

Б.С. Дзундза

Зміна кінетичних параметрів плівок SnTe при тривалій витримці на повітрі

¹Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
вул. Шевченка, 57, Івано-Франківськ, 76000, Україна, E-mail: fcss@pu.if.ua

Досліджено зміни кінетичних параметрів плівок SnTe різних товщин (0,27-2) мкм при тривалій їх витримці на повітрі. З використанням двошарової моделі Петріца знайдено залежність товщини приповерхневого окисленого шару та його швидкості утворення від часу витримки на повітрі. Отримані результати інтерпретуються процесами адсорбції і дифузії кисню та стануму.

Ключові слова: тонкі плівки, телурид олова, питомий опір, рухливість.

Стаття постуила до редакції 11.04.2011; прийнята до друку 15.06.2011.

Вступ

Тонкі плівки сполук IV-VI – перспективні матеріали для створення детекторів та джерел випромінювання в інфрачервоному діапазоні оптичного спектру [1], а також як термоелектричний матеріал в середній області температур (500-700 K) [2]. Встановлено, що їх властивості визначаються як технологічними факторами процесу вирощування, так і умовами їх наступної експлуатації [3].

У даній роботі досліджено закономірності зміни кінетичних параметрів плівок телуриду олова різної товщини при тривалій витримці на повітрі.

I. Методика експерименту

Плівки для дослідження отримували з парової фази методом відкритого випаровування у вакуумі на підкладки слюди. Температура випарника під час осадження складала 700 °С, а температура підкладок 150 °С. Товщину плівок задавали часом осадження в діапазоні (5-60) хв та контролювали за допомогою мікроінтерферометра МІІІ-4.

Вимірювання електричних параметрів плівок проводилося на повітрі при кімнатних температурах у постійних магнітних полях. Вимірюваний зразок мав чотири холлівські і два струмові контакти. В якості омичних контактів використовувалися плівки срібла. Струм через зразки складав ≈ 100 мкА. Магнітне поле було напрямлене перпендикулярно до поверхні плівок при індукції 2 Тл.

Для кожного зразка проводились серія вимірювань через певний час на протязі приблизно одного року.

Залежності питомого опору, коефіцієнта Холла і рухливості носіїв струму плівок РbТе витриманих різний час на повітрі від товщини зображено на рис. 1 – рис. 3.

II. Елементи теорії

У плівках при їх витримці на повітрі завдяки акцепторній дії кисню, на поверхні утворюється шар збагачений носіями р-типу.

Для оцінки провідності приповерхневого шару у плівках аналіз електричних властивостей доцільно проводити за допомогою двошарової моделі Петріца [4]. Тонку плівку у цій моделі представляють складеною з двох шарів: приповерхневого (I) (область поверхневого заряду) завтовшки d_s , концентрація носіїв струму в якому n_s , а їх рухливість μ_s , і об'ємного (II), що характеризується аналогічними величинами: d_b , n_b , μ_b які з'єднані паралельно. Товщина плівки $d = d_s + d_b$.

У цьому випадку [4]:

$$\sigma = \frac{\sigma_s d_s + \sigma_b d_b}{d}; \quad (1)$$

$$R = \frac{R_s \sigma_s^2 d_s + R_b \sigma_b^2 d_b}{(\sigma_s d_s + \sigma_b d_b)^2} d; \quad (2)$$

$$\mu = \sigma R = \frac{\sigma_s^2 d_s R_s + \sigma_b^2 d_b R_b}{\sigma_s d_s + \sigma_b d_b}. \quad (3)$$

Співвідношення (1)-(3), за умови відомих експериментальних значень σ , R , μ та об'ємних σ_b , R_b , μ_b і d , дають можливість наближено визначити параметри приповерхневого шару σ_s , R_s , μ_s відповідно.

III. Результати експерименту та розрахунки

Із рис. 1 бачимо, що зі збільшенням товщини плівки незалежно від часу їх витримки на повітрі провідність на відміну від плівок PbTe [5] зменшується з виходом на насичення при товщині більше 2 мкм.

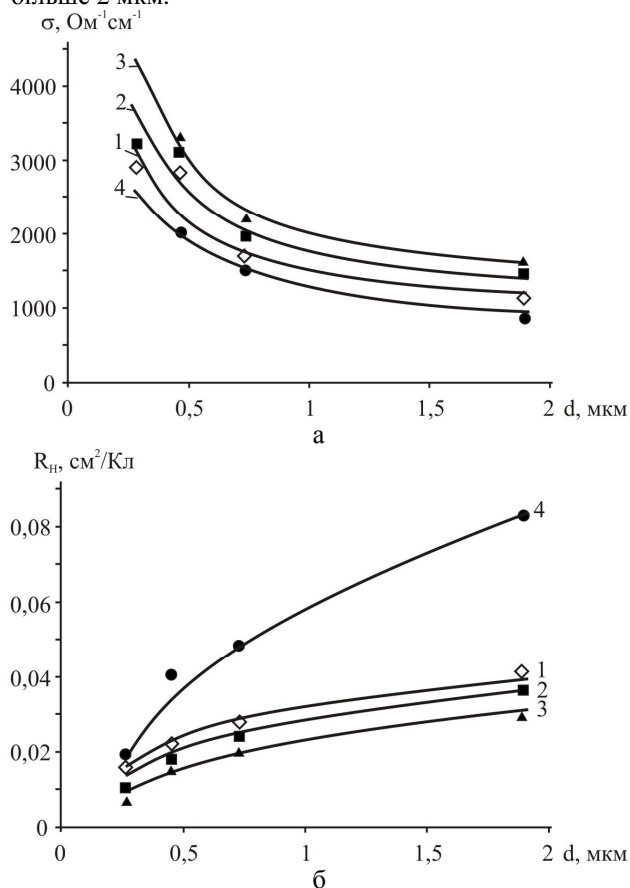


Рис. 1. Залежності питомої провідності (а) і коефіцієнта Хола (R_H) від товщини плівок SnTe для різного часу витримки на повітрі: \diamond , 1 – 10 хв; \blacksquare , 2 – 2 години; \blacktriangle , 3 – 1 доба; \bullet , 4 – ~ пів року. Точки – експеримент, суцільні лінії – розрахунок згідно моделі Петріца.

Аналогічно поводить себе концентрація носіїв струму (рис. 1, б). Рухливість носіїв з товщиною змінюється незначно.

При витримці на повітрі до кількох діб концентрація носіїв струму з часом витримки зростає (рис. 1, б, криві 1-3.), що приводить до зростання електропровідності. Зростання концентрації носіїв пов'язано з акцепторною дією кисню і утворенням на поверхні збагаченого на носії р-типу шару, тобто p_+ шару.

При тривалій витримці на повітрі (близько 0,5 року), зі зменшенням товщини плівки, концентрація носіїв значно зменшується, особливо сильно для плівок товщиною більше 0,5 мкм (рис. 1, б, крива 4). Це може бути зумовлено, як насиченням поверхні киснем так і подальшою дифузією атомів металу до поверхні якій компенсує

акцепторний вплив кисню.

Таблиця

Значення кінетичних параметрів приповерхневого шару (s) і об'єму (b) для плівок PbTe р-типу провідності, розраховані згідно двошарової моделі Петріца

Параметри об'ємного шару		
$\sigma_b, \text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$	900	
$R_{Hb}, \text{см}^3/\text{Кл}$	0,05	
$n_b, \text{см}^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{20}$	
$\mu_b, \text{см}^2/\text{Вс}$	45	
Поверхневі параметри при коротких витримках (до 1 діби)		
$\sigma_s, \text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$	4700	
$R_{Hs}, \text{см}^3/\text{Кл}$	0,012	
$n_s, \text{см}^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{20}$	
$\mu_s, \text{см}^2/\text{Вс}$	56,4	
Поверхневі параметри при тривалій витримці (до 0,5 року)		
$\sigma_s, \text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$	2500	
$R_{Hs}, \text{см}^3/\text{Кл}$	0,02	
$\mu_s, \text{см}^2/\text{Вс}$	$3,12 \cdot 10^{20}$	
$n_b, \text{см}^{-3}$	$6,58 \cdot 10^{16}$	
Зміна товщини поверхневого шару з часом витримки		
Час витримки	Товщина $d_s, \text{мкм}$	Швидкість окислення, мкм/хв
10 хв	0,17	$1,7 \cdot 10^{-2}$
2 год	0,22	$1,8 \cdot 10^{-3}$
1 доба	0,27	$1,9 \cdot 10^{-4}$
0,5 року	0,3	$1,2 \cdot 10^{-6}$

Параметри приповерхневого шару, оцінені згідно моделі Петріца, наведені в таблиці. Бачимо, що розрахункові криві задовільно описують експериментально отримані результати (рис. 1).

Модель дозволила визначити залежність товщини поверхневого шару від часу витримки плівок SnTe на повітрі (рис. 2) та середню швидкість його утворення на кожному етапі (рис. 3).

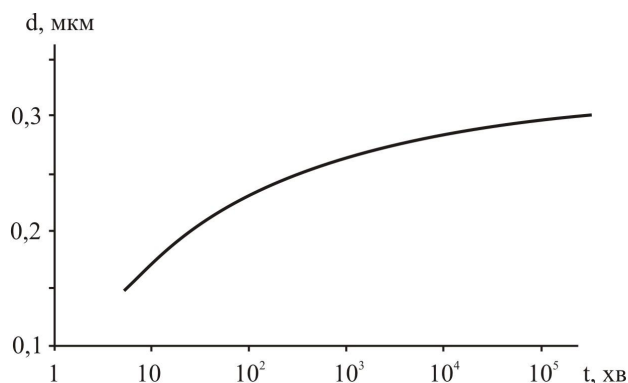


Рис. 2. Залежність товщини приповерхневого шару від часу витримки плівок SnTe на повітрі.

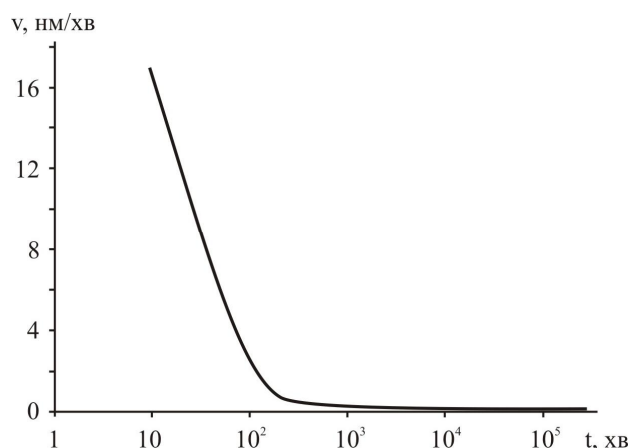


Рис. 3. Залежність швидкості росту приповерхневого шару (окислення) від часу витримки плівок SnTe на повітрі.

Видно (рис. 5), що на початкових етапах витримки плівок SnTe на повітрі швидкість зміни товщини приповерхневого шару окислення різко спадає, і на протязі першої доби стає незначною, а при подальшій витримці змінюється дуже повільно. Це також вказує на відмінність механізмів процесів окислення на ранній стадії та під час тривалої витримки на повітрі.

Висновки

1. Досліджено вплив тривалої витримки на повітрі на товщинні залежності кінетичних параметрів плівок SnTe.

2. З використанням моделі Петріца визначено параметри приповерхневого шару та залежність його товщини від часу витримки.

3. Зроблено припущення, що якщо на початкових етапах домінують процеси адсорбції кисню на поверхні, та його дифузія в глиб плівки, то в подальшому вони компенсується дифузією стануму до поверхні.

Автор висловлює вдячність проф. Фреїку Д.М. за постановку задачі, цінні поради та обговорення результатів дослідження.

Робота частково фінансується в межах проекту НАН України (державний реєстраційний номер 0110U006281) та державним комітетом України з питань науки, інновацій та інформатизації (державний реєстраційний номер 0110U007674).

Дзундза Б.С. – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник;

- [1] J.N. Zemel. Recent developments in epitaxial IV-VI films // *J. Luminescence*, **7**, pp 524-541 (1973).
- [2] Д.М. Фреїк, М.А. Галушак, Л.Й. Межиловская. *Фізика і технологія тонких плінок*. Вища школа, Львов. 182 с. (1988).
- [3] А.Н. Ковалев, В.В. Остробородова, В.И. Парамонов, П.И. Фоломин. Проявление неоднородностей в нелегированных халькогенидах свинца по гальваномангнитным свойствам // *Фізика і техніка напівпровідників*, **23**(11), сс. 2039-2048 (1989).
- [4] R.L. Petritz. Theory of an Experiment for Measuring the Mobility and Density of Carriers in the Space-Charge Region of a Semiconductor Surface // *Phys. Rev.*, (110), p. 1254 (1958).
- [5] Б.С. Дзундза, Я.С. Яворський, Г.Д. Матеїк, Ю.В. Лисюк. Зміна кінетичних параметрів плівок р-PbTe при тривалій витримці на повітрі // *Фізика і хімія твердого тіла*, **12**(1) сс. 85-94 (2011).

B.S. Dzundza

Change the Kinetic Parameters of SnTe Films at Long Holding Time On Air

¹Vasyl Stefanyk PreCarpathian National University
57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76025, Ukraine, E-mail: fcss@pu.if.ua

The changes kinetic parameters of polycrystalline PbTe films of different thickness (0,27-2) μm at long exposure on the air are research. Using a mathematical model Petritsa find thickness dependence of surface oxidized layer and oxidation speed time exposure on air. The results are interpreted by the processes of adsorption and diffusion of oxygen and tin.

Key words: thin films, stanum telluride, resistivity, mobility.