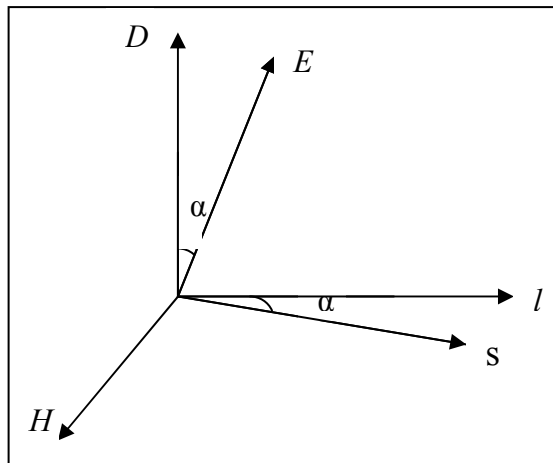


17. КРИСТАЛООПТИКА. ДВОЙНО ЛЪЧЕПРЕЧУПВАНЕ НА СВЕТЛИНАТА В КРИСТАЛИТЕ

1. Оптическа индикатриса на кристала

$$D_i = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{ij} \cdot E_j \quad (1)$$

Във всяко направление на една анизотропна твърда среда (кристали), за която е в сила тензорната връзка (1) с помощта на Максвеловите уравнения се доказва, че могат да се разпространяват две ЕМВ, линейно поляризирани във взаимно перпендикулярни направления. При всяка една от тези вълни има следното взаимно разположение на векторите: \vec{D} , \vec{E} , \vec{H} , \vec{S} (потока на енергия) и \vec{l} (посока на разпространение) – Фиг. 1.



Фиг. 1. Взаимно разположение на \vec{D} , \vec{E} , \vec{H} , \vec{S} и \vec{l} .

Чрез построяването на т. нар. оптическа индикатриса на кристала могат да се намерят посоките на поляризация и фазовите скорости $\mathcal{G}' = \frac{c}{n'}$ и $\mathcal{G}'' = \frac{c}{n''}$, респективно показателите на пречупване n' и n'' , за дадено направление в кристала.

Оптическата индикатриса е елипсоид с оси съвпадащи с главните оси на диелектричната проницаемост на кристала. Спрямо тези оси уравнението на оптичната индикатриса е:

$$\frac{x_1^2}{\varepsilon_1} + \frac{x_2^2}{\varepsilon_2} + \frac{x_3^2}{\varepsilon_3} = 1$$

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – главни стойности на тензора на диелектрична проницаемост.

Или:

$$\frac{x_1^2}{n_1^2} + \frac{x_2^2}{n_2^2} + \frac{x_3^2}{n_3^2} = 1$$

$n_i = \sqrt{\varepsilon_i}$ – главни показатели на пречупване

$B_i = \frac{1}{\varepsilon_i} = \frac{1}{n_i^2}$ – главни стойности на тензор B_{ik}

Главните оси на B_{ik} съвпадат с главните оси на тензора ε_{ik} .

B_{ik} – тензор на диелектрична непроницаемост или поляризационни коефициенти на кристала.

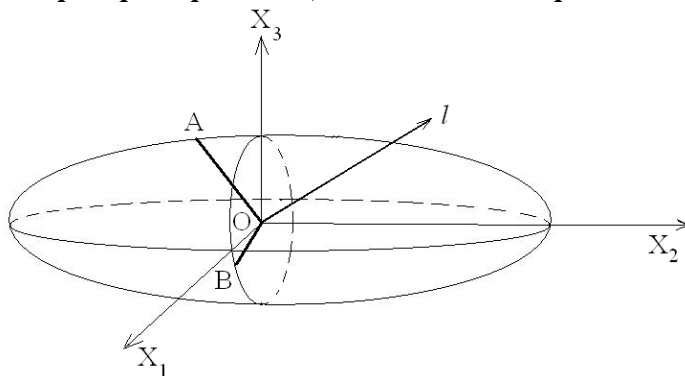
Спрямо главните оси:

$$B_1 x_1^2 + B_2 x_2^2 + B_3 x_3^2 = 1$$

Спрямо произволна координатна система (КС):

$$B_{ik} x_i^1 x_k^1 = 1$$

Намиране на направлениата на електричните вектори и на показателите на пречупване на двете ЕМВ-и, разпространяващи се в дадено направление \vec{l} .



Фиг. 2. Оптическа индикатриса на кристала.

Начертава се централно елиптично сечение – елипса, перпендикулярно на \vec{l} . От уравнението на Максвел, следва:

1) Главните оси на тази елипса OA и OB определят направлението на електричния вектор на двете линейно поляризирани ЕМВ.

2) Показателите на пречупване на тези вълни са равни на дължините на полуосите на елиптичното сечение.

2. Влияние на симетрията на кристала върху оптичката му индикатриса

2.1. Кубична система

Трите оси на индикатрисата са равни.

Всички централни сечения са кръгови.

Индикатрисата е сфера, следователно във всяко направление в кристала могат да се разпространяват с една и съща скорост линейно поляризирани светлинни вълни с произволна посока на поляризация.

Такива кристали са оптически изотропни. Те имат оптически свойства, подобни на тези на аморфните и течните среди.

2.2. Тригонална, тетрагонална и хексагонална система

Индикатрисата е ротационен елипсоид, чиято ротационна ос съвпада с оста на симетрия на кристала от порядък 3, 4 или 6. Уравнението е:

$$\frac{x_1^2}{n_o^2} + \frac{x_2^2}{n_o^2} + \frac{x_3^2}{n_e^2} = 1$$

n_o - показател на пречупване на обикновения лъч

n_e - показател на пречупване на необикновения лъч

2.2.1 $\vec{l} \equiv C_n$. Само централното сечение перпендикулярно на ротационната ос е кръг, следователно само по това направление се разпространяват с еднакви скорости (показатели на пречупване) две плоско поляризирани вълни, независимо от посоката на поляризация. Тази ос се нарича оптическа ос ($C_n = (3, 4, 6)$), а кристалите – оптически едноосни.

2.2.2. За всяко друго направление на разпространение (различно от C_n) централното сечение е елипса с полуоси n_o и n_e , следователно се разпространяват две вълни с посоки на поляризацията по двете оси на елипсата.

При $\Delta n = n_e - n_o > 0$ – кристалът е положително двойно пречупващ,

$\Delta n = n_e - n_o < 0$ – кристалът е отрицателно двойно пречупващ.

2.3. Ромбична, моноклинна и триклинна сиситема

Индикатрисата е триосен елипсоид с уравнение:

$$\frac{x_1^2}{n_1^2} + \frac{x_2^2}{n_2^2} + \frac{x_3^2}{n_3^2} = 1$$

Има две кръгови централни сечения, следователно има 2 направления, по които се разпространяват плоскополяризирани вълни с еднакви скорости, независимо от посоката на поляризация. Тези направления се наричат оптически оси на кристала, а кристалите – оптически двуосни.

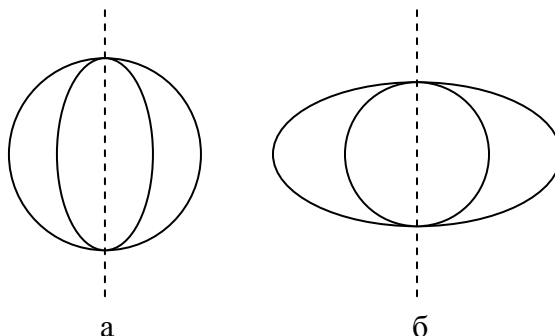
Ако направлението на разпространение на двете поляризирани ЕМВ съвпада с едната ос на елипсоида, направлението на техните поляризации съвпада с другите две оси на елипсоида, а главните показатели на пречупване – с дължините на съответните полуоси.

За всяко друго направление се разпространяват също 2 ЕМВ поляризирани перпендикулярно на \vec{l} с n' и n'' различни от n_1, n_2, n_3 .

3. Лъчеви повърхнини (вълнови повърхнини)

Радиусът им е пропорционален на скоростите на разпространение на о и е лъчите. Лъчевата повърхнина се разпада на две повърхнини: сфера – за обикновените лъчи, ротационен елипсоид – за необикновените лъчи. Те се допират по направление на оптичната ос.

3.1. Едноосни кристали



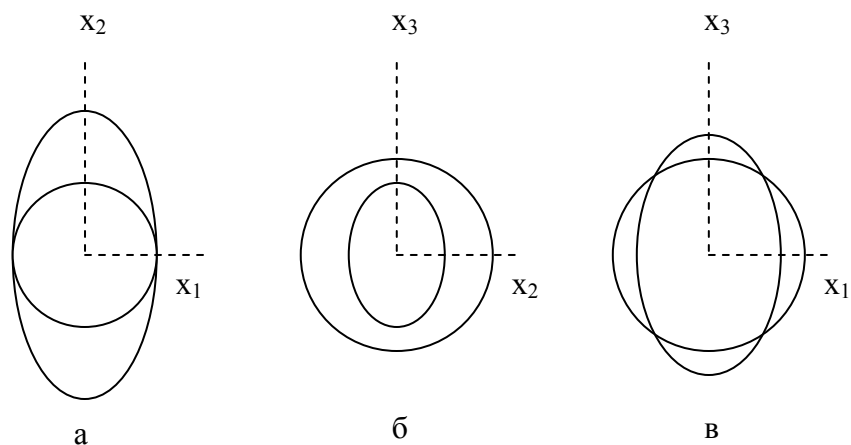
а) $n_e - n_o > 0$ – кристалът е положително двойно пречупващ

б) $n_e - n_o < 0$ – кристалът е отрицателно двойно пречупващ

Лъч **е** е поляризиран в равнината на главното сечение (определена от оптичната ос и направлението на разпространение на лъча).

Лъч **о** е поляризиран перпендикулярно на главното сечение.

Двуосни кристали



Лъчевата повърхност е овалоид (ротационна повърхнина от IV степен) и се състои от 2 части, съответстващи на **o** и **e**.