Изв. АН Армянской ССР, Физика, 1, 121—124 (1966)

ПРОХОЖДЕНИЕ ПЛОСКОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ БИГИРОТРОПНУЮ ПЛАСТИНКУ

О. С. ЕРИЦЯН

В работе рассмотрено прохождение плоской электромагнитной волны через бигиротропную пластинку. Получено уравнение Френеля для такой среды. Получены и исследованы проходящая и отраженная волны в случае нормального падения.

Рассмотрено прохождение электромагнитной волны через пластинку, в которой имеет место электрическая и магнитная гиротропия.

1. Материальные уравнения для среды с электрической и магнитной гиротропией имеют следующий вид:

$$D_i = \varepsilon_{ik} E_k,$$

$$B_i = \mu_{ik} H_k,$$

где

$$\varepsilon_{ik} = \begin{pmatrix} \varepsilon & -i\varepsilon_2 & 0 \\ i\varepsilon_2 & \varepsilon & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_1 \end{pmatrix}$$

$$\mu_{ik} = \begin{pmatrix} \mu & -i\mu_2 & 0 \\ i\mu_2 & \mu & 0 \\ 0 & 0 & \mu_1 \end{pmatrix}$$

„Показатель преломления“ $\vec{n} = \frac{c}{\omega}\vec{k}$ для такой среды удовлетворяет уравнению

$$n^4 (\mu \sin^2 \Theta + \mu_1 \cos^2 \Theta) (\varepsilon \sin^2 \theta + \varepsilon_1 \cos^2 \Theta) -$$

$$- n^2 \{[\varepsilon\varepsilon_1 (\mu^2 - \mu_2^2) + \mu\mu_1 (\varepsilon^2 - \varepsilon_2^2)] \sin^2 \Theta + 2\mu_1\varepsilon_1 (\mu\varepsilon + \mu_2\varepsilon_2) \cos^2 \Theta\} +$$

$$+ \mu_1\varepsilon_1 (\varepsilon^2 - \varepsilon_2^2) (\mu^2 - \mu_2^2) = 0,$$

где Θ угол между осью Oz и направлением волнового вектора $\vec{k}$;

Для случая нормального падения имеем

$$n^{\pm} = \sqrt{(\mu \pm \mu_2) (\varepsilon \pm \varepsilon_2)}.$$

2. В случае нормального падения в пластинке будут иметь место четыре волны, которые соответствуют двум различным направлениям распространения и двум различным значениям k: k^+ и k^-.

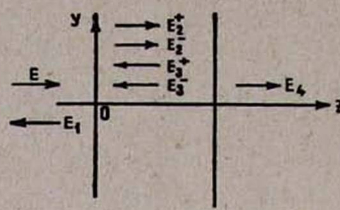

Рис. 1.

Для обоих направлений распространения получается следующее соотношение между x и y-компонентами поля:

$$E_y^{\pm} = \pm\, iE_x^{\pm},$$

т. е. имеет место правая и левая круговая поляризация.

3. Пусть волна падает из пустоты на пластинку; вектор поляризации падающей волны направлен по оси $y - \vec{E}\,(E_y)$. Условия непрерывности тангенциальных компонент полей дают следующие выражения для отраженной $(\vec{E}_1)$ и проходящей $(\vec{E}_4)$ волн:

$$E_{1x} = \sqrt{G_1}\cdot e^{i\psi_1}\,\frac{4E}{\Delta_1\Delta_2},$$

$$G_1 = [\alpha^-(1-\alpha^{+2}\sin k^+d\cdot\cos k^-d - \alpha^+(1-\alpha^{-2})\sin k^-d\cdot\cos k^+d]^2 + \\ + [(\alpha^{-2}-\alpha^{+2})\sin k^+d\cdot\sin k^-d]^2,$$

$$\operatorname{tg}\psi_1 = -\frac{(\alpha^{-2}-\alpha^{+2})\sin k^+d\cdot\sin k^-d}{\alpha^-(1-\alpha^{+2})\sin k^+d\cos k^-d - \alpha^+(1-\alpha^{-2})\sin k^-d\cos k^+d},$$

$$E_{1y} = \sqrt{G_2}\cdot e^{i\psi_2}\,\frac{4E}{\Delta_1\Delta_2},$$

$$G_2 = [\alpha^-(1-\alpha^{+2})\sin k^+d\cos k^-d + \alpha^+(1-\alpha^{-2})\sin k^-d\cos k^+d]^2 + \\ + [(1-\alpha^{+2}\alpha^{-2})\sin k^+d\sin k^-d]^2,$$

$$\operatorname{tg}\psi_2 = -\frac{\alpha^-(1-\alpha^{+2})\sin k^+d\cos k^-d + \alpha^+(1-\alpha^{-2})\cos k^+d\sin k^-d}{(1-\alpha^{+2}\alpha^{-2})\sin k^+d\sin k^-d},$$

$$E_{4x} = \sqrt{G_3}\cdot e^{i\psi_3}\,\frac{4E}{\Delta_1\Delta_2},$$

$$G_3 = [2\alpha^+\alpha^-(\cos k^+d - \cos k^-d)]^2 + [\alpha^-(1+\alpha^{+2})\sin k^+d - \\ - \alpha^+(1+\alpha^{-2})\sin k^-d]^2$$

$$\operatorname{tg}\psi_3 = \frac{2\alpha^+\alpha^-(\cos k^+d - \cos k^-d)}{\alpha^-(1+\alpha^{+2})\sin k^+d - \alpha^+(1+\alpha^{-2})\sin k^-d},$$

$$E_{4y} = \sqrt{G_4} \cdot e^{i\psi_4} \frac{4E}{\Delta_1 \Delta_2},$$

$$G_4 = [2\alpha^+ \alpha^- (\cos k^+ d + \cos k^- d)]^2 + [\alpha^- (1 + \alpha^{+2}) \sin k^+ d + \\ + \alpha^+ (1 + \alpha^{-2}) \sin k^- d]^2,$$

$$\operatorname{tg} \psi_4 = - \frac{\alpha^- (1 + \alpha^{+2}) \sin k^+ d + \alpha^+ (1 + \alpha^{-2}) \sin k^- d}{2\alpha^+ \alpha^- (\cos k^+ d + \cos k^- d)},$$

где

$$\Delta_1 = 4\alpha^+ \cos k^+ d - i \cdot 2 (1 + \alpha^{+2}) \cdot \sin k^+ d,$$

$$\Delta_2 = 4\alpha^- \cos k^- d - i \cdot 2 (1 + \alpha^{-2}) \cdot \sin k^- d,$$

$$\alpha^\pm = \sqrt{\frac{\varepsilon \pm \varepsilon_2}{\mu \pm \mu_2}}.$$

Из этих формул видно, что вследствие многократных отражений от границ пластинки x и y-компоненты проходящей и отраженной волн имеют различные фазы. Для фаз x и y-компонент отраженной волны имеем соответственно:

$$\psi_1 = - \operatorname{arctg} \frac{(\alpha^{-2} - \alpha^{+2}) \sin k^+ d \sin k^- d}{\alpha^- (1 - \alpha^{+2}) \sin k^+ d \cos k^- d - \alpha^+ (1 - \alpha^{-2}) \sin k^- d \cos k^+ d},$$

$$\psi_2 = - \operatorname{arctg} \frac{\alpha^- (1 - \alpha^{+2}) \sin k^+ d \cos k^- d + \alpha^+ (1 - \alpha^{-2}) \cos k^+ d \sin k^- d}{(1 - \alpha^{+2} \alpha^{-2}) \sin k^+ d \sin k^- d}$$

и для компонент проходящей волны:

$$\psi_3 = \operatorname{arctg} \frac{2\alpha^+ \alpha^- (\cos k^+ d - \cos k^- d)}{\alpha^- (1 + \alpha^{+2}) \sin k^+ d - \alpha^+ (1 + \alpha^{-2}) \sin k^- d},$$

$$\psi_4 = - \operatorname{arctg} \frac{\alpha^- (1 + \alpha^{+2}) \sin k^+ d + \alpha^+ (1 + \alpha^{-2}) \sin k^- d}{2\alpha^+ \alpha^- (\cos k^+ d + \cos k^- d)}.$$

Угол поворота плоскости поляризации отраженной волны определяется отношением модулей E_{1y} и E_{1x}:

$$\psi_{\text{отр}} = \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{G_2}}{\sqrt{G_1}}$$

и для проходящей волны:

$$\psi_{\text{прох}} = \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{G_4}}{\sqrt{G_3}}.$$

Конечные формулы могут быть применены для определения параметров пластинки.

В заключение приношу глубокую благодарность О. С. Мергеляну за обсуждение результатов.

ЦНИ физико-техническая лаборатория
АН АрмССР

Поступила 5 ноября 1965

ЛИТЕРАТУРА

1. *Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц*, Электродинамика сплошных сред. Физматгиз, М., 1959.
2. *О. С. Мергелян*, Изв. АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, 15, 75 (1962).
3. *Ю. М. Айвазян, О. С. Мергелян*, Изв. АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, 17, 125 (1964).

ՀԱՐԹ ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԱԼԻՔԻ ԱՆՑՈՒՄԸ ԲԻՀԻՐՈՏՐՈՊ ԹԻԹԵՂԻ ՄԻՋՈՎ

Հ. Ս. ԵՐԻՑՅԱՆ

Դիտարկված է էլեկտրամագնիսական ալիքի անցումը բիհիրոտրոպ թիթեղի միջով։ Ստացված են Ֆրենելի բանաձևերը այդպիսի միջավայրերի համար։ Նորմալ անցման դեպքի համար ստացված են արտահայտություններ անդրադարձող և անցնող ալիքների, ինչպես և այդ ալիքների բևեռացման հարթության պտտման անկյան համար։

THE PASSAGE OF PLANE ELECTROMAGNETIC WAVES THROUGH THE BIGIROTROPIC SHEET

by O. S. YERITSIAN

The passage of the electromagnetic wave through the bigirotropic sheet is discussed in the paper. Frensel's equation is obtained for a similar medium. Passing and reflected waves are derived and examined for normal passage.