

Elektrooptični pojav

Zunanje električno polje običajno vplira na strukturo snori. V kristalih se denimo spremeni oblika osnovne celice, v tehomah pride do sprememb gostote in/ali orientacijevega urejanja molčul (podolgovat molčule se posavljajo v smeri polja), pogosto pa se spremeni tudi oblika posameznih molčul. Vse te spremembe se očraščajo zvodi na optičnih lastnosti snovi. Pri rabi se zanimamo za vpliv stacionarnih polj, čemur recemo elektrooptični pojav. Podobna razlaga velja tudi za polja, ki se spremenijo z bistveno nizko frekvenco kot vpadna svetloba. Polje splošno ta pojav opisuje relinčarna optika.

Poznamo linearni elektrooptični pojav, ki ga opazujemo lahko samo v anizotropnih snovih, brez simetrije inverzije, in kvadratni elektrooptični pojav, ki je možen v vseh materialih.

V splošnem anizotropem kristalu je opis elektrooptičnega pojava tensorji, nas material pa je homogena keramika, ki je simetrična ob zamenjavi $(x,y,z) \rightarrow (-x, -y, -z)$. V njem je torej mogoče kvadratni elektrooptični pojav. Zunanje električno polje zlomi simetrijo izotropne keramike, zato ocimo da je spremembi lomnega koeficienta sprememb za svetlobo, ki je polarizirana vzporedno z zunanjim poljem in za svetlobo s pravokotno polarizacijo. V keramiku posrečimo s svetbo valovne dolžine λ in variiramo zunanje el. polje jekosti E .

Spreminjajo se lomna koeficienta za svetlobu polarizirano vzporedno s smerjo polja n_{\parallel} in pravokotno glede na smer polja n_{\perp} , in sicer oba v udvisnost od kvadrata E . Pogosto nas ne zanima absolutna sprememba ampak k razlika:

$$n_{\parallel} - n_{\perp} = B \lambda E^2$$

To je kvadratni elektroptični pojav, poimenovan po odkritelju Johnu Kerru, ki je opazil, da postane tudi stiklo drobljeno pri visokih E. Sosuzmenost konstanto B imenujemo Kerrova konstanta.

Tu pojav je oshorn za žerilne naprave s katerimi kontroliramo optične valne s pomočjo zunanjega električnega polja tja do frekvenc v GHz področju. Tu so npr. modulatorji, atenuatorji in preklopnik, nastavljeni zgoraj razdaljo ter razlicni optični elementi z spremnjajočim modulacijem polarizacije svetlobe. Uporabljamo jih v laserjih, v sistemih optičnih komunikacij, pri optičnem obdelovanju in zapisovanju informacij ter v različnih drugih optičnih sistemih. Kvadratni elektroptični pojav pa je pomemben predvsem v napravah, s katerimi kontroliramo optične valove s pomočjo visokofrekvenčnih zunanjih polj, med drugim tudi s pomočjo drugih optičnih snopov.

Princip delovanja teh naprav dobro pojasnjuje Kerrova celica, kakršno bomo uporabili tudi v tej lepi. Poleg tega imajo polarizatorji še nečetni na principu, da se斜uznje razlikujejo razprtja dve ortogonalni lastni valovni. Ena se v polarizatorju neabsorbira ali pa spremeni smer. Lastna valna skupina sta dosegli linearno polariziran (obstajajo tudi cirkularne polarizacije). Ko ne linearni polarizator posforno svetlobo se razdeli na dve lastni valovni, eno je zadružen drugo pa prepuščeno. Prepuščeno el. poljsko jačost \hat{E}_p dobimo tako, da vpadno E_0 projekciamo na prepuščeno smer polarizatorja:

$$\hat{E}_p = \hat{E}_0 \cos(\chi)$$

Prepuščena moč je kvadratna kvadratni poljski

V Kerrovi celici z elektroptični material postavljajo med dve vezorodni elektrodi na bunteri priljubljeno električno napetost in s tem dobimo el. polje $E = V/d$, V pa je izotropen material se spejmenita n_s in n_{\perp} . Snop polarizirane svetlobe vpadne na celico v smeri, ki je pravokoten na \vec{E} , smer polarizacije pa sledi leži v ravnini, pravokosten na smer inzisiranja svetlobe in trči kot 45° s poljem \vec{E} . Zaradi drobljenosti se v materialu razširjava dva vala z različnima valovnima številkama $h_{\parallel} = n_s h_0$ in $h_{\perp} = n_{\perp} h_0$, kjer je valovna število $h_0 = 2\pi/\lambda$. Vpadna linearna polarizirana svetloba z amplitudo el. polja \vec{E}_0 se razdeli na dva, med katerimi pravokotna polarizirana delna snopa \vec{E}_{\perp} in \vec{E}_{\parallel} , ki različno hitro potujejo skozi elektroptični material. V rezultatu drugi stran izstopita z različno fazo in zato preprostena svetloba v splošnem eliptično polarizirana. To analiziramo s polarizatorjem. Polarizator deluje tako, da izbrano polje jeklost projicira v izbrano smer, če ga postavimo vzpostavlja s polarizacijo vpadne svetlobe, to je celica pri $E=0$ prepuska vsa svetloba, vendar pa se prepusnost manjša, obratno pa velja če je analizator na smer vpadne polarizacije.

Izračunamo mogoč polariziranega svetlobnega snopa po prehodu skozi Kerrovo celico. Vektor \vec{E} razdelimo na dve pravokotni komponenti, ki označujeta dva lučna vala. Obilustni valovni števili imata enaki amplitudi in različno veliki valovni števili. Po prehodu skozi Kerrovo svetloba posfema skozi analizator, ki je postavljen pravokoten na smer vpadne polarizacije.

Prepuščeno kakovoj \vec{E}_p zapisemo kot vsoto običnih valovnih projekcij na smer analizatorja:

$$\vec{E}_p = \frac{\vec{E}_0}{2} e^{ih_{\parallel}L} - \frac{\vec{E}_0}{2} e^{ih_{\perp}L} = \frac{\vec{E}_0}{2} e^{ih_{\parallel}L} [1 - e^{i(h_{\perp} - h_{\parallel})L}]$$

Učenje jo L dolžina poti svetlobe v keramiki. Vpeljemo $\Delta h = h_{||} - h_{\perp}$
 $= k_0 (n_{||} - n_{\perp})$ in $\Delta \Phi = \Delta h L$. Z detektorjem merimo moč svetlobe
 in nes. Zato zanima kvadrat absolutne vrednosti \vec{E}_p ki jo izrazimo
 s fazno razliko $\Delta \Phi$.

$$|\vec{E}_p|^2 = \frac{\vec{E}_0^2}{4} [1 - \exp(i\Delta\Phi)] [1 - \exp(-i\Delta\Phi)] = \frac{\vec{E}_0^2}{2} (1 - \cos(\Delta\Phi))$$

Razlika v fazi $\Delta\Phi = \Delta k L = 0$ pomeni nič prepuščene svetlobe, faza 180° pa pomeni 100% prepuščost. Odvisnost moči prepuščene svetlobe izrazimo kot:

$$P = \frac{P_i}{2} (1 - \cos(\Delta\Phi)) = P_i \sin^2(\Delta\Phi/2)$$

ki je v primeru finih razlike zaradi Kerrovega efekta enaka:

$$P = P_i \sin^2(\phi_0/2 + \pi B L E^2)$$

Potrebno:

- He-Ne plinski laser, $\lambda = 632.8 \text{ nm}$, linearno polariziran
- Svetlobni modulator s PLZT keramiko, izvor napetosti $0-1000 \text{ V}$, Voltmeter
- Fotodiode kot merilnik svetlobnega toka - microampmetri
- polarizatorji (polaroidni filtri) pritrjeni na vrtljivih nosilcih
- dvolomna celica iz tekočega kristala v nosilcu, ki omogoča vrtenje, rotator.

Naloge:

1. Izmerite kotno odvisnost prepuščnosti polarizatorja za linearno polarizirano svetlobo
2. Izmerite prepuščnost dveh pravokotnih postavljencih polarizatorjev, ko med njimi poslagate sc tečju polarizator in ga vrtite
3. Določite Kerrovo konstanto PLZT keramike
4. Analizirajte polarizacijo svetlobe po prehodu skozi dvolomno stor in določite debelino tekočinskega ceha.

Navodila

Ogrejimo laser in peko fotodiode izmerimo fok I_0 (encovirah). Nujdomo obe ekstremni logi preprostosti polarizatorja. Postavimo ga pred stop in izmerimo prepuščeno moč v odvisnosti od kota zasla.

Sedaj postavimo polarizator da bo preprostost minimalna.

V mes postavimo še en polarizator in podobno kot prej izmerimo kotonod odvisnost.

Sedaj izmerimo moč od napetosti na kerrovem celici iz PLZT keramike. Veliko postavimo med dva prekrivana polarizatorje. Oz encujejo oba linčana polariziran. Merimo napetost na celici in preprosčimo moč.

Izmerimo še prepuščeno moč v odvisnosti od kota zasla celice s tekušim kristalom. Postavimo jo med dva polarizatorja ter ju pod kotonom $+5^\circ$ dugi za celico pa pod kotonom -5° .

1. Polarizator: Na graf meritev je fittana funkcija

$$P_p = P_1 \sin^2(\alpha + \delta) + P_0$$

Ljuri so P_1, P_0 in δ prilagoditvene konstante.

2 polarizatorja: Na grafu meritev je fittana funkcija

$$P_p = P_1 \sin^2(2\beta + \delta) + P_0$$

Ljuri so P_1, P_0 in δ prilagoditvene konstante.

Kerrova celica: Na grafu meritev je fittana funkcija

$$P_p = P_1 \sin^2(\pi BLU^2/d^2 + \phi_0/2)$$

$d = 1,4 \text{ mm}$

$L = 1,5 \text{ mm}$

Ljuri so P_1, B, ϕ_0 prilagoditvene konstante.

Fit ni način s katerim ampak ljudi trdu (tudi: uporabi različnih metod optimizacije) da to način s katerim se ne uspe.

Kerrava konstanta: $B = (2.11 \pm 0.03) \cdot 10^{-9} \frac{\text{m}}{\text{V}^2}$

Celica s tekočim kristalom:

$$n_{||} = 1.706$$

$$n_{\perp} = 1.532$$

$$\lambda = 632,8 \text{ nm}$$

Na grafu je naffitana funkcija:

$$P_p = P_1 \sin^2 \left(f \left[\sqrt{n_{\perp}^2 - \sin^2 \alpha} - \sqrt{n_{||}^2 - \sin^2 \alpha} \right] \right) + P_0$$

jer so P_1, P_0 in f prilagoditvene konstante.

Velja: $f = \frac{\pi d}{\lambda}$

$$f = (285 \pm 0,1) \text{ m}^2$$

$$d \approx 57 \mu\text{m}$$

Glede na nepopoln fit je to le ocena.