

18. ЕЛЕКТРООПТИЧЕН И ПИЕЗООПТИЧЕН ЕФЕКТ

1. Електрооптичен ефект

Зависимост на диелектричната проницаемост ε_{ij} , а от тук и на поляризационните коефициенти B_{ij} от интензитета E на електричното поле.

$$\partial D_i = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{ij} \cdot \partial E_j, \quad \frac{1}{\varepsilon_{ij}} = \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial E_i}{\partial D_j}$$

$$B_{ij} = \frac{1}{\varepsilon_{ij}} = \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial E_i}{\partial D_j}$$

Всяко малко изменение на ΔB_{ij} в следствие на ЕП \vec{E} води до изменение във формата, размерите и ориентацията на оптичната индикатриса, т.е. до изменение на показателя на пречупване n_{ij} .

1.1. Линеен електрооптичен ефект – ефект на Поделс

Поляризационните коефициенти се изменят с ЕП по линеен закон:

$$\Delta B_{ij} = Z_{ijk} E_k$$

Z_{ijk} - тензор от III ранг, коефициенти на линейния електрооптичен ефект

Тензорът е симетричен, следователно независимите компоненти му са 18, а не 27.

Сменяме индексите с двойки по правилото ($ij \rightarrow m$): $\Delta B_m = Z_{mk} E_k$.

$$\begin{array}{ll} 11 \rightarrow 1 & 32, 23 \rightarrow 4 \\ 22 \rightarrow 2 & 31, 13 \rightarrow 5 \\ 33 \rightarrow 3 & 21, 12 \rightarrow 6 \end{array}$$

Ефектът се наблюдава само при нецентросиметрични кристали (21 класа).

Квадратичен електрооптичен ефект – ефект на Кер

$$\Delta B_{ij} = L_{ijkl} E_k E_l$$

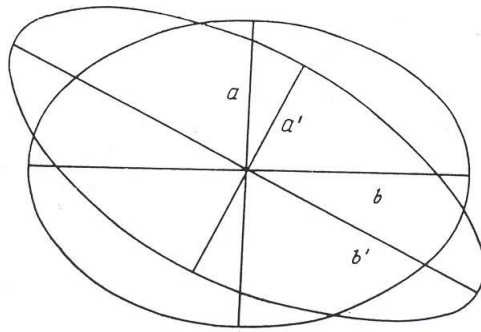
L_{ijkl} - тензор на коефициентите на квадратичния електрооптичен ефект

Ефектът се наблюдава при центросиметрични кристали и някои аморфни тела и течности

Ефект на Кутон-Мутон – под действие на МП се изменя поляризационният коефициент – квадратичен ефект.

2. Експериментално изследване на електрооптичния ефект

Използват се подходящо изрязани плоско паралелни кристални пластинки. Равнината на пластинката отсича от оптическата индикатриса едно елиптично сечение, което се изменя под действието на приложеното ЕП - както дължината на полуосите, така и направлението им.



Фиг. 1. Елептично сечение на индикатрисата с равнината на една кристална пластинка без ЕП (a и b) и при прилагане на ЕП (a' и b').

Завъртането на тези оси се регистрира, като кристалът се постави между два кръстосани поляроида. Едно от най-важните приложения на електрооптичния ефект е използването му за модулация на интензивността на преминалата през кристалната пластинка светлина. Изменението на дължината на осите, променя интензивността на преминалата през кристала светлина, а това се регистрира с подходящи $\lambda/4$ пластинки.

Линеен електрооптичен ефект се наблюдава първо в кристали от кварц и турмалин.

Особено силен е ефектът при сегнетоелектрици и антисегнетоелектрици. Най-напред е изучен за кристали КДР (KH_2PO_4) и АДР ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$):

- Значителни Z_{mk} при стайна температура (в параелектрично състояние)
- Z_{mk} растат с намаляване на температурата по закона на Кюри
- При преминаване в сегнетоелектричното състояние паралелно със спонтанната поляризация възниква и спонтанно изменение на коефициента на пречупване.

Практическо приложение има електрооптичния ефект, наблюдаван в монодоменните сегнетоелектрични кристали LiNbO_3 и LiTaO_3 .

3. Пиезооптичен ефект

*Изменение на поляризаационните коефициенти B_{ij} ,
предизвикано от механичното напрежение*

$$\Delta B_{ij} = \pi_{ijkl} T_{kl}$$

π_{ijkl} - тензор на пиезооптичен ефект, от IV ранг.

Ефектът е линеен. Наблюдава се при всички кристали и прозрачни аморфни тела. Последните под действие на механично едноосно напрежение стават оптически едноосни, като оста на напрежението и оптическата ос съвпадат.

4. Първичен и вторичен електрооптичен ефект.

Силата на електрооптичния ефект зависи от условията, при които се намира кристала, когато му действа ЕП:

- свободен (в кристала не възниква механично напрежение T_{ij})
- неподвижно захванат (в кристала не възниква деформация S_{ij})

Ако кристалът е свободен, в следствие на обратен пиезоелектричен ефект, приложеното ЕП ще предизвика деформация: $E_n \rightarrow S_{ij}$. От своя страна деформацията ще измени коефициента на пречупване на светлината, т.е. $S_{ij} \rightarrow n_{ij}$

Ако кристалът е неподвижно закрепен в него възниква напрежение $E_n \rightarrow T_{ij}$, коефициентът на пречупване се изменя в следствие на пиезооптичен ефект. $T_{ij} \rightarrow n_{ij}$

Първичен (истински) електрооптичен ефект – когато в него не възниква деформация или пиезооптичен ефект.

Вторичен (лъжлив) електрооптичен ефект – ефектът обусловен от обратния пиезоелектричен ефект.

Електрооптичният ефект в свободен и в неподвижно захванат кристал е сума от първичен и вторичен ефект.

Само чист, първичен електрооптичен ефект може да се измери с променливо ЕП, с честота далеч от резонансната. Тогава деформацията е пренебрежимо малка.