

PACS numbers: 73.40.Lq, 73.61.Ga

ТОНКОПЛІВКОВІ ГЕТЕРОПЕРЕХОДИ ZnTe/CdTe

М.М. Колесник¹, А.С. Опанасюк¹, Н.В. Туркусова¹, С.М. Данильченко²

¹ Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, 40007, Суми, Україна
E-mail: maxxkol@yahoo.com

² Інститут прикладної фізики НАН України,
вул. Петропавлівська, 58, 40030, Суми, Україна

У роботі вивчені структурні та електричні властивості гетеропереходів ZnTe/CdTe, одержаних методом термічного випаровування в квазізамкненому об'ємі. Проведені дослідження дозволили визначити структурні параметри плівок, такі як текстура, період кристалічної ґратки, розміри кристалітів та областей когерентного розсіювання, рівень мікродеформацій, а також їх залежність від умов отримання плівок. Електрофізичні дослідження дозволили визначити механізми струмоперенесення в гетеропереході.

Ключові слова: ГЕТЕРОПЕРЕХІД ZnTe/CdTe, СТРУКТУРНИЙ ФАКТОР, РОЗМІР ЗЕРЕН, ВОЛЬТ-АМПЕРНА ХАРАКТЕРИСТИКА, МЕХАНІЗМ СТРУМОПЕРЕНОСУ, КОЕФІЦІЄНТ ДІОДНОСТІ.

(Одержано 25.06.2009, у відредагованій формі – 08.07.2009)

1. ВСТУП

Телурид кадмію набув широкого застосування як базовий шар плівкових сонячних елементів (СЕ), що зумовлено його високою фоточутливістю та оптимальним для перетворення сонячної енергії значенням ширини забороненої зони (ЗЗ) [1-3]. При цьому найбільш перспективними в наш час вважаються СЕ на основі гетеропереходів (ГП), де оптичним вікном є широкозонний напівпровідник, наприклад, CdS, а поглинальним шаром - CdTe. Сьогодні максимальна ефективність СЕ на основі гетеросистем n -CdS/ p -CdTe становить 16,5 % [4], однак можливості її підвищення фактично вичерпані. Про це свідчить той факт, що за останні п'ятнадцять років ККД цих фотоперетворювачів вдалося підвищити менше ніж на 1 % [5].

Основним недоліком ГП CdS/CdTe є утворення на межі напівпровідників прошарку твердих розчинів з дуже високим питомим опором [6-7]. У результаті перетворення сонячної енергії відбувається у так званих p - i - n структурах, де p -шар складається з телуриду кадмію, n -шар - з CdS, а напівізольюючий i -шар є твердим розчином CdTe_{1-x}S_x змінного складу. Для цього розчину є характерною параболічна залежність ширини ЗЗ від його складу, з мінімумом, що становить $E_g = 1,40$ еВ при $x = 0,21$ [8]. Ця ширина є меншою, ніж у базової плівки CdTe ($E_g = 1,5$ еВ), в результаті у високодефектному міжфазному прошарку відбувається інтенсивне поглинання сонячного випромінювання, що суттєво знижує ККД СЕ.

Ще одними чинниками, що обмежують ефективність фотоперетворювачів на основі ГП CdS/CdTe, є низький час життя та рухливість носіїв заряду у телуриді кадмію діркового типу [1-2]. Крім цього, як p -CdTe, так і твердий розчин CdTe_{1-x}S_x, мають низьку питому провідність, що

суттєво збільшує послідовний опір СЕ і відповідно зменшує їх ККД [1-2, 6-7]. Нарешті, у фотоперетворювачах на базі плівок телуриду кадмію діркового типу виникає проблема створення омичного контакту до *p*-шару, яка не розв'язана до цього часу [9].

Багатьох недоліків відомих ГП СЕ можна позбутися, використовуючи як поглинальний шар пристроїв телурид кадмію з електронною провідністю. Однак у цьому випадку виникає проблема створення широкозонного вікна фотоперетворювача з напівпровідника *p*-типу. В роботі [10] як такий матеріал запропоновано використовувати ZnTe, який єдиний (крім CdTe) із сполук групи A_2B_6 може бути легко отриманий з дірковою провідністю. Хоча телурид цинку має дещо меншу ($E_g = 2,26$ eВ) ніж сульфід кадмію ($E_g = 2,42$ eВ), ширину ЗЗ, з CdTe він утворює твердий розчин $Zn_{1-x}Cd_xTe$, ЗЗ якого змінюється лінійно при зміні складу матеріалу від значень характерних для CdTe, до значень, які має ZnTe [11]. Важливим з екологічної точки зору є те, що цей напівпровідник не містить у своєму складі важкого металу – кадмію.

Недоліком ГП ZnTe/CdTe, як свідчать теоретичні розрахунки, є висока густина поверхневих станів на межі розділу напівпровідників, що обумовлено незбіганням їх періодів ґратки [12]. Однак, як і у випадку ГП CdS/CdTe, на міжфазній межі ZnTe і CdTe слід очікувати утворення твердих розчинів, які можуть компенсувати цей незбіг. На жаль, експериментально плівкові ГП ZnTe/CdTe вивчені слабо. Це і обумовило мету та завдання даного дослідження.

У поданій роботі досліджені деякі структурні та електрофізичні характеристики ГП *p*-ZnTe/*n*-CdTe та окремих шарів у цій структурі.

2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

ГП *p*-ZnTe/*n*-CdTe були виготовлені за технологією, яка більш детально описана у [13]. Конденсація плівок телуриду кадмію здійснювалася на очищені скляні підкладки з підшаром молібдену методом квазізамкненого об'єму при температурах випаровувача $T_e = 923$ К та підкладки $T_s = 823$ К. Після цього також у квазізамкненому об'ємі наносилися шари ZnTe. Температура випаровувача при конденсації становила $T_e = 973$ К, а температура підкладки змінювалася у діапазоні $T_s = 523-623$ К. Нанесення плівок ZnTe одночасно здійснювалося як на скляну підкладку так і на підшар CdTe. Це дало можливість провести порівняльний аналіз характеристик ZnTe, отриманих безпосередньо на склі та на підшарі CdTe. Верхні струмоз'ємні контакти до багатошарової структури виготовлені зі срібла шляхом термічного нанесення у вакуумі.

Морфологія поверхні плівок ZnTe, CdTe вивчалася методом растрової мікроскопії (РЕММА-102). Середній розмір зерен (d) у конденсатах знаходився методом Джефріса. Товщина плівок вимірювалася фрактографічно. Структурні дослідження конденсатів були виконані на рентгенодифрактометрі ДРОН 4-07 у Ni-фільтрованому K_α -випромінюванні мідного анода. При цьому за методикою, описаною у [13-14], з дифрактограм визначалися фазовий склад, період ґратки, текстура шарів, а за уширенням дифракційних ліній - розмір областей когерентного розсіювання (ОКР) та рівень мікрореформацій у конденсатах ZnTe на склі та підшарі CdTe. Особливості зарядоперенесення у ГП ZnTe/CdTe визначалися шляхом аналізу вольт-амперних характеристик, знятих при різних температурах за методикою, описаною у [12]. При цьому встановлювався механізм проходження струму крізь багатошарову структуру.

3. ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1 Структурні властивості

У роботах [13-14] нами були досліджені структурні характеристики тонких плівок телуриду цинку і визначені оптимальні технологічні умови отримання шарів з найкращими з точки зору використання у приладових структурах властивостями (однофазність, висока текстурованість, великі розміри кристалітів та ОКР, малий рівень мікродеформацій тощо): температура випаровувача $T_e = 973$ К, температура конденсації $T_s = 523$ - 623 К. Ці режими і були використані при нанесенні плівок ZnTe на CdTe. Аналогічно шари CdTe конденсувалися в умовах, близьких до термодинамічно рівноважних, коли вони мали стовпчасту структуру з великим розміром зерна [15]. Товщина отриманих плівок CdTe становила $l \sim 15$ мкм, конденсати ZnTe мали суттєво меншу товщину $l = (2,5-3,5)$ мкм, оскільки вони повинні добре пропускати сонячне випромінювання до поглинального шару з телуриду кадмію.

На рис. 1а, б наведені електронномікроскопічні знімки поверхні плівок CdTe та ZnTe, осаджених за вказаних режимів конденсації безпосередньо на скло.

З рисунка видно, що плівки CdTe складаються із зерен різних фракцій, як дрібних (2-3 мкм), так і значно крупніших (до 10 мкм). На поверхні великих кристалітів добре розрізняються сходинки росту (рис.1 а). Середній розмір зерна плівок становить ~ 5 мкм. Плівки ZnTe мають більш однорідну зеренну структуру (рис.1 б). Однак їх середній розмір у кристалітів є меншим, ніж у плівок CdTe. Так, плівки ZnTe, отримані при $T_s = 623$ К, мали середній розмір зерна ~ 2 мкм, в той час як конденсати, нанесені при $T_s = 523$ К, були зовсім дрібнодисперсними ($d < 0,3$ мкм).

На рис.1 в, д показані перехідні області між плівкою CdTe та ZnTe, а на рис.1 г, е - мікроструктура конденсатів телуриду цинку, нанесених на підшар телуриду кадмію при різних температурах підкладки. Як видно з рисунків, оскільки плівки ZnTe були достатньо тонкими, вони повністю повторюють структуру поверхні підшару CdTe. На мікрофотокартках (рис. 1 г, е) при цьому чітко простежуються межі зерен телуриду кадмію. У плівках ZnTe (рис.1 г), нанесених на підшар CdTe при низьких температурах ($T_s = 523$ К), збільшення розміру зерна порівняно з конденсатами осадженими безпосередньо на скло, не спостерігається. Це свідчить про однаковий механізм росту плівок ZnTe на склі та підшарі CdTe. Він детально описаний у [13]. Однак у більш високотемпературних конденсатах ($T_s = 623$ К) осадження на підшар CdTe приводило до невеликого збільшення їх розміру зерен - від ~ 2 мкм до $\sim 2,5$ мкм. При цьому дещо змінювалася і форма зерен плівок ZnTe. Це свідчить про те, що при осадженні високотемпературних конденсатів можливе гетероепітаксіальне утворення зародків ZnTe на поверхні плівок CdTe.

Фрактограма ГП ZnTe/CdTe наведена на рис. 2. Видно товсту плівку CdTe покриту більш тонким шаром ZnTe. У плівці CdTe спостерігаються великі кристаліти, зерна в шарі ZnTe, на жаль, не розрізняються. Типові дифрактограми, отримані від плівок ZnTe на склі та ГП ZnTe/CdTe, наведені на рис. 3. Плівки на склі були однофазними зі структурою сфалериту та яскраво вираженою текстурою [111] [13]. Аналіз дифрактограм від двошарової структури показав, що тут теж фіксуються тільки відбивання від кристаліграфічних площин, що відповідають кубічним фазам ZnTe та CdTe. Наявність у гетеросистемах твердих розчинів рентгенографічно не виявлена, це дає можливість припустити, що отримані нами ГП є досить різкими.

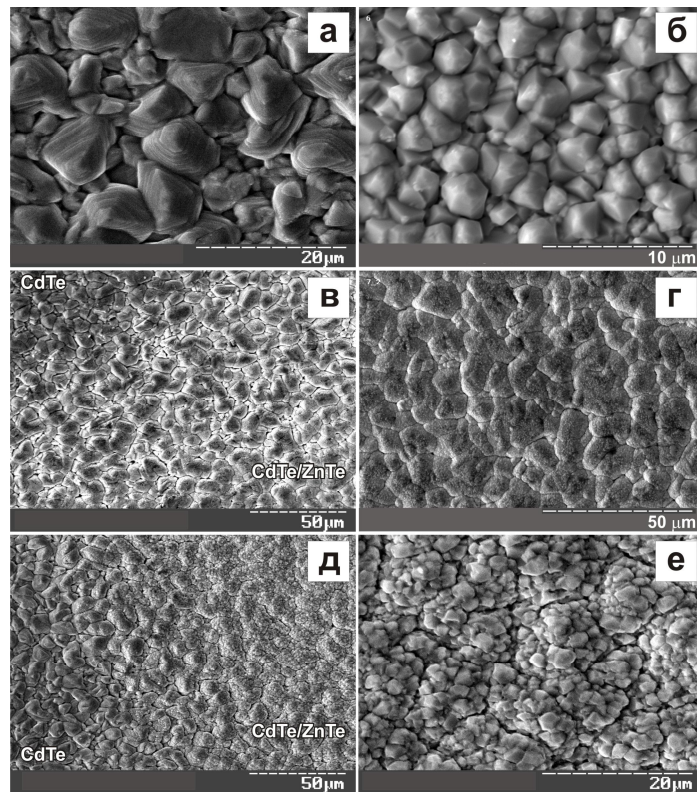


Рис. 1 – Мікроструктура поверхні плівок CdTe (а) і ZnTe (б) на склі; перехідна область між плівкою ZnTe і CdTe (в),(д); ZnTe на підшарі CdTe (z),(e). Режими конденсації CdTe: $T_e = 923$ К, $T_s = 823$ К (а,в,д); ZnTe: $T_e = 973$ К, $T_s = 523$ К (в, z); $T_s = 623$ К (б,д,е)

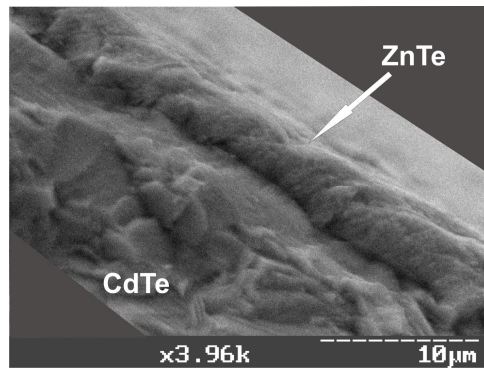


Рис. 2 - Фрактограма ГП ZnTe/CdTe. Режими конденсації плівки ZnTe: $T_e = 973$ К, $T_s = 523$ К

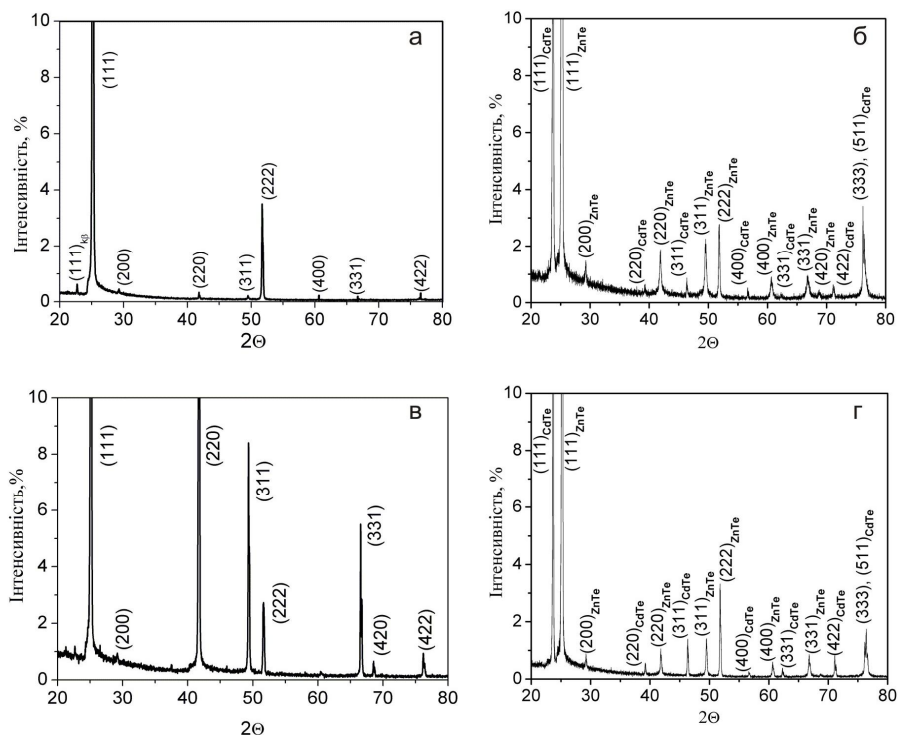


Рис. 3 - Дифрактограми від плівок ZnTe на склі (а, в) та підшарі CdTe (б, г), отриманих при різних температурах підкладки: $T_s = 523$ К (а,б); $T_s = 623$ К (в,г)

З рис. 3 б,г видно, що домінуючими за інтенсивністю на дифрактограмах від ГП є піки (111) і (222) на кутах $2\theta = 25,33, 51,80$ для ZnTe та (111) на куті $2\theta = 23,72$ для CdTe. Це свідчить про текстурованість як плівок CdTe, так і ZnTe. Результати розрахунку структурного фактора (f), що характеризує досконалість текстури плівок ZnTe на склі та CdTe, наведені у таблиці 1. Видно, що підшар CdTe практично не змінює якість текстури конденсату ZnTe, нанесеного при більш низьких температурах підкладки ($T_s = 523$ К), і збільшує її у випадку плівки, нанесеної при більш високих температурах ($T_s = 623$ К). Цей ефект теж може бути пояснений гетероепіта-ксіальним утворенням зародків ZnTe на сильно текстурованих плівках CdTe.

Прецизійне визначення періодів кристалічної ґратки шарів ZnTe було проведене за допомогою екстраполяційного методу Нельсона-Рілі [13]. Отримані результати наведені в табл.1. Зазначимо, що знайдені значення періоду ґратки матеріалу добре узгоджуються з даними ASTM ($a = 0,61026$ нм) [16]. Значення a плівок ZnTe на підшарі CdTe ($a = 0,61096$ нм) є дещо вищими, ніж на склі ($a = 0,61038$ нм), що може бути обумовлене вбудовуванням ревіпарованих атомів підшару (Cd,Te) у конденсаті.

Необхідно відмітити, що у випадку високотемпературних плівок ZnTe значення a , знайдені за кутами відбивань від різних кристалографічних площин при використанні методу Нельсона-Рілі, апроксимувалися не однією, а двома різними лініями. При цьому період ґратки, знайдений за відбиваннями від площин (111) та (222), виявився більшим, ніж за іншими відбиваннями. Це може бути ще одним свідченням гетероепітаксіального нарощування шару ZnTe на площинах (111) плівки CdTe, які внаслідок яскраво вираженої текстури конденсату є паралельними поверхні підкладки.

Таблиця 1 - Структурні та субструктурні характеристики шару ZnTe на склі та у ГП ZnTe/CdTe

| Зразок | T_s , К | a , нм | f | L , нм | | ε , 10^3 | |
|--------------|-----------|--------------------------------------|------|-----------------|------|------------------------|------|
| | | | | апроксимація за | | апроксимація за | |
| | | | | Гаусом | Коші | Гаусом | Коші |
| ZnTe на склі | 523 | 0,61038 | 1,85 | 60,4 | 54,2 | 0,72 | 0,93 |
| ZnTe/CdTe | | 0,61096 | | | | | |
| ZnTe на склі | 623 | 0,61072 | 1,28 | 68,8 | 65,4 | 0,45 | 0,62 |
| ZnTe/CdTe | | 0,61005 0,61104 за (111)-(222) | | | | | |

За уширеннями дифракційних ліній з використанням апроксимацій Гауса та Коші [14] нами були визначені субструктурні характеристики шарів ZnTe на склі та у ГП. Визначалися розміри ОКР (L) у напрямку [111] та рівень мікрореформацій (ε) у плівках. Відповідні результати наведені у таблиці 1. Знайдені значення розмірів ОКР та мікронапружень в плівках ZnTe на склі та підшарі CdTe непогано узгоджуються між собою.

3.2 Електричні властивості

Вимірювання темнових ВАХ ГП ZnTe/CdTe проводилося нами у діапазоні температур 295-323 К. Як показали дослідження, прямі гілки цих кривих при низьких напругах зміщення ($U < 1,2$ В) описувалися експоненціальною залежністю, при високих напругах ($U > 2$ В) вони мали вигляд, характерний для проходження струмів, обмежених просторовим зарядом. Такі особливості ВАХ є характерними для ГП з високим послідовним опором, коли при підвищенні зовнішньої напруги контактні механізми струмоперенесення змінюються об'ємними. Внаслідок високого опору багатошарові структури мали невеликий коефіцієнт випрямлення, який не перевищував двох.

Типові ВАХ ГП ZnTe/CdTe, побудовані у напівлогарифмічному масштабі, наведені на рис. 4 а, в. Для прямої гілки ВАХ характерним є наявність двох ділянок з різними кутами нахилу до осі напруг. При цьому у випадку структур, де шар ZnTe був отриманий при низьких температурах ($T_s = 523$ К), цей кут не залежить від температури вимірювань (рис. 4 а). У випадку отримання ГП при більш високих температурах ($T_s = 623$ К), при низьких напругах зміщення ($U < 0,5$ В) кут нахилу кривих струм - напруга визначався температурою вимірювання (рис. 4 в).

Незалежність кута нахилу ВАХ до осі напруг є характерною для нетеплових механізмів струмоперенесення через ГП, в той час як зміна цього кута – для термоактиваційних. У випадку проходження дифузійних, емісійних або рекомбінаційних струмів (струми, що залежать від температури вимірювання) пряма гілка ВАХ ГП описується виразом [1, 12]

$$I = I_0 \exp\left(\frac{qU}{AkT}\right), \quad (1)$$

де

$$I_0 = I_{00} \exp\left(-\frac{qU_{k0}}{kT}\right). \quad (2)$$

Тут I - сила струму, що проходить через ГП; I_0 – сила струму насичення; q - заряд електрона; U – напруга, прикладена до структури; A – коефіцієнт ідеальності ГП (діодний фактор); k – стала Больцмана; T – температура вимірювання; U_{k0} - висота потенційного бар'єра на переході за відсутності зовнішньої напруги.

Стала I_{00} може бути визначена із співвідношення

$$I_{00} = \frac{qA^*TU_{k0}}{k}, \quad (3)$$

де A^* – стала Річардсона.

Величина діодного фактора A визначається механізмом проходження струму через структуру. У випадку дифузійного механізму $A = 2$, емісійного механізму $A = 1$, рекомбінаційного – $1 < A < 2$, тунельного – $1,3 < A < 2$.

У випадку нетеплових механізмів струмоперенесення через ГП пряма гілка ВАХ описується виразом [1,12]

$$I = I_0 \exp(\alpha U), \quad (4)$$

де

$$I_0 = I_{00} \exp(\beta T). \quad (5)$$

Тут I_{00} , α , β – константи, які не залежать від U та T .

Відомо [1, 12, 17], що механізм проходження струму через ГП визначається якістю межі поділу напівпровідникових матеріалів. При збільшенні кількості поверхневих дефектів на цій межі відбувається зміна механізму перенесення носіїв через перехід. При цьому погіршуються випрямні та інші характеристики напівпровідникових приладів. Погіршення якості межі поділу матеріалів, як правило, призводить до заміни дифузійного механізму зарядоперенесення, на рекомбінаційно – генераційний або тунельний. Таким чином, ідентифікація механізму перенесення заряду через перехід дозволяє говорити про якість межі розподілу ГП переходу.

Для визначення механізму струмоперенесення через ГП для кожної ділянки ВАХ будувалися залежності струму насичення від температури. З використанням співвідношень (2) або (5) з цих залежностей знаходилися такі параметри переходу, як I_0 , A , U_{k0} , α , β .

Аналіз ВАХ та температурної залежності струму насичення I_0 свідчить, що в ГП, отриманих при низьких температурах підкладки ($T_s = 523$ К), реалізується тільки тунельний механізм струмоперенесення. Це дозволяє зробити висновок про дуже дефектну межу розподілу напівпровідників. Цей висновок збігається з даними структурних досліджень, згідно з якими гетероепітаксiального нарощування ZnTe на CdTe при низьких температурах підкладки не відбувається.

У структурах, нанесених при підвищених температурах конденсації ($T_s = 623$ К) при напругах зміщення $U < 0,5$ В в ГП реалізується емісійно-рекомбінаційний механізм перенесення носіїв струму. Такий механізм зарядоперенесення є традиційним для ГП з великою невідповідністю ($\Delta\alpha > 4$ %) параметрів ґратки контактуючих матеріалів [12,17]. Розрахунки показали, що висота потенційного бар'єра при цьому становить $U_{k0} = 1,17$ В, коефіцієнт ідеальності дорівнює $A = 2,23-2,53$, а $I_0 = 4,587 \cdot 10^{-9} - 1,36 \cdot 10^{-7}$ А. При $U > 0,5$ В емісійно-рекомбінаційний механізм змінюється тунельним з параметрами $\alpha = 0,45$, $\beta = 0,15$.

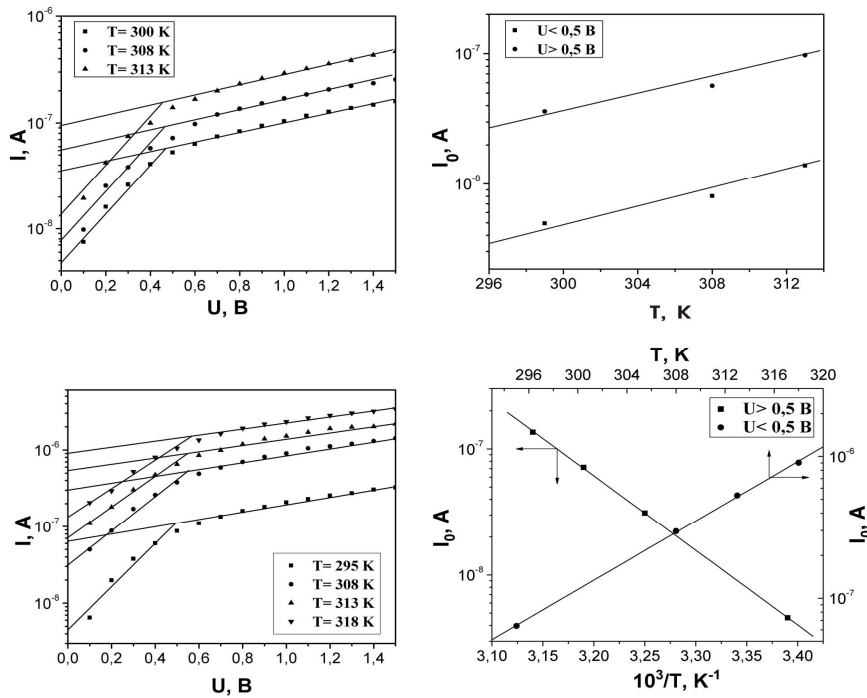


Рис. 4 - Прямі гілки ВАХ ГП ZnTe/CdTe, зняті при різних температурах вимірювання (а, в), та температурні залежності струму насичення I_0 (б, г). Шар ZnTe отриманий при: $T_s = 523$ К (а, б); $T_s = 623$ К (в, г)

Зміна механізму струмоперенесення в ГП, отриманих при підвищених температурах підкладки, свідчить про деяке покращання стану межі розподілу напівпровідників. Це, скоріше за все, пов'язане з гетероепітаксціальним нарощуванням ZnTe на CdTe при таких температурах. Однак механізми струмоперенесення, що спостерігалися, все ж свідчать про високу дефектність межі розподілу сполук. Це підтверджується розрахунками концентрації поверхневих станів на межі ГП ZnTe/CdTe, проведеними нами.

Відстань x між найближчими поверхневими дефектами, які виникають в результаті невідповідності параметрів кристалічних ґраток матеріалів, та мінімальна концентрація поверхневих станів ГП N_s для кубічних ґраток у площині (111) можуть бути розраховані з виразів [18]

$$x = \frac{a_1 \cdot a_2}{\sqrt{2}(a_1 - a_2)}, \quad N_x = \frac{4(a_1^2 - a_2^2)}{a_1^2 \cdot a_2^2}, \quad (6)$$

де a_1, a_2 – періоди ґратки ZnTe та CdTe.

При розрахунках нами враховано, що плівки сполук мають яскраво виражену текстуру [111] і тому спряження матеріалів відбувається у площині (111). Взнявши експериментальні значення a халькогенідів, знайдемо: $x = 7,53$ нм, $N_s = 1,19 \cdot 10^{14}$ см⁻². Відомо, що для ГП CdS/CdTe ці величини становлять $x = 4,04$ нм та $N_s = 2,29 \cdot 10^{14}$ см⁻² відповідно. Таким чином, ГП ZnTe/CdTe має кращу відповідність параметрів ґраток сполук, ніж структура CdS/CdTe, для якої отримані високі значення ККД перетворення сонячної енергії. Створення прошарку твердого розчину в ГП ZnTe/CdTe може суттєво підвищити якість межі розподілу напівпровідників і відповідно покращити характеристики гетеросистеми.

4. ВИСНОВКИ

ГП ZnTe/CdTe отримані в оптимальних технологічних умовах. У випадку нанесення шарів ZnTe при температурах підкладки $T_s = 523$ К впливу підшару CdTe на структурні особливості плівок не зареєстровано. При підвищенні температури конденсації до 623 К у плівках ZnTe на CdTe дещо збільшується розмір зерен, покращується досконалість текстури, збільшується період ґратки в площині (111). Це свідчить про часткове гетероепітаксiale наростання шару ZnTe на підшарі CdTe. Ці дані підтверджуються вивченням електрофізичних характеристик ГП ZnTe/CdTe. При підвищенні температури нанесення плівок ZnTe тунельний механізм струмоперенесення через гетеросистему змінюється на емісійно-рекомбінаційний, який є характерним для ГП з більш досконалою межею розподілу матеріалів. Розрахунок концентрації поверхневих станів у системі ZnTe/CdTe свідчить, що ця межа розподілу є менш дефектною, ніж у системі CdS/CdTe, яка традиційно використовується для перетворення сонячної енергії. Це свідчить про перспективність використання плівок ZnTe як вікон SE на основі поглинальних плівок CdTe. Подальшого підвищення якості межі розподілу матеріалів і відповідно ефективності приладів на основі системи ZnTe/CdTe можна досягти шляхом введення додаткових прошарків твердих розчинів на міжфазній межі.

ZnTe/CdTe THIN-FILM HETEROJUNCTIONS

M.M. Kolesnyk¹, A.S. Opanasyuk¹, N.V. Tyrkusova¹, S.N. Danilchenko²

¹ Sumy State University,
2, Rimsky-Korsakov Str., 40007, Sumy, Ukraine
E-mail: maxxkol@yahoo.com

² Institute of Applied Physics, National Academy of Science of Ukraine,
58, Petropavlivs'ka Str., 40030, Sumy, Ukraine

In this work we have studied the structural and electrophysical properties of the ZnTe/CdTe heterojunctions, obtained by the method of thermal evaporation in quasi-closed volume. Investigations allowed to define the films structural parameters, such as texture, lattice constant, sizes of crystallites and coherent-scattering regions, microstrain level, and their dependence on the conditions of films production as well. Electrophysical investigations allowed to define the charge-transport mechanism in heterojunction.

Keywords: ZnTe/CdTe HETEROJUNCTIONS, STRUCTURE FACTOR, CRYSTALLITE SIZE, CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTIC, CHARGE-TRANSPORT MECHANISM.

ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ГЕТЕРОПЕРЕХОДЫ ZnTe/CdTe

М.Н. Колесник¹, А.С. Опанасюк¹, Н.В. Туркусова¹, С.М. Данильченко²

Сумский государственный университет,
ул. Римского-Корсакова, 2, Сумы, Украина, 40007
E-mail: maxxkol@yahoo.com

² Институт прикладной физики НАН Украины,
ул. Петропавловская, 58, 40030, Сумы, Украина

В работе изучены структурные и электрофизические свойства гетеропереходов ZnTe/CdTe, полученных методом термического испарения в квазизамкнутом объеме. Проведенные исследования позволили определить структурные параметры пленок, такие как текстура, период решетки, размеры кристаллитов и областей когерентного рассеивания, уровень микродеформаций, а также их зависимость от условий получения пленок. Электрофизические исследования позволили определить механизмы зарядопереноса в гетеропереходе.

Ключевые слова: ГЕТЕРОПЕРЕХОД ZNTE/CDTE, СТРУКТУРНЫЙ ФАКТОР, РАЗМЕР ЗЕРНА, ВОЛЬТАМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, МЕХАНИЗМ ЗАРЯДОПЕРЕНОСА, КОЭФФИЦИЕНТ ДИОДНОСТИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. Фаренбрук, Р. Бьюб, *Солнечные элементы. Теория и эксперимент* (Москва: Энергоатомиздат: 1987).
2. J. Poortmans, V Arkhipov, *Thin Film Solar Cells: Fabrication, Characterization and Application* (Belgium: John Wiley&Sons, Ltd. IMEC, Leuven: 2006).
3. Л.А. Косяченко *ФТП* **40** №.6, 730 (2006) (L.A. Kosyachenko, *Semiconductors*, **40** No6, 710 (2006)).
4. X. Wu, J.C. Keane, R.G. Dhere, C. DeHart, D.S. Albin, A. Duda, T.A. Gessert, S. Asher, D.H. Levi, P. Sheldon, *Proc. 17-th European Photovoltaic Solar Energy Conference II*, 995 (Germany: 2001).
5. J. Britt, C.C. Ferekides, *Appl. Phys. Lett.* **62** No22, 2851 (1993).
6. С.А. Музафарова, Ш.А. Мирсагатов, Ф.Н. Джамалов, *ФТП* **43** № 2, 187 (2009) (S.A. Muzafarova, Sh.A. Mirsagatov, F.N. Dzhamalov, *Semiconductors* **43** No2, 175 (2009)).
7. С.А. Музафарова, Ш.А. Мирсагатов, Ж. Жанабергенов, *ФТТ* **49** № 6, 1111 (2007) (S.A. Muzafarova, Sh.A. Mirsagatov, J. Janabergenov, *Phys. Solid State*, **49** No6, 1168, (2007)).
8. S.A. Muzafarova, Sh.A. Mirsagatov, *Ukr. J. Phys.* **51** No11-12, 1125 (2006).
9. D.I. Batzner, A. Romeo, H. Zogg, A.N. Tiwari, R. Wendt, *Proc. 16-th European Photovoltaic Solar Energy Conference* (Glasgow: 2000).
10. A.B.M.O. Islam, N.B. Chaure, J. Wellings, G. Tolan, I.M. Dharmadasa, *Mater. Charact.* **60** No2, 160 (2009).
11. Н.Н. Берченко, В.Е. Кревс, В.Г. Средин, *Полупроводниковые твердые растворы и их применение: Справочные таблицы* (Москва: Воениздат: 1982).
12. Б.Л. Шарма, Р.К. Пурохит, *Полупроводниковые гетеропереходы* (Москва: Советское радио: 1979).
13. С.М. Данильченко, Т.Г. Калініченко, М.М. Колесник, Б.А. Міщенко, А.С. Опанасюк, *Вісник СумДУ. Серія Фізика, математика, механіка* № 1, 115 (2007).
14. М.М. Kolesnyk, D.I. Kurbatov, A.S. Opanasyuk, V.B. Loboda, *Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics* **12** No1, 35 (2009).
15. V.V. Kosyak, M.M. Kolesnyk, A.S. Opanasyuk, *J. Mater. Sci.: Mater. El.* **19** No1, S375 (2008).
16. *Selected powder diffraction data for education straining (Search manual and data cards)* (International Centre for diffraction data: USA: 1988).
17. А.В. Симашкевич *Гетеропереходы на основе полупроводниковых соединений A_2B_6* (Жишинев: Штиинца: 1980).
18. И.П. Калинин, В.Б. Алесковский, *Эпитаксиальные пленки соединений A_2B_6* (Ленинград: Изд-во ЛГУ: 1978).