

ЗАВИСИМОСТЬ МАГНИТООПТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ОТ ОБМЕННЫХ ПОЛЕЙ В КРИСТАЛЛАХ, СОДЕРЖАЩИХ ОКТАКОМПЛЕКСЫ FeO_6^{2-}

Ю. И. Щербаков

Для описания магнитооптических эффектов в ортоферритах и ферритах-гранатах рассматриваются различные механизмы, ответственные за магнитооптическую активность в этих кристаллах.

Так, эффект Фарадея, например, обусловлен разрешенными электродипольными переходами с переносом заряда типа $A_{1g} \rightarrow {}^6T_{1u}$. Большая величина этого эффекта в слабых ферромагнетиках определяется сильными обменно-релятивистскими взаимодействиями типа Дзялошинского—Мория (антиферромагнитный вклад), а в ферритах-гранатах главную роль играет ферромагнитный вклад за счет большой величины намагниченности [1, 2]. Общим для указанных кристаллов является то, что они имеют сравнимые по порядку величины магнитооптические эффекты, хотя намагниченности у слабых ферромагнетиков на порядок меньше, чем у ферритов-гранатов. Интересно установить зависимость между оптической активностью и обменным полем в этих кристаллах.

Как известно, оптическая активность связана с появлением в молекуле вещества наведенных электрического дипольного момента m и магнитного момента μ . Удельное вращение плоскости поляризации света будет иметь, согласно [3], следующий вид:

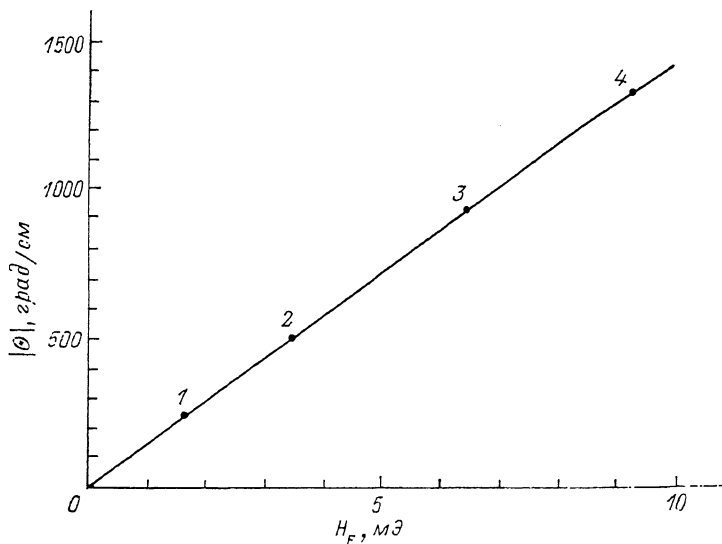
$$\Theta = \text{const} \sum \frac{\text{Im}(m_{0k} \cdot \mu_{k0})}{\omega_{k0}^2 - \omega^2},$$

где ω_{k0} — собственная частота колебаний оптических электронов, ω — частота света, $\text{Im}(m_{0k} \cdot \mu_{k0})$ — вращательная сила перехода $0 \rightarrow k$.

В слабых ферромагнетиках в ортоферрите YFeO_3 , борате железа FeVO_3 , гематите $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ все ионы железа Fe^{3+} , а в феррите-гранате $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ часть ионов Fe^{3+} образуют октакомплексы FeO_6^{2-} . В этих кристаллах магнитными являются только ионы железа. В первом приближении кристаллическое поле в этих соединениях можно считать одинаковым, а спин-орбитальное взаимодействие малым по сравнению с действием кристаллического поля на оптические электроны [4]. Тогда различие в фарадеевском вращении в указанных кристаллах (в $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ рассматривается октаэдрическая подрешетка) будет связано с действием обменного поля H_E и внешнего магнитного поля H . В малых H , необходимых для получения магнитного насыщения кристаллов, фарадеевское вращение будет зависеть только от H_E . На основную роль обменного расщепления энергетических уровней в магнитооптике ферритов-гранатов указали еще в 1961 г. Кричяк и Четкин [5], а в слабых ферромагнетиках — Писарев, Синий и Смоленский [6].

В работе [7] при обсуждении магнитооптических эффектов в качестве внутреннего поля рассматривалось поле $H_{\text{эфф}}$ на ядре, полученное из эффекта Мессбауэра. В настоящей работе рассматривается зависимость эффекта Фарадея от обменных полей $H_E^{\text{экта}}$ между ионами $\text{Fe}^{3+} - \text{O}^{2-} - \text{Fe}^{3+}$ на длине волны $\lambda = 1.15$ мкм при комнатной температуре. На рисунке по оси ординат отложено «чистое» удельное фарадеевское вращение Θ_F , т. е. вращение в отсутствие естественного двулучепреломления при распространении света вдоль направления легкого намагничивания. По оси абсцисс отложены величины обменных полей в мегаэрстедах для соответствующих кристаллов. Для $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ вращение октаэдрической подрешетки взято из работы [2]. Действующее на октаэдриче-

ский ион Fe^{3+} со стороны октаэдрической подрешетки обменное поле равно $H_E^{\text{окта}} = 327 \text{ мЭ}$ [8]. Для YFeO_3 , FeVO_3 и $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ обменные поля H_E были взяты соответственно из работ [9-11]. Из рисунка видно, что величина фарадеевского вращения в магнитоупорядоченных кристаллах, содержащих октакомплексы FeO_6^{3-} , линейно зависит от обменного поля. Из этой зависимости следует, что удельное фарадеевское вращение в гематите на $\lambda = 1.15 \text{ мкм}$ равно примерно 1300 град/см . Для наклона прямой получаем $k = 0.15 \text{ град/см} \cdot \text{кЭ}$, что близко к значению наклона, рассчитанному в [12] для $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ во внешнем магнитном поле.



Зависимость фарадеевского вращения Θ_F от обменного поля H_E .

1 — FeVO_3 , 2 — $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ — окта, 3 — YFeO_3 , 4 — $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

Таким образом, на основании экспериментальных данных получено, что фарадеевское вращение октаэдрической подрешетки феррита-граната, иттриевого ортоферрита, бората железа и гематита пропорционально величине обменного поля $\text{Fe}^{3+}-\text{O}^{2-}-\text{Fe}^{3+}$ в этих кристаллах. Это согласуется с подходом работы [2], где с единых позиций описываются линейные магнитооптические эффекты в кристаллах разных типов, в том числе в ферритах-гранатах и в слабых ферромагнетиках.

Представляет интерес рассмотреть зависимость магнитооптических эффектов от обменных полей H_E и в других кристаллах, содержащих ионы железа. Но при этом нужно учитывать, что, например, в кристаллах маггемита ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), магнетита (Fe_3O_4) наряду с ионами Fe^{3+} присутствуют ионы Fe^{2+} , а в борате железа (Fe_3VO_6) ионы железа находятся в различных координациях.

Список литературы

- [1] Зенков А. В., Кричевцов Б. Б., Москвин А. С., Мукумов Р. М., Писарев Р. В., Рувинштейн М. М. // ЖЭТФ. 1989. Т. 96. № 4 (10). С. 1397—1405.
- [2] Гайдукон Ю. П., Зенков А. В., Копийк С. В., Криничик Г. С., Москвин А. С. // Письма в ЖЭТФ. 1980. Т. 51. № 4. С. 201—203.
- [3] Козман У. Введение в квантовую химию. М.: ИЛ, 1960. 560 с.
- [4] Вонсовский С. В. Магнетизм. М.: Наука, 1971. 1032 с.
- [5] Криничик Г. С., Четкин М. В. // ЖЭТФ. 1961. Т. 41. № 3 (9). С. 673—680.
- [6] Писарев Р. В., Синий И. Г., Смоленский Г. А. // Письма в ЖЭТФ. 1969. Т. 9. № 2. С. 112—116; № 5. С. 294—298.

- [7] Шербаков Ю. И. // Деп. в ВИНТИ. 1989. № 5533-Д89. 7 с.
 [8] Алексеев В. В., Дружинина В. В., Писарев Р. В., Шкарубский В. В. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 4. С. 1048—1054.
 [9] Барьярхтар В. Г., Иванов Б. А., Четкин М. В. // УФН. 1985. Т. 46. № 3. С. 417—458.
 [10] Jantz W., Sandercock J. R., Wettling W. // J. Phys. C: Solid State Phys. 1976. V. 9. N 11. P. 2229—2240.
 [11] Таблицы физических величин. Справочник / Под ред. Н. К. Кикоина. М.: Атомиздат, 1976. 1008 с.
 [12] Бердникова Е. В., Пасарев Р. В. // ФТТ. 1976. Т. 18. № 1. С. 81—87.

Хабаровский
 политехнический институт

Поступило в Редакцию
 25 октября 1990 г.
 В окончательной редакции
 21 августа 1991 г.

УДК 539.16.04; 620.178.152.341.4

© Физика твердого тела, том 34, № 1, 1992
 Solid State Physics, vol. 34, N 1, 1992

ДЕЙСТВИЕ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ ЛЕГИРОВАННЫХ ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ

Г. Е. Гладышев

Облучение легированных щелочно-галлоидных кристаллов (ЩГК) приводит к образованию структурных и электронных дефектов и к изменению состояния примеси. Такие изменения отражаются практически на всех свойствах кристалла, в том числе и на механических. Одним из способов оценки механических свойств является измерение микротвердости. В процессе измерения микротвердости происходит перемещение пластов испытуемого материала за счет движения дислокаций. При этом значение микротвердости тем выше, чем больше концентрация дефектов, эффективно взаимодействующих с дислокациями.

Для всех исследованных нами кристаллов (галогениды калия с примесью свинца, европия, бария) микротвердость H легированных кристаллов выше, чем чистых. С увеличением концентрации примеси (C) H возрастает. На рис. 1 представлены зависимости $H=f(C)$ для состаренных и закаленных кристаллов $KCl-PbCl_2$ ¹. Небольшое плато со стороны малых концентраций вызвано упрочняющим действием неконтролируемых примесей. Аналогичная зависимость наблюдается и после закалки образцов. Следует отметить, что для галогенидов калия (KNaI), легированных свинцом, закалка приводит к понижению H , а для кристаллов с примесью бария — к возрастанию. Слабо влияет закалка на микротвердость $KNaI-Eu^{2+}$.

Для всех исследованных образцов после закалки во время старения (т. е. распада твердого раствора) при комнатной или несколько большей температуре микротвердость сперва возрастает, а затем при временах, больших нескольких недель, понижается. Такое изменение прочности связано с непрерывным изменением агрегатного состояния примеси и свидетельствует о том, что наибольшее упрочнение достигается при образовании ассоциатов некоторых средних размеров. Об этом же говорят и данные других авторов. Так, в работе [1] указывается, что максимальное значение H для $NaCl-Eu^{2+}$ отвечает образованию метастабильных ассоциатов европия, а минимальное — фазовым выделением. По данным авторов работы [2], упрочняющий эффект в CsI дают примеси, кото-

¹ К состаренным относятся образцы, хранившиеся при комнатной температуре более года после выращивания. Закалка производилась охлаждением на металлической подложке при комнатной температуре образцов, предварительно отожженных 15 мин при 500 °С.