

Письма в ЖЭТФ, том 12, стр. 220 – 224

5 сентября 1970 г.

**КВАДРУПОЛЬНОЕ УШИРЕНИЕ
МЕССБАУЭРОВСКОЙ ЛИНИИ Fe^{57} В ДЕФОРМИРОВАННОЙ МЕДИ**

В.А.Лагунов, В.И.Положенко, В.А.Степанов

Эффект Мессбауэра может оказаться полезным при исследовании дефектов структуры в кристаллах [1,2]. Мессбауэровский метод плодотворно использовался уже при изучении заряженных комплексов "примесный ион-вакансия" в ионных кристаллах [3–5]. Публикации об обнаружении этим методом дефектов в металлах нам не известны, хотя подобные исследования ставились рядом авторов [1,6].

В металлах, содержащих мессбауэровские атомы в составе матрицы, в частности в железе армко, насыщение материала дефектами практически не приводит к заметному сдвигу и размытию линий. Вероятность наблюдения дефектов, очевидно, должна быть значительно выше в случае примесных мессбауэровских атомов, склонных диффундировать непосредственно к дефектам. В данной работе с целью обнаружения дефектов исследовались мессбауэровские спектры сильно разбавленного раствора Co^{57} в Cu после деформации и отпуска. Малая концентрация атомов Co^{57} необходима была для того, чтобы исключить возможность образования частиц новой фазы, затрудняющих измерение локальных искажений матрицы.

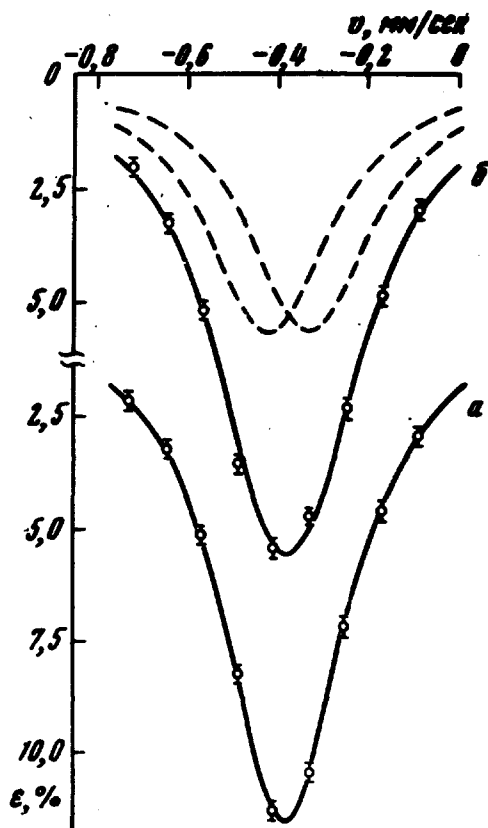


Рис. 1. Мессбауэровский спектр источника деформированной Cu с Co^{57} : *a* — до отпуска и *б* — после отпуска при 170°C . Показана половина спектра с поглотителем из нитропруссиды Na

На Cu с чистотой 99,996% гальванически осаждался Co^{57} . Из полученного сплава диффузионным отжигом и переплавкой в вакууме 10^{-5} торготавливались источники Co^{57} активностью $\sim 0,1$ *мкюри*. Концентрация Co^{57} составляла в них $\sim 5 \cdot 10^{-6}$ ат.%, что ниже ожидаемой средней концентрации атомов, расположенных в непосредственной близости от

ядра дислокации, величина которой в сильно деформированном металле (при плотности дислокаций $10^{11} - 10^{12} \text{ см}^{-2}$) составляет $\sim 10^{-3} - 10^{-4} \%$ ¹⁾.

Для создания повышенной плотности дефектов образец после переплавки прокатывался с толщины ~ 3 до $0,02 \text{ мм}$ (степень деформации $99,3\%$). Мессбауэровский спектр источника исследовался в зависимости от температуры отпуска после деформации. Отпуск проводился для ускорения диффузии мессбауэровских атомов к дефектам.

Источник Co^{57} в деформированной Cu (без отпуска) имеет одиночную лоренцевскую линию (рис.1, а), сдвинутую на $-(0,372 \pm 0,003) \text{ мм/сек}$ относительно высокоэнергетической линии нитропруссиды Na или на $(0,481 \pm 0,004) \text{ мм/сек}$ относительно центра его дублета, что хорошо согласуется с данными других авторов [7]. На рис.2 приведены зависимо-

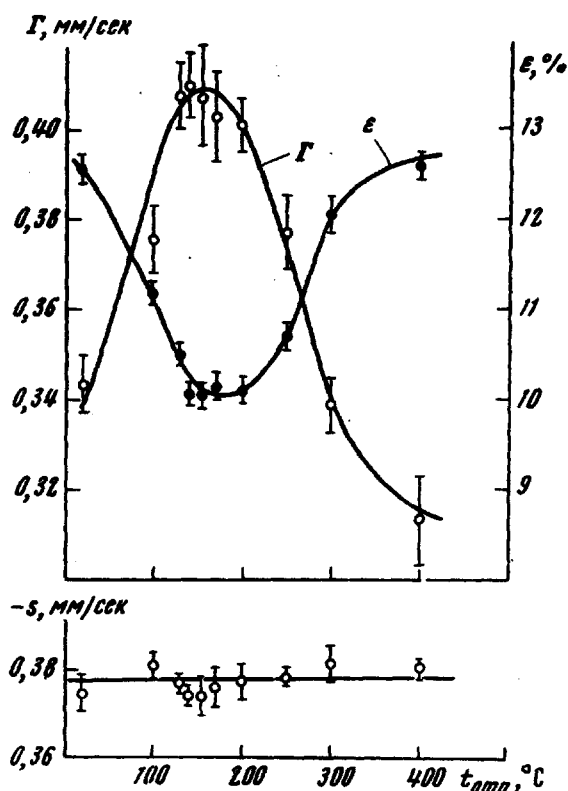


Рис. 2. Зависимость ширины Γ , высоты ϵ и положения s линии Co^{57} в Cu от температуры отпуска после деформации

сти ширины Γ , высоты ϵ и положения линии от температуры отпуска. Отпуск при каждой температуре производился в течение 5 часов. Данные получены на одном образце методом четырехканальной съемки.

¹⁾ К сожалению, при электролизе и последующей обработке образцов могло происходить неконтролируемое загрязнение меди до $0,02 - 0,1\%$.

Как видно из рис.2, на первых стадиях отпуска наблюдается заметное уширение линии и уменьшение ее высоты. Оба эффекта возникают, по-видимому, вследствие размытия линии, так как интегральная ее интенсивность при этом существенно не изменяется. Наибольшее размытие проявляется при температурах отпуска 130 – 200°C, при более высоких температурах ширина и высота линии возвращаются к начальным значениям. Положение линии с точностью $\pm 0,005$ мк/сек не изменяется.

Можно думать, что наблюдаемое размытие линии является следствием локализации мессбауэровских атомов около дефектов. Этот вывод согласуется с данными работы [8], в которой при тех же температурах отпуска наблюдалось заметное уменьшение внутреннего трения в Cu , связанное с закреплением дислокаций примесными атомами.

Уширение линии при отпуске в принципе может быть вызвано двумя причинами: неоднородным изомерным сдвигом, связанным с неоднородной объемной деформацией решетки, и квадрупольным эффектом, обусловленным локальными анизотропными искажениями решетки. В первом случае из-за преимущественной диффузии атомов Co в области сжатия одновременно должен наблюдаться также сдвиг линии. Поскольку на опыте он не обнаруживается, можно полагать, что основной причиной уширения является квадрупольное расщепление линии. На это указывает также форма экспериментальной линии источника, отпущенного при 170°C, которая, согласно анализу на ЭВМ по методу наименьших квадратов, лучше всего описывается дублетом лоренцевских линий с расщеплением $\sim 0,1$ мк/сек (см. рис.1, б).

Отсутствие сдвига линии после отпуска деформированного образца, казалось бы, противоречит экспериментальной зависимости изомерного сдвига от давления [9]. Однако это можно понять, приняв во внимание известный эффект перераспределения электронов проводимости около ядра дислокации. Вследствие перехода электронов из сжатых областей в растянутые плотность s -электронов на ядре атомов вблизи дислокации может изменяться, компенсируя воздействие дилатации на изомерный сдвиг. Вероятно, этим же можно объяснить слабое влияние дефектов на размытие линии в деформированном железе армко.

Таким образом, обнаруженное уширение линии при отпуске деформированной Cu с примесью Co^{57} следует, вероятно, приписать квадрупольному расщеплению ядерных уровней в результате локализации мессбауэровских атомов около дефектов в местах с искаженной кубиче-

ской решеткой, где одновременно действует также неоднородное поле электрического диполя. Разделить эти два фактора пока не представляется возможным.

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
17 июля 1970 г.

Литература

- [1] U.Gonser, H.Wiedersich. J. Soc. Japan, 18, Suppl. II, 47, 1963.
 - [2] Л.Б. Квашнина, М.А.Кривоглаз. ФММ, 23, 3, 1967.
 - [3] M.De Coster, S.Amelincks. Phys. Lett., 1, 245, 1962.
 - [4] J.S.Mullen. Phys. Rev., 131, 1415, 1963.
 - [5] А.Н.Мурин, Б.Г.Лурье, П.П.Серегин. ФТТ, 9, 1424, 1967.
 - [6] R.M.Hously, J.G.Dash, R.N.Nussbaum. Phys. Rev., 136, 464, 1964.
 - [7] R.W.Grant, R.M.Housley, U.Gonser. Phys. Rev., 178, 523, 1969.
 - [8] П.Л.Грузин, Ю.Д.Жаров, Е.С.Мацурин. Сб. Взаимодействие дислокаций с атомами примесей в металлах и сплавах, под. ред. М.А. Криштала, стр. 114, Тульский Политехнический институт, Тула, 1969.
 - [9] J.A.Moyziz, G.De Pasquali, H.G.Drickamer. Phys. Rev., 172, 665, 1968.
-