

(т. е. окрестность T_c , где наблюдаются индексы, вычисленные в ФТ, типа (7)), как, например, это имеет место для некоторых примесных изинговских магнетиков [11], то в такой области должны наблюдаться асимптотики типа (11).

Автор выражает признательность А. Л. Корженевскому за полезное обсуждение результатов работы.

Список литературы

- [1] Sasvari L., Tadić B. // Z. Phys. B. 1981. V. 43. N 2. P. 163—172.
- [2] Корженевский А. Л., Лужков А. А. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 2. С. 351—355.
- [3] Корженевский А. Л., Лужков А. А. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 3. С. 787—789.
- [4] Лейбфрид Г., Бройер Н. Точечные дефекты в металлах. М., 1981. 439 с.
- [5] Фридель Ж. Дислокации. М., 1967. 648 с.
- [6] Дороговцев С. Н. // ЖЭТФ. 1981. Т. 80. № 5. С. 2053—2067.
- [7] Гинзбург С. Л. // ЖЭТФ. 1975. Т. 68. № 1. С. 273—286.
- [8] Ма Ш. Современная теория критических явлений. М., 1980. 298 с.
- [9] Mayer I. O. // J. Phys. A. 1989. V. 22. N 14. P. 2815—2823.
- [10] Лужков А. А. // ФТТ. 1989. Т. 31. № 7. С. 113—115.
- [11] Thurston T. R., Peter C. J., Birgeneau R. J., Horn P. M. // Phys. Rev. B. 1988. V. 37. N 16. P. 9559—9563.

Ленинградский
электротехнический институт
им. В. И. Ульянова (Ленина)

Поступило в Редакцию
23 ноября 1989 г.
В окончательной редакции
23 февраля 1990 г.

УДК 548 : 537.611

© Физика твердого тела, том 32, № 8, 1990
Solid State Physics, vol. 32, N 8, 1990

НАМАГНИЧЕННОСТЬ И МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ Bi—Ca—V ГРАНАТОВ, ЗАМЕЩЕННЫХ ИОНАМИ Sc^{3+}

К. П. Белов, Н. В. Волкова, Л. Ю. Мурашова, Л. А. Скипетрова

Благодаря высокой магнитооптической добротности в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах висмут-ванадий-кальциевые гранаты могут широко использоваться в качестве носителей информации в магнитооптических управляемых транспарантах [1, 2]. Вместе с тем добавка оксида скандия к висмут-ванадий-кальциевым ферритам-гранатам может привести дополнительно к изменению намагниченности

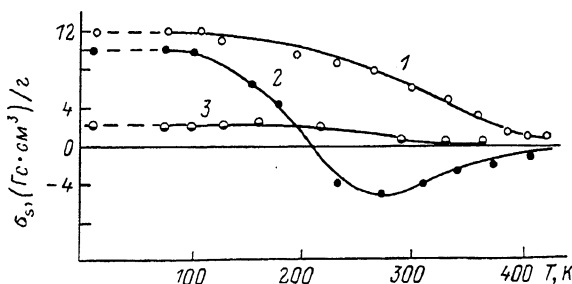


Рис. 1. Зависимость спонтанной намагниченности c_s от температуры для системы $Bi_{0.4}Ca_{2.6}V_{1.3}Fe_{3.7-x}Sc_xO_{12}$.

и анизотропии этих ферритов, а также и к увеличению быстродействия ЭВМ. Из-за единственной в своем роде комбинации низкой анизотропии и низкой намагниченности эти гранаты полезны также в качестве изоляторов для мазеров [3]. Тем не менее, несмотря на большое практическое значение, висмут-кальций-ванадиевые гранаты, замещенные ионами Sc^{3+} , до сих пор не изучены.

Данная работа предпринята с целью исследования влияния ионов Sc^{3+} на магнитную анизотропию, намагниченность Bi—Ca—V гранатов. Из-

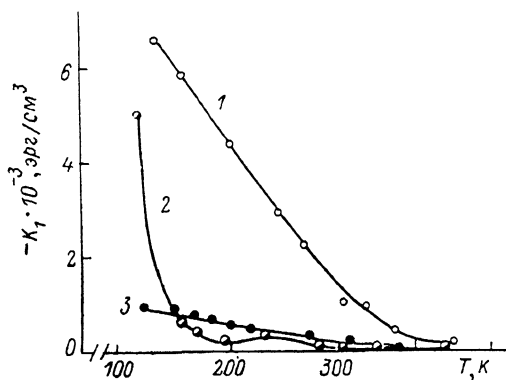
мерения магнитных свойств проводились от температуры жидкого азота до температуры Кюри на трех монокристаллах системы $\text{Bi}_{0.4}\text{Ca}_{2.6}\text{V}_{1.3}\text{Fe}_{3.7-x}\text{Sc}_x\text{O}_{12}$, где $x=0.0, 0.2, 1.0$.

На рис. 1 представлены кривые температурной зависимости спонтанной намагниченности σ_s висмутовых ферритов-гранатов для составов $x=0.0$ (1), 0.2 (2), 1.0 (3). Для кристаллов $\text{Bi}_{0.4}\text{Ca}_{2.6}\text{V}_{1.3}\text{Fe}_{3.7}\text{O}_{12}$ и $\text{Bi}_{0.4}\text{Ca}_{2.6}\text{V}_{1.3}\text{Fe}_{2.7}\text{Sc}_{1.0}\text{O}_{12}$ кривые имеют нормальный вид, т. е. Q-тип по теории Нееля. Следует особо обратить внимание на то, что кривая $\sigma_s(T)$ для кристалла $\text{Bi}_{0.4}\text{Ca}_{2.6}\text{V}_{1.3}\text{Fe}_{3.5}\text{Sc}_{0.2}\text{O}_{12}$ характеризуется наличием точки компенсации при $T \approx 200$ К.

Экспериментальные и теоретические значения магнитных моментов, значения первой константы магнитной анизотропии K_1 и температуры Кюри T_c для образцов системы $\text{Bi}_{0.4}\text{Ca}_{2.6}\text{V}_{1.3}\text{Fe}_{3.7-x}\text{Sc}_x\text{O}_{12}$

x	σ_s эксп, μB	σ_s теор, μB	K_1 , эрг/см ³ при 130 К	T_c , К
0.0	1.0	1.5	$-6.7 \cdot 10^3$	430
0.2	0.85	0.5	$-5.2 \cdot 10^3$	400
1.0	0.2	-3.5	$-0.9 \cdot 10^3$	300

В работе [4] было дано следующее катионное распределение для образцов исследуемой системы $\{\text{Bi}_{0.4}^{3+}\text{Ca}_{2.6}^{2+}\} [\text{Fe}_{1.7}^{3+}\text{V}_{1.3}^{5+}] [\text{Fe}_{3-x}^{3+}\text{Sc}_x^{3+}]\text{O}_{12}$, т. е. ионы Sc^{3+} расположены в октаэдрической подрешетке. На основании теории Нееля и того факта, что магнитными ионами в данных соединениях являются только ионы Fe^{3+} , мы подсчитали теоретические значения магнитных моментов исследуемых ферритов. Теоретические значения σ_s теор



и экспериментальные данные спонтанной намагниченности σ_s эксп в зависимости от состава гранатов $\text{Bi}_{0.4}\text{Ca}_{2.6}\text{V}_{1.3}\text{Fe}_{3.7-x}\text{Sc}_x\text{O}_{12}$ представлены в таблице. Видно, что при больших концентрациях ио-

Рис. 2. Зависимость первой константы магнитной анизотропии K_1 ферритов-гранатов $\text{Bi}_{0.4}\text{Ca}_{2.6}\text{V}_{1.3}\text{Fe}_{3.7-x}\text{Sc}_x\text{O}_{12}$ от температуры.

x : 1 — 0.0, 2 — 0.2, 3 — 1.0.

нов Sc^{3+} наблюдается расхождение между экспериментальными и теоретическими значениями магнитных моментов, а именно экспериментальное значение намного больше теоретического. Для объяснения этого факта мы предполагаем, что у кристалла с $x=1.0$ часть ионов Sc^{3+} переходит в тетраэдрическую подрешетку, а это приводит к увеличению общей намагниченности. Таким образом, катионное распределение для этого кристалла можно записать следующим образом: $\{\text{Bi}_{0.4}^{3+}\text{Ca}_{2.6}^{2+}\} [\text{Fe}_{1.33}^{3+}\text{V}_{1.3}^{5+}\text{Sc}_{0.37}^{3+}] (\text{Fe}_{1.37}^{3+}\text{Sc}_{0.63}^{3+})\text{O}_{12}$.

Проведены измерения температурных зависимостей первой K_1 и второй K_2 констант магнитной анизотропии. Для всех составов первая и вторая константы анизотропии отрицательны и уменьшаются по абсолютной величине с увеличением температуры. У кристалла $\text{Bi}_{0.4}\text{Ca}_{2.6}\text{V}_{1.3}\text{Fe}_{3.7}\text{O}_{12}$ вторая константа K_2 меняет знак при $T \approx 250$ К. На рис. 2 приведена температурная зависимость $K_1(T)$ для исследуемых образцов. Таким образом, введение ионов Sc^{3+} приводит к уменьшению значения $|K_1|$ в области низких температур.

В таблице приведена концентрационная зависимость первой константы магнитной анизотропии K_1 при температуре 130 К. Мы получили, что эта зависимость носит линейный характер, и поэтому можно предположить, что анизотропия описывается одноионной моделью. Концентрационная зависимость температуры Кюри T_c (см. таблицу) ведет себя также линейным образом, и значения температуры Кюри уменьшаются с увеличением концентрации ионов Sc^{3+} .

Для всех трех образцов были исследованы ширины резонансных линий в зависимости от температуры $\Delta H(T)$. На рис. 3 представлена зависимость $\Delta H(T)$ для $Bi_{0.4}Ca_{2.6}V_{1.3}Fe_{3.5}Sc_{0.2}O_{12}$. Ширина резонансной линии ΔH_{111} в исследуемых ферритах порядка 10 Э, что свидетельствует о том, что единственными магнитными ионами в них являются ионы Fe^{3+} . В температурном интервале

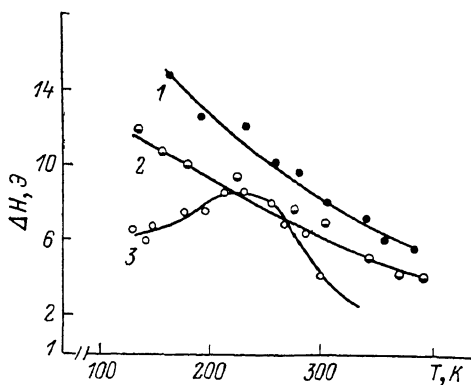


Рис. 3. Зависимость ширины резонансных линий от температуры и ориентации кристалла $Bi_{0.4}Ca_{2.6}V_{1.3}Fe_{3.5}Sc_{0.2}O_{12}$.
1 — ΔH_{100} , 2 — ΔH_{110} , 3 — ΔH_{111} .

120—300 К ΔH увеличивается при понижении температуры, оставаясь всюду минимальной при намагничивании кристалла вдоль оси [111] и максимальной при намагничивании кристалла вдоль оси [100]. На кривых $\Delta H(T)$ для всех составов наблюдаются максимумы ΔH_{111} . Мы предполагаем, что аномалия $\Delta H_{111}(T)$ может быть объяснена механизмом медленной релаксации ионов Fe^{3+} .

Таким образом, на основании полученных нами результатов можно сделать следующие выводы.

1. Введение ионов Sc^{3+} в Bi -содержащие гранаты приводит к уменьшению как намагниченности, так и анизотропии.
2. Из сравнения экспериментальных и теоретических значений магнитных моментов предполагается, что при больших концентрациях ионов Sc^{3+} часть из них занимает тетраэдрические места.
3. Аномалии $\Delta H_{111}(T)$ объясняются наличием медленно релаксирующих ионов Fe^{3+} .

Список литературы

- [1] Рандошкин В. В., Рыбак В. И., Сыгачев В. Б., Чаин В. И., Червоненкис А. Я. // Микроэлектроника. 1986. Т. 15. № 1. С. 16—24.
- [2] Васильева Н. В., Чаин В. И., Сыгачев В. П., Клиш В. П., Кузнецов М. А., Рандошкин В. В., Червоненкис А. Я. // Тез. докл. XI Всес. школы-семинара «Новые магнитные материалы для микроэлектроники». Ташкент, 1988. Ч. 2. С. 30.
- [3] Nilsen W. G., Spencer E. G. // J. Appl. Phys. 1965. V. 36. P. 1616—1618.
- [4] Волкова Н. В., Португал О. Е., Чепарин В. П., Черкасов А. П. // ФТТ. 1974. Т. 16. № 5. С. 1536—1538.

Московский
государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило в Редакцию
23 февраля 1990 г.