

ЯМР Fe^{57} В МОНОКРИСТАЛЛАХ ОРТОФЕРРИТА ИТТРИЯ¹⁾

А. В. Залесский

Соединения типа $RFeO_3$, где R — редкоземельные ионы или ионы иттрия, (так называемые ортоферриты) принадлежат к числу ферромагнетиков, в которых, насколько нам известно, еще не обнаружен ЯМР в сверхтонких полях, хотя попытки такого рода и делались (но безуспешно) в работе [1]. В настоящем сообщении приводится краткая информация о первой удачной попытке обнаружения ЯМР Fe^{57} в монокристаллах $YFeO_3$.

Поиск сигнала ЯМР при частотах, соответствующих локальным полям, полученным в [1] из мессбауэровских спектров, велся с помощью сверхрегенератора. Образцами служили кристаллы $YFeO_3$ с естественным содержанием изотопа Fe^{57} , выращенные различными способами: из раствора в расплаве и гидротермальным методом при спонтанной кристаллизации. ЯМР был обнаружен лишь в последних кристаллах, синтезированных О. К. Мельниковым в лаборатории гидротермального синтеза Института кристаллографии АН СССР.

Известно, что слабый ферромагнетизм ортоферритов обусловлен неколлинеарностью двух идентичных антиферромагнитно упорядоченных подрешеток из ионов Fe^{3+} , занимающих в структуре кристаллографически эквивалентные позиции. В соответствии с этим в [1] для каждого из ортоферритов было получено единственное значение локального поля на ядрах Fe^{57} при заданной температуре. Однако поиск сигнала ЯМР в $YFeO_3$ привел к обнаружению двух близко расположенных линий: 75,38 и 75,95 МГц при 77°К (что соответствует для ядер Fe^{57} локальным полям 547,2 и 551,4 кэ), а при 294°К — 67,89 и 68,83 МГц (492,9 и 499,71 кэ). Погрешность в частотах ($\pm 0,01$ МГц) и локальных полях ($\pm 0,07$ кэ) связана главным образом с трудностью определения точного центра линии по сигналу сверхрегенератора. На рис. 1 показаны обнаруженные сигналы ЯМР при различных температурах, а на рис. 2 — температурная зависимость резонансных частот и, соответственно, локального поля H_L . Отрезками показаны мессбауэровские значения H_L , взятые из табличных данных для $YFeO_3$ в [1] с учетом указанной авторами ошибки измерений.

Особенности ЯМР в $YFeO_3$ сводятся к следующему: а — разность частот $\Delta\nu$ медленно возрастает с повышением температуры: от 77°К до комнатной и укладывается в линейную зависимость $\Delta\nu = (0,44 \pm 0,02) + (1,70 \pm 0,15) \cdot 10^{-3} \cdot T$ МГц; б — при повышенных температурах наблюдается заметное уширение низкочастотного сигнала (см. рис. 1, б и в); в — при измельчении кристаллов до порошкообразного состояния (близкого к монокристаллическому) оба сигнала исчезают; г — сигналы ЯМР не наблюдаются в кристаллах, у которых отсутствуют признаки резонансных колебаний доменных границ; д — предварительные измерения на отдельных кристаллах при комнатной температуре показали, что оба сигнала максимальны по интенсивности, когда радиочастотное поле h направлено по оси c ромбического кристалла $YFeO_3$ (т. е. параллельно доменным границам и ферромагнитному моменту σ_s в доменах) и отсутствуют при $h \perp c$.

Поскольку нет оснований связывать причину расщепления частоты ЯМР с магнитной и кристаллографической неэквивалентностью подрешеток, ее следует искать в особенностях ЯМР в доменных границах.

¹⁾ Работа проводилась в рамках контракта 818/RB с Международным агентством по атомной энергии.

Свойства а и б по аналогии с тем, что имеет место для соединений CrX_3 ($X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$) [2], можно было бы объяснить, если более быстро спадающий с температурой низкочастотный сигнал приписать ядрам в доменных границах, а высокочастотный – ядрам в пределах доменов. Интерпретация подобных свойств по Бинтеру [3] на основе анализа спиновых волн в доменах

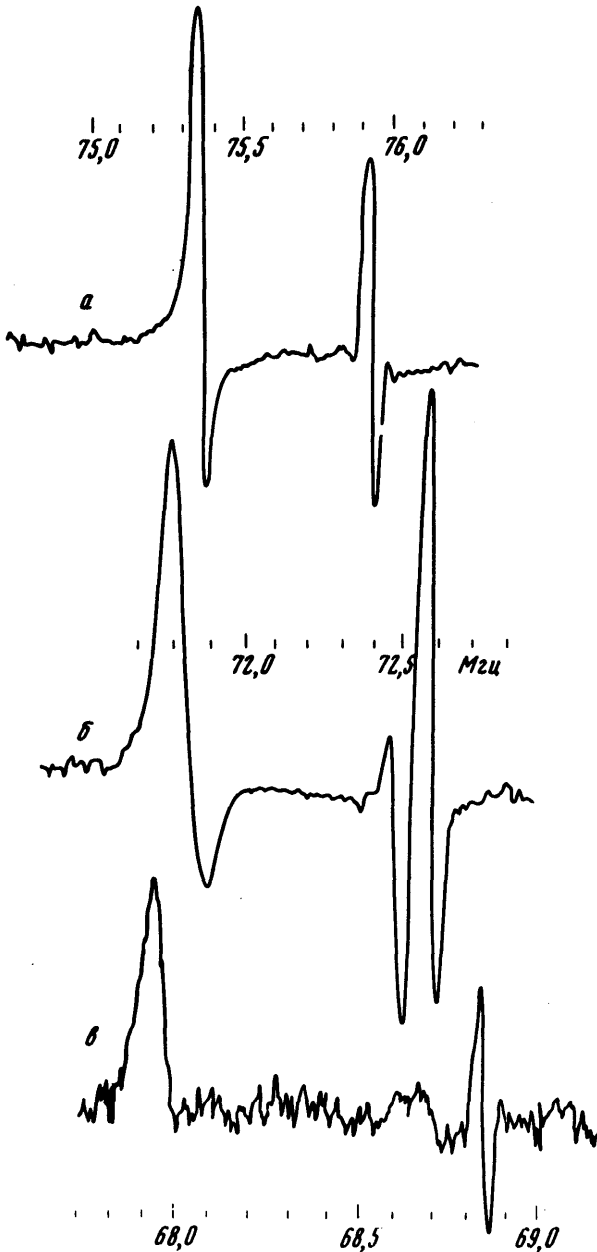
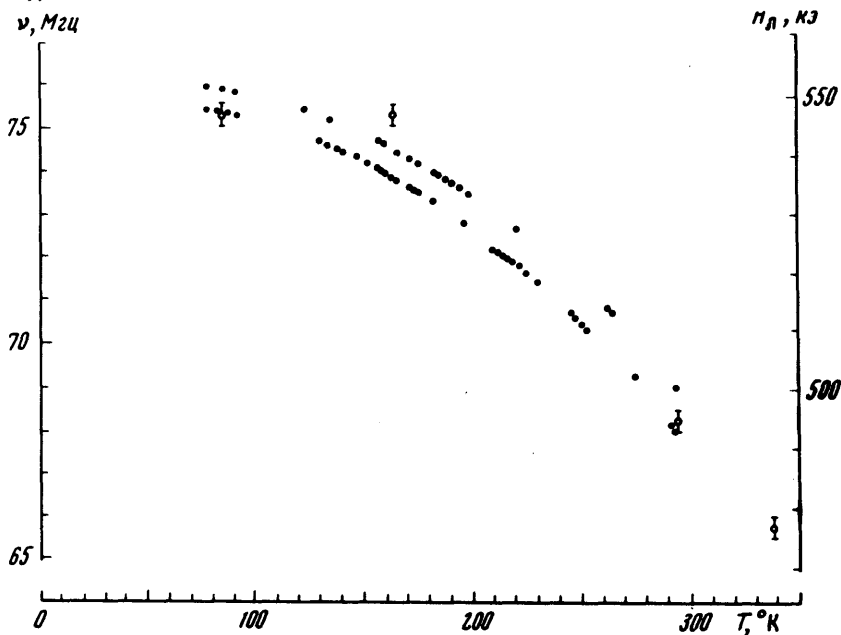


Рис. 1. Сигналы ЭМР, полученные с помощью сверхрегенератора (первая производная, частота гашения 20 кГц) от 10 г беспорядочно ориентированных кристаллов YFeO_3 , средним размером $1 + 3$ мкм: а – 77°К, б – 221°К, в – 294°К. Чувствительность при записи для всех случаев различная

и в границах дана, например, в [4], а также в последующих теоретических работах [5]. Расщепление остающееся при $T \rightarrow 0$, как и в случае хромитов [2], можно пытаться объяснить анизотропией сверхтонкого взаимодействия и дипольного поля. Оба эффекта в данном случае допустимы, так как ядра Fe^{57} в

структуре YFeO_3 имеют некубическое окружение. Несколько обескураживает тот факт, что мессбауэровские данные $H_{\text{л}}$, которые, естественно, относятся к ядрам образца, хорошо согласуются — за исключением явного выброса (или опечатки в статье [1]) для $H_{\text{л}}$ при 164°K — с температурным ходом низкочастотного сигнала.

С другой стороны: особенности в — д явно свидетельствуют о том, что оба сигнала обусловлены колебаниями доменных границ. Если предположить, что один из сигналов связан с обычным механизмом усиления за счет вращения $\sigma_{\text{в}}$ в доменах, то трудно понять сравнимую интенсивность обоих сигналов (а при 77°K почти идентичность по форме), а также отсутствие высокочастотного сигнала при $h \perp c$. Чтобы вызвать вращение $\sigma_{\text{в}}$ в YFeO_3 необходимо преодолеть эффективное поле анизотропии $H_{\text{А}}$ порядка 10^5 э. Такая величина $H_{\text{А}}$ указывает на ничтожность усиления в доменах (так как оно пропорционально $H_{\text{л}} \cdot H_{\text{А}}^{-1}$).



Фиг. 2. Температурная зависимость резонансных частот ν и локального поля $H_{\text{л}}$ для YFeO_3 . Крестиками с отрезками показаны значения $H_{\text{л}}$ по данным [1]

Рассматривая особенности ЯМР в YFeO_3 в их совокупности можно предположить, что полученные результаты являются первым экспериментальным подтверждением теоретически предсказанной в [5] возможности появления резонанса ядер на частоте, соответствующей ЯМР в доменах, но наблюдающегося на ядрах в доменных границах наряду с обычным "внутриграницным" резонансным сигналом. В этом случае рассмотренная выше противоречивость результатов устраняется.

Дальнейшие сведения о природе ЯМР Fe^{57} в YFeO_3 можно получить из проводимых в настоящее время исследований кристаллов при их различной ориентации по отношению к h и внешнему постоянному полю.

Литература

- [1] M.E.Fibschütz, S.Shtrikman, D.Treves. Phys. Rev., 156, 562, 1967.
 - [2] A.C.Gossard, V.Jaccarino, J.P.Remeika. J.Appl. Phys., Suppl., 33, 1187, 1962; A.Narath. Phys. Rev., 140, A854, 1965.
 - [3] I.M.Winter. Phys. Rev., 124, 452, 1961.
 - [4] Е.А.Туров, М.И.Петров. Ядерный магнитный резонанс в ферро- и антиферромагнетиках. М., Изд. Наука, 1969.
 - [5] Е.А.Туров, А.И.Танкеев, М.И.Куркин. ФММ, 28, 385, 1969; 29, 748, 1970.
-