

2. Dimmich R. Electrical Conductance and Temperature Coefficient of resistivity of Double-Layer Films //Thin Solid Films.1988.-v.158,N1.--p. 13-24.
3. Дехтярук Л.В., Колесниченко Ю.А. Влияние взаимной диффузии на электропроводность двухслойных металлических пластин // ФММ.1993.-т.75,N 5.-с. 21-30.
4. Lucas M.S.P. Electrical Conductivity of Thin Metallic Films With Unlike Surfaces//J. Appl.Phys.1965.-v.36,N5.--p. 1632-1635.
5. Dimmich R., Warkus F. The Electrical Conductance of Continuons Thin Metallic Double - Layer Films //Thin Solid Films.1983.-v.109,N2.--p. 103-114.1.
6. Dimmich R. Electronic Transport Properties of metallic Multi - Layer Films //J. Phys. F: Met.Phys.-1988. v.15, N 12.-- p. 2477 - 2487.
7. Дехтярук Л.В., Колесниченко Ю.А. Размерные кинетические эффекты в двухслойных пластинках // ФНТ. 1993.- т.19, N 9.- - с. 1013 - 1020.
8. Mayadas A.F., Shatzkes M. Electrical-Resistivity Model for Polycrystalline Films: the Case of Arbitrary Reflection at External Surface //Phys. Rev. B. 1970.v.1, N 4. - p. 1382 - 1389.
9. Кузьменко А.І., Проценко І.Ю., Чорноус А.М., Адрбація теоретичної моделі Дімміха для електропровідності двошарових металевих плівок. В зб. "Наукові праці Сумського педагогічного інституту. Серія: Фізика твердого тіла" (Під ред. І.Ю. Проценка).- Суми: СДП, 1993 -с. 29-34.
10. Бокштейн Б.С., Петелин А.Л. Влияние напряжений на диффузионную проницаемость тонких пленок//Поверхность. 1993.N 5. - с. 31 - 34.

Надійшла до редколегії 11 лютого 1994 р.

УДК 535. 24. 2

ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БАГАТОШАРОВИХ ПЛІВОК НА ОСНОВІ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ

Проценко І.Ю., Однодворець Л.В., Шамоня В.Г.

Сумський державний педагогічний інститут.

ВСТУП

Створення елементів мікроелектроніки на основі багатошарових металевих плівок потребує детального вивчення не тільки електрофізичних властивостей, але і фізико-хімічних процесів, які протікають на границі розділу окремих шарів. Для вивчення вказаних процесів застосовуються сучасні методи ожеспектроскопії, рентгенофотоелектронної спектроскопії, вторинноіонної маспектроскопії (ВІМС) та ін.

В даній роботі приведені експериментальні результати дослідження електрофізичних властивостей та процесів взаємної дифузії в багатошарових плівках на основі хрому і кобальту та хрому і германію. Ставилася задача в'яснити, при яких умовах термічний коефіцієнт опору буде мати мінімальне, а коефіцієнт стабільності - постійне значення.

1. МЕТОДИКА ТА ТЕХНІКА ЕКСПЕРИМЕНТУ

Тонкі зразки на основі плівок хрому і кобальту та хрому і германію одержувались в технологічному вакуумі (установка ВУП - 5) і мали загальну товщину від 150 до 3000 нм. Температурна залежність опору вивчалася в інтервалі від 300 до 700К. Досліджувалися як термостабілізовані плівкові системи (тобто кожний шар оброблювався протягом трьох циклів "нагрівання - охолодження"), так і нетермостабілізовані системи (всі шари конденсувалися при T=300 К, а потім також відпалювалися протягом трьох циклів).

Термічний коефіцієнт опору (ТКО) β_f та коефіцієнт стабільності S визначалися по загальноприйнятим співвідношенням:

$$\beta_f = \frac{1}{R_0} \frac{\Delta R}{\Delta T} \quad \text{та} \quad S = \frac{d \ln R}{d \ln T}$$

по кривій охолодження в третьому циклі.

Товщина як окремих шарів, так і загальна вимірювалася за допомогою інтерферометра Лінніка.

Масспектрометричні дослідження процесів взаємної дифузії в трьохшарових плівках проводились методом ВІМС (прилад МС 7201 М). Концентрація розраховувалася з використанням мас-спектрів вторинних іонів, одержаних від полірованих пластин хрому, кобальту і германію.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На рис. 1 і 2 представлені типові залежності опору, ТКО та коефіцієнта стабільності від температури для трьох циклів "нагрівання-охолодження". Всі експериментальні та розрахункові результати зведені в таблицю 1.

Таблиця 1. Електрофізичні властивості безатомарових плівок

Плівка (товщина, нм)	Т, К	$\beta_f \cdot 10^4, K^{-1}$	S
Cr(80)/Co(75)/П*	300	20.2	-
Co(35)/Cr(55)/ Co(50)/П	300	13.5	0.54
	400	17.5	0.58
	500	14.2	0.70
	600	15.5	0.71
Cr(150)/Co(10)/ Cr(80)/Co(10)/П	300	4.2	0.13
	400	4.8	0.18
	500	6.5	0.28
	600	6.4	0.30
Co(10)/Cr(150)/ Co(10)/Cr(80)/ Co(10)/П	300	9.0	0.21
	400	9.9	0.28
	500	9.9	0.24
	600	12.0	0.38
Cr(80)/Co(10)/ Cr(150)/Co(10)/ Cr(80)/Co(10)/П	300	3.2	0.22
	400	5.5	0.29
	500	10.1	0.24
	600	10.0	0.37
Co(10)/Cr(80)/ Co(10)/Cr(150)/ Co(10)/Cr(80)/ Co(10)/П	300	11.5	0.39
	400	11.5	0.43
	500	11.5	0.49
	600	11.5	0.53
Ge(10)/Cr(65)/П	300	-1.8	-0.001
	400	-0.45	-0.001
	500	0	0
	600	0.96	0.001
Cr(65)/Ge(10)/ Cr(65)/П	300	(-0.8)	(-0.001)
	400	(-1.9)/(-1.22)**	(-0.0015)/(-0.018)
	500	(-1.5)/(0)	(-0.018)/(0.008)
	600	(-0.85)/(0.2)	(-0.002)/(0.05)

*) П - підкладка. **) В знаменнику наведені дані для нетермостабілізованих плівок.

Із цих даних витікають такі висновки. По-перше, звертає на себе увагу осцилюючий характер залежності ТКО від загальної товщини. Такий характер залежності витікає також з теоретичних розрахунків, і пов'язаний він з помітною відмінною термічних коефіцієнтів опору плівок (або масивних зразків) хрому та кобальту. Період і висота осциляцій тим більші, чим більше значення має товщина окремих шарів. Поряд з цим, якщо взяти товщину шарів порядку 5 - 10 нм (так звана періодична структура, або надрешітка), то багатшарова плівка буде мати приблизно постійне значення ТКО ($\sim 10^{-4} K^{-1}$), яке буде відповідати середньому арифметичному для ТКО плівок хрому і кобальту товщиною 5 - 10 нм. З цієї причини осцилююча залежність ТКО від загальної товщини монотонно знижується до величини $(4+8) \cdot 10^{-4} K^{-1}$. Підкреслимо, що для одношарових зразків залежність $\beta(d)$ зростає по мірі збільшення товщини, асимптотично наближаючись до величини β_g (β_g - це величина ТКО при $d \rightarrow \infty$). Це витікає не лише із загально-теоретичних уявлень [1], але підтверджується і експериментально (див., наприклад, [2]).

По-друге, ТКО і коефіцієнт стабільності по мірі зростання кількості шарів все в меншій мірі залежать від температури. Це особливо проявляється в п'яти та семишарових зразках на основі кобальту і хрому (табл. 1).

По-третє, якщо один із шарів взяти із напівпровідника, то це призводить до зміни знаку ТКО і S, а також зменшення їх абсолютної величини. Очевидно, таку особливість слід використовувати при розробці плівкових терморезисторів. Проведені нами мас-спектрометричні дослідження вказують (рис. 3,4) на значні процеси взаємної дифузії елементів.

Це, безумовно, спричиняє зниження величини ТКО порівняно з плівковою системою, в якій відсутні дифузійні процеси. Можливо, що взаємна дифузія в плівках є причиною поганої відповідності теоретичних і експериментальних значень ТКО, що спостерігалось нами раніше [3].

ВИСНОВОК

Проведені дослідження електрофізичних властивостей багатшарових плівок на основі хрому, кобальту і германію вказують на те, що розмірний ефект в електропровідності багатшарових систем має суттєві відмінності порівняно з одношаровими. Якщо в останньому випадку має місце монотонне збільшення ТКО з товщиною, то в багатшарових плівках спостерігається поступове зниження осцилюючої залежності по мірі збільшення загальної товщини. Певну роль в цьому відіграють і процеси взаємної дифузії елементів, але кількісної оцінки даного ефекту зробити не вдається.

SUMMARY

Under high vacuum conditions electrical properties of multi-layer films Cr/Ge/Cr/S and Cr/Co/Cr/Co/S (S-substrate) are investigated. The values of temperature coefficient of resistivity (TCR) and coefficient of sensivity for different temperature (300, 400, 500, 600 K) are received. Nature of oscillation dependence of TCR in process of increasing of common films thickness is under discussion.

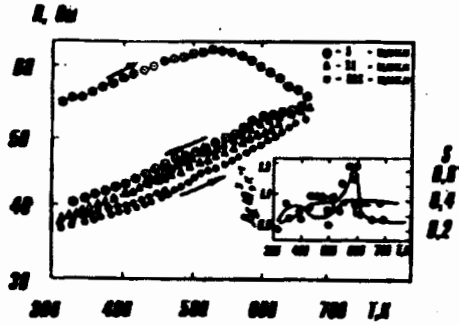


Рис.1. Залежність електричного опору, ТКО та коефіцієнта стабільності від температури для плівки $\text{Co}(10)/\text{Cr}(150)/\text{Co}(10)/\text{Cr}(80)/\text{Co}(10)\Pi$.

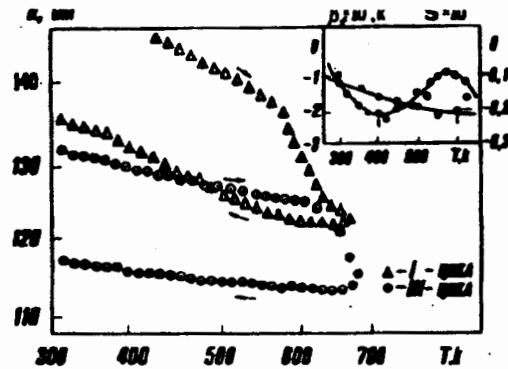


Рис.2. Залежність електричного опору, ТКО та коефіцієнта стабільності від температури для плівки $\text{Cr}(65)/\text{Ge}(10)/\text{Cr}(65)\Pi$.

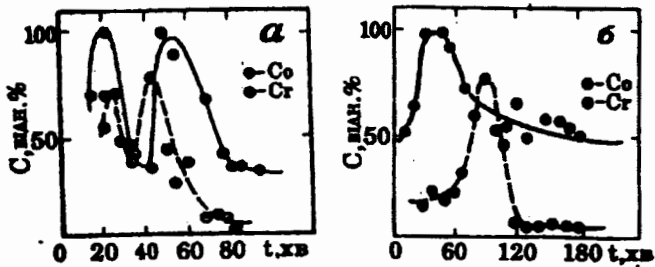


Рис.3. Дифузійні профілі вторинних іонів для плівки $\text{Co}(35)/\text{Cr}(55)/\text{Co}(50)\Pi$ в невідпаленому (а) та відпаленому (б) стані.

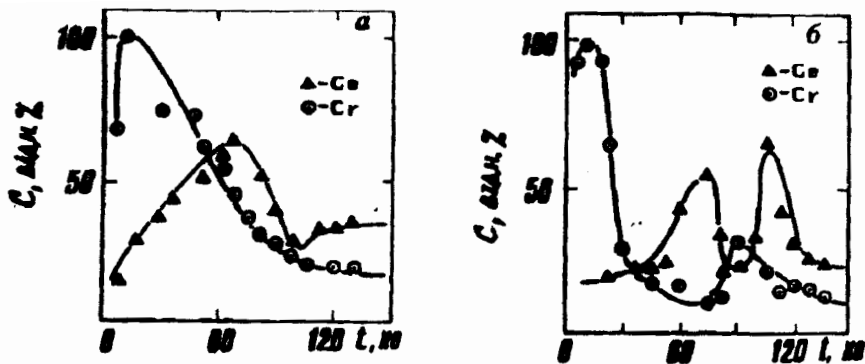


Рис.4. Дифузійні профілі вторинних іонів для плівки Cr(65)/Ge(10)/Cr(65)/П в невідпаленому (а) та відпаленому (б) стані.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чопра К.Л. Электрические явления в тонких пленках.- Москва: Мир, 1972.-434 с.
2. Проценко И.Е. Расчет параметров электропереноса тонких поликристаллических пленок металлов // Изв.вузов. Физика. 1988.№ 6. -с.42-47.
3. Одюворець Л.В., Проценко І.Ю., Черноус А.М., Шамоля В.Г. Залежність від температури опору багатшарових металевих плівок. В зб. "Наукові праці Сумського педагогічного інституту. Серія: Фізика твердого тіла" (Під ред. І.Ю. Проженка). - Суми: СДІІ, 1993.-с.35-43.

Надійшла до редколегії 16 лютого 1994 р.

УДК 621. 382: 537. 311. 3

НИЖЕКЦИОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ГЛУБОКИХ ЛОВУШЕЧНЫХ ЦЕНТРОВ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТОНКИХ ПЛЕНКАХ

Савласюк А.С., Чекалов А.П.

Метод исследования глубоких ловушек в полупроводниковых материалах, основанный на обработке вольтамперных характеристик (ВАХ) в режиме токов, ограниченных пространственным зарядом (ТОПЗ), в настоящее время используется довольно широко [1-2]. При этом информацию о глубине залегания, концентрации и характере распределения ловушечных уровней по энергиям в запрещенной зоне материала получают путем сравнения экспериментальных ВАХ с рассчитанными теоретически для дискретного [3], равномерного [4], экспоненциального [5], двойного экспоненциального [6], гауссового [7-8] и иных видов распределений. Вместе с тем, традиционные способы обработки ВАХ, использующие модельные представления о характере энергетического спектра ловушек, обладают рядом существенных недостатков: а) для расчета теоретических кривых, обычно, применяются упрощенные аналитические выражения, дающие асимптотические приближения; б) выбор модели производится априорно, хотя при некоторых сочетаниях энергетического и концентрационного параметров глубоких центров ВАХ, рассчитанные для различных ловушечных