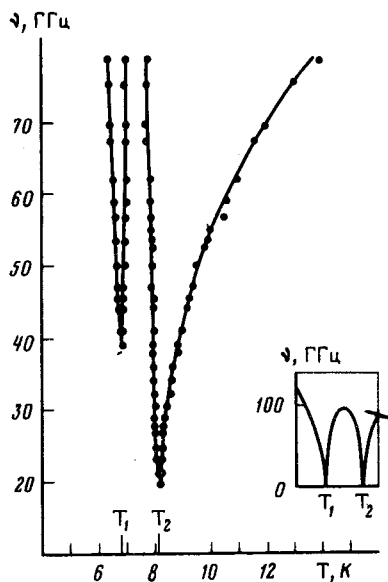


## ОБНАРУЖЕНИЕ МЯГКОЙ МОДЫ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЩЕЛЕЙ ПРИ СПОНТАННОЙ ПЕРЕОРИЕНТАЦИИ В $\text{YbFeO}_3$

*Н.К.Даньшин, Г.Г.Крамарчук, М.А.Сдвижков*

Впервые обнаружена и идентифицирована мягкая мода при спонтанной спиновой переориентации в ортоферрите иттербия. Измерены значения энергетических щелей на границах переориентации.

Редкоземельные ортоферриты являются кристаллами с двумя магнитными подсистемами, что делает актуальным вопрос о природе мягкой моды магнитного резонанса (МР) при спиновых переориентациях (СП), наблюдающихся в ортоферритах <sup>1</sup>. В исследованных к настоящему времени ортоферритах  $\text{ErFeO}_3$ ,  $\text{SmFeO}_3$  <sup>2</sup>,  $\text{TmFeO}_3$  <sup>3</sup>, и  $\text{HoFeO}_3$  <sup>4</sup> мягкой модой при СП  $\Gamma_2 - \Gamma_4$  является  $\sigma$ -мода антиферромагнитного резонанса (АФМР), связанная с колебаниями спинов  $\text{Fe}^{3+}$ . Это является следствием того, что в указанных ортоферритах роль РЗ ионов сводится к перенормировке констант анизотропии подсистемы железа и, следовательно, частот АФМР. Расчетная температурная зависимость мягкой моды АФМР при СП  $\Gamma_2 - \Gamma_4$  <sup>5</sup> без учета эффекта магнитоупругой щели <sup>6</sup> показана на вставке рисунка. В перечисленных ортоферритах СП реализуется при температурах  $\sim 100$  К, поэтому представляет интерес исследование природы мягкой моды в  $\text{YbFeO}_3$ , в котором СП  $\Gamma_2 - \Gamma_4$  происходит при значительно более низких температурах <sup>1</sup>.



Температурная зависимость частоты мягкой моды магнитного резонанса в  $\text{YbFeO}_3$  в окрестности спонтанной спиновой переориентации  $\Gamma_2 - \Gamma_4$ . На вставке: расчетная температурная зависимость частоты  $\sigma$ -моды АФМР при СП  $\Gamma_2 - \Gamma_4$  <sup>5</sup>

Проведенные ранее исследования  $\text{YbFeO}_3$  в субмиллиметровом диапазоне не обнаружили моды МР, размягчающейся при СП <sup>7</sup>. В данной работе изучение кристалла было проведено в миллиметровом диапазоне. В качестве образца использовалась монокристаллическая сфера диаметром 0,8 мм – такой размер обеспечивал отстройку от диэлектрического резонанса во всем рабочем интервале частот (14 – 79 ГГц). Образец размещался в центре закорачиваю-

шего волновод поршня. Направление линейно-поляризованного высокочастотного поля  $h$  по отношению к осям кристалла выбиралось из условия возбуждения мягкой моды при СП  $\Gamma_2 - \Gamma_4$ :  $h \perp a$  в фазе  $\Gamma_2 (T < T_1)$  и  $h \perp c$  в фазе  $\Gamma_4 (T > T_2)$  <sup>8</sup>. Запись сигнала поглощения производилась при сканировании температуры на фиксированных частотах. По ним построена температурная зависимость частот МР  $\text{YbFeO}_3$  в окрестности СП  $\Gamma_2 - \Gamma_4$ , представленная на рисунке.

Результатами наших экспериментов являются обнаружение мягкой моды МР и энергетических щелей в точках начала и конца СП:  $\nu(T_1) = 37,5 \pm 0,5$  ГГц,  $\nu(T_2) = 20,2 \pm 0,2$  ГГц. Величины энергетических щелей в ортоферритах при СП  $\Gamma_2 - \Gamma_4$  впервые измерены прямым методом магнитного резонанса. Значения  $T_1 = 6,85 \pm 0,03$  К и  $T_2 = 8,15 \pm 0,05$  К определены по положению минимальных частот зависимости  $\nu(T)$  (см. рисунок).

Отсутствие размягчения  $\sigma$ -моды АФМР <sup>7</sup> однозначно свидетельствует в пользу того, что обнаруженная нами в миллиметровом диапазоне мягкая мода связана с колебаниями не спинов  $\text{Fe}^{3+}$ , а магнитных моментов  $\text{Yb}^{3+}$ . Таким образом, в отличие от других ортоферритов, в которых СП  $\Gamma_2 - \Gamma_4$  сопровождается размягчением моды АФМР железных подрешеток, а  $\text{YbFeO}_3$  при том же типе СП размягчается РЗ мода. Это означает, что в  $\text{YbFeO}_3$  в области СП роль РЗ подсистемы уже не сводится только к перенормировке констант анизотропии, а кроме мод АФМР существуют слабозатухающие коллективные колебания магнитных моментов  $\text{Yb}^{3+}$ , частота которых уменьшается вблизи точек СП. С повышением температуры эти колебания приобретают релаксационный характер, поэтому в других ортоферритах с более высокими температурами СП единственной динамической модой, способной к размягчению, является  $\sigma$ -мода АФМР. Таким образом, результаты данной работы подтверждают правильность высказанного ранее предположения об изменении с температурой динамических свойств РЗ подсистемы в ортоферритах <sup>9</sup>.

Согласно работе <sup>10</sup> за счет магнитоупругого взаимодействия и дипольного вклада частота мягкой моды при СП  $\Gamma_2 - \Gamma_4$  не обращается в нуль, а значения энергетических щелей при  $T_1$  и  $T_2$  не равны между собой. Однако проведенный в этой работе расчет по определению величин  $\nu(T_1)$  и  $\nu(T_2)$  относится к случаю высокотемпературной СП, когда размягчается мода АФМР. Поэтому для оценки вкладов различных механизмов в формирование щели при СП  $\Gamma_2 - \Gamma_4$  в  $\text{YbFeO}_3$  необходимы дальнейшие исследования.

В заключение выражаем благодарность Е.И.Цибульскому и В.И.Каменеву, содействовавшим выполнению работы.

#### Литература

1. Белов К.П., Звездин А.К., Кадомцева А.М., Левитин Р.З. Ориентационные переходы в редкоземельных магнетиках. М.: Наука, 1979.
2. Koshizuka N., Hayashi K. J. Magn. Magn. Mat., 1983, 31 – 34, 569.
3. Балбашов А.М., Волков А.А., Козлов Г.В., Лебедев С.П., Мухин А.А., Пронин А.Ю., Прохоров А.С., Прохоров А.М. Письма в ЖЭТФ, 1986, 42, 456.
4. Балбашов А.М., Козлов Г.В., Мухин А.А., Лебедев С.П., Пронин А.Ю., Прохоров А.С., Прохоров А.М. Письма в ЖЭТФ, 1986, 43, 33.
5. Shane J.R. Phys. Rev. Lett., 1968, 20, 728.
6. Боровик-Романов А.С., Рудашевский Е.Г. ЖЭТФ, 1964, 47, 2035.
7. Aring K.V., Sievers A.J. J. Appl. Phys., 1970, 41, 1197.
8. Барьяхтар В.Г., Витебский И.М., Яблонский Д.А. ЖЭТФ, 1979, 76, 1381.
9. Витебский И.М., Данышин Н.К., Ковтун Н.М., Сдвижков М.А. ЖЭТФ, 1986, 90, 1118.
10. Дикштейн И.Е., Тарасенко В.В., Шавров А.Г. ФТТ, 1977, 19, 1107.