

Я.П. Салій

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ТОНКИХ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК РbТе

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 зеренний шар) – з різними електрофізичними властивостями. В рамках моделі вдалося розділити внески в питомий опір полікристалічних плівок РbТе зерномежового і власного об'ємного розсіювання.

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 злом на залежностях провідність – товщина плівки. Перевагою нової моделі є те, що вона є простішою, 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 сердцевини розміром d і оболонки. Питомий опір сердцевини ρ_0 пов'язаний з розсіюванням на

фононах і дефектах, питомий опір оболонки ρ_{gb} , пов'язаний з розсіюванням на границях зерен і пограничному дефектному шарі товщиною

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

Опір кристаліту розраховали, розбивши його на сердцевину опором

$$R_0 = \rho_0/d,$$

оболонку попереду і позаду сердцевини, якщо йти вздовж струму, опором

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

і оболонку паралельну лінії струму з 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} паралельно 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

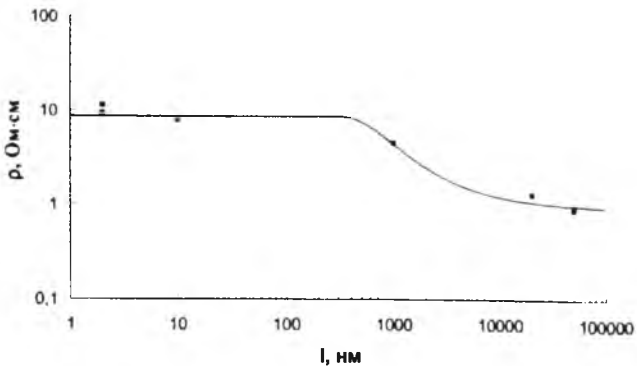


Рис. 1. Залежність питомого опору ($T=300$) полікристалічних плівок $PbTe$ від середнього розміру кристалітів. Суцільна лінія – аналітична крива для електротехнічної моделі.

питомого опору полікристалічних плівок $p\text{-PbTe}$ від розмірів кристалітів і апроксимуючу криву одержану згідно запропонованої моделі. У результаті розрахунку одержано $\rho_0 = 0.95$ Ом см, $\rho_{gr} = 8.75$ Ом см і товщину поверхневого кристалітного шару $h = 0.135$ мкм. Слід зазначити, що розраховане значення ρ_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 починалось в [2]. Величина h , близька за значенням до довжини вільного пробігу дірок $\lambda_0 = 0.15$ мкм в монокристалічних об'ємних зразках.

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.

Автор виражає вдячність Дмитруку М.Л., Проценку І.Ю. і Фреїку Д.М. за обговорення результатів роботи.

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 grain and surface. The development of this model allowed us to separate of the share of both one grain and grain surface electronscattering on size effect of resistivity of PbTe polycrystalline films.

[1] Фреїк Д.М., Салій Я.П., Калинюк М.В. Розмірний ефект у температурній залежності електричного опору тонких полікристалічних плівок Cu і Cr // Укр. фіз. журн. – 2000. – Т.45 – №11. – С.1375 - 1377.

[2] Браташевський Ю.А. и др. Размерные эффекты в поликристаллических пленках PbTe // Физика твердого тела – 1985. – Т.27 – №3. – С.723 - 729.

[3] Равич Ю.И. и др. Методы исследования полупроводников в применении к аллоидам свинца PbTe, PbSe и PbS. – М.: Наука, 1968. – 383 с.