. 11, pp. 3475–3481, 2012.
10. Lee E. J. H, Ribeiro C. , Giraldo T. R., Longo E., Leite E. R., and Varela J. A., "Photoluminescence in quantum-confined SnO₂ nanocrystals: evidence of free exciton decay," *Applied Physics Letters*, vol. 84, no. 10, pp. 1745–1747, 2004.
11. Ahn H.-J., Choi H.-C, Park K.-W., Kim S.-B. , and Sung Y.-E., "Investigation of the structural and electrochemical properties of size-controlled SnO₂ nanoparticles," *The Journal of Physical Chemistry B*, vol. 108, no. 28, pp. 9815–9820, 2004.
12. Wu S., H. Cao, S. Yin, X. Liu, and X. Zhang, "Amino acidassisted hydrothermal synthesis and photocatalysis of SnO₂ nanocrystals," *The Journal of Physical Chemistry C*, vol. 113, no. 41, pp. 17893–17898, 2009.
13. Xu X., Zhuang., and Wang X., "SnO₂ quantum dots and quantum wires: controllable synthesis, self-assembled 2D architectures, and gas-sensing properties," *Journal of the American Chemical Society*, vol. 130, no. 37, pp. 12527–12535, 2008.
14. Agekyan V.T., "Spectroscopic properties of semiconductor crystals with direct forbidden energy gap," *Physica Status Solidi (A) Applied Research*, vol. 43, no. 1, pp. 11–42, 1977.
15. Khan M.Z.H., *Cogent Engineering*, 3, 11, 70097, 2016
16. Meduri P., Pendyala C., Kumar V, Sumanasekera G. U., and Sunkara M. K., "Hybrid tin oxide nanowires as stable and high capacity anodes for li-ion batteries," *Nano Letters*, vol. 9, no. 2, pp. 612–616, 2009.
17. Pusawale S.N., Deshmukh P.R., and Lokhande C. D. , "Chemical synthesis of nanocrystalline SnO₂ thin films for supercapacitor application," *Applied Surface Science*, vol. 257, no. 22, pp. 9498–9502, 2011.
18. Gao Y.L., Wu J.X., Zhang W. et al., "SO₂+ 4 /SnO₂ as a new electrode for electrochemical supercapacitors," *Ceramics International*, vol. 40, no. 6, pp. 8925–8929, 2014.
19. Meng X., Zhou M., Li X. et al., "Synthesis of SnO₂ nanoflowers and electrochemical properties of Ni/SnO₂ nanoflowers in supercapacitor," *Electrochimica Acta*, vol. 109, no. 30, pp. 20–26, 2013.

20. Faraji S. and Ani F.N., “Microwave-assisted synthesis of metal oxide/hydroxide composite electrodes for high power supercapacitors—a review,” *Journal of Power Sources*, vol. 263, pp. 338–360, 2014.
21. Zhang J., Guo J., Xu H., and Cao B., “Reactive-template fabrication of porous SnO₂ nanotubes and their remarkable gassensing performance,” *ACS Applied Materials & Interfaces*, vol. 5, no. 16, pp. 7893–7898, 2013.
22. Jia Y., HeL., Guo Z. et al., “Preparation of porous tin oxide nanotubes using carbon nanotubes as templates and their gassensing properties,” *Journal of Physical Chemistry C*, vol. 113, no. 22, pp. 9581–9587, 2009.
23. Wang X., Fan H., and Ren P., “Self-assemble flower-like SnO₂/Ag heterostructures: correlation among composition, structure and photocatalytic activity,” *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 419, no. 20, pp. 140–146, 2013.
24. Huang H., Tian S., Xu J. et al., “Needle-like Zn-doped SnO₂ nanorods with enhanced photocatalytic and gas sensing properties,” *Nanotechnology*, vol. 23, no. 10, Article ID 105502, 2012.
25. Dimitrov M., Tsoncheva T., Shao S., Kohn R., “Novel preparation of nanosized mesoporous SnO₂ powders: physicochemical and catalytic properties,” *Applied Catalysis B: Environmental*, vol. 94, no. 1-2, pp. 158–165, 2010.
26. de Monredon S., Cellot A., Ribot F. O. et al., “Synthesis and characterization of crystalline tin oxide nanoparticles,” *Journal of Materials Chemistry*, vol. 12, no. 8, pp. 2396–2400, 2002.
27. Chen W., Ghosh D., and Chen S., “Large-scale electrochemical synthesis of SnO₂ nanoparticles,” *Journal of Materials Science*, vol. 43, no. 15, pp. 5291–5299, 2008
28. Sahay P. P., Mishra R. K., Pandey S. N., Jha S., and Shamsuddin M. , “AC transport properties of nanocrystalline SnO₂ semiconductor,” *Ceramics International*, vol. 38, no. 2, pp. 1281–1286, 2012.
29. Senthilkumar V., Vickraman P., Jayachandran M., and Sanjeeviraja C., “Synthesis and characterization of SnO₂ nanopowder prepared by precipitation method,” *Journal of Dispersion Science and Technology*, vol. 31, no. 9, pp. 1178–1181, 2010.
30. Pang G., Chen S., Kolytyn Y., Zaban A., Feng S., and Gedanken A., “Controlling the particle size of calcined SnO₂ nanocrystals,” *Nano Letters*, vol. 1, no. 12, pp. 723–726, 2001.
31. Parthibavarman M., Hariharan V., and Sokar C., “High sensitivity humidity sensor based on SnO₂ nanoparticles synthesized by microwave irradiation method,” *Materials Science and Engineering C*, vol. 31, no. 5, pp. 840–844, 2011
32. Sain S., Kar A., Patra A., and Pradhan S. K., “Structural interpretation of SnO₂ nanocrystals of different morphologies synthesized by microwave irradiation and hydrothermal methods,” *CrystEngComm*, vol. 16, no. 6, pp. 1079–1090, 2014.