

# Структурні дослідження полікристалічних плівок $Zn_{1-x}Mn_xTe$

Климов О.В.<sup>1</sup>, Курбатов Д.І.<sup>1</sup>, Мартінес Томас К.<sup>2</sup>, Манел Гуїа Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сумський державний університет; вул. Римського-Корсакова, 2, Суми, Україна;  
[kanc@sumdu.edu.ua](mailto:kanc@sumdu.edu.ua)

<sup>2</sup>Університет Валенсії, вул. Др.Молінера, 50, Валенсія, Іспанія; [premsa@uv.es](mailto:premsa@uv.es)

Останнім часом підвищену увагу дослідників в області матеріалознавства привертають плівки халькогенідних сполук групи  $A_2B_6$ , таких як ZnTe, CdSe, ZnS та ін., а також напівмагнітних твердих розчинів на їх основі -  $Zn_{1-x}Mn_xTe$ ,  $Cd_{1-x}Mn_xSe$  та  $Zn_{1-x}Mn_xS$  [1]. Ці матеріали знаходять широке використання у мікро- та оптоелектроніці, геліоенергетиці та спінтроніці. Останнім часом вони також застосовуються як матеріал ефективних детекторів жорсткого випромінювання та віконні шари плівкових сонячних елементів. Необхідно зазначити суттєвий вплив фазового та структурного стану плівок даних сполук на їх оптичні та електрофізичні властивості.

У представленій роботі нами проводилося дослідження структурних властивостей плівок  $Zn_{1-x}Mn_xTe$ . Зразки отримувалися у вакуумній установці ВУП-5М (БАТ "Selmi", м. Суми) на неорієнтованих підкладках зі скла методом сублімації у квазізамкненому об'ємі (КЗО) [2]. Тиск залишкових газів у камері становив не більше  $5 \cdot 10^{-3}$  Па. Температура випарника становила  $T_e=1073$  К, температура підкладки змінювалася в інтервалі  $T_s = (623-923)$  К. Здійснювалося випарування шихти напівпровідникової чистоти з вмістом марганцю близько 5%. Час випарування зазвичай складав 10 хвилин. Вимірювання структурних характеристик конденсатів здійснювалося в університеті Валенсії (м. Валенсія, Іспанія) за допомогою скануючого електронного мікроскопу Hitachi S-4800 та рентгенівського дифрактометра Philips X'Pert PRO MRD PW3050/65.

Типові електронно-мікроскопічні зображення поверхні плівок та їх перерізу наведені на рисунку 1. Шари мали полікристалічну структуру з середнім розміром зерен  $D=0,48-0,90$  мкм при їх товщині  $d=1,7-2,8$  мкм.

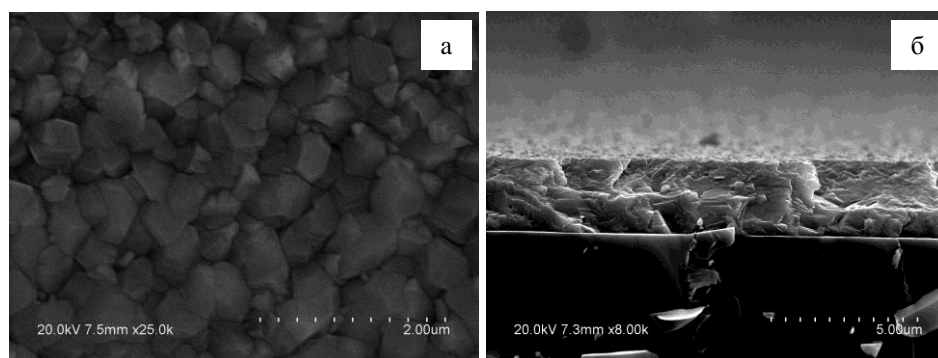


Рисунок 1 – Мікрофотографія поверхні (а) та переріз плівки  $Zn_{1-x}Mn_xTe$  (б) нанесеної при температурі підкладки  $T_s=423$  К

Рентгенівські дослідження зразків показали, що вони були однофазними, полікристалічними зі структурою кубічної модифікацією (ZB). Як правило, на дифрактограмах реєструвалися відбиття від площин (111), (311), (222), (311), (422), (333), (533) та (444) сфалеритної фази. При цьому домінуючими за інтенсивністю у більшості випадків були піки (111). Це свідчить про існування текстури росту, вісь якої є перпендикулярною до цієї площини.

Для більш докладного вивчення особливостей текстури плівок використаний рентгенівський дифрактометр Philips X'Pert PRO MRD PW3050/65. В результаті були

отримані зображення полюсних фігур від плівок. Для їх побудови кут повороту лічильника дифрактометра ( $\psi$ ) змінювався в інтервалі від  $0^\circ$  до  $360^\circ$ , в той час як кут нахилу зразка ( $\chi$ ) варіювався від  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . Для отримання відбивання від кристалографічної площини, що нас цікавила кут дифракції  $2\theta$  при цьому фіксувався. У нашому випадку аналіз полюсних фігур проводився за відбиванням від площини (111). Експериментальна полюсна фігура відбивання від цієї кристалографічної площини для одного із зразків наведена на рисунку 2б. Вона демонструє широкий пік з максимумом біля кута  $0^\circ$  і широке кільце під кутом нахилу близьким до  $70^\circ$ . Для аналізу результатів як еталон взяте теоретичне положення полюсів ідеального орієнтованого зразка, який показаний на рисунку 1а, де також можна бачити, три бічні полюси на кутах близьких до  $70^\circ$  та один центральний полюс. У наших вимірюваннях широке кільце відповідає цим бічним полюсам, що вказує на присутність у плівках переважальної орієнтації кристалітів у площини (111) або існування текстури росту [111].

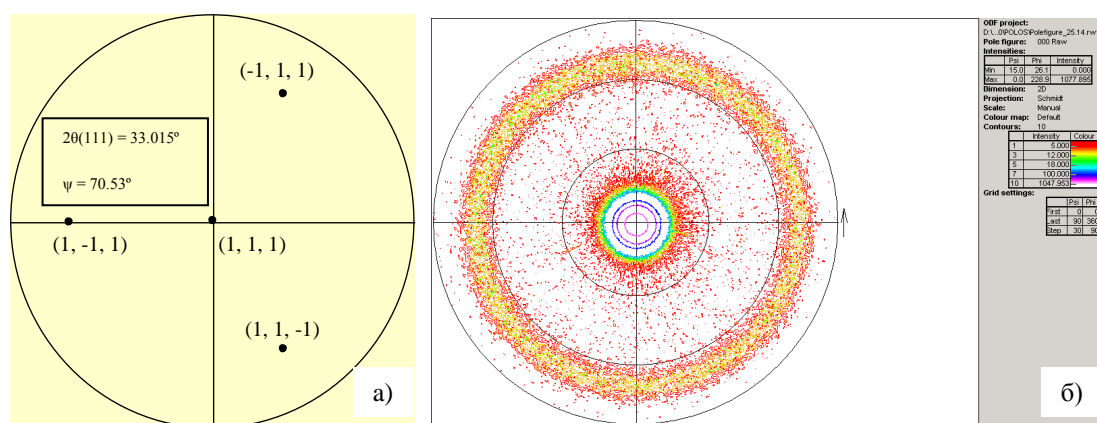


Рисунок 2 – Теоретичні позиції для симетричних відбивань від площини (111) (а) та полюсна фігура отримана при відбиванні від цієї ж площини зразка  $Zn_{1-x}Mn_xTe$ , нанесеного при температурі підкладки  $T_s = 723$  К (б)

Були проведені розрахунки процентного відношення загальної кількості кристалітів орієнтованих площиною (111) паралельно підкладці у плівках  $Zn_{1-x}Mn_xTe$  осаджених при різних температурах (таблиця 1).

Таблиця 1 – Процентне відношення орієнтованих у різних діапазонах кристалітів у об'ємі плівок  $Zn_{1-x}Mn_xTe$

Температура підкладки, К	623	723	773	823	923
Орієнтація в межах $\pm 10$ град.	91,7	92,2	85,3	82,9	90,0
Орієнтація в межах $\pm 20$ град.	95,5	95,4	92,9	91,9	95,3

Розрахункові значення показують, що в межах діапазону відхилень  $\pm 20$  градусів орієнтовано майже 92-96% кристалітів, при цьому найгіршу якість текстури мають зразки нанесені при температурах  $T_s = 773$  К та 823 К. Зразки отримані при менших та більших температурах підкладки мають більш якісну текстуру.

Розрахунки показали, що стала ґратки матеріалу плівок змінювалась в діапазоні  $a=0,61017-0,61108$  нм, а розмір їх областей когерентного розсіювання становив 38,0–43,1 нм.

1. Chen W.M., Buyanova I.A. *Handbook of Spintronic Semiconductors* (Singapore: Pan Stanford Publishing: 2010)

2. Opanasyuk, A.S., Kurbatov, D.I., Kosyak, V.V., Kshniakina, S.I., Danilchenko, S.N./ Characteristics of structure formation in zinc and cadmium chalcogenide films deposited on nonorienting substrates// *Crystallography Reports*. -2012. – V.57 (7). –P. 927-933.

Структурні дослідження полікристалічних плівок  $Zn_{1-x}Mn_xTe$ / Бересток Т.О., Опанасюк А.С. // Конференція молодих вчених з фізики напівпровідників "Лашкарьовські читання 2014", Київ, 2-4 квітня 2014 р. С.131