https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-2-141-145
УДК 538.911

SiO_2/Si ТРЕК ТЕМПЛЭЙТТЕРІНДЕ МЫС СЕЛЕНИДІНІҢ НАНОСЫМДАРЫН АЛУ

Г. Ғ. Сарсехан*, А. Д. Акылбекова, З. К. Баймуханов, А. А. Амантаева, А. Б. Базарбек

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

**Байланыс үшін E-mail: gulnaz_sarsekhan@mail.ru*

Бұл мақалада темплэйт синтезі арқылы алғаш алынған мыс селенидінің наносымдары бойынша зерттеулер келтірілген. Аталған әдіс наноқұрылымдардың өлшемдері мен морфологиясын дәл бақылауға мүмкіндік береді, бұл оның біркелкі және жақсы тұндырылған мыс селениді наносымдарын алуда тиімділігінің жоғары екенін көрсетеді. SiO_2/Si трек темплэйті ДЦ-60 үдеткішінде (Астана, Қазақстан) сәулелену арқылы алынды. Содан кейін бұл трек темплейті цилиндрлік кеуектерді қалыптастыру үшін химиялық жолмен өңделеді. Сәулелену, химиялық өңдеу арқылы дайындалған SiO_2/Si субстратқа электрохимиялық тұндыру әдісі арқылы мыс селениді тұндырылды. Тұндырылған нанопреципитаттардың морфологиясы мен мөлшерін бақылау 3D сканерлейтін QUANTA 200i электронды микроскопының көмегімен жүргізілді. Мыс селенидіне негізделген нанопреципитаттардың кристаллографиялық құрылымын анықтау үшін рентгендік дифрактометр қолданылды. Рентгендік құрылымдық талдау (РҚТ) Rigaku miniflex 600 рентгендік дифрактометрінде жүргізілді. Рентгендік құрылымдық талдау нәтижесінде SiO_2/Si трек темплэйтіне электрохимиялық тұндырылған мыс селенидінің наносымдарының текше кристалды фазасының түзілуі анықталды. Наносымдардың оптикалық қасиеттерін зерттеу үшін CM2203 спектрофлуориметрінде фотолюминесценция спектрлері (ФЛ) өлшенді. ФЛ спектрлері бөлме температурасында 300 нм-ден 800 нм-ге дейін, ксенон шамымен 5 нм қадаммен тіркелді. ФЛ спектрлерін дифференциалдық талдау екі негізгі шыңды (2,5 және 2,8 эВ) көрсетті.

Түйін сөздер: *трек темплэйті, мыс селениді, фотолюминесценция, наносымдар, сканерлеуші микроскоп.*

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта a-SiO_2/Si шаблонын нанотехнологиялық мақсатта пайдалану үлкен қызығушылық тудыруда. Si субстраттарында нанокеуекті a-SiO_2/Si қабаттарын құру үшін жылдам ауыр иондармен сәулелену, содан кейін кремний диоксидін селективті өңдеу арқылы қол жеткізуге болады. Көптеген зерттеулер [1–7] аморфты SiO_2-де өңделген тректерді жасау үшін қажетті сәулелену жағдайларын зерттеді.

Иондық трек темплэйтінде алынған наноқұрылымдар бірқатар ерекше қасиеттерімен сипатталады. Сонымен қатар, сенсорлық элементте нанокеуектерді құру технологиясын қолдану синтез мүмкіндіктерін кеңейту тәсілі ретінде қызмет етеді.

Мыс селенидінің наноқұрылымдарын синтездеудің өзектілігі наноматериалдарды әзірлеудің шұғыл қажеттілігімен анықталады, олардың ерекше қасиеттері физика-химиялық өлшемдерде кеңінен қолданылады. Мыс селенидін синтездеудің қазіргі әдістерін талдау бұл мәселенің әмбебап емес екенін көрсетеді. Қолданыстағы әдістердің маңызды кемшіліктерінің ішінде таза емес өнімдер, синтезделген материалдардың оларды алудың нақты жағдайларымен тығыз байланысты, сондай-ақ аталмыш әдіс қарапайым және қолжетімді болып табылады.

Сонымен қатар, мыс селенидінің наноқұрылымдарын алудың өзектілігі оларды әртүрлі ғылыми және технологиялық пәндерде қолдану мүмкіндігінде жатыр. Мыс селениді наноқұрылымдарының жақсы сіңіру және фотолюминесценция сияқты бірегей қасиеттері бар, бұл күн батареялары құрылғылары үшін артықшылық болып табылады. Онымен қоса, мыс селенидінің кейбір наноқұрылымдарының биоүйлесімділігі олардың биомедициналық техникада қолдануға жарамдылығын көрсетеді [8]. Мыс селенидінің наноқұрылымдарының фотокаталитикалық және фототермиялық қасиеттері оларды қоршаған ортаны қалпына келтіруге және қатерлі ісік ауруын емдеуге перспективалы үміткер етеді [9]. Атап өту қажет, синтез әдістері мен шарттары алынған мыс селенидінің наноқұрылымдарының морфологиясы мен фазалық құрамына айтарлықтай әсер етеді, бұл өз кезегінде олардың қасиеттері мен қолданылуына әсер етеді. Сонымен бірге, мыс селенидінің нанокристалдарының фазалық бақыланатын синтезі әртүрлі оптикалық қасиеттері мен электр өткізгіштігі бар жаңа материалдарды жасауға мүмкіндік береді [10]. Осылайша, мыс селенидінің наноқұрылымдары күн энергиясы, биомедицина, қоршаған ортаны қалпына келтіру және катализ сияқты салаларда жан-жақты қолданылуының арқасында өзекті болып табылады.

Металл селенидін дайындаудың көптеген химиялық және физикалық әдістері болды [11–18]. Мыс селенидінің наноқұрылымдарының магниттік және каталитикалық қасиеттері оларды күн батареясында [19], оптикалық сүзгі ретінде [20] және супериондық материал ретінде [21] қолданылған. Бұл жұмыста мыс селенидінің наносымдарын алғаш SiO_2/Si трек темплэйтінде алу қарастырылған.

Бұл жұмыстың мақсаты a-SiO_2/Si-p трек үлгісіне алғаш электрохимиялық тұндыру арқылы алынған мыс селениді наносымдарын зерттеу. Айта кету керек, Si субстратында алынған құрылымдарды кремний технологиясына оңай енгізуге мүмкіндік береді.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

SiO_2/Si трек темплэйтін дайындау

a-SiO_2/Si құрылымы кремний субстратының (Si-p типті) ылғалды оттегі атмосферасында 900 °C температурада термиялық тотығуымен дайындалды. Өсірілген SiO_2 қабатының қалыңдығы 700 нм болды (эллипсометрия бойынша). SiO_2/Si үлгілері ДЦ-60 үдеткішінде (Астана, Қазақстан) 200 МэВ ксенон ионымен 10^8 $см^2$ еркін айналымға дейін сәулеленділді.

Химиялық тұндыру алдында үлгілердің бетін изопропил спиртінде ультрадыбыстық тазалау 6.SB25-12DTS ультрадыбыстық тазартқышында 15 минут бойы жүргізілді. Химиялық өңдеу палладий хлориді ($PdCl_2$) қосылған 1% HF сулы ерітіндісінде жүргізілді. Өңдеу кезінде $PdCl_2$ концентрациясы 0,0417 г/л құрады. Біздің алдын ала өңдеу тәжірибелерімізде анықталғандай, өңдеуге $PdCl_2$ қосу (1% HF) келесі кезеңде-электрохимиялық тұндыру кезінде өңделген кеуектерде мыс және селен негізіндегі шөгінділердің пайда болуына ықпал етеді. Өңдеу температурасы 18±1 °C, өңдеу ұзақтығы 7 минут болды. Өңдеуден кейін үлгілер иондыздандырылған суда (18,2 МОм) шайылды.

Өлшеу жабдықтары

Si/SiO_2 трек темплейтіндегі мыс селенидінің электрохимиялық тұндыруы (1,75–2,5) кернеу диапазонында потенциостатикалық режимде жүргізілді және pH=2,5 құрады. Электролит құрамы: $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ – 1,3 г/100 мл; SeO_2 – 0,54 г/100 мл. Тұндыру уақыты – 10 минут.

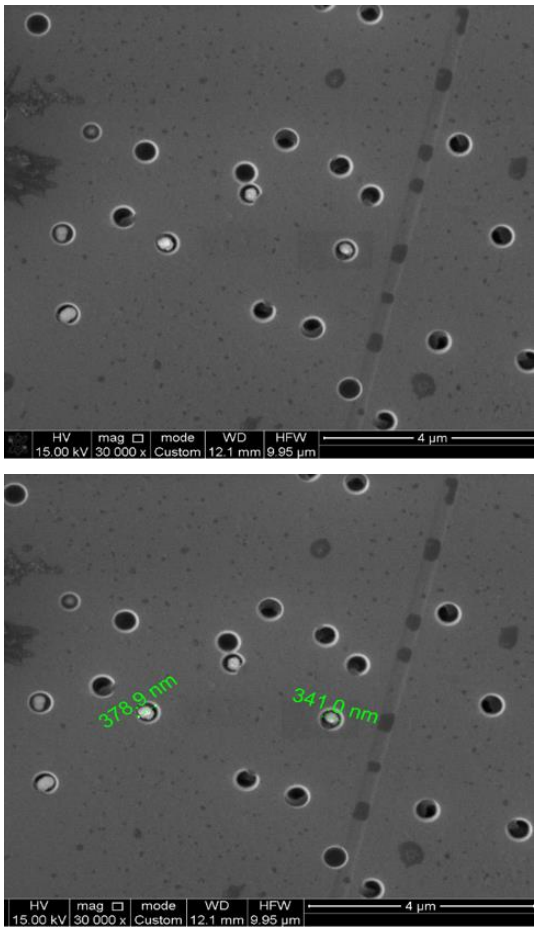
Өңделген нанокеуекті SiO_2/Si үлгілерінің, сондайақ тұндырылған мыс селениді негізіндегі нанопреципитаттары бар үлгілердің морфологиясы QUANTA 200i 3D сканерлеуші электронды микроскоптың (СЭМ) көмегімен зерттелді. Кеуектердің сипаттамалық өлшемдерін анықтау үшін, жоғарғы көрініс кескіндері қолданылды.

Мыс селениді негізіндегі шөгінділердің кристаллографиялық құрылымы рентгендік құрылымдық талдау (РҚТ) әдісімен зерттелді. РҚТ үлгілері Rigaku Miniflex 600 рентгендік дифрактометрінің көмегімен Cu-анодымен 2θ 30°–110° бұрыштары арасында 0.01 қадаммен жасалған.

Фотолюминесценцияны өлшеу CM2203 спектрофлуориметрінің көмегімен жүргізілді.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

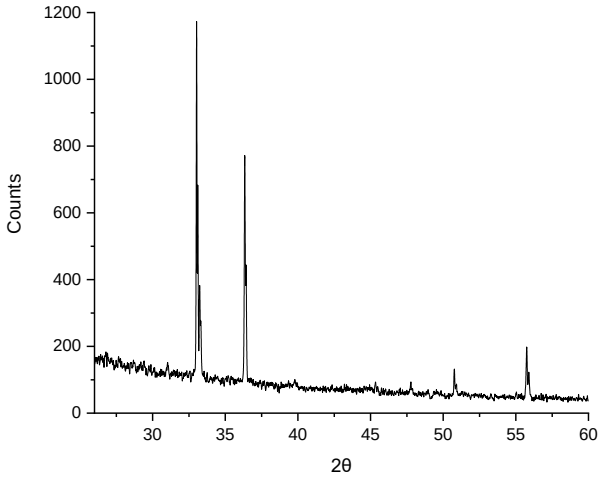
1–суретте $CuSe_2$ тұндырылғаннан кейін үлгілердің СЭМ суреттері көрсетілген. Суреттен 10 минут ішінде 1,5–2,5 В кернеу диапазонындағы электрохимиялық тұндыру (ЭХТ) барлық кеуектерді толық және біркелкі толтыру үшін жеткіліксіз екенін көруге болады. SiO_2 бетінде бос кеуектер (барлық кеуектердің шамамен 25–30%), сондай-ақ толығымен толтырылған кеуектер бар, олардың диаметрі 370–380 нмді құрады. Байқағанымыздай, тұндыру уақытын арттыру, SiO_2/Si кеуектерге шөгіндімен біркелкі толтырылған кеуектері бар үлгіні қалыптастыруға бағытталған тұндыру жағдайларын оңтайландыру болашақ зерттеу нысаны болып табылады.



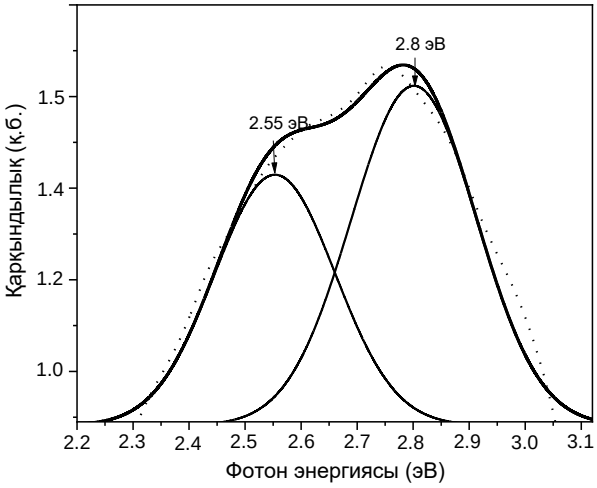
1-сурет. ЭХТ-дан кейінгі үлгілердің беткі СЭМ-суреттері: U = 2,5 В

1 – Кесте. a-SiO_2/Si-p трек темплейтінде алынған $CuSe_2$ нанокристалдарының кристаллографиялық параметрлері

Фаза	Құрылым типі	2θ	h k l	Ұяшық параметрлері	α=β=γ	d, Å	Көлем,$Å^3$
$CuSe_2$	Кубтық, Pa-3(205)	33,239 35,944 41,74 49,38 54,02 56,25	2 1 0 2 1 1 2 2 0 3 1 1 2 3 0 3 2 1	a = 6,12	90,000	2,693 2,497 2,162 1,844 1,696 1,634	228,772



2–сурет. a-SiO_2/Si-p трек темплэйтіне U = 2,5 В кернеумен тұндырылған $CuSe_2$ рентгенограммасы



3-сурет. ЭХТ тұндырудан кейінгі ФЛ дифференциалды спектрлері

Тұндырылған үлгілердің құрылымын зерттеу кезінде SiO_2/Si үлгілеріне енгізілген нанопреципитаттар рентгендік құрылымдық талдау деректері бойынша $CuSe_2$ екендігі анықталды. Айта кету керек, РҚТ бойынша зерттелген кернеуге тәуелділікте $CuSe_2$ фазасының 2,5 В кернеуде түзілуі анықталды (2 – сурет).

a-SiO_2/Si-p шаблонындағы мыс селенидінің наносымдарының РҚТ зерттеуінің нәтижелері, кристаллографиялық параметрлері 1 – кестеде және 2 – суретте көрсетілген.

Фотолюминесценция

Фотолюминесценция спектрлері бөлме температурасында 300 нм-ден 800 нм-ге дейінгі толқын ұзындығы диапазонында тіркелді. 3-суретте $CuSe_2$ наносымдарының фотолюминесценция спектрінің Гауссиандық ыдырауы көрсетілген.

$CuSe_2$ наносымдарында 2,8 эВ және 2,5 эВ кезінде байқалатын фотолюминесценция (ФЛ) шыңдары материалдағы нақты электронды ауысуларды көрсетеді. Бұл шыңдар $CuSe_2$ жолақ құрылымымен байланысты энергия деңгейлеріне сәйкес келеді және оның оптикалық және электронды қасиеттері туралы құнды ақпарат береді.

Шамамен 2,8 эВ энергиямен байқалатын ФЛ шыңы $CuSe_2$-дегі өткізу қабілеттілігі арқылы тікелей өтуге сәйкес келеді. Бұл ауысу кезінде электрондар валенттілік жолағынан өткізгіштік жолағына өтеді, ал осы жолақтар арасындағы энергия айырмашылығы шығарылған фотондардың толқын ұзындығын (демек, энергиясын) анықтайды [22].

Шамамен 2,5 эВ энергиядағы ФЛ шыңы материалдағы басқа электронды ауысулармен байланысты болуы мүмкін, мысалы, ақауларға байланысты эмиссия немесе өткізу қабілеттілігінің жанама ауысуы. Кристалдық құрылымдағы ақаулар немесе қоспалар өткізу қабілеттілігінде қосымша энергия деңгейлерін тудыруы мүмкін, бұл өткізу қабілеттілігіндегі тікелей ауысу энергиясынан басқа энергияларда фотолюминесценция шыңдарына әкеледі [23].

2,5 эВ және 2,8 эВ энергиялы фотолюминесценция спектрлері электромагниттік спектрдің көрінетін диапазонына сәйкес келеді, бұл наноқұрылымдарды көрінетін жарықта қолдануға жарамды етеді. Бұл ФЛ спектрлері электронды құрылым, материалдың сапасы және оптоэлектрондық құрылғыларда, сенсорларда және басқа технологияларда әлеуетті пайдалану туралы құнды ақпарат береді.

Қорытынды

Алғаш рет мыс селенидінің нанокристалдары электрохимиялық тұндыру әдісімен a-SiO_2/Si шаблонында синтезделді.

SiO_2/Si үлгісіне мырыштың электрохимиялық тұндыру процесі зерттелді. 10 минут ішінде 1,75-тен 2,5 В-қа дейінгі кернеу диапазонындағы электрохимиялық тұндыру барлық кеуектерді толық және біркелкі толтыру үшін жеткіліксіз екендігі дәлелденді. Барлық нанокеуектердің шамамен 25–30%-ы бос қалады, ал басқалары SiO_2 бетіндегі толығымен толтырылады. Тұндырылған үлгілердің құрылымын зерттеу кезінде SiO_2/Si үлгілеріне енгізілген нанопреципитаттар рентгендік құрылымдық талдау деректері бойынша $CuSe_2$ фазасы екендігі анықталды.

$CuSe_2$ наносымдарының фотолюминесценция спектрінің Гауссианға ыдырауынан байқалғанындай, бөлме температурасында 300 нм-ден 800 нм-ге дейін тіркелген люминесценция спектрі екі компоненттен тұрады. Фотолюминесценция спектрінде біз байқаған 2,8 эВ (445 нм), 2,58 эВ (486 нм) қарқынды шыңдар зерттеушілердің ұқсас өлшемдерінің нәтижелерімен жақсы сәйкес келеді. Осы энергияларда фотолюминесценцияның болуы материалда электрондар мен кемтіктердің рекомбинациясына ықпал ететін күйлердің болуын көрсетеді, бұл осы энергияларда фотондардың сәулеленуіне әкеледі.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР / REFERENCES

1. Fujimaki M., Rocksthul C., Wang X., Awazu K., Tominaga J., Koganezawa Y., Ohki Y., Komatsubara T. Silica-based monolithic sensing plates for waveguide-mode sensors // Optics express. – 2008. – Vol. 16(9). – P. 6408-6416. https://doi.org/10.1364/OE.16.006408
2. Dallanora A., Marcondes T. L., Bermudez G. G., Fichtner P. F. P., Trautmann C., Toulemonde M., & Papaleo R. M. Nanoporous SiO_2/Si thin layers produced by ion track etching: Dependence on the ion energy and criterion for etchability // Journal of Applied Physics. – 2008. – Vol. 104(2). – P. 024307. https://doi.org/10.1063/1.2957052
3. Al'zhanova, A., Dauletbekova, A., Komarov, F., Vlasukova, L., Yuvchenko, V., Akilbekov, A., & Zdorovets, M. Peculiarities of latent track etching in SiO_2/Si structures irradiated with Ar, Kr and Xe ions // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 2016. – Vol. 374. – P. 121–124. https://doi.org/10.1016/j.nimb.2015.08.046
4. Hoppe, K., Fahrner, W. R., Fink, D., Dhamodoran, S., Petrov, A., Chandra, A., Saad A., Faupel F., Chakravadhanula V. S. K. & Zaporotchenko, V. An ion track based approach to nano-and micro-electronics // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 2008. – Vol. 266(8). – P. 1642–1646. https://doi.org/10.1016/j.nimb.2007.12.069
5. Benyagoub A., Toulemonde M. Ion tracks in amorphous silica. // Journal of Materials Research. – 2015. – V. 30(9). – P. 1529–1543. https://doi.org/10.1557/jmr.2015.75
6. Jensen J., Razpet A., Skupinski M., Poss G. Ion tracks in amorphous SiO_2 irradiated with low and high energy heavy ions // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 2006. – Vol. 245(1). – P. 269–273. https://doi.org/10.1016/j.nimb.2005.11.072
7. Jensen J., Razpet A., Skupinski M., Possnert G. Ion track formation below 1 MeV/u in thin films of amorphous SiO_2 // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 2006. – Vol. 243(1). – P. 119–126. https://doi.org/10.1016/j.nimb.2005.07.226
8. Li D., Zheng Z., Lei Y., Ge S., Zhang Y., Zhang Y., … & Lau W. M.Design and growth of dendritic $Cu_{2-x}Se$ and bunchy CuSe hierarchical crystalline aggregations // Cryst. Eng. Comm. – 2010. – Vol. 12(6). – P. 1856–1861. https://doi.org/10.1039/b919087m
9. Wang X., Miao Z., Ma Y., Chen H., Qian H., & Zha, Z. One-pot solution synthesis of shape-controlled copper selenide nanostructures and their potential applications in photocatalysis and photothermal therapy // Nanoscale. – 2017. – Vol. 9(38) – P. 14512–14519. https://doi.org/10.1039/c7nr04851c
10. Chen F., Zhang Y., Hu L., Zheng L., Ge F., Feng C., ... & Wu X. J. Single-precursor phase-controlled synthesis of copper selenide nanocrystals and their conversion to amorphous hollow nanostructures // SmartMat. – 2023. – V. 4(3). – P. e1193. https://doi.org/10.1002/smm2.1193
11. Liu Y., Zeng J., Li C., Cao J., Wang Y., & Qian, Y. Formation of semiconductor $Cu_{2-x}Se$ rod-like crystals through a solvothermal reaction // Materials research bulletin. – 2002. –Vol. 37(15). – P. 2509–2516. https://doi.org/10.1016/S0025-5408(01)00808-X
12. Xie Y., Wang W. Z., Qian Y. T., & Liu X. M. Solvothermal route to nanocrystalline CdSe // Journal of Solid State Chemistry. – 1999. – Vol. 147(1). – P. 82–84. https://doi.org/10.1006/jssc.1999.8179
13. Yang J., Yang X. L., Yu S. H., Liu X. M., & Qian Y. T. CdTe nanocrystallites with different morphologies and phases by solvothermal process // Materials research bulletin. – 2000. – Vol. 35(9). – P. 1509–1515. https://doi.org/10.1016/S0025-5408(00)00343-3
14. Cowley J.M., Diffraction Physics. 3-rd Rev. Ed. Elsevier, Amsterdam. – 1995. – P. 205.
15. Yi H. C. and Moore J. J. Self-propagating high-temperature (combustion) synthesis (SHS) of powder-compacted materials // Journal of Materials Science. – 1990. – Vol. 25. – P.1159–1168.
16. Coustal, R., J. Chim. Phys. 38:277. – 1958.
17. Toyoji, H. and Hirohsi, Y., Jpn. Kokai Tokkyo Koho, JP02.173:622. – 1990.
18. Lakshmikvar, S.T., Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 32:7. – 1994.
19. Metcalf H.C., Williams J.E., and Caskta, J.F. Modern Chemistry, Holt, Reinhart, Winston, New York. – 1982. – P. 54.
20. Parkin I.P., Chem. Soc. Rev. 25:199. – 1996.
21. Korzhuev M. A. Composition changes of superionic $Cu_{2-x}Se$ during chemical reactions // Fizika i himiâ obrabotki materialov. – 1991. – No. 3. – P. 131–134.
22. Yung-Jung Hsu, Chiu-Ming Hung, Yi-Feng Lin, Ben-Jie Liaw, Tarlok S. Lobana, Shih-Yuan Lu, and C. W. Liu, $[Cu_4\{Se_2P(Oi\ Pr)_2\}_4]$: A Novel Precursor Enabling Preparation of Nonstoichiometric Copper Selenide ($Cu_{2-x}Se$) Nanowires // Chem. Mater. – 2006. – Vol. 18. – P. 3323–3329. https://doi.org/10.1021/cm060478n
23. Xu X., Luo, F., Tang W., Hu J., Zeng H., Zhou Y. Enriching Hot Electrons via NIR Photon-Excited Plasmon in WS2@Cu Hybrids for Full-Spectrum Solar Hydrogen Evolution // Adv. Funct. Mater. – 2018. – Vol. 28(43). – P. 1804055. https://doi.org/10.1002/adfm.201804055

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОПРОВОЛОК СЕЛЕНИДА МЕДИ В ТРЕКОВЫХ ТЕМПЛЕЙТАХ SiO_2/Si

Г. Г. Сарсехан*, А. Д. Акылбекова, З. К. Баймуханов, А. А. Амантаева, А. Б. Базарбек

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

**E-mail для контактов: gulnaz_sarsekhan@mail.ru*

В статье представлены исследования нанопроволок селенида меди, впервые полученных в результате темплэйтного синтеза. Данный метод позволяет точно контролировать размеры и морфологию наноструктур, что свидетельствует о его высокой эффективности в получении однородных и хорошо осажденных нанопроволок селенида меди. Трековый темплэйт SiO_2/Si получен облучением на ускорителе ДЦ-60 (Астана, Казахстан), после чего трековый темплэйт подвергается химическому травлению с образованием цилиндрических пор. После облучения и дальнейшего химического травления в трековый темплэйт SiO_2/Si осаждали селенид меди методом электрохимического осаждения. Наблюдение за морфологией и количеством осажденных нанопреципитатов проводилось с помощью электронного микроскопа QUANTA 200i с 3D-сканированием. Рентгеновский дифрактометр использовался для определения кристаллографической структуры нанопреципитатов на основе селенида меди. Рентгеноструктурный анализ (РСА) проводился на рентгеновском дифрактометре Rigaku miniflex 600. В результате рентгеноструктурного анализа было обнаружено образование кубической кристаллической фазы нанопроволок селенида меди, электрохимически осажденных на трековом тэмплэйте SiO_2/Si. Спектры фотолюминесценции (ФЛ) измеряли на спектрофлуориметре CM2203 для изучения оптических свойств нанопроволок. Спектры ФЛ регистрировались при комнатной температуре от 300 нм до 800 нм с шагом 5 нм при ксеноновой лампе. Дифференциальное разложение спектров ФЛ показал две основные пики (2,5 и 2,8 эВ).

Ключевые слова: *трековый темплейт, селенид меди, фотолюминесценция, нанопроволоки, сканирующий электронный микроскоп.*

OBTAINING COPPER SELENIDE NANOWIRES IN SiO_2/Si TRACK TEMPLATES

G. G. Sarsekhan*, A. D. Akylbekova, Z. K. Baimukhanov, A. A. Amantayeva, A. B. Bazarbek

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

**E-mail for contacts: gulnaz_sarsekhan@mail.ru*

This paper presents a study of copper selenide nanowires obtained for the first time by template synthesis. This method allows precise control of the size and morphology of nanostructures, which indicates its high efficiency in obtaining homogeneous and well-deposited copper selenide nanowires. The SiO_2/Si track template was obtained by irradiation on a DC-60 accelerator (Astana, Kazakhstan), after which the track template was chemically etched to form cylindrical pores. After irradiation and further chemical etching, copper selenide was deposited into the SiO_2/Si track template by electrochemical deposition method. The morphology and amount of deposited nanoprecipitates were observed using a QUANTA 200i electron microscope with 3D scanning. X-ray diffractometer was used to determine the crystallographic structure of copper selenide nanoprecipitates. X-ray diffraction analysis (XRD) was carried out on a Rigaku miniflex 600 X-ray diffractometer. The XRD analysis revealed the formation of cubic crystalline phase of copper selenide nanowires electrochemically deposited on SiO_2/Si track template. Photoluminescence (PL) spectra were measured on a CM2203 spectrofluorimeter to study the optical properties of the nanowires. The PL spectra were recorded at room temperature from 300 nm to 800 nm in 5 nm steps under a xenon lamp. Differential decomposition of the FL spectra showed two main peaks (2.5 and 2.8 eV).

Keywords: *track template, copper selenide, photoluminescence, nanowires, scanning electron microscope.*