

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет»

ВМСМ RUSSIA, BAIKALSK
11-14 SEPTEMBER
2023
MAGNETIC MATERIALS. NEW TECHNOLOGIES



МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Материалы IX Байкальской Международной конференции
Байкальск, Россия, 11–14 сентября 2023 г.



ISBN 978-5-9624-2178-0

МАГНИТОСТРИКЦИЯ В КОМПОЗИТНОМ СОЕДИНЕНИИ $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9/\text{BiFeO}_3$

Удод Л. В.^{1,2*}, Аплеснин С. С.^{1,2}, Ситников М. Н.², Романова О. Б.¹

¹Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН, Красноярск, Россия

²Сибирский государственный университет науки и технологий

им. академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

*e-mail: luba@iph.krasn.ru

Методом твердофазной реакции синтезирован нанокompозит $\text{BiFeO}_3/\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ с соотношением 33 и 67 %. Феррит висмута BiFeO_3 и муллит $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ относятся к классу мультиферроиков и по отдельности хорошо изучены. На данный момент магнитострикции как в $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$, так и в BiFeO_3 не исследовалась.

Целью данной работы является обнаружение магнитострикции в композите $\text{BiFeO}_3/\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ с заданным соотношением 33/67 %.

Композит $\text{BiFeO}_3/\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ проявляет антиферромагнитные свойства. Магнитная восприимчивость плавно растет при нагревании выше 40 К и при $T = 250$ К имеет особенность типа кинка, которая отсутствует в монокристалле муллита. Выше температуры перехода $T = 250$ К наблюдается широкий максимум магнитной восприимчивости. Зависимость намагниченности от поля имеет гистерезис, где намагниченность не достигает насыщения. Коэрцитивное поле H_c от температуры проходит через максимум при $T = 50$ К и исчезает при 150 К. Величина остаточной намагниченности при нагревании уменьшается, при $T = 4,2$ К остаточная намагниченность равна $0,0015 \text{ emu/g}$ и при $T = 150$ К резко уменьшается в 3,5 раза [1].

Магнитострикция определялась через изменение линейных размеров образца (dL/L) в магнитном поле путем измерения электросопротивления тензодатчиков. Образец с прикрепленным тензодатчиком помещался между полюсами электромагнита. Величина коэффициента магнитострикции образца рассчитывалась по следующей формуле:

$$\lambda = \frac{R_H - R_0}{R_0},$$

где R_H и R_0 сопротивление тензодатчика, измеренное в магнитном поле и нулевом магнитном поле. Изменение магнитной структуры при нагревании в магнитном поле в результате магнитоупругого взаимодействия можно обнаружить при измерении деформации образцов. Температурная зависимость коэффициента магнитострикции композита $\text{BiFeO}_3/\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$, измерена в магнитных полях $H = 6$ и 13 kOe (рис. 1). Наблюдается зависимость λ от величины магнитного поля. Резкие аномалии на кривых $\lambda(T)$ при $T = 140$ К коррелируют с температурой структурного поверхностного фазового перехода в BiFeO_3 . Параметр решетки BiFeO_3 выше 140 К резко увеличивается [2]. При 200 К коэффициент магнитострикции меняет знак, что связано с изменением магнитоупругих констант. Возможно, при этой температуре происходит спин-ориентационный переход в BiFeO_3 , что коррелирует с температурой смягчения рамановской моды E_3 на частоте 268 cm^{-1} [3].

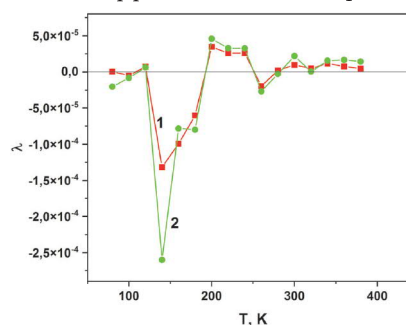


Рис. 1. Температурная зависимость коэффициента магнитострикции $\text{BiFeO}_3/\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$. Кривая 1 соответствует $H = 6 \text{ kOe}$, 2- $H = 12 \text{ kOe}$

Частоты фононных мод определяются модулем упругости, поэтому смещение линий комбинационного рассеяния указывает на изменение магнитоупругой константы. Исследование спин-фононного взаимодействия методом ИК спектроскопии в BiFeO_3 выявило при $T = 213$ К две новые фононные моды E и A1, которые приписываются колебаниям Fe^{3+} в октаэдре FeO_6 [4]. С понижением температуры интенсивность этих мод увеличивается из-за сжатия решетки. Появление добавочных мод связано с переориентацией спинов Fe^{3+} [4] в результате спин-фононного взаимодействия, что также подтверждается аномалией g-фактора при $T = 201$ К из ЭПР измерений [2]. В области температуры магнитного фазового перехода в муллите, 250–260 К константа магнитострикции меняет знак, где коэффициент теплового расширения достигает минимума при 255 К и смещается в магнитном поле до 266 К. Муллит, так же как и феррит висмута обладает магнитоупругим взаимодействием. При комнатной температуре и выше положительная константа магнитострикции связана с ферритом висмута.

- [1] L. V. Udod et al. *J. All. Comp.*, vol. 958, 170445 (2023).
- [2] R. Jarrier et al. *Phys. Rev. B*, vol. 85, 184104 (2012).
- [3] Y. Yang et al. *Physica B*, vol. 404, pp. 171–174 (2009).
- [4] V. M. Gaikwad, S. A. Acharya. *J. Appl. Phys.*, vol. 114, 193901 (2013).