

У.М. Писклинець  
**Атомні дефекти у кристалах CdTe:Ge**

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,  
буль. Шевченка, 57, Івано-Франківськ, 76000, Україна, e-mail: freik@pu.if.ua*

На основі квазіхімічної теорії проведено аналіз дефектного стану кристалів CdTe<Ge> при відпалі у парі кадмію. Показано, що модель асоціативних центрів ( $Ge_{Cd}V_{Cd}$ ) дає задовільне узгодження з експериментом при  $P_{Cd} \sim 10^2$  Па. В області високих парціальних тисків пари кадмію потрібно враховувати крім того існування домішки у вигляді преципітатів.

**Ключові слова:** телурид кадмію, високотемпературний відпал, ефект Холла, точкові дефекти, дефектна структура, моделювання.

*Стаття постуила до редакції 12.09.2004; прийнята до друку 19.11.2004.*

## I. Вступ

Властивості телуриду кадмію чутливі до незначних змін їх складу, який в свою чергу залежить від умов синтезу і відпалу у парах компонентів, а також концентрації легуючої домішки. Вивчення процесів легування нерозривно пов'язане із дослідженням як дефектної структури матеріалу, так і механізмів впровадження домішки в матрицю. Вперше власне розупорядкування в CdTe на основі низькотемпературних вимірювань ефекту Холла і самодифузії Cd і Te в ґратці сполуки описав Нобель [1]. Спроби реконструювати високотемпературні властивості матеріалу мали тільки частковий успіх, оскільки вимірювання проводились на охолоджених зразках. Не зважаючи на це, Нобель зумів визначити основні атомні дефекти як у нелегованому так і легovanому (In, Cu, Au) телуриді кадмію. Дещо пізніше низкою авторів [2-5] зроблено деякі уточнення дефектної підсистеми CdTe. Їх результати були отримані вже в експериментах за умов високотемпературної рівноваги точкових дефектів.

Сьогодні природа домінуючих дефектів в області високих  $P_{Cd}$  певною мірою зрозуміла на відміну від протилежної частини області гомогенності CdTe – при високих  $P_{Te_2}$ . Фочуком зі співавторами [6] встановлено, що домінуючим власним точковим дефектом у нелегованому CdTe в області насиченої пари кадмію при  $T > 873$  К є  $Cd_i^{+2}$  з ентальпією утворення  $\sim 2,1$  еВ. При парціальних тисках близьких до  $P_{Cd}^{min}$  припускають переважання різних власних точкових дефектів [1] або ж вважають, що ситуація визначається неконтрольованими акцепторами чи їх

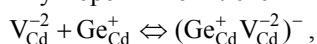
асоціатами [2, 5, 7].

Легування кристалів телуриду кадмію германієм дозволяє отримати високоомний, за властивостями близький до власного матеріал, що пояснюють присутністю глибоких акцепторних ( $E_v + 0,6-0,7$  еВ) рівнів [8]. Варто відмітити стабілізуючу роль германію в ґратці CdTe. Цікаво, що на відміну від нелегованого телуриду кадмію електричні характеристики легованих зразків зберігаються незмінними після нагріву від кімнатної температури до 423 К і не мають тенденції до змін з часом [9]. Тому відкриваються можливості його використання в різних областях напівпровідникового приладобудування [10], зокрема в пристроях, які працюють при підвищених температурах. Ці зразки також характеризуються значною фотопровідністю [11-14].

В з'ясуванні природи і концентрації атомних дефектів, що визначають властивості даної речовини, важливу роль відіграє дослідження явищ переносу (дифузії) і границь розчинності домішки як функції технологічних факторів. Панчуком зі співавторами [15] встановлено, що діаграма стану системи CdTe-Ge є квазібінарною, евтектичного типу і характеризується широкою областю розшарування. Залежність розчинності Ge в CdTe від  $P_{Cd}$  має складний характер [16]. При 903-1073 К значення нахилів ліній в координатах  $\lg C_{Ge} - \lg P_{Cd}$   $\gamma < 0$  (залежність антибатна), при  $\sim 1093$  К  $\gamma \approx 0$  (залежність відсутня), а при більш високих температурах  $\gamma > 0$  (залежність симбатна). Одержані результати, на думку авторів, свідчать про амфотерну поведінку домішки в матеріалі. Так, при низьких температурах (873-1073 К) впровадження Ge в CdTe відбувається переважно в підґратку кадмію, а при

високих ( $> 1073$  K) – в підгратку телуру. В області середніх температур (1073-1093 K) значення розчинності германію  $C_{Ge}$  в обидвох підгратках є близькими, тому  $C_{Ge}$  не залежить від  $P_{Cd}$ . Температурна залежність розчинності Ge в CdTe при  $P_{Cd}^{max}$  і  $P_{Cd}^{min*}$  має ретроградний характер з максимумами  $4 \times 10^{19} \text{см}^{-3}$  ( $T = 1053$  K) при  $P_{Cd}^{min*}$  і  $4 \times 10^{18} \text{см}^{-3}$  ( $T = 1173$  K) при  $P_{Cd}^{max}$  [17]. На основі як баричної так і температурної залежностей коефіцієнта дифузії  $D_{Ge}$  в CdTe зроблено висновок про переважно вакансійний механізм дифузії з домінуючим внеском вакансій кадмію.

Є значна кількість робіт з дослідження дефектного стану легованого германієм телуриду кадмію, які в тій чи іншій мірі пояснюють експериментальні дані в різних температурних областях. Так, в [18, 19] запропонована модель впровадження Ge в CdTe, що базується на припущенні утворення комплексів

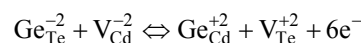
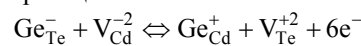


яким приписують характерний для CdTe:Ge акцепторний рівень  $E_v + (0,60-0,65)$  eV.

На основі досліджень високотемпературних електричних характеристик вирощених методом Бріджмена і легованих Ge монокристалів CdTe авторами [20] зроблено наступні висновки. При температурах 873-1173 K і максимальних значеннях  $P_{Cd}^{*}$  концентрація електронів є практично однаковою як у CdTe:Ge, так і у нелегованому матеріалі. Це

може бути пов'язано із взаємною компенсацією мілких акцепторних і донорних центрів, присутніх в ґратці сполуки за рахунок власного розупорядкування та легування, що свідчить про амфотерні властивості домішкових атомів в сполуці телуриду кадмію.

Передислокацію атомів Ge з підгратки Te в підгратку Cd при збільшенні температури в [20] описано реакціями:

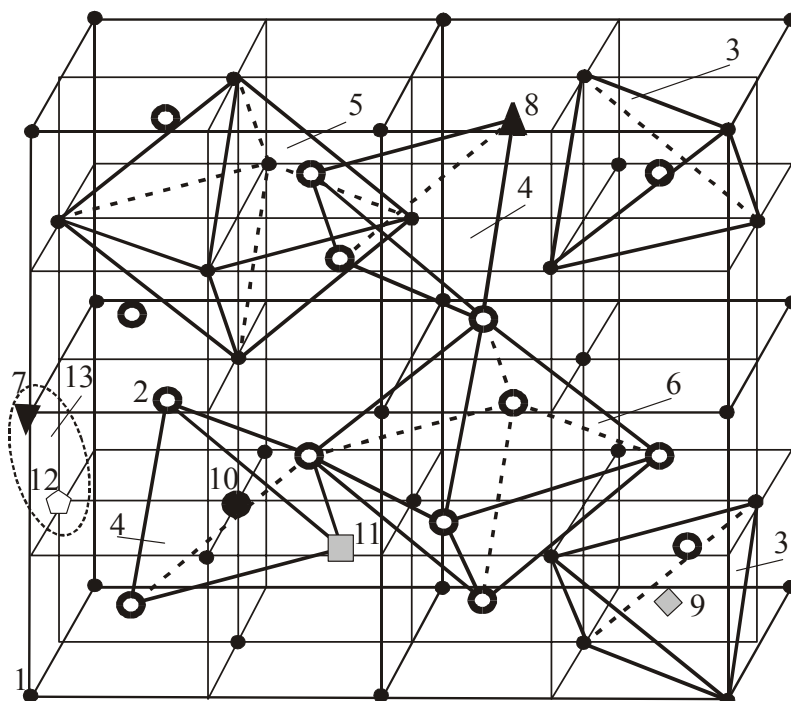


За отриманими результатами авторами [19] побудовані апроксимаційні діаграми, які є наближеними і неповно описують дефектну підсистему кристалів, зокрема на межі областей апроксимації.

Тому метою цієї роботи було проведення комп'ютерного моделювання дефектної підсистеми кристалів CdTe:Ge при високотемпературному відпалі у парах кадмію на основі квазіхімічного підходу з можливістю аналізу поведінки домішки Ge в ґратці CdTe та узгодження експериментальних даних та теоретичних розрахунків.

## II. Квазіхімічний опис атомних дефектів

Атоми германію займають у кристалічній ґратці CdTe позиції кадмію і телуру, проявляючи таким

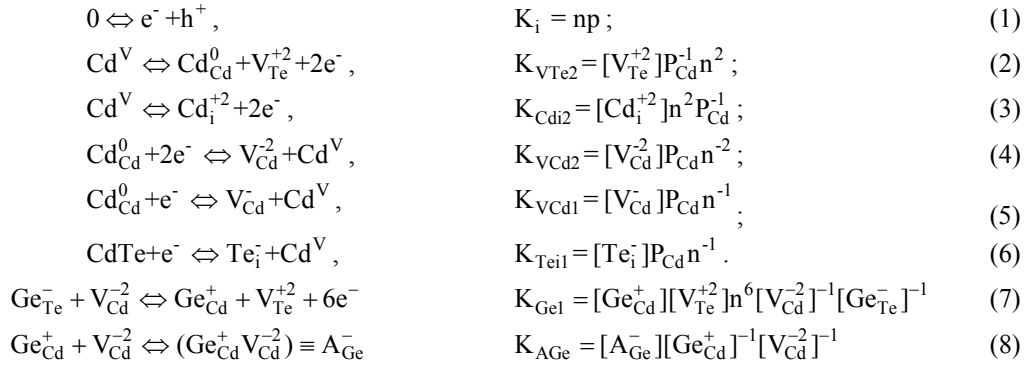


**Рис. 1.** Атомні дефекти у кристалічній структурі CdTe:Ge типу сфалериту: 1 – атом кадмію  $Cd_{Cd}$ ; 2 – атом телуру  $Te_{Te}$ ; 3 – тетраедрична порожнина в оточенні кадмію; 4 – тетраедрична порожнина в оточенні телуру; 5 – октаедрична порожнина в оточенні кадмію; 6 – октаедрична порожнина в оточенні телуру; 7 – вакансія кадмію  $V_{Cd}$ ; 8 – вакансія телуру  $V_{Te}$ ; 9 – вкорінений атом телуру  $Te_i$ ; 10 – вкорінений атом кадмію  $Cd_i$ ; 11 – домішка германію у положенні телуру  $Ge_{Te}$ ; 12 – домішка германію у положенні кадмію  $Ge_{Cd}$ ; 13 – акцепторний комплекс  $(Ge_{Cd} V_{Cd})$ .

чином як донорну, так і акцепторну дію (рис. 1). Власні точкові дефекти, взаємодіючи з домішками за певних умов можуть утворювати різного типу електрично активні і неактивні комплекси (асоціати). Тому для аналізу дефектного стану CdTe:Ge розглянуто моделі ізольованих точкових дефектів та

асоціативних центрів.

Рівновагу дефектів кристалів CdTe:Ge при їх високотемпературному термічному відпалі, враховуючи результати робіт [19, 20, 22], можна описати наступними квазіхімічними реакціями:



Рівняння матеріального балансу:

$$Ge_{tot} = [Ge_{Cd}^+] + [Ge_{Te}^-] + [A_{Ge}^-] \quad (9)$$

Умова електронейтральності матеріалу визначається як

$$n + [V_{Cd}^-] + 2[V_{Cd}^{-2}] + [Te_i^-] + [Ge_{Te}^-] + [A_{Ge}^-] = p + 2[Cd_i^{+2}] + 2[V_{Te}^{+2}] + [Ge_{Cd}^+] \quad (10)$$

Вирази для концентрацій власних і домішкових дефектів мають вигляд:

$$\begin{aligned}
 [V_{Cd}^-] &= K_{V_{Cd}1} n / P_{Cd}, \\
 [V_{Cd}^{-2}] &= K_{V_{Cd}2} n^2 / P_{Cd}, \\
 [Te_i^-] &= K_{Te_i1} n / P_{Cd}, \\
 [Cd_i^{+2}] &= K_{Cd_i2} P_{Cd} / n^2, \\
 [V_{Te}^{+2}] &= K_{V_{Te}2} P_{Cd} / n^2, & (11) \\
 [Ge_{Cd}^+] &= K_{Ge1} K_{V_{Cd}2} Ge_{tot} / (K_{Ge1} K_{V_{Cd}2} (K_{A_{Ge}} K_{V_{Cd}2} n^2 / P_{Cd} + 1) + K_{V_{Te}2} P_{Cd}^2 n^2), \\
 [Ge_{Te}^-] &= K_{V_{Te}2} Ge_{tot} P_{Cd} n^2 / (K_{Ge1} K_{V_{Cd}2} (K_{A_{Ge}} K_{V_{Cd}2} n^2 / P_{Cd} + 1) + K_{V_{Te}2} P_{Cd}^2 n^2), \\
 [A_{Ge}^-] &= K_{Ge1} K_{A_{Ge}} K_{V_{Cd}2}^2 Ge_{tot} n^2 / (P_{Cd} (K_{Ge1} K_{V_{Cd}2} (K_{A_{Ge}} K_{V_{Cd}2} n^2 / P_{Cd} + 1) + K_{V_{Te}2} P_{Cd}^2 n^2)).
 \end{aligned}$$

Тут індекс V – пара; Cd<sub>Cd</sub> – атоми кадмію у вузлі; Cd<sub>i</sub>, Te<sub>i</sub> – міжвузлові атоми кадмію і телуру; V<sub>Cd</sub>, V<sub>Te</sub> – вакансії в обох підгратках відповідно; e<sup>-</sup> – електрони; h<sup>+</sup> – дірки; -, + – знаки заряду.

Підстановкою співвідношень для концентрацій дефектів (11) в умову електронейтральності (10) можна отримати рівняння для знаходження концентрації електронів як функції констант рівноваги квазіхімічних реакцій дефектоутворення, парціального тиску пари кадмію та вмісту домішки.

Концентрація носіїв струму n<sub>x</sub>, яку визначають експериментально із ефекту Холла, чисельно дорівнює:

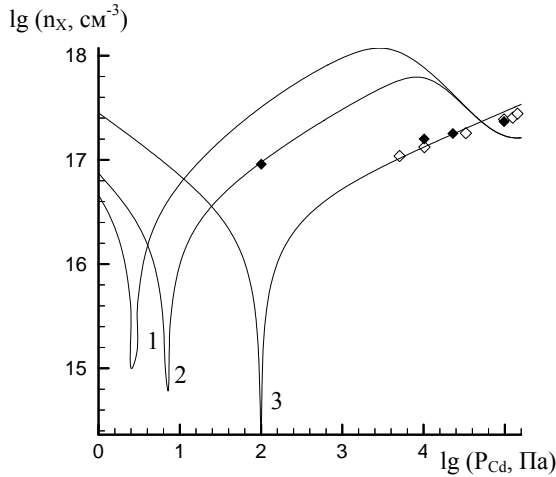
$$n_x = n - p = n - K_i n^{-1}$$

В моделях не враховувалася можливість утворення нейтральних асоціатів типу (2Ge<sub>Cd</sub><sup>+</sup>V<sub>Cd</sub><sup>-2</sup>)<sup>0</sup> та (Ge<sub>Cd</sub><sup>+</sup>V<sub>Cd</sub><sup>-2</sup>)<sup>0</sup>, хоча в роботах Харифа [21] стверджується про домінування саме електронейтральних власних точкових дефектів в кристалах телуриду кадмію.

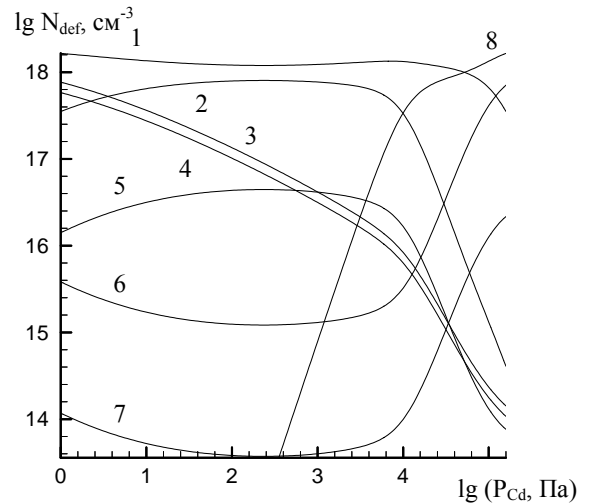
### III. Результати та обговорення

Високотемпературний відпал телуриду кадмію при температурі 1073 K і парціальних тисках пари кадмію P<sub>Cd</sub> < 10<sup>2</sup> Па дає можливість отримати матеріал діркової провідності (рис. 2, крива 3). Із зростанням парціального тиску пари кадмію концентрація дірок зменшується, і в діапазоні 10<sup>2</sup> Па < P<sub>Cd</sub> < 10<sup>3</sup> Па відбувається інверсія провідності з p- на n-тип. Рівняння парціального тиску пари кадмію, що відповідає термодинамічному n-p-переходу в залежності від температури відпалу, знайдено Фреїком зі співавторами [23]. При 1073 K та P<sub>Cd</sub> > 10<sup>3</sup> Па отримуємо матеріал електронної провідності.

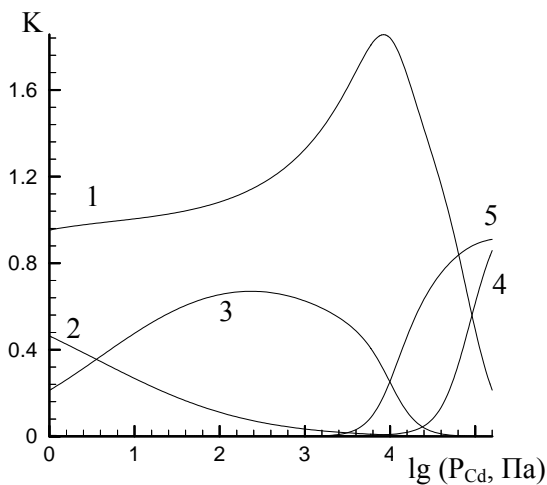
Аналогічний характер холлівської концентрації носіїв заряду спостерігається і для легованого германієм телуриду кадмію в області низьких та середніх парціальних тисків пари кадмію (P<sub>Cd</sub> < 10<sup>4</sup> Па). Модель дефектної підсистеми з



**Рис. 2.** Холлівська концентрація носіїв заряду як функція парціального тиску пари кадмію у кристалах CdTe (відкриті символи) і CdTe:Ge (заповнені символи) при температурі відпалу  $T = 1073$  К. Концентрація германію  $Ge_{tot} = 2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ . Суцільні лінії – розрахунок: 1 – без урахування комплексів  $(Ge_{Cd}^+ V_{Cd}^{-2})^-$ ; 2 – 3 урахуванням комплексів  $(Ge_{Cd}^+ V_{Cd}^{-2})^-$ ; 3 – нелегований телурид кадмію. Експеримент – [20].



**Рис. 3.** Залежність концентрації атомних дефектів у кристалах CdTe:Ge від парціального тиску пари кадмію: 1 –  $[Ge_{Cd}^+]$ , 2 –  $[(Ge_{Cd}^+ V_{Cd}^{-2})^-]$ , 3 –  $[V_{Cd}^-]$ , 4 –  $[Te_i^-]$ , 5 –  $[V_{Cd}^{-2}]$ , 6 –  $[Cd_i^{+2}]$ , 7 –  $[V_{Te}^{+2}]$ , 8 –  $[Ge_{Te}^-]$ . Температура відпалу:  $T = 1073$  К, концентрація германію  $Ge_{tot} = 2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ .



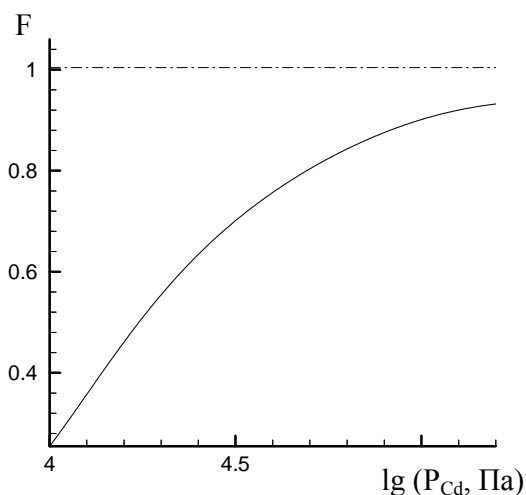
**Рис. 4.** Залежність парціальних коефіцієнтів компенсації  $K$  у кристалах CdTe:Ge від парціального тиску пари кадмію: 1 –  $[Ge_{Cd}^+]/\sum N_A$ , 2 –  $[V_{Cd}^-]/\sum N_D$ , 3 –  $[(Ge_{Cd}^+ V_{Cd}^{-2})^-]/\sum N_D$ , 4 –  $2[Cd_i^{+2}]/\sum N_A$ , 5 –  $[Ge_{Te}^-]/\sum N_D$ . Температура відпалу:  $T = 1073$  К, концентрація германію  $Ge_{tot} = 2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ .

врахуванням акцепторних асоціатів  $(Ge_{Cd}^+ V_{Cd}^{-2})^-$  дає задовільне узгодження з експериментом при  $P_{Cd} \sim 10^2$  Па (рис. 2, крива 2), тоді як розрахунок на основі припущення лише ізольованих точкових дефектів цього не забезпечує (рис. 2, крива 1). В діапазоні парціальних тисків пари кадмію

$10^2 \text{ Па} < P_{Cd} < 10^5 \text{ Па}$  спостерігається спочатку зростання концентрації вільних носіїв заряду, при  $P_{Cd} \sim 10^4$  Па вона досягає максимального значення і починає зменшуватися до величини, що відповідає нелегованому телуриду кадмію. На експерименті цього ж не спостерігається. Це свідчить про те, що дана модель в області насичення кадмієм не описує адекватно експериментальні результати. Це можливо пов'язано з тим, що вона не враховує обмеженої розчинності домішки.

Отримана залежність холлівської концентрації носіїв заряду зумовлена некомпенсованими власними та домішковими дефектними центрами (рис. 3).

Для ідентифікації домінуючих дефектів при реалізації їх значного спектру розраховано парціальні коефіцієнти компенсації (рис. 4). При парціальних тисках пари кадмію  $P_{Cd} < 10^3$  Па германій знаходиться практично у підгратці кадмію і частково компенсується акцепторними комплексами  $(Ge_{Cd}^+ V_{Cd}^{-2})^-$ , що дає задовільне узгодження з експериментом. Зі збільшенням парціального тиску пари кадмію концентрація асоціативних центрів різко зменшується, що призводить до швидкого зростання концентрації вільних носіїв заряду і значного відхилення від експериментальних результатів. В цій області холлівська концентрація носіїв заряду контролюється домішковими центрами  $Ge_{Cd}^+$ , оскільки концентрації інших дефектів є значно меншими. Зменшення концентрації вільних носіїв заряду в діапазоні парціальних тисків пари кадмію  $\sim 10^4$ - $10^5$  Па зумовлене переходом германію з



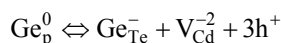
**Рис. 5.** Залежність відносного коефіцієнта компенсації  $F = [\text{Ge}_{\text{Te}}^-] / ([\text{Ge}_{\text{Cd}}^+] + 2[\text{Cd}_i^{+2}])$  для кристалів CdTe:Ge від парціального тиску пари кадмію. Температура відпалу:  $T = 1073$  К, концентрація германію  $\text{Ge}_{\text{tot}} = 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ .

підгратки кадмію у підгратку телуру. При цьому інверсії типу провідності не відбувається, оскільки в цій області домішкові центри  $\text{Ge}_{\text{Te}}^-$  будуть повністю компенсуватися як  $\text{Ge}_{\text{Cd}}^+$  так і власними атомними дефектами  $\text{Cd}_i^{+2}$  (рис. 5).

Для узгодження теоретичних розрахунків і експерименту при високих парціальних тисках пари кадмію потрібно враховувати обмежену розчинність домішки. Імовірно, що в цій області частина домішки знаходиться у вигляді преципітатів  $\text{Ge}_p$ :

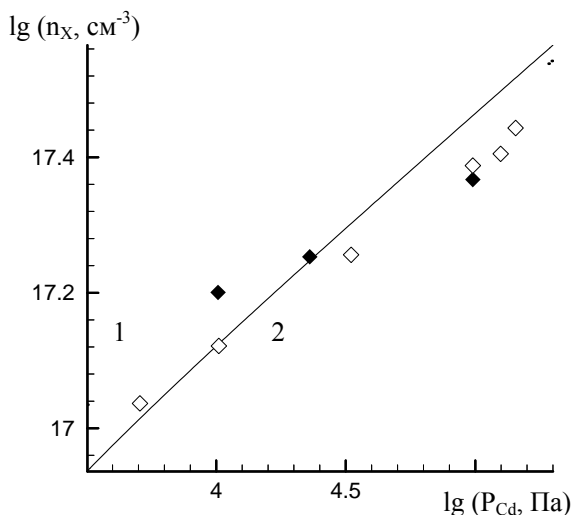
$$\text{Ge}_{\text{tot}} = [\text{Ge}_s] + [\text{Ge}_p],$$

$\text{Ge}_{\text{tot}}$  – загальна концентрація домішки в CdTe,  $[\text{Ge}_s]$  – розчинність германію в сполуці. Перехід домішки у твердий розчин можна описати наступними квазіхімічними реакціями:



Теоретичний аналіз показує, що при температурі відпалу 1073 К розчинність германію  $[\text{Ge}_s] \sim 10^{17} \text{ см}^{-3}$  (рис. 6).

Наступні дослідження повинні бути спрямовані на детальний аналіз досліджень розчинності Ge в



**Рис. 6.** Холлівська концентрація носіїв заряду як функція парціального тиску пари кадмію у кристалах CdTe:Ge (крива 1, заповнені символи) і CdTe (крива 2, відкриті символи) при температурі відпалу  $T = 1073$  К. Концентрація германію  $\text{Ge}_{\text{tot}} = 6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ . Експеримент – [20].

CdTe та удосконалення запропонованої моделі.

#### IV. Висновки

1. На основі квазіхімічних рівнянь утворення власних і домішкових дефектів у кристалах CdTe:Ge отримано залежності їх концентрації від парціального тиску пари кадмію при температурі відпалу  $T = 1073$  К.
2. Показано, що в області низьких парціальних тисків пари кадмію домінують  $\text{Ge}_{\text{Cd}}^+$  і  $(\text{Ge}_{\text{Cd}}^+ \text{V}_{\text{Cd}}^{-2})^-$ , при високих  $P_{\text{Cd}} - \text{Ge}_{\text{Te}}^-$  і  $\text{Cd}_i^{+2}$ .
3. Встановлено, що задовільне узгодження експериментальних результатів і теоретичних розрахунків при високих парціальних тисках пари кадмію пов'язане зі зменшенням області розчинення домішки.

Автор висловлює вдячність професору Фрейку Д.М. і доценту Прокопіву В.В. за постановку задачі досліджень та цінні консультації.

**У.М. Писклинець** – аспірант кафедри фізики і хімії твердого тіла.

- [1] D. Nobel. Phase equilibria and semiconducting properties of cadmium telluride // Philips Res. Repts., **14**, pp. 361-399, 430-432 (1959).
- [2] F.T.J. Smith. Electrically active point defects in cadmium telluride // Metallurgical transactions, **1**(3), pp. 617-621 (1970).
- [3] S.S. Chern, H.R. Vydyanath, F.A. Kroger. The defect structure of CdTe: Hall Data // Journal of Solid State Chemistry, **14**, pp. 33-43 (1975).

- [4] S.S. Chern, F.A. Kroger. The defect structure of CdTe: Self-Diffusion Data // Journal of Solid State Chemistry, **14**, pp. 44-51 (1975).
- [5] K. Zanio. Cadmium telluride // Semiconductors and Semimetals, v. 13. New York – London: Academic Press. pp. 235-242 (1978).
- [6] П.М. Фочук, О.Е. Панчук, Л.П. Щербак. Природа домінуючих точкових дефектів у кристалах CdTe: область насичення Cd // Фізика і хімія твердого тіла, **5**(1), сс. 136-141 (2004).
- [7] R. Jasinskaite, A. Martinaitis, A. Sakalas, O. Panchuk. Specially purified CdTe: dependence of hightemperature electrical properties on Te<sub>2</sub> vapour pressure // Solid State Communications, **58**(10), pp. 681-682(1986).
- [8] О.Э. Панчук, Л.П. Щербак, А.В. Савицкий, О.А. Парфенюк, В.В. Матлак. Исследование взаимодействия Ge и Sn с собственными дефектами решетки CdTe // Тез. III Всесоюз. совещ. “Дефекты структуры в полупроводниках”, Наука, Новосибирск, с. 93 (1978).
- [9] Е.С. Никонюк, В.В. Матлак, Р.Д. Иванчук, А.В. Савицкий. Температурна залежність електропровідності і ефекту Холла в CdTe // Фізична електроніка, **3**, сс. 8-14 (1970).
- [10] K. Shcherbin, A. Shumelyuk, S. Odoulov, P. Fochuk. Relaxation of photorefractive gratings in cadmium telluride crystals // SPIE, 2795, pp. 236-243 (1996).
- [11] В.В. Матлак, Е.С. Никонюк, А.В. Савицкий, К.Д. Товстюк. Электрические свойства теллурида кадмия, легированного германием // Физика и техника полупроводников, **6**(10), сс. 2065-2068 (1972).
- [12] Е.С. Никонюк, О.А. Парфенюк, В.В. Матлак, К.Д. Товстюк, А.В. Савицкий. Фотоэлектрические свойства теллурида кадмия, легированного германием // Физика и техника полупроводников, **9**(7), сс. 1271-1278 (1975).
- [13] М.В. Курик, В.С. Манжара, В.В. Матлак, И.Ф. Скичко. Влияние примесей на оптические свойства CdTe. II. Примесь германия // Физика и техника полупроводников, **9**(5), сс. 1041 (1975).
- [14] В.П. Заячківський, А.В. Савицкий, Е.С. Никонюк, М.С. Кица, В.В. Матлак. Энергетический спектр уровней захвата в теллуриде кадмия, легированном германие // Физика и техника полупроводников, **8**(5), сс. 1035-1037 (1974).
- [15] О.Э. Панчук, Л.П. Щербак, Р.Н. Феш, П.И. Фейчук. Разрез CdTe-Ge тройной системы Cd-Te-Ge // Изв. АН СССР. Неорган. Материалы, **12**(6) сс. 1035-1038 (1976).
- [16] О.Э. Панчук, Л.П. Щербак. Растворимость и диффузия Ge в CdTe // Изв. АН СССР. Неорган. материалы, **15**(8), сс. 1339-1343 (1979).
- [17] Л.П. Щербак. Исследование дефектной структуры теллурида кадмия, легированного германием и оловом // Автореф. ...к.х.н., Черновцы, 1977.
- [18] Л.П. Щербак, Е.С. Никонюк, О.Э. Панчук, А.В. Савицкий, П.И. Фейчук, В.В. Матлак. Исследование поведения Ge в CdTe // Изв. АН СССР. Неорган. материалы, **13**(3), сс. 415-418 (1977).
- [19] О.Э. Панчук, Л.П. Щербак, Е.С. Никонюк, А.В. Савицкий. Модель внедрения Ge в решетку CdTe // Изв. АН СССР. Неорган. Материалы, **16**(4), сс. 638-643 (1980).
- [20] Л.А. Яцуник. Вплив домішки Ge на електричні властивості CdTe при високих температурах // Науковий вісник Чернівецького університету. Збірник праць. Вип. 42. Хімія. Рута, Чернівці, сс. 33-40 (1998).
- [21] Я.Л. Хариф, Т.А. Струнина, П.В. Ковтуненко. Нестехиометрия теллурида кадмия, насыщенного кадмием // Неорган. материалы, **25**(4), сс. 571-577 (1989).
- [22] П.М. Фочук, О.О. Коров'яно, О.Е. Панчук. Розрахунок констант впровадження легуючих елементів в CdTe // Фізика і хімія твердого тіла, **2**(3), сс. 475-480 (2001).
- [23] Д.М. Фреїк, В.В. Прокопів, У.М. Писклинець. Термодинамічний n-p-перехід у кристалах телуриду кадмію // Фізика і хімія твердого тіла, **3**(1), сс. 58-61 (2002).

U.M. Pysklynets

## Atomic Defects on CdTe:Ge Crystals

*'Vasyl Stefanyk' Precarpathian National University,  
57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76000, Ukraine, E-mail: [freik@pu.if.ua](mailto:freik@pu.if.ua)*

On the base of the quasichemical theory the analyses of defect state of the CdTe<Ge> crystal at the annealing on cadmium vapour is lead. It is shown that model of associative centers ( $\text{Ge}_{\text{Cd}}\text{V}_{\text{Cd}}$ ) take good agreement with experiment at the  $P_{\text{Cd}} \sim 102$  Pa. At the high partial pressures of cadmium vapour it is necessary of account the existence the admixture as precipitate.