

СЕКЦІЯ 2: ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В МАТЕРІАЛАХ
МІКРО- І НАНОЕЛЕКТРОНІКИ

**ВПЛИВ РІЗНИХ МЕХАНІЗМІВ РОЗСІЮВАННЯ
ЕЛЕКТРОНІВ НА ВЕЛИЧИНУ ПРОВІДНОСТІ
МУЛЬТИШАРІВ**

асп. Синашенко О.В.

Відкриття в 1988 році в плівковій системі Fe/Cr ефекту гігантського магнітного опору викликало помітний інтерес до багат шарових систем феромагнетик – немагнітний метал. З точки зору практичного застосування важливо забезпечити як можна більше магніторезистивне відношення $(\rho - \rho_0) / \rho_0$ (ρ , ρ_0 – питомий опір при наявності та відсутності магнітного поля).

Значний вплив на провідність, а отже, магніторезистивне відношення зумовлюють різні механізми розсіювання.

Зовнішнє поверхнєве та внутрішнє зерномежове розсіювання електронів вперше були описані в моделях Фукса – Зондгеймера та Майядаса – Шатцкеса. На відміну від одношарових плівок на електрофізичні властивості мультишарів суттєво впливає межа поділу та пов'язані з нею процеси (дифузія, фазоутворення на інтерфейсах).

При спробі вивчити інтерфейсне розсіювання електронів у тришаровому сендвічі Au/X/Au (X= Fe, Co, Ni) [1] було встановлено існування різниці між розсіюванням на поверхні непокритої плівки Au та покритої матеріалом X. В другому випадку величина розсіювання виявилась більшою. Також було показано, що вплив зерномежового розсіювання на величину провідності багат шарової плівкової системи є домінуючим.

На прикладі вивчення питомого опору багат шарових плівок Ti/Al [2], були теоретично враховані всі механізми розсіювання електронів. Розрахунки залежностей відповідних опорів від величини коефіцієнту $k=(d_1+d_2)/\lambda_0$ (d_1, d_2 - товщини шарів Ti та Al, λ_0 - середня довжина вільного пробігу електрона в масивному Al) на основі експериментальних даних показали, що при $k = 0,1 - 1,0$ зерномежеве і поверхневе розсіювання дають приблизно однаковий внесок у питомий опір, у той час як інтерфейсне розсіювання від 5 ($k = 0,1$) до 3 ($k = 1,0$) разів менший. Майже однаковий внесок в питомий опір дають ці три механізми розсіювання лише при $k \geq 9$.

Як показано в роботі [3], на питому провідність тонких металевих плівок суттєво впливає величина середньої довжини вільного пробігу електрону, яка для різних металів має різні значення. Цей вплив проявляється за рахунок зерномежевого розсіювання.

Розрахунок величини внеску спін-залежного розсіювання в провідність полікристалевого сендвіча [4] показав, що цей механізм розсіювання підсилюється із зменшенням розміру зерен феромагнітних шарів та збільшенням глибини зерномежевої дифузії в їх об'єм атомів немагнітного шару. Експериментальна перевірка зроблених припущень здійснювалась на прикладі плівкової системи Co/Cu/Co. З ростом температури відпалювання до $T=510\text{K}$ спостерігалось зростання магніторезистивного відношення від 0,7% до 4%. Подальше відпалювання до $T=650\text{K}$ призводить до спаду магнітоопору до 0,5% і збільшення розміру зерна у 2-3 рази.

У доповіді аналізуються результати робіт [5-7], присвячені теоретичному аналізу таких актуальних питань як електричний опір інтерфейсів [5], проходження

електрона через межу зерен при їх дифузному [6] або дзеркальному [7] відбитті від межі зерен.

1. de Vries J.W.C. Interface scattering in triple layered polycrystalline thin Au/X/Au films (X=Fe, Co, Ni) // Solid State Com. - 1988. - V.65, №3. -P.201 - 204.
2. Resistivity of Ti/Al multilayered thin films/ R. Banerjee, R. Ahuja, S.Swaminathan et al. // Thin Solid Films. - 1995. - V.269. - P.29 - 35.
3. Zang W., Brongersma S.H., Richard O. Influence of the electron mean free path on the resistivity of thin metal films // Microelectronic Engineering. - 2004. - V.76. - P.146- 152.
4. Свиркова Н.Н. Влияние рассеяния электронов на межзёренных границах магнитных слоёв на магнитнорезистивное отношение поликристаллического сэндвича при поперечном переносе заряда // ЖТФ. – 2004. –Т. 74. – С.14-19.
5. Zang S., Levy P.M. Interplay of the specular and diffuse scattering at interface of magnetic multilayers // Phys.Rev.B. - 1998. - V.57, №9. - P.5336 - 5339.
6. Латышев А.В., Юшканов А.А. Точное решение задачи о прохождении тока через границу раздела кристаллитов в металле // ФТТ. – 2001. – Т. 43. – Вып.10. – С. 1744-1750.
7. Латышев А.В., Юшканов А.А. Протекание тока через границу раздела кристаллитов при произвольном коэффициенте прохождения и зеркального отражения // ФММ. – 2007. – Т. 103. - №1. – С. 26-35.