

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛОВ ДИСЕЛЕНАТА ЦИНКА И ОКСИДА ЦИНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИОННО-ТРЕКОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Акылбекова Айман Дуйсембаевна¹, Шаяманов Бексұлтан Ғабдрашитұлы²,
Сансызбай Медет Әділетұлы², Бейсова Айгерим Арыстанбековна³

Aiman88_88@mail.ru

¹Докторант ЕНУ им.Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

²Магистрант ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

³Студент ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – Даулетбекова А.К.

На сегодняшний день известно несколько методов синтеза, в основе которых лежит осаждение металлических частиц на пористую подложку. В качестве последней в большинстве случаев используют пористый оксид алюминия, пористый кремний или полимерные трековые мембраны и реже – углеродные нанотрубки [1-4].

Перспективный вариант интеграции полупроводников A^3B^5 и A^2B^6 в кремниевую технологию – выращивание нанокристаллов соответствующих материалов в нанопористом слое аморфного $a-SiO_2$ на Si подложке (темплэйтный синтез). Сущность темплэйтного синтеза заключается в создании наноканалов в аморфном слое $a-SiO_2/Si-n$, облучением быстрыми тяжелыми ионами с последующим травлением.

В работе [5] представлены результаты по получению нанопористого SiO_2 на Si подложке, с нанокристаллами ZnO.

В нашей работе были впервые получены нанокристаллы $ZnSe_2O_5$ и ZnO методом электрохимического осаждения в нитратном растворе в трековый темплэйт $a-SiO_2/Si-n$. Следует отметить, что Si-подложка позволяет легко включать полученные структуры в кремниевую технологию.

Структура $a-SiO_2/Si-n$ типа изготавливалась термическим оксидированием кремниевой подложки (Si –n типа) в атмосфере влажного кислорода при $900^\circ C$. Толщина оксидного слоя по данным эллипсометрии составила 700 нм. Образцы были изготовлены в форме дисков диаметром 100 мм, а облучение проводилось на канале для полимерной пленки.

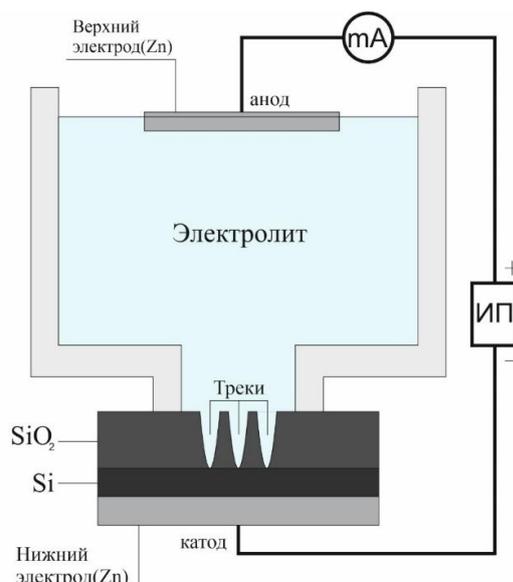
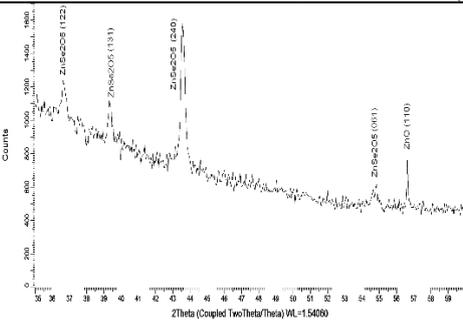
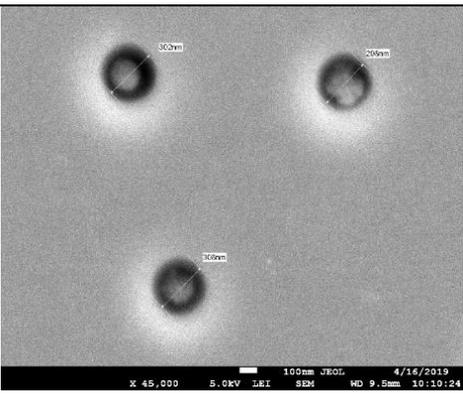
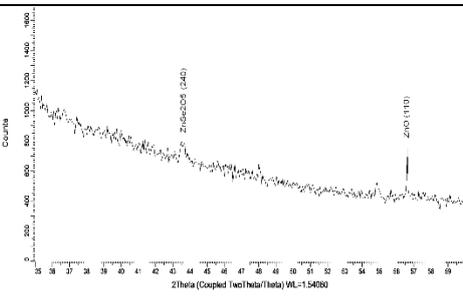
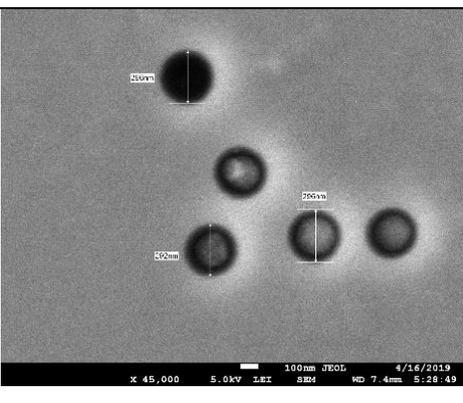


Рисунок 1. Модель ячейки для электрохимического осаждения

Таблица 1. Результаты СЭМ и РСА исследований.

1. ЭХО, t=15min, U=1,75 V (нитратный раствор)				
	Фаза и тип структуры	ZnO Hexagonal	d, Å	1.62396
		ZnSe ₂ O ₅ Orthorhombic		2.45256 2.29099 2.07469 1.67294
	Пространственная группа	P3(143)	L, nm	123.62
		Pbcn(60)		30.72 42.46 34.81 44.27
	(hkl)	110	Параметр ячейки, Å	a=3.24999, c=5.16628
		122 131 240 061		a=6.85441, b=10.4551, c=6.09081
	2θ ⁰	56.632	Степень кристалличности, %	57.6
		36.611 39.295 43.590 54.832 56.632		
2. ЭХО, t=15min, U=2 V (нитратный раствор)				
	Фаза и тип структуры	ZnO Hexagonal	d, Å	1.62313
		ZnSe ₂ O ₅ Orthorhombic		2.07327
	Пространственная группа	P3(143)	L, nm	135.56
		Pbcn(60)		23.78
	(hkl)	110	Параметр ячейки, Å	a=3.24744, c=5.14604
		240		a=6.81411, b=10.4101, c=6.08831
	2θ ⁰	56.663	Степень кристалличности, %	45.1
		43.621		

Химическое травление образцов SiO₂/Si n и p типа проводилось в 4% водном растворе HF, в состав травителя входил палладий, m(Pd)=0,025 г, время травления 10 мин, температура травления t = 18°C. 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) и сушились. Анализ нанопор после травления проводился на СЭМ JSM-7500F.

Электрохимическое осаждение (ЭХО) $ZnSe_2O_5$ проводилось при разных напряжениях, но при одинаковом времени осаждения в течение 15 мин. На рисунке 1 показана схема электролитической ячейки. Электролит приготовили следующим образом: $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ – 7.2 г/л; SeO_2 – 0.2 г/л. $Zn(NO_3)_2$ и SeO_2 растворили в деионизованной воде, затем объединили два раствора.

Структурные особенности определялись с помощью методов сканирующей электронной микроскопии (SEM, JSM-7500F) и рентгеноструктурного анализа (XRD, Bruker D8 ADVANCE). В таблице 1 представлены СЭМ изображения поверхности всех образцов при разном напряжении ЭХО и рентгеновского исследования образцов. Анализ СЭМ изображений поверхности облученных структур SiO_2/Si показал, что заполнение нанопор зависит от напряжения, прикладываемого к электродам.

Рентгеноструктурное исследование образцов установило, что при напряжениях 1,75 В и 2 В создание двух типов нанокристаллов $ZnSe_2O_5$ (орторомбическая кристаллическая структура) и ZnO (гексагональная кристаллическая структура), причем содержание фазы при 1,75В ZnO – 10,3%; $ZnSe_2O_5$ – 89,7%; при 2В ZnO – 57,1%; $ZnSe_2O_5$ – 42,9%.

Рентгеновское исследование нанокластеров, возникающих на поверхности, показало формирование нанокристаллов ZnO и $ZnSe_2O_5$. Оксид цинка с гексагональной структурой, пространственн группа – $P3$ (143), а диселенат цинка с орторомбической кристаллической структурой, пространственная группа – $Pbcn$ (60).

Полученные нами параметры решетки орторомбической элементарной ячейки $ZnSe_2O_5$ и ZnO совпадает с литературными данными [6-7]

В данной работе были получены нанокристаллы $ZnSe_2O_5$ и ZnO при разных напряжениях (1.75В и 2В) методом электрохимического осаждения в нитратный раствор при комнатной температуре.

Список литературы

1. Wei Wang, Nan Li, Xiaotian Li, Wangchang Geng, Shilun Qiu. Synthesis of metallic nanotube arrays in porous anodic aluminum oxide template through electroless deposition // *Materials Research Bulletin*. 2006 № 10. P. 1–7.
2. Hermann A.M., Ramakrishnan P.A., Badri V., Mardilovich P., Landuyt W. Metal hydride batteries research using nanostructured additives // *Intern. J. Hydrogen Energy*. 2001 № 26. P.1295–1299.
3. Lee W., Nielsch K., G`sele U., Wulfheneke W., Reiche M., Kirschner J. Metal nanotube membranes and their applications // *Appl. Phys*. 2004. V. 79. № 4. P. 32–33.
4. Huang G.S., Xie Y., Wu X.L., Yang L.W., Shi Y., Siu G.G., Paul K. Chu. Formation mechanism of individual alumina nanotubes wrapping metal (Cu and Fe) nanowires // *J. Crystal Growth*. 2006. V. 289. № 2. P. 295–298.
5. Dauletbekova A., Vlasukova L., Baimukhanov Z., Akilbekov A., Kozlovskiy A., Giniyatova Sh., Seitbayev A., Usseinov A., Akylbekova A. Synthesis of ZnO nanocrystals in SiO_2/Si track template: Effect of electrodeposition parameters on structure // *Physica Stat solidi B*. 2019 Vol.256 №5. P. 1800408.
6. Meunier G., Bertaud M., *Cristallochimie du Sélénium (+IV)*. II. Structure Crystalline de $ZnSe_2O_5$. // *Acta Crystallographica. Section B, Structuralscience*. 1974 Vol.30 №12. P. 2840-2843.
7. Касумов М.М. Получение наноструктур оксида цинка, каталитически активных в оптическом диапазоне и при отсутствии облучения. // *Журнал технической физики*. 2012 том 82, вып. 9. С. 123-125.