

Дезаккомодация начальной магнитной проницаемости в FeVO_3 при низких температурах

© А.В. Чжан

Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук, 660036 Красноярск, Россия

E-mail: avchz@mail.ru

(Поступила в Редакцию 26 октября 2005 г.)

Представлены результаты экспериментального исследования дезаккомодации начальной магнитной проницаемости μ в слабом ферромагнетике FeVO_3 . Определены температурные зависимости времени релаксации и найдена энергия активации. На основании полученных результатов делается заключение, что дезаккомодация μ в борате железа при низких температурах связана с теми же носителями, которые участвуют в различных фотоиндуцированных магнитных превращениях в этом соединении.

PACS: 75.50.-y, 78.20.Ls

Борат железа относится к классу слабых ферромагнетиков. Его особые свойства (прозрачность в видимом диапазоне, существование некомпенсированного магнитного момента и достаточно высокая температура перехода в парамагнитное состояние) делают его привлекательным для практического использования. В этом материале наблюдаются необычные магнитооптические, магнитоупругие эффекты [1], которые пока не нашли исчерпывающего объяснения. Остается невыясненным механизм фотоиндуцированного автоколебания полосовых структур, которые наблюдаются в FeVO_3 при низких температурах [2,3].

В настоящей работе проведены исследования начальной магнитной проницаемости в борате железа при различных исходных состояниях магнитной системы.

1. Образцы и методика эксперимента

Образцами для исследований служили выраженные газотранспортным методом монокристаллические пластины FeVO_3 толщиной от $50 \mu\text{m}$ с линейными размерами от $2 \times 2 \text{mm}$.

Измерения магнитной проницаемости проводились индукционным методом с помощью двух катушек, помещенных в переменное магнитное поле h с частотой 140 Hz. Катушки соединялись таким образом, чтобы в отсутствие образца снимаемый с них индукционный сигнал был равен нулю. При помещении образца в одну из этих катушек нарушался их баланс, и по значению индукционного сигнала определялась величина магнитной проницаемости μ . При проведении температурных измерений балансировка катушек достигалась с помощью постоянного магнитного поля, достаточного для насыщения образца.

Это поле прикладывалось перпендикулярно пробному переменному полю. Нарушение баланса системы, возникающее при изменении температуры, устранялось с помощью дополнительной катушки, выведенной из криостата.

2. Экспериментальные результаты и их обсуждение

На рис. 1 приведена зависимость μ при различных температурах в зависимости от времени, прошедшего с момента выключения постоянного магнитного поля, приложенного перпендикулярно пробному полю. Как следует из рис. 1, в области выбранных температур наблюдается дезаккомодация магнитной проницаемости или ее уменьшение с течением времени. С ростом температуры выше 77 K эффект усиливается, при этом уменьшается время релаксации.

На основе полученных данных можно установить энергию активации E_a с помощью формулы активационной зависимости времени релаксации τ от температуры

$$\tau = \tau_0 e^{E_a/kT}, \quad (1)$$

где τ_0 — параметр, зависящий от природы активированных носителей, k — постоянная Больцмана. Оценка по этой формуле дает значение $E_a = 0.30 \pm 0.05 \text{eV}$.

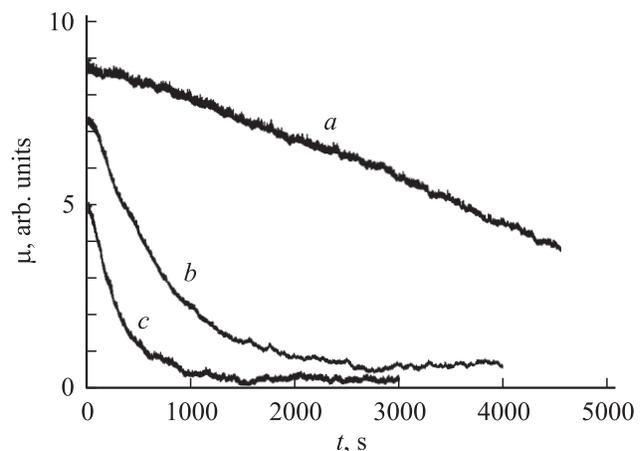


Рис. 1. Дезаккомодация начальной магнитной проницаемости в FeVO_3 при различных температурах. T, K : a — 128, b — 149, c — 157. Отсчет начался с момента выключения постоянного магнитного поля. $h = 18 \text{mOe}$.

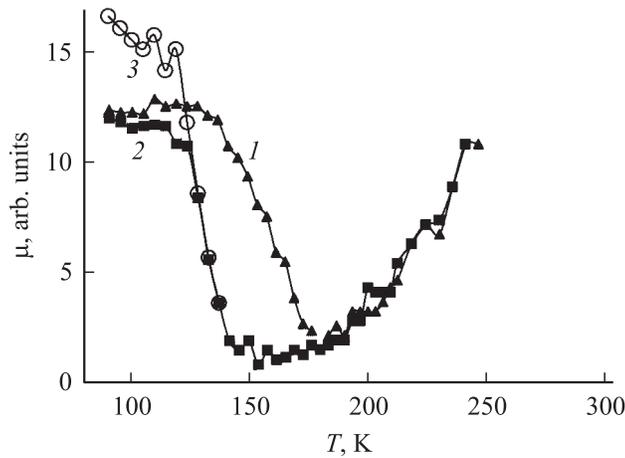


Рис. 2. Температурная зависимость начальной магнитной проницаемости FeVO₃. 1 — без выдержки исходного магнитного состояния, 2 — с выдержкой в течение 60 s, 3 — изменение μ под влиянием света. $h = 18$ мОе.

Как известно, магнитная проницаемость в FeVO₃ претерпевает аномальные изменения в зависимости от температуры [3]. Существуют две температурные области, в которых наблюдается различная зависимость $\mu(T)$. На рис. 2 показано, что в низкотемпературной области изменение $\mu(T)$ зависит от исходного состояния магнитной системы. Выдержка при выключенном постоянном магнитном поле приводит к изменению температурной зависимости магнитной проницаемости. После выдержки в течение 60 s минимальное значение μ наблюдается при $T \approx 140$ K, в то время как без выдержки наименьшая магнитная проницаемость имеет место при $T \approx 180$ K.

При понижении температуры ниже 140 K эффект дезаккомодации μ уменьшается даже в условиях длительной выдержки. Ниже этой температуры в борате железа наблюдаются фотоиндуцированные магнитные эффекты, в частности увеличение под действием света магнитной проницаемости [4], температурная зависимость которой показана на рис. 2. Энергия активации центров, возбуждаемых светом, составляет 0.28 eV [4], что совпадает с энергией активации, определенной по дезаккомодации μ . Данный результат указывает на то, что фотомагнитные эффекты в FeVO₃ и релаксация магнитной проницаемости обусловлены одними и теми же центрами.

Как известно, дезаккомодация μ обусловлена образованием дополнительных потенциальных барьеров, препятствующих изменению исходного магнитного состояния внешним полем. Причиной образования таких барьеров является диффузия дефектов (в данном случае электронов) в те узлы кристаллической решетки, которые энергетически выгодны при наличии магнитного момента. При понижении температуры электроны „замораживаются“ в своих исходных позициях. При освещении такие электроны могут активироваться и переходить в неравновесные позиции. Это приводит к тому, что фо-

тоиндуцирование и дезаккомодация могут быть взаимно противоположными по характеру действия на μ , что и наблюдается в борате железа.

Следует отметить, что все аномалии в поведении магнитной проницаемости в борате железа можно наблюдать в области малых полей. Как установлено в [3], при низких температурах начальная магнитная проницаемость FeVO₃ обусловлена наличием магнитных образований в виде полосовых структур. По всей видимости, такие структуры могут стабилизироваться диффузией электронов либо возбуждаться светом. В области больших полей, где присутствует вклад от движения доменных границ, аномалия температурной зависимости μ и ее дезаккомодация слабо выражены.

Список литературы

- [1] А.П. Королюк, В.В. Тараканов, В.И. Хижный, В.Н. Селезнев, М.Б. Стругацкий. ФНТ **22**, 8, 924 (1996).
- [2] Ю.М. Федоров, А.А. Лексиков, А.Е. Аксенов. Письма в ЖЭТФ **37**, 134 (1983).
- [3] А.В. Чжан, Т.Н. Исаева. ФТТ **38**, 8, 2461 (1996).
- [4] D.E. Lacklison, J. Chadwick, J.L. Page. Appl. Phys. **5**, 810 (1972).