

ЭФФЕКТ МЁССБАУЭРА НА ПРИМЕСНЫХ ЯДРАХ Fe^{57} В СОЕДИНЕНИИ $MnAu_2$

А.Б.Авфисов, В.И.Николаев

I. Соединение $MnAu_2$ привлекает к себе внимание многих исследователей. $MnAu_2$ - геликоидальный антиферромагнетик с точкой Нееля при $90^\circ C$ [1] (по данным работы Карчевского и Николаева [2] $T_N = 100^\circ C$). Магнитную структуру его можно разрушить достаточно большим внешним магнитным полем. В случае $MnAu_2$ имеется сравнительно редкая возможность исследовать свойства вещества как в антиферромагнитном, так и в ферромагнитном состоянии при одной и той же температуре.

Имея в виду это обстоятельство, мы предприняли исследование эффекта Мёссбауэра на примесных ядрах Fe^{57} в кристаллической решетке $MnAu_2$. При этом ставилась, в частности, цель выяснить, каким образом переход вещества в ферромагнитное состояние сказывается на

величине магнитного поля, действующего на ядро примесного атома. Особое внимание обращали на поведение вероятности эффекта Мёссбауэра при магнитных превращениях.

2. Для опытов по эффекту Мёссбауэра выбрали образец, на котором ранее были проведены температурные исследования магнитных свойств [3,4]. Образец $MnAu_2$ (в виде диска диаметром 18 мм и толщиной около 1 мм) использовали в качестве источника излучения. Атомы изотопа Co^{57} (дающего в результате распада изомер Fe^{57m}) вводились в кристаллическую решетку $MnAu_2$ путем диффузии при температуре $690^\circ C$ в течение 6 час. в атмосфере водорода. По окончании отжига проводилась закалка образца.

Поглотителем в опытах по эффекту Мёссбауэра служила фольга из нержавеющей стали (70% Fe). Измерения проводили на установках кулачкового и электродинамического типа. Мёссбауэровские спектры были измерены в интервале температур от 20 до $180^\circ C$. При комнатной температуре были проведены также опыты во внешнем магнитном поле напряженностью до 18 кэ. В этих экспериментах исследуемый образец помещали в поле, перпендикулярное направлению вылета регистрируемых γ -квантов, а поглотитель, вместе с фотоумножителем, находился в блоке магнитной защиты.

3. Полученные результаты оказались несколько неожиданными. На рис. 1 показаны некоторые из спектров, измеренных в отсутствие внешнего поля. Как видно из рисунка, при комнатной температуре ($T/T_N \approx 0,8$) не наблюдается явного зеемановского расщепления спектральной линии. По нашей оценке, величина поля, действующего на ядра железа при этой температуре, не превышает 15 кэ. Характер спектра не менялся и в поле, напряженность которого более чем вдвое превышала пороговое значение H_{Π} (рис. 2, а и б). Между тем, обычно для ядер Fe^{57} , введенных в кристаллическую решетку ферромагнетика, мессбауэровский спектр представляется в виде отдельных компонент, если только температура образца не слишком близка к температуре магнитного превращения.

По-видимому, атом Fe в данном соединении находится в парамагнитном состоянии, и наблюдаемая картина отвечает уширению линии в парамагнетике, возникающему при конечном времени релаксации [5]. Падение ширины линии $\Gamma_{\text{эксп}}$ с ростом температуры при $T < T_N$ (рис.3,а),

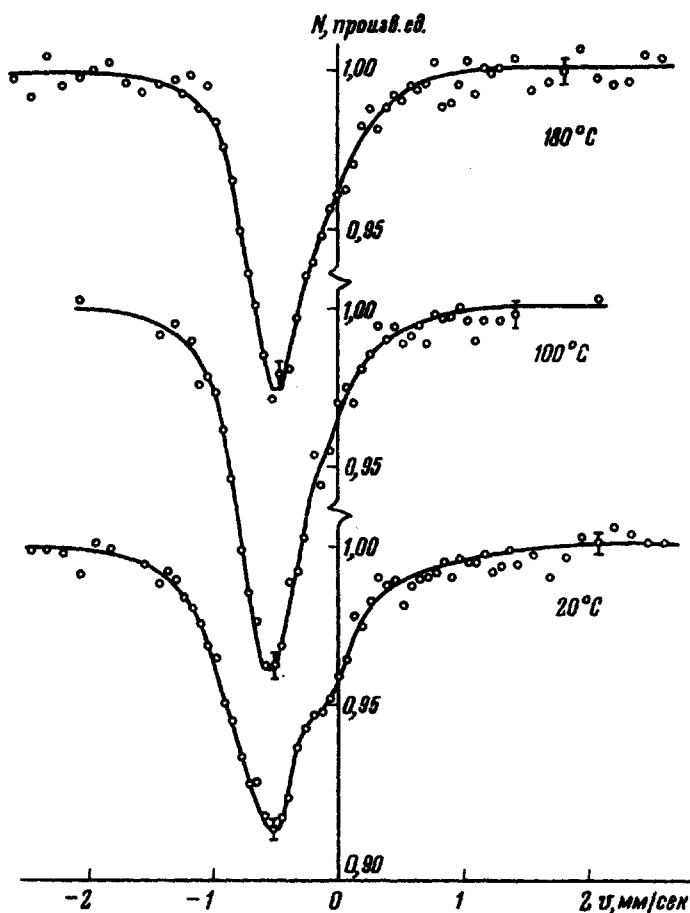


Рис. 1. Мёсбауэровские спектры ядер Fe^{57} в соединении $MnAu_2$. Поглотитель - нержавеющая сталь толщиной 0,012 мм при комнатной температуре

возможно, связано с естественным уменьшением времени релаксации. В рамках такого представления легко объяснимо то обстоятельство, что во внешнем поле наблюдается некоторая тенденция к дополнительному уширению: магнитное поле не приводит к непосредственному расщеплению сверхтонкой структуры при наличии сильного релаксационного процесса, но может вызвать уширение линии.

Все полученные спектры асимметричны относительно своего центра тяжести. Характер изменения формы спектра с ростом температуры (рис. 1 и 3,а) дает основание думать, что асимметрия может быть обусловлена релаксационными процессами в сочетании с квадрупольным

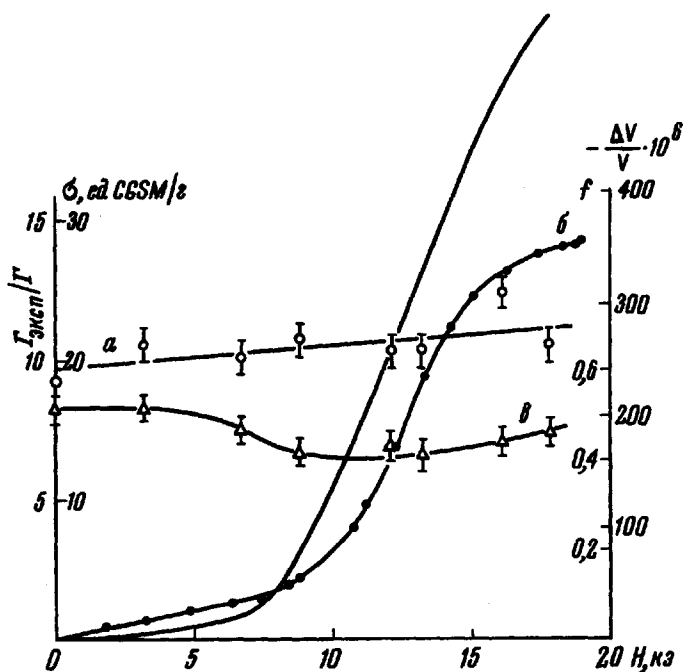


Рис. 2. а - зависимость ширины спектра $\Gamma_{\text{эксп}}$, измеренной на половине его высоты, от напряженности магнитного поля H (Γ - естественная ширина линии); б - кривая намагниченности образца; в - зависимость вероятности эффекта Мессбауэра f (определенной "методом площадей" [7]) от поля H ; г - зависимость объемной магнитострикции $\Delta V/V$ от поля H [3]

взаимодействием [6]. В этом случае результаты соответствовали бы тому, что время релаксации магнитного момента атома железа слабо зависит от температуры.

4. Что касается вероятности эффекта Мессбауэра, то при исследовании ее температурной зависимости обнаруживается аномалия вблизи точки Нееля (рис. 3,б). Эту аномалию естественно связывать с раз-

рушением геликоидальной магнитной структуры вследствие теплового движения. Очевидно, при магнитном превращении происходит изменение фононного спектра кристалла.

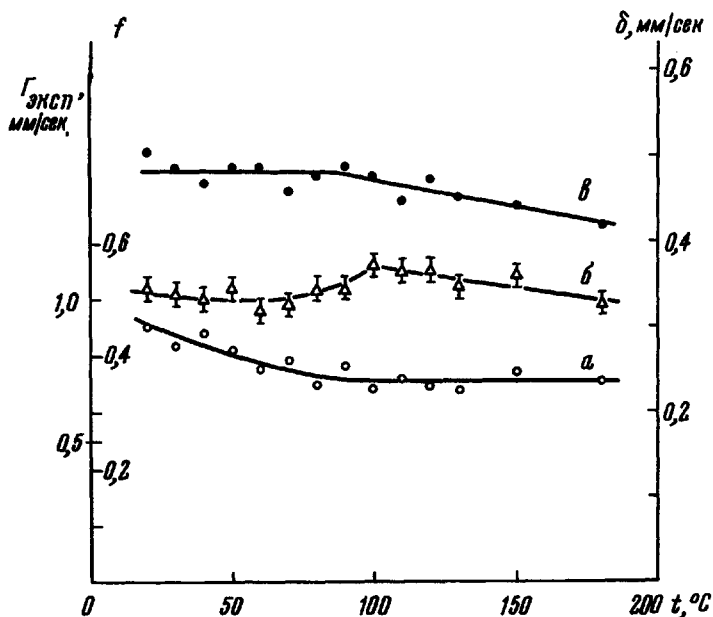


Рис. 3. а - температурная зависимость ширины спектра $\Gamma_{\text{эксп}}$; б - температурная зависимость вероятности эффекта Мёссбауэра f ; в - изомерный сдвиг δ при различных температурах

Обращает на себя внимание тот факт, что разрушение геликоидальной структуры MnAu_2 внешним полем сопровождается аномально большой объемной магнитострикцией (отрицательного знака) [3]. По-видимому, и спонтанная магнитострикция в этом соединении также велика, что может сказаться на вероятности эффекта.

Такая интерпретация зависимости $f(T)$ вблизи T_N согласуется с данными температурных измерений изомерного сдвига δ (рис. 3, в). При $T > T_N$ температурный коэффициент $\partial\delta/\partial T$ соответствует так называемому температурному сдвигу. Видимое отсутствие температурного сдвига при $T < T_N$ можно объяснить влиянием магнитострикции: как известно, под влиянием всестороннего сжатия энергия γ -перехода ядра Fe^{57} уменьшается [8].

Вероятность эффекта изменяется и при наложении внешнего магнитного поля (рис.2, в). На наш взгляд, это также может быть обусловлено магнитострикционной деформацией образца, хотя механизм влияния магнитострикции на вероятность эффекта не представляется очевидным (сравнить кривые в и г на рис. 2).

Интересно отметить качественное согласие между зависимостями вероятности эффекта и модуля Днга от величины поля [9]. Это согласие вряд ли случайно, поскольку модуль Днга является усредненной характеристикой силовых констант.

В свете сказанного представляло бы интерес провести исследование вероятности эффекта Мессбауэра в зависимости от поля и температуры для тех веществ, у которых стрикция велика.

Выражаем признательность академику И.К.Кикоину за постоянное внимание к работе и Ю.М.Кагану и А.М.Афанасьеву за полезные дискуссии. Благодарим Н.Н.Кузнецова и В.И.Богачева за помощь в наладке радиоаппаратуры.

Поступило в редакцию

5 июля 1966 г.

Литература

- [1] A.J.P. Meyer, P.Taglang. J.Phys. et Rad., 17, 457, 1956.
- [2] А.И.Карчевский, В.И.Николаев. ФММ, 11, 519, 1961.
- [3] В.И.Николаев, А.И.Карчевский, В.Г.Циноев, Б.В.Васильев. ЖЭТФ, 45, 480, 1963.
- [4] А.И.Карчевский, В.И.Николаев. ФММ, 12, 372, 1961.
- [5] А.М.Афанасьев, Ю.Каган. ЖЭТФ, 45, 1660, 1963.
- [6] M.Blume. Phys. Rev. Lett., 14, 96, 1965.
- [7] Г.А.Быков, Фам Зуи Хиен. ЖЭТФ, 43, 909, 1962.
- [8] R.V.Pound, G.B.Benedek, R.Drover. Phys. Rev. Lett., 1, 405, 1961.
- [9] И.Г.Факидов, Л.П.Волегов, В.П.Красовский. ФММ, 20, 373, 1965.