

ФОТОИНДУЦИРОВАННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ЯМР ^{57}Fe В $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$

С.В.Серегин, Р.А.Дорошенко, В.А.Тимофеева,
Р.С.Фахретдинова

Обнаружено изменение спектра ЯМР в $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ при воздействии света. Это явление объясняется полным подавлением сигналов доменных границ (ДГ) и улучшением условий регистрации ЯМР поглощения в объеме доменов.

В работе приводятся результаты первых исследований влияния света на ЯМР поглощение в иттриевом феррогранате. Использовалась непрерывная методика наблюдения ЯМР. Регистрация сигналов поглощения производилась путем записи первой производной изменений уровня колебаний автодинного датчика—детектора при модуляции частоты и частотной развертке.

Фотоиндуцированные изменения изучались в монокристаллических образцах $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ с естественной концентрацией изотопа ^{57}Fe , выращенных в условиях спонтанной кристаллизации из растворителя $\text{BaO}-\text{B}_2\text{O}_3$ без специальных легирующих добавок. Измерения проведены при температуре жидкого азота в нулевом внешнем поле, освещение образца производилось лампой КГМ 9-70.

Приводятся данные, полученные на одиночном необработанном кристалле с максимальными линейными размерами $4 \times 6 \times 11$ мм. при ориентации радиочастотного магнитного поля совпадающей с одной из осей легкого намагничивания.

В соответствии с ферромагнитной структурой $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ наблюдаются две группы сигналов ЯМР, соответствующие поглощению ядрами ионов d - и a -подрешеток. Вид спектров поглощения приведен на рис. 1. Там же пунктиром указано положение отдельных сигналов спектра. Освещение вызывает сильное неоднородное по спектру изменение амплитуд сигналов. В d -подрешетке наблюдается уменьшение амплитуд сигналов A , B , C и после двадцатиминутной засветки остается сигнал D , не наблюдаемый в исходном спектре. В a -подрешетке происходит уменьшение сигнала F и возрастание сигнала E . Амплитуда приведенного на рисунке слабого сигнала на частоте $74,4$ МГц (сигнал G) изменяется незначительно. Изменения амплитуд сигналов происходят с сохранением резонансных частот.

Особенностью спектров в исходном и частично засвеченном состояниях является большое различие формы линии сигналов ЯМР. Наряду с обычными для ЯМР в магнетиках сигналами, вид которых определяется наложением кривых поглощения и дисперсии, наблюдаются два сигнала, имеющие вид инвертированных сигналов поглощения (сигналы C и F).

Для объяснения полученных результатов рассмотрим влияние анизотропии локального магнитного поля на структуру спектра ЯМР ДГ. В элементарной ячейке иттриевого феррограната имеется три типа d -ионов, отличающихся направлением осей анизотропии локального магнитного поля (направления $\langle 100 \rangle$), и четыре типа a -ионов, локальные оси анизотропии которых направлены вдоль направлений $\langle 111 \rangle$. Для каждого типа ионов зависимость частоты ЯМР от направления намагниченности может быть представлена в виде ¹:

$$f(\alpha) = f(\perp) - [f(\perp) - f(\parallel)] \cos^2 \alpha,$$

где α — угол между направлением намагниченности и соответствующей осью анизотропии, $f(\perp)$ и $f(\parallel)$ значения при $\alpha = 0$ и $\pi/2$ соответственно. Величина $f(\perp) - f(\parallel)$ составляет 130 кГц для d - и 1125 кГц для a -подрешетки ¹. При изменении направления намагниченности в доменной границе имеют место соответствующие зависимости частот ЯМР

от координаты y вдоль нормали к плоскости ДГ $-f(y)$ для каждого типа ионов. Согласно ², в стационарных спектрах ЯМР ДГ наблюдаются пики поглощения, которые можно рассматривать как сигналы ЯМР ДГ с резонансными частотами, определяемыми условием максимума спектральной плотности ядерных спинов $(df(y)/dy)^{-1}$. Для иттриевого феррограната, как зависимости $f(y)$, так и частоты сигналов ЯМР ДГ зависят от ориентации плоскости ДГ в кристалле. На рис. 2 приведены значения частот сигналов ЯМР ДГ для трех типов блоховских ДГ, характерных для массивных образцов $Y_3Fe_5O_{12}$ ³. Стрелками указано положение сигналов ЯМР в доменах. Сравнение с экспериментальными данными показывает, что наблюдаются только такие сигналы $A_1, B_3, C_1, C_2, C_3, F_1, F_2, F_3$, для которых мало или полностью отсутствует дополнительное неоднородное уширение, вызванное разбросом углов наклона плоскостей ДГ. Индексы 1, 2, 3 обозначают соответственно $180^\circ, 109^\circ$ и 71° ДГ. Таким образом, сигнал A может возникать только за счет 180° -градусных ДГ, сигнал B — 71° -градусных, а сигналы C и F за счет всех трех типов рассмотренных ДГ. Остающиеся после засветки сигналы D_0, E_0, G_0 обусловлены поглощением в объеме доменов. Незначительное изменение сигнала G связано с тем обстоятельством, что на этой частоте наблюдаются два сигнала: уменьшающийся при освещении сигнал 180° -градусных ДГ G_1 и от доменов G_0 .

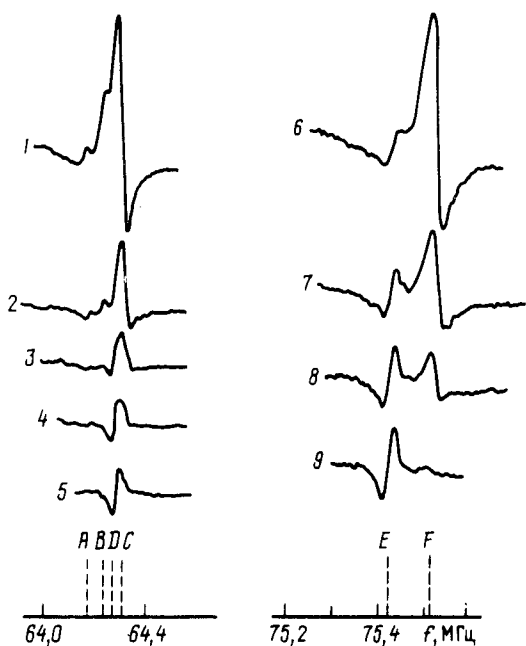


Рис. 1

Рис. 1. Первая производная основных сигналов ЯМР поглощения при различных временах воздействия света τ (мин): 1 и 6 — 0, 2 — 1,0, 3 — 3,0, 4 — 6,0, 5 — 16,0, 7 — 1,5, 8 — 4,5, 9 — 17,0

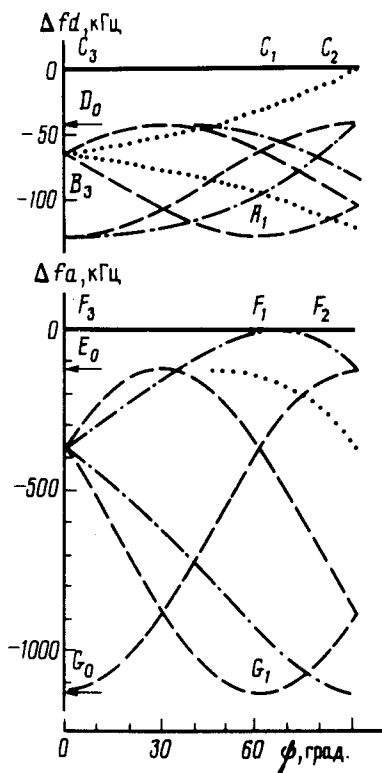


Рис. 2

Рис. 2. Рассчитанные зависимости частот от угла ψ между плоскостью ДГ и плоскостью (110) для 180° -градусных (---), 109° -градусных (- · - ·), 71° -градусных (····), всех трех типов рассмотренных границ (—). Частоты приведены относительно значений $f(\perp)$

Форма сигналов ЯМР ДГ и их амплитуда связаны с особенностями динамики ДГ на частотах ЯМР. При наличии поглощения в электронной системе вид сигнала определяется наложением кривых поглощения и дисперсии в соотношении, определяемом величиной угла фазового сдвига между возбуждающим магнитным полем и поперечной составляющей локального магнитного поля ². В частности, инверсия сигналов ЯМР ДГ возникает при совмещении частоты ЯМР с частотой резонанса ДГ ⁴. Наблюдаемое многообразие формы сигналов для различных типов ДГ связано с различием их динамических характеристик. Инверсная форма линии сигналов *C* и *F* определяется резонансным характером поглощения в электронной системе. Как известно, спектр элементарных возбуждений ДГ $Y_3Fe_5O_{12}$ включает в себя, наряду с однородным резонансом смещения, большое число неоднородных резонансных мод колебаний, распределенных в широком частотном интервале ⁵. Большая ширина спектра резонансного поглощения ДГ может определить одинаковую форму сигналов *C* и *F*, незначительное ее изменение при фотоиндуцированном уменьшении амплитуды сигналов. Фотоиндуцированное изменение сигналов ЯМР ДГ объясняется, таким образом, уменьшением при воздействии света амплитуды колебаний ДГ, в том числе и резонансных, до их полного подавления. Основной причиной возрастания амплитуды сигналов ЯМР в доменах является увеличение добротности колебательного контура при фотоиндуцированном уменьшении радиочастотного поглощения доменными границами.

Литература

1. *Streever P.L., Caplan P.J.* Phys. Rev., 1971, **4**, 2881.
2. *Иванов С.В., Куркин М.И.* Динамические и кинетические свойства магнетиков, М.: Наука, 1986, 197.
3. *Власко-Власов В.К. и др.* ЖЭТФ, 1976, **71**, 2292.
4. *Шамсутдинов М.А. и др.* ФТТ, 1987, **29**, 1589.
5. *Дедух Л.М. и др.* ЖЭТФ, 1988, **94**, 312.