

11 darbas

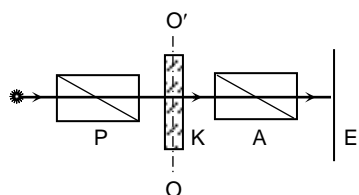
CHROMATINĖS POLIARIZACIJOS TYRIMAS

Užduotys

1. Sugraduoti spektrinį prietaisą.
2. Nustatyti interferencinių juostelių bangos ilgį.
3. Apskaičiuoti anizotropinės medžiagos dviejų spindulių lūžio gebą.

Teorija

Susitinkamos dvi tarpusavyje statmenai poliarizuotos koherentinės šviesos bangos, bendruoju atveju sukuria elipsiškai poliarizuotą bangą, tačiau jei elektrinio vektoriaus virpesių plokštumos kuriuo nors būdu sutapdinamos vienoje plokštumoje, tai galima pamatyti interferenciją. Reiškiny, vykstantis susidedant vienodos poliarizacijos koherentinėms šviesos bangoms, vadinamas *poliarizuotųjų bangų interferencija*, o dėl to atsiradusios anizotropinės medžiagos spalvos – *chromatinė poliarizacija*.



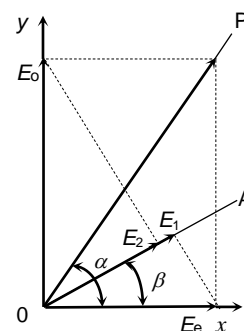
11.1 pav. Interferencinis poliarizacinis šviesos filtras

Chromatinę poliarizaciją galima stebėti optine sistema (11.1 pav.), sudaryta iš dviejų poliarizacijos prizmių P ir A, tarp kurių yra dvejetainė skaidri plokštelė K, išpjauta lygiagrečiai su optine ašimi OO'. Tokia sistema vadinama *interferenciniu-poliarizaciniu šviesos filtru*.

statmenai į plokščią kristalo plokštelę K. Kiekviena monochromatinė λ ilgio šviesos banga, įėjusi į plokštelę, skyla į dvi bangas, sklindančias ta pačia kryptimi skirtingu greičiu. Jos yra poliarizuotos ir elektriniai vektoriai \mathbf{E}_0 bei \mathbf{E}_e virpa tarpusavyje statmenomis kryptimis x ir y (11.2 pav.). Iš d storio plokštelės išėjusių bangų fazių skirtumas

$$\varphi = 2\pi d \frac{(n_o - n_e)}{\lambda} ;$$

Panagrinėsime tiesiai poliarizuotą šviesos pluoštelį, išėjusį iš poliarizatoriaus P ir krintantį



11.2 pav. Elektrinio vektoriaus dedamosios

čia n_o ir n_e yra kristalo plokštelės lūžio rodikliai paprastajai ir nepaprastajai bangai. Kadangi šių bangų elektriniai vektoriai E_o ir E_e virpa tarpusavyje statmenomis kryptimis, tai jos negali interferuoti. Šiuo atveju susidaro elipsiškai poliarizuota banga.

Analizatorius A praleidžia tik tas kiekvienos bangos dedamąsias, kurios yra poliarizuotos vienoje plokštumoje, sutampančioje su analizatoriaus poliarizacijos plokštuma OA. Jų amplitudės

$$E_1 = E \cos \alpha \cos \beta; \quad E_2 = E \sin \alpha \sin \beta. \quad (11.1)$$

Šios dvi monochromatinės bangos, susidariusios iš vienos tiesiai poliarizuotos bangos dėl dvejo spindulių lūžio, yra koherentinės ir išėjusios iš analizatoriaus gali interferuoti, nes jų elektriniai vektoriai E_1 ir E_2 virpa toje pačioje plokštumoje. Atstojamosios bangos intensyvumas

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \varphi;$$

čia φ yra interferuojančių bangų fazių skirtumas.

Įrašius amplitudžių išraiškas (11.1) ir $\cos \varphi = 1 - 2\sin^2(\varphi/2)$, pro filtrą perėjusiosios šviesos intensyvumą galima išreikšti taip:

$$I = E^2 \left[\cos^2(\alpha - \beta) - \sin 2\alpha \sin 2\beta \sin^2 \frac{\varphi}{2} \right]. \quad (11.2)$$

Antrasis (11.2) formulės narys nusako kristalo plokštelės poveikį.

Panagrinėsime du atvejus.

1. Analizatorius statmenas poliarizatoriui. Šiuo atveju $\alpha - \beta = \pi/2$ ir (11.2) išraiška įgyja tokį pavidalą:

$$I = E^2 \sin^2 2\alpha \sin^2 \frac{\varphi}{2} = E^2 \sin^2 2\alpha \sin^2 \pi d \frac{n_o - n_e}{\lambda}$$

Matyti, kad atstojamosios bangos intensyvumas gali būti lygus nuliui kai $\alpha = 0, \pi/2, \pi, \dots$, arba kai $\pi d (n_o - n_e)/\lambda = m\pi$; čia m – sveikasis skaičius ($m = 0, 1, 2, \dots$).

Iš pirmosios sąlygos išplaukia, kad šviesos vektoriaus E virpesiai nikoliuose P ir A sutampa su šviesos vektoriaus virpesių kryptimis plokštelėje K, t. y. plokštelėje šviesos banga neskyla į dvi dedamąsias.

Iš antrosios sąlygos $d(n_o - n_e) = m\lambda$ išplaukia, kad plokštelė gali atrodyti tamsi tik tada, kai šviesa yra monochromatinė. Jei apšviečiama baltąja šviesa, naikinamos tik tos bangos, kurioms optinis eigos skirtumas yra lygus sveikajam bangos ilgių skaičiui, nes joje visuomet yra tokių bangų, kurioms tenkinama antroji sąlyga. Taigi plokštelė

visuomet spalvota. Spalva priklauso nuo plokštelės storio ir lūžio rodiklių skirtumo ($n_o - n_e$), kuris vadinamas *dvejopo spindulių lūžio geba*.

Didžiausias atstojamosios bangos intensyvumas būna tada, kai $\alpha = \pi/4$, t. y. kai plokštelės pagrindinės kryptys kampas tarp analizatoriaus ir poliarizatoriaus pagrindinių krypčių dalija pusiau. Kita didžiausio intensyvumo sąlyga yra tokia:

$$d(n_o - n_e) = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}.$$

2. Analizatorius lygiagretus su poliarizatoriumi. Šiuo atveju $\alpha = \beta$ ir (11.2) išraiška įgyja tokį pavidalo:

$$I = E^2 \left(1 - \sin^2 2\alpha \sin^2 \pi d \frac{n_o - n_e}{\lambda} \right).$$

Perėjusios šviesos intensyvumas didžiausias tada, kai $\alpha = 0, \pi/2, \pi, \dots$ (t. y. kai analizatoriaus praleidžiamų elektrinio vektoriaus virpesių kryptis sutampa su viena iš krypčių plokštelėje) arba kai $d(n_o - n_e) = m\lambda$. Šios interferencijos maksimumų (ir minimumų) sąlygos yra priešingos sąlygoms, kai nikoliai statmeni.

Jei naudojama baltoji šviesa, dėl interferencijos atsiradusi spalva, kai nikoliai lygiagretūs, yra *papildomoji* atsiradusiai spalvai, kai nikoliai statmeni.

Jei tarp nikolių esanti gretasienė plokštelė sukama apie sistemos optinę ašį, tai plokštelės optinei ašiai sutapus su kurio nors nikolio poliarizacijos plokštuma interferencija išnyksta, nes iš sistemos išeina tik viena banga. Taip galima nustatyti kristalo plokštelės pagrindines kryptis. Jei plokštelė yra nevienodo storio, bus matomos interferencinės juostelės – vienodo storio interferencinės juostelės.

Lauko šviesėjimas arba interferencinio vaizdo atsiradimas, tarp sukryžiuotų poliarizatorių įdėjus anizotropinę medžiagą, yra patikimas dvejopo šviesos lūžio nustatymo būdas.

Interferencinės juostelės matomos daug aiškiau, jei interferencinį poliarizacinį filtrą perėjusi šviesa stebima spektriniu prietaisu. Tada ištisinio spektro fone atitinkamuose spektro ruožuose atsiranda interferencinės juostelės, lygiagrečios su įeinamuoju prietaiso plyšiu. Išmatavus šių interferencinių juostelių bangos ilgį galima nustatyti tiriamosios anizotropinės medžiagos dvejopo spindulių lūžio gebą. Ji gaunama iš interferencinių juostelių maksimumo (arba minimumo) susidarymo sąlygos keliems bangos ilgiams:

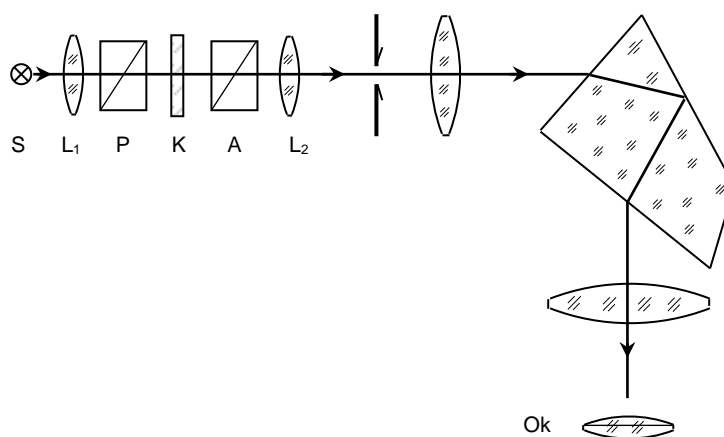
$$d(n_o - n_e) = m_i \lambda_i; \quad d(n_o - n_e) = m_j \lambda_j.$$

Iš čia dvejopo spindulių lūžio geba

$$(n_o - n_e) = \frac{m_i - m_j}{d} \frac{\lambda_i \lambda_j}{\lambda_j - \lambda_i} . \quad (11.3)$$

Tyrimas

Chromatinės poliarizacijos tyrimo optinė schema pavaizduota 11.3 pav. Kaitrinės lempuotės S šviesa lęšiu L_1 lygiagrečių spindulių pluošteliu nukreipiama į interferencinį poliarizacinį filtrą, sudarytą iš poliarizatorių P ir A ir tarp jų įdėtos kvarco plokštelės K. Lęšis L_2 šviesą nukreipia į spektrinio prietaiso įeinamąjį plyšį.



11.3 pav. Chromatinės poliarizacijos tyrimo optinė schema

Pro okuliarą Ok matomas interferencinis vaizdas, kurio pobūdis priklauso nuo plokštelės posūkio kampo apie sistemos optinę ašį ir nuo nikolių P ir A pagrindinių plokštumų tarpusavio orientacijos. Sukant monochromatoriaus būgną visos matomos interferencinės juostelės iš eilės sutapdinamos su atskaitos žymekliu ir užrašomos jas atitinkančios monochromatoriaus būgno padalų vertės. Interferencinių juostelių vieta nustatoma kai nikoliai lygiagretūs ir kai statmeni. Po to spektroskopo plyšys apšviečiamas šviesa, kurios spektro linijų bangų ilgiai yra žinomi (pvz., gyvsidabrio lempa) ir nustačius kiekvieną liniją ties atskaitos žymekliu užrašomi būgno rodmenys. Nubrėžiama spektrinio prietaiso gradavimo kreivė – būgno rodmenų priklausomybė nuo šviesos bangos ilgio.

Žinant interferencinių juostelių nustatytas būgno padalų vertes, iš gradavimo kreivės nustatomi juostelių bangos ilgiai. Naudojantis formule (11.3) skaičiuojama tiriamos medžiagos dvejopo spindulių lūžio geba.