

А. С. БУЛАТОВ, В. А. ФИНКЕЛЬ

СТРУКТУРНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ СПИНОВОЙ ПЕРЕОРИЕНТАЦИИ В ОРТОФЕРРИТЕ ЭРБИЯ

(Представлено академиком С. В. Вонсовским 30 IX 1974)

Редкоземельные ортоферриты с ромбически искаженной структурой перовскита в последнее время являются объектами интенсивных экспериментальных и теоретических исследований. Для них характерно наличие слабого ферромагнетизма Дзялошинского, обусловленного неколлинеарным расположением магнитных моментов \mathbf{M} в «железных» подрешетках. У большинства ортоферритов обнаружено явление спиновой переориентации (с.п.), т. е. изменение ориентации вектора слабого ферромагнетизма \mathbf{m} по отношению к осям кристаллической решетки (¹).

Модельным объектом для изучения спиновой переориентации может служить ортоферрит эрбия ErFeO_3 . На основании экспериментов по рассеянию медленных нейтронов (²), я.г.р. (³) и я.м.р. (⁴) спектроскопии установлено, что переориентация вектора \mathbf{m} от c -оси к a -оси происходит в интервале температур 90–100° К. Поскольку угол φ между c -осью и \mathbf{m} изменяется непрерывно, предполагается, что с.п. осуществляется путем двух фазовых переходов второго рода, причем спиновые флуктуации вблизи температур начала (100° К) и конца (90° К) весьма малы. Однако вопрос о структурных аспектах с.п. остается по существу открытым. Настоящая работа и посвящена прецизионному изучению кристаллической структуры монокристалла ErFeO_3 (образец был любезно предоставлен Н. М. Ковтуном) в диапазоне температур 77–300° К, включающем область с.п.

Исследование проводилось на рентгеновском дифрактометре, оснащенном низкотемпературной приставкой. Под большими углами дифракции в излучении Со-антикатада фиксировались отражения от плоскостей типа $(h00)$, $(0k0)$, $(00l)$ и $(hk0)$ ромбической решетки. Относительная ошибка в измерениях параметров $\Delta a_i/a_i$ не превышала $2 \cdot 10^{-5}$, температура измерялась с точностью $\pm 0^{\circ}5$.

Во всем исследованном интервале температур понижение симметрии ромбической решетки не наблюдалось. Результаты измерения периодов решетки a , b , c и отношение осей c/a представлены на рис. 1. На кривых $a(T)$ и $c(T)$ обнаружены два явно выраженных перегиба при температурах начала и конца с.п., в то время как на кривой $b(T)$ никаких аномалий в этой области температур не наблюдается. Выше 100° К имеет место заметная анизотропия теплового расширения, причем вдоль «магнитонейтральной» оси b коэффициент линейного расширения α_b почти вдвое меньше, чем α_a и α_c . Обращает на себя внимание небольшое изменение хода кривых температурной зависимости параметров решетки ErFeO_3 в области температур 180–200° К (наиболее четко эффект выражен вдоль b -оси).

Аномальное поведение кривых температурной зависимости параметров, предшествующее с.п. при 90–100° К, можно связать с возможностью некоторого изменения магнитной структуры, о которой также косвенно свидетельствует изменение характера температурной зависимости спонтанной намагниченности ErFeO_3 (³).

Можно предположить, что вектор \mathbf{m} располагается строго в плоскости $aOс$ лишь при температурах ниже $180\text{--}200^\circ\text{K}$, уменьшение же намагниченности при $\sim 180^\circ\text{K}$ указывает на увеличение угла неколлинеарности 2ω (см. рис. 1), т. е. на изменение констант обменно-релятивистского и релятивистского взаимодействий. При некотором значении 2ω ориентация \mathbf{m} вдоль c -оси может оказаться термодинамически невыгодной и начинается его вращение в плоскости $aOс$.

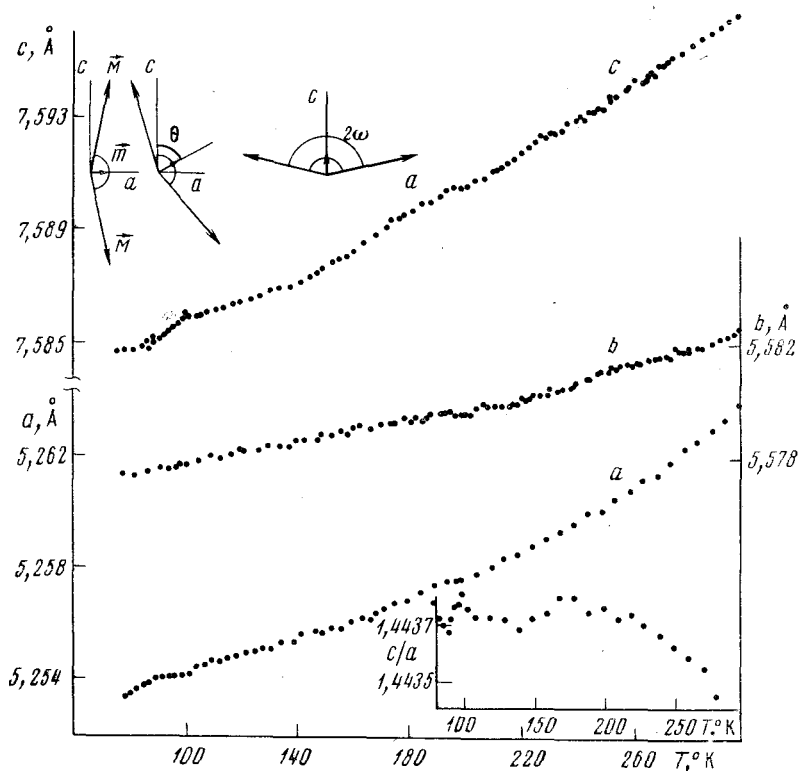


Рис. 1. Температурная зависимость параметров a , b , c и отношения осей c/a ромбической кристаллической решетки и схема спиновой переориентации в ErFeO_3 .

Наличие изломов на кривых $a(T)$ и $c(T)$, свидетельствующих о скачкообразном изменении α_a и α_c при 90° и 100°K , однозначно указывает на то, что в точках начала и конца с.п. имеют место фазовые переходы второго рода.

Наблюдается явно выраженная корреляция между температурным ходом параметров решетки вблизи с.п. и характером изменения ориентации вектора слабого ферромагнетизма по отношению к ромбическим осям: отклонение \mathbf{m} от c -оси при 100°K и от a -оси при 90°K сопровождается отрицательным магнитострикционным эффектом, приближение \mathbf{m} к a -оси (90°K) или c -оси (100°K) — положительным магнитострикционным эффектом*. Такое поведение структурных характеристик хорошо согласуется с наличием «симметрии» в изменении ряда макроскопических свойств редкоземельных ортоферритов относительно температур с.п. (1).

* Наиболее чувствительно к изменению ориентации осевое отношение c/a .

Авторы считают приятным долгом поблагодарить Б. Г. Лазарева, Н. М. Ковтуна, Е. П. Стефановского, В. С. Беловола и А. Я. Червоненкиса за обсуждение полученных результатов.

Физико-технический институт
Академии наук УССР
Харьков

Поступило
26 IX 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ К. П. Белов, А. М. Кадомцева, УФН, т. 103, № 4, 577 (1971); R. L. White, J. Appl. Phys., v. 40, № 3, 1061 (1969). ² W. C. Koehler, E. O. Wollan, M. K. Wilkinson, Phys. Rev., v. 118, № 1, 58 (1960); H. Pinto, G. Shochar et al., Phys. Rev., B. 3, № 11, 3861 (1971). ³ R. W. Grant, S. Geller, Sol. St. Commun., v. 7, № 18, 1291 (1969); G. Gorodetsky, L. L. Levinson et al., Phys. Rev., v. 187, № 2, 637 (1969). ⁴ Н. М. Ковтун, А. С. Карначев и др., ФТТ, т. 14, № 7, 2150 (1972). ⁵ D. Traves, J. Appl. Phys., v. 36, № 3, 1033 (1965).