

ДИФФУЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В НАНОПЛЕНОЧНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ Cr И Cu И Cr И Fe

В.В. Бибик¹, Л.В. Дехтярук¹, С.И. Проценко², А.И. Черноус¹

¹Сумский государственный университет,
ул.Р.-Корсакова,2, 40007, г.Сумы, Украина
e-mail:216263@chereda.net

²Институт ядерной физики им.Г.Неводничански ПАН,
г.Краков, Польша
e-mail:Serhiy Protsenko@iff.edu.pl

Представлены результаты исследования методами вторично-ионной масс-спектрометрии (ВИМС) и оже-электронной спектроскопии (ОЭС) диффузионных процессов в пленочных системах на основе Cr и Cu и Fe и Cu.

Результаты, полученные методом ВИМС, можно обобщить в виде таких особенностей диффузионных процессов в пленочных системах:

- величина коэффициентов взаимной диффузии в неоттоженных образцах, которая по своей сути является конденсационно-стимулированной диффузией, в целом, больше по сравнению с коэффициентами термодиффузии;
- отмеченное отличие объясняется насыщением границ зерен атомами иного сорта непосредственно на стадии конденсации верхнего слоя, что приводит к ограничению термостимулированной зернограничной диффузии при слабой объемной диффузии из границ в объем зерен;
- количественной характеристикой конденсационно-стимулированной диффузии может быть эффективная температура, топологически эквивалентная температуре термодиффузии с такой же величиной эффективного коэффициента диффузии;
- при исследовании методом ВИМС необходимо учитывать эффект ионно-стимулированной диффузии атомов.

В связи с тем, что метод ВИМС имеет разрушающий характер и обуславливает ионно-стимулированную диффузию в процессе

анализа, нами были проведены исследования некоторых деталей конденсационно-стимулированной диффузии методом ОЭС.

Пленочные системы Cr (6 нм)/Cu (10 нм)/Cr (5 нм)/П (П - подложка), Cu(10)/Cr(10)/П, Cr(10)/Cu(10)/П, Cr(5)/Fe(20)/П и Fe(10)/Cr(10)/П формировались в вакууме $5 \cdot 10^{-7}$ Па (при конденсации Cu) и 10^{-5} Па (при конденсации Cr и Fe). Оже-спектр фиксировался при каждом увеличении толщины компонент двух- или трехслойной пленки на 0,5 нм, а также в процессе отжига сформированных диффузионных пар от 300 до 700 К в течение 1-6 час.

Полученные результаты указывают на то, что диффузионный пробег атомов (l), т.е. толщина, при которой исчезает оже-сигнал от атомов нижнего слоя при наращивании верхнего, имеет такие значения: $l = 7$ нм (Cr \rightarrow Cu); 3,5 нм (Cu \rightarrow Cr); $< 2,5$ нм (Fe \rightarrow Cr) и < 3 нм (Cr \rightarrow Fe) при конденсационно-стимулированной диффузии и $l = 10$ нм (Cr \rightarrow Cu при $T_{\text{отж}} = 566$ К); < 10 нм (Cu \rightarrow Cr, $T_{\text{отж}} = 673$ К); ≥ 1 нм (Fe \rightarrow Cr, $T_{\text{отж}} = 673$ К) и 5 нм (Cr \rightarrow Fe, $T_{\text{отж}} = 673$ К).

Исходя из соотношений $l = (D \cdot \tau_{\text{кон}})^{1/2}$ или $l = (D \cdot \tau_{\text{отж}})^{1/2}$, был осуществлен расчет величины коэффициентов диффузии: $D = 2 \cdot 10^{-19}$ (Cr \rightarrow Cu); $1 \cdot 10^{-19}$ (Cu \rightarrow Cr); $< 9 \cdot 10^{-20}$ (Fe \rightarrow Cr) и $< 5 \cdot 10^{-20}$ м²/с (Cr \rightarrow Fe) при конденсационно-стимулированной диффузии и $D = 0,8 \cdot 10^{-20}$ (Cr \rightarrow Cu, $T_{\text{отж}} = 566$ К); $< 0,4 \cdot 10^{-20}$ (Cu \rightarrow Cr, $T_{\text{отж}} = 673$ К); $\geq 0,02 \cdot 10^{-20}$ м²/с (Fe \rightarrow Cr, $T_{\text{отж}} = 673$ К). Для сравнения приведем значения $D = 2,1 \cdot 10^{-19}$ (Cr \rightarrow Cu) и $D = 2,3 \cdot 10^{-19}$ м²/с (Cu \rightarrow Cr) при конденсационно-стимулированной диффузии и $D = 2,7 \cdot 10^{-20}$ (Cr \rightarrow Cu, $T_{\text{отж}} = 770$ К) и $D = 6,4 \cdot 10^{-20}$ м²/с (Cu \rightarrow Cr, $T_{\text{отж}} = 770$ К), полученные на основе данных ВИМС. Отличие в величинах D , полученных на основе данных ВИМС и ОЭС, объясняется значительным вкладом в диффузионные процессы ионно-стимулированной диффузии. По диффузионным профилям, полученным с использованием методов ВИМС и ОЭС, можно оценить вклад ионно-стимулированных процессов во взаимную диффузию элементов.