

© 2009 р. В.М. Лоренц, Л.В. Рашковецький*, І.М.Фодчук,
П.М. Фочук, Е.В. Майструк

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці
*Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Київ

СТРУКТУРНА ДОСКОНАЛІСТЬ ТА ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК $Cd_{1-x}Zn_xTe$

Проведено дослідження структурної досконалості приповерхневих шарів кристалів $Cd_xZn_{1-x}Te$ за допомогою реалізації симетричної та асиметричної схем дифракції Х-хвиль методом Берга-Барета. Встановлено оптичну ширину забороненої зони при кімнатній температурі.

To study the structural imperfection of the samples the Berg-Barrett method was used and symmetrical and asymmetrical Bragg diffraction scheme was realized. Using absorption coefficient was established the optical band gap at room temperature.

Незважаючи на численні дослідження напівпровідникових сполук групи $A^{II}B^{VI}$, розуміння притаманних їм фізичних процесів, а отже, і застосування ще не досягло такого рівня як для кремнію або германію – "відкривачів" ери напівпровідникової електроніки. Всі сполуки $A^{II}B^{VI}$ є фазами змінного складу. Для деяких з них властивий поліморфізм, наприклад, для $CdTe$, $ZnTe$. Це спричинює те, що навіть у випадку ідеально чистих матеріалів їх структурночутливі властивості суттєво залежать від умов вирощування та термообробки. Як наслідок у багатьох випадках спостерігається невідтворюваність результатів фізичних досліджень [1].

Вивченню фундаментальних властивостей сполук $A^{II}B^{VI}$ і використанню їх у прикладних цілях останнім часом приділяється значна увага [5]. Такі напівпровідникові матеріали сьогодні знаходять широке застосування у виробництві фоторезисторів, світловодів, лазерів, детекторів випромінювання Х-променів, перетворювачів сонячної енергії, а також в якості каталізаторів фотохімічних реакцій тощо [1, 5].

Для проведення наших досліджень використано монокристали $Cd_{1-x}Zn_xTe$ (зразок 1 – $x=0,04$, зразок 2 – $x=0,026$, зразок 3 – $x=0,031$) діаметром 40 мм, вирощені вертикальним методом Бріджмена з вихідних компонентів чистоти 6N. Зі зливків вирізались пластини кристалографічної орієнтації (111) товщиною 1–1,5 мм і розміром не менше 10×10 мм². Після механічної різки зразки піддавались двосторонньому хіміко-механічному поліруванню в бро-

ммісткому органічному травнику з метою зняття порушеного приповерхневого шару. [2].

Метою роботи було проведення досліджень структурної досконалості приповерхневих шарів монокристалів $Cd_{1-x}Zn_xTe$ за реалізації симетричної та асиметричної схеми дифракції методу Берга-Барета та оптичних властивостей. Для останнього використано методику визначення оптичної ширини забороненої зони з прямолинійних ділянок залежності квадрата коефіцієнта поглинання досліджуваних зразків.

Топографічні дослідження структурної досконалості

Більшість властивостей напівпровідникових матеріалів визначаються структурою і її досконалістю. Об'ємні кристали $CdTe$ і $ZnTe$ мають структуру цинкової обманки, однак плівки, виготовленні на цих сполуках, можуть кристалізуватися у структурі вюрциту. Простим але ефективним методом визначення концентрації структурних дефектів (дислокації, включення другої фази, малокутові границі) є Х-променева топографія, яка, як неруйнівний метод, застосовується на різних стадіях обробки такого роду зразків.

$CdTe$ відноситься до сильнопоглинаючих кристалів ($\mu \sim 1000$ см⁻¹, μ – фотоелектричний коефіцієнт поглинання). Крім того методи дифракції Х-хвиль при проходженні через зразок мають ряд принципових перешкод, пов'язаних із вмістом в цих кристалах дислокацій великої густини ($N \sim 10^6$ см⁻²) та інших дефектів струк-

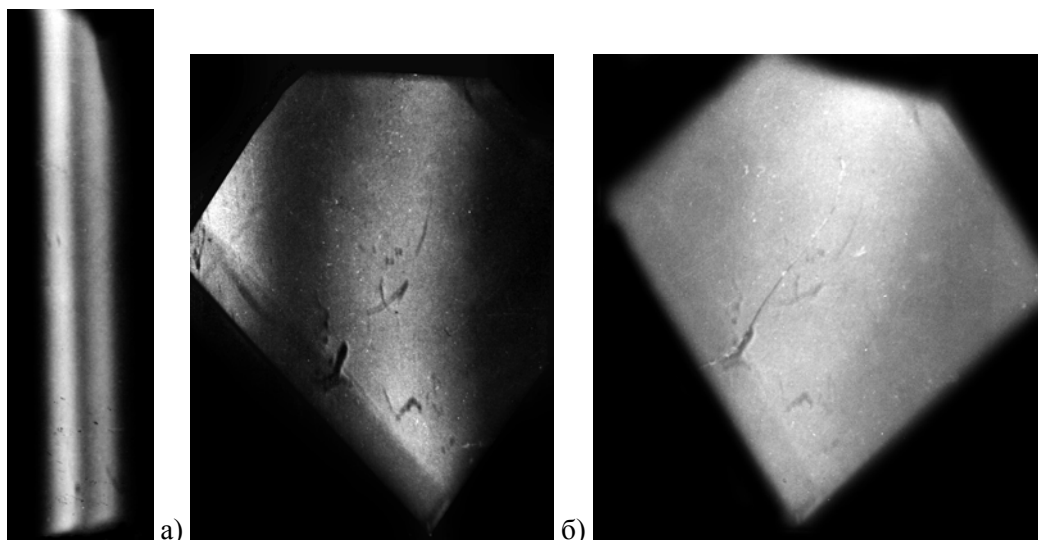


Рис. 1. Топограми зразка $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ ($x=0,04$). Вхідна поверхня (111), $\text{CuK}\alpha$ - випромінювання. Симетричне відбивання (333) (а); асиметричне (440) (б) і (620) (в).

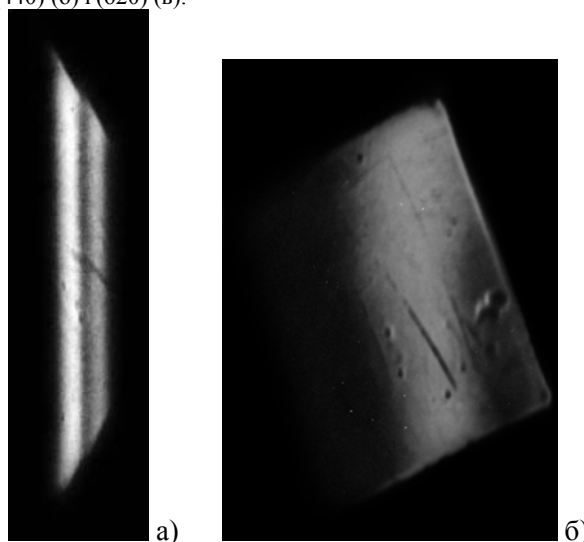


Рис. 2. Топограми зразка $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ ($x=0,026$). Вхідна поверхня (111), $\text{CuK}\alpha$ - випромінювання. Симетричне відбивання (333) (а); асиметричне (440) (б).

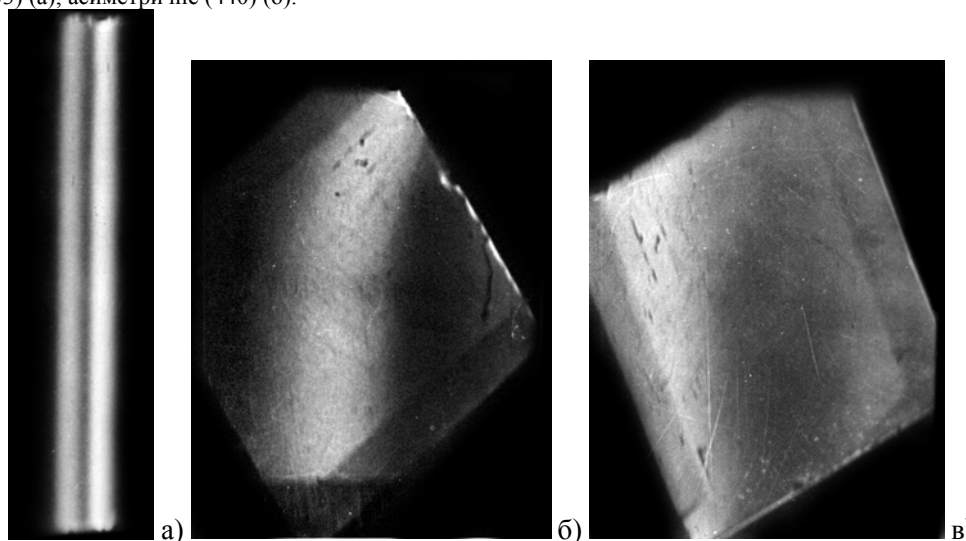


Рис. 3. Топограми зразка $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ ($x=0,031$). Вхідна поверхня (111), $\text{CuK}\alpha$ - випромінювання. Симетричне відбивання (333) (а); асиметричне (440) (б) і (620) (в).

тури. Виготовлення зразків для реалізації наближення тонкого кристалу $dt \sim 1$ значно ускладнюється крихкістю кристалів $Cd_{1-x}Zn_xTe$. Враховуючи це нами для дослідження структури вибрано X-променеву топографію в схемі на відбивання.

На рис. 1-3 наведені експериментальні топограми, які отриманні в симетричній та асиметричній схемах дифракції методом Берга-Барета в $CuK\alpha$ -випромінюванні на установці Арос. Вхідна поверхня всіх досліджуваних зразків (111).

Темні недифрагуючі плями – це, як правило, включення іншої фази або мікропори. З топограм (рис.1) видно, що зразок 1 містить включення іншої фази та механічні пошкодження поверхні (рис. 1б,в) [3].

Для зразка 2 є характерним включення іншої фази, які локалізовані в приповерхневому шарі на глибині близько 6 мкм.

Для всіх отриманих топограм характерним є чіткі прямі лінії рефлексів $K\alpha_1$ і $K\alpha_2$, що свідчать про однорідність зразків, а також про незначну густину дислокацій.

Оптичні властивості

Для дослідження оптичних властивостей було використано спектрофотометр СФ 2000. Для визначення оптичної ширини забороненої зони E_g^{opt} використовують вираз, який пов'язує коефіцієнти пропускання T та відбивання R з коефіцієнтом поглинання α . Його можна отримати з закону Ламберта-Бугера (кількість поглинутої енергії dI з глибиною проникнення в зразок пропорційна кількості падаючої на нього енергії I та коефіцієнту поглинання α) [3, 4]:

$$dI / dx = -\alpha I .$$

Отже, вираз для знаходження α такий:

$$\alpha = \frac{1}{d} \ln \left[\sqrt{R^2 + \frac{(1-R)^4}{4T^2}} + \frac{(1-R)^2}{2T} \right],$$

де d – товщина зразка.

Для визначення величини E_g^{opt} при кімнатній температурі було продовжено прямолінійну ділянку кривої графіка залежності $\alpha^2 = f(h\nu)$ до перетину з віссю віссю енергій при кімнатній температурі $\alpha=0$:

$$\alpha(h\nu) = A (h\nu - E_g)^{1/2},$$

де A – коефіцієнт, який визначається умовами експерименту.

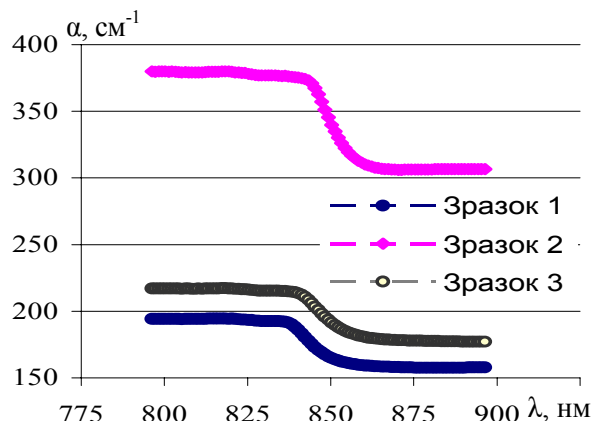


Рис. 3. Спектральні залежності коефіцієнта поглинання

Отриманні результати наведені в таблиці 1

Таблиця 1. Експериментально отриманні значення E_g^{opt} та T для $Cd_{1-x}Zn_xTe$.

	Товщина, см	E_g^{opt} , eV	T , % ($\lambda > 875$ нм)
Зразок 1	0,162	1,465	55
Зразок 2	0,083	1,455	60
Зразок 3	0,145	1,457	52

У роботі [5] для знаходження E_g^{opt} наводиться формула:

$$E_g(Cd_{1-x}Zn_xTe) = x \cdot E_g(ZnTe) + (1-x) \cdot E_g(CdTe) + c \cdot x \cdot (x-1),$$

де коефіцієнт c при кімнатній температурі за даними різних дослідників відрізняється (0,22890; 0,48; 0,3156; 0,38; 0,46) [6], тобто значення E_g^{opt} суттєво залежать від зразків $Cd_{1-x}Zn_xTe$ (в першу чергу від вмісту Zn). Отже, експериментальні дослідження для такого роду сполук є актуальними.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лоренц М.Р. Термодинамика приготовления материалов и выращивание кристаллов. Физика и химия соединений А^{IV}В^{VI}. / Перевод с английского под ред. С.А. Медведева. – М.: Мир, 1970.
2. Луфт Б.Д., Перевоицков В.А., Возмилова Л.Н., Свердлин И.А., Марин К.Г. Физико-химические методы обработки поверхности полупроводников. – М.: Радио и связь, 1982.
3. Шалимова К.В. Физика полупроводников. – М.: Энергия, 1976.
4. Воробьев Ю.В., Добровольский В.Н., Стриха В.И. Методы исследования полупроводников. – Киев: Выща шк., 1988.
5. Capper P., Garland J. Mercury cadmium telluride growth, properties, and applications. – Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2011.