

УДК 621.315.592

Я.П.Салій, П.І.Мельник, О.Я.Довгий, М.В.Калинюк
Розмірні ефекти у полікристалічних плівках PbTe

*Прикарпатський університет імені Василя Стефаника, Фізико-хімічний інститут.
76000 м.Івано-Франківськ, вул.Шевченка 57*

Досліджено вплив розміру зерна D на електрофізичні параметри плівок PbTe в інтервалі температур 77 – 300К при зміні D від 20 до ~ 1мкм. Спад провідності плівок із зменшенням D зумовлений збільшенням вкладу від розсіювання носіїв заряду на границях зерен. .

Ключові слова: PbTe, розмір зерна D , провідність, розсіювання носіїв заряду, границі зерен.

Стаття поступила до редакції 17.09.2000; прийнята до друку 3.11.2000

1. Дослідження явищ переносу у напівпровідникових і металічних плівках добре виявили залежність властивостей від їх товщини. Це пов'язано з тим, що у тонких шарах поряд з об'ємними механізмами розсіювання суттєву роль може грати розсіювання носіїв заряду на поверхні зразка [1]. Вважається, що у напівпровідникових плівках розмірний ефект спостерігається при товщинах набагато більших ніж у металічних [2]. В останніх він починає проявлятися при товщинах порівнянних з довжиною вільного пробігу носіїв заряду. Виділення поверхневих ефектів є складним у зв'язку із значним вкладом об'ємних механізмів розсіювання на різних структурних дефектах. Так, у роботі [3] показано, що занижені значення рухливості носіїв у тонких плівках PbTe, у порівнянні з масивними монокристалами, зумовлені розсіюванням на міжкристалітних границях, дислокаціях, точкових дефектах.

2. Плівки p – PbTe отримано у вакуумі методом гарячої стінки при осадженні на поліаміді. Товщина плівок змінювалась від 1 до 20 мкм. У якості наважки використовувався монокристалічний p -PbTe

з провідністю $\sim 10 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ при $T=300 \text{ К}$.

Структурний стан плівок досліджувався рентгенівським методом на ДРОН-3. Електропровідність плівок вимірювалась при сталому струмі в інтервалі температур 77-300 К. У якості омичних контактів використовувались індієві електроди, що забезпечували лінійність вольтамперних характеристик зразків у всьому досліджуваному температурному інтервалі. Тип провідності плівок визначався методом термо-е.р.с.

3. Основними параметрами, що визначають розмір зерна у полікристалічних плівках є температура підкладки і товщина плівки. При зменшенні товщини плівки від 20 до 1 мкм і температури від 620 до 420 К середній розмір зерен зменшувався від 20 до 1 мкм. Плівки мали нерівноосні кристаліти витягнуті вздовж поверхні і як матеріал наважки – діркову провідність.

На рисунку наведена залежність питомої провідності σ плівок при кімнатній температурі від середнього розміру зерна D .

Зв'язок між σ і D можна визначити простою емпіричною формулою

$$\sigma = \sigma_0 (1 - D_0 / D), \quad (1)$$

де $\sigma_0 = 1.1 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$, $D_0 = 0.7 \text{ мкм}$.

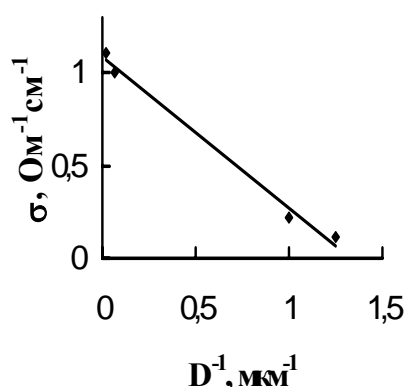


Рисунок. Залежність питомої провідності ($T=300 \text{ K}$) полікристалічних плівок від середнього розміру кристалітів.

Питома провідність плівок майже в 5 – 10 раз менша провідності монокристалічного PbTe з власною провідністю. Виходячи з цього можна вважати, що основний вклад в опір зразків дають границі зерен. Концентрація носіїв складала $\sim 10^{17} \text{ cm}^{-3}$.

4. Конкретний механізм, що приводить до такої залежності ρ від D , що описується формулою (1), не зовсім зрозумілий. Але є досить очевидно, що ріст питомого опору із збільшенням концентрації кристалітів в плівках пов'язаний, в основному, з розсіюванням носіїв заряду на границях зерен. В літературі відома подібна залежність, зумовлена впливом поверхневого розсіювання на електропровідність напівпровідникових плівок [4].

Густина енергетичних станів на межах

зерен повинна бути пропорційною сумарній поверхні зерен, що містяться в одиниці об'єму плівки. Нехтуючи нерівновісністю зерен, маємо: поверхня одиничного зерна $s \sim D^2$; об'єм одного зерна $V \sim D^3$; концентрація зерен в одиниці об'єму $n \sim 1/D^3$. Таким чином, сумарна поверхня зерен, що містяться в одиниці об'єму, $S \sim 1/D$. Для густини станів на межах зерен можемо записати

$$N_S = \gamma/D, \quad (2)$$

де γ - коефіцієнт пропорційності.

Однією з найбільш істотних особливостей провідності, пов'язаної з розсіюванням на іонізованих центрах як відомо, є лінійна залежність оберненої рухливості власних носіїв заряду від концентрації центрів N [5]

$$1/\mu \approx 1/\mu_0 + A \cdot N. \quad (3)$$

У випадку незалежності концентрації вільних носіїв від товщини і при $\mu_0 \gg 1/AN$

$$\sigma \approx \sigma_0(1 - A\mu_0\gamma/D). \quad (4)$$

Оскільки формули (1, 4) дозволяють описати залежність σ від D в області великих D , що перевищують на один – два порядки величину вільного пробігу носіїв у PbTe, то ясно, що розсіювання здійснюється з участю областей просторового заряду, які утворюються внаслідок локалізації вільних носіїв на границях зерен. Вплив цих областей на явища переносу у полікристалічних плівках PbTe відмічається у роботі [6].

Автори висловлюють вдячність професору Фреїку Д.М. за постановку задачі дослідження, та цінні поради.

- [1] К. Л. Чопра. *Электрические явления в тонких пленках*. –М.: Мир, 434 с. (1972).
- [2] Ф.Бехштедт, Р.Эндерлайн. *Поверхности и границы раздела полупроводников: Пер. с англ.* –М.: Мир. –488 с. (1990).
- [3] *Плёночные термоэлементы: Физика и применение*. Под. ред. Лидоренка Н.С. –М.: Наука, 232 с. (1985).
- [4] Ю.А.Браташевский, В.Д.Окунев, Н.Н.Пафомов, З.А.Самойленко. Размерные эффекты в поликристаллических пленках PbTe // *ФТТ*, **27**(3), сс. 723–729 (1985).
- [5] Б. И.Шкловский, А. Л.Ефрос. *Электронные свойства легированных полупроводников*. –М.: Наука, 416 с. (1979).
- [6] Ю.А.Бойков, Б.М.Гольцман, С.Ф.Синенко. Методика определения теплопроводности тонких пленок // *Приборы и техника эксперимента*, **2**, сс. 230-232. (1975).

Ya.P. Salij, P.I. Melnyk, O.Ya. Dovgij, M.V. Kalynyuk
*Physics-Chemical Institute at the Precarpathian university named by V.Stefanyk,
Shevchenko Str., 57, Ivano-Frankivsk, 76025, Ukraine*

The dimensional effects at the polycrystalline films of PbTe

The influence of size grains D to the electrical-physics parameters PbTe thin films both at the temperature range 77-300K and change of D from 20 to 1 μm are research. Decrease of films conductive is under increase contribution from dissipation carriers of current at the border of grains.