

М.Л. Ковальчук<sup>1</sup>, З.І. Захарук<sup>1</sup>, Г.І. Раренко<sup>1</sup>, Є.В. Рибак<sup>1</sup>,  
Є.М. Косенков<sup>1</sup>, Е.Б. Тальянський<sup>2</sup>

## Перенастроювані оптичні фільтри і спектрометричні елементи на основі варизонних структур CdHgTe, CdMnHgTe

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича, вул. Коцюбинського, 2,  
м. Чернівці, 58012, Україна, E-mail: [microel@chnu.cv.ua](mailto:microel@chnu.cv.ua)

<sup>2</sup>Stardust Technology, Inc. R&D Dept., 4278 Arthur Kill Rd., Staten Island, NY, USA

В даній роботі приведені розрахунки і експериментальні спектральні залежності оптичної густини вирощених варизонних структур (ВЗС)  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  та  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$  від їх композиційного складу і його розподілу по товщині. Представлені розрахунки і конструкція перенастроюваних оптичних фільтрів і спектрометричних елементів на основі цих ВЗС для ІЧ-області спектру  $\lambda=1\div 6$  мкм.

**Ключові слова:** варизонні структури, оптична густина, спектрометричні елементи.

Стаття поступила до редакції 07.11.2005; прийнята до друку 15.11.2005.

### Вступ

В ІЧ-фотоелектроніці та оптиці широко застосовуються кристали та плівки напівпровідникових твердих розчинів  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  та  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$  з фіксованими значеннями  $x$  та  $y$  [1]. Використовуються також їх епітаксійні плівкові варизонні структури (ВЗС). В них хімічний склад і фізичні властивості змінюються в напрямку перпендикулярному до їх поверхні (координата  $Z$ ). На ВЗС створюються широкополосні фотоприймачі, оптичні фільтри, сонячні елементи [2, 3]. Фізичні властивості, зокрема, ширина забороненої зони  $E_g$  в ВЗС залежить від розподілу компонентів по їх товщині. В нашій роботі досліджено оптичні властивості і варіанти приладних структур ВЗС компонентного складу  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  та  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$ . ВЗС формувались на монокристалічних підкладках відповідно  $\text{CdTe}$  і  $\text{CdMnTe}$  при використанні в якості джерела випаровування кристалів  $\text{HgTe}$ . Найчастіше ВЗС вирощуються методом “випаровування-конденсація-дифузія” (ВКД), де під час їх росту джерело і підкладка знаходяться у вакуумованій ампулі при однаковій температурі [4]. В нашому випадку –  $\text{HgTe}$  випаровується і конденсується на підкладках  $\text{CdTe}$  чи  $\text{CdMnTe}$ . Після цього проходить дифузія ртуті з конденсату в підкладку, одночасно  $\text{Cd}$  чи  $\text{Cd}$  і  $\text{Mn}$  – з підкладки в конденсат. При ізотермічному ВКД композиційний профіль і відповідно  $E_g$  змінюються експоненційно з товщиною ВЗС. Для керування цим профілем ми

здійснювали вирощування при різних температурах підкладки і джерела, під керованим тиском парів ртуті, з використанням ВЗС різного складу в якості джерел випаровування [5].

### І. Розрахунки та дослідження оптичних параметрів ВЗС

В силу природи ВЗС не можуть характеризуватись визначеним коефіцієнтом поглинання. Відповідною інтегральною характеристикою поглинання світла може служити оптична густина  $D$ :

$$D = \int_0^{l_0} \alpha(h\nu, l) dl, \quad (1)$$

де  $\alpha(h\nu, l)$  – локальний коефіцієнт поглинання в точці  $l=Z$  структури. При цьому вважається, що цей коефіцієнт в точці  $l$ , де склад розчину  $x$ , рівний коефіцієнту поглинання однорідного зразка того ж складу  $x$  при тих же енергіях фотонів.

Розглянемо оптичну густину ВЗС у найбільш простому випадку лінійної зміни ширини забороненої зони  $E_g(l) \sim l$ .

Такі структури вирощуються при керуванні тиском парів  $\text{Hg}$  в методі ВКД [5]. Для прямозонних напівпровідникових твердих розчинів з ростом енергії фотонів  $h\nu$  коефіцієнт поглинання  $\alpha(h\nu)$  зростає спочатку експоненційно в відповідності з правилом Урбаха, а тоді по закону

$$\alpha^2 \sim (h\nu - E_g) \quad (2)$$

Тому, локальний коефіцієнт поглинання можна записати у вигляді:

$$\alpha = \begin{cases} \alpha_0 e^{S(h\nu - E_g)} & \text{при } h\nu \leq E_g \\ \chi(h\nu - E_g)^{1/2} + \alpha_0 & \text{при } h\nu \geq E_g \end{cases}, \quad (3)$$

де  $S$ - параметр Урбаха, який характеризує нахил лінійної ділянки залежності  $\ln D$  від енергії фотонів  $h\nu$  і може служити показником структурної досконалості ВЗС.  $\alpha_0$ , і  $\chi$  – параметри, які не залежать від  $h\nu$  і  $E_g$ .

Якщо прийняти в першому наближенні, що композиційний профіль структури є лінійний  $E_g(l) \sim l$ , то після підстановки (3) в (1) та інтегрування одержимо:

в області енергій фотонів  $h\nu \leq E_{g,\min}$  при  $\Delta E_g = \text{const}$ :

$$D = \frac{\alpha_0 l_0}{S \Delta E_g} e^{S(h\nu - E_{g,\min})}, \quad (4)$$

в області  $E_{g,\min} \leq h\nu \leq E_{g,\max}$ :

$$D = \frac{\alpha_0 l_0}{S \Delta E_g} \times \left\{ S(h\nu - E_{g,\min}) \left[ \frac{2}{3} \frac{\chi}{\alpha_0} (h\nu - E_{g,\min})^{1/2} + 1 \right] + 1 \right\} \quad (5)$$

Тут  $\Delta E_g = E_{g,\max} - E_{g,\min}$ . Вважається, що  $\chi$ ,  $\alpha_0$  і  $S$  не залежать від складів  $x$  та  $y$ .

При  $h\nu = E_{g,\min}$ , оптична густина шару  $D(h\nu - E_g) = \frac{\alpha_0 l_0}{S \Delta E_g}$ , що в  $(S \Delta E_g)$  разів менше,

ніж у однорідного зразка тієї ж товщини  $l_0$ , в якому  $E_g = E_{g,\min}$ . У випадку  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  ( $x = 0,2$ ),  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$  ( $x + y = 0,35$ ) величина  $S \Delta E_g \approx 10^2$  [6]. Отже, визначення оптичної ширини забороненої зони  $E_{g,\min}$  по краю поглинання, тобто по графіку  $T(h\nu)$ , як це робиться для однорідних зразків, у випадку варизонних структур неправомірно.

При певних технологічних умовах розподіл компонентів в ВЗС може бути лінійним [5]. Але частіше ВЗС  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  та  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$  вирощувані методом ВКД в ізотермічних умовах мають композиційний профіль близький до експоненційного. Тому профіль (3) і формулу (5) слід вважати наближеними.

Розглянемо оптичне поглинання ВЗС, де залежність  $E_g(l)$  близька до експоненційної

$$E_g \sim \exp\left(-\beta \frac{l}{l_0}\right). \quad \text{Замінімо для спрощення}$$

розрахунку  $\alpha \sim (h\nu - E_g)^{1/2}$  на  $\alpha = \chi(h\nu - E_g) + \alpha_0$ . В цьому випадку після підстановки (3) в (1) та інтегрування одержимо:

в області  $h\nu \leq E_{g,\min}$ :

$$D = \frac{\alpha_0 l_0}{\beta S \Delta E_g} e^{S(h\nu - E_{g,\min})}, \quad (6)$$

в області  $E_{g,\min} \leq h\nu \leq E_{g,\max}$ :

$$D = \frac{\alpha_0 l_0}{\beta} \left[ \left( 1 + \frac{\chi}{\alpha_0} q \right) \ln \frac{q}{\delta} - \frac{\chi}{\alpha_0} (q - \delta) + (1 + Sq) \ln \left( 1 + \frac{1}{Sq} \right) \right], \quad (7)$$

де  $q = h\nu - E_{g,\min} + \delta$ ,  $\delta = \Delta E_{g,\max} - \Delta E_{g,\min} / (e^\beta - 1)$ . Оскільки звичайно  $\beta > 3$ , то  $\delta \approx \Delta E_g \cdot e^{-\beta}$  – мала величина.

Для визначення величини оптичної густини ВЗС проводили вимірювання спектральної залежності коефіцієнтів пропускання  $T(\lambda)$  ВЗС  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  і  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$  на інфрачервоному спектрометрі. Роздільна здатність приладу на довжині хвилі  $\Delta\lambda/\lambda$  – не гірша 0,5 %, точність вимірювання пропускання була  $\Delta T \approx 0,02$ . За допомогою експериментально одержаних величин  $T$ ,  $\alpha$  та  $l$  була обчислена оптична густина ВЗС, вирощених в різних технологічних умовах (таблиця 1, рис. 1). Зміщення кривих  $D(h\nu)$  в область більших значень  $h\nu$  відбувається за рахунок змін товщини ВЗС і композиційного профілю (рис. 1, криві 1-5). Для зразків, які мають близький склад на поверхні і близькі значення товщини ВЗС, але відрізняються композиційним профілем ми одержуємо різні значення оптичної густини  $D$  (рис. 1, криві 3, 4).

Таблиця 1

Умови вирощування, товщина  $l$  та склад  $x$  поверхні ВЗС  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ .

№	Склад поверхні, $x$	Товщина ВЗС, $l_0$ (мкм)	Метод вирощування
1	0,35	10	Ізотермічний ВКД (джерело – ВЗС з іншим значенням $x(l)$ )
2	0,32	22	ВКД (температура підкладки більша ніж температура плівки)
3	0,30	25	ВКД в присутності парів $\text{Cl}$
4	0,29	32	Ізотермічне ВКД
5	0,28	65	ВКД при керуванні тиском ртуті

В деяких випадках в ВЗС  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$  р-типу провідності спостерігалось погіршення пропускання випромінювання. Особливо це проявлялось на вирощуваних ВЗС при високих температурах  $T \geq 590^\circ\text{C}$ . Такі умови підвищують ймовірність утворення вакансій ртуті (акцепторів), які викликають додаткове поглинання. Збільшення оптичної густини невідпалених ВЗС такого типу в області прозорості при  $300^\circ\text{C}$  описується законом  $D = f(\lambda^r)$ , що характерно для поглинання вільними носіями заряду (рис. 2, крива 3). В ВЗС  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Mn}_y\text{Te}$  (рис. 2, крива 1), пропускання випромінювання мало характер  $T \sim \lambda^r$ , де  $r = 0,85 \div 1,1$ .

Стехіометричним відпалом в рівноважних парах ртуті при 200°C ( $\tau = 100$  год) вдавалось значно понизити цей вид поглинання (рис. 2, крива 2).

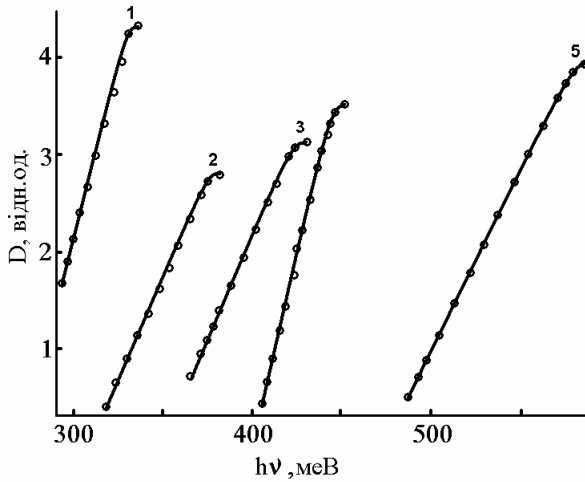


Рис. 1. Спектральні залежності оптичної густини ВЗС  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ . Нумерація кривих відповідає номерам ВЗС в Таблиці 1.

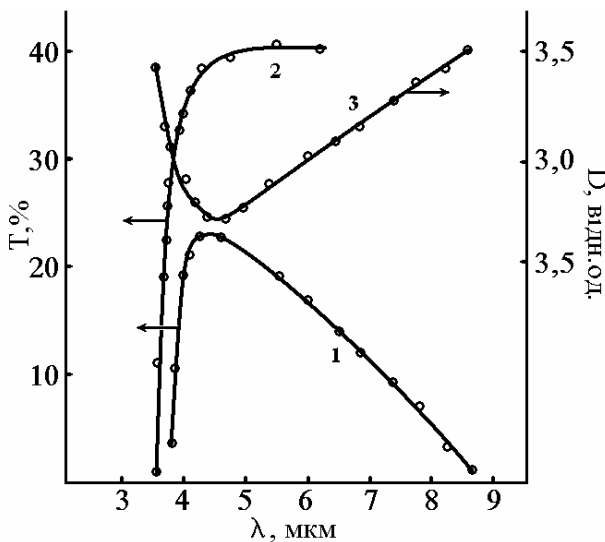


Рис. 2. Спектральна характеристика ВЗС  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$  (склад поверхні:  $x=0,25$ ,  $y=0,10$ ): 1,2 – пропускання випромінювання до і після відпалу; 3 – оптична густина до відпалу.

## II. Перенастроювані оптичні фільтри і спектрометричні елементи на основі ВЗС

Варизонність вирощених нами шарів використана при конструюванні різноманітних оптичних приладів. В якості таких пропонуються перенастроювані оптичні фільтри і спектрометричні елементи, виготовлені на базі ВЗС  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ ,  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$ .

Під кутом 0,5 градуса до поверхні ВЗС, по всій її товщині (координата  $Z$ ) робився косий зріз (шліф) довжиною 10 ÷ 15 мм вздовж координати  $Y$ . На його поверхню проступав послідовно весь композиційний

профіль структури. Оскільки спектральне положення "краю поглинання" визначається в першу чергу мінімальною шириною забороненої зони по ходу променя, то така структура представляє собою плавно-перенастроюваний відрізаючий оптичний фільтр. Перенастройка фільтра виконується шляхом поступального переміщення променя-зонда, перпендикулярного поверхні фільтра, в напрямі  $Y$ , що співпадає зі зміною ширини забороненої зони на поверхні структури. На рис. 3 показана залежність положення краю поглинання такого фільтра від його зміщення відносно променевого пучка. Розрізнення в шкалі довжин хвиль зондуємого променя покращується з довжиною хвилі. Цей ефект пов'язаний з видом композиційного профілю варизонного шару.

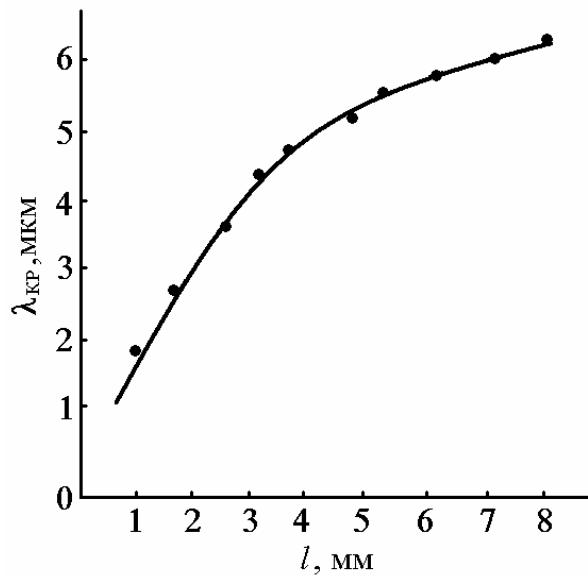


Рис. 3. Положення краю поглинання перенастроюваного фільтра в залежності від його зміщення відносно променевого пучка на ВЗС  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$ .

В області глибокого однофотонного поглинання згідно правила Урбаха коефіцієнт поглинання для  $h\nu \leq \Delta E_g$  має вигляд (3). У випадку спектрометричного елемента, коли опромінення здійснюється послідовно у певних точках косою шліфа ВЗС, при умові  $dE_g/dz = \text{const}$ , де  $\nabla_z E_{g,y} = (E_{g,y,\text{max}} - E_{g,y,\text{min}})/l_0$ , де  $E_{g,y,\text{min}} = E_g(Z = l_0)$ , а  $E_{g,y,\text{max}} = E_g(Z = 0)$ . Оптична густина (4) набуде вигляду

$$D \approx \frac{\alpha_0}{S \nabla_z E_g} e^{S(h\nu - E_\phi(y))}, \quad (8)$$

де  $E_\phi(y)$  – ширина забороненої зони на поверхні шару в точці падіння променя.

Локальний коефіцієнт пропускання фільтра тоді можна записати наступним чином:

$$T(h\nu) = (1 - R) \exp \left\{ - \frac{\alpha_0}{S \nabla_z E_g} e^{S(h\nu - E_\phi)} \right\} \quad \text{при} \quad h\nu \leq E_\phi, \quad (9)$$

де  $R$  - коефіцієнт відбивання поверхні ВЗС.

В поліхроматичному випромінюванні потік, що пройшов через фільтр, буде пропорційний  $T(h\nu)$ . Крутизна краю поглинання буде високою в тому випадку, якщо  $\nabla_z E_g \leq 0,3\alpha_0/S$ , тобто шар повинен бути порівняно товстим.

Розглянемо тепер спектрометричний елемент на базі ВЗС. На поверхні шару при наявності градієнтів  $\nabla_z E_g$  і  $\nabla_y E_g$ , як це було описано по відношенню до варизонного перенастроюваного фільтра, формується контактний бар'єр метал-напівпровідник. Світловий потік, що досягає області об'ємного заряду, генерує фотострум, густина якого, без врахування рекомбінації в шарі об'ємного заряду, має вигляд:

$$I(h\nu) = e \left[ q_p + \int_w G(z, h\nu) dz \right], \quad (10)$$

$$I(h\nu) = \begin{cases} A\Phi_0 \exp[S(h\nu - E_{g,\min})] & \text{при } h\nu \leq E_\Phi \\ A\Phi_0 \exp \left[ -\frac{h\nu - E_{g,\min}}{L_p^+ \nabla_z E_g} - \frac{\alpha_0}{S \nabla_z E_g} e^{S(h\nu - E_\Phi)} \right] & \text{при } E_{g,\min} \leq h\nu \leq E_\Phi \end{cases}, \quad (11)$$

де  $A = \text{const}(h\nu)$ ,  $\Phi_0$  - падаючий поліхроматичний потік,  $E_{g,\min}$  - мінімальне значення  $E_g$  на початковій поверхні ВЗС. Якщо виконати конструкцію елемента таким чином (що технічно можливо) щоб мінімальна різниця  $[E_\Phi(y) - E_{g,\min}(y)]$  забезпечувала максимум спектральної характеристики близький до  $I_{\max} = A\Phi_0$ , то реалізується селективна фоточутливість такої структури. Переміщуючи елемент відносно нормально падаючого променя, можна досліджувати його спектр. Вимоги до фоточутливого варизонного шару в конструкції елемента, що містить варизонний

де  $q_p$  - потік нерівноважних дірок,  $W$  - ширина об'ємного заряду,  $G$  - функція генерації.

Спектральна характеристика такого елемента визначається точкою падіння променя і мінімальною шириною забороненої зони  $E_{g,\min}$  в цій точці.

Метод ізотермічного росту [4, 5] дозволяє створювати одночасно з обох сторін підкладки ідентичні варизонні структури. Це дає можливість сумістити на одному кристалі два прилади - перенастроюваний оптичний фільтр і спектрометричний елемент.

При умові, що дифузійна довжина носіїв заряду  $L^+ \ll Y_0$ , спектральна характеристика такого елемента має вигляд:

фільтр, суттєво нижчі, ніж в звичайних конструкціях, де необхідною умовою є наявність товстого варизонного шару:  $L^+ \ll l_0$ .

Розглянемо елемент з варизонним фільтром, в якому ця умова не виконується, і, більш того,  $L^+ \gg l_0$ . Якщо для простоти прийняти, що при  $h\nu \geq E_g$ ,  $\alpha = \alpha_0 + b(h\nu - E_g)$ , де  $\alpha_0$ ,  $b$  - постійні величини, то спектральна характеристика фотоповідповіді може бути представлена у вигляді:

$$I(h\nu) = \begin{cases} A\Phi_0 \left\{ 1 - \exp \left[ -\frac{\alpha_0}{\nabla_z E_g} (h\nu - E_{g,\min}) \right] \right\} & \text{при } E_{g,\min} \leq h\nu \leq E_\Phi \\ A\Phi_0 \exp \left\{ -\frac{\alpha_0}{\nabla_z E_g} \left( h\nu - E_\Phi + \frac{b}{2\alpha_0} (h\nu - E_\Phi)^2 \right) \right\} & \text{при } h\nu \geq E_\Phi \end{cases}. \quad (12)$$

Відомо [2, 6], що при виконанні умови  $L^+ + W \ll l_0$  спектральна характеристика фото-ЕРС поверхнево-бар'єрної структури буде селективною, а у випадку  $L^+ + W > l_0$  - широкосмужовою.

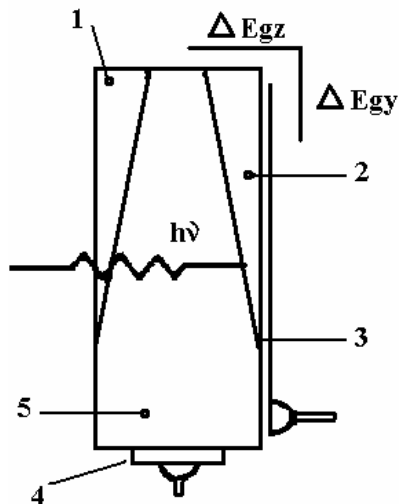
Максимум спектральної характеристики  $I_{\max} \approx A\Phi_0$  може бути забезпечений при дотриманні селективності, що відповідає умові:

$$\Delta Z \approx 3 \frac{\nabla_z E_g}{\nabla_y E_g} \frac{1}{\alpha_0} \quad (13)$$

Таким чином, в спектрометричних елементах на базі тонких варизонних структур реалізується

селективна фоточутливість з максимумом поблизу енергій фотонів  $(h\nu)_{\max} \approx E_\Phi$ . З просуванням променя до вузькозональної частини елемента фото-ЕРС помітно знижується внаслідок зменшення висоти бар'єру, тоді як напівширина селективної спектральної характеристики зростає в зв'язку з зменшенням коефіцієнта поглинання і збільшенням дифузійно-дрейфової довжини.

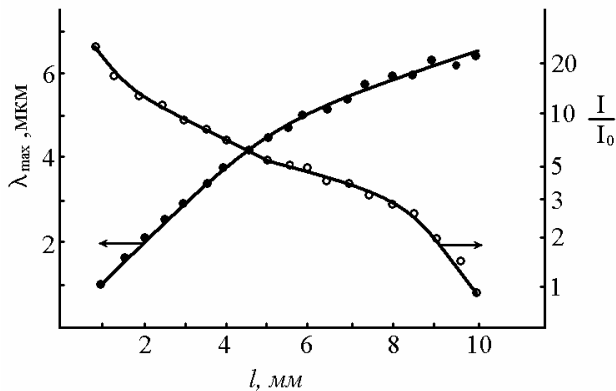
Конструкція спектрометричного елемента на основі двохсторонньої ВЗС  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$  на підкладці  $\text{CdMnTe}$  подана на рис. 4.



**Рис. 4.** Конструкція спектрометричного елемента на основі двох ВЗС  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  вирощених на одній підкладці.

1 – фільтруюча ВЗС, 2 – фотоприймальна ВЗС, 3 – випрямляючий контакт, 4 – омічний контакт, 5 – підкладка з телуриду кадмію.

На рис. 5 показані залежності в реальних спектрометричних елементах на базі шарів ВЗС  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  положення максимума фотовідповіді та її відносної величини від координати променевого зонда на поверхні цього фотоелемента.



**Рис. 5.** Розташування спектрального максимума фотовідповіді і її відносна величина в залежності від зміщення світлового зонда по поверхні спектрометричного елемента.

## Висновки

Вирощені епітаксійні варизонні структури (ВЗС)  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ ,  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$  на підкладках з монокристалів  $\text{CdTe}$  і  $\text{CdMnTe}$  видозміненим методом «випаровування-конденсація-дифузія» (ВКД). В якості джерела для випаровування використано кристали  $\text{HgTe}$ . Показано, що можна спрямовано керувати розподілом компонентів по товщині ВЗС при незалежній зміні температури джерела і підкладки, при керуванні тиском парів ртуті. В силу змінного складу варизонні структури не можуть характеризуватись одним визначеним оптичним коефіцієнтом поглинання. Тому для характеристики проходження випромінювання через такі структури, доцільно застосовувати оптичну густину. Остання була порахована в загальному вигляді для різних композиційних профілів в структурах і заміряна для  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ ,  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$  ВЗС. Обраховані і створені на їх основі перенастроювані довгохвильові ІЧ-фільтри та спектрометричні елементи на діапазон  $\lambda = 1\div 6$  мкм.

**Захарук З.І.** – старший науковий співробітник;

**Ковальчук М.Л.** – аспірант;

**Косенков Є.М.** – старший науковий співробітник;

**Раренко Г.І.** – канд. фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник;

**Рибак Є.В.** – науковий співробітник;

**Тальянський Е.Б.** – науковий співробітник.

- [1] A. Rogalski. Infrared detectors: Overseas Publishes Association (2000).
- [2] А.Р. Ананьева, А.В. Беркелиев, Ю.А. Гольдберг, Б.В. Царенков. Полосовые варизонные поверхностно-барьерные фотоприемники // *ФТП*, **14**(2), сс. 356-359 (1980).
- [3] O.A. Bodnaruk, A.V. Marcov, S.E. Ostapov, A.I. Rarenko, V.M. Godovanyuk. Shottky diode on base of the solid solution  $\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$  // *SPIE*, **3890**, pp. 111-116 (1999).
- [4] F. Bailly, G. Cohen-Solal, I. Marfaing. Preparation et control de structures a largeur de bande interdite variable // *CR Acad. Sc. Paris*, **257**, pp. 103-108 (1963).
- [5] V.S. Antonov, O.N. Janikay, A.I. Rarenko, S.L. Koroluk, E.D. Talyanskiy, Z.I. Zakharuk. Dependence of compositional profile and structural perfection of  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  films // *SPIE*, **3890**, pp. 523-527 (1999).
- [6] Э.Б. Тальянский, Я.И. Кушнир, А.Ф. Слонцкий, И.М. Раренко. Электрофизические свойства тонких варизонных структур  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  // *УФЖ*, **23**(5), сс. 833-837 (1978).

M.L. Koval'chuk<sup>1</sup>, Z.I. Zakharuk<sup>1</sup>, A.I. Rarenko<sup>1</sup>, Ye.V. Rybak<sup>1</sup>,  
Ye.M. Kosenkov<sup>1</sup>, E.B. Tal'yanski<sup>2</sup>

## **Tunable optical filters and spectrometric elements based on CdHgTe and CdMnHgTe graded band-gap structures**

<sup>1</sup>*'Yuriy Fedkovich' Chernivtsi National University, 2, Kotsyubynskiy Str., Chernivtsi, 58012, Ukraine,*

*E-mail: [microel@chnu.cv.ua](mailto:microel@chnu.cv.ua)*

<sup>2</sup>*Stardust Technology, Inc. R&D Dept., 4278 Arthur Kill Rd., Staten Island, NY, USA*

The present paper deals with calculations and experimental dependencies of  $\text{Cd}_{1-x}\text{Hg}_x\text{Te}$  and  $\text{Cd}_{1-x-y}\text{Mn}_y\text{Hg}_x\text{Te}$  grown graded band-gap structures (GBS) on their chemical composition and its distribution along thickness. Calculations and construction of tunable optical filters and spectrometric elements based on these GBS for  $\lambda=1\div 6\text{ }\mu\text{m}$  IR-region are represented.