

УДК 548.0

К ПРОБЛЕМЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ДВУХ ФОРМУЛИРОВОК МАТЕРИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ЕСТЕСТВЕННО ГИРОТРОПНЫХ СРЕД

О.С. ЕРИЦЯН, Ж.Б. ХАЧАТРЯН, А.А. ПАПОЯН, О.М. АРАКЕЛЯН

Ереванский государственный университет, Армения

(Поступила в редакцию 11 апреля 2012 г.)

Изучено поведение вращения плоскости поляризации при переходе от положительных диэлектрической и магнитной проницаемостей гиротропной среды к отрицательным в двух системах материальных уравнений таких сред.

1. Введение

В настоящее время в научной литературе пользуются двумя формулировками системы материальных уравнений естественно гиротропных сред [1,2]. Обе формулировки удовлетворяют закону сохранения энергии, хотя формы вектора Пойнтинга, а также граничные условия, различны. В [3] показано, что эти системы материальных уравнений приводят к разным волновым уравнениям для неоднородной среды. В настоящей работе показано, что поворот плоскости поляризации ведет себя различным образом при переходе от положительных значений диэлектрической и магнитной проницаемостей к отрицательным; это позволяет считать, что упомянутые материальные уравнения неэквивалентны.

2. Две системы материальных уравнений для однородной изотропной гиротропной среды

Система уравнений в форме, которой придерживаются авторы монографии [1], имеет вид

$$\begin{aligned} \mathbf{D} &= \varepsilon \mathbf{E} + \gamma \text{rot} \mathbf{E}, \\ \mathbf{B} &= \mu \mathbf{H}. \end{aligned} \tag{1}$$

В работе [1] магнитная проницаемость считается равной единице в оптической области частот, в соответствии с [4]. Поэтому постановка задачи настоящей статьи предполагает переход в область меньших частот, в которой магнитная проницаемость может отличаться от единицы. Это соответствует области частот, для которой конструируются искусственные среды с отрицательными ε и μ [5].

Другая система материальных уравнений предложена в [2] и имеет вид

$$\begin{aligned}\mathbf{D} &= \varepsilon \mathbf{E} + \varepsilon \alpha \operatorname{rot} \mathbf{E}, \\ \mathbf{B} &= \mu \mathbf{H} + \mu \alpha \operatorname{rot} \mathbf{H}.\end{aligned}\quad (2)$$

3. Дисперсионные уравнения и поворот плоскости поляризации

Дисперсионное уравнение при использовании системы (1) имеет вид

$$k^4 - \left(2 \frac{\omega^2}{c^2} \mu \varepsilon + \frac{\omega^4}{c^4} \mu^2 \gamma^2 \right) k^2 + \frac{\omega^4}{c^4} \mu^2 \varepsilon^2 = 0. \quad (3)$$

Ограничиваясь величинами, содержащими g в степени не выше первой, получаем:

$$k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \mu \varepsilon \left(1 \pm \frac{\frac{\omega}{c} \mu \gamma}{\sqrt{\mu \varepsilon}} \right). \quad (4)$$

Поворот плоскости поляризации $\varphi_{(1)}$ на длине пути луча l равен

$$\varphi_{(1)} = \frac{1}{2} \frac{\omega^2}{c^2} \mu \gamma l. \quad (5)$$

При пользовании системой материальных уравнений (2) дисперсионное уравнение имеет вид

$$k^4 \left(1 + \frac{\omega^4}{c^4} \varepsilon^2 \mu^2 \alpha^4 - 2 \frac{\omega^2}{c^2} \varepsilon \mu \alpha^2 \right) - 2 \left(\frac{\omega^4}{c^4} \varepsilon^2 \mu^2 \alpha^4 + \frac{\omega^2}{c^2} \mu \varepsilon \right) k^2 + \frac{\omega^4}{c^4} \mu^2 \varepsilon^2 = 0. \quad (6)$$

Ограничиваясь, как и выше, членами, содержащими параметр гиротропии в степени не выше первой, получаем

$$k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \mu \varepsilon \pm 2 \frac{\omega^2}{c^2} \varepsilon \mu \left(\frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon \mu} \alpha \right). \quad (7)$$

Поворот плоскости поляризации $\varphi_{(2)}$ на длине пути луча l равен

$$\varphi_{(2)} = \frac{\omega^2}{c^2} \varepsilon \mu \alpha l. \quad (8)$$

4. Обсуждение

Согласно формуле (5), поворот плоскости поляризации меняет знак при переходе от сред с $\varepsilon > 0$, $\mu > 0$ к средам с $\varepsilon < 0$, $\mu < 0$, а поворот (8) не меняет своего знака. При одновременном изменении знаков ε , μ и параметра гиротропии поворот (5) не меняет своего знака, а поворот (8) меняет. В этом смысле системы материальных уравнений (1) и (2) не являются эквивалентными друг другу, хотя они не только обе удовлетворяют закону сохранения энергии, но и соответствующие повороты могут быть отождествлены с соотношением $\gamma = 2\varepsilon\alpha$.

Отметим, что отличие между этими системами имеется также для сред с открытой поверхностью волновых векторов [6-8].

Результаты данной работы могут быть использованы для экспериментального подтверждения того, какое из приведенных материальных уравнений соответствует действительности, а также при разработке искусственных гиротропных сред с заданными параметрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. **В.М.Агранович, В.Л.Гинзбург.** Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. М., Наука, 1979.
2. **Ф.И.Федоров.** Теория гиротропии. Минск, Наука и техника, 1976.
3. **А.Г.Галумян, О.М.Аракелян.** Уч. записки ЕГУ, **3**, 35 (2002).
4. **Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц.** Электродинамика сплошных сред. М., Наука, 1972.
5. **J.N.Gollub, J.Y.Chin, T.J.Cui, D.R.Smith.** Optics Express, **17**, 2122 (2009).
6. **О.С.Ерицян.** Кристаллография, **33**, 461 (1978).
7. **О.С.Ерицян.** Оптика гиротропных сред и холестерических жидких кристаллов. Ереван, Айастан, 1988.
8. **О.С.Ерицян, А.А.Папоян, О.М.Аракелян.** Изв. НАН Армении, Физика, **43**, 252 (2008).

ԲՆԱԿԱՆ ԳԻՐՈՏՏՐՈՊ ՄԻՋԱՎԱՅՐԵՐԻ ՆՅՈՒԹԱԿԱՆ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ
ԵՐԿՈՒ ԶԵՎԱԿԵՐՊՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐԺԵՔՈՒԹՅԱՆ ԽՆԴԻ ՄԱՍԻՆ

Հ.Ս. ԵՐԻՑՅԱՆ, Ժ.Բ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Ա.Ա. ՊԱՊՈՅԱՆ, Հ.Մ. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ

Քննարկված է միջավայրի պարամետրերի նշանի փոփոխության ազդեցությունը բնե-
նացման հարթության պտույտի նշանի վրա՝ իզոտրոպ համասեռ բնական գիրոտրոպ միջա-
վայրերում՝ նյութական հավասարումների երկու ընդունված ձևակերպումների շրջանակ-
ներում:

THE PROBLEM OF EQUIVALENCE OF TWO FORMULATIONS OF MATERIAL EQUATIONS FOR NATURAL GYROTROPIC MEDIA

H.S. ERITSYAN, J.B. KHACHATRYAN, A.A. PAPOYAN, H.M. ARAKELYAN

The medium parameter signs influence on the polarization plane rotation is considered for
gyrotropic homogeneous isotropic media in the cases of two formulations of material equations.