

С. М. Клоцман. Роль дефектов в формировании свойств металлов. В докладе охарактеризованы основные направления исследований типов, свойств и взаимодействий точечных, линейных и двумерных дефектов в металлах, проводимых в Институте физики металлов

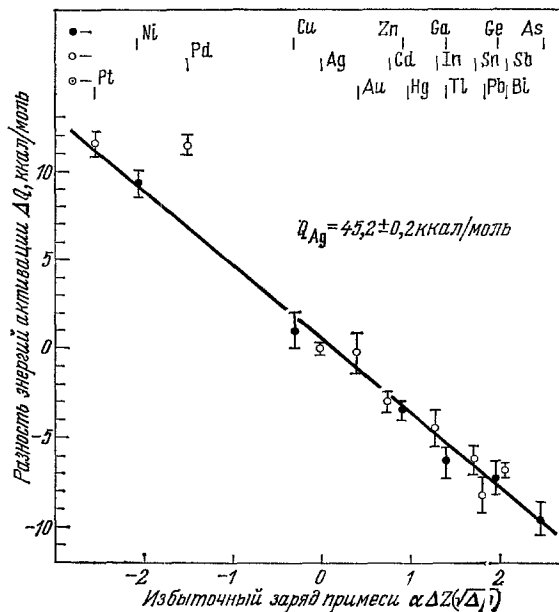


Рис. 1

УНЦ АН СССР. Прогресс в технике и технологии диффузионного эксперимента открыл возможность получения физической информации о дефектах из результатов исследований диффузионных явлений: температурных зависимостей само- и гетеродиффузии, изотопического эффекта при диффузии, диффузии в градиентах внешних полей и т. д.

В одновалентных благородных металлах (медь, серебро, золото) энергии активации объемной диффузии линейно уменьшаются с ростом избыточного заряда примесей ¹⁻³ (рис. 1). Эта зависимость обусловлена вакансионным

механизмом диффузии и кулоновским взаимодействием экранированных зарядов точечных дефектов, ответственных за массоперенос в кристалле. В никеле (3d-переходном металле) такая же закономерность проявляется при корректном определении избыточного заряда примеси по части коллективизируемых электронов, которые заполняют 3d-полосу матрицы и изменяют намагниченность соответствующего твердого раствора⁴. А совпадение

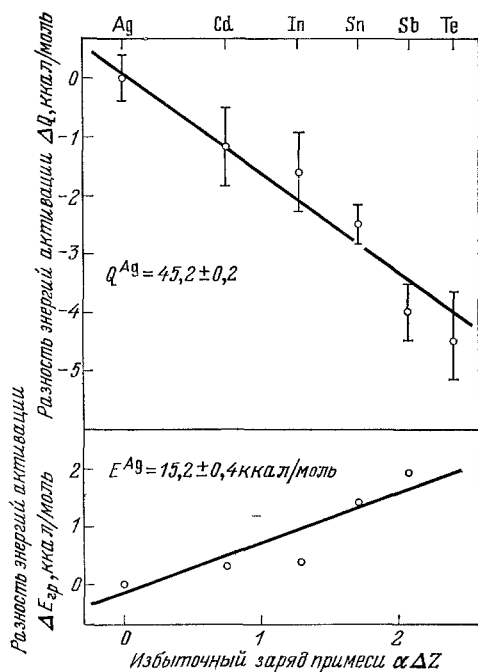


Рис. 2

положительного избыточного заряда примесей² (рис. 2). Направление электропереноса в границах зерен меди, серебра и золота противоположно объемному, что вместе с большой величиной эффективного заряда межкуристаллитного электропереноса свидетельствует о дырочном увлечении ионов в границах зерен благородных металлов первой группы⁸. Открытие этих двух эффектов экспериментально обосновало представления об изменении электронного спектра в ядре структурных дефектов типа дислокаций и границ зерен металлов, о преобладающем типе точечных дефектов, ответственных за высокую диффузионную проницаемость этих линейных и двумерных дефектов⁹.

Открытые при исследовании аномально быстрой объемной диффузии примесей в свинце диплоны (смешанные гантели)¹⁰ и при исследовании радиационных дефектов в металлах — собственные внедрения¹¹ — еще один тип точечных дефектов, ответственных за многие радиационно-стимулированные явления. При достаточно высоких температурах радиационные дефекты (вакансии и собственные внедрения) могут покинуть кристалл, диффундируя на стоки: дислокации, границы зерен, внешнюю поверхность и т. п. Возникновение потоков точечных дефектов на стоки порождает стационарное разделение по составу объема кристаллов и стоков радиационных дефектов. Радиационно-стимулированная сегрегация создает высокие концентрации примесей и компонент на стоках, приводит к появлению на стоках охрупчивающих фаз. Так, на поверхности монокристалла никеля, содержавшего $2 \cdot 10^{-5}$ атомных долей серы, концентрация серы возрастает в 1000 раз после облучения электронами при 400 °C. А пластичность технического

энергий активации диффузии кобальта и никеля в никеле (нулевой избыточный заряд кобальта) является качественным следствием такого определения избыточных зарядов⁵. В вольфраме установлено еще более резкое уменьшение энергии активации с ростом положительного избыточного заряда диффундирующей примеси⁶.

При само- и гетеродиффузии во внешнем электрическом поле (электропереносе) направление дрейфа ионов определяется их увлечением основной группой носителей тока в металле⁷, а эффективный заряд — поперечником рассеяния комплекса примесь-вакансия и корреляционными эффектами, свойственными вакансионному механизму диффузии.

Закономерности объемной диффузии и электропереноса стали основой для анализа свойств и взаимодействий дефектов в границах зерен металлов. Энергии активации межкуристаллитной диффузии примесей не уменьшаются, а возрастают с ростом

никеля падает в 2 раза после электронного облучения по сравнению с контролем¹². Знание параметров взаимодействий точечных дефектов между собой и с другими дефектами металлов — лимитирующее звено в работах по улучшению свойств существующих и разработке новых материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кайгородов В. Н., Клоцман С. М., Тимофеев А. Н., Трахтенберг И. Ш., — ФММ, 1969, т. 28, с. 120.
2. Клоцман С. М., Рабовский Я. А., Талинский В. К., Тимофеев А. Н. — Ibidem, с. 1025.
3. Клоцман С. М., Рабовский Я. А., Талинский В. К., Тимофеев А. Н. — ФММ, 1978, т. 45, с. 1104.
4. Владимиров А. Б., Кайгородов В. Н., Клоцман С. М., Трахтенберг И. Ш. — ФММ, 1979, т. 48, с. 352.
5. Владимиров А. Б., Кайгородов В. Н., Клоцман С. М., Трахтенберг И. Ш. — ФММ, 1978, т. 46, с. 1232.
6. Archirova N. K., Klotzman S. M., Tatarova G. N., Timofeev A. N., Polikarova I. P., Veretennikov L. I. — Phys. Rev. Ser. B, 1984, v. 30.
7. Klotzman S. M., Timovchev A. N., Trachtenberg I. Sh. — Phys. Stat. Sol., 1966, v. 18, p. 847.
8. Клоцман С. М., Тимофеев А. Н., Трахтенберг И. Ш. — ФММ, 1967, т. 24, с. 278.
9. Клоцман С. М., Тимофеев А. Н., Трахтенберг И. Ш. — Ibidem, т. 23, с. 258.
10. Warburton W. K., Turnbull D., Diffusion in Solids. — N.Y.: Academic Press, 1975, p. 171.
11. Schilling W. — J. Nucl. Mater., 1978, v. 69—70, p. 465.
12. Арбузов В. Л., Вотинин С. Н., Григорьян А. А., Бычков Б. В., Данилов С. Н., Клоцман С. М., Альтовский И. В., Виноградова Н. К., Войтехова Е. А., Геминин В. Н. — АЭ, 1983, т. 55, с. 214