

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ржанов А. В., Свиташев К. К., Семенов А. И. и др. Основы эллипсометрии.- Новосибирск: Наука, 1979.- 422 с.
2. Семенов А. И. К теории измерительных зон эллипсометра // Оптика и спектроскопия, 1978.- Т.45, № 1.- С. 199-201.
3. Семенов А. И., Бобров В. В. О метрологическом обеспечении эллипсометрии (общий подход) // Автометрия, 1997.- № 1.- С. 43-49.
4. Semenenko A. I., Bobrov V. V., Mardezhov A. S., Semenenko E. M. A new metrological criterion in ellipsometry // Proc. SPIE, 1998.- V. 3485.- P.336-342.
5. Семенов А. И., Миронов Ф. С. Эллипсометрия анизотропных сред // ФТТ, 1976.- Т.18, №11.- С. 3511-3514.
6. Семенов А. И. О реализации предельных возможностей метода эллипсометрии. 3. Метод обобщенных измерительных зон в эллипсометрии анизотропных сред // УФЖ, 1995.- Т.40, № 4.- С. 300-306.

Поступила в редколлегию 3 марта 2000 г.

УДК 621.315.592

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕТАЛЕВИХ ПЛІВОК В УМОВАХ СТАТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ

О.В.Ласюченко, асп.; І.Ю.Проценко, проф.; В.А.Хворост, доц.

ВСТУП

При вивченні тензоефекту в одно- та багат шарових металевих плівках було помічено [1], що інколи спостерігається невідповідність до 50% між експериментальними та розрахунковими даними. Однією із причин цього є те, що теоретичні моделі тензоефекту не враховують дифузійні процеси в багат шарових плівкових системах, що зумовлює зміну коефіцієнта проходження межі зерна (r) електронами [2]. Але оскільки зазначена невідповідність спостерігається і в одно шарових плівках, то в роботі [3] нами була запропонована модель тензочутливості, в якій враховується також можлива зміна коефіцієнта r , а також ефективного коефіцієнта дзеркальності зовнішніх поверхонь плівки (p^*) і коефіцієнта проходження межі розділу окремих шарів (Q) у процесі деформації плівки (ε), тобто при вимірюванні тензочутливості. Кількісними характеристиками такої зміни є деформаційні коефіцієнти r , p та Q [3], які мають таке означення:

$$\eta_r = -\frac{1}{r} \cdot \frac{\Delta r}{\Delta \varepsilon}; \quad \eta_{p^*} = -\frac{1}{p^*} \cdot \frac{\Delta p^*}{\Delta \varepsilon}; \quad \eta_Q = -\frac{1}{Q} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta \varepsilon}.$$

У зв'язку з цим виникає необхідність у розробці методики визначення даних деформаційних коефіцієнтів. Аналіз відомих моделей для термічного коефіцієнта опору (ТКО) та коефіцієнта тензочутливості (КТ) (див., наприклад, [4]) вказує на те, що таку методику можна реалізувати на основі експериментальних (вимірювань) ТКО залежно від товщини на двох серіях зразків при статичній деформації плівки ($\varepsilon_1 = \text{const}$) або за її відсутності ($\varepsilon_2 = 0$). Далі, використовуючи лінеаризоване співвідношення Тельє, Тоссе і Пішара (ТТП) для моделі Маядаса і Шатцкеса або модель ізотропного розсіювання електронів ТТП [4], можна визначити параметри r і p^* для деформованих і недеформованих плівок. Зміна параметрів r і p^* визначається із співвідношень

$$\Delta r = r(\varepsilon_1) - r(0) \text{ та } \Delta p^* = p^*(\varepsilon_1) - p(0).$$

Необхідно зазначити, що при такому підході неможливо визначити коефіцієнт Q , але він із великою точністю дорівнює r і відповідно - $\eta_Q \approx \eta_r$.

Для одержання необхідних експериментальних результатів нами був сконструйований і виготовлений пристрій, який дозволяє безпосередньо у вакуумній камері установки ВУП-5М здійснювати деформації плівки на підкладці у процесі вимірювання ТКО або КТ.

КОНСТРУКЦІЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ СТАТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ПЛІВОК

Пристрій для повздовжньої деформації підкладки з плівкою (рис.1) був сконструйований із урахуванням того, що конденсація та дослідження електрофізичних властивостей здійснюються у камері вакуумної установки ВУП-5М (10^{-3} - 10^{-4} Па). Планшайба тримача закріплюється на гумовому ущільнювачі безпосередньо у вікні вакуумної камери. На планшайбі з боку вакууму консольно закріплюються два круглих стержня, а за стінкою вакуумної камери - штуцер, на якому за допомогою різьбового з'єднання закріплюється мікрогвинт. По стержнях переміщується столик, до якого прикріплюється одним боком підкладка. Інший кінець підкладки входить у з'єднання, з'єднане з мікрогвинтом, при викручуванні якого відбувається деформація підкладки. Обидві підкладки виготовляються із склотекстоліту або пластини алюмінію, яка покривається тонким шаром Al_2O_3 .

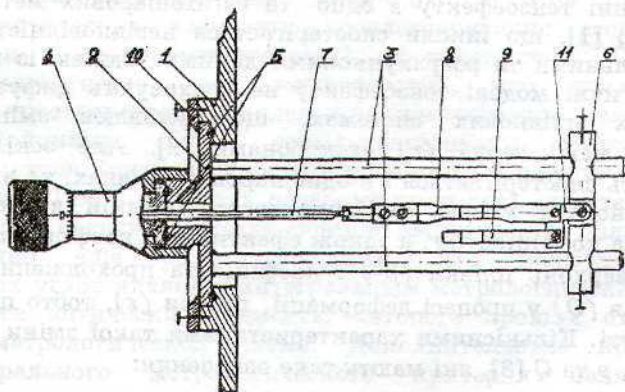


Рисунок 1 - Пристрій для повздовжньої деформації плівки у процесі вимірювання ТКО або КТ:

- 1 - стінка вакуумної камери; 2 - планшайба; 3 - направляючі стержні;
4 - мікрогвинт; 5 - вакуумний ущільнювач; 6 - столик; 7 - тяга;
8 - підкладка, яка деформується; 9 - підкладка, яка не деформується

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТУ

Конденсація плівок Cr та багатошарових плівкових структур Cr/Cu/.../Cr/П (П - підкладка) здійснюється у вакуумі $\sim 10^{-3}$ Па з контролем залишкової атмосфери мас-аналізатором МХ7304А. Симетричне відносно підкладки розміщення випаровувача дозволяє одержувати на обох підкладках плівки з однаковою товщиною. Термостабілізація електричних властивостей зразків здійснювалася шляхом низькотемпературного

рекристалізаційного відпалювання при $T=450$ К (0,5 год.). Вимірювання електричного опору при визначенні ТКО або КТ проводилося за допомогою універсального цифрового вольтметра В7027. Товщина визначалася інтерференційним методом. Концентрація міді в багатошарових плівкових структурах визначалася, виходячи із загальної товщини багатошарової плівки та загальної товщини окремих шарів міді.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Згідно з викладеною вище методикою було проведено дві серії експериментів з метою апробування можливостей сконструйованого та виготовленого пристрою. Перша серія пов'язана із одержанням розмірної залежності (тобто від товщини плівки) ТКО плівок Cr при $\epsilon=0$ та 0,5%. Друга серія експериментів була проведена з метою застосування розробленого пристрою для вимірювання КТ.

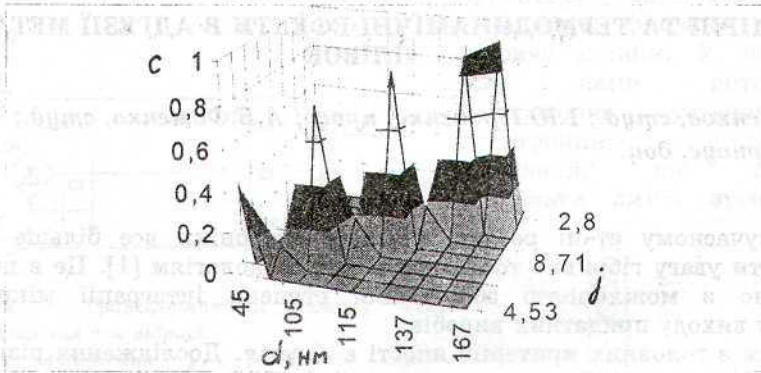


Рисунок 2 – Тривимірна діаграма C-d-γ для багатошарової плівкової структури Cr/Cu/ - Cr/П

d, нм	ТКО·10 ³ , К ⁻¹	
	ε=0	ε=0,5%
52	0,40	0,49
62	0,98	0,77
176	1,35	1,37

Результати, представлені в таблиці, вказують на суттєвий ефект постійної деформації плівки на величину ТКО. Дані, представлені на рис.2 у вигляді тривимірної діаграми C-d-γ ($C = \frac{n_{Cu}}{n}$ - концентрація атомів Cu; d - загальна товщина

багатошарової плівкової структури; γ - КТ), дають можливість зробити висновок про надійні результати про КТ, оскільки спостерігається чітка кореляція КТ і концентрації атомів Cu. Таким чином, висновки даної роботи можна сформулювати так: сконструйований пристрій дозволяє вивчати ефект деформації тонких плівок на їх електрофізичні властивості в широкому інтервалі температур (300–450 К), деформацій (ε=0–5%) та товщин (10–500 нм).

Автори виражають щире подяку студенту С.В.Чорноморченку за участь у виконанні даної роботи.

SUMMARY

The design of the device for study directly in vacuum of the effect of film longitudinal deformation on size of temperature coefficient of resistance (Cr film) developed and researched of the dependence of temperature coefficient of resistance from thickness and concentration of Cu atoms (Cr/Cu/.../Cr film system).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Protsenko I., Odnodvoretz L., Chornous A. Electroconductivity and tensosensibility of multilayer films//Металлофизика и новейшие технологии, 1998.-V.20.-№1.-P.36-44.
2. Protsenko I., Odnodvoretz L., Petrenko S., Chornous A. Size effect and processes of interdiffusion in multilayer films//Cryst.Res.Technol.-1995.-V.30.- №8.-P.1079-1083.
3. Ласюченко Е.Б., Однодворец Л.В., Проценко И.Е. К вопросу о микроскопической теории эффекта тензочувствительности в многослойных пленочных структурах//ВАНТ. Серия: Вакуум, чистые материалы,сверхпроводники. -Вып.6,7, 1998. - С.198-199.
4. Овчаренко Ю.М., Опанасюк Н.М., Проценко І.Ю., Шовкопляс О.В. Розрахунок параметрів електропереносу тонких металевих плівок в умовах зовнішнього та внутрішнього розмірних ефектів//УФЖ, 1997.-Т.42.- №7.-С.826-830.

Надійшла до редколегії 10 грудня 1999 р.

УДК 621.793.1:543.5

РОЗМІРНІ ТА ТЕРМОДИНАМІЧНІ ЕФЕКТИ В АДГЕЗІЇ МЕТАЛЕВИХ ПЛІВОК

С.Ю.Єщенко, студ.; І.Ю.Проценко, проф.; А.В.Фоменко, студ.;
А.М.Чорноус, доц.

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку мікроелектроніки все більше починають приділяти увагу гібридно тонкоплівковим технологіям [1]. Це в першу чергу пов'язано з можливістю збільшення ступеня інтеграції мікросхеми та відсотку виходу придатних виробів.

Одним з головних критеріїв якості є адгезія. Дослідження різних авторів (див., наприклад, [2]) показали, що плівки таких металів, як Cr, Mg, Zn і т.д. мають високу адгезійну здатність на скляних та керамічних підкладках. Поряд з цим плівки благородних металів мають низькі адгезійні властивості. Високе значення адгезії для більшості плівкових матеріалів пояснюється значною взаємною розчинністю оксидів плівки та складових матеріалів підкладки.

Через велику кількість невирішених питань проблема адгезії постійно знаходиться у полі зору не тільки експериментаторів, а й теоретиків [3-6]. Зокрема, у роботі [3] використано метод числового розрахунку для розв'язання задач, присвячених розрахунку міжфазної енергії та величини адгезії для різних металів на діелектричній та металевій підкладках, розділених діелектриком або вакуумом. Автори роблять висновок про те, що адгезія металів, які контактують один з одним або із діелектриком, вища для тих пар, де вища концентрація електронів повідності та заряд іонів. Автори [3,6] показали, що адгезія металу на діелектричній підкладці істотно залежить від діелектричної проникності, причому із збільшенням останньої величина адгезії падає.

Зменшення поверхневої енергії двох контактуючих тіл у процесі адгезії, віднесене до одиниці площі поверхні, називається вільною енергією адгезії (f_A), яка дорівнює роботі адгезивного відриву ($-W_A$). Через поверхневу енергію плівки (σ_f), підкладки (σ_s) та міжфазну енергію (σ_{fs}) вільна енергія адгезії виражається співвідношенням

$$-f_A = W_A \cdot \sigma_{fs} - \sigma_f \cdot \sigma_s. \quad (1)$$