

І.І. Чав'як, Л.Й. Межиловська, В.І. Маковишин, В.В. Прокопів
**Термоелектричні властивості і дефектна підсистема
парофазних конденсатів станум телуриду на ситалових
підкладках**

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

Досліджено термоелектричні властивості тонких плівок SnTe товщиною (40-900) нм, отриманих конденсацією пари у відкритому вакуумі на підкладках із ситалу за різних технологічних факторів вирощування: температур випаровування T_v і осадження T_n та тиску пари телуру P_{Te_2} . Показано, що за вибраних умов отримання конденсат має тільки р-тип провідності і характеризується значною концентрацією носіїв (10^{20} - 10^{21}) см⁻³. Встановлені тенденції у змінах кінетичних коефіцієнтів (питома провідність σ , коефіцієнт Зеебека S , термоелектрична потужність $S^2\sigma$, концентрація носіїв P і рухливість носіїв μ) конденсатів із товщиною d та зміною T_n , T_v , P_{Te_2} . Отримані експериментальні результати пояснено особливостями дефектної підсистеми точкових дефектів, домінуючими серед яких є дво- $[V_{Sn}^{2-}]$ і чотири- $[V_{Sn}^{4-}]$ зарядні вакансії стануму, співвідношення між якими $k = [V_{Sn}^{2-}] / [V_{Sn}^{4-}]$ визначає весь комплекс властивостей за різних умов їх формування. Визначено, що тонкоплівковий конденсат станум телуриду на відміну від масивних зразків, має високі значення коефіцієнта Зеебека $S \approx 80$ мкВ/К та $S^2\sigma \approx 18$ мкВт/К²см, що робить перспективним їх використання для р-віток у термоелектричних мікромодулях.

Ключові слова: станум телурид, парофазні конденсати, термоелектрика, точкові дефекти.

Стаття постуила до редакції 04.11.2013; прийнята до друку 15.12.2013.

Вступ

У системі Sn-Te утворюється тільки одна проміжна фаза SnTe, область гомогенності якої лежить у межах від (50,1±0,1) ат.% Te до (50,5±0,1) ат.% Te, тобто вона міститься повністю лише на боці телуру. Станум телурид кристалізується у структурі типу NaCl, параметр ґратки якої зменшується із збільшенням вмісту телуру від 6,304 Å до 6,302 Å в області гомогенності сполуки SnTe [1-3]. При збільшенні вмісту телуру число йонів в елементарній комірі зменшується, що зумовлено появою вакантних вузлів у кристалічній ґратці SnTe яка зменшується із збільшенням вмісту телуру. Наявністю вакансій із зміною їхнього числа у межах області гомогенності можна пояснити високу діркову провідність станум телуриду і збільшення концентрації носіїв із ростом телуру. При цьому встановлено, що основними точковими дефектами структури SnTe є катіонні вакансії. При цьому введений надстехіометричний телур у кристалічній структурі SnTe добудовує аніонну підґратку,

визначаючи появу вакантних вузлів у катіонній підґратці [2,4]. Порівняно низька температура плавлення SnTe (1078 K), а також незначна його дисоціація на атоми при випаровуванні сприяє використанню термічних вакуумних методів одержання парофазних конденсатів [5]. Не дивлячись на багаточисленні дослідження тонких плівок SnTe [6], ще зараз залишаються до кінця не з'ясованими умови формування термоелектричних властивостей, що є вкрай необхідним з точки зору їх практичного використання. У роботі акцентована увага на результатах дослідження впливу умов вирощування та товщини конденсатів на комплекс їх кінетичних параметрів та дефектну підсистему.

I. Методика експерименту

Плівки для дослідження отримували осадженням пари із синтезованої сполуки у вакуумі на ситалові підкладки. Температура випарника під час осадження складала $T_v=(720-970$ K), а температура підкладок $T_n=(420-620$ K). Товщину плівок задавали часом

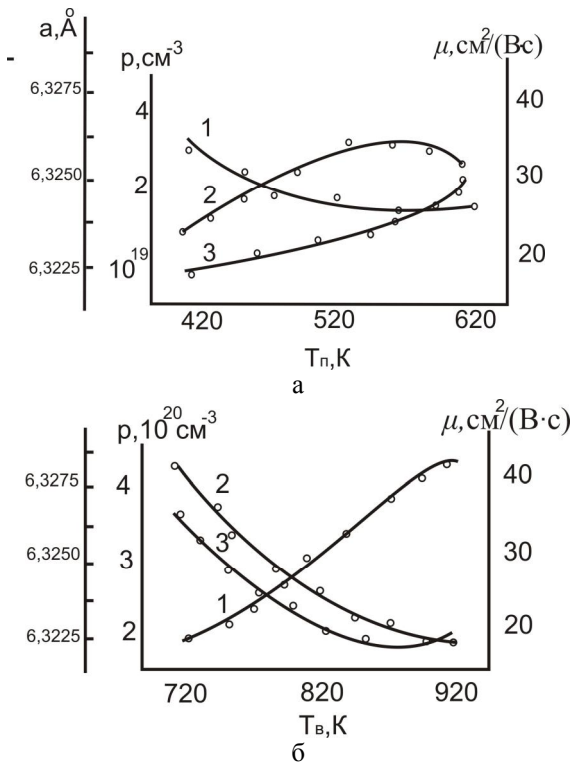


Рис. 1. Типові залежності концентрації p (1) і рухливості μ (2) носіїв заряду та параметра ґратки (3) плівок станум телуриду від температури осадження T_n (а) та температури випаровування T_v (б).

осадження в межах (5-360) с та вимірювали за допомогою мікроінтерферометра МІІІ-4.

Вимірювання електричних параметрів плівок проводилося на повітрі при кімнатних температурах у постійних магнітних полях на розробленій автоматизованій установці, яка забезпечує як процеси вимірювання електричних параметрів, так і реєстрацію і первинну обробку даних, з можливістю побудови графіків часових і температурних залежностей. Вимірюваний зразок мав чотири холлівські і два струмові контакти. В якості омичних контактів використовувалися плівки срібла. Струм через зразки складав ≈ 1 мА. Магнітне поле було напрямлене перпендикулярно до поверхні плівок при індукції 1,5 Тл.

Фазовий склад отриманого конденсату визначали методами рентгенографії на установці ДРОН-3 у геометрії Бреґга-Брентано в діапазоні кутів сканування $20^\circ \leq 2\theta \leq 110^\circ$. Обробка результатів рентгенофазового аналізу проводилася із використанням повнопрофільного методу Рітвелда із застосуванням програмного пакету FullProf.

II. Експериментальні результати

Деякі із отриманих результатів експериментів наведено на рис.1,рис.2. Встановлено, що за всіх умов вирощування парофазні конденсати мають р-тип провідності. При цьому із збільшенням температури осадження T_n концентрація дірок зменшується (рис.1,а-крива-1), а їх рухливість дещо зростає

(рис.1,а-крива-2). Підвищення температури випаровування T_v наважки за сталої T_n зумовлює протилежні зміни у параметрах конденсатів: концентрація зростає, а параметр ґратки і рухливість носіїв зменшуються (рис.1,б).

Що стосується залежностей термоелектричних параметрів плівок SnTe від товщини, то для них характерні наступні зміни (рис.2): якщо питома електропровідність (σ), холлівська рухливість (μ) і стала Холла (R_h) мають тенденцію до зростання (рис.2,а,г,е), то коефіцієнт Зеебека (S), термоелектрична потужність ($S^2\sigma$) і концентрація носіїв спадають (рис.2,б,в,д) відповідно.

Отримані експериментальні результати (рис.1,рис.2) ми пов'язуємо із особливостями T - P_{Te_2} -х діаграм сполуки та конденсаційними процесами, що модифікують дефектну підсистему конденсату.

III. Квазіхімічні рівняння утворення точкових дефектів

Ми вважали, що вакансії металу є двократними акцепторами, а вакансії халькогену – двократними донорами. Про міжвузловий атом стануму в SnTe є суперечливі дані, а міжвузловий Te, скоріше, електронейтральний. За даними мессбауерівської спектроскопії частина атомів стануму може бути в чотирьохвалентному стані Sn^{4+} . Вилучення таких атомів з кристалічної ґратки може призвести крім того до утворення чотирикратно йонізованих вакансій стануму V_{Sn}^{4-} [7-9].

Процес дефектоутворення у парофазних конденсатах SnTe можна описати системою квазіхімічних реакцій наведених у таблиці. Тут $K = K_0 \exp(-\Delta H/kT)$ – константа рівноваги реакції, де K_0 – передехпоненційний множник, що мало залежить від температури, ΔH – ентальпія реакції; P_{Te_2} – парціальний тиск пари телуру; e^- – електрон; h^+ – дірка; n і p – концентрації електронів і дірок відповідно, "S" – тверде тіло, "V" – пара.

Реакція (I) описує утворення нейтральних вакансій за Шотткі; (II) – проникнення атомів телуру з парової фази у плівку з утворенням нейтральної V_{Sn}^0 металічної вакансії; (III)-(V) – йонізацію утворених дефектів. Реакція (VI) описує збудження власної провідності, а (VII) – описує сублімацію твердого станум телуриду із розкладом на компоненти. Реакція (VIII) існування умови повної електронейтральності. Слід відмітити, що реакції (I)-(VI) проходять на підкладці і їх константи рівноваги є функціями температури підкладки T_n , а реакція (VII) відбувається у випарнику і її константа рівноваги є функцією температури випаровування T_v .

Система рівнянь (I)-(VIII) (табл.) дозволяє розрахувати концентрацію носіїв струму і дефектів, якщо відомі значення констант рівноваги реакцій K , K_b , K_i , K_S , $K_{\text{Te}_2, V}$, K_{SnTe} . Концентрацію дірок можна

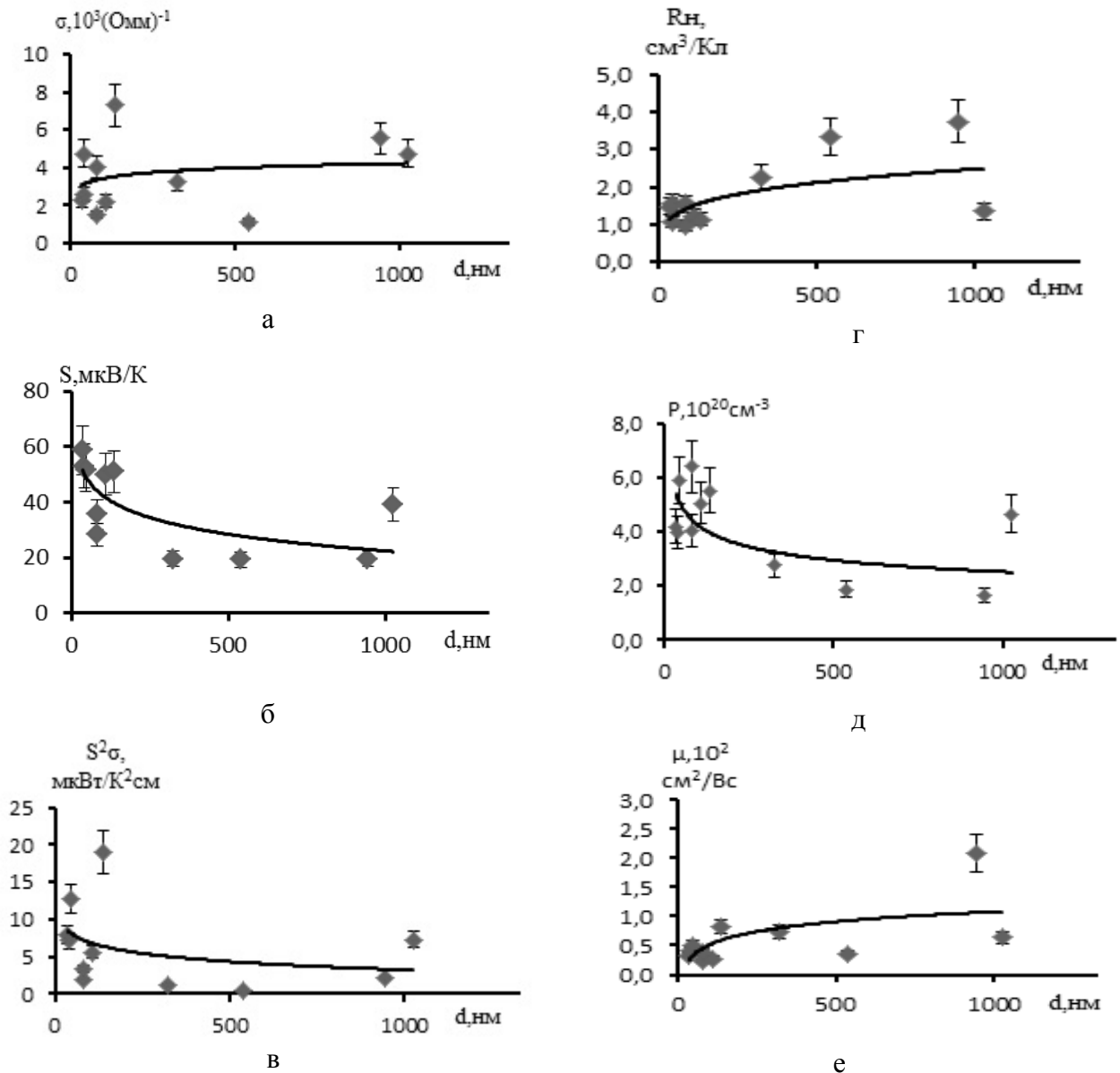


Рис. 2. Залежність термоелектричних параметрів (а- питома провідність σ , б- коефіцієнт Зеебека S , в- термоелектрична потужність $S^2\sigma$, г- коефіцієнт Холла R_H , д- концентрація носіїв P , е- рухливість μ) від товщини парофазних конденсатів SnTe/ситал.

знайти розв'язуючи систему рівнянь (I)-(VIII). Для цього з рівнянь (I)-(VII) визначають концентрації стану $[V_{Sn}^{2-}]$, $[V_{Sn}^{4-}]$ і телуру $[V_{Te}^{2+}]$ через константи рівноваги K і концентрацію дірок p :

$$[V_{Sn}^{2-}] = K'_b K_{Te_2,V} K_{SnTe} \cdot p^{-2}; \quad (1)$$

$$[V_{Sn}^{4-}] = K''_a K_{Te_2,V} K_{SnTe} \cdot p^{-4}; \quad (2)$$

$$[V_{Te}^{2+}] = K'_a K_S (K_i^2 K_{Te_2,V} K_{SnTe})^{-1} \cdot p^2. \quad (3)$$

Концентрація електронів згідно (VI) буде рівна:

$$n = K_i / p \quad (4)$$

Підставляючи одержані вирази в рівняння електронейтральності (VIII), одержимо рівняння p 'ятого степеня:

$$Ap^5 + Bp^4 - Cp^2 - Dp + F = 0. \quad (5)$$

Тут

$$A = 2K'_a K_S (K_i^2 K_{Te_2,V} K_{SnTe})^{-1};$$

$$B = 1; \quad C = K_i + K_{Te_2,V} K_{SnTe} K_b; \quad (6)$$

$$D = 2K'_b K_{Te_2,V} K_{SnTe};$$

$$F = 4K''_b K_{Te_2,V} K_{SnTe}.$$

Знайшовши із виразу (5) концентрацію дірок p можемо визначити згідно (1)-(4) концентрації дефектів і носіїв струму- n, p .

Холлівська концентрація дірок p_x визначається із виразу:

$$p_x = p - n = p - K_i / p. \quad (7)$$

Квазіхімічні реакції утворення власних точкових дефектів у парофазних конденсатах SnTe

№ п/п	Рівняння реакції	Константа рівноваги	K^0 , (см^{-3} , Па)	ΔH , еВ	Література
I	"0" = $V_{\text{Te}}^0 + V_{\text{Sn}}^0$	$K_S = [V_{\text{Sn}}^0] \cdot [V_{\text{Te}}^0]$	$1,1 \cdot 10^{48}$	2,38	[13]
II	$\frac{1}{2} \text{Te}_2^V = V_{\text{Sn}}^0 + \text{Te}_{\text{Te}}^0$	$K_{\text{Te}_2, V} = [V_{\text{Sn}}^0] \cdot P_{\text{Te}_2}^{-1/2}$	$4,0 \cdot 10^{17}$	-0,38	[13]
III	$V_{\text{Te}}^0 = V_{\text{Te}}^{2+} + 2e^-$	$K'_a = [V_{\text{Te}}^{2+}] \cdot n^2 / [V_{\text{Te}}^0]$	$1,46 \cdot 10^{32} \cdot T^3$	0,02	[12]
IV	$V_{\text{Sn}}^0 = V_{\text{Sn}}^{2-} + 2h^+$	$K'_b = [V_{\text{Sn}}^{2-}] \cdot p^2 / [V_{\text{Sn}}^0]$	$1,46 \cdot 10^{32} \cdot T^3$	0,02	[12]
V	$V_{\text{Sn}}^0 = V_{\text{Sn}}^{4-} + 4h^+$	$K'_b = [V_{\text{Sn}}^{4-}] \cdot p^4 / [V_{\text{Sn}}^0]$	$2,14 \cdot 10^{64} \cdot T^6$	0,04	
VI	"0" = $e^- + h^+$	$K_i = n \cdot p$	$3,66 \cdot 10^{31} \cdot T^3$	0,18	[12]
VII	$\text{SnTe}^S = \text{Sn}^S + \frac{1}{2} \text{Te}_2^V$	$K_{\text{SnTe}} = P_{\text{Te}_2}^{1/2}$	$1,75 \cdot 10^7$	1,53	[12]
VIII	$4[V_{\text{Sn}}^{4-}] + 2[V_{\text{Sn}}^{2-}] + n = 2[V_{\text{Te}}^{2+}] + p$				

Деякі результати розрахунків залежностей концентрації носіїв струму і дефектів від

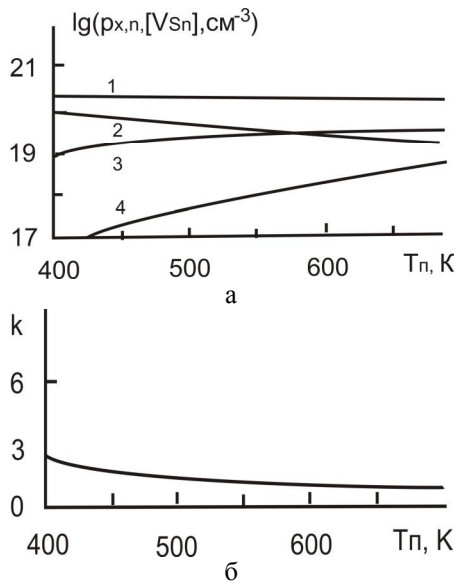


Рис. 3. Типові залежності концентрації дірок p (1), електронів n (4), вакансій стануму $[V_{\text{Sn}}^{2-}]$ (2) та $[V_{\text{Sn}}^{4-}]$ (3) (а) та відношення концентрації вакансій стануму $k = [V_{\text{Sn}}^{2-}] / [V_{\text{Sn}}^{4-}]$ (б) у плівках станум телуриду від температури підкладки $T_{\text{п}}$.

температури підкладки $T_{\text{п}}$, температури

випаровування $T_{\text{в}}$ і парціального тиску пари телуру P_{Te_2} наведено на рис. 3-рис.6.

IV. Обговорення результатів дослідження

З рис.3 видно, що з підвищенням температури підкладки $T_{\text{п}}$, при постійній температурі випаровування $T_{\text{в}}$ і парціальному тиску пари телуру P_{Te_2} додаткового джерела, концентрація дірок p зменшується (рис. 3,б-крива-1), що якісно узгоджується з експериментом (рис. 1,а-крива-1). Розрахунок концентрації дефектів показав, що у плівках SnTe вакансії телуру V_{Te}^{2+} утворюються у незначних кількостях (на рисунках не показано) і концентрація носіїв струму визначається в основному концентрацією вакансій стануму $[V_{\text{Sn}}^{2-}]$ та $[V_{\text{Sn}}^{4-}]$. При цьому, зі збільшенням температури підкладки, при постійній температурі випаровування $T_{\text{в}}$ і парціальному тиску пари телуру P_{Te_2} , концентрація двократно йонізованих вакансій стануму $[V_{\text{Sn}}^{2-}]$ спадає, а чотирикратно йонізованих $[V_{\text{Sn}}^{4-}]$ зростає (рис. 3,а-криві 2,3), тому й їх відношення $k = [V_{\text{Sn}}^{2-}] / [V_{\text{Sn}}^{4-}]$ зменшується (рис. 3,б).

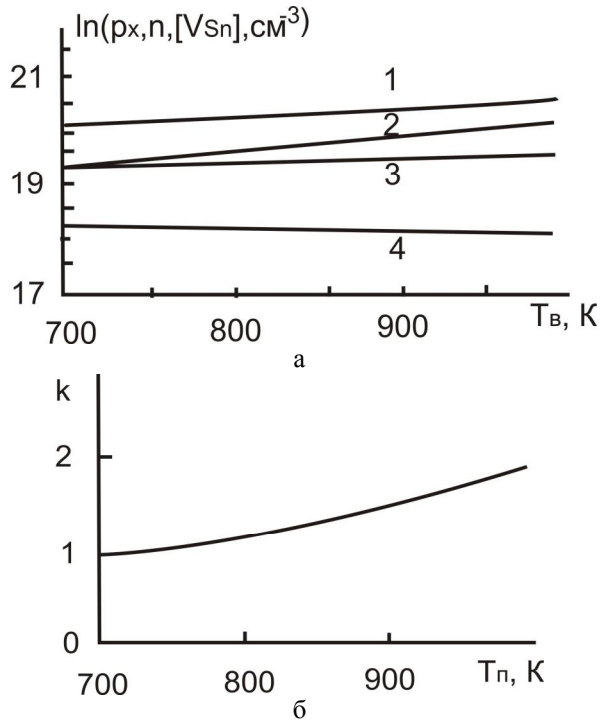


Рис. 4. Типові залежності концентрації дірок р (1), електронів n (4), вакансій стануму $[V_{Sn}^{2-}]$ (2) та $[V_{Sn}^{4-}]$ (3) (а) та відношення концентрації вакансій стануму $k = [V_{Sn}^{2-}]/[V_{Sn}^{4-}]$ (б) у плівках станум телуриду від температури випаровування T_B .

Підвищення температури випаровування T_B , при низьких значеннях парціального тиску пари телуру P_{Te_2} і незмінній температурі підкладки T_P , призводить до незначного зростання концентрації дірок р (рис. 4,а-крива-1), що також якісно узгоджується з експериментом (рис. 1,б-крива-1). Концентрації вакансій стануму при цьому зростають, а концентрації вакансій телуру $[V_{Te}^{2+}]$ і електронів n спадають (рис. 4, а). Причому, концентрація вакансій стануму $[V_{Sn}^{2-}]$ зростає в більшій мірі ніж чотирикратно йонізованих $[V_{Sn}^{4-}]$ тому і їх відношення $k = [V_{Sn}^{2-}]/[V_{Sn}^{4-}]$ зростає (рис. 4, б).

Зміна температури випаровування T_B , при високих значеннях парціального тиску пари телуру P_{Te_2} і сталій температурі підкладки T_P , істотно не впливає на концентрацію як дефектів (вакансій $[V_{Sn}^{2-}]$, $[V_{Sn}^{4-}]$, $[V_{Te}^{2+}]$), так і вільних носіїв заряду (дірок р і електронів n). Зрозуміло, що і відношення $k = [V_{Sn}^{2-}]/[V_{Sn}^{4-}]$ при цьому залишається незмінним.

Зміна парціального тиску пари телуру P_{Te_2} , при постійній температурі підкладки T_P і температурі випаровування T_B та при малих значеннях тиску телуру ($P_{Te_2} < 10^{-3}$ Па), не впливає на концентрацію

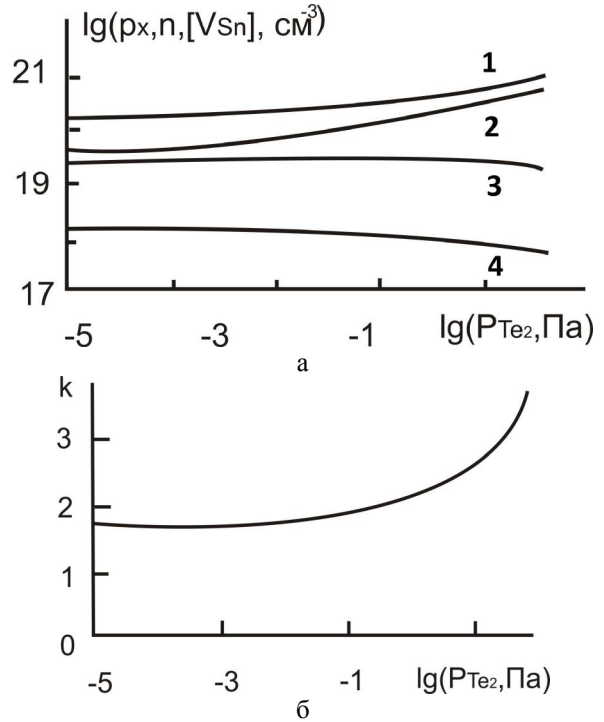


Рис. 5. Типові залежності концентрації дірок р (1), електронів n (4), та вакансій стануму $[V_{Sn}^{2-}]$ (2) $[V_{Sn}^{4-}]$ (3) (а) відношення концентрації вакансій стануму $k = [V_{Sn}^{2-}]/[V_{Sn}^{4-}]$ у плівках станум телуриду від парціального тиску пари телуру P_{Te_2}

вільних носіїв заряду і дефектів (рис. 5,а). Подальше

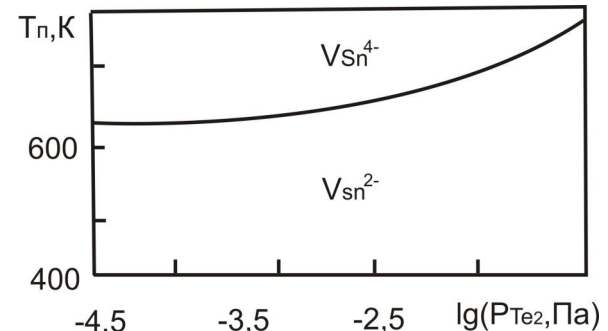


Рис. 6. Области переважання чотирикратно $[V_{Sn}^{4-}]$ і двократно $[V_{Sn}^{2-}]$ йонізованих вакансій стануму на $T - P_{Te_2}$ діаграмі, у парофазних конденсатах SnTe за температури випаровування $T_B = 800$ К.

ж збільшення P_{Te_2} призводить до зростання концентрації дірок р та двократно йонізованих вакансій стануму $[V_{Sn}^{2-}]$ і спадання концентрації чотирикратно йонізованих вакансій стануму $[V_{Sn}^{4-}]$, вакансій телуру $[V_{Te}^{2+}]$ та електронів n (рис.5,а). Відношення концентрації вакансій стануму $k = [V_{Sn}^{2-}]/[V_{Sn}^{4-}]$ також залишається незмінним при

малих значеннях тиску пари телуру P_{Te_2} і зросте при подальшому його збільшенні (рис. 5,б).

Область, де концентрації вільних носіїв заряду і дефектів не залежать від парціального тиску пари телуру P_{Te_2} розширюється із збільшенням температури випаровування T_B .

Таким чином, у плівках станум телуриду, вирощених при низьких значеннях температури підкладки T_{II} і високих значеннях парціального тиску пари телуру P_{Te_2} , переважаючими дефектами будуть двократно йонізовані вакансії стануму $[V_{Sn}^{2-}]$. У плівках вирощених при високих значеннях температури підкладки T_{II} і низьких значеннях парціального тиску пари телуру P_{Te_2} будуть переважати чотирикратно йонізовані вакансії стануму $[V_{Sn}^{4-}]$. Області переважання чотирикратно $[V_{Sn}^{4-}]$ чи двократно $[V_{Sn}^{2-}]$ йонізованих вакансій стануму при температурі випаровування $T_B = 800$ К зображені на рис.6.

Отримані експериментальні (рис1, рис.2) та теоретичні (рис.3,рис.6) залежності характерних параметрів парофазних конденсатів SnTe від технологічних факторів зумовлені особливостями T- P_{Te_2} -x –діаграм. Так, зокрема, підвищена температура випаровування наважки T_B веде до збагачення пари більш летючою компонентою-телуrom і, відповідно до зміщення складу конденсату на бік халькогену. Останнє є причиною спостережуваного зменшення сталої ґратки (рис.1,б-крива 3) і зростання конденсації дірок (рис.1,б-крива 1; рис.4,а-крива 1). Це характерно також і для зміни концентрації дірок із ростом P_{Te_2} (рис.5а-крива 1). Парціальний тиск пари олова є незначними ($P_{Sn} < 10^{-10}$ Па), тому у процесах осадження пари і росту конденсату суттєвої ролі відігравати не буде. Підвищення температури осадження T_{II} веде до часткового ревіпаровування надлишкового телуру, що і є причиною зміщення області гомогенності конденсату на бік металу і, відповідно зменшенню конденсації дірок і параметра ґратки (рис.1,а-криві 1,3)

Що стосується зміни рухливості носіїв від технологічних параметрів – зростання при підвищенні T_{II} (рис.1,а-крива 2), зменшення при підвищенні T_B (рис.1,б-крива 2)- то це зумовлено концентраційною залежністю (рис.1,а,б-криві-1).

Тепер відносно товщинних d-залежностей термоелектричних параметрів (рис.2). Звертаємо увагу в першу чергу на те, що для початкових етапів отримання-малий час випаровування і осадження пари відповідно, тонкі плівки завжди характеризуються значно більшою концентрацією дірок, ніж при значних часах осадження -«товсті» плівки.(рис.2,д). Це пов'язано із збагаченням пари телуrom на першому етапі випаровування наважки і її збільшенням на телур при тривалому випаровуванні. Останнє призводить до зміщення області гомогенності у конденсаті на бік металу і зменшенню концентрації вакансій стануму V_{Sn} та холівської концентрації відповідно(рис.2,д). Менші рухливості носіїв струму «тонких» плівок (рис.2,е) зумовлено домінуванням впливу поверхні на їх розсіювання.

При цьому слід відзначити порівняно високі значення термоелектричних параметрів досліджуваних парофазних конденсатів станум телуриду порівняно із масивними зразками. Так, зокрема, коефіцієнт Зеєбека досягує значень ~ 60 мкВ/К, а питома термоелектрична потужність ~ 18 мкВт/К²см (рис.2). Останнє робить їх перспективним у термоелектричних мікромодулях для створення р-віток.

Висновки

1. Представлено результати дослідження комплексу термоелектричних властивостей парофазних конденсатів p-SnTe/ситал, вирощених за температур випаровування наважок $T_B=(720-970)$ К, температур осадження $T_{II} = (420-620)$ К) для товщин $d = (40-900)$ нм.
2. Отриманим змінам концентрації носіїв, їх рухливості, параметра ґратки SnTe від T_{II} та T_B , а також інших термоелектричних параметрів від товщини d p-SnTe/ситал дано кристалохімічне пояснення, пов'язане із утворенням дво- і чотиризарядних вакансій стануму.

Автори висловлюють вдячність проф. Фреїку Д.М. за постановку задачі та обговорення результатів.

Робота виконана згідно наукових проектів відділу публічної дипломатії НАТО програми «Наука заради миру» (NUKR, SEPP 984536), та НАН України (Державний реєстраційний номер 0110U006281).

- [1] N.H. Abrikosov, L.E Shelimova. Poluprovodnikovye materialy na osnove soedinenij A4V6 (Nauka, Moskva, 1975).
- [2] D.M. Freik, V.V. Prokopiv, M.O. Galushhak, M.V. Pic, G.D. Mateik. Kristalohimija i termodinamika defektiv u spolukah AIVBVI. (Plaj, Ivano-Frankivs'k, 2000).
- [3] V.L. Kuznecov, Neorganicheskie materialy, 32(3), 261 (1996).
- [4] D.M. Zajachuk, V.A. Shenderovskij, UFZh, 36(11), 1692 (1991).
- [5] D.M. Freik, M.A. Galushhak, L.I. Mezhilovskaja. Fizika i tehnologija poluprovodnikovyh plenok (Vishha shkola, L'viv, 1988).

- [6] Fiziko-himichni problemi napivprovodnikovogo materialoznavstva. Tom II. Tonki plivki AIVBVI. Za zag. red. D.Freïka. (Plaj, Ivano-Frankivs'k, 2009).
- [7] D.M. Freïk, V.V. Prokopiv, V.V. Borik, Ja.I. Dronjak, Physics and Chemistry of Solid State 2(4), 543 (2001).
- [8] D.M. Freïk, V.V. Prokopiv, Physics and Chemistry of Solid State 2(2), 223 (2001).
- [9] V.V. Prokopiv, Physics and Chemistry of Solid State 3(2), 281 (2002).

I.I. Chav'yak, L.Y. Mezhylovska, V.I. Makovyshyn, V.V. Prokopiv

Thermoelectric Properties and Defect Subsystem Vapor-Phase Condensates Tin Telluride on Glass-Ceramic Substrates

Investigated the thermoelectric properties of SnTe thin films with thickness (40-900) nm obtained by condensation of vapor on the high vacuum on substrates of glass ceramics under different growing technological factors : evaporation temperature T_e and T_s deposition and pressure of tellurium P_{Te2} . Showing that elected the conditions for receiving condensate has only p-type conductivity and it is characterized by a large concentration of carriers (10^{20} - 10^{21}) cm^{-3} . Established trend in the changes of the kinetic coefficients (conductivity σ , Seebeck coefficient S , thermoelectric power $S^2\sigma$, carrier concentration P and mobility of carriers μ) condensates with thickness d and the variable T_s , T_e , P_{Te} . The obtained experimental results are explained by the peculiarities of the defect subsystem of point defects, dominant among which are two- $[V_{Sn}^{2-}]$ and four- $[V_{Sn}^{4-}]$ charge vacancies stanum, the ratio between them $k = [V_{Sn}^{2-}] / [V_{Sn}^{4-}]$ determines the full range of properties under different conditions of their formation. Determined that the thin-film condensation tin telluride unlike bulk samples have high Seebeck coefficient $S \approx 80 \mu W/K$ та $S^2\sigma \approx 18 \mu W/K^2cm$, which makes them perspective for use of p-branches in thermoelectric micromodules.

Keywords: Tin telluride, vapor-phase condensates, thermoelectricity, point defects.