

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУККОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

537.611.44(048)

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ
И АСТРОНОМИИ АКАДЕМИИ НАУК СССР
(29 мая 1991 г.)**

29 мая 1991 г. в Институте физических проблем им. П.Л. Капицы АН СССР состоялась научная сессия Отделения общей физики и астрономии АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

1. С.Л. Бразовский. Проводящий (и сверхпроводящий?) углерод.

2. Г.В. Козлов, А.А. Мухин, А.Ю. Пронин, А.С. Прохоров. Спин-переориентационные переходы и динамические свойства редкоземельных слабых ферромагнетиков.

Далее публикуется краткое содержание одного доклада.

537.611.44(048)

Г.В. Козлов, А.А. Мухин, А.Ю. Пронин, А.С. Прохоров. Спин-переориентационные переходы и динамические свойства редкоземельных слабых ферромагнетиков. Экспериментально и теоретически исследованы высокочастотные свойства редкоземельных ортоферритов ($RFeO_3$) в субмиллиметровом диапазоне волн, выяснены основные типы динамического поведения сильно взаимодействующих парамагнитной (R) и антиферромагнитной (Fe) подсистем.

На субмиллиметровом ЛОВ спектрометре "Эпсилон" [1] проведены измерения спектров пропускания $RFeO_3$ ($R = Ho, Er, Yb, Dy, Gd$) в диапазоне частот $\nu = 100 - 1000$ ГГц при $T = 4,2 - 300$ К. Получены температурные зависимости резонансных частот, ширин линий и вкладов в статическую магнитную проницаемость мод АФМР Fe-подсистемы и R-мод, обусловленных электронными переходами в редкоземельном ионе (РЗИ). Обнаружены эффекты сильного взаимодействия АФМР и R-мод, которые наиболее ярко проявляются в области спин-переориентационных (СП) фазовых переходов (ФП) и обуславливают качественно различное поведение мод АФМР ($HoFeO_3, ErFeO_3, YbFeO_3$) [2].

В $TmFeO_3$ наряду с R-модами, определяемыми магнитодипольными электронными переходами в Tm^{3+} , обнаружены R-моды, связанные с электродипольными переходами, которые дают заметный вклад (~30%) в диэлектрическую проницаемость кристаллов ϵ_{zz} с понижением температуры [2, 3].

Развита теория, позволяющая с единых позиций описать наблюдаемое

многообразии динамических свойств ортоферритов с различными типами редкоземельных ионов (РЗИ). В основе ее лежит описание линейной динамики R-подсистемы с помощью обобщенных динамических восприимчивостей по отношению к переменным внешнему полю и анизотропному обменному полю Fe-подсистемы. Динамические восприимчивости определяются спектром и волновыми функциями РЗИ в кристаллическом и обменном полях.

Для описания Fe-подсистемы используются уравнения типа Ландау-Лифшица, в которых учитываются обменные поля от R-подсистемы. В рамках используемого подхода удалось согласованным образом количественно описать как статические свойства (например, наличие самих ориентационных переходов), так и динамические свойства исследуемых ортоферритов (поведение частот связанных колебаний Fe- и R-подсистем, вкладов мод в статическую магнитную проницаемость). Показано, что поведение мод АФМР сильно зависит от спектра РЗИ в кристаллическом поле, симметрии основного состояния РЗИ и особенностей его взаимодействия с Fe-подсистемой.

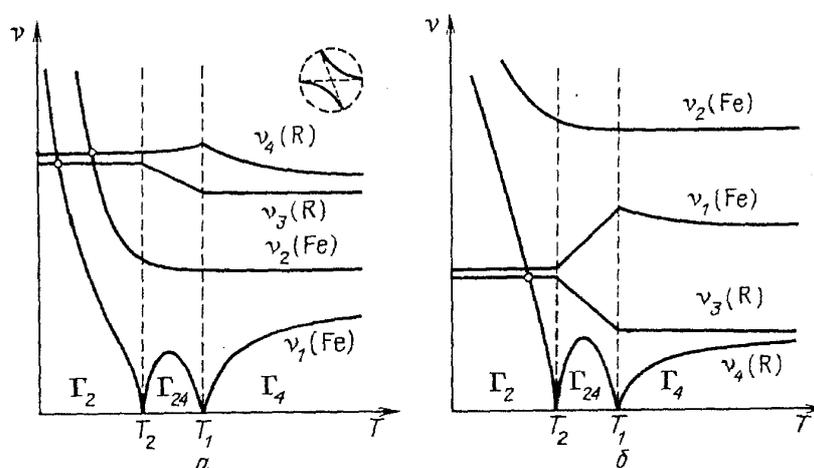


Рис. 1. Зависимости от температуры резонансных частот в $RFeO_3$ при спиновой переориентации $\Gamma_4 \rightarrow \Gamma_{24} \rightarrow \Gamma_2$. *a* — $\Delta_R > h\nu(Fe) = h\gamma(2H_E H_A(Fe))^{1/2}$; *б* — $\Delta_R < h\nu(Fe)$

На рис. 1 в качестве примера приведены температурные зависимости частот, связанных колебаний Fe- и R-подсистем, в случае когда R-подсистема описывается в двухуровневом приближении (квазидублет) и с понижением температуры в системе реализуется спиновая переориентация слабоферромагнитного момента от c -оси (Γ_4) к a -оси (Γ_2), механизм которой обусловлен анизотропией обменного расщепления основного квазидублета РЗИ, т.е. его увеличением при переходе в фазу Γ_2 . В этом случае в системе имеются 4 магнитоактивных моды: 2 моды АФМР и 2 R-моды, соответствующие двум неэквивалентным позициям РЗИ.

В зависимости от соотношения характерных частот АФМР- и R-мод характер поведения мод связанных колебаний существенно различается. В случае когда расщепление квазидублета велико ($\Delta_R > h\nu(Fe) = h\gamma(2H_E H_A(Fe))^{1/2}$), мы имеем обычное поведение квазиферромагнитной моды АФМР (ν_1) — ее смягчение в точках ФП (рис. 1, *a*). В противоположном случае, когда расщепление квазидублета мало, картина более сложная (рис. 1, *б*). На высокотемпературном конце спиновой переориентации (T_1) никакого смягчения частоты АФМР ν_1 не происходит, а смягчается соответствующая

R-мода ν_4 . При этом на втором конце переориентации (T_2) происходит смягчение частоты моды АФМР [2].

Обе рассмотренные ситуации наиболее отчетливо реализуются в $TmFeO_3$ и $YbFeO_3$. В $TmFeO_3$, где расщепления уровней Tm^{3+} в кристаллическом поле и соответствующие им частоты R-мод сравнительно велики ($\geq 17 \text{ см}^{-1}$), происходит смягчение квазиферромагнитной моды АФМР (ν_1) на обеих границах спиновой переориентации $\Gamma_4 \rightarrow \Gamma_{24} \rightarrow \Gamma_2$, сопровождающиеся расходимостью соответствующих вкладов этой моды в магнитную проницаемость ($\Delta\mu_x, \Delta\mu_z$). А в $YbFeO_3$ при той же самой спиновой переориентации вместо АФМР моды (ν_1) смягчается R-мода (ν_4), связанная с переходами внутри основного дублета Yb^{3+} .

Более сложная картина поведения мод имеет место при ФП в $ErFeO_3$ и $HoFeO_3$. Показано, что в $ErFeO_3$ наблюдаемое смягчение моды АФМР ν_1 при ФП $\Gamma_4 \rightarrow \Gamma_{24} \rightarrow \Gamma_2$ определяется ее сильным взаимодействием с возбужденными состояниями Er^{3+} в кристаллическом поле, а взаимодействие с низколежащей R-модой, обусловленной расщеплением основного дублета Er^{3+} , определяет наличие щелей в точках ФП. В $HoFeO_3$, где спиновая переориентация носит сложный характер ($\Gamma_4 \rightarrow \Gamma_{24} \rightarrow \Gamma_{12} \rightarrow \Gamma_2$), происходит смягчение обеих мод АФМР, причем, для одной из них (ν_1) характерно сильное взаимодействие с низколежащей R-модой, а для другой (ν_2) — с вышележащими возбужденными состояниями иона Ho^{3+} (рис. 2) [4].

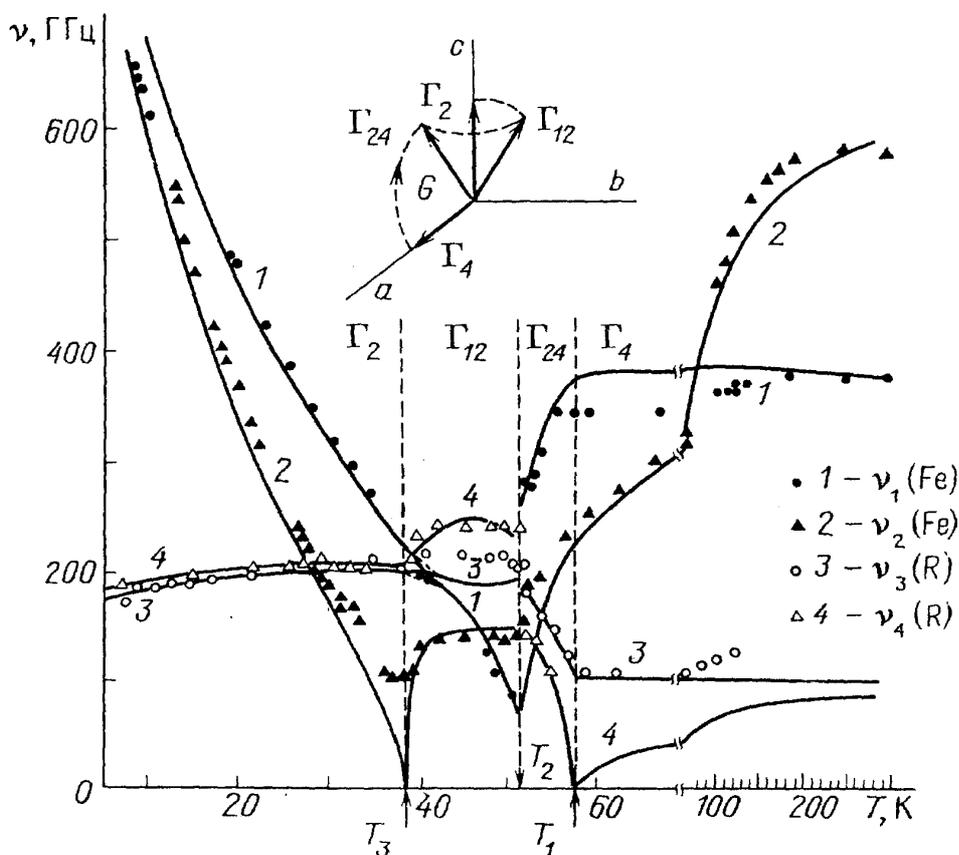


Рис. 2. Зависимости от температуры резонансных частот в $HoFeO_3$ при спиновой переориентации. Знаки — эксперимент, сплошные линии — теория

С учетом указанных эффектов проведены численные расчеты резонансных частот ортоферритов, определены основные параметры их магнитных взаимодействий (константы анизотропии, параметры R-Fe обмена и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков А.А., Гончаров Ю.Г., Козлов Г.В., Лебедев С.М., Мальцев В.И.//ПТЭ. 1984. № 2. С. 236.
2. Мухин А.А., Прохоров А.С.//Труды ИОФАН. 1990. Т. 25, С. 162.
3. Козлов Г.В., Мухин А.А., Пронин А.Ю., Прохоров А.С., Железный В., Петцельт Я.//Письма ЖЭТФ. 1990. Т. 52. С. 890.
4. Балбашов А.М., Козлов Г.В., Лебедев С.П., Мухин А.А., Пронин А.Ю., Прохоров А.С.//ЖЭТФ. 1989. Т. 95. С. 1092.