

PLONŲ SLUOKSNIŲ OPTINIO STORIO MATAVIMAS

Užduotis

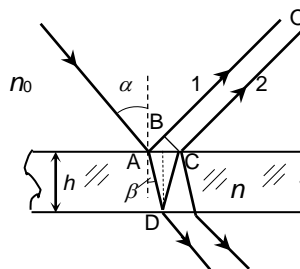
Išmatuoti plono sluoksnio optinį storį.

Teorija

Įvairiuose eksperimentiniuose tyrimuose ir technikoje dažnai tenka naudoti plonus sluoksnius, kurių storį reikia žinoti. Vienas iš tiksliausių ir patikimiausių plonų sluoksnių storio matavimo metodų yra netiesioginis optinis metodas, grindžiamas šviesos interferencijos reiškiniu. Jame stebimos taip vadinamos *vienodo storio interferencinės juostelės*.

Optiniais metodais matuojamas optinis sluoksnio storis, t.y. dydis, lygus geometriniam storiui padaugintam iš terpės lūžio rodiklio (hn). Šis dydis dar vadinamas *optiniu keliu*.

Tarkime, kad į plokščią gretasienę h storio ir n lūžio rodiklio plokštelę krinta monochromatinė λ bangos ilgio šviesa iš terpės, kurios lūžio rodiklis n_0 (14.1 pav.). Šviesa iš dalies atsispindi, iš dalies lūžta ir vėl atsispindi nuo antrojo paviršiaus (*amplitudės dalijimo metodas* koherentinėms bangoms gauti). Dėl to susidaro dvi koherentinės bangos, tarp kurių yra tam tikras fazių skirtumas. Priklausomai nuo šių bangų fazių skirtumo CO linkme susidaro vienoks ar kitoks interferencinis vaizdas. Spindulių eigos skirtumas



14.1 pav. Interferencijos susidarymas atsispindint nuo plonos plėvelės

$$\Delta = (ADC)n - (AB)n_0 = 2ADn - ABn_0.$$

Iš trikampių ADB ir ABC galima išreikšti:

$$AD = h/\cos\beta; \quad AB = AC \sin\alpha = 2h \tan\beta \sin\alpha; \quad n_0 \sin\alpha = n \sin\beta.$$

Tada

$$\Delta = \frac{2nh}{\cos\beta} - 2n_0 h \tan\beta \sin\alpha = \frac{2nh}{\cos\beta} (1 - \sin^2\beta).$$

$$\Delta = 2nh \cos\beta.$$

Jei plėvelė yra ore ($n_0 \approx 1$) ir šviesa krinta statmenai ($\alpha \approx \beta \approx 0$), tai

$$\Delta = 2nh.$$

Kai šviesa krinta iš optiškai retesnės terpės, viršutinėje sandūros pusėje fazę keičia atsispindėjusios bangos elektrinis vektorius dydžiu π (prarandamas pusbangis). Todėl bendruoju atveju reikia rašyti taip:

$$\Delta = 2nh \cos r + \frac{\lambda}{2}$$

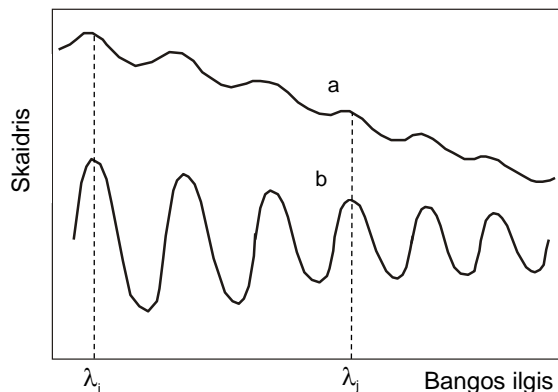
ir interferencinės juostelės atsispindėjusioje šviesoje bus pastumtos per $\lambda/2$ juostelių atžvilgiu juostelių, gautų perėjusioje šviesoje. Interferencijos maksimumai susidaro tose vietose, kur bangų optinių kelių skirtumas

$$\Delta_{\max} = m\lambda, \quad \text{o minimumai} - \quad \Delta_{\min} = (2m+1)\frac{\lambda}{2};$$

čia m – sveikasis skaičius.

Apšvietus plėvelę nemonochromatine spinduliuote, interferencijos maksimumų (ir minimumų) vieta bus skirtinga priklausomai nuo bangos ilgio.

Sluoksnio storio matavimui galima naudoti kokį nors spektrinį prietaisą, kuris registruoja bandinio optinio skaidrio priklausomybę nuo bangos ilgio. Kai prieš spektrometro plyšį yra matuojamasis bandinys (plona plėvelė, užgairintas plonas sluoksnis ant skaidraus padėklo, tuščia kiuvetė su plonu sluoksniu tarp langelių ir kt.), tai spindulio spektrinio energijos skirstinio kreivėje atsiranda maksimumai ir minimumai (14.2 pav.). Vienspindulinių prietaisų atveju maksimumai ir minimumai yra nelabai aiškūs (14.2 a pav.), o dvispindulinių – interferencinis spektras yra ryškesnis (14.2 b pav.).



14.2 pav. Interferencinis plono sluoksnio spektras

Jei kokios nors m_i eilės interferencijos maksimumo sąlygą tenkina bangos ilgis λ_i , tai bangos ilgiui λ_j maksimumą atitiks m_j eilė. Tarp m_i ir m_j yra k maksimumų (arba minimumų). $m_i = m_j + k$. Kai šviesa krinta statmenai į matuojamąjį bandinį, tai interferuojančiųjų bangų optinių kelių eigos skirtumas

$$\Delta = 2nh = m_i \lambda_i = m_j \lambda_j.$$

Iš čia optinis sluoksnio storis

$$n h = \frac{k}{2} \frac{\lambda_i \lambda_j}{\lambda_j - \lambda_i}. \quad (14.1)$$

Darbo eiga

Spektrometras graduojamas pagal bangos ilgius, naudojant žinomus spinduliavimo linijų arba sugerties juostų bangos ilgius.

Išstatomas matuojamasis bandinys ir registruojamas jo interferencinis skaidrio spektras.

Iš gautos spektrogramos randama interferencijos maksimumų (arba minimumų) vietos ir naudojant gradavimo kreivę – juos atitinkantys bangos ilgiai.

Bandinio optinis sluoksnio storis skaičiuojamas pagal (14.1) formulę.

Jei bandinio lūžio rodiklis yra žinomas, tai galima nustatyti geometrinį sluoksnio storį, arba, jei žinomas geometrinis storis, tai galima nustatyti bandinio lūžio rodiklį. Jei spektras registruojamas plačiame spektro ruože, tai skaičiuojant sluoksnio storį reikia atsižvelgti į lūžio rodiklio priklausomybę nuo bangos ilgio.