

$$\alpha = q(\pi) \left(\frac{1}{\bar{Q}} - \frac{1}{Q} \right),$$

где \bar{Q} — добротность резонатора с отверстием, Q — добротность резонатора без отверстия.

Отметим, что слабая зависимость нагруженной добротности Q_n от размеров отверстия указывает на то, что вывод энергии осуществляется сплошным потоком через дифракционный отражатель.

Приведенные результаты позволяют использовать открытые резонаторы данного типа в лазерах на циклотронном резонансе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zimmerman R. W. — «IEEE Trans. Microwave Theor. and Tech.», MTT — 11, 371, 1963.
2. Богомолов В. Г. — В кн.: Электроника больших мощностей. М., 1965, с. 154.
3. Афонин Д. Г., Девятков М. Н., Пирогов Ю. А. — «Вестн. Моск. ун-та, Сер. мех., мат., astron., физ., химии», № 1, 1968.
4. Белуга И. М. — «Электронная техника», сер. 1, электроника СВЧ, 12, 81, 1968.
5. Moran J. M. — «IEEE J. Quant. Electron.», QE-6, N 2, 93, 1970.
6. Королев Ф. А., Гриднев В. И. — «Радиотехника и электроника», 8, 1481, 1963.
7. Курин А. Ф. — «Изв. вузов. Радиофизика», 10, вып. 8, 1160, 1967.
8. Леонтьев В. В., Пирогов Ю. А. — «Приборы и техника эксперимента» (в печати).

Поступила в редакцию
26.5 1975 г.

Кафедра
оптики

УДК 538.61

М. В. ЧЕТКИН, А. Н. ШАЛЫГИН, А. В. КИРЮШИН

О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ГИДРОМАГНИТНОГО ОТНОШЕНИЯ МАГНИТООПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В ферро- и парамагнитных гранатах в области их прозрачности был обнаружен эффект Фарадея, обусловленный динамической магнитной восприимчивостью на оптических частотах [1]. В [2] этот эффект был описан на основе феноменологического уравнения движения магнитного момента. Квантовомеханическое описание на основе дисперсионных соотношений Крамерса — Гейзенберга проведено в работе [3], где была получена определяющая удельное вращение разность динамических магнитных восприимчивостей для право- и левополяризованных по кругу волн

$$\chi^{(-)} - \chi^{(+)} = \frac{2\beta}{\omega} g_I \overline{\langle M \rangle}. \quad (1)$$

Здесь ω — частота света, $\beta\hbar$ — магнетон Бора, g_I — фактор Ланде, $\overline{\langle M \rangle}$ — среднее значение магнитного момента единицы объема. Выражение (1), полученное суммированием частотно-независимых вкладов от всех магнито-дипольных переходов внутри основного мультиплета, совпадает с результатом, полученным из феноменологического уравнения движения магнитного момента [2], и хорошо описывает индивидуальные вклады магнитных подрешеток в частотно-независимый эффект Фарадея.

В настоящей работе рассчитывается динамическая магнитная восприимчивость на оптических частотах, обусловленная магнито-дипольными переходами внутри основного терма, т. е. между энергетическими уровнями, характеризующимися определенными значениями L и S (но различными J). Для этого запишем общее дисперсионное соотношение Крамерса — Гейзенберга для $\chi^{(-)} - \chi^{(+)}$ в форме [4]

$$\chi^{(-)} - \chi^{(+)} = \frac{N}{\hbar} \sum_{a,b} \frac{\omega}{\omega_{ab}^2 - \omega^2} \{ |\langle a | \hat{\mu}_+ | b \rangle|^2 - |\langle a | \hat{\mu}_- | b \rangle|^2 \} \rho_a, \quad (2)$$

где $\hat{\mu} \pm = \hat{\mu}_x \pm i\hat{\mu}_y$, $\hat{\mu}_x$, $\hat{\mu}_y$ — операторы x - и y -компонента магнитного момента, ω_{ab} — резонансная частота магнито-дипольного перехода $a \rightarrow b$, ρ_a — фактор, определяющий заселенность состояния a , N — число ионов в единице объема. Суммирование ведется по всем переходам внутри основного терма.

Пусть оптические частоты значительно превышают все частоты переходов внутри основного терма, так что можно положить $\omega^2 \gg \omega_{ab}^2$. Тогда, считая в (2) $\hat{\mu} = -\beta(\hat{L} + 2\hat{S})$, проводя суммирование по b и учитывая коммутационные соотношения между x - и y -компонентами механического момента, найдем

$$\chi^{(-)} - \chi^{(+)} = -\frac{2\beta^2}{\omega} N \sum_a \{ \langle a | \hat{L}_z | a \rangle + 4 \langle a | \hat{S}_z | a \rangle \} \rho_a = \frac{2\beta}{\omega} \{ \langle M_L \rangle + 2 \langle M_S \rangle \}, \quad (3)$$

где $\langle M_L \rangle$, $\langle M_S \rangle$ — среднее значение магнитного момента, обусловленного орбитальным и спиновым движением электронов соответственно на единицу объема.

Отметим, что формула (3) содержит два слагаемых, каждое из которых имеет вид (1), с коэффициентами пропорциональности $g_I = 1$ при $\langle M_L \rangle$ и $g_I = 2$ при $\langle M_S \rangle$.

Гиромагнитное отношение g' , измеряемое в опытах Эйнштейна де Гааза [5], определяется соотношением

$$g' = -\frac{1}{\beta} \frac{\langle M_L \rangle + \langle M_S \rangle}{\langle L_z \rangle + \langle S_z \rangle} = \frac{\langle L_z \rangle + 2 \langle S_z \rangle}{\langle L_z \rangle + 2 \langle S_z \rangle}, \quad (4)$$

где

$$\langle L_z \rangle = \sum_a \langle a | \hat{L}_z | a \rangle \rho_a, \quad \langle S_z \rangle = \sum_a \langle a | \hat{S}_z | a \rangle \rho_a.$$

С помощью (4) соотношение (3) можно переписать в следующем виде:

$$\chi^{(-)} - \chi^{(+)} = \frac{2\beta}{\omega} \left(3 - \frac{2}{g'} \right) \langle M \rangle. \quad (5)$$

Подчеркнем, что в отличие от формулы (1), справедливой при условии, что I — хорошее квантовое число, выражение (5) не исключает возможности смешивания различных мультиплетов кристаллическим полем. Соотношение (5) остается справедливым до тех пор, пока сохраняется связь Рассела — Саундерса, гарантирующая, что состояния терма (L , S) имеют пренебрежимо малую примесь волновых функций другого терма (L' , S'), т. е. числа L и S остаются хорошими квантовыми числами.

Следствием формулы (5) является возможность экспериментального нахождения гиромагнитного отношения $g' = g'(T)$ по измеренной величине частотно-независимого фарадеевского вращения или экваториального эффекта Керра на z -компоненте электромагнитной волны [6]. Такой эксперимент, по-видимому, может быть осуществлен, например, в YbAlG и YbGG , непрозрачных в ультрафиолетовой части спектра и хорошо пропускающих в видимой области спектра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кринчик Г. С., Четкин М. В. — ЖЭТФ, 38, 1648, 1960; Четкин М. В., Шалыгин А. Н., Гаевская Ю. Н. — «Изв. АН СССР. Сер. физ.», 36, 1215, 1972.
2. Кринчик Г. С., Четкин М. В. — «Успехи физических наук», 97, 3, 1969; ЖЭТФ, 41, 673, 1961.
3. Четкин М. В., Шалыгин А. Н. и др. — «Физика твердого тела», 17, 131, 1975.
4. Shen Y. R. — «Phys. Rev.», 133, A 511, 1964.
5. Huguenin R., Pells G. P., Baldock D. N. — «J. Phys. F. Metal Phys.», 1, 281, 1971.
6. Кринчик Г. С., Четкин М. В. — «Оптика и спектроскопия», 6, 703, 1959.

Поступила в редакцию
24.6 1975 г.

Кафедра
магнетизма