

УДК 538.975; 53.098

## ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БАГАТОШАРОВИХ ПЛІВКОВИХ СИСТЕМ СПІН-КЛАПАННОГО ТИПУ НА ОСНОВІ Co ТА Cu АБО Au

К. ф.-м. н. І. В. Чешко, С. С. Нагорний, к. ф.-м. н. О. П. Ткач, А. М. Логвинов

Сумський державний університет  
Україна, м. Суми  
cheshko.iryna@gmail.com

*Приведено результати дослідження оптичних характеристик багатошарових плівкових систем спіно-клапанного типу на основі Co і Cu або Au та їх окремих фрагментів. Показано, що дані стосовно фазового складу цих систем корелюють з отриманими результатами та вказують на збереження інтерфейсів в багатошарових плівкових системах з прошарком Au і на утворення твердих розчинів у системах на основі Cu.*

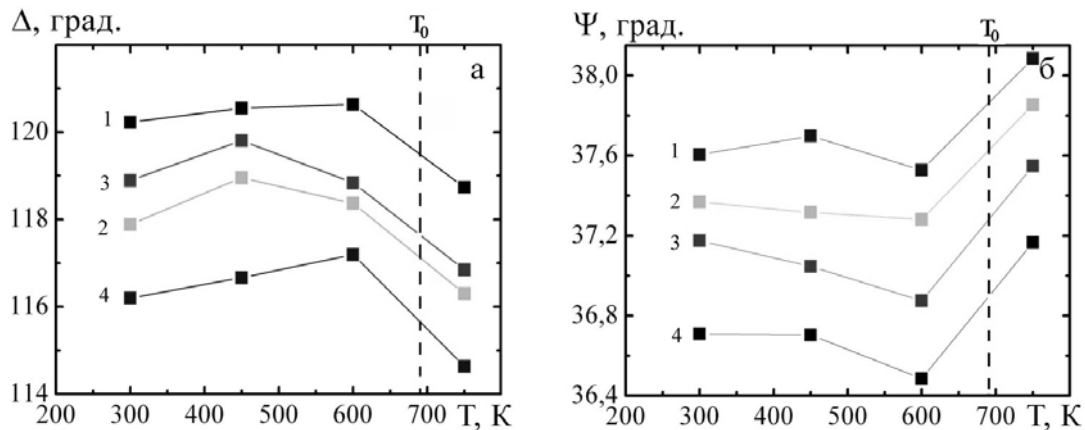
*Ключові слова: спіно-клапан, еліпсометрія, твердий розчин, інтерфейс, проміжний шар.*

Використання поєднання таких матеріалів як Co і Cu або Au при формуванні елементів спіно-електроніки досить поширене [1], що призвело до накопичення достатньої кількості даних для глибокого розуміння процесів фазоутворення, кінетичних явищ та перемагнічування у відносно простих плівкових системах на їх основі. Розвиток спіноелектроніки вимагає постійного розширення елементної бази за рахунок пошуку нових матеріалів або удосконалення та ускладнення відомих функціональних елементів. У [2—3] було приведено результати дослідження магніторезистивних та магнітооптичних властивостей модельних плівкових систем у вигляді тришарових структур спіно-клапанного типу на основі Co і Cu, що отримані за схемою магнітний/немагнітний/магнітний шар, яка лежить в основі роботи простих псевдоспіно-клапанів. Особливістю запропонованої схеми було закріплення високих значень коерцитивної сили нижнього «магнітожорсткого» шару Co товщиною 20 нм шляхом витримки високої температури (950 К) підкладки при його одержанні. У даній роботі було здійснене подальше дослідження оптичних характеристик багатошарових плівкових систем та їх складових при різних температурах термообробки.

Плівкові зразки отримували методом вакуумного випаровування в діапазоні товщин (1—20) ± 0,1 нм на монокристал Si і на тонкі аморфні вуглецеві плівки для контролю структурно-фазового стану методом просвічувальної електронної мікроскопії. Термовідпалювання здійснювалося шляхом нагрівання зразків у вакуумній камері до температур 700—950 К із швидкістю 5—10 К/с та витримкою постійної температури протягом 30 хвилин. Оптичні властивості вивчалися методом еліпсометрії за допомогою нуль-еліпсометра (лазер LS10.1,  $\lambda=0,632$  мкм). Для знаходження товщини окремих шарів в плівкових системах використовувався метод генетичного алгоритму [4].

Результати дослідження показали, що поступове зменшення фазового кута  $\Delta$  та, навпаки, збільшення амплітудного еліпсометричного кута  $\psi$  при збільшенні кількості шарів у плівковій системі прямопропорційно пов'язане зі збільшенням загальної товщини плівки. Але лінійність такої зміни, особливо складової  $\psi$ , порушується саме розмиттям інтерфейсів та непропорційною зміною оптичної густини речовин. Дослідження структурно-фазового стану плівкових систем показало, що у плівкових системах з прошарком Cu спостерігається утворення твердих розчинів (Co, Cu) вже на стадії отримання зразків та при подальшому термовідпалюванні.

Порівняння залежності оптичних характеристик спіно-клапанів зі шаром Au та Cu від температури обробки та товщини проміжного шару можна провести за результатами, представленими на рисунку. Зміна еліпсометричних кутів  $\Delta$  та  $\psi$  цілком корелює з висновками щодо зміни структурно-фазового стану цих плівок. Еліпсометричний фазовий та амплітудний кути в системі з шаром Au змінюються стрибкоподібно при тій же температурі 700 К ( $T_0$ ), що і утворення твердого розчину, коли в плівці з шаром Cu вони



Залежність еліпсометричних кутів  $\Delta$  та  $\psi$  від температури відпалювання для спін-клапанної системи Au(5 нм)/Co(3 нм)/Cu(x)/Co(20 нм)/Au(40 нм)/Cr(3 нм)/П з різною товщиною шару Cu x: 1 — 6 нм; 2 — 8 нм; 3 — 10 нм; 4 — 12 нм ( $T_0=690$  К — температура поліморфного переходу Co)

змінюються мало і поступово на всьому температурному інтервалі, де і у фазовому стані не спостерігається змін. Причому, зміна параметру  $\psi$  на величину  $0,1^\circ$  говорить про відсутність істотних змін в оптичній щільності речовини, тобто твердого розчину (Cu, Co), що утворився в системі, не знає істотних структурних змін. Кореляція між товщиною, а як наслідок — і загальною концентрацією атомів різних сортів в плівці, та оптичними характеристиками спостерігаємо на рисунку. При зміні товщини проміжного мідного шару ( $d_{Cu}=6, 8, 10$  і  $12$  нм) тенденція зміни параметрів  $\Delta$  та  $\psi$  зберігається. Були розраховані оптичні коефіцієнти  $n$  і  $k$  для твердого розчину (Cu, Co). Величина параметру  $n$  зменшується при збільшенні долі атомів Cu і лежить в межах між значеннями  $n_0$  для масивних чистих Cu та Co. Коефіцієнт  $k$  навпаки збільшується і лежить в межах  $0,626—1,230$ , що відрізняється від значень  $k_{0Cu} = -3,419$  та  $k_{0Co} = -4,158$ . При відпалюванні коефіцієнти зменшуються, але вказані тенденції зберігаються. Це пов'язуємо з протіканням термодифузії та зміною локальних щільностей в об'ємі плівкової системи.

Результати дослідження оптичних властивостей спін-клапанних структур на основі Co і Cu або Au вказують на те, що у системах на основі Cu вже в процесі одержання утворюється твердий розчин (Cu, Co), для якого були розраховані значення оптичних коефіцієнтів  $n$  і  $k$  в широкому концентраційному інтервалі, а системи на основі Au мають більш стійкі оптичні характеристики.

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Tumanski S. Thin film magnetoresistive sensors.— London: Taylor & Francis Group, 2001.
2. Protsenko S., Cheshko I. V. Odnodvoret L. Magneto-optical and magnetoresistive properties of Co/Cu(Au)-based spin-valve structures // Technical Physics Letters.— 2009.— Vol. 35, N 10.— P. 903 – 905.
3. Демиденко М. Г., Проценко С. І., Костюк Д. М., Чешко І. В. / Магніторезистивні властивості спін-вентельних структур на основі Co та Cu або Au // Ж. нано-електрон. фіз.— 2011 — Т. 3, № 4.— С. 106–113.
4. Федченко Е. В., Проценко С. И. Использование генетического алгоритма для обработки экспериментальных данных // Моделирование та інформаційні технології.— 2010.— № 3.— С. 258–265.

I. V. Cheshko, S. S. Nagornyj, O. P. Tkach, A. M. Logvynov

#### Optical properties of spin-valve type multilayer film systems based on Co and Cu or Au.

The paper presents research results on optical properties of spin-valve type multilayer films based on Co and Cu or Au and their individual fragments. It is shown that data on the phase composition of these systems correlate with the obtained results and indicate conservation of interfaces in multilayer film systems with Au layer and formation of solid solutions in Cu-based systems.

Keywords: *spin-valve, ellipsometry, solid solution, interface, intermediate layer.*