

18. ИЗКУСТВЕНА ОПТИЧЕСКА АНИЗОТРОПИЯ

В прозрачни аморфни тела и в кубични кристали може да възникне двойно лъчепречупване под влияние на външни въздействия – изкуствена оптична анизотропия.

1. Анизотропия при деформация

Т. Зеебек 1813 и Д. Брюстер 1816г. откриват фотоеластичността или pieзооптичния ефект – **оптически изотропно твърдо тяло под влияние на механична деформация става оптически анизотропно.**

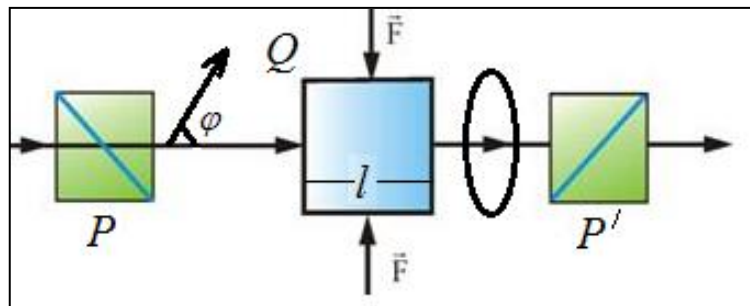
При едноосно свиване или разтягане на стъклена пластинка (аморфно твърдо тяло), тя става едноосен кристал, с оптична ос съвпадаща с посоката на свиване (разтягане). Като мярка за оптичната анизотропия служи разликата в показателите на пречупване:

$$n_0 - n_e = k\sigma$$

k – коеф., зависещ от свойствата на веществото

σ - механично напрежение (сила, действаща на единица площ)

Поставяме такава пластина между два никола $P \perp P'$. Докато пластинката не е деформирана, такава система не пропуска светлина. Когато пластинката се деформира през системата преминава светлина. Ако главното сечение на P сключва ъгъл φ с оптичната ос OO на пластинката, като $\varphi \neq 90^\circ$, то светлината преминала през деформираната пластинка ще е елиптически поляризирана и не може да се погаси с втори никол P' .



Фазовата разлика е: $\delta = c\sigma.l$

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta = \frac{2\pi.k.l.\sigma}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda}.k.l\sigma$$

c – нова константа; $c < 0$ или $c > 0$ в зависимост от веществото

$$\sigma = (n_0 - n_e) / k$$

l – ширина на пластината

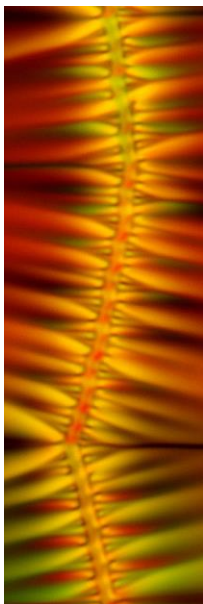
$\delta = f(\lambda) \Rightarrow$ при деформация преминалата светлина дава оцветена картина, аналогично на оцветеното поле при хроматичната поляризация при естествената анизотропия.

Тук се наблюдават цветни линии – изохроми, като всяка от тях преминава през точки с еднакво напрежение (σ) \Rightarrow по разпределението на линиите може да се съди за разпределението на механичното напрежение вътре в пластината.

Двойното лъчепречупване се запазва при прекратяване на деформиращите сили, ако механичните напрежения в тялото се запазват.

Приложение: Метод за откриване на остатъчни вътрешни напрежения в прозрачни изотропни материали след изготвянето на детайли от тях. Детайлът се поставя между два никола $P \perp P'$ в бяла светлина. По вида на наблюдаваните изохроми, може да се съди за разпределението на механичните напрежения и тяхната големина вътре в детайла.

2. Анизотропия в електрично поле



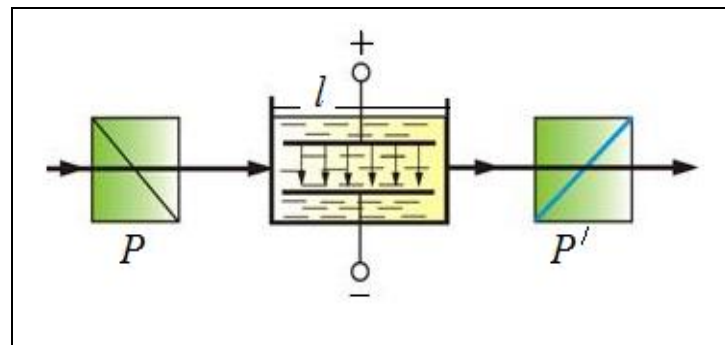
Дж. Кер 1875г.: Течни или твърди изотропни диелектрици, поставени в достатъчно силно еднородно електрично поле, стават оптически анизотропни – нарича се ефект на Кер.

Първо се е наблюдавал в твърди диелектрици в електрично поле. Имало е съмнение за електрострикция – двойнолъчепречупване се получава вследствие на механично напрежение предизвикано от електрично поле.

Непосредственото влияние на ел. поле се е установило при наблюдение на ефекта в течности, за които статичното механично свиване не предизвиква оптична анизотропия.

1930г. Наблюдава се двойно лъчепречупване под влияние на ЕП в газове.

Схема за наблюдаване на ефекта на Кер в течности



Клетка на Кер поставена между два никола $P \perp P'$. Клетката е херметичен съд с течност, в който са поставени пластини на кондензатор. При подаване на напрежение между тях възниква практически еднородно електрично поле. Течността придобива свойствата на едноосен кристал с ос, насочена по електричното поле – течността става анизотропна.

$$n_0 - n_e = kE^2$$

За изминатия път l в течността, между обикновения и необикновения лъч възниква разлика в оптичните пътища:

$$\Delta = (n_0 - n_e)l = mlE^2$$

или

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta = 2\pi \frac{m}{\lambda} l E^2$$

$$\delta = 2\pi B l E^2$$

B – константа на Кер, характеризираща веществото; $B > 0$ или $B < 0$

$$\delta = 2\pi B l \frac{U^2}{a^2},$$

$U = E_{\text{външ}} \cdot a$ - напрежение подавано на кондензатора;

a - разстояние между пластините.

При $U = 0$, клетката е изотропна, $\delta = 0$ и не изменя падащата върху нея поляризирана светлина (след P).

При $P \perp P'$ светлината не преминава през системата, след P' .

С увеличаване на U , δ нараства.

При това нараства интензитетът на светлината преминала през P' и достига

максимум при $\delta = \pi$, за $U_0 = \frac{a}{\sqrt{2Bl}}$

$\delta \approx E^2$, δ не зависи от направлението на електричното поле.

Ефектът на Кер се обяснява с **ориентиращото действие на външното електрично поле върху анизотропните молекули** на течностите (полярни или неполярни).

Без електрично поле молекулите са ориентирани хаотично и затова като цяло течността е изотропна.

С **електрично поле** молекулите се завъртат така, че по полето да са ориентирани или диполните електрични моменти (за полярните молекули) или

посоката на максималната поляризуемост (индуцирания диполен момент за неполярни молекули). В резултат на това течността става оптически анизотропна.

Топлинното движение на молекулите се противопоставя на ориентиращото действие на електричното поле. Това обуславя намаляването на константата на Кер при повишаване на температурата.

Времето, за което се установява (при включване на ЕП) или изчезва (при изключване на ЕП) преимуществената ориентация на молекулите $\sim 10^{-10}$ s.

Затова **клетката на Кер**, между два скръстени поляризатора ($P \perp P'$) служи за практически **безинерционен светлинен затвор**.

При $U = 0$ (няма напрежение върху кондензатора), светлина не преминава, затворът е затворен.

При $U \neq 0$, затворът пропуска значителна част от светлината, падаща на първия поляризатор.

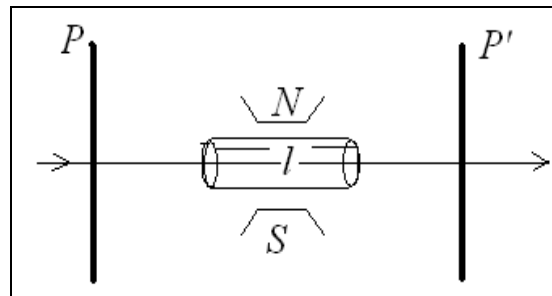
Използва се в телевизията, киното, за скоростно заснемане на бързопротичащи процеси.

3. Анизотропия в магнитно поле

Ако анизотропните молекули на изотропна среда имат постоянен магнитен момент, то те могат да бъдат преимуществено ориентирани в една посока в постоянно магнитно поле.

Ефект на Котон-Мутон 1905г. – В достатъчно силно магнитно поле у някои изотропни вещества (течности, стъкла, колоиди) възниква двойно лъчепречупване (оптическа анизотропия).

Веществото придобива оптични свойства на едноосен кристал, с ос по посока на магнитното поле.



$$\Delta = (n_o - n_e)l = c\lambda.H^2.l$$

c – константа на Котон-Мутон, зависи от природата на веществото, λ , T°

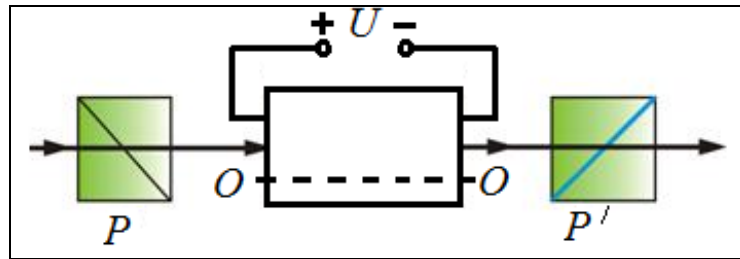
l - дължина на тръбата

H – интензитет на МП

Този ефект е почти безинерционен ефект.

4. Ефект на Покеелс

Електрооптичен ефект. Изменение на оптичните характеристики на кристала под действие на външно електрично поле.



Разглеждаме едноосен кристал, в който светлината се разпространява по оптичната ос. Тогава обикновения (o) и необикновения (e) лъч се разпространяват с еднакви скорости $V_0 = c/n_o$. Ако кристалът няма център на симетрия, при прилагане на външно електрично поле по оптичната ос, фазовите скорости на o и e вълните стават различни.

В отличие от квадратичния ефект на Кер ($\delta \sim E^2$), ефектът на Покелс е линеен ($\delta \sim E$).

$$n_o - n_e = aE$$

Безинерционен ефект. Използва се за бързодействащи оптични затвори и високочестотни модулатори на светлина.

Изрязана плоскопаралелна пластинка от КДР (калиев дихидрофосфат) се поставя между $P \perp P'$. Интензивността на светлината, пропусната от такава клетка на Покелс е:

$$I \approx \sin^2 \left[\frac{\pi U}{2U_{\lambda/2}} \right]$$

U - приложено напрежение;

$U_{\lambda/2}$ - минимално напрежение, при което разликата във фазите между (o) и (e) е π . ($\delta = \pi$)

За КДР, $U_{\lambda/2} \approx 8\text{kV}$