

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Наукове товариство студентів, аспірантів,
докторантів і молодих вчених СумДУ

ПЕРШИЙ КРОК У НАУКУ

Матеріали
ІХ студентської конференції
(Суми, 25 лютого 2018 року)



Суми
Сумський державний університет
2018

ТРАНСФОРМАЦІЯ УЯВЛЕНЬ ПРО ТЕНЗОРЕЗИСТИВНИЙ ЕФЕКТ У ПЛІВКОВИХ МАТЕРІАЛАХ

Кулак А.С., студент; СумДУ, група ЕЛ-71

Ефект тензочутливості був відкритий англійським фізиком Томсоном (Лорд Кельвін) у 1856 р. при дослідженні електропровідності тонких металевих дротів. Суть явища полягає у тому, що при деформації тонкої дротини, пластини чи плівки відбувається зміна електричного опору. Кількісними характеристиками тензоефекту виступають коефіцієнти поздовжньої (l) і поперечної (t) тензочутливості (γ):

$$\gamma_l = \frac{1}{R(0)} \frac{R(\varepsilon_l) - R(0)}{\varepsilon_l} \quad \text{і} \quad \gamma_t = \frac{1}{R(0)} \frac{R(\varepsilon_t) - R(0)}{\varepsilon_t},$$

де $R(0)$ і $R(\varepsilon)$ – електричний опір при нульовій і деформації ε .

Більше 100 років тензоефект детально не досліджувався, оскільки не зрозумілою була перспектива його практичного застосування. Ситуація різко змінилася, коли у кінці 1930-х рр. появилось ряд патентів на реалізацію тензосенсорів, чутливими елементами яких були напівпровідникові або металеві зразки малих розмірів. Для ефективного прогнозування тензорезистивних властивостей виникла потреба у точних теоретичних моделях. Із найбільш простої емпіричної моделі [1] витікали такі співвідношення:

$$\gamma_l = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial \varepsilon_l} + 1 + 2\mu_f \quad \text{і} \quad \gamma_t = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial \varepsilon_t} - 1,$$

де ρ – питомий опір; μ_f – коефіцієнт Пуасона для тонкої дротини або плівки.

Дані емпіричні співвідношення незадовільно узгоджувалися із експериментом, оскільки часто похідну $\partial \rho / \partial \varepsilon_i$ прирівнювали нулю, що пояснювалося недостатнім розумінням фізичної природи тензоефекту.

У зв'язку із цим у 1960-х рр. французькі вчені Колумбані і Туре, американські експериментатори і теоретики Паркер і Крипський; Мейксін і Худзинський приходять до висновку, що в тензоефекті зразків малих розмірів велику роль відіграє розмірний ефект Фукса в електропровідності (див., наприклад, [1]), тобто залежність середньої довжини вільного пробігу електронів (СДВП) λ_0 від поперечного розміру

зразка, кількісною характеристикою якої виступає т.зв. коефіцієнт дзеркальності (ρ) для електронів. Урахування ефекта Фукса значно покращило відповідність теорії і експерименту, але вона залишалась далеко до задовільної.

У кінці 1970-х і в 1980-х рр. французькі вчені Тельє, Тоссе і Пішар (ТТП) запрошували ряд теоретичних моделей тензоефекту [2], в яких був здійснений важливий крок у розумінні фізичної природи, оскільки ними було введено до розгляду нове поняття - коефіцієнт проходження межі зерен (r), - що дозволило значно наблизити відповідність теорії і експерименту. Щоб зрозуміти основний недолік теоретичних моделей ТТП необхідно підкреслити, що у загальному випадку питомий опір залежить від ряду параметрів

$$\rho = \rho(\lambda_0, p, r, Q),$$

де Q - коефіцієнт проходження межі поділу окремих шарів у випадку багат шарової плівкової системи.

Згідно ТТП [2] від деформації залежить лише СДВП, тобто

$$\frac{\partial \lambda_0}{\partial \varepsilon_{l,t}} \neq 0, \quad \frac{\partial p}{\partial \varepsilon_{l,t}} \cong 0, \quad \frac{\partial r}{\partial \varepsilon_{l,t}} \cong 0, \quad \frac{\partial \lambda_0}{\partial \varepsilon_{l,t}} \neq 0.$$

У роботах Проценка І.Ю. та ін. (див., наприклад, [3]) було переконливо показано, що найкраща відповідність теоретично розрахованих і експериментально отриманих величин має місце, коли враховується деформаційна залежність не тільки λ_0 , але і параметрів p , r та Q .

1. Проценка І.Ю., Сасенко В.А. Тонкі металеві плівки (технологія та властивості). – Суми: СумДУ, 2002. – 187 с.
2. Пазуха І.М., Проценка І.Ю., Чешко І.В. Фізичні властивості плівкових матеріалів мікро- і наноелектроніки: навч. посібник у 2-х частинах за заг. ред. І.Ю.Проценка. – Суми: Вид-во СумДУ, 2014. – 442 с.
3. Ефект тензочутливості в металевих плівкових матеріалах / Одноворець Л.В., Проценка С.І., Черноус А.М., Проценка І.Ю. // Успехи фізики металлов, 2007. – Т.8, №2. – С.109 – 156.

Керівник: Проценка І.Ю., *д.ф.-м.н., професор*