

6. Абрамовский В. А., Грибов В. Н., Канчели О. В. Характер инклюзивных спектров и флуктуаций в неупругих процессах, обусловленных многопомерным обменом.— Ядерная физика, 1973, 18, с. 595—616.
7. Bertocchi L. Graphs and Glauber.— Nuovo Cim. 1972, 11A, p. 45—65.

Поступила в редакцию
06.02.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1980, т. 21, № 5

УДК 538.614

М. В. ЧЕТКИН, Н. Н. ЕРМИЛОВА, И. Е. ЗУБЦОВА, М. М. ЛУКИНА

МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВИСМУТСОДЕРЖАЩИХ ОРТОФЕРРИТОВ

В последние годы возрос интерес к исследованию висмутсодержащих ферритов-гранатов, обладающих аномально большим отрицательным фарадеевским вращением [1]. Было установлено, что величина фарадеевского вращения пропорциональна концентрации висмута [2]. Однако природа механизма, ответственного за такое увеличение вращения, до сих пор окончательно не ясна. Влияние Vi^{3+} также было обнаружено и при измерении полярного эффекта Керра в перовските $(\text{La, Vi, Sr})\text{MnO}_3$ [3].

В связи с этим представляют интерес исследования влияния висмута на эффект Фарадея в слабых ферромагнетиках — ортоферритах.

Первые измерения на висмутсодержащих ортоферритах были проведены Вудом, Ремейкой и др. [4]. Они исследовали зависимость температуры спиновой переориентации $\text{Y}_x\text{Er}_{1-x}\text{FeO}_3$ и $\text{Bi}_x\text{Er}_{1-x}\text{FeO}_3$ от концентрации замещения. Было найдено, что влияние Bi^{3+} на изменение этой температуры значительно сильнее влияния Y^{3+} .

В данной работе исследовались ортоферриты $\text{Bi}_x\text{Dy}_{1-x}\text{FeO}_3$ ($x = 0,0035; 0,02; 0,14$), выраженные методом спонтанной кристаллизации из раствора в расплаве.

Параметры решеток данных ортоферритов были измерены на автоматическом рентгеновском дифрактометре и для $\text{Bi}_{0,14}\text{Dy}_{0,86}\text{FeO}_3$ составляют: $a = (5,315 \pm 0,002)$ А; $b = (5,605 \pm 0,002)$ А; $c = (7,643 \pm 0,002)$ А. Линейная зависимость объема элементарной ячейки $\text{Bi}_x\text{Dy}_{1-x}\text{FeO}_3$ от концентрации висмута совпадает с аналогичной зависимостью для $\text{Bi}_x\text{Y}_{3-x}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, полученной в работе [5].

На рис. 1, а, и 1, б, представлены дисперсионные зависимости $2\delta I/I$ в пластинках монокристаллов $\text{Bi}_{0,0035}\text{Dy}_{0,9965}\text{FeO}_3$ и $\text{Bi}_{0,02}\text{Dy}_{0,98}\text{FeO}_3$ толщиной 280 мкм и 100 мкм соответственно, вырезанных перпендикулярно оси [001]. Здесь $2\delta I$ — интенсивность света, прошедшего через систему поляризатор — образец — анализатор, повернутый под углом 45° к поляризатору, при включенном магнитном поле, I — интенсивность света, прошедшего через систему в отсутствие магнитного поля. На рис. 1, а, и 1, б, кривая 1 соответствует направлению поляризации падающего излучения, совпадающего с осью [010], а кривая 2 — поляризации, совпадающей с осью [100]. Точность определения величины $2\delta I/I$ составляет $4 \cdot 10^{-4}$.

На рис. 2 представлена дисперсионная зависимость коэффициентов поглощения $\text{Bi}_{0,02}\text{Dy}_{0,98}\text{FeO}_3$ для двух взаимно перпендикулярных поляризаций падающего света. Для кривых 1 и 2 электрический вектор \mathbf{e} параллелен осям [010] и [100] соответственно. С увеличением

содержания Вi прозрачность замещенных ортоферритов ухудшается. Следует также отметить возрастающий линейный дихроизм.

На длине волны 0,63 и 1,15 мкм был измерен эффект Фарадея при распространении света вдоль оптической оси кристалла. В образце $\text{Bi}_{0,02}\text{Dy}_{0,98}\text{FeO}_3$ толщиной 110 мкм при $\lambda=1,15$ мкм вращение состав-

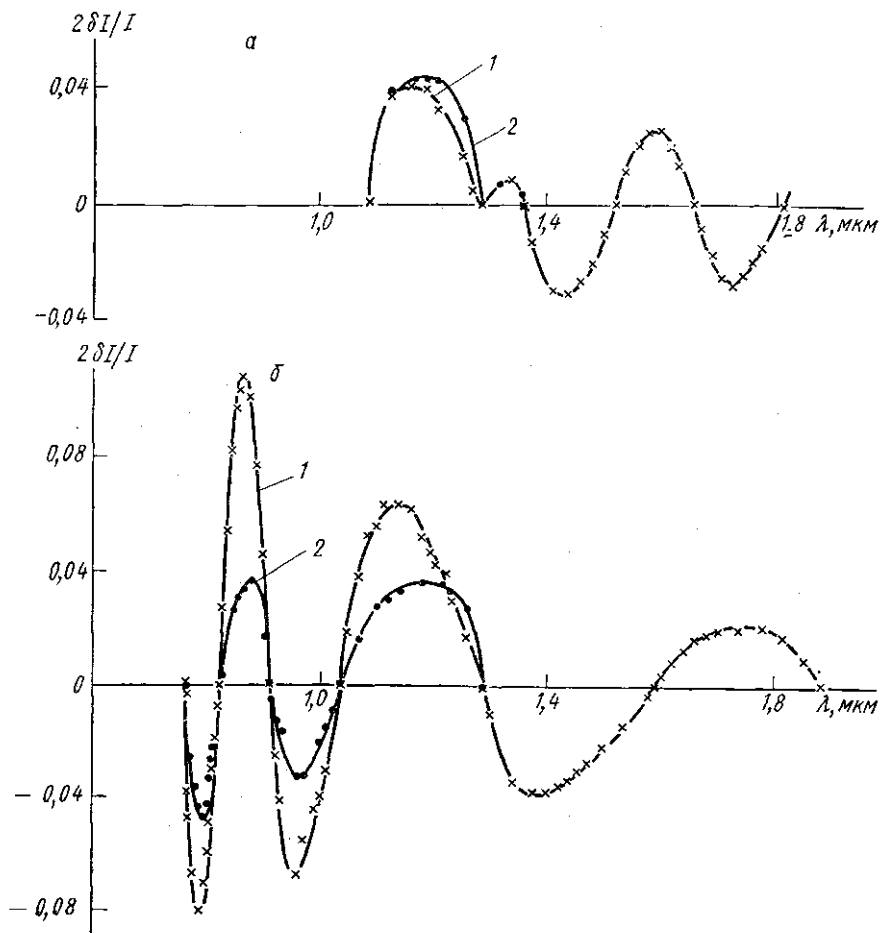


Рис. 1. Дисперсионная зависимость угла поворота большой оси результирующего эллипса на выходе из кристалла в образцах, вырезанных перпендикулярно оси [001]: а — $\text{Bi}_{0,0035}\text{Dy}_{0,9965}\text{FeO}_3$ толщиной 280 мкм, $e \parallel$ оси [010] (1); $e \parallel$ оси [100] (2); б — $\text{Bi}_{0,02}\text{Dy}_{0,98}\text{FeO}_3$ толщиной 100 мкм, $e \parallel$ оси [010] (1), $e \parallel$ оси [100] (2)

ляло 8° , при $\lambda=0,63$ мкм — 44° и 40° для падающего света, поляризованного перпендикулярно и параллельно оси [100]. В образце $\text{Bi}_{0,14}\text{Dy}_{0,86}\text{FeO}_3$ толщиной 90 мкм и при $\lambda=1,15$ мкм вращение составляло $7,5^\circ$ при $\lambda=0,63$ мкм — 40° и 38° для соответствующих поляризаций падающего света. В областях, где существен линейный дихроизм кристалла, угол поворота зависит от поляризации падающего света [6]. Знак вращения противоположен знаку вращения в YIG.

Из зависимостей, представленных на рис. 1, была определена дисперсия двупреломления Δn , которая равна Δn для DyFeO_3 .

Дисперсионная зависимость недиагональной компоненты тензора диэлектрической проницаемости ϵ'_{xy} представлена на рис. 3. На этом рисунке для сравнения приведена зависимость ϵ'_{xy} для DyFeO_3 , пересчитанная из данных работы [7].

Недиагональные компоненты тензора диэлектрической проницаемости висмутсодержащих ортоферритов были определены из эксперимента по эффекту Фарадея на длинах волн 0,63 и 1,15 мкм и пересчи-

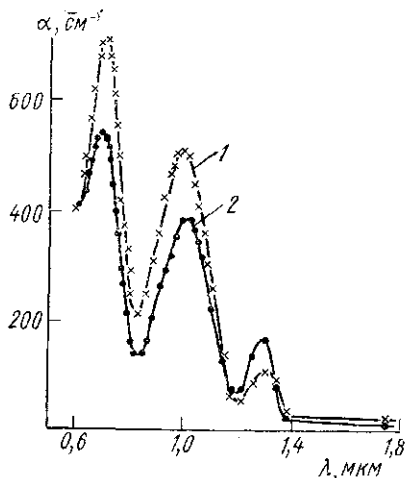


Рис. 2. Коэффициенты поглощения в образце $\text{Bi}_{0,02}\text{Dy}_{0,98}\text{FeO}_3$, вырезанном перпендикулярно оси [001], толщиной 100 мкм, $e \parallel$ оси [010] (1), $e \parallel$ оси [100] (2)

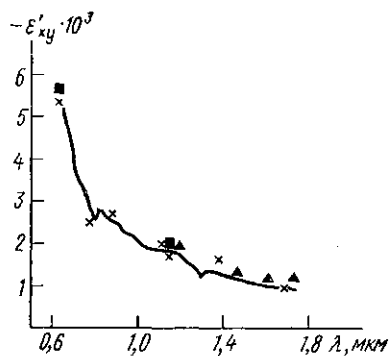


Рис. 3. Недиагональные компоненты тензора диэлектрической проницаемости ортоферритов: \blacktriangle — $\text{Bi}_{0,0035}\text{Dy}_{0,9965}\text{FeO}_3$, \times — $\text{Bi}_{0,02}\text{Dy}_{0,98}\text{FeO}_3$, \blacksquare — $\text{Bi}_{0,14}\text{Dy}_{0,86}\text{FeO}_3$, — — — DyFeO_3

таны из экспериментальных зависимостей, представленных на рис. 1, по формулам работы [8] для предельного случая с учетом полученных значений α (рис. 2) и Δn .

Из данных рис. 3 видно, что ϵ'_{xy} исследованных висмутсодержащих ортоферритов не отличается от ϵ'_{xy} для DyFeO_3 . Следует отметить, что если бы влияние Bi^{3+} на эффект Фарадея в ортоферритах было бы такое же, как и в ферритах-гранатах, то присутствие 14% Bi изменило бы эффект Фарадея при $\lambda=0,63$ мкм в данном ортоферрите более, чем в два раза.

Обменное поле, действующее на редкоземельные ионы в DyFeO_3 не превышает 10^4 Э. В Bi -содержащих гранатах переход $^1S_0 \rightarrow ^3P_1$ иона Bi^{3+} , ответственный, по мнению авторов работы [9], за увеличение фарадеевского вращения, происходит в обменном поле 10^6 — 10^7 Э, действующем со стороны железных подрешеток.

Другие авторы [10, 11] считают, что присутствие висмута в ферритах-гранатах усиливает парные переходы с участием ионов Fe^{3+} в тетраэдрических и октаэдрических позициях. В ортоферритах эти парные переходы отсутствуют из-за наличия только одной железной подрешетки.

Таким образом, показано, что ионы Bi^{3+} не оказывают влияния на эффект Фарадея в ортоферритах.

Авторы выражают глубокую благодарность В. Е. Заводнику и В. К. Бельскому за определение параметров решетки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Scott G. B., Lacklison D. E. Magneto-optic properties and applications of bismuth substituted iron garnets.—IEEE Trans. on Mag., 1976, 12, p. 292—311.
2. Lacklison D. E., Ralph H. I., Scott G. B. The Faraday rotation of bismuth calcium vanadium iron garnet.—Solid State Comm., 1972, 10, p. 269—272.
3. Попова Т. Я. А., Камминга М. Г. Дж. The polar magneto-optic Kerr rotation of ferromagnetic perovskites (La, Bi, Sr)MnO₃.—Solid State Comm., 1975, 17, p. 1073—1075.
4. Wood D. I., Remeika J. P., Holmes L. M., Gyorgy E. M. Effect of Y and Bi substitution on spin reorientation and optical absorption in ErFeO₃.—J. Appl. Phys., 1965, 40, p. 1245—1246.
5. Geller S., Williams H. J., Espinosa G. P., Sherwood R. C., Gil-
leo M. A. Reduction of the preparation temperature of polycrystalline garnets by bismuth substitution.—Appl. Phys. Lett., 1963, 3, p. 21—22.
6. Четкин М. В., Шевчук Л. Д., Ермилова Н. Н. Влияние линейного дихроизма на эффект Фарадея в ортоферритах.—Кристаллография, 1979, 24, с. 386—389.
7. Четкин М. В., Дидосжан Ю. С., Акхыткина А. И. Faraday effect in yttrium and dysprosium orthoferrites.—IEEE Trans. on Mag., 1971, 7, p. 401—403.
8. Долован В., Webster J. The theory of the Faraday effect in anisotropic semiconductors.—Proc. Phys. Soc., 1962, 79, p. 46—57; Note on the Faraday effect in anisotropic semiconductors.—Proc. Phys. Soc., 1962, 79, p. 1081—1082.
9. Антонов А. В., Бурков В. И., Котов В. А. Дисперсия эффекта Фарадея в висмутсодержащих ферритах-гранатах.—Физ. тв. тела, 1975, 17, с. 3108—3110.
10. Scott G. B., Lacklison D. E., Ralph H. I., Page J. L. Magnetic circular dichroism and Faraday rotation spectra of Y₃Fe₅O₁₂.—Phys. Rev. B, 1975, 12, p. 2562—2571.
11. Wittekoek S., Попова Т. Я. А., Robertson J. M., Bongers P. F. Magneto-optic spectra and the dielectric tensor elements of bismuth-substituted iron garnets at photon energies between 2,2—2,5 eV.—Phys. Rev. B, 1975, 12, p. 2777—2788.

Поступила в редакцию
13.03.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1980, т. 21, № 5

УДК 538.245

К. П. БЕЛОВ, А. Н. ГОРЯГА, Л. А. СКИПЕТРОВА

О ПРИРОДЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ АНОМАЛИЙ МАГНИТНЫХ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАГНЕТИТА

В последнее время появилось довольно много работ [1—4], в которых ставится под сомнение гипотеза Вервея [5] о том, что низкотемпературное превращение в магнетите обусловлено упорядочением ионов Fe³⁺ и Fe²⁺ в В-узлах. Опираясь на большой экспериментальный материал, мы сделали попытку выяснить, что может являться причиной низкотемпературного превращения в магнетите.

Известно, что одной из причин резкого изменения ряда физических свойств ионного вещества является возникновение прямого обмена. В структуре шпинели прямой обмен, т. е. непосредственное перекрытие t_{2g} -орбиталей, возможно только у катионов, находящихся в В-узлах, так как расстояние между ними $R_{ВВ}$ сравнимо с критическим $R_{КР}$. В магнетите, катионное распределение которого имеет вид Fe³⁺[Fe²⁺Fe³⁺]O₄, возможно перекрытие t_{2g} -орбиталей следующих катионов: Fe_B³⁺—Fe_B³⁺, Fe_B²⁺—Fe_B²⁺. Мы рассчитали, что $R_{КР}(Fe^{3+}) = 2,58 \text{ \AA}$ и $R_{КР}(Fe^{2+}) = 2,72 \text{ \AA}$. Следовательно, с понижением темпера-