

АНТИФЕРРОМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В $DyFeO_3$ ПРИ СПИНОВОЙ ПЕРЕОРИЕНТАЦИИ В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

А.М. Балбашов, А.Г. Березин, П.Ю. Марчуков, И.В. Николаев, Е.Г. Рудашевский, А.Ю. Соболев

Исследован спектр АФМР ортоферрита диспрозия в магнитных полях до 130 кЭ и диапазоне частот 75 – 375 ГГц при комнатной температуре в случае магнитного поля, параллельного оси a кристалла. Определены значения энергетических щелей, поля перехода и отношение параллельной и перпендикулярной восприимчивостей.

Ортоферрит диспрозия $DyFeO_3$ (пространственная группа D_{2h}^{16}) при температуре $T > 40$ К является антиферромагнетиком со слабым ферромагнетизмом ($T_N = 643$ К) с магнитным моментом, направленным по оси c кристалла /1/. Исследования магнитных свойств этого соединения проводились в основном статическими методами. Измерялись намагниченность в зависимости от магнитного поля и температуры /2/, магнитострикция и теплоемкость при низких температурах /3, 4/. В работе /5/ из измерений зависимости крутящего момента от магнитного поля получено поле перехода H_{II} (оно соответствует завершению спиновой переориентации из фазы $G_x F_z$ в фазу $G_z F_x$ при поле H параллельном оси a /1/), однако точность определения этой величины составляла около 1%.

Высокочастотные свойства $DyFeO_3$ в отсутствие магнитного поля и широком интервале температур исследовались в /6/. Таким образом, до настоящего момента не проводились исследования спектров антиферромагнитного резонанса (АФМР) в магнитных полях в широком диапазоне частот.

Целью данной работы является изучение спектра АФМР в магнитных полях до 130 кЭ и диапазоне частот 75 – 375 ГГц при комнатной температуре в случае $\vec{H} \parallel \vec{a}$.

Эксперименты проводились на спектрометре прямого усиления, в котором генераторами излучения служили лампы обратной волны. Методика измерений аналогична описанной в /7/. Монокристалл $DyFeO_3$ был выращен методом бестигельной зонной плавки с радиационным нагревом /8/ и представлял собой пластинку $6 \times 3 \times 0,4$ мм³, ориентированную перпендикулярно оси \vec{a} кристалла. Прецизионная установка образца в магнитном поле осуществлялась следующим образом: на заданной частоте по максимальному расхождению резонансных линий АФМР при $H < H_{II}$ и $H > H_{II}$ достигалась наилучшая ориентация, затем на уменьшенной частоте процедура повторялась, и так далее вплоть до частот, на которых еще заметно расщепление линий. Точность ориентации поля в направлении оси \vec{a} в плоскости $\vec{a}\vec{c}$ составляла 10 угловых минут. На рис. 1 приведен пример записи линии на частотах 246 и 220 ГГц. Результаты измерений приведены на рис. 2. Величина энергетической щели ν_0 , полученная экстраполяцией зависимости $\nu(H)$ из области больших полей к полю спин-переориентационного перехода H_{II} , оказалась равной 136 ± 3 ГГц. Экстраполяция проводилась по методу наименьших квадратов по формуле:

$$\nu^2 = (\gamma/2\pi)^2 (H^2 + HH_D - \Delta_a),$$

где H_D – поле Дзялошинского; γ – гиромагнитное отношение $ge/2mc$; Δ_a – величина энергетической щели, соответствующая нулевому магнитному полю при переориентированном векторе антиферромагнетизма \vec{L} (фаза $G_z F_x$), равная 345 ± 10 ГГц.

Используя полученные данные и результаты работы /6/ для величины энергетической щели Δ_c в отсутствие магнитного поля при комнатной температуре, можно определить величину второй константы анизотропии $K_{ac}^{(2)} \sim \Delta_a - \Delta_c$, знак которой определяет вид фазовой диаграммы ортоферритов при переориентации в плоскости $\vec{a}\vec{c}$.

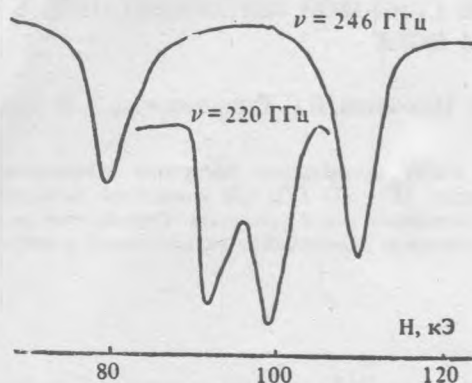


Рис. 1. Пример записи линий поглощения.

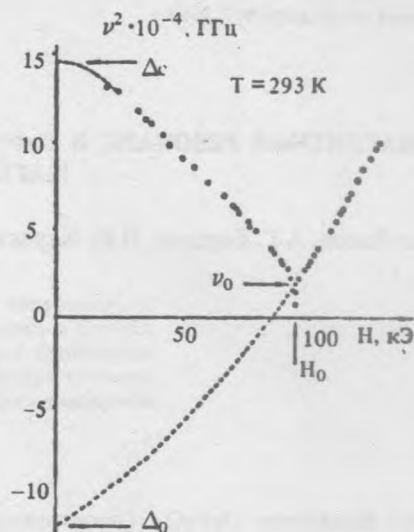


Рис. 2. Спектр квазиферромагнитной моды АФМР.

Таким образом, в DyFeO_3 так же, как и в YFeO_3 [7] в точке фазового перехода второго рода, каким является спин-переориентационный переход, индуцированный магнитным полем, в спектре "мягкой" моды АФМР обнаружена значительная энергетическая щель.

Отметим, что в экспериментах не наблюдались какие-либо гистерезисные явления, как это и бывает при фазовых переходах второго рода.

Величина энергетической щели ν_0 определяется соотношением $\nu_0^2 = (\gamma/2\pi)^2 \chi_{\parallel}/\chi_{\perp} H_{\Pi}^2 / 7$. Поле перехода H_{Π} с высокой точностью удалось определить по наблюдавшимся вплоть до $\nu = 75$ ГГц "хвостам" линий АФМР: получено значение $H_{\Pi} = 95 \pm 1$ кЭ. Зная H_{Π} и ν_0 , можно определить отношение $\chi_{\parallel}/\chi_{\perp} = 0,26 \pm 0,02$ при $T = 293$ К.

Авторы выражают глубокую признательность академику А.М. Прохорову за постоянное внимание к работе и обсуждение результатов, а также В.Г. Веселаго и Л.Г. Максимова за содействие при проведении экспериментов на установке "Соленоид".

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов К. П. и др. Ориентационные фазовые переходы в редкоземельных магнетиках. М., Наука, 1979.
2. Gorodetsky S., Sharon E., Shtrikman V. J. Appl. Phys., **39**, № 2, 1371 (1968).
3. Белов К. П. и др. ЖЭТФ, **67**, в. 5 (11), 1974 (1974).
4. Verton A., Charon V. J. Appl. Phys., **39**, № 2, 1367 (1968).
5. Кадомцева А. М., Милов В. Н., Семенов В. А. Всесоюзная конференция по физике магнитных явлений. Донецк, 1985, секция "Магнитные взаимодействия и структуры", с. 181.
6. Балбашов А. М. и др. ЖЭТФ, **38**, в. 3, 974 (1985).
7. Балбашов А. М. и др. Письма в ЖЭТФ, **41**, в. 9, 391 (1985).
8. Балбашов А. М. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., **35**, 1243 (1971).

Поступила в редакцию 5 марта 1986 г.