

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ СЕРЫ В НИКЕЛЕ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ОБЛУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОНАМИ

*А.Г.Аракелов, В.Л.Арбузов, А.Б.Владимиров,
С.Н.Вотинов, С.Е.Данилов, Д.Э.Доманский,
С.М.Клоцман, А.Л.Николез, В.А.Павлов,
А.М.Розенблат, И.Ш.Трахтенберг*

Экспериментально обнаружено уменьшение остаточного электросопротивления в бинарных сплавах никеля с серой при высокотемпературном облучении электронами, что обусловлено перераспределением примесных атомов серы в объеме.

Предварительные исследования на чистом никеле [1] показали, что при высокотемпературном облучении электронами происходит уменьшение остаточного электросопротивления никеля. Этот эффект был объяснен [1] перераспределением остаточных примесей в объеме облучаемого материала. Естественно предположить, что кинетика наблюдаемого эффекта (кинетика установления стационарного распределения примесей по объему образца) определяется характером взаимодействия примесей с радиационными дефектами и свойствами преимущественных стоков в образце. Анализ состава исследованных образцов чистого никеля и определение той примеси, которая наиболее эффективно взаимодействует с потоками радиационных дефектов, представляет значительные трудности. Поэтому, описанные в этой работе эксперименты, были проведены на модельных бинарных сплавах никеля с серой.

Облучение проводилось электронами с энергией 5,5 МэВ и интенсивностью пучка $6,25 \cdot 10^{13}$ эл/см²·сек, в специальном термостате в атмосфере особо чистого гелия с содержанием кислорода не более 10^{-10} объемных процентов при температуре 625К.

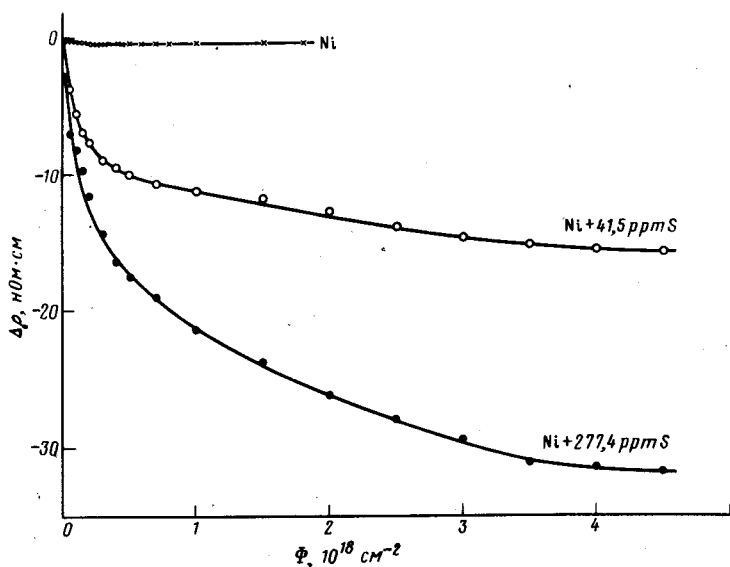
Поликристаллические и монокристалльные образцы готовились из монокристаллов никеля с отношением сопротивлений при комнатной температуре и температуре жидкого гелия 600 – 900, с последующим

насыщением элементарной S^{35} диффузионным путем. Толщина образцов была около 100 мкм.

Перед началом облучения проводился отжиг образцов в термостате при температуре облучения в течении 5 – 10 часов. Никаких изменений остаточного электросопротивления образцов не наблюдалось в пределах погрешности измерений.

На рисунке приведены зависимости изменения сопротивления монокристаллических образцов чистого никеля и никеля, легированного серой, от флюенса электронов. Как видно, облучение приводит к уменьшению остаточного электросопротивления образцов. Причем наблюдается определенная корреляция между падением электросопротивления и содержанием серы в образцах: чем больше концентрация серы, тем больше величина падения электросопротивления. Результаты облучения поликристаллических образцов аналогичны результатам полученным на монокристаллических образцах. Радиометрические измерения показали, что количество серы в образцах после облучения не изменилось.

После облучения образцы были отожжены при температуре 900K в течении 40 минут. После такого отжига сопротивление образцов полностью восстановилось до исходного значения. Повторное облучение этих же образцов после отжига привело к таким же результатам, что и первое облучение (рисунок).



Изменение остаточного электросопротивления монокристаллических образцов чистого никеля и никеля, легированного серой в зависимости от флюенса электронов

Полученные данные свидетельствуют, что при облучении происходит перераспределение примесных атомов серы в объеме образца за счет увлечения потоками радиационных дефектов на стоки [2]. Такими стоками могут служить внешние поверхности образца и дислокации.

Оценка нижней границы ширины обедненных серой зон вблизи поверхностей и дислокаций, основанная на наблюдаемом падении сопротивления, и на предположении, что в этих зонах концентрация серы снижена до уровня остаточных примесей в исходном никеле, дает величину 10^{-4} см.

Используя значения коэффициентов диффузии серы в никеле при 900К [3] и время гомогенизации облученных образцов при этой температуре (40 мин), можно оценить среднюю длину диффузионного пути серы в никеле во время гомогенизации:

$$2(Dt)^{1/2} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ см} \approx 10^{-4} \text{ см}$$

Хорошее согласие этих оценок является указанием, что дислокации в монокристаллах никеля являются столь же эффективными стоками, как и внешние поверхности, для радиационных дефектов, обуславливающих перераспределение примесей в никеле.

Институт физики металлов
Академии наук СССР
УНЦ

Поступила в редакцию
21 апреля 1979 г.

Литература

- [1] В.Л.Арбузов, С.Н.Вотинов и др, ДАН СССР, 244, 1114, 1979.
- [2] R.A.Johnson, N.Q.Lam. Phys. Rev., B13, 4364, 1976.
- [3] А.Б.Владимиров, В.Н.Кайгородов, С.М.Клоцман, И.Ш.Трахтенберг. ФММ, 39, 319, 1975.