

УДК 621.315.592

Фреїк Д.М., Дзундза Б.С., Маковишин В.І., Межиловська Л.Й., Бачук В.В.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
вул. Шевченка, 57, Івано-Франківськ, 76018, Україна.

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПАРОФАЗНИХ КОНДЕНСАТІВ НА ОСНОВІ ЛЕГОВАНОГО ТЕЛУРИДУ ОЛОВА $SnTe:Bi$

Досліджено термоелектричні властивості парофазних конденсатів на основі легovanого телуриду $SnTe:Bi$ різного складу, отриманих у відкритому вакуумі на ситалові та слюдяні підкладки. Показано, що тонкі плівки на свіжих сколах (0001) слюди-мусковіт із вмістом ~ 0.3 мол.% Bi характеризуються максимальними значеннями термоелектричної потужності ~ 42 мкВт/К²см.

Ключові слова: тонкі плівки, телурид олова, легування, термоелектричні властивості.

Thermoelectric properties of vapour-phase condensates based on doped tin telluride $SnTe:Bi$ of different composition obtained in open vacuum on glass ceramic and mica substrates are investigated. It is shown that thin films on fresh (0001) cleavages of muscovite mica with the content of ~ 0.3 mol.% Bi are characterized by maximum values of thermoelectric power ~ 42 $\mu W/K^2 cm$.

Key words: thin films, tin telluride, doping, thermoelectric properties.

Вступ

Телурид олова широко застосовується в напівпровідниковій техніці. Також він є перспективним термоелектричним матеріалом для середньотемпературної області (500-750) [1, 2, 3]. Отримання тонкоплівкового матеріалу у значній мірі розширює межі його практичного застосування. Ще до тепер залишається до кінця нерозв'язаною задачею про стабільність у часі електричних параметрів. Крім того, при витримці плівок на повітрі завдяки акцепторній дії кисню, на поверхні утворюється шар збагачений носіями р-типу провідності [3].

У даній роботі досліджено товщинні залежності термоелектричних параметрів плівок на основі чистого і легovanого бісмуту $SnTe$, отриманих із парової фази на ситалових та слюдяних підкладках.

Методика експерименту

Плівки для дослідження отримували осадженням пари синтезованого матеріалу $SnTe$ у вакуумі на підкладки із свіжих сколів (0001) слюди-мусковіт та ситалу. Температура випарника складала $T_v=870$ К, а температура підкладок $T_n=470$ К. Товщину плівок задавали часом осадження в межах (5-480) 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.

Результати досліджень і залежності питомої електропровідності σ і холлівської концентрації носіїв струму n_H та коефіцієнта Зеєбека S від товщини представлені на рис. 1 – 2.

Результати дослідження та їх аналіз

Введення Bi зумовлює донорну дію у телуриді олова, яка виявляється у спаданні концентрації дірок в об'ємі плівок. Результати дослідження термоелектричних параметрів парофазних конденсатів на основі легованого телуриду олова для різного складу наведено в таблиці. Із збільшенням вмісту легуючої домішки термоелектрична потужність спочатку зростає, а потім різко зменшується, що пов'язано з виходом за межі області розчинності Bi в SnTe. Максимальна термоелектрична потужність досягається при вмісті домішки близько 0.3 мол.%, але для конденсатів отриманих на свіжих сколах (0001) слюди-мусковіт вона значно вища, ніж для зразків на ситалі.

Таблиця

Термоелектричні параметри парофазних конденсатів на основі легованого телуриду олова різного складу

мол.% Bi	$\sigma, \text{Om}^{-1} \text{cm}^{-1}$	$\mu, \text{cm}^2/\text{B}^* \text{c}$	n, cm^{-3}	$S, \text{mKB/K}$	$S^2\sigma, \text{mKB}^2/\text{K}^2 \text{cm}$
Плівки товщиною 0.1 мкм на свіжих сколах (0001) слюди					
0	2790	32	$5.44 \cdot 10^{20}$	55	8.4
0.3	3900	146	$1.67 \cdot 10^{20}$	90	31.2
1.5	3904	278	$8.78 \cdot 10^{19}$	65	16.3
2	852	56	$9.56 \cdot 10^{19}$	131	14.6
Плівки товщиною 0.5 мкм на свіжих сколах (0001) слюди					
0	1414	61	$1.44 \cdot 10^{20}$	31	1.3
0.3	2780	221	$7.87 \cdot 10^{19}$	54	8.1
1.5	5501	318	$1.08 \cdot 10^{20}$	56	17.5
2	674	68	$6.18 \cdot 10^{19}$	123	10.2
Плівки товщиною 2 мкм на свіжих сколах (0001) слюди-мусковіт					
0	1156	74	$9.71 \cdot 10^{19}$	20	0.5
0.3	2570	242	$6.63 \cdot 10^{19}$	44	4.9
1.5	5800	323	$1.12 \cdot 10^{20}$	55	17.7
2	641	71	$5.62 \cdot 10^{19}$	121	9.3
Плівки товщиною 0.05 мкм на ситалових підкладках					
0	4815	19	$1.55 \cdot 10^{21}$	64	19.8
0.3	5776	102	$3.54 \cdot 10^{20}$	62	22.3
1.5	1390	82	$1.05 \cdot 10^{20}$	80	8.8
Плівки товщиною 0.3 мкм на ситалових підкладках					
0	1844	47	$2.44 \cdot 10^{20}$	34	2.1
0.3	4129	257	$1.01 \cdot 10^{20}$	30	3.7
1.5	4398	170	$1.62 \cdot 10^{20}$	15	0.9
Плівки товщиною 1 мкм на ситалових підкладках					
0	1428	60	$1.48 \cdot 10^{20}$	19	0.5
0.3	3899	289	$8.43 \cdot 10^{19}$	23	2.1
1.5	4819	174	$1.73 \cdot 10^{20}$	12	0.7

Товщинні залежності термоелектричних параметрів парофазних конденсатів SnTe із вмістом 0.3 мол.% бісмуту наведено на рис. 1-2. Видно, що зі зменшенням товщини конденсатів d , незалежно від складу, провідність суттєво зростає, а для товщин більше

$d \approx 0.5$ мкм практично не змінюється. Це пов'язане з зростанням концентрації носіїв струму в області малих товщин плівок, завдяки акцепторній дії адсорбованого поверхнею кисню. Причому концентрація носіїв струму для чистого телуриду є більшою, ніж для легованого завдяки донорній дії бісмуту. При зменшенні товщини плівок отриманих на підкладках слюди також зростає коефіцієнт Зеебека, що призводить до значного збільшення термоелектричної потужності (рис. 1, г).

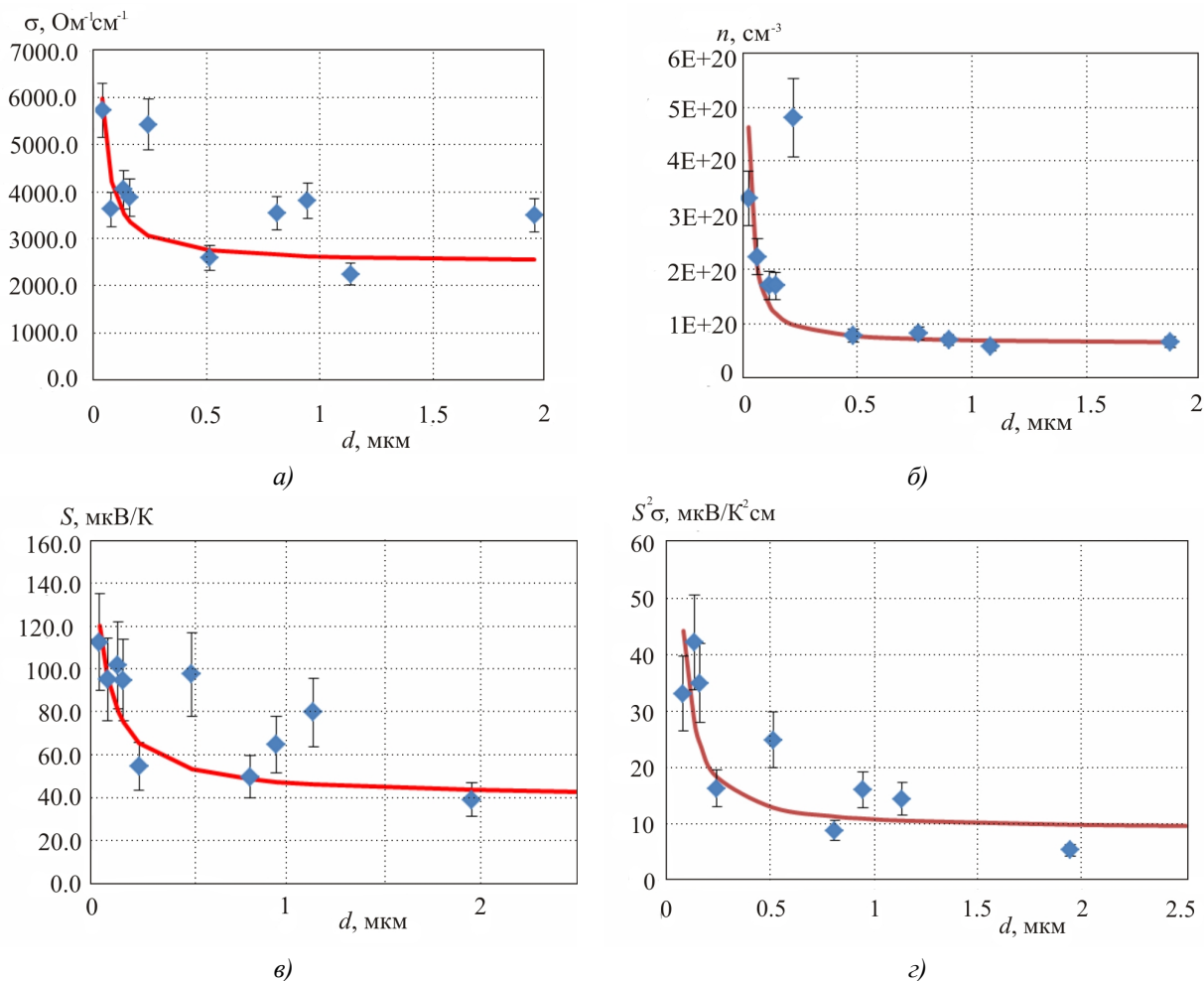


Рис. 1. Залежності питомої електропровідності σ (а), холлівської концентрації n (б), коефіцієнта Зеебека S (в) та термоелектричної потужності $S^2\sigma$ (г) від товщини d плівок SnTe:Bi на свіжих сколах (0001) слюди-мусковіт. Вміст Bi складає 0,3 мол. %.

Плівки отримані на свіжих сколах (0001) слюди-мусковіт характеризуються значно вищою термоелектричною потужністю завдяки вдвічі більшому коефіцієнту Зеебека, ніж зразки отримані на ситалі (рис. 1-2, г), завдяки кращій структурній впорядкованості та за рахунок орієнтаційного впливу підкладки. Для конденсатів отриманих на ситалових підкладках товщинна залежність коефіцієнта Зеебека та термоелектричної потужності мають чіткий максимум в області товщин ~ 0.6 мкм (рис 2, в,г). що пов'язано з проявом розмірних ефектів при малих товщинах конденсату.

В цілому, високі значення провідності у поєднанні із значною величиною коефіцієнта Зеебека плівок SnTe:Bi дозволяють отримувати термоелектричний матеріал p -типу провідності, який є перспективним для побудови пліткових мікромодулів термоелектричного перетворення енергії.

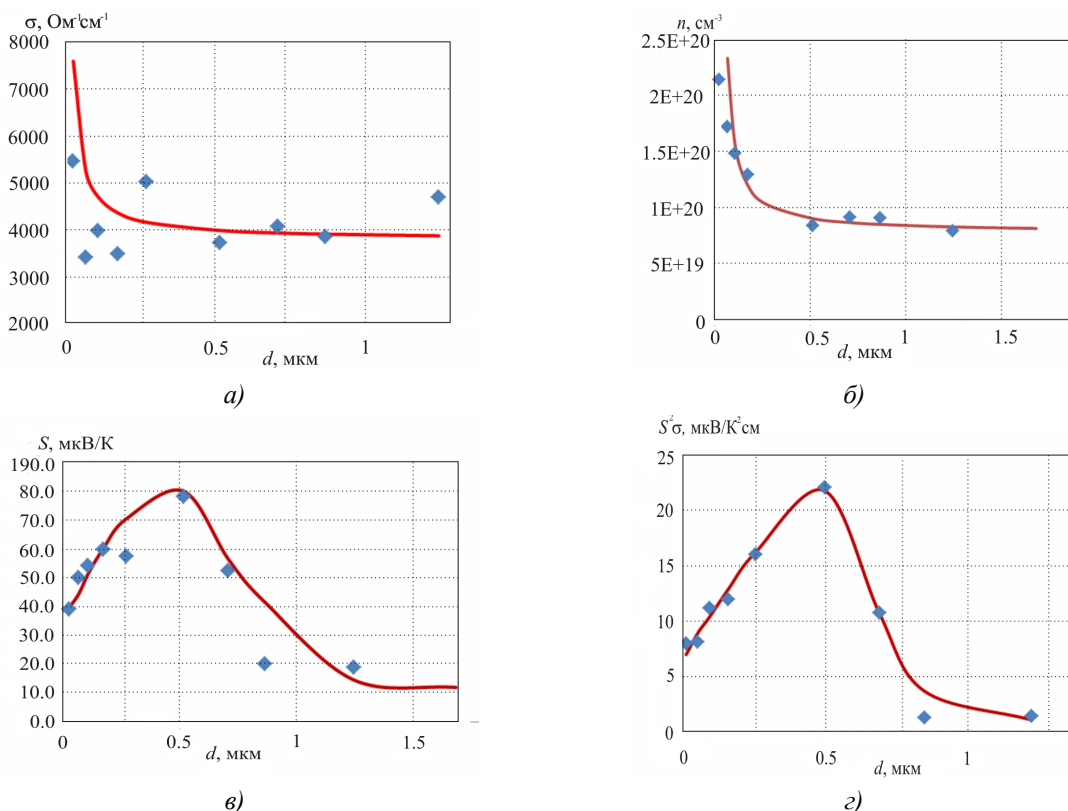


Рис. 2. Залежності питомої електропровідності σ (а), холлівської концентрації n (б), коефіцієнта Зеєбека S (в) та термоелектричної потужності $S^2\sigma$ (г) від товщини d плівок SnTe:Bi на силіконових підкладках. Вміст Bi складає 0.3 мол.%.

Висновки

1. Досліджено термоелектричні властивості парофазних тонких плівок телуриду олова, легованого вісмутом та отриманих парофазними методами на підкладках силісалу та слюди.
2. Показано, що тонкі плівки SnTe p -типу провідності мають покращені термоелектричні параметри у порівнянні із масивними зразками.
3. Легування вісмутом телуриду олова, незважаючи на деяке зниження питомої провідності, дозволяє покращити термоелектричну потужність завдяки зростанню коефіцієнта Зеєбека.

Робота виконана згідно комплексного наукового проекту, та ДФФД України (державний реєстраційний номер 0113U003689), та НАН України (державний реєстраційний номера 0110U006281).

Література

1. Шперун В.М. Термоелектрика телуриду свинцю та його аналогів. / В.М. Шперун, Д.М. Фреїк, Р.І. Запужляк // – Івано-Франківськ, Плай, 2000. – 250 с.
2. Фреїк Д.М. Фізика и технология тонких пленок. / Д.М. Фреїк, М.А. Галушак, Л.Й. Межиловская // – Львов: Вища школа, 1988. – 182с.
3. Фреїк Д.М. Вплив технології виготовлення на термоелектричні властивості нестехіометричного і легованого плюмбум телуриду та твердих розчинів на його основі / Д.М. Фреїк, І.В. Горічок, Н.І. Дикун, Ю.В. Лисюк // Термоелектрика. – 2011. – №2. – С. 43.
4. Кланічка Ю.В. / Ю.В. Кланічка, Б.С. Дзундза, Л.Й. Межиловська, Я.С. Яворський // Фізика і хімія твердого тіла. – 2011. – Т.12. – Р. 346.

Надійшла до редакції 30.05.14