

Исследование магнитной структуры $\text{ErFe}_3(\text{BO}_3)_4$ спектроскопическими и термодинамическими методами

Е.А.Попова¹, Е.П. Чукалина², А. Яблуновский³, Д.А. Ерофеев²,
С.А. Климин², И.А. Гудим⁴, М.Н.Попова²

¹Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

²Институт спектроскопии Российской Академии Наук, 108840, г. Москва, г. Троицк

³Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет),
141701, г. Долгопрудный, Московская обл.

⁴Институт физики им. Л.В.Киренского СО РАН, 660036, г. Красноярск

Легкоплоскостной магнетик $\text{ErFe}_3(\text{BO}_3)_4$, кристаллизуется в тригональной нецентросимметричной структуре типа хантита и относятся к известному классу мультиферроиков $\text{RFe}_3(\text{BO}_3)_4$ ($\text{R}=\text{Y}, \text{La-Lu}$). Мультиферроики, характеризующиеся существенной взаимосвязью различных подсистем (магнитной, электрической, решеточной), представляют практический интерес для спинтроники и оптоэлектроники. В формировании магнитных и магнитоэлектрических свойств кристаллов $\text{RFe}_3(\text{BO}_3)_4$ важную роль играет R-Fe обменное взаимодействие. Так, в частности, в зависимости от типа R^{3+} иона при антиферромагнитном упорядочении спины железа ориентируются либо вдоль тригональной оси c (легкоосная структура), либо в базисной ab -плоскости (легко-плоскостная структура). Целью настоящей работы является объяснение термодинамических свойств $\text{ErFe}_3(\text{BO}_3)_4$ и получение дополнительной информации о магнитной структуре с учётом данных об электронных уровнях основного мультиплета $^4I_{15/2}$ иона Er^{3+} .

Ферроборат эрбия при температурах выше комнатной претерпевает фазовый переход из структурной фазы $R32$ в низкосимметричную структурную фазу $P3_121$. Анализ температурных зависимостей характеристик спектральных линий, соответствующих $f-f$ переходам в ионах Er^{3+} выявил особенности, связанные с антиферромагнитным упорядочением при $T_N=39$ К в $\text{ErFe}_3(\text{BO}_3)_4$ и позволил построить энергетическую схему штарковских уровней основного мультиплета $^4I_{15/2}$ ($0, 46, 105, 160, 194, 244, 279, 296$ см⁻¹). Обменное расщепление основного состояния иона Er^{3+} составляет 6.3 см⁻¹. Спектроскопические данные использованы при моделировании температурных зависимостей теплоёмкости $C(T)$ и магнитной восприимчивости $\chi(T)$ $\text{ErFe}_3(\text{BO}_3)_4$, измеренных в работе [1]. В результате проведена корректировка магнитной структуры $\text{ErFe}_3(\text{BO}_3)_4$, установленной из данных эксперимента по рассеянию нейтронов на порошках [2]. Наилучшее согласие с экспериментальными данными по $\chi(T)$ достигнуто, если предположить, что ионы железа образуют доменную структуру в объеме кристалла, причем в каждом домене магнитные моменты ионов Fe^{3+} лежат в базисной плоскости и направлены перпендикулярно локальной оси C_2 иона Er^{3+} . При этом две из трех позиций эрбия магнитно эквивалентны, что согласуется с результатами моделирования аномалии Шоттки на теплоёмкости $C(T)$.

Работа поддержана Российским Научным Фондом (грант № 19-12-00413). Работа выполнена в ходе проведения исследования (проект №19-04-030) в рамках Программы «Научный фонд Национального исследовательского университета „Высшая школа экономики“ (НИУ ВШЭ)» в 2018-2019 гг. и в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации «5-100».

[1] E.A. Popova, A.N. Vasiliev, V.L. Temerov, L.N. Bezmaternykh, N. Tristan, R. Klingeler, B. Buchner. // J. Phys.: Condens Matter, Vol. 22, P. 116006 (2010).

[2] C. Ritter, A. Vorotynov, A. Pankrats, G. Petrakovski, V. Temerov, I. Gudim and R. Szymczak. // J. Phys.: Condens. Matter, Vol. 22, P. 206002 (2010).