

УДК 539.2.

Г.В. Жабєєв, А.П. Кудін, В.П. Тартачник*

Електрично-активні власні дефекти у дифосфіді цинку тетрагональної модифікації

Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова,
вул. Пирогова 9, м. Київ, E-mail: kudin2001@mail.ru
*Науковий Центр "Інститут ядерних досліджень" НАН України,
пр. Науки 47, м. Київ, Україна

На основі кристалохімічних підходів одержані баричні і температурні залежності концентрації носіїв струму і власних дефектів при двотемпературному відпалі у парах компонент кристалів ZnP_2 тетрагональної модифікації. За інверсію типу провідності у кристалах, відпалених у парі цинку, відповідальні однозарядні дефекти. Встановлено умови формування кристалів із заделегідь заданими електричними параметрами

Ключові слова: вакансія, міжвузловий атом, дефекти, ентальпія, дірка, інверсія, компенсація.

Стаття постуила до редакції 17.06.2002; прийнята до друку 27.08.2002

I. Вступ

Кристали дифосфиду цинку тетрагональної модифікації (α - ZnP_2) – перспективні матеріали для створення приладних структур, які працюють в ІЧ-діапазоні оптичного спектра [1-3]. Міра практичного

фосфору. Цим обумовлена можливість задавати тип провідності зміною величини і характеру нестехіометричності при вирощуванні, легуванні або відпалі кристалів (таблиця 1). Сильна залежність інверсії типу провідності кристалів від умов легування і відпалу свідчить про домінуючу роль у зміні електричних параметрів власних дефектів.

Таблиця 1

| Електричні параметри кристалів α - ZnP_2 | | | | |
|---|--------------------------|---|-----------------|------------|
| Кристал | ρ , м ⁻³ | σ , Ом ⁻¹ м ⁻¹ | Тип провідності | Література |
| Не легований | $1,2 \cdot 10^{16}$ | $3,3 \cdot 10^{-6}$ | p | [5] |
| Не легований | $2,5 \cdot 10^{15}$ | - | p | [6] |
| Не легований | 10^{18} - 10^{19} | - | p | [7] |
| Відпал в Zn | $1 \cdot 10^{18}$ | $2,4 \cdot 10^{-4}$ | n | [5] |
| Відпал у P | $2,6 \cdot 10^{19}$ | $2,5 \cdot 10^{-2}$ | p | [5] |
| Легований Ga | $4,3 \cdot 10^{23}$ | - | n | [6] |
| Легований Ga | $1,5 \cdot 10^{15}$ | $4,5 \cdot 10^{-7}$ | p | [5] |
| Легований Se | $1,1 \cdot 10^{14}$ | - | p | [6] |
| Легований Se | - | $9,0 \cdot 10^{-5}$ | n | [8] |

застосування кристалів визначається можливостями отримання їх із наперед заданими властивостями. Як показано в [4], область гомогенності дифосфиду цинку може бути зміщена, як в сторону цинку, так і

Окрім цього, із даних, представлених у таблиці 1 видно, що зміною ступеня відхилення від стехіометричного складу у межах гомогенності ZnP_2 можна керувати типом провідності і концентрацією

носіїв заряду.

Отже, відпал кристалів у парях компонент при двотемпературному відпалі може стати ефективним технологічним методом зміни їх дефектної підсистеми.

Не дивлячись на достатньо тривалі дослідження цієї сполуки, ще і зараз немає єдиної думки відносно природи електрично-активних власних атомних дефектів у ZnP_2 [5-11]. Так, згідно з результатами роботи [5], акцепторними центрами, які формують основні електричні характеристики у кристалах α - ZnP_2 , є вакансії цинку, донорними – вакансії фосфору. Як показано в [11], таких дефектів у опромінених кристалах ZnP_2 при кімнатних температурах не існує – вони або дифундують на стоки, або утворюють нейтральні комплекси. Утворення дефектів типу міжвузлових атомів (P_i) не можливе, як вважають автори [10], через великий іонний радіус фосфору порівняно з довжиною зв'язку Zn-P і P-P у ґратці (відповідно 2,40 Å і 2,19 Å). Однак ця обставина не є універсальною для усіх напівпровідникових сполук [12]. Як показали розрахунки типу симетрії дефектів у ZnP_2 методом Гріна [10], міжвузловий фосфор у цих кристалах може бути одно- і двократно позитивно заряджений,

виразу, який би описував залежність концентрації дефектів і носіїв електричного струму від умов відпалу. Поза увагою залишився аналіз умов, при яких відбувається термодинамічний p-n перехід у кристалах ZnP_2 .

У даній роботі на основі кристалохімічних підходів, розвинутих колективом авторів [14,15], одержано аналітичні вирази, що добре описують експериментальні залежності концентрації носіїв струму від температури і тиску парів компонентів при відпалі кристалів α - ZnP_2 .

II. Експеримент

Термічний відпал синтезованих кристалів ZnP_2 у парях компонентів проводився за методикою двотемпературного відпалу. В один кінець кварцевої ампули (рис. 1) поміщали синтезовані із газової фази кристали (зона I), а в іншому (зона II) розміщено компонент, в парях якого проводився відпал. У зоні (III) знаходився гетер залишкових газів (O_2 , N_2 і ін.). Після нагрівання ампули до 500 К зону III відпаювали. У ролі гетера використовувався Ті. Двонунну ампулу поміщували у термічну піч, з

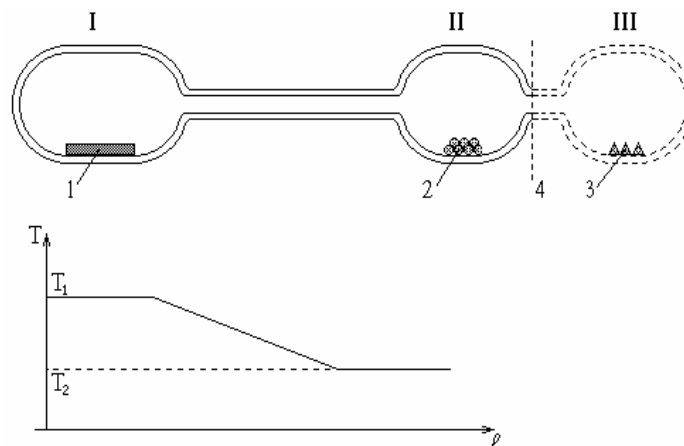


Рис. 1. Ампула і температурний розподіл вздовж її довжини при двотемпературному відпалі: 1 – зразок ZnP_2 , 2 – компонент (Zn або P), 3 – гетер (Ti), 4 – місце відпаювання третьої секції ампули. I-III – зони ампули.

міжвузловий цинк – негативно зарядженим. Певний вихід із такої неоднозначної ситуації щодо електричної активності власних дефектів у ZnP_2 запропоновано у роботі [10] на основі розрахунків у рамках моделі Тчолля: основними електрично активними центрами у α - ZnP_2 є акцепторно-донорні комплекси, до складу яких належать дефекти обох підрешіток.

Що стосується антиструктурних дефектів, то, згідно [9], вони не можуть існувати через невідповідність хімічного родства елементів Zn і P. Зовсім протилежної думки дотримуються автори роботи [13].

Таким чином, на основі аналізу всієї сукупності літературних джерел можна зробити висновки про те, що дефектна підсистема кристалів ZnP_2 є досить складною. Не знайдено загального аналітичного

градієнтом температури як показано на рис. 1.

Парціальні тиски парів компонентів задавалися температурою зони T_2 . T_1 – температура нагрівання кристалів у першій зоні. Після відпалу ампули із зразками швидко загартовувались у воді при 0°C (метод заморожених реакцій).

Дослідження ефекту Холла проводились п'ятизондовим методом з використанням постійних полів ($B = 3,6$ Тл). Установка мала вхідний опір при $T = 300$ К до 1016 Ом, що забезпечувало високу чутливість при вимірюванні постійної Холла у високоомних зразках.

На рис. 2 показано експериментальні залежності концентрації носіїв струму від парціального тиску парів компонент при різних температурах відпалу. Як видно із рис. 2, в області низьких парціальних тисків парів цинку кристали володіють p-типом

провідності. Підвищення парціального тиску сприяє інверсії типу провідності з р на n-тип (термодинамічний р-п перехід), і подальшому зростанні концентрації електронів. Зауважимо, що значення парціального тиску пари цинку, при якому

Зауважимо, що Li, K, Na – хімічні домішки, які потрапляють на поверхню кристала при хімічному травленні. Si – неконтрольована технологічна домішка фосфору. Вміст Ti, Fe і Cr залежав від умов гетерування.

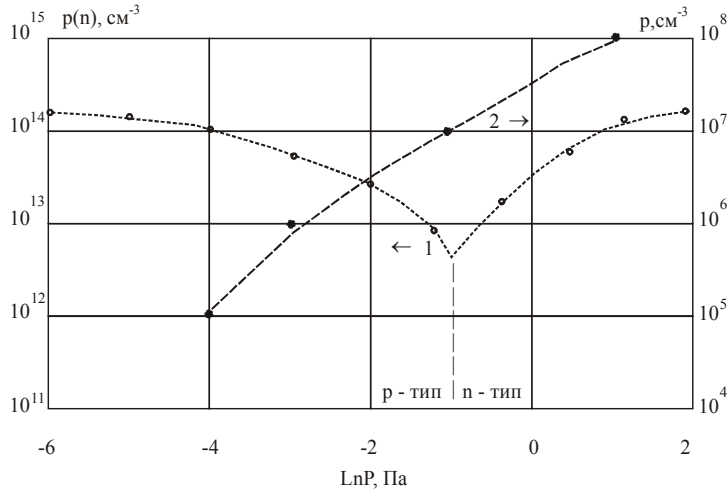


Рис. 2. Експериментальні залежності концентрації носіїв струму від парціального тиску цинку (1) і фосфору (2) при температурах відповідно $T = 810 \text{ K}$ і $T = 715 \text{ K}$.

відбувається термодимічний р-п перехід залежить від температури відпалу: із зростанням температури – воно зростає. Як видно із рис. 2, відпал у парах фосфору не призводить до інверсії типу провідності у всьому досліджуваному інтервалі тисків.

Якісна оцінка складу вихідних і відпалених у парах компонентів кристалів здійснювалась методом вторинно-іонної маспектрометрії SIMS/ при $I = 6,3 \div 7,1 \cdot 10^{-8} \text{ A}$, $E_p = 3 \text{ keV}$.

На рис. 3–5 показані спектри вторинно-іонної

III. Кристалохімічний розрахунок рівноважної концентрації атомних дефектів при відпалі в парах компонент

Згідно запропонованої моделі квазіхімічного опису дефектної підсистеми у бінарних напівпровідниках [14], рівноважний стан атомних дефектів у кристалах ZnP_2 при відпалі у парах

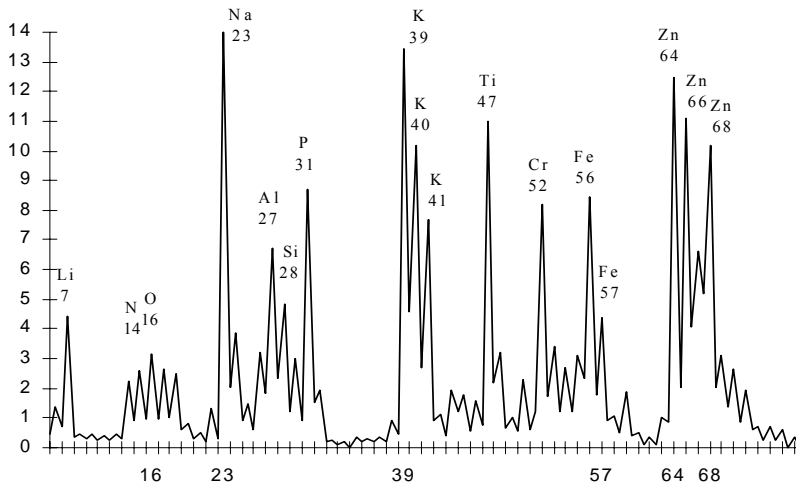


Рис. 3. Спектр вторинно-іонної маспектрометрії (SIMS/J, $I = 6,3 \cdot 10^{-8} \text{ A}$, $E_p = 3 \text{ keV}$) вихідних кристалів ZnP_2 .

маспектрометрії кристалів червоного дифосфиду цинку після відпалу. Видно, що відпал у парах компоненту призводить до зростання концентрації його ізоотопу, а відпал у вакуумі при тих же температурах – не змінює співвідношення Zn/P.

компонентів можна описати системою квазіхімічних рівнянь (таблиці 2 і 3).

Реакції I типу описують перехід компонента з пари у кристал. Як відомо [10], у бінарних сполуках перехід кожного компонента може відбуватись

трьома квазіхімічними реакціями. Однак, як буде показано нижче, домінуючою є перша реакція, яка міжвузлових атомів та вакансій. Наявність двох шляхів протікання цих реакцій обумовлена

Таблиця 2

Квазіхімічні реакції і константи рівноваги при відпалі кристалу ZnP_2 у парах цинку

| | | | |
|-----|--|--|-----|
| I | $Zn^V \leftrightarrow Zn_{Zn}^0 + V_P$ | $K_{ZnV}(T_2) = [V_P] \cdot p_{Zn}^{-1/2}(T_2)$ | (1) |
| | $Zn^V \leftrightarrow Zn_P + V_{Zn}^+$ | | (2) |
| | $Zn^V \leftrightarrow Zn_i$ | | (3) |
| II | $P_P \leftrightarrow P_i + V_P$ | $K_F(T_1) = [P_i] \cdot [V_P]$ | (4) |
| III | $P_i \leftrightarrow P_i^+ + e^-$ | $K_{a_1}(T_1) = [P_i^+] \cdot n \cdot [P_i]^{-1}$ | (5) |
| | $P_i \leftrightarrow P_i^{2+} + 2e^-$ | $K_{a_2}(T_1) = [P_i^{2+}] \cdot n^2 \cdot [P_i]^{-1}$ | (6) |
| IV | $V_P \leftrightarrow V_P^- + h^+$ | $K_{b_1}(T_1) = [V_P^-] \cdot p \cdot [V_P]^{-1}$ | (7) |
| | $V_P \leftrightarrow V_P^{2-} + 2h^+$ | $K_{b_2}(T_1) = [V_P^{2-}] \cdot p^2 \cdot [V_P]^{-1}$ | (8) |
| V | $0 \leftrightarrow e^- + h^+$ | $K_i(T_1) = n \cdot p$ | (9) |

Таблиця 3

Квазіхімічні реакції і константи рівноваги при відпалі кристалу ZnP_2 у парах цинку

| | | | |
|-----|---|--|------|
| I | $1/2 P_2^V \leftrightarrow P_P^0 + V_{Zn}$ | $K_{P_2V}(T_2) = [V_{Zn}] \cdot p_{P_2}^{-1/2}(T_2)$ | (10) |
| | $1/2 P_2^V \leftrightarrow P_i$ | | (11) |
| | $1/2 P_2^V \leftrightarrow P_{Zn} + V_P$ | | (12) |
| II | $Zn_{Zn} \leftrightarrow Zn_i + V_{Zn}$ | $K_F(T_1) = [Zn_i] \cdot [V_{Zn}]$ | (13) |
| III | $Zn_i \leftrightarrow Zn_i^- + h^+$ | $K_{a_1}(T_1) = [Zn_i^-] \cdot p \cdot [Zn_i]^{-1}$ | (14) |
| | $Zn_i \leftrightarrow Zn_i^{2-} + 2h^+$ | $K_{a_2}(T_1) = [Zn_i^{2-}] \cdot p^2 \cdot [Zn_i]^{-1}$ | (15) |
| IV | $V_{Zn} \leftrightarrow V_{Zn}^+ + e^-$ | $K_{b_1}(T_1) = [V_{Zn}^+] \cdot n \cdot [V_{Zn}]^{-1}$ | (16) |
| | $V_{Zn} \leftrightarrow V_{Zn}^{2+} + 2e^-$ | $K_{b_2}(T_1) = [V_{Zn}^{2+}] \cdot n^2 \cdot [V_{Zn}]^{-1}$ | (17) |
| V | $0 \leftrightarrow e^- + h^+$ | $K_i(T_1) = n \cdot p$ | (18) |

має найбільшу константу рівноваги (K_0) і ентальпію утворення (ΔH).

Реакція II типу – реакція утворення компонентів пар Френкеля. Реакції III і IV – це реакції іонізації

можливим існуванням одно- і двозарядних вакансій фосфору і цинку у досліджуваних кристалах [9]. Четвертим є рівняння електронейтральності. Причому, процеси I–IV

здійснюються при температурі нагрівання кристала T_1 , а парціальний тиск p_{Zn} (p_p) визначається переважно температурою зони T_2 (рис. 1).

У цих рівняннях використані загально прийняті позначення [14,15].

Сумісний розв'язок рівнянь I-V дає можливість

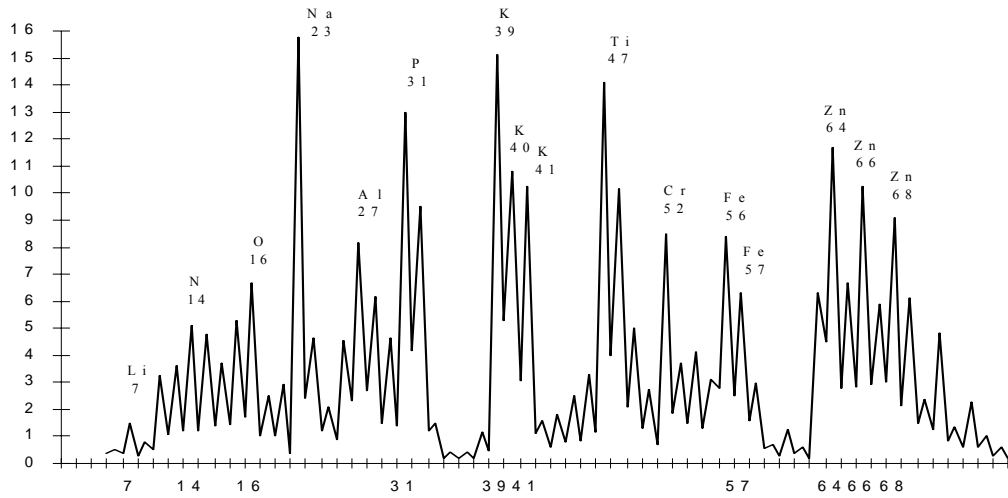


Рис. 4. Спектр вторинно-іонної маспектрометрії (SIMS/ J, I = 7,1·10⁻⁸ А, E_p = 3 кеВ) кристалів ZnP₂, відпалених у парах фосфору, при T = 765 К.

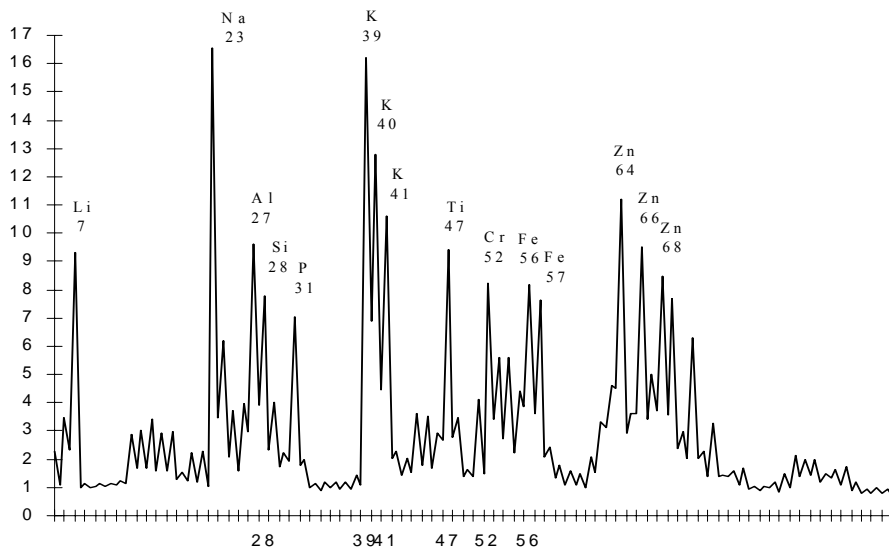


Рис. 5. Спектр вторинно-іонної маспектрометрії (SIMS/ J, I = 8·10⁻⁸ А, E_p = 3

Таблиця 4

Квазіхімічні реакції і константи рівноваги при відпалі кристалу ZnP₂ у парах фосфору

| Номер реакції | Кристал ZnP ₂ : Zn | | Кристал ZnP ₂ : P | |
|----------------|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|
| | K ₀ , м ⁻³ Па | ΔH, еВ | K ₀ , м ⁻³ Па | ΔH, еВ |
| I ¹ | 2,1·10 ³⁰ | 1,48 | 7,4·10 ³⁸ | 3,08 |
| II | 9,41·10 ⁸⁸ | 8,15 | 4,1·10 ⁸⁸ | 3,5 |
| III | 2,12·10 ²⁶ | 0,34 | 2,2·10 ²⁶ | 0,14 |
| | 8,05·10 ²⁷ | 1,08 | 2,03·10 ²⁷ | 0,98 |
| IV | 6,06·10 ²⁵ | 0,31 | 4,6·10 ²⁵ | 0,21 |
| | 2,7·10 ²⁶ | 0,91 | 1,7·10 ²⁶ | 0,70 |
| V | 1,27·10 ⁵⁶ | 2,44 | 1,27·10 ⁵⁶ | 2,44 |

визначити концентрацію вакансій і міжвузлових атомів через константи рівноваги і парціальний тиск відповідного компоненту [14]. При цьому необхідно врахувати температурну залежність констант, в яку

теоретичних розрахунків достатньо добре узгоджуються з експериментальними залежностями цих же величин для досліджуваної області тисків (рис. 2). В області низьких парціальних тисків парів цинку і

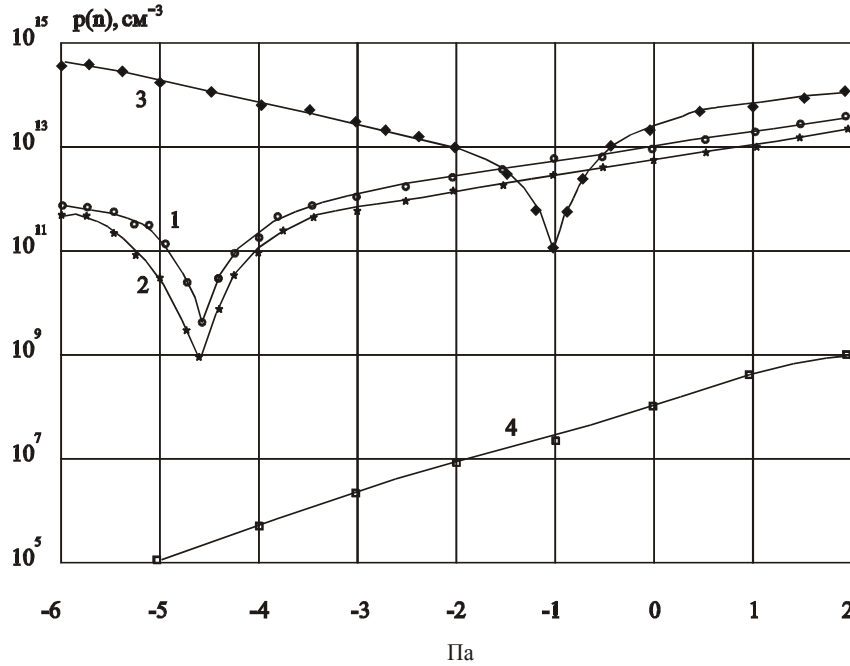


Рис. 6. Баричні залежності розрахованих значень концентрації носіїв струму при відпалі в парах цинку (1-3) і фосфору (4), коли температура в II-ій зоні ампули була: $T = 765 \text{ K}$ (1), 768 K (2), 810 K (3), 640 K (4).

входить ентальпія ΔH відповідної реакції (формула 1):

$$K = K_0 \exp(-\Delta H/kT) \quad (1)$$

Результати розрахунків констант і їх ентальпій, проведених з використанням даних результатів робіт [7,9 і 10], представлено в таблиці 4.

фосфору кристали ZnP_2 володіють р-типом провідності. Підвищення парціального тиску парів цинку (криві 1-3), призводить до падіння концентрації дірок, і спричиняє інверсію типу провідності і подальше зростання концентрації електронів (праві вітки кривих 1-3).

Відмічені закономірності у зміні типу

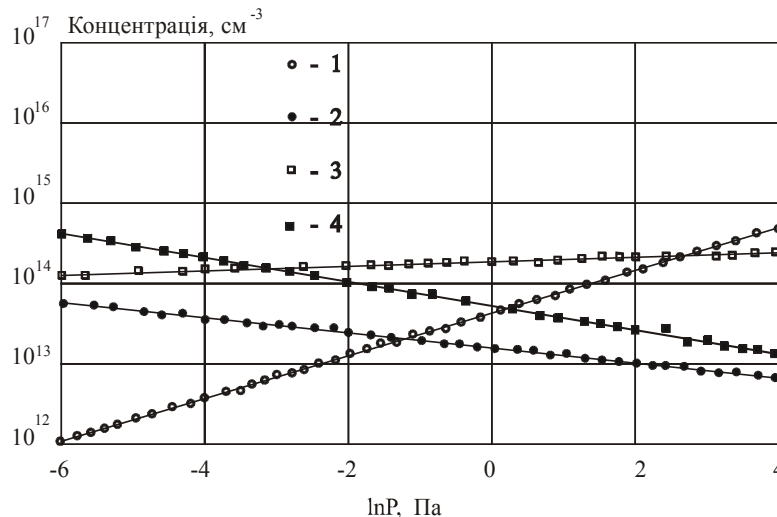


Рис. 7. Залежність концентрації дефектів: $[V_P^-]$ – (1), $[P_i^+]$ – (2), $[V_P^{2-}]$ – (3), $[P_i^{2+}]$ – (4), від тиску парів цинку при температурі відпалу $T = 765 \text{ K}$.

За даними таблиці 4, були проведені розрахунки залежності концентрації носіїв струму від парціального тиску цинку і фосфору при різних температурах (рис. 6). Як видно з рис. 6, дані

провідності та концентрації носіїв струму обумовлені, як це видно з рис. 7, 8 станом дефектної підсистеми. Так, зокрема, при малих значеннях парціального тиску цинку, коли матеріал ще р-типу,

переважають дефекти акцепторного типу. Значні парціальні тиски призводять до інтенсифікації процесів генерації вакансій фосфору, особливо однозарядних. Концентрація двозарядних дефектів при значній їх кількості змінюється дуже повільно у широкому інтервалі тисків, в якому відбувається інверсія типу провідності (рис. 6). Такій дефектній підсистемі відповідає n-тип.

$[P_i^+]$. Отже, внаслідок сильної, але не повної компенсації двозарядних дефектів, окрім них, за інверсію типу провідності відповідають однозарядні дефекти $[V_P^-]$ і $[P_i^+]$.

Температурні залежності $\rho_x(T)$ (рис. 9) подібні до

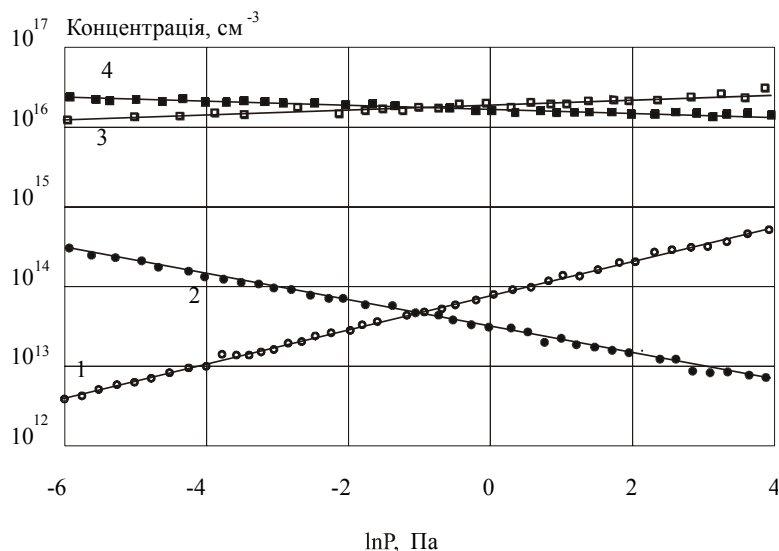


Рис. 8. Залежність концентрації дефектів: $[V_P^-]$ – (1), $[P_i^+]$ – (2), $[V_P^{2-}]$ – (3), $[P_i^{2+}]$ – (4), від тиску парів цинку при температурі відпалу $T = 810$ К.

З порівняння баричних залежностей концентрації носіїв струму і власних дефектів при різних температурах відпалу (рис. 6 і рис. 7), видно, що при

баричних (рис. 6). Із рис. 9. видно, що зниження температури відпалу, як і збільшення парціального тиску, зумовлюють топологічно ідентичні зміни.

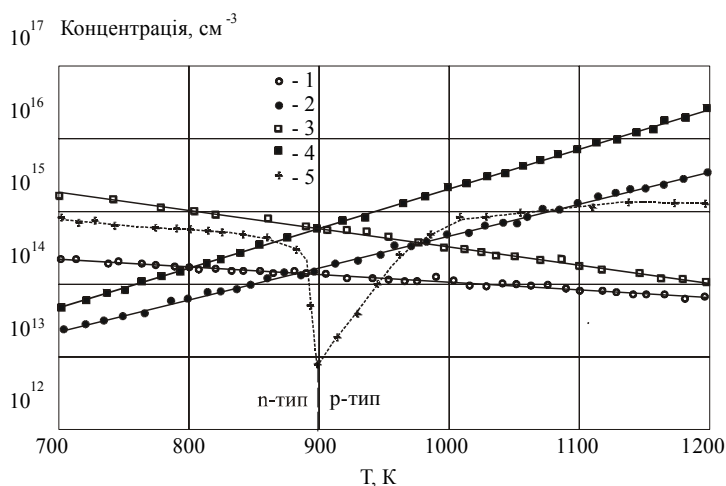


Рис. 9. Залежність розрахункових значень концентрації дефектів: $[V_P^-]$ – (1), $[P_i^+]$ – (2), $[V_P^{2-}]$ – (3), $[P_i^{2+}]$ – (4) та носіїв струму (5) від температури відпалу при $P = 5 \cdot 10^{-10}$ Па.

низьких температурах відпалу концентрація носіїв струму визначається внеском як одно- так і двозарядних дефектів. Високі температури відпалу призводять до того, що двозарядні дефекти $(P_i^{2+} \mu V_P^{2-})$ взаємокомпенсуються і концентрацію носіїв струму визначають однозарядні (V_P^-) і

Величина температури термодинамічної р-n-конверсії типу провідності кристалів T_{p-n} визначається величиною парціального тиску парів цинку.

Підводячи підсумок, зупинимось на найважливіших результатах роботи.

Добра відповідність експериментальних значень теоретично отриманим свідчить про адекватність використання моделі електричноактивних власних

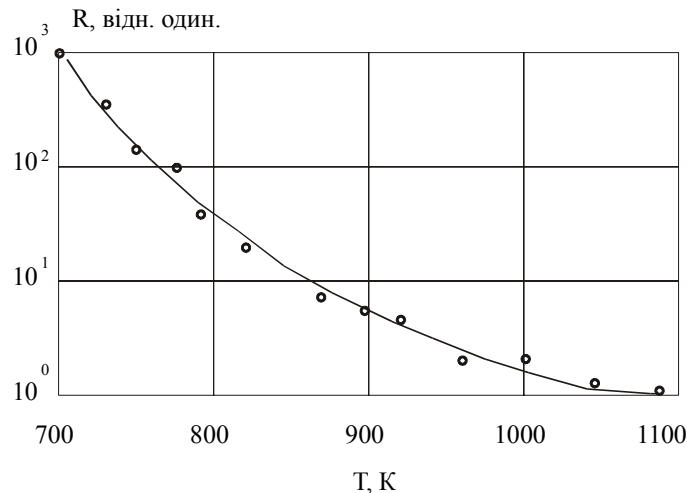


Рис. 10. Температурна залежність ступеня компенсації в кристалі α -ZnP₂ з концентрацією $p_0 = 10^{17} \text{ м}^{-3}$.

дефектів структури: однозарядні і двозарядні вакансії обох підрешіток. Концентрація нейтральних дефектів, яка може бути вирахована через константи K_a і K_b (таблиця 2), виявилась на декілька порядків нижче заряджених центрів, тому в експериментах не проявлялась.

Як видно із рис. 4–6, для всіх фаз в області термодинамічного р-п-переходу концентрація заряджених дефектів вище концентрації вільних носіїв струму, що є наслідком виконання термодинамічного співвідношення $K_F > K_i$ (таблиця 2). Це свідчить про участь електронної підсистеми кристалів в утворенні заряджених дефектів.

У зразках, які мають однакову концентрацію носіїв заряду і були отримані при різних технологічних умовах, співвідношення концентрацій дефектів донорного і ацепторного типів можуть відрізнятися на декілька порядків. Тобто, у них дуже різний ступінь компенсації. На рис. 10. показано залежність ступеня компенсації, яка визначалась як $R = [V_{Zn}^{2-}]/[Zn_i^{2+}]$ від температури нагрівання. Видно, що максимальний ступінь компенсації відповідає тиску пари при якому відбувається інверсія типу провідності.

Умови отримання сильно зкомпенсованого α -ZnP₂ представляють практичний інтерес з метою підвищення чутливості фоторезистивних структур, виготовлених на базі цих кристалів [16]. Результати досліджень розподілу концентрації дефектів і носіїв струму в межах області гомогенності може бути використано для моделювання умов отримання однорідних шарів α -ZnP₂ із заданими властивостями, так і для формування р-п-структур із заданим розподілом дефектів.

IV. Висновки

1. Електрофізичні властивості нелегованих кристалів α -ZnP₂ добре описуються в рамках моделі дефектної підсистеми кристала із одночасним існуванням одно- і двозарядних вакансій фосфору.

2. Високі парціальні тиски парів цинку ($p > 10^{-1}$ Па) і низькі температури відпалу ($T < 900$ К) обумовлюють генерування переважаючої кількості вакансій фосфору і n-тип провідності матеріалу.

3. Низькі парціальні тиски парів цинку ($p < 10^{-1}$ Па) і високі температури відпалу ($T > 900$ К) призводять до домінування концентрації міжвузлових акцепторних дефектів і р-типу провідності матеріалу.

4. При температурах відпалу $T > 900$ К має місце взаємокомпенсація двозарядних дефектів.

Г.В. Жабєєв – аспірант кафедри експериментальної і теоретичної фізики та астрономії НПУ ім. М.П. Драгоманова;

А.П. Кудін – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри експериментальної і теоретичної фізики та астрономії НПУ ім. М.П. Драгоманова;

В.П. Таргачник – доктор фізико-математичних наук, ведучий науковий співробітник Наукового центру "Інститут ядерних досліджень" НАН України.

[1] В.С. Вавилов. Широкозонные полупроводники // УФН, **164**(3), сс.2286-2295 (1994).

[2] Г.Ю. Бабонас. Оптическая анизотропия широкозонных полупроводников. Автореферат дисс. док. физ.-мат. Наук, Вильнюс.: ВГУ, (1990.)

[3] К.Ф. Ескін, Т.В. Кузнецова, И.И. Магдина // Оптика и спектроскопия, **67**(2), сс.451-454 (1989).

- [4] А.С. Алиханян, А.В. Стеблевский, Я.Х. Гринберг. Исследование процесса сублимации ZnP_2 // *Неорганические материалы*, **14**(1), сс.1966-1970 (1978).
- [5] I.S. Gorban, G.A. Grishchenko, A. Sakalas, A.S. Sodeika, I.I. Tychina. Electrical properties of ZnP_2 Single Crystals of tetragonal and monoclinic modifications // *Phys. Stat. Sol. (a)*, **48**(329), pp.329-333 (1978).
- [6] Z. Januskevicius, L. Marцениук, A. Sakalas, A. Sodeika. Electrical properties of doped αZnP_2 Single Crystals. // *Phys. Stat. Sol. (a)*, **59**(139) (1980).
- [7] A. Martinaitis, V. Karalkeviciute, S. Sakalas, Z. Januskevicius. High temperature point defect equilibrium of undoped αZnP_2 at zinc pressure // *Sol. St. Comm.* **86**(4), pp. 249-251 (1986).
- [8] А.П. Маковецкая, И.В. Потыкевич. Электрические свойства легированных кристаллов ZnP_2 β и α -модификаций. // *Актуальные вопросы физики твердого тела*. К., сс.14-16 (1973).
- [9] А. Сакалас, З. Янушкавичюс. *Точечные дефекты в полупроводниках*. Вильнюс, Москалас, С.155 (1988).
- [10] В.Т. Каракальчавичюте. Исследование структуры дефектов в дифосфиде цинка и кадмия - *Автореферат дис. на с. канд.-физ.мат. наук*, Вильнюс, ВГУ, с.15 (1986)
- [11] Z. Januskevicius, V. Koval, A. Kudin, V. Tartachnik, A. Sodeika. Radiation defects in single Crystals of zinc diphosphide // *Phys. Stat. Sol. (a)*, **81**(191) (1984).
- [12] В.И. Гавриленко, А.М. Грехов, Д.В. Корбутяк, В.Г. Литовченко. *Оптические свойства полупроводников. Справочник*. - К.: Наукова думка, с.606 (1987).
- [13] А.П. Кудин. Структурные изменения черного дифосфида цинка в процессе выращивания из газовой фазы и воздействие ионизирующего излучения // *Неорганические материалы*, **36**(4), сс.1-6 (2000).
- [14] Д.М. Фреїк., В.В. Прокопів, М.В. Галушак, М.В. Пиц, Г.Д. Матеїк. *Кристалохімія і термодинаміка дефектів в сполуках A^IVB^6* , Івано-Франківськ: Плай, с.156 (2000).
- [15] Д.М. Фреїк., В.В. Прокопів, В.М. Кланічка, О.В. Козич, В.М. Чобанюк. Кристалохімічна модель власних атомних дефектів при двотемпературному відпалі кристалів монохалькогенідів свинцю // *Фізика і хімія твердого тіла*, **1**(1), сс.17-25 (2000).
- [16] В.А. Зуев, В.Г. Попов, Б.Н. Романюк, М.А. Степанова. Конденсаторная фото-э.д.с. в ионно-бомбардированных кристаллах ZnP_2 и CdP_2 // *Поверхность. Физика, химия, механика*. **7**, сс.94-97 (1992).

G.V. Zhabyeyev, A.P. Kudin, V.P. Tartachnik

Electrically Active Own Defects in Zinc Diphosphid of Tetragonal Modification

M.P. Dragomanov National Pedagogical University,
9, Pyrogoва Str., Kyiv, Ukraine, E-mail : kudin2001@mail.ru
* Science Centre "Institute of Nuclear research" NAS Ukraine,
47, Nauky Av., Kyiv, Ukraine

On the basis of crystallochemical approaches are obtained baric and temperature dependencies of concentration of charge-carriers and own defects at two-temperature annealing in vapor a component of crystals ZnP_2 of tetragonal modification. It was found that the inversion of conductance type in crystals of ZnP_2 was caused by single charge defects. Besides, conditions to form crystals of pre-defined electrical properties were determined.