

Я.П. Салій, І.М. Фреїк

## Електротехнічна модель електропровідності тонких полікристалічних плівок РbТе

*Прикарпатський університет ім. Василя Стефаника,  
вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76025, Україна*

Запропоновано нову модель опису розмірного ефекту в тонких полікристалічних напівпровідникових плівках. Вважається, що плівка складається з зерен, які мають дві області – внутрішнє ядро і оболонку (поверхневий зернений шар) – з різними електрофізичними властивостями. В рамках моделі вдалося розділити внески в питомий опір полікристалічних плівок РbТе зерномежового і власного об'ємного розсіювання.

**Ключові слова:** шаруватий кристал, дийодид свинцю, домішки перехідних елементів, спектри поглинання, теорія кристалічного поля.

*Стаття постуила до редакції 07.10.2003; прийнята до друку 23.12.2003.*

В роботі [1] показано, що вклад розсіювання на границях зерен і у приповерхневому шарі в тонких металічних плівках приблизно на порядок перевищує вклад розсіювання на фонах і точкових дефектах. У порівнянні з попередньою двошаровою (об'єм плівки і приповерхневий шар) моделлю, що враховує розсіювання на границях кристалітів [1], у даній моделі прийнято положення про те, що розсіювання на поверхні всієї плівки ідентичне за природою з розсіюванням на границях зерен, тому що кристаліти власною поверхнею утворюють поверхню плівки. Зрозуміло, що питомий опір плівки, яка складається з однорідних (припускаємо) кристалітів, – це питомий опір одного кристаліту з оболонкою. Суттєвим недоліком попередньої моделі був нефізичний злам на залежностях провідність – товщина плівки. Перевагою нової моделі є те, що вона простіша, їй відповідає плавна функціональна залежність з меншим числом параметрів.

Ця нова модель в єдиному підході пояснює залежності питомого опору тонких полікристалічних напівпровідникових плівок від товщини плівки і розміру зерна. Застосовність моделі підтверджена також на значній кількості металічних плівок.

Вважалось, що плівка однорідна і утворена з кристалітів, кубічних за формою і однакових за розмірами. Куб кристаліта із стороною  $l$  складається з центральної кубічної серцевини розміром  $d$  і оболонки. Питомий опір серцевини  $\rho_0$  пов'язаний із розсіюванням на фонах і дефектах, питомий опір оболонки  $\rho_{gb}$ , пов'язаний із розсіюванням на границях зерен і приграничному дефектному шарі

товщиною

$$h = (l - d)/2.$$

Опір кристаліту розраховали, розбивши його на серцевину опором

$$R_0 = \rho_0/d,$$

оболонку попереду і позаду серцевини (якщо йти вздовж струму) опором

$$R_{gb1} = \rho_{gb}(l - d)/d^2,$$

і оболонку, паралельну лінії струму, опором

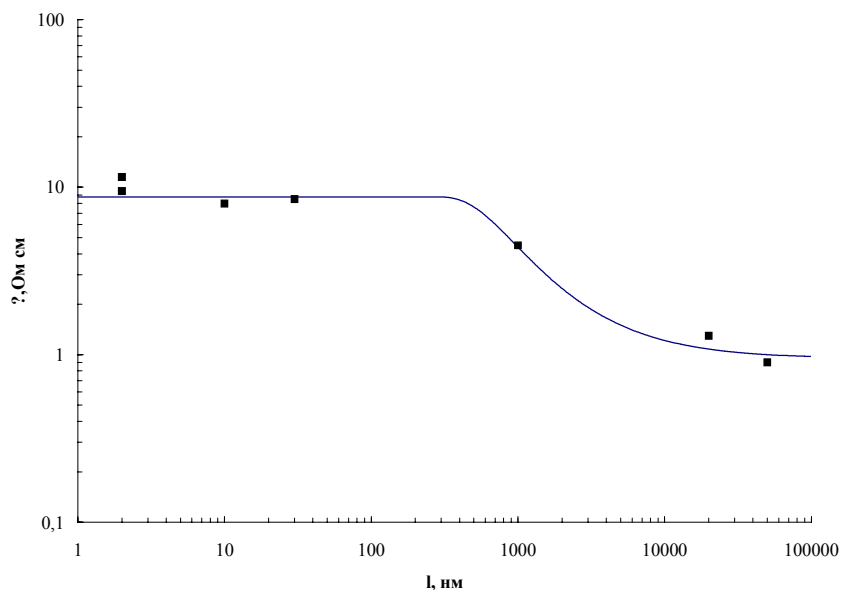
$$R_{gb2} = \rho_{gb}l/(l^2 - d^2).$$

Очевидно, що опори  $R_0$  і  $R_{gb1}$  з'єднані послідовно, а опір  $R_{gb2}$  паралельний до них. Питомий опір кристаліту становитиме

$$\rho = Rl,$$

де  $R$  – опір кристаліту, розрахований за трьома складовими опорами.

На рис. 1 представлено експериментальні дані [2] залежності питомого опору полікристалічних плівок р-РbТе від розмірів кристалітів і апроксимуючу криву, одержану згідно запропонованої моделі. У результаті розрахунку одержано  $\rho_0 = 0,95$  Ом·см,  $\rho_{gb} = 8,75$  Ом·см і товщину поверхневого кристалітного шару  $h = 0,135$  мкм. Зазначимо, що розраховане значення  $\rho_0$  перевищує відоме значення питомого опору об'ємних монокристалічних зразків телуриду свинцю [3] всього у 5 разів, що, напевно, пов'язано з неоднаковістю розмірів кристалітів у різних напрямках, як і зазначалось в [2]. Величина  $h$  близька за значенням до довжини вільного пробігу дірок  $\lambda_0 = 0,15$  мкм в монокристалічних об'ємних зразках.



**Рис. 1.** Залежність питомого опору ( $T=300$ ) полікристалічних плівок PbTe від середнього розміру кристалітів. Суцільна лінія – аналітична крива для електротехнічної моделі

Таким чином, незважаючи на значні спрощення, запропонована модель достатньо адекватно відображає суть явища і плавно описує залежність питомого опору від розміру кристалітів, а одержані у результаті апроксимації параметри мають фізично обґрунтовані значення.

Автори висловлюють вдячність Дмитруку М.Л., Проценку І.Ю. і Фреїку Д.М. за обговорення

результатів роботи.

**Салій Я.П.** – кандидат фізико-математичних наук, доцент;  
**Фреїк І.М.** – аспірант кафедри фізики твердого тіла.

- [1] Д.М. Фреїк, Я.П. Салій, М.В. Калинюк. Розмірний ефект у температурній залежності електричного опору тонких полікристалічних плівок Cu і Cr // *Укр. фіз. журн.*, **45**(11), сс. 1375-1377 (2000).
- [2] Ю.А. Браташевский, В.Д. Окунев, Н.Н. Пафомов, З.А. Самойленко. Размерные эффекты в поликристаллических пленках PbTe // *Физика твердого тела*, **27**(3), сс. 723-729 (1985).
- [3] Ю.И. Равич, Б.А. Ефимова, И.А. Смирнов. *Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbTe, PbSe и PbS*. Наука, М., 383 с. (1968).

Y.P. Saliy, I.M. Freik

## The Electrotechnical Model of Electric Conductivity of PbTe Thin Polycrystalline Films

*Prekarpatian University  
57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76025, Ukraine*

A new model of the size effect description in thin polycrystalline semiconductor films was proposed. It is assumed that a polycrystalline film consists of the grains which are formed two regions with different electrophysical properties. They regions are the corn and surface. The development of this model allowed us to separate of the share of both one grain and grain surface electrons scattering on size effect of resistivity of PbTe polycrystalline films.