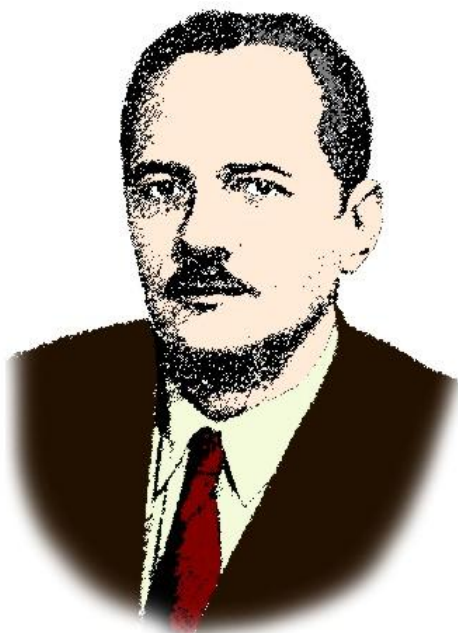


**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**  
**Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова**

**NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE**  
**V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics**



**«Лашкарьовські читання - 2016»**  
*Конференція молодих вчених  
з фізики напівпровідників*

---

**«Lashkaryov's readings - 2016»**  
*Young scientists conference  
on semiconductor physics*

**Збірник тез**  
**Abstract books**

**Київ, Україна**  
**Kyiv, Ukraine**

Національна академія наук України  
Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова  
Рада молодих науковців Інституту фізики напівпровідників  
ім. В.Є. Лашкарьова НАН України

УДК. 539.2

Збірник тез конференції молодих вчених з фізики напівпровідників «Лашкарьовські читання – 2016» з міжнародною участю, Київ, 6-8 квітня 2016 року, Україна. – 151 с.

Конференція «Лашкарьовські читання» проводиться для молодих вчених України та зарубіжжя з метою заохочення аспірантів, студентів та молодих вчених до активної наукової діяльності в сучасних областях фізики.

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України.

© Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова.

**ISBN 978-966-02-7887-5**

## Оптичні властивості плівок $Zn_2SnO_4$ , отриманих методом пульсуючого спреї-піролізу

А.О. Салогуб, А.С. Опанасюк, А.А. Возний, О.В. Климов

Сумський державний університет, вул. Римського-Корсакова, 2, Суми 40007, Україна  
e-mail: [annkasalohub@gmail.com](mailto:annkasalohub@gmail.com), [opanasjuk\\_sumdu@ukr.net](mailto:opanasjuk_sumdu@ukr.net)

Завдяки можливості широкого використання, зокрема для створення приладів прозорої електроніки та через низьку вартість виробництва, у наш час значну увагу дослідників привертають оксидні напівпровідники. Одним з таких матеріалів є станат цинку ( $Zn_2SnO_4$ ). Завдяки широкій забороненій зоні ( $E_g = 3,7$  eV), хімічній та термічній стабільності в атмосфері, він викликає значний інтерес дослідників як альтернатива таким традиційним прозорим оксидам як  $ITO$ ,  $SnO_2$ ,  $ZnO$ . Це безпосередньо обумовлено спектром його застосування у якості матеріала дзеркал з високим коефіцієнтом відбиття в ІЧ-діапазоні, енергозберігаючих вікон, газових датчиків, сонячних та літій-іонних батарей і навіть у якості антифрізного скла для автомобілів та літаків, тощо.

Станат цинку також є дуже перспективним матеріалом геліоенергетики з огляду можливості створення вікон тонкоплівкових сонячних елементів на базі поглинаючих шарів  $CdTe$ ,  $CIGS$  та  $CZTSe$ . Це пов'язано з тим, що він має високу рухливість електронів та провідність, низький коефіцієнт поглинання світла, відрізняється високою радіаційною, хімічною та механічною стійкістю. Завдяки унікальному поєднанню оптичних та електричних властивостей даний функціональний матеріал може широко використовуватися для виготовлення газових сенсорів, тонких дисплеїв, фотоелектричних пристроїв та ін [1].

Існує велика кількість методів отримання плівок напівпровідникових оксидів: магнетронне розпилення, молекулярно-променева епітаксія, термічне та імпульсне-лазерне випаровування, осадження з хімічного розчину тощо. У наш час, велика увага приділяється саме хімічним методам отримання таких плівок, завдяки їх простоті, дешевизні, а також можливості отримання плівок на різноманітних підкладках з різних прекурсорів. Одним з таким безвакуумних методів є метод пульсуючого спреї-піролізу. Однак цей метод для отримання плівок станату цинку практично не використовувався, а структурні та оптичні властивості таких плівок вивчені недостатньо. У зв'язку з цим, метою даної роботи стало визначення впливу фізико-технологічних умов нанесення на оптичні властивості шарів та вибір умов осадження, що забезпечують отримання плівок  $Zn_2SnO_4$  з високими експлуатаційними характеристиками.

Осадження тонких плівок за допомогою методу спреї-піролізу можна розділити на три основних етапи: розпилення прекурсорів, ендотермічні реакції та стабілізація плівок на підкладці. У якості початкового прекурсорів для отримання плівок станату цинку використовувалися наступні водні розчини: 2,5 М –  $SnCl_4 \cdot 5H_2O$ , 5 М –  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  до яких добавлялося декілька крапель  $HNO_3$ . Для розчинення кожного реагенту (окрім азотної кислоти) було взято по 10 мл.

Для нанесення зразків, скляні підкладки розміром  $1 \times 1$  см<sup>2</sup> були очищені та обезжирені ультразвуком протягом 16 хвилин, після чого промиті чистою водою й етанолом. В подальшому прекурсор розпорошували на нагріту до необхідної температури підкладку. Швидкість розпилення становила 0,2 мл/хв, а об'єм розчину необхідний для отримання зразка 6 мл. Відстань між соплом і поверхнею підкладки - 23 см. Для транспорту диспергованих частинок використовувався потік повітря під тиском 0,2 МПа. Діапазон температур підкладки, що використовувалися при синтезі плівок становив  $T_s = (250 - 450)$  °С з кроком  $\Delta 50$  °С [2].

Оптичні дослідження напівпровідникових плівок проводилися на спектрофотометрі Solid Spec-3700 UV-VIS-NIR в інтервалі довжин хвиль  $\lambda = (300-1500)$  нм. Знімалися спектральні залежності коефіцієнта відбиття  $R(\lambda)$  та пропускання  $T(\lambda)$ . Для вимірювання спектрів відбиття світла використовувалась спеціальна приставка. Вона забезпечувала

подвійне відбиття світла від поверхні експериментальних зразків при зніманні, з урахуванням його відбиття від контрольного зразка. Товщина плівок була визначена за допомогою растрового електронного мікроскопу Hitachi S-4800 шляхом фотографування їх сколів. За отриманими оптичними спектрами в області слабого поглинання випромінювання були розраховані спектри поглинання  $\alpha(\lambda)$ , заломлення  $n(\lambda)$ , екстинкції  $k(\lambda)$ , реальної  $\varepsilon_1(\lambda)$  та уявної  $\varepsilon_2(\lambda)$  частин оптичної діелектричної сталої матеріала [3].

Типові спектри пропускання плівок  $\text{Zn}_2\text{SnO}_4$ , отриманих при різних умовах осадження, наведені на рис. 1.

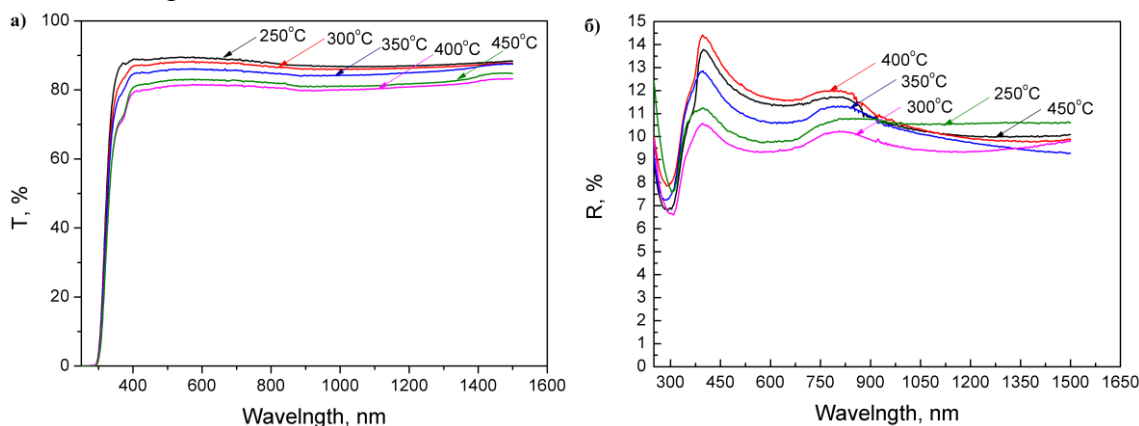


Рис. 1. Спектри пропускання (а) та відбивання (б) плівок  $\text{Zn}_2\text{SnO}_4$ , отриманих при різних температурних режимах

З рисунку видно, що при довжині хвилі більшій тієї, що відповідає краю полоси поглинання матеріалу ( $\lambda = 390$  нм), досліджені плівки мають високий коефіцієнт пропускання світла  $T = 78-89\%$ , щодо коефіцієнту відбивання випромінювання від тонких шарів, то він сягає значень  $R = 6,7-14,4 \%$ . Зі збільшенням температури підкладки коефіцієнт відбивання дещо збільшується.

Для визначення ширини забороненої зони матеріала будувалися залежності  $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ . Встановлено, що  $E_g$  змінюється в інтервалі 4,04-4,20 еВ. При цьому спостерігалася тенденція до зменшення ширини забороненої зони матеріала при збільшенні температури отримання плівок, що можна пояснити збільшенням розміру зерен у шарах від нано- до мікрористалічних при підвищенні температури їх нанесення.

Спектральні залежності  $n(\lambda)$ ,  $k(\lambda)$ ,  $\varepsilon_1(\lambda)$ ,  $\varepsilon_2(\lambda)$  виявилися подібними, тобто значення оптичних параметрів монотонно зменшувалися зі збільшенням довжини падаючої хвилі, що добре корелює з теоретичними уявленнями. Підкреслимо, що уявна частина діелектричної сталої  $\varepsilon_2$  виявилася меншою майже на два порядки від реальної частини  $\varepsilon_1$ .

Завдяки високій пропускательній здатності та ширині забороненої зони матеріалу отримані шари можуть бути використані як вікна тонкопліткових сонячних елементів.

1. Saafi I., Dridi R., Mhamdi A. *et al.* Study of thickness effects on structural and optical properties of sprayed  $\text{Zn}_2\text{SnO}_4$  thin films // *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*. – 2015. – **128**. – P. 4382-4386.
2. Stambolova I., Konstantinov K., Kovacheva D. *et al.* Spray Pyrolysis Preparation and Humidity Sensing Characteristics of Spinel Zinc Stannate Thin Films // *J. Solid State Chemistry*. – 1997. – **128**. – P. 305-309.
3. Ivashchenko M.M., Buryk I.P., Opanasyuk A.S. *et al.* Influence of the deposition conditions on morphological, structural, optical and electro-physical properties of  $\text{ZnSe}$  films obtained by close-spaced vacuum sublimation // *Materials Science in Semiconductor Processing*. – 2015. – **36**. – P. 13-19.