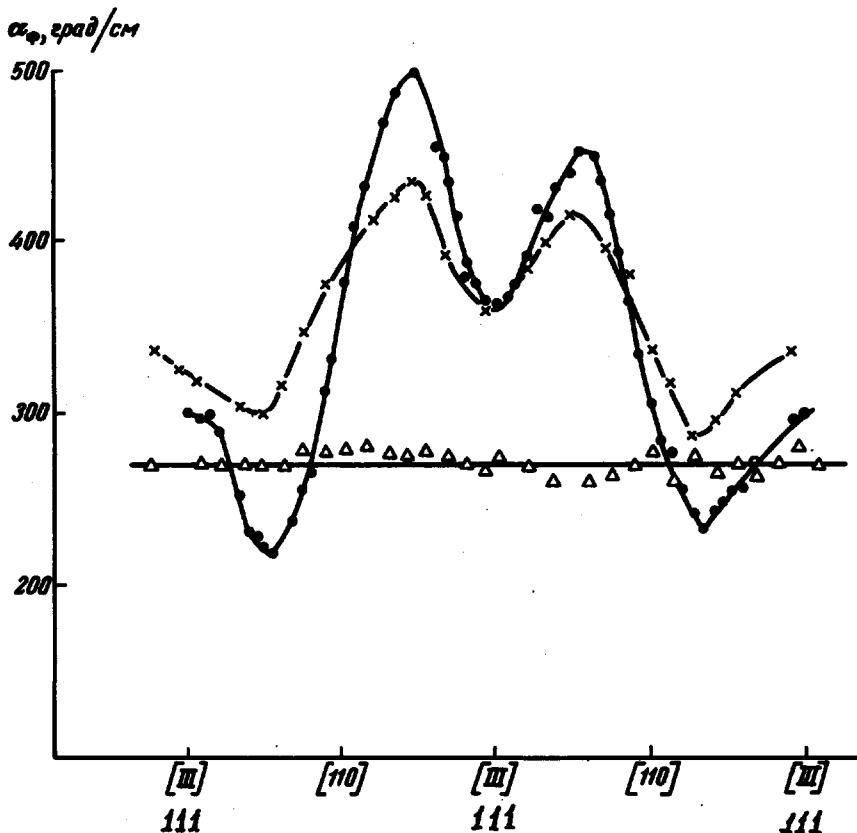


АНИЗОТРОПИЯ ЭФФЕКТА ФАРАДЕЯ В ФЕРРИТАХ-ГРАНАТАХ

М.В.Чепкин, А.Н.Палыгин

Исследованию эффекта Фарадея в прозрачных ферромагнетиках в видимой и инфракрасной областях спектра в широком интервале температур посвящено большое количество работ [1 – 4]. Анизотропия резонансных свойств феррита-граната иттрия с небольшими добавками Тб в области гелиевых температур исследована в [5] и объяснена наличием почти пересекающихся энергетических уровней иона Tb^{3+} .



Эффект Фарадея (α_F , $\text{град}/\text{см}$) в $Tb_3Fe_5O_{12}$ и в $Y_3Fe_5O_{12}$ на длине волн $1,15 \mu\text{м}$ в зависимости от ориентации в плоскости (211):
• • • $Tb_3Fe_5O_{12}, H = 6 \text{ к}o$; × × × $Tb_3Fe_5O_{12}, H = 16 \text{ к}o$;
Δ Δ Δ $Y_3Fe_5O_{12}, H = 6 \text{ к}o$.

В данной работе обнаружена анизотропия эффекта Фарадея в широком интервале инфракрасной области спектра в $Tb_3Fe_5O_{12}$ при комнатной температуре. В качестве источников излучения использовались лазеры на смеси $\text{He} - \text{Ne}$, работающие на длинах волн $1,15$ и $3,39 \mu\text{м}$, и спектрометр ИКС-21 на $5,2 \mu\text{м}$.

Исследования проводились в магнитных полях до 16 кз. Зависимость эффекта Фарадея от направления намагничивающего поля в пластинке $Tb_3Fe_5O_{12}$ толщиной 1,5 мм, вырезанной в плоскости (211), представлена на рисунке для двух значений намагничивающего поля, 6 и 16 кз. Из этого рисунка видно, что эффект Фарадея в $Tb_3Fe_5O_{12}$ при 1,15 мк и комнатной температуре имеет резко анизотропный характер. Исследование эффекта Фарадея в $Y_3Fe_5O_{12}$ при комнатной температуре показало, что в пределах точности эксперимента указанный эффект изотропен. Анизотропия эффекта Фарадея в $Tb_3Fe_5O_{12}$ связана, по-видимому, с анизотропией обменного взаимодействия $Fe^{3+} - Tb^{3+}$ или с анизотропией спин-орбитального расщепления уровней ионов Tb^{3+} . Анизотропия обменного расщепления в $Yb_3Fe_5O_{12}$ наблюдалась при 77°К в работах [6] на полосе поглощения $^2F_{7/2} \rightarrow ^2F_{5/2}$ в районе $\lambda = 1 \text{ мк}$. Анизотропия тонкой структуры полосы поглощения иона Eu^{3+} $^7F_0 \rightarrow ^7F_4$ в $Eu_3Fe_5O_{12}$ исследована в [7]. В исследуемом случае речь идет, по-видимому, об анизотропии обменного или спин-орбитального расщепления оптических переходов в ионе Tb^{3+} в видимой и ультрафиолетовой областях спектра, которые вносят основной вклад в a_F в $Tb_3Fe_5O_{12}$. Весьма значительная анизотропия эффекта Фарадея, совпадающая по характеру симметрии с данными рисунка, наблюдалась нами также на длинах волн 3,39 и 5,2 мк. В последнем случае, однако, получено худшее угловое разрешение. Удельное вращение плоскости поляризации в ферромагнетиках с двумя магнитными подрешетками можно записать в следующем виде [8]:

$$a_F = \frac{2\pi\sqrt{\epsilon}}{c} (\gamma_1 l_1 - \gamma_2 l_2) + A(\omega) + B(\omega).$$

Здесь первый член – частотно независимое вращение, определяемое недиагональной компонентой тензора магнитной проницаемости на оптических частотах, $\gamma_1, \gamma_2, l_1, l_2$ – гиромагнитные отношения и намагниченности железной и редкоземельной подрешеток. $A(\omega)$, $B(\omega)$ – зависящие от частоты излучения вклады в a_F за счет подрешеток Fe^{3+} и Tb^{3+} соответственно. Эффект Фарадея в $Y_3Fe_5O_{12}$ изотропен (рисунок), поэтому можно считать, что $A(\omega)$ изотропно. Вклад в a_F от частотно независимого члена в $Tb_3Fe_5O_{12}$ при 300°К составляет около 300 град/см. Поэтому на длине волны 1,15 мк вклад в анизотропию вызван членом $B(\omega)$. Если эффект Фарадея связан с обменным расщеплением уровней иона Tb^{3+} , то из угловой зависимости $B(\omega)$ можно по-

лучить анизотропию произведения тензоров g и G , входящих в гамильтониан системы [6, 9].

Исследование a_F в области $\lambda > 6,5 \text{ мк}$, где вклад $A(\omega) + B(\omega)$ во вращение плоскости поляризации становится исчезающе малым, позволяет определить анизотропию g -фактора иона Tb^{3+} и объяснить его отличие от g -фактора свободного иона. Из a_F при $\lambda = 1,15 \text{ мк}$ можно будет определить тензор G . Если зависящий от частоты эффект Фарадея в $Tb_3Fe_5O_{12}$ обусловлен спин-орбитальным расщеплением, то для трактовки полученных результатов необходимо построение теории эффекта Фарадея в редкоземельных гранатах, поскольку в настоящее время существует лишь теория для $Y_3Fe_5O_{12}$ [10]. Анизотропия a_F на длине волны $1,15 \text{ мк}$ наблюдалась нами при комнатной температуре и в $Sm_3Fe_5O_{12}$.

Из рисунка видно, что в точках с наибольшим $a_F da_F/dH$ отрицательно и равно 5 град/кз , в точках с наименьшим $a_F da_F/dH > 0$. Таким образом показано, что в $Tb_3Fe_5O_{12}$ da_F/dH в районе $\lambda = 1,15 \text{ мк}$ может быть как отрицательным, что наблюдалось в $Tb_3Fe_5O_{12}$ [11], так и положительным. Уменьшение a_F с ростом H в $Y_3Fe_5O_{12}$ при $\lambda = 6328\text{\AA}$ [12], в ближней инфракрасной области [13] и результаты по исследованию a_F в зависимости от H в $Tb_3Fe_5O_{12}$, возможно, могут быть объяснены смещением края полосы поглощения, рассмотренным Калленом [14].

Представляет интерес расширить частотный и температурный интервал исследования анизотропии a_F . В низкотемпературной области эффективный гамильтониан редкоземельных ионов содержит меньшее число параметров, что существенно для трактовки результатов.

Физический факультет
Московского
государственного университета
им. М.В.Ломоносова

Поступило в редакцию
27 июня 1968 г.

Литература

- [1] М.В.Четкин, А.Н.Шалыгин. ЖЭТФ, 52, 882, 1967.
- [2] M. V. Chetkin, A. N. Shalygin. J. of Appl. Phys., 39, 561, 1968.
- [3] Р.В.Писарев, И.Г.Синий, Г.А.Смоленский. Письма ЖЭТФ, 5, 25, 1967.
- [4] H. J. Guggenheim, H. I. Levinstein, S. Singh. Phys. Rev. Lett., 19, 948, 1967.
- [5] L. F. Dillon, L. N. Walker. Phys. Rev., 124, 1401, 1961.

- [6] K. A. Wickershaim. Phys. Rev., 122, 1376, 1961;
K. A. Wickershaim, R. L. White. Phys. Rev. Lett., 8, 483, 1962.
- [7] Г.С.Кринчик, Г.К.Тютнева. ЖЭТФ, 46, 435, 1964.
- [8] Г.С.Кринчик, М.В.Четкин. ЖЭТФ, 41, 673, 1961.
- [9] W. P. Wolf. Proc. Intern. Conf. Magn., Nottingham. 1964, p. 555.
- [10] A. H. Clogston. J. de Phys et Rad. 20, 151, 1959.
- [11] R. W. Cooper, W. A. Crosseley, I. L. Page, R. F. Pearson. J. of Appl. Phys., 39, 565, 1968.
- [12] Н.Ф.Харченко, В.В.Еременко, Л.И.Белый. ЖЭТФ, 53, 1505, 1967.
- [13] Г.С.Кринчик, С.А.Гущина. ЖЭТФ, 55, вып. 8, 1968.
- [14] E. Callen. Phys. Rev. Lett., 20, 1045, 1968.