РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА БИИЗОТРОПНОМ ШАРЕ В БИИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ

Кондратюк В.В.
Руководитель Капшай В.Н.

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины
246699, г. Гомель, ул. Советская, 104

Настоящая работа посвящена решению граничной задачи о рассеянии плоской циркулярно поляризованной электромагнитной волны на биизотропном шаре радиуса R, помещенном в биизотропную среду с другими параметрами.

Для решения поставленной задачи удобно использовать сферические электромагнитные волны (СЭВ) в биизотропной среде, найденные в [1]. Тогда электрические напряженности падающей, рассеянной и внутренней волн с использованием СЭВ запишутся в виде

$$\vec{E}_{\nu}^{пад}(\vec{r})=\sum_{J=1}^{\infty}E_J\vec{F}_{J\nu\nu}^{(j)}(k_\nu\,|\,\vec{r}),$$

$$\vec{E}_{\nu}^{рас}(\vec{r})=-\sum_{J=1}^{\infty}E_J\sum_{\sigma=\pm1}f_{\sigma\nu}^{J}\vec{F}_{J\sigma\nu}^{(h^1)}(k_\sigma\,|\,\vec{r}), \tag{1}$$

$$\vec{E}_{\nu}^{вн}(\vec{r})=\sum_{J=1}^{\infty}E_J\sum_{\sigma=\pm1}g_{\sigma\nu}^{J}\vec{F}_{J\sigma\nu}^{(j)}(k_\sigma^1\,|\,\vec{r}),$$

где

$$\vec{F}_{J\sigma M}^{(z)}(k\,|\,\vec{r})=z_J(kr)\vec{Y}_{JM}^{J}(\vec{n}_r)-$$
$$-i\sigma\left[a_J z_{J+1}(kr)\vec{Y}_{JM}^{J+1}(\vec{n}_r)-b_J z_{J-1}(kr)\vec{Y}_{JM}^{J-1}(\vec{n}_r)\right]$$

– сферические волны, $z_L(kr)$ – одна из сферических функций,

$$a_J=\sqrt{J/(2J+1)},\ b_J=\sqrt{1-a_J^2},\ \vec{Y}_{JM}^{L}(\vec{n}_r)=\sum_{m,\mu}C_{Lm1\mu}^{JM}Y_{Lm}(\vec{n}_r)\vec{e}_\mu$$

– шаровые векторы, $C_{Lm1\mu}^{JM}$ – коэффициенты Клебша-Гордана группы трехмерных вращений, $Y_{Lm}(\vec{n}_r)$ – обычные сферические гармоники, $\vec{e}_\mu$ – циклические орты,

$$k_\nu = \left(\sqrt{\varepsilon\mu - \chi^2} + \nu\alpha\right)\omega / c \quad (\nu = \pm 1)$$

– волновые числа, $k_\sigma^1 = \left(\sqrt{\varepsilon_1\mu_1 - \chi_1^2} + \sigma\alpha_1\right)\omega / c$ – волновые числа внутренней волны, а $f_{\sigma\nu}^J$ и $g_{\sigma\nu}^J$ – коэффициенты, подлежащие определению. Используя уравнения Максвелла и материальные уравнения для биизотропной среды, можно найти магнитные напряженности этих полей.

Граничные условия требуют непрерывности тангенциальных составляющих напряженностей электрического и магнитного полей на поверхности шара (сфера радиуса R). Решая получающуюся при этом систему уравнений, коэффициенты $f_{\sigma\nu}^J$ и $g_{\sigma\nu}^J$ представим в виде

$$f_{\sigma\nu}^J = \left(k_\sigma \Delta_{\sigma\nu}^f\right)\cdot\left(k_\nu \Delta\right)^{-1}, \quad g_{\sigma\nu}^J = \left(k_\sigma^1 \Delta_{\sigma\nu}^g\right)\cdot\left(k_\nu \Delta\right)^{-1}. \qquad (2)$$

Здесь, например, Δ – главный определитель системы, который имеет вид

$$\begin{aligned}\Delta = &\left[\delta_+\delta_+^1 + \delta_-\delta_-^1\right] W(h_+ j_+) W(j_- h_-) - \\ &-\left[\delta_+\delta_- + \delta_+^1\delta_-^1\right] \Pi(h_+ h_-) \Pi(j_- j_+) + \\ &+\left[\delta_+\delta_-^1 + \delta_-\delta_+^1\right] \Pi(h_- j_+) \Pi(h_+ j_-),\end{aligned}$$

$\Delta_{\sigma\nu}^f$, $\Delta_{\sigma\nu}^g$ – аналогичные определители. Мы используем следующие обозначения

$$W(y_1 y_2) = y_1 y_2' - y_1' y_2, \qquad \Pi(y_1 y_2) = y_1 y_2' + y_1' y_2,$$

$$\delta_\nu = \left(\chi + i\nu\sqrt{\varepsilon\mu - \chi^2}\right)\mu^{-1}, \qquad \delta_\nu^1 = \left(\chi_1 + i\nu\sqrt{\varepsilon_1\mu_1 - \chi_1^2}\right)\mu_1^{-1}.$$

Выражения для коэффициентов рассеянного и внутреннего полей проанализированы численно для различных значений параметров среды. В предельном случае при $\chi = 0$ наш результат переходит в полученный в [2] для естественно гиротропных сред.

1. Кондратюк В.В. Сферические электромагнитные волны в биизотропной среде// Тезисы докладов 6—ой Республиканской научной конференции студентов и аспирантов по ФКС. – Гродно: ГрГУ, 1998. – С.89.
2. Годлевская А.Н., Капшай В.Н. Рассеяние электромагнитных волн на сферически- симметричных частицах в естественно-гиротропной среде// Оптика и спектроскопия. – 1990. – Т. 68. – В. 1. – С. 122-126.

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ КОБАЛЬТА ПРИ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

Корнийчук М.Б.
Руководитель Анищик В.М.

Белорусский государственный университет
220080, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 4

Использование ионной имплантации позволяет модифицировать поверхностные слои металлов, изменяя их механические, трибологические и коррозионные свойства без термического воздействия. Известно несколько механизмов упрочнения поверхностных слоев металлов [1]. В первую очередь к этим механизмам относят упрочнение, связанное с образованием радиационных дефектов, с выделением мелкодисперсных фаз и появлением твердых растворов.

В массивные поликристаллические образцы кобальта имплантировались ионы бора, азота, аргона и сурьмы (табл. 1).

Микротвердость образцов измерялась на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузках на индентор 20, 30 и 40 г и выдержке 10 сек, что позволило определить микротвердость на глубине до 2,6 мкм. Погрешность измерений не превышала 5%.

Было установлено, что с увеличением глубины происходит уменьшение микротвердости кобальта, имплантированного ионами примеси. Проведенная с помощью программы TRIM