

ВИВЧЕННЯ ЗЕРНОМЕЖЕВОЇ ДИФУЗІЇ У ПЛІВКОВИХ МАТЕРІАЛАХ МЕТОДОМ РЕЗИСТОМЕТРІЇ

пошук. Говорун Т.П., магістр. Кузнецов В.М.

При дифузії інохідних атомів по межах зерен електричний опір плівкових зразків, обумовлений розсіюванням на зовнішніх поверхнях плівок і фононах, залишається незмінним [1]. Опір меж зерен (МЗ) змінюється за рахунок появи електричних зарядів біля них, зміни сил міжатомної взаємодії і коливного спектру, а також внаслідок утворення нових фаз на межах. Передбачається, що біля МЗ поля пружних деформацій простираються на відстані порядку періоду структури межі. Таким чином, розсіювання електронів провідності відбувається як на самій межі, так і на полі деформації. Проникаючи у МЗ атоми дифузанта викликають релаксацію полів деформацій. Тоді розсіювання носіїв електричного заряду на них, і як наслідок загальний опір плівки, буде змінюватися. У роботі [1] відмічається, що проникнення інохідних атомів в межу зерна може викликати як збільшення, так і зменшення її прозорості, і як наслідок зміну електричного опору. При рівномірному розподілі атомів дифундуючої компоненти та за умови відносно малих концентрацій ($c_g \ll 1$) інохідних атомів зміну коефіцієнта розсіювання електронів на МЗ можна представити у вигляді [1]:

$$R' = R + \gamma_g c_g, \quad (1)$$

де R — коефіцієнт розсіювання МЗ при відсутності дифундуючих атомів; γ_g — коефіцієнт пропорційності, що визначає характер межі (при $\gamma_g > 0$ — домішкові атоми призводять до того, що межа стає більш розсіювальною, а при $\gamma_g < 0$ — більш прозорою).

Рядом авторів (див., наприклад, роботу [2] та цитовану в ній літературу) приводяться результати досліджень електрофізичних властивостей плівок металів з тонким покриттям. Зокрема, у роботі [2] було показано, що дифузія атомів Ni у базисну плівку Cu викликає збільшення коефіцієнта розсіювання на межі зерна, наприклад, $\gamma_g c_g$ складає 0,06; 0,05 і 0,01 при температурі визначення температурного коефіцієнта опору 150; 360 і 500K відповідно.

Оскільки за рахунок зерномежевої дифузії має місце зміна опору [2], то у роботі [1] був запропонований метод дослідження низькотемпературної зерномежевої дифузії у плівкових матеріалах. Коефіцієнт зерномежевої дифузії D атомів покриття у базисну плівку (за умови $d_2/(d_1+d_2) \leq 0,1$, де d_1 - товщина базисної плівки, а d_2 - товщина тонкого покриття) визначається за наступним співвідношенням [1]:

$$Dt/(d_1 + d_2)^2 \cong 0,1, \quad (2)$$

де t - час відпалювання, протягом якого відбувається зміна опору.

Враховуючи вище сказане, метою даної роботи є вивчення зерномежевої дифузії методом резистометрії у плівках Cu з тонким покриттям із Ni. Схема проведення експерименту була наступною. Спочатку плівкові зразки Cu товщиною $d=30-190$ нм отримувались методом термічного випаровування у вакуумній камері установки ВУП-5М на підкладки з полікору ВК-100 при температурі, що була близькою до температури Дебая для масивної міді і складала $T_n = 343 \pm 5$ К. Свіжосконденсовані плівки піддавались термообробці протягом двох циклів за схемою «нагрівання \leftrightarrow охолодження» в температурному інтервалі 300-550K. Покриття наносилося методом термічного випаровування при кімнатній температурі і нами не було зафіксовано відчутних змін електричного опору базисної

плівки міді. Відмітимо, що методика проведення експерименту, вказана вище, відповідає тій, яка була використана у роботі [2].

Наступним етапом експерименту було дифузійне відпалювання плівки Cu з тонким покриттям при температурі $T=373 \text{ K}$ протягом 30 хвилин. При цьому спочатку величина електричного опору зменшувалась на $0,5 \div 1,0 \text{ Ом}$ в інтервалі часу до 1 хвилини, а потім спостерігалось його збільшення на $2 \div 3 \text{ Ом}$. Час, протягом якого спостерігалось збільшення опору становив в середньому до 15 хвилин. Після чого значення опору не змінювалось. Аналіз показує, що збільшення опору обумовлено процесами зерномежевої дифузії. Далі було проведено дифузійне відпалювання плівок Cu з тонким покриттям при температурах $T=473 \text{ K}$ і $T=533 \text{ K}$ протягом 30 хвилин. В цьому випадку також було зафіксовано збільшення електричного опору, але це відбувалось за менший час.

Експериментальні дані було використано для розрахунку коефіцієнта зерномежевої дифузії за співвідношенням (2). У результаті було отримано, що він має значення $\sim 10^{-19} - 10^{-18} \text{ м}^2/\text{с}$. Ці дані узгоджуються з результатами розрахунку коефіцієнта дифузії, що проводився на основі обробки дифузійних профілів, які були отримані методом вторинної іонної маспектрометрії.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Волкова Р.П., Палатник Л.С., Пугачев А.Т. Резистометрический метод исследования низкотемпературной зернограничной диффузии в двухслойных поликристаллических пленках // ФТТ.-1982.-Т.24, №4.-С. 1161-1165.
2. Говорун Т.П., Степаненко А.О., Черноус А.М. Электрофизические свойства пленок меди с тонким покрытием из никеля // ФХТТ.-2004.-Т.5, №2.-С.280-285.