

05;12

Низкотемпературная диффузия в поликристаллической тонкопленочной системе Pd/Ag

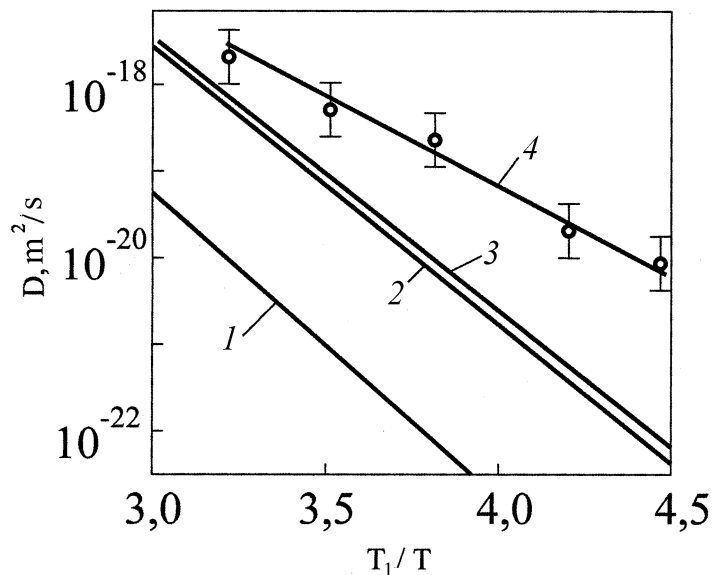
© А.Д. Васильев

Самарский государственный технический университет
E-mail: physics@sstu.edu.ru*Поступило в Редакцию 13 мая 2002 г.**В окончательной редакции 5 сентября 2002 г.*

В интервале 373–523 К исследована диффузия в тонкопленочной системе Pd/Ag со средним размером зерен $0.1 \mu\text{m}$. Эффективный коэффициент диффузии измерялся рентгенографическим методом в области концентраций 90–95% Pd. Значения эффективных коэффициентов диффузии на один-два порядка величины превышают средние значения коэффициентов диффузии по границам зерен в рассматриваемом диапазоне температур.

Принято считать, что в тонких пленках при среднем размере зерен $\sim 0.1 \mu\text{m}$ преобладает диффузия по границам зерен [1], при этом эффективный коэффициент диффузии не может быть больше среднего коэффициента диффузии по границам зерен. Однако в поликристаллических материалах часто преобладают границы зерен с минимальной энергией [2]. Коэффициент диффузии по таким границам меньше, чем коэффициент диффузии по полным краевым дислокациям [3]. Поэтому если преобладает диффузия по краевым дислокациям, то эффективный коэффициент диффузии может быть больше среднего зернограничного коэффициента диффузии. Рассмотрению такой ситуации посвящена настоящая статья.

Серебряные и палладиевые пленки напылялись из вольфрамового испарителя в вакууме порядка 10^{-3} Pa на стеклянную подложку. Вначале напылялась серебряная пленка, а затем палладиевая. Толщина обеих пленок, измеренная рентгенографическим методом, была одинаковой $0.1 \mu\text{m}$. По данным рентгеноструктурного анализа средний размер зерен в пленках составлял $\sim 0.1 \mu\text{m}$. Температура диффузионного отжига 373–523 К. Время диффузионного отжига подбиралось



Температурная зависимость коэффициента диффузии D : 1–3 — средние зернограничные коэффициенты диффузии в ГЦК металлах [6–8]; 4 — данные настоящего исследования.

таким, чтобы серебро проникало в палладиевую пленку примерно на одну треть ее толщины. Поэтому длительность диффузионного отжига зависела от температуры этого отжига. С понижением температуры длительность увеличивалась от 0,3 h при 523 K до 10 h при 373 K. Эффективный коэффициент диффузии определялся исходя из анализа профиля рентгеновской дифракционной линии (111) твердого раствора диффузионной зоны образца [4]. Точность использованной методики определения эффективного коэффициента диффузии максимальна в областях с максимальным коэффициентом диффузии. В исследованных образцах это области с содержанием палладия 80–95% Pd. В этом случае погрешность определения эффективного коэффициента диффузии из-за несистематической ошибки дифрактометра не превышает 10% [5]. Влияние различных факторов (напряжений, неравновесного распределения дислокаций несоответствия в диффузионной зоне и т. д.)

увеличивает эту погрешность примерно до 50%. Рентгеновские съемки проводились на дифрактометре ДРОН-3 с использованием $\text{Fe} \cdot \text{K}_\alpha$ -излучения.

Как следует из полученных данных (см. рисунок), измеренные нами в интервале 373–523 К в области концентраций 90–95% Pd эффективные коэффициенты диффузии в поликристаллических пленках системы Pd/Ag на один-два порядка величины превосходят средние зернограничные коэффициенты диффузии при тех же самых гомологических температурах T/T_1 (T_1 — температура плавления) [6–8].

Мы полагаем, что этот результат связан с тем обстоятельством, что в исследованной нами системе преобладает диффузия по полным краевым дислокациям [9]. Необходимо, однако, отметить, что средние зернограничные коэффициенты диффузии [6–8] относятся к различным ГЦК металлам, а не к палладию, для которого эти коэффициенты экспериментально не определялись. Если в палладии эти коэффициенты диффузии на два порядка больше, чем в других ГЦК металлах, то эффективные коэффициенты диффузии в нем не будут превышать средних коэффициентов диффузии по границам зерен. Детальная интерпретация полученных результатов требует дополнительных исследований.

Список литературы

- [1] *Беглин Дж., Поут Дж.* // Тонкие пленки. Взаимная диффузия и реакции. М.: Мир, 1982. С. 309–360.
- [2] *Кайбышев О.А., Валиев Р.З.* Границы зерен и свойства металлов. М.: Металлургия, 1987. 214 с.
- [3] *Каур И., Густ В.* Диффузия по границам зерен и фаз. М.: Машиностроение, 1991. 446 с.
- [4] *Пинес Б.Я., Чайковский Э.Ф.* // ДАН СССР. 1956. Т. 111. № 6. С. 1234–1237.
- [5] *Бекренев А.Н., Федоров Б.Н.* // Аппаратура и методы рентгеновского анализа. 1984. В. 32. С. 36–40.
- [6] *Brown A.M., Ashby M.F.* // Acta Met. 1980. V. 28. P. 1085–1101.
- [7] *Gust W., Mayr S., Bogel A. et al.* // J. Physique C4. 1985. V. 46. P. 537–541.
- [8] *Gjostein N.A.* // Diffusion, American Society for Metals, Metals Park. Ohio, 1974. P. 241–245.
- [9] *Бекренев А.Н., Васильев А.Д.* // Металлофизика. 1992. Т. 14. № 3. С. 91–93.