

УДК 538.561

ВЛИЯНИЕ ИЗОТРОПНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИХ
ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ

А. А. ГЕВОРГЯН

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 10 марта 1982 г.)

Приведены результаты изучения зависимости некоторых оптических характеристик от частоты при наличии дисперсии и поглощения. Изучено влияние дисперсии диэлектрической проницаемости на частотный ход волновых чисел и в рамках этих зависимостей интерпретирован частотный ход коэффициента отражения.

Оптическим свойствам холестерических жидких кристаллов при наличии поглощения посвящен ряд работ [1—5]. В частности, в [1, 2] предсказано явление подавления анизотропного поглощения дифракционным отражением. В указанных работах основное внимание обращено на факт наличия поглощения. В настоящей статье мы приводим результаты изучения частотной зависимости некоторых оптических характеристик при наличии изотропного поглощения, зависящего от частоты.

Будем исходить из дисперсионного уравнения, записанного в поворачивающейся системе координат [6]. Оно имеет вид (при распространении монохроматической волны с частотой ω вдоль оси спиральности):

$$\left(\frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{xx} - k^2 - a^2\right) \left(\frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{yy} - k^2 - a^2\right) - 4a^2 k^2 = 0. \quad (1)$$

Решая это уравнение относительно $k = 2\pi/\lambda$ (λ — пространственный период поля в поворачивающейся системе координат), получаем

$$k^{\pm 2} = \frac{\omega^2}{c^2} \frac{\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy}}{2} + a^2 \pm \sqrt{\left(\frac{\omega^2}{c^2} \frac{\epsilon_{xx} - \epsilon_{yy}}{2}\right)^2 + 4a^2 \frac{\omega^2}{c^2} \frac{\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy}}{2}}, \quad (2)$$

k^+ и k^- будем, для краткости, называть нерезонансным и резонансным волновыми числами в поворачивающейся системе.

Волновые числа K в лабораторной системе равны

$$K = k \pm a \quad (3)$$

и, как известно [5], обладают мнимой частью в брэгговской области независимо от наличия истинного поглощения.

Для рассмотрения эффектов поглощения будем считать, что ϵ_{xx} и ϵ не являются постоянными, а имеют вид

$$\epsilon_{xx, yy} = \epsilon_{0xx, yy} + A[(\omega_0^2 - \omega^2) + i\gamma\omega]^{-1}. \quad (4)$$

Скалярный характер A означает, что имеются в виду центры с изотропным поглощением, как, например, атомы растворенного поглощающего вещества.

Зависимости k^+ и k^- качественно сходны с зависимостями $\epsilon'_{xx,yy}$ и $\epsilon''_{xx,yy}$. Это обусловлено тем, что k^+ приближенно можно представить в виде

$$k^+ \approx \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy}}{2}} + a,$$

откуда и получается указанное сходство.

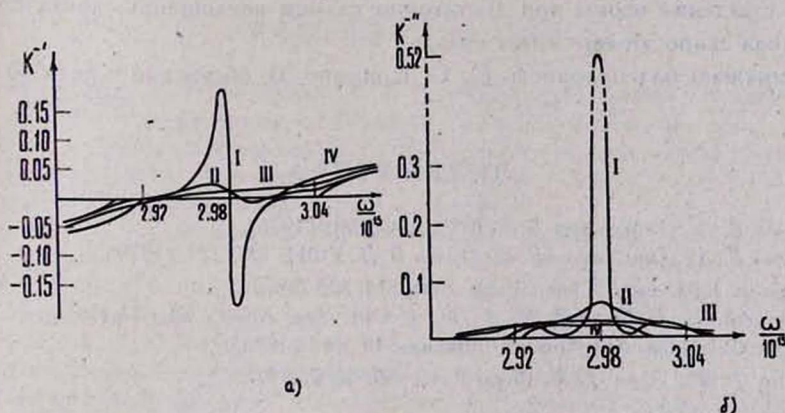
Ниже приводятся графики частотной зависимости действительной и мнимой частей k^+ и k^- при разных значениях γ ($\omega_0 = 2,98 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$, $A = 2 \cdot 10^{28} \text{ с}^{-2}$, $\epsilon_{0xx} = 2,29$, $\epsilon_{0yy} = 2,143$).

Вблизи линии поглощения действительная часть величины

$$k^+ = + \sqrt{k^{+2}} \quad (5)$$

сильно отклоняется от своего значения при $A = 0$. Это обусловлено сильным изменением диэлектрической проницаемости. При уширении линии поглощения влияние дисперсии сказывается меньше. При отсутствии дисперсии мнимая часть $k^{+*} = 0$. При наличии дисперсии k^{+*} отличается от нуля и имеет пик на резонансной частоте. При уширении линии поглощения графики сглаживаются.

На рисунке представлены графики k^+ и k^- . При малой ширине линии поглощения k^- имеет два экстремума, а k^+ имеет три пика: два боковых обусловлены периодической неоднородностью среды и приводят к



Действительная (k^+) и мнимая (k^-) части резонансных волновых чисел:

I) $\gamma = 4 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$; II) $\gamma = 40 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$; III) $\gamma = 200 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$; IV) $A = 0$.

образованию двух областей брэгговского отражения, а третий — большой пик — обусловлен истинным поглощением. Экстремумы k^- , как и следовало ожидать, получаются при частотах, на которых находятся экстремумы величины $\epsilon_{xx,yy}$.

При уширении линии поглощения, т. е. увеличении γ , частотная зависимость $\epsilon'_{xx}, \epsilon''_{xx}$ и $\epsilon'_{yy}, \epsilon''_{yy}$ сглаживается, и приближенно можно считать, что к диэлектрической проницаемости добавлено малое, почти постоянное (не зависящее от частоты) поглощение. При этом величины $k^{\pm'}$, $k^{\pm''}$ стремятся к значениям, которые они имеют при наличии малого поглощения, не зависящего от частоты.

Как было показано в [5], коэффициент отражения от полупространства имеет два больших пика, между которыми имеется слабый пичок. Этот результат может быть интерпретирован в соответствии с объяснением, данным в [5], на основе графика k^- : большие пики коэффициента отражения, связанные с дифракционным характером распространения света, обусловлены двумя боковыми пиками k^- , а маленький пичок — увеличением k^- , обусловленным сильным поглощением, приводящим к увеличению оптической плотности среды.

При уширении линии поглощения опять приходим к наличию одной области брэгговского отражения, которая уже выражена менее сильно [5]. На графиках k^- это проявляется в том, что вместо трех пиков получается один пологий максимум.

Сопоставляя графики действительной и мнимой частей волнового вектора с графиком для коэффициента отражения, можно заключить, что с появлением действительной части у k^- коэффициент отражения уменьшается. Это можно качественно объяснить с помощью групповой скорости. Если нет поглощения, то с приближением к границам частотной области, в которой k^- становится мнимой, k^- стремится к нулю. Групповая скорость волн (в лабораторной системе) $\partial\omega/\partial(k^- \pm a)$ при этом оказывается пропорциональной k^- и, следовательно, стремится к нулю. При наличии же поглощения k^- и групповая скорость не обращаются в нуль. Конечно, эти рассуждения верны при достаточно слабом поглощении, когда понятие групповой скорости еще имеет смысл.

Выражаю благодарность О. С. Ерицяну за обсуждение результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляков В. А., Дмитриенко В. Е. ФТТ, 18, 2880 (1976).
2. Беляков В. А., Дмитриенко В. Е., Орлов В. П. УФН, 127, 221 (1979).
3. Sakmann E., Voss J. Chem. Phys. Lett., 14, 528 (1972).
4. Holzwarth G., Holzwarzh N. A. W. J. Opt. Soc. Amer., 63, 324 (1973).
5. Ериця О. С. Изв. АН АрмССР, Физика, 16, 449 (1981).
6. Shelton J. W., Shen J. R. Phys. Rev., A5, 1837 (1972).

ԽՈՒՆՍՏԵՐԻՆԱՅԻՆ ՀԵՂՈՒԿ ԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ
ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ ԿԼԱՆՄԱՆ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ

Ա. Հ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

Բերված են կլանման և դիսպերսիայի անկախությամբ խոլեստերինային հեղուկ բյուրեղների օպտիկական բնութագրերի ուսումնասիրման մի բանի արդյունքները:

THE INFLUENCE OF ISOTROPIC ABSORPTION ON OPTICAL CHARACTERISTICS OF CHOLESTERIC LIQUID CRYSTALS

A. H. GEVORGYAN

The frequency dependence of some optical characteristics of liquid crystals has been investigated in the presence of dispersion and absorption. The influence of dispersion of the dielectric permittivity on frequency dependence of wave numbers was studied and on the bases of these dependences an interpretation of frequency behaviour of the reflection factor was given.

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

Բ. Վ. Կրիժանովսկի, Ռ. Մ. Սուլխանյան, Մ. Լ. Տեր-Միկայելյան. Էլեկտրամագնիսական ալիքի ռեզոնանսային ցրումը հոսմակարգակ առումային համակարգի վրա	83
Գ. Վ. Զանդիերի. Պլազմայի միջով անցնող երկու օսցիլյատորների ճառագայթման մասին	91
Վ. Ա. Հարությունյան, Ս. Լ. Հարությունյան, Խ. Դ. Թովչյան. Մետաղներում ոչ գծային մակերևութային ֆոտոէֆեկտի տեսության վերաբերյալ	97
Վ. Պ. Պետրոսյան. Ապակեացվող նյութերի կինետիկական էլեմենտների ակտիվացման մեխանիզմը	102
Ա. Կ. Նիկողոսյան, Վ. Հ. Սահակյան, Ա. Ս. Սարգսյան. GaP-ի շերտահաղորդականությունը ցածր ջերմաստիճաններում	109
Խ. Բ. Փաշայան, Հ. Կ. Ցաղուրյան, Հ. Պ. Ղոջաբաշյան, Դ. Ա. Դումանյան. Հակադարձ պլեզոէլեկտրական էֆեկտը պլեզոպոլիմերային թաղանթներում	113
Կ. Հ. Մովսիսյան, Զ. Գ. Սարգսյան, Գ. Թ. Օվանեսով, Վ. Գ. Բաբանով. Պոլիբրոմպրենի կողմնորոշված բյուրեղացման ուսումնասիրությունը էլեկտրոմետրիկ մեթոդով	117
Ռ. Ա. Հակոբով, Օ. Գ. Անբաբյան, Ն. Կ. Խանիկյանց. Մեծ հոսանքների էլեկտրոնային ինչքերի տարածումը կոր դիէլեկտրիկ ալիքատարներում	121

Համառոտ հաղորդումներ

Ա. Հ. Մելիքյան, Ռ. Լ. Էնֆիաշյան. Էլեկտրամագնիսական ալիքի բեկման ցուցիչի դիսպերսիան երկզոնային կիսահաղորդիչում	128
Ա. Հ. Գևորգյան. Խոլեստերինային հեղուկ բյուրեղների օպտիկական բնութագրերը կլանման առկայության դեպքում	133