

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ**

**«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»  
XVIII Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XVIII Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**PROCEEDINGS  
of the XVIII International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**2023  
Астана**

**УДК 001+37**  
**ББК 72+74**  
**G99**

**«GYLYM JÁNE BILIM – 2023» студенттер мен жас ғалымдардың XVIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XVIII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «GYLYM JÁNE BILIM – 2023» = The XVIII International Scientific Conference for students and young scholars «GYLYM JÁNE BILIM – 2023». – Астана: – 6865 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.**

**ISBN 978-601-337-871-8**

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

**УДК 001+37**  
**ББК 72+74**

**ISBN 978-601-337-871-8**

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2023**

### Список использованных источников

1. Qiang Zhao, Zheng Zhanga and Xiaoping Ouyangabc . Electronic structure and optical properties of CsI under high pressure: a first-principles study. // This journal is © The Royal Society of Chemistry 2017.
2. Seltzer, S.M.; Berger, M.J. Evaluation of the collision stopping power of elements and compounds for electrons and positrons. *Int. J. Appl. Radiat. Isot.* 1982, 33, 1189–1218.
3. Boutboul, T.; Akkerman, A.; Breskin, A.; Chechik, R. Electron inelastic mean free path and stopping power.
4. modeling in alkali halides in the 50 eV–10 keV energy range. *J. Appl. Phys.* 1996, 79, 6714–6721.
5. Nishimura, H.; Sakata, M.; Tsujimoto, T.; Nakayama, M. Origin of the 4.1-eV luminescence in pure CsI scintillator. *Phys. Rev. B* 1995, 51, 2167–2172.
6. Yang, P.; Harmon, C.D.; Doty, F.P.; Ohlhausen, J.A. Effect of humidity on scintillation performance in Na and Tl activated CsI crystals. *IEEE Trans. Nucl. Sci.* 2014, 61, 1024–1031.
7. Von der Weid, J.P.; Aegerter, M.A. Magneto-optical effects on the emission of self-trapped exciton perturbed by Na impurity in CsI:Na crystal. *J. Lumin.* 1979, 18, 858–862.
8. Liu, F.; Ouyang, X.; Tang, M.; Xiao, Y.; Liu, B.; Zhang, X.; Feng, Y.; Zhang, J.; Liu, J. Scaling-induced enhancement of X-ray luminescence in CsI(Na) crystals. *Appl. Phys. Lett.* 2013, 102, 181107.
9. Nishimura, H.; Sakata, M.; Tsujimoto, T.; Nakayama, M. Origin of the 4.1-eV luminescence in pure CsI scintillator. *Phys. Rev. B* 1995, 51, 2167–2172.
10. Von der Weid, J.P. ; Aegerter, M.A. Magneto-optical effects on the emission of self-trapped exciton perturbed by Na impurity in CsI:Na crystal. *J. Lumin.* 1979, 18, 858–862.

ОӘЖ 539.534.9

### SiO<sub>2</sub>/Si ТРЕКТІК ТЕМПЛЭЙТІНДЕ ҚАЛАЙЫ ДИОКСИДІ (SnO<sub>2</sub>) НАНОСЫМДАРЫН СИНТЕЗДЕУ

Джунисбекова Диана Алтаевна

[diana911115@gmail.com](mailto:diana911115@gmail.com)

«8D05323 – Техникалық физика» мамандығының 3 курс докторанты  
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан  
Ғылыми жетекшісі – А.К. Даулетбекова

Берілген зерттеу жұмысында SiO<sub>2</sub>/Si тректік темплэйтінде қалайы диоксиді (SnO<sub>2</sub>) наносымдарын (NWs) синтездеудің нәтижелері келтірілген. Бұл әдіс nanoкеуектерді қалайы диоксидімен толтыру арқылы осындай гетероқұрылымдарды (SnO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si) алу үшін ең қолайлы және үнемді болып табылады. Бұл әдістің атауы – темплэйттік синтез. Тректік технологиялармен алынған наноматериалдар келешекте нано- және оптоэлектроникада қолдану мақсатында өте сұранысқа ие болады деп болжануда.

SnO<sub>2</sub> - жоғары тыйым салынған ені бар ( $E_g = 3,6$  эВ), n-типті жартылай өткізгіш оксид болып табылады [1]. Оның әр түрлі және пайдалы физикалық қасиеттері, жоғары термиялық және химиялық қасиеттерінің арқасында қалайы диоксиді ғылыми зерттеулерде қызығушылық тудырады, сонымен қатар ол тұрақты және арзан жоғары белсенді материал болып келеді [2]. Тасымалдаушыларының жоғары тығыздығына, электрлік сипаттамалары мен периодтық жүйедегі IV топ элементтерінің өткізгіштік, оптикалық мөлдірлік сияқты бірегей ерекшеліктеріне байланысты қалайы диоксиді күн элементтерінде [3], каталикалық тасымалдаушы материалдар ретінде [4], мөлдір электродтарда [5] және т.б. қолданудың кең спектрлерін қамтамасыз етеді.

$\text{SnO}_2$  негізіндегі нанокристалдарды, наносымдарды, нанобөлшектерді және т.с.с. темплэйт негізіндегі синтездеу, гидротермиялық әдіс, термиялық тұндыру, ерітінді-сұйық-қатты дене [6-7], золь-гель әдісі [8], лазерлік абляция, бу фазасынан химиялық тұндыру [9], қатты денелі реакция [10] сияқты жолдармен алуға болады.  $\text{ZnO}$  синтездеуіне қолданылған [11], темплэйттік синтездеудің ерекшелігі, морфологияны басқарылатын манипуляциялау жолымен наноматериалдардың физикалық, химиялық және электрондық қасиеттерін бейімдеу мүмкіндігі болып табылады.  $\text{SnO}_2$  наноматериалдарының морфологиясын басқару олардың сипаттамаларын жақсартуға, сонымен қатар жаңа тапсырмаларға, мақсаттарға жауап беретін құрылғыларды құрастыру үшін олардың қолдану аясын кеңейтуге мүмкіндік береді.

Біздің жұмыста таңдалып отырған темплэйттік синтездеу әдісі, материалдарды нанокеукті төсенішке (матрицаға) химиялық және электрохимиялық тұндыруға негізделеді. Нанокеукті шаблондарды қалыптастыру үшін зерттеу барысында, өте жақсы зерттелген материал болып табылатын, термиялық тотыққан кремний ( $\text{SiO}_2/\text{Si}$  құрылымы) қолданылды.

$\text{SiO}_2/\text{Si}$  төсенішіне химиялық тұндыру (ХТ) әдісімен  $\text{SnO}_2$  темплэйттік синтездеу бойынша жұмыстар жүргізілді.  $\text{SiO}_2$  матрицасындағы жасырын тректерді қалыптастыру үшін,  $5 \times 5$  мм өлшемдегі  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  үлгілерін энергиясы 200 МэВ флюенсі  $10^7 \text{см}^{-2}$  болатын Хе иондарымен ДЦ-60 үдеткішінде (Астана, Қазақстан) сәулелендірдік.

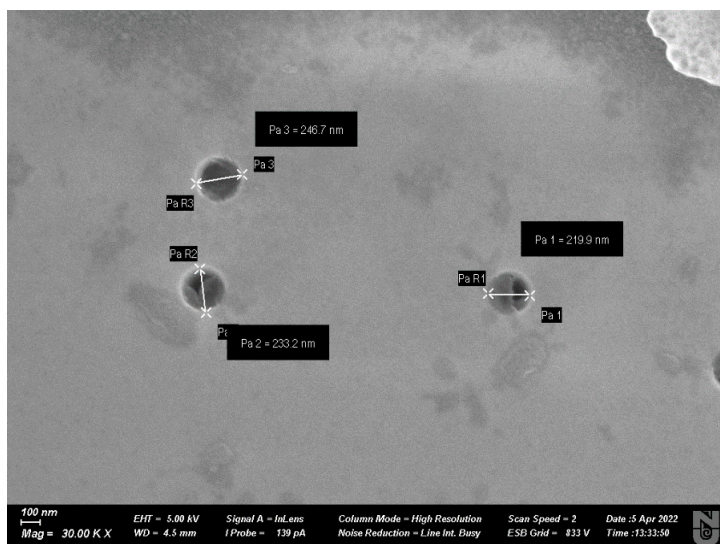
$\text{SiO}_2/\text{Si}$  құрылымы кремний кристалдарының ылғалды оттегі атмосферасында  $T=900^\circ\text{C}$  кезінде термиялық тотығуы нәтижесінде түзіледі. Сәулелендіру тректердің түзілуіне әкеледі. Ф.Ф. Комаров жұмысында [12] бейорганикалық изоляторлардың тректерінің түзілуі сипатталады. Тректердің түзілуі жылдам иондардың ионизациялық тежелуінің әсерінен жүзеге асады. Шекті мәннің  $(dE/dx)_{e,th}$  болуы және оның мәні тректің түзілуі үшін маңызды болып табылады. Тректер үздіксіз және үзікті болуы мүмкін. Ауыр иондардың энергия жоғалту диапазоны 1 – 5 кэВ/нм болған кезде,  $\text{SiO}_2$  – дегі үздіксіз тректер тіркеледі. Ол жердегі тректік облыстар аморфты күйде болады. Энергияның шекті мәні  $(dE/dx)_{e,th}$   $\text{SiO}_2$  тректердің түзілуі үшін келесі мәнге ие болады  $(dE/dx)_{e,th} = 2 \text{ кэВ нм}^{-1}$  [13].

$\text{SiO}_2$  нанокеуктерінде металдарды тұндыру әдістерінің ең кеңінен қолданылатыны химиялық тұндыру болып табылады. Тұндыру үшін металл мен қалпына келтіргіштің координациялық ерітіндісінің қосылысын пайдалану қажет. Бұл әдіс арнайы құрал-жабдықтарды қажет етпейді, және арзан болып саналады [14].

Қалайы диоксидін ( $\text{SnO}_2$ ) химиялық тұндыру үшін келесі құрамдағы ерітінді даярланған болатын: Қалайы дихлориді ( $\text{SnCl}_2$ ) – 6 г/л; Тиомочевина ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$ ) – 40 г/л және Күкірт қышқылы ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) – 35 г/л.

Нанокеукті шаблондарды қалыптастыру үшін, құрамында  $m(\text{Pd})=0.025$  г палладий қосылған, 4% фтор қышқылының (HF) сулы ерітіндісі қолданылды. Өңдеу (травление) белгілі бір уақыт аралығында бөлме температурасы ( $18^\circ \pm 1^\circ\text{C}$ ) жағдайында жүзеге асырылды. Нанокеуктердің өлшемдері өңдеу (травление) уақытына байланысты басқарылды. HF -да өңдеуден кейін үлгілерді деионизацияланған суда (18,2 МОм) шайдық. Осыдан кейін біздің даярлаған қалайы диоксидінің ерітіндісіне матрицаларды саламыз, және 15 мин. – 24 сағ. уақыт аралығында химиялық тұндыру процесін жүргіземіз.

ХТ процесінен кейін үлгілер Zeiss Crossbeam 540 қос сәулелі сканерлеуші микроскоптың көмегімен беттік морфологиясы зерттелді, нәтижесінде біз тұндырылған нанобөлшектерді байқаймыз (сурет 1).



Сурет 1 – Бөлме температурасында  $\text{SnO}_2$  химиялық тұндырудан кейінгі  $n$  – типті темплэйттің бетінің СЭМ суреті ( $t_{\text{тұндыру}} = 20$  мин.)

Қалайы диоксидінің морфологиясы мен микроқұрылымын реттеу температураны, рН және қоспаларды өзгерту арқылы жүзеге асырылады.

Жоғарыдағы келтірілген бағыттағы зерттеулердің нәтижелері болашақта; опто- және нанoeлектроникада қолданыс табатын, жоғары өнімді нанокұрылғыларды жасауға мүмкіндік береді.

### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. S.O. Kucheyev, T.F. Baumann, P.A. Sterne, Y.M. Wang, T. van Buuren, A.V. Hamza, et al. Surface electronic states in three-dimensional  $\text{SnO}_2$  nanostructures // Phys Rev B. 2005 72. 035404
2. [M. Periyasamy, A. Kar.](#) Modulating the properties of  $\text{SnO}_2$  NCs morphological effects on structural, photoluminescence, photocatalytic, electrochemical and gas sensing properties // Journal of Materials Chemistry. 2020 V.8. P. 4604-4635
3. Y. Li, J. Zhu, Y. Huang, F. Liu, M. Lv, S. Chen, et al. Mesoporous  $\text{SnO}_2$  NP films as electron-transporting material in perovskite solar cells // RSC Advances. 2015 5. P. 28424-28429
4. D. Zhao and X. Wu NPs assembled  $\text{SnO}_2$  nanosheet photocatalysts for wastewater purification // Materials Letters. 2018 210. P. 354-357
5. V. Sharma, S. Singh, K. Asokan and K. Sachdev A study on 100 MeV  $\text{O}^{7+}$  irradiated  $\text{SnO}_2/\text{Ag}/\text{SnO}_2$  multilayer as transparent electrode for flat panel display application // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. 2016 379. P. 141-145
6. L. Qin, J. Xu, X. Dong, Q. Pan, et al. The template-free synthesis of square-shaped  $\text{SnO}_2$  nanowires: the temperature effect and acetone gas sensors // Nanotechnology. 2008 19. 185705
7. H. Ogawa, A. Abe, M. Nishikawa and S. Hayakawa Preparation of tin oxide films from ultrafine particles // Journal of the electrochemical Society. 1981 128. P. 685-689
8. T. Nutz and M. Haase Wet-Chemical Synthesis of Doped Nanoparticles: Optical Properties of Oxygen-Deficient and Antimony-Doped Colloidal  $\text{SnO}_2$  // J. Phys. Chem. B. 2000 104. P. 8430-8437
9. S. Suh, Z. Zhang, W.K. Chu and D.M. Hoffmann Atmospheric-pressure chemical vapor deposition of fluorine-doped tin oxide thin films // Thin Solid Films. 1999 V.345. P. 240-243
10. E.T.H. Tan, G.W. Ho, S.W. Wong, S. Kawi and A.T.S. Wee Gas sensing properties of tin oxide nanostructures synthesized via a solid-state reaction method // Nanotechnology. 2008 19. 255706

11. S. Giniyatova, A. Dauletbekova, Z. Baimukhanov, L. Vlasukova, A. Akilbekov, et al. Structure, electrical properties and luminescence of ZnO NCs deposited in SiO<sub>2</sub>/Si track templates // Radiation Measurements. 2019 125. P. 52-56
12. Комаров Ф.Ф. Дефектообразование и трекообразование в твердых телах при облучении ионами сверхвысоких энергий // Успехи физических наук, Т. 173, №12, 2003
13. N. Itoh, A.M. Stoneham Excitonic model of track registration of energetic heavy ions in insulators // Nucl. Instrum. Meth. B. 1998 V.146. P. 362-366
14. A.K. Dauletbekova, A.Ye. Alzhanova, A.T. Akilbekov, et al. Synthesis of Si/SiO<sub>2</sub>/ZnO nanoporous materials using chemical and electrochemical deposition techniques // Technologies and Innovation (PTI-2016) AIP Conf. Proc. 2016 1767. 020005

УДК 538.9

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ПЬЕЗОСПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАМАНОВСКИХ СПЕКТРОВ В Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, AlN И 4H-SiC ОБЛУЧЕННЫХ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ИОНАМИ ВІ.

Жумажанова Айнаш Турлыбековна

[ainashzhumazhanova@gmail.com](mailto:ainashzhumazhanova@gmail.com)

PhD студент кафедры «Техническая физика»

Физико-технического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – А.Т. Акылбеков

Профессор, д.ф.-м.н кафедры «Техническая физика»

Физико-технического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Зарубежный научный консультант – В.А. Скуратов

д.ф.-м.н., начальник сектора Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова ОИЯИ,  
г.Дубна, Московская обл., Российская Федерация

**Аннотация:** Методом спектроскопии комбинационного рассеяния света были исследованы профили рамановских спектров в монокристаллическом карбиде кремния, а так же в поликристаллических нитридах кремния и алюминия, облученные ионами ВІ с энергиями 670 МэВ и 710 МэВ. Полученный результат свидетельствует о низком уровне остаточных механических напряжений в приповерхностном слое монокристалла 4H-SiC, а так же подтверждает высокую радиационную стойкость монокристалла 4H-SiC и нитрида алюминия (AlN), в сравнении с поликристаллическим нитридом кремния (β-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>). Данный эффект объясняется разной структурной чувствительностью керамик к воздействию облучения тяжелыми ионами – образованием аморфных треков в β-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> и их отсутствием в поликристаллическом AlN и в монокристалле 4H-SiC.

**Ключевые слова:** карбид кремния; нитрид алюминия; нитрид кремния; быстрые тяжелые ионы; спектры комбинационного рассеяния; механические напряжения; пьезоспектроскопия.

### 1. Введение

Воздействие тяжелых заряженных частиц на твердые тела, как правило, сопровождается генерацией в облучаемом слое механических напряжений, которые, в свою очередь оказывают влияние на процессы дефектообразования. Оценка уровня напряжений и установление взаимосвязи между характером радиационных повреждений и деформационными искажениями очень важны для корректного описания эволюции дефектной структуры в различных экспериментальных условиях. Прежде всего, такие задачи