

УДК 621.793.8; 316.8

МАГНІТОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВКОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ Fe I Au

К. ф.-м. н. Л. В. Одиногорець, О. В. Пилипенко, С. О. Волков

Сумський державний університет
Україна, м. Суми
larysa.odnodvorets@gmail.com

Методом одночасної конденсації Fe та Au сформовано плівки з різною концентрацією атомів немагнітної компоненти. Після термовідпалювання (до 700 K) в зразках спостерігається утворення плівки евтектичного складу ОЦК-Fe+ГЦК-Au. Перехід від анізотропного до гігантського магнетоопору спостерігається при концентраціях атомів немагнітної компоненти $c_{Au}=18$ — 25 ат.%, а максимальна амплітуда гігантського магнетоопору, яка дорівнює 0,3%, — при $c_{Au}=65$ ат.%.

Ключові слова: одночасна конденсація, плівкові системи, евтектика, анізотропний магнетоопір, гігантський магнетоопір.

Широке використання плівкових матеріалів у мікроелектроніці та сенсорній техніці постійно стимулює дослідження їх фізичних властивостей, оскільки в таких системах можуть стабілізуватися тверді розчини, евтектики, плівки гетерогенного складу, хімічні сполуки, інтерметалідні фази. Встановлення впливу різних факторів на фізичні властивості плівкових матеріалів необхідне для формування чутливих елементів сенсорів різного функціонального призначення (температури, деформації, тиску, лінійних і кутових переміщень, магнітного поля та ін.), приладів опто- та магнітоелектроніки. На сьогодні накопичено великий обсяг експериментальних результатів щодо електричних і магнітних властивостей мультишарів і багатокомпонентних плівкових матеріалів на основі магнітних і немагнітних металевих компонент. Але при цьому актуальними залишаються питання створення більш ефективних елементів сенсорних і мікроелектронних приладів та маловивченими – проблеми стосовно механізмів і умов утворення твердого розчину, гранульованого стану та інтерметалідних фаз. Цей комплекс невирішених питань визначив мету даної роботи, яка полягала у дослідженні магніторезистивних властивостей багатошарових плівок на основі Fe і Au в умовах твердофазних реакцій.

Формування плівкових матеріалів на основі Fe і Au проводилось у вакуумній установці типу ВУП-5М ($p \approx 10^{-3}$ — 10^{-4} Па) методом електронно-променевого випаровування шляхом одночасної конденсації двох металів. Варіювання товщини d_i окремих шарів дало можливість змінювати концентрацію компонент c_i , яка у багатошаровій плівковій системі була визначена методом енергодисперсійного аналізу або розрахована за співвідношенням

$$c_i = \frac{D_i d_i \mu_i^{-1}}{\sum_{i=1}^n D_i d_i \mu_i^{-1}},$$

де D і μ — густина і молярна маса металу; $i = 1, 2$.

Вимірювання магніторезистивних властивостей проводилося при кімнатній температурі в трьох геометріях: у поздовжній, коли індукція магнітного поля B паралельна струму I та підкладці П зразка ($B \parallel I, П$); у поперечній, коли поле перпендикулярне струму та паралельне зразку ($I \perp B \parallel П$), та у перпендикулярній, коли лінії магнітної індукції перпендикулярні до струму та до зразка ($B \perp I, П$).

Польові залежності опору були побудовані в автоматизованому режимі за чотириточковою схемою: на зовнішні контакти подавався постійний електричний струм величиною 1 мА, напруга знімалася із внутрішніх контактів вольтметром НР-34401А, величина індукції магнітного поля між котушками індуктивності контролювалася датчиком Холла магнітометру НТМ-11S і становила ве-

личину 450 мТл. Результати вимірювання досліджуваних величин оброблялися з використанням програмного забезпечення, що було створене в середовищі LabView.

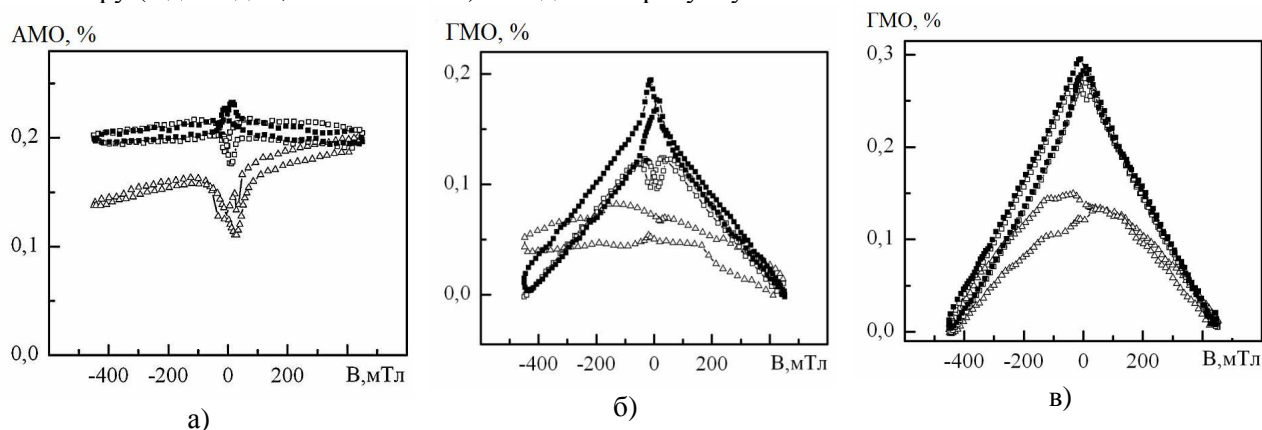
Розрахунок магнетоопору проводився за співвідношенням

$$\Delta R / R(0) = [R(B) - R(0)] / R(0),$$

де $R(B)$ і $R(0)$ — опір зразка у зовнішньому магнітному полі та при його відсутності.

Були проведені дослідження магніторезистивних властивостей плівкових систем на основі Fe і Au при загальній концентрації атомів немагнітної компоненти від 8 до 65 ат. %.

Дослідження фазового складу методом просвічувальної електронної мікроскопії показали, що термовідпалювання зразків до температури 700 К приводить до утворення плівки евтектичного складу ОЦК-Fe+ГЦК-Au, можливо, з елементами гранульованого стану. Встановлено, що максимальна амплітуда гігантського магнетоопору, яка дорівнює 0,3%, спостерігається в плівках із концентрацією атомів немагнітної компоненти $c_{Au} = 65$ ат. %. Польові залежності анізотропного та гігантського магнетоопору (відповідно, АМО та ГМО) наведено на рисунку.



Польові залежності магнітоопору для плівкової системи (Fe+Au)/П загальною товщиною 20 нм при загальній концентрації атомів Au 18 (а), 42 (б) і 65 ат. % (в)

Геометрія вимірювання: □ — поздовжня; ■ — поперечна; Δ — перпендикулярна

Аналіз отриманих результатів показує, що перехід від АМО до ГМО при $c_{Au} = 18$ —25 ат. % пояснюється тим, що при таких значеннях концентрацій атомів немагнітної компоненти формується менш досконала система гранул із атомів Fe (за умов їх утворення), оскільки частина атомів іде на формування залишкових шарів Fe.

Роботу виконано в рамках держбюджетної тематики кафедри прикладної фізики Сумського державного університету (2015 — 2017 рр.) за фінансової підтримки МОН України.

L. V. Odnodvoretz, O. V. Pylypenko, S. O. Volkov

Magnetoresistance properties of film material based on Fe and Au.

A film materials with different concentration of non-magnetic components of atoms has been formed using the method of simultaneous condensation of Fe and Au. It has been found that after annealing (up to 700 K) a eutectic bcc-Fe+fcc-Au film is formed in the samples. The transition from anisotropic magnetoresistance to giant magnetoresistance is observed at concentrations $c_{Au} = 18$ —25 ат. %, and the maximum amplitude of GMR = 0,3% in the films at the $c_{Au} = 65$ ат. %.

Keywords: *simultaneous condensation, film systems, eutectic, anisotropic magnetoresistance, giant magnetoresistance.*