

РЕЛАКСАЦИЯ СПИНОВ ЖЕЛЕЗА В ФЕРРИТЕ $\text{Cd}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}\text{Fe}_2\text{O}_4$

И.К.Камилов, Ш.М.Алиев, Х.К.Алиев, Л.К.Анохин

В экспериментах по эффекту Мессбауэра на ядрах ^{57}Fe в феррите $\text{Cd}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ обнаружено отсутствие магнитной сверхтонкой структуры при температурах значительно ниже температуры Кюри, что, очевидно, связано с релаксационным процессом спинов железа. Исследования, проведенные во внешних магнитных полях, показали, что в B -подрешетке феррита существуют группы спинов железа с разными временами релаксации.

Известно, что условием наблюдения магнитной сверхтонкой структуры МСТС в экспериментах по эффекту Мессбауэра является соотношение:

$$\omega_L \tau_s \geq 1, \quad (1)$$

где ω_L — частота ларморовской прецессии ядерных спинов в эффективном магнитном поле $H_{\text{эфф}}$, τ_s — время релаксации электронных спинов, создающих это поле, т. е. характерное время флуктуации эффективного поля на ядре.

Многочисленные мессбауэровские исследования, проведенные на ядрах ^{57}Fe в магнитоупорядоченных веществах, показали, что МСТС, как правило, исчезает вблизи температуры Кюри [1 — 6]. Это обстоятельство связано с быстрым уменьшением времени релаксации электронных спинов в этой области температур [7, 8]. В исследованиях по эффекту Мессбауэра на ядрах ^{57}Fe в феррите $\text{Cd}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ мы столкнулись с ситуацией, когда спонтанная намагниченность феррита исчезает при $T_c \approx 230\text{K}$ (рис. 1), в то время как МСТС не обнаруживается даже при $T_c = 80\text{K}$. Отметим здесь, что значение T_c , найденное при температурной зависимости начальной магнитной проницаемости [9], согласуется с данным настоящей работы.

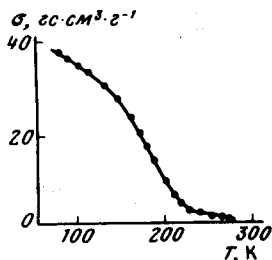
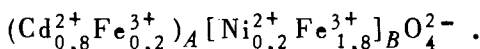


Рис. 1. Температурная зависимость спонтанной намагниченности феррита $\text{Cd}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}\text{Fe}_2\text{O}_4$

Мессбауэровские исследования проводились в интервале температур 80 — 293K на спектрометре, работающем в режиме постоянного ускорения с источником ^{57}Co (Cr). Спектр феррита во всем исследованном интервале температур представляет собой слегка уширенный асимметричный квадрупольный дублет (рис. 2), величина расщепления которого $e^2qQ \approx 1,56$ мм/сек не меняется с температурой. Зна-

чение квадрупольного расщепления находится в хорошем согласии с результатом авторов [10]. Если учесть, что ионы кадмия замещают только тетраэдрические позиции, то катионное распределение в феррите следует записать в виде



Наблюдаемую асимметрию спектра тогда можно интерпретировать как наложение квадрупольного дублета, обусловленного ионами Fe_B^{3+} , и одиночного пика, обусловленного ионами Fe_A^{3+} . Такая интерпретация оправдывается тем, что спектр кадмиевого феррита, который является нормальной шпинелью, имеет вид симметричного квадрупольного дублета.

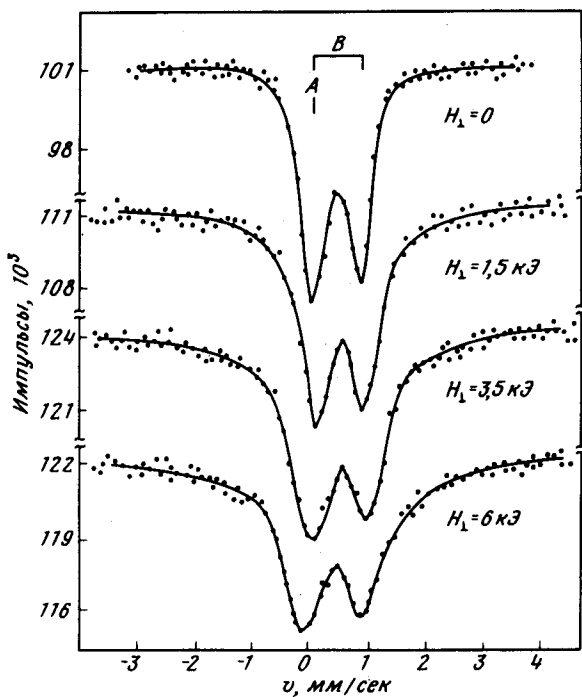


Рис. 2. Мессбауэровские спектры феррита $\text{Cd}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ при $T = 123\text{K}$. Внешнее магнитное поле направлено параллельно плоскости поглотителя и перпендикулярно распространению γ -лучей

Ясно, что в нашем случае условие (1) не выполняется, скорее всего, $\omega_L\tau_s \ll 1$ во всем исследованном интервале температур. Однако во внешнем магнитном поле, на фоне парамагнитного спектра, появляется неразрешенная МСТС (рис. 2). Причем с ростом величины внешнего магнитного поля увеличивается число ядер железа, обнаруживающих МСТС, но асимметрия парамагнитного спектра сохраняется. Очевидно, величины внешних магнитных полей, использованных в экспериментах, явно недостаточны, чтобы самостоятельно индуцировать МСТС на ядрах ^{57}Fe . Поэтому появление магнитной структуры во внешнем магнитном поле означает, что флуктуации спинов железа в феррите замедлились, т. е. для некоторых ядер железа выполняется соотношение $\omega_L\tau_s \approx 1$. Так как асимметрия парамагнитного спектра сохраняется, то магнитная структура в основном проявляется на ядрах железа, расположенных в B -позициях. В то же время не все B -позиции маг-

нитно-эквивалентны, поскольку количество ядер, обнаруживающих МСТС, растет с увеличением напряженности внешнего магнитного поля. Следовательно, в *B*-подрешетке феррита существуют группы спинов железа с различными временами релаксации. Существование таких групп *B*-спинов можно объяснить магнитно-неэквивалентностью положений ионов железа в *B*-подрешетке, что характерно для смешанных ферритов [11]. Вероятность размещения ионов Fe^{3+} в неэквивалентных положениях задается с помощью функции:

$$p(n, x) = \binom{6}{n} x^n (1-x)^{6-n}. \quad (12)$$

Здесь x — концентрация ионов кадмия в составе феррита; n — число ионов Fe_A^{3+} , которые наряду с ионами Cd^{2+} входят в число шести ближайших соседей октаиона Fe_B^{3+} ($n = 0, 1, \dots, 6$). На существование неэквивалентных позиций ионов железа в *B*-подрешетке косвенно указывают также уширенные линии спектра исследуемого феррита $\Gamma_1 \approx 0,43$ мм/сек по сравнению с линиями спектра чисто кадмиевого феррита $\Gamma_2 \approx 0,35$ мм/сек. Очевидно, группы *B*-спинов с большим значением n будут более устойчивыми к разорцентрирующему тепловому движению и сравнительно долгое время будут иметь определенное направление в пространстве. Поэтому МСТС в первую очередь будет обнаруживаться на ядрах ионов Fe_B^{3+} , имеющих большее число активных обменных связей типа *A* — *B*. Следовательно, с ростом величины внешнего магнитного поля, которое в свою очередь оказывает стабилизирующее действие на флуктуационный процесс спинов, магнитная структура на ядрах будет проявляться последовательно, начиная с большего значения параметра n .

Из экспериментальных результатов также следует, что время релаксации спинов железа в *A*-подрешетке в основном меньше, чем в *B*-подрешетке, хотя для некоторых групп *B*-спинов с меньшим значением параметра n такой вывод может оказаться несправедливым.

Институт физики
Дагестанского филиала АН СССР

Поступила в редакцию
6 августа 1979 г.

Литература

- [1] R.S.Preston, S.S.Hanna, J.Heberle. Phys. Rev., 128, 2207, 1962.
- [2] F.van der Woude, G.A.Sawatzky, A.H.Morrish. Phys. Rev., 167, 533, 1968.
- [3] В.И.Николаев, Ф.И.Попов, В.М.Черепанов. ЖЭТФ, 58, 515, 1970.
- [4] В.И.Николаев, Ф.И.Попов, С.С.Якимов, А.Н.Горяча, Т.Я.Гридасова. Письма в ЖЭТФ, 14, 208, 1971.
- [5] G.A.Pettitt, D.W.Forester. Phys. Rev., B4, 3912, 1971.
- [6] Ш.Ш.Башкиров, Р.А.Исхаков, А.Б.Либерман, В.И.Синявский, Ю.А.Мамалуй, Н.Н.Ефимова. ФТТ, 18, 2565, 1976.
- [7] S.C.Bhargava, P.K.Jyengar. Phys. Stat. Sol. (b), 53, 359, 1972.
- [8] S.C.Bhargava, P.K.Jyengar. J. De physique, 36, C6-669, 1974.

[9] С.А.Полтинников, Э.И.Туркевич. ФТТ, 8, 1434, 1966.

[10] О.А.Баюков, В.П.Иконников, Г.Н.Ильинова, Г.П.Попов. ФТТ, 14, 2358, 1972.

[11] J.M.D.Coeu, G.A.Sawatzky. Phys. Stat. Sol. (b), 44, 673, 1971.
