

ПОВЕДЕНИЕ ЧАСТОТ АНТИФЕРРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА В $YFeO_3$ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

А.М. Балбашов, Т.С. Мандельштам, С.И. Никитин, А.С. Прохоров

УДК 538.69

Исследовано поведение двух мод антиферромагнитного резонанса в $YFeO_3$ в магнитном поле до 12 кЭ. Показано, что основной вклад в слабый ферромагнетизм в $YFeO_3$ вносит антисимметричный обмен.

Ортоферрит иттрия является орторомбическим неколлинеарным антиферромагнетиком ($T_N = 625$ К, слабоферромагнитный момент \vec{M} ориентирован вдоль с-оси). Ранее в $YFeO_3$ были исследованы температурные зависимости квазиферромагнитной (1) и квазиантиферромагнитной (2) мод антиферромагнитного резонанса (АФМР) в нулевом магнитном поле [1]. В настоящей работе сообщается об исследовании двух указанных мод АФМР в $YFeO_3$ в магнитном поле $H \leq 12$ кЭ при комнатной температуре.

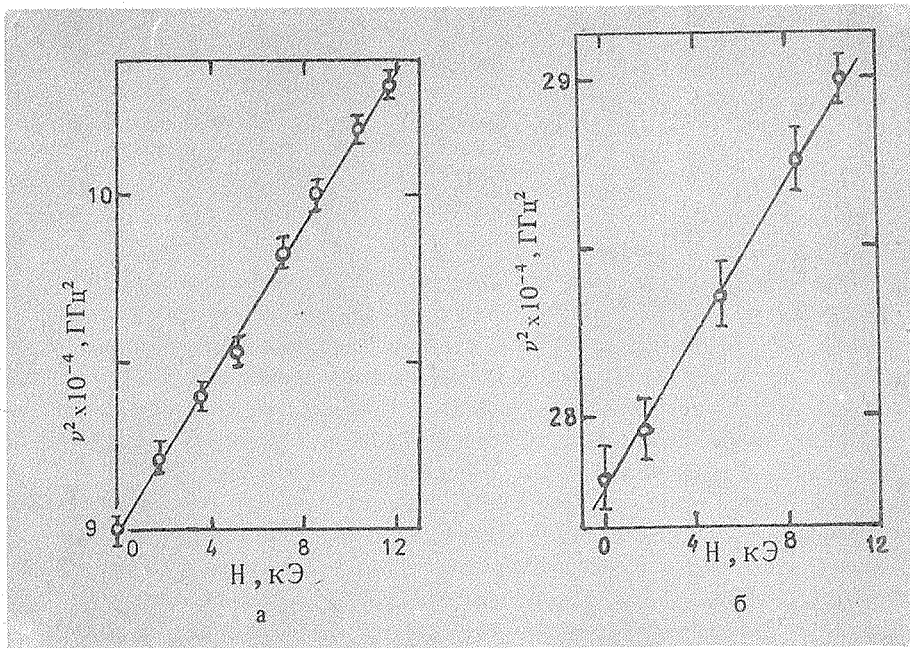
Исследовался монокристалл $YFeO_3$, выращенный методом бестигельной зонной плавки с радиационным нагревом [2]. Образец имел форму плоскопараллельного диска (а-срез) толщиной ~ 1 мм и диаметром ~ 10 мм. Намагниченность образца была в плоскости диска. При комнатной температуре измерялись частотные зависимости энергетического коэффициента пропускания $T(\nu)$ образца в области частот АФМР при различных значениях магнитного поля. Измерения проводились на субмиллиметровом ЛОВ-спектрометре в диапазоне частот $\nu = 10 - 20$ см $^{-1}$ с разрешением 0,001 см $^{-1}$ в режиме автоматической развертки по частоте при $H = \text{const}$ [3,4]. Записи спектров пропускания $T(\nu)$ производились при нормальном падении плоской линейно поляризованной волны на плоскость образца для двух взаимно перпендикулярных направлений поляризации $\vec{h} \perp \vec{M}$, $\vec{h} \parallel \vec{M}$ (\vec{h} — высокочастотное магнитное поле). При $\vec{h} \perp \vec{M}$ возбуждается только мода 1, а при $\vec{h} \parallel \vec{M}$ — мода 2 [1].

На рис. 1 представлены зависимости частот обеих мод АФМР в $YFeO_3$ от внешнего магнитного поля H , направленного вдоль с-оси. Видно, что квадраты частот АФМР в пределах точности измерений линейно растут с увели-

чением поля с одинаковым наклоном:

$$\nu_{1,2}^2(H) = \nu_{1,2}^2(0) + \Gamma^2 H_{\text{eff}} H, \quad (1)$$

где ν – в ГГц; H – в кЭ; $\Gamma = 2,8$ ГГц/кЭ; $H_{\text{eff}} = 145 \pm 10$ кЭ; $\nu_1(0) = 300 \pm 1$ ГГц; $\nu_2(0) = 527 \pm 1$ ГГц.



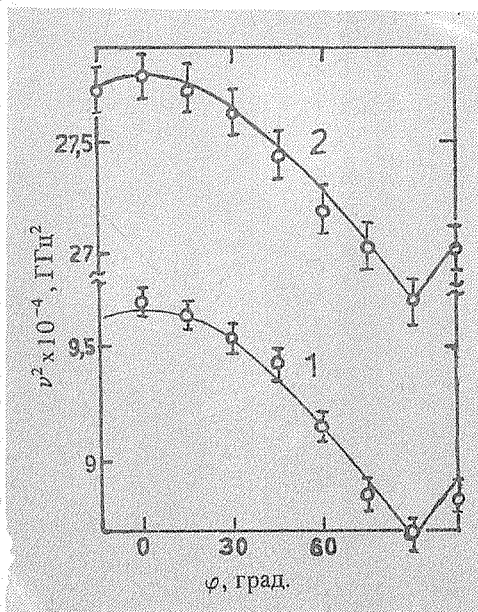
Р и с. 1. Зависимость квадрата частоты низкочастотной (квазиферромагнитной) (а) и высокочастотной (квазиантиферромагнитной) (б) мод АФМР в YFeO_3 от магнитного поля ($\vec{H} \parallel \vec{c}$) при $T = 300$ К.

Теория АФМР, основанная на двухподрешеточной модели, дает для YFeO_3 следующие формулы, описывающие зависимости частот мод 1 и 2 от магнитного поля с точностью до линейных по H членов [5]:

$$\begin{aligned} (\nu_1/\Gamma)^2 &= 2H_{\text{ac}}H_E + 4H_{\text{D}2}(H_{\text{D}2} + H_{\text{D}1}) + (5H_{\text{D}2} + H_{\text{D}1})H\cos\varphi, \\ (\nu_2/\Gamma)^2 &= 2H_{\text{ab}}H_E + (H_{\text{D}1} + H_{\text{D}2})^2 + (H_{\text{D}1} + H_{\text{D}2})H\cos\varphi, \end{aligned} \quad (2)$$

где Γ – гиромагнитное отношение; H_E – эффективное поле обмена; H_{ac} и H_{ab} – эффективные поля анизотропии соответственно в ас- и аб-плоскостях; H_{D1} и H_{D2} – эффективные поля взаимодействия Дзялошинского, возникающие соответственно из-за антисимметричного обмена и одноионной анизотропии; φ – угол между \vec{H} и с-осью в bc-плоскости.

Сравнивая теоретические формулы (2) при $\varphi = 0$ с экспериментальными зависимостями (1), получим значения четырех эффективных полей: H_{D1} , H_{D2} , H_{ac} , H_{ab} . Из наклонов прямых $\nu_1^2(H)$ и $\nu_2^2(H)$ в формулах (1) и (2) определяем $H_{D1} = 145 \pm 10$ кЭ, $H_{D2} = 0 \pm 2$ кЭ, откуда следует, что неколлинеарность магнитных подрешеток обусловлена полем H_{D1} (антисимметричным обменом). Это согласуется с результатами расчетов и статических измерений /6/. Эффективные поля анизотропии H_{ab} и H_{ac} находим, сравнивая $\nu_{1,2}^2(0)$ в выражениях (1) и (2): $H_{ac} = 865 \pm 5$ Э, $H_{ab} = 900 \pm 120$ Э ($2H_E = 12800$ кЭ /6/).



Р и с. 2. Зависимости квадратов частот квазиферромагнитной (1) и квазиантиферромагнитной (2) мод АФМР в $YFeO_3$ от угла между \vec{H} ($\vec{H} \perp \vec{a}$) и с-осью при $H = 8,5$ кЭ.

На рис. 2 представлены зависимости частот АФМР от угла между \vec{H} и с-осью при фиксированной величине $H = 8,5$ кЭ. Точки на графике – результаты наших измерений, а сплошные кривые проведены по формулам (2) с

учетом полученных выше значений H_{D1} , H_{D2} , H_{ac} и H_{ab} . Видно, что рассчитанные зависимости $\nu_{1,2}^2(\varphi)$ в пределах точности измерений согласуются с опытом.

Таким образом, в настоящей работе впервые исследовано поведение в магнитном поле одновременно двух мод АФМР в $YFeO_3$, на основании чего вычислены значения четырех эффективных полей при $T = 300$ К и показано, что основной вклад в слабый ферромагнетизм в $YFeO_3$ дает антисимметричный обмен.

Поступила в редакцию 2 ноября 1984 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков А. А. и др. Письма в ЖЭТФ, 39, 140 (1984).
2. Балбашов А. М. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 35, 1243 (1971).
3. Виноградов Е. А. и др. ПТЭ, № 5, 192 (1967).
4. Волков А. А. и др. ПТЭ, № 2, 236 (1984).
5. Гуров Е. А. Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов. Изд. АН СССР, М., 1963.
6. Белов К. П. и др. Ориентационные переходы в редкоземельных магнетиках. М., Наука, 1979.