

Механизм оптического поглощения в ферромагнитных материалах

© А.В. Дружинин, В.И. Варенков, В.А. Кочедыков*, Л.А. Акашев**

Институт физики металлов Уральского отделения Российской академии наук,
620219 Екатеринбург, Россия

* Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук,
620219 Екатеринбург, Россия

** Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук,
620219 Екатеринбург, Россия

E-mail: V.Kochedykov@ihte.uran.ru

Предложен расчет оптического спектра недиагональной компоненты тензора диэлектрической проницаемости ферромагнетика.

Для изучения механизмов поглощения света в твердых телах необходимо выбрать набор макроскопических частотно-зависимых функций, на примере которых можно было бы сравнивать экспериментальные и расчетные спектры.

Таковыми функциями являются комплексные диэлектрическая $\varepsilon(\omega)$ и магнитная $\mu(\omega)$ проницаемости. Однако билинейный характер связи этих величин с комплексным показателем преломления $N = n - ik$ не дает возможности выделить по отдельности их спектры из наблюдаемого экспериментально даже для простого изотропного случая.

Общий вид связи величин ε , μ и N (для анизотропной среды с поглощением) до сих пор не определен. Это обстоятельство привело к тому, что магнитную проницаемость вообще исключили из феноменологического описания оптических явлений.

Неразвитость феноменологии и соответствующая неадекватная трактовка экспериментальных спектров в свою очередь блокируют нахождение однозначных процедур микроскопического расчета комплексных диэлектрической $\varepsilon(\omega)$ и магнитной $\mu(\omega)$ проницаемостей.

Покажем один из возможных вариантов выхода из этой ситуации.

Как известно, линейные по намагниченности \mathbf{M} эффекты в экваториальной геометрии (вектор $\mathbf{M} \parallel \mathbf{Z}$ и перпендикулярен плоскости падения света) дают возможность раздельного измерения недиагональных компонент $\varepsilon_{xy}(\omega)$ и $\mu_{xy}(\omega)$ тензоров диэлектрической [1] и магнитной [2] проницаемостей (в последнем случае диагональные компоненты полагаются равными единице). При сопоставлении экспериментальных и теоретических спектров недиагональных компонент главные трудности возникают при их микроскопическом расчете. Прежде всего функции $\varepsilon_{xy}(\omega)$ и $\mu_{xy}(\omega)$ определяются электронными состояниями с поперечными относительно намагниченности проекциями спинов (любое направление в плоскости xy). Однако существующие расчеты дают информацию об электронных состояниях с проекциями спинов по и против намагниченности (ось z). Наиболее серьезная попытка расчета магнитооптических спектров, оставаясь в рамках этого несоответствия, не показывает убедительного согласия с экспериментом [3].

На рисунке приведены результаты измерений действительной части величины $\omega^2 \varepsilon_{xy}(\omega)$ [1] для железа (пунктир), считавшийся лучшим расчет [3] (штриховая линия) и результат настоящей работы (сплошная линия).

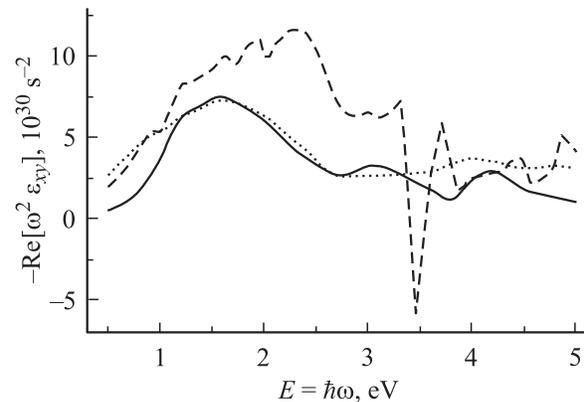
Рассчитанная нами спектральная зависимость, хорошо совпадающая с экспериментальной кривой в главных особенностях, была получена без подгонок.

При расчете использовались энергетические плотности состояний для железа [4]. Из этих плотностей состояний (продольных в смысле проекций спина относительно намагниченности) были получены новые функции, соответствующие энергетическим плотностям поперечных электрических дипольных электронных состояний: $g_{\Rightarrow}, g_{\Leftarrow}, G_{\Rightarrow}, G_{\Leftarrow}$.

Действительная и мнимая части недиагональной диэлектрической проницаемости могут быть найдены по формуле

$$\int_{E_r}^{E_r+h\omega} G_{\Rightarrow}(E-h\omega)G'_{\Rightarrow}(E)dE - \int_{E_r}^{E_r+h\omega} G_{\Leftarrow}(E-h\omega)G'_{\Leftarrow}(E)dE,$$

где интегралы, связывающие занятые и свободные (со штрихом) электронные состояния, определены также, как в [5].



Результаты измерений действительной части величины $\omega^2 \varepsilon_{xy}(\omega)$ [1] для железа (пунктир). Штриховая линия — расчет [3], сплошная — результат настоящей работы.

Список литературы

- [1] Г.С. Кринчик, В.А. Артемьев. ЖЭТФ **53**, 6(12), 1901 (1967).
- [2] И.Д. Лобов, А.В. Дружинин, В.М. Маевский. ФММ **83**, 4, 81 (1997).
- [3] Ю.А. Успенский, С.В. Халилов. ЖЭТФ **95**, 3, 1022 (1989).
- [4] L.M. Sandratskii, P.G. Guletskii. Phys. Stat. Sol. (b) **154**, 623 (1989).
- [5] C.N. Berglund, W.E. Spicer. Phys. Rev. **136**, 4A, 1030 (1964).