

## 22 darbas

### TYRIMAI POLIARISKOPU

#### Užduotys

1. Nustatyti kristalų optinės ašies kryptį.
2. Išmatuoti kristalo savitąjį poliarizacijos plokštumos sukimą.
3. Įvertinti anizotropinės medžiagos dvejetainio spindulių lūžio gebą.
4. Iširti anizotropiškumo pasiskirstymą bandinyje.

#### Teorija

Polarizaciniai analizės ir techninės kontrolės metodai plačiai naudojami įvairiose mokslo ir technikos srityse. Dauguma kristalo optinių tyrimų ir optinių parametrų matavimų atliekami įvairaus tipo poliarizacijos prietaisais. Tiriama tiek lygiagrečiųjų, tiek ir glaustinių poliarizuotų spindulių šviesoje. Interferencijos vaizdai lygiagrečiuose spinduliuose iš esmės skiriasi nuo vaizdų glaustiniuose spinduliuose. Pirmuoju atveju matoma tolygiai pasiskirsčiusios kristalo plokštelės paviršiaus vienokios ar kitokios spalvos, arba bendras regimo lauko pašviesėjimas (arba patamsėjimas). Tuo tarpu antruoju atveju, naudojant glaustinius pluoštelių, gaunamos *konoskopinės (interferencinės) figūros*, būdingos tam tikrai kristalografinei sistemai (singonijai) ir kristalo optinių ašių orientacijai.

Tiriant lygiagrečiųjų spindulių poliarizuotoje šviesoje, kristalai pirmiausia nagrinėjami esant sukryžiuotiems poliarizatoriui ir analizatoriui. Šios analizės tikslas yra nustatyti kristalų izotropiją arba anizotropiją. Jei kristalai yra optiškai izotropiški, tai sukryžiuotoje poliarizacijos sistemoje jie atrodys tamsūs bet kokioje padėtyje. Pasukus analizatorių tokie kristalai pašviesės vienodai visame tūryje. Optiškai anizotropiniai kristalai, esant sukryžiuotiems poliaroidams, atrodys daugiau ar mažiau šviesūs ir, be to, spalvoti. Sukant kristalą  $360^\circ$  anizotropinis kristalas keturis kartus šviesės ir tamsės. Kai šviesos virpesių kryptis kristale sutaps su poliarizatoriaus ir analizatoriaus praleidžiamų virpesių kryptimis, anizotropinis kristalas taps tamsus kaip ir izotropinis.

Sukant anizotropinius monokristalus, jie visuomet šviesės (arba tamsės) vienodai visame tūryje. Tuo tarpu polikristalai tamsės netolygiai, nes atskiros jų dalys sudarytos iš skirtingai orientuotų monokristalėlių. Taigi šiuo metodu galima tirti polikristalinių arba mozaikinių bandinių struktūrą.

Tokiu pat analizės tikslu pasinaudojama ir interferenciniu kristalų nuspalvinimu, kuris matomas esant tiek statmenai, tiek ir lygiagrečiai poliarizatoriaus orientacijai analizatoriaus atžvilgiu. Sukryžiuotų poliarizatorių sistemose užtemimas gaunamas tiems bangos ilgiams, kuriems eigos skirtumas tarp paprastosios ir nepaprastosios

bangos yra lygus lyginiam pusbangių skaičiui, t.y.  $l(n_o - n_e) = 2m\lambda/2$ . Jei poliarizatoriai yra tarpusavyje lygiagretūs, tai šviesa gęsta tų bangų, kurios pereidavo sukryžiuotoje sistemoje, t.y.  $l(n_o - n_e) = (2m+1)\lambda/2$ . Reiškia, interferencinės kristalo plokštelių spalvos yra charakteringos, nes priklauso nuo eigos skirtumo, nusakomo plokštelės lūžio rodikliais ir storiu. Iš plokštelės spalvos dažnai galima įvertinti jos storį.

Kristalografijoje pagal interferencines spalvas nustatoma kristalų dvejopo kristalų lūžio vertė, taip pat kristalo optinės indikatrixės orientacija.

Optinės ašies kryptis anizotropinėje medžiagoje nesunkiai gali būti nustatyta naudojant poliarizatorių ir analizatorių. Kai tiesinės poliarizacijos šviesa, išėjusi pro poliarizatorių, krinta statmenai kristalo optinei ašiai, tai kristale suskilęs į paprastąjį ir nepaprastąjį spindulys sklinda ta pačia linkme skirtingais greičiais. Iš kristalo bendru atveju išeina elipsiškai poliarizuota šviesa, kurios spalvą lemia optinis spindulių eigos skirtumas kristale. Sukant kristalą apie spindulių sklidimo kryptį, spalva nekinta, bet kinta jos intensyvumas. Stebima pro analizatorių, kurio poliarizacijos plokštuma statmena polirizatoriaus plokštumai.

Kai tiesinės poliarizacijos šviesos kritimo kryptis yra lygiagreti su kristalo optine ašimi, tai kristalas pašviesėja ir jį sukant intensyvumas nekinta. Gaunamas ypatingas dvejopas spindulių lūžis, kurio pasekmė yra *poliarizacijos plokštumos sukimas*. Sūkio kampas proporcingas bandinio storiui  $d$ :

$$\varphi = \alpha d ;$$

čia  $\alpha$  – medžiagai būdingas parametras, vadinamas *savituoju poliarizacijos sukimu*, kuris priklauso nuo šviesos bangos ilgio.

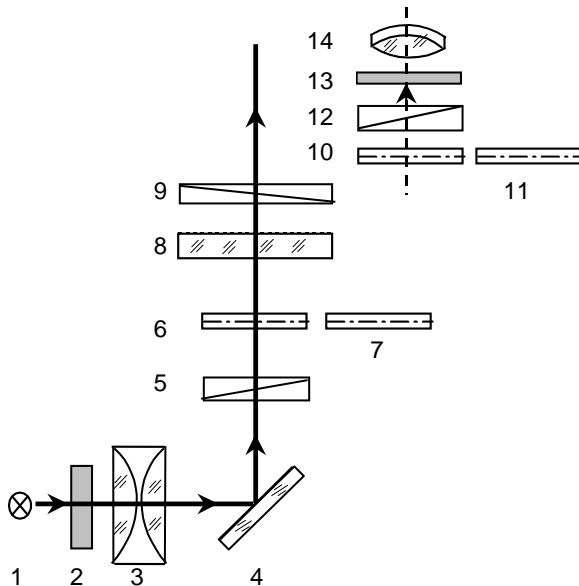
Kai kristalo optinė ašis sudaro kampą su krintančiosios poliarizuotos šviesos sklidimo kryptimi, tai kristale susidariusios paprastoji ir nepaprastoji bangos sklinda skirtingais greičiais ir skirtingomis kryptimis. Stebint tokį kristalą pro analizatorių, matomos įvairių spalvų interferencinės juostos; sukant kristalą spalvos kinta.

Dvejopas spindulių lūžis gali būti gaunamas ir izotropinėse medžiagose dirbtinai, pvz., stikluose arba kubinės singonijos kristaluose dėl įvairių rūšių įtempių. Poliarimetriniai metodai naudojami ir tiriant įtempių pasiskirstymą skaidriose detalėse, naudojamose įvairiuose optiniuose prietaisuose. Optinis tokių tyrimų metodas vadinamas *fototamprumo metodu*. Juo tiriama skaidrūs bandiniai, pagaminti iš medžiagų, kuriose susidaro dvejopas spindulių lūžis netgi dėl palyginti mažų įtempių. Kai tokių įtempių nėra, medžiaga yra optiškai izotropinė.

### **Prietaiso sandara ir veikimas**

Poliariskopas yra poliarizacinis prietaisas įvairiems objektams tirti poliarizuotoje šviesoje. Poliariskopu-poliarimetru galima aptikti dveją spindulių lūžį ir išmatuoti jo vertę plokščiuose bandiniuose, pagamintuose iš skaidrių ir mažai spalvotų medžiagų.

Pagrindinės poliariskopo-poliarimetro ПКК – 250М (22.1 pav.) dalys yra šviestuvas, matavimo galvutė, analizatorius, stalelis, pakėlimo įrenginys, pagrindas, sienelė su šilumos filtru.



22.1 pav. Poliariskopo-poliarimetro ПКК-250М optinė schema

Spinduliuotė iš kaitrinės lempos (prožektoriaus) 1 sklinda pro šilumos filtrą 2, kondensorių 3, atsispindi nuo veidrodžio 4, pereina pro tiesinį poliarizatorių 5, fazinę plokštelę 6 arba 7, matinį stiklą 8 (ant jo dedamas tiriamasis bandinys) ir analizatorių 9. Stebima iš viršaus.

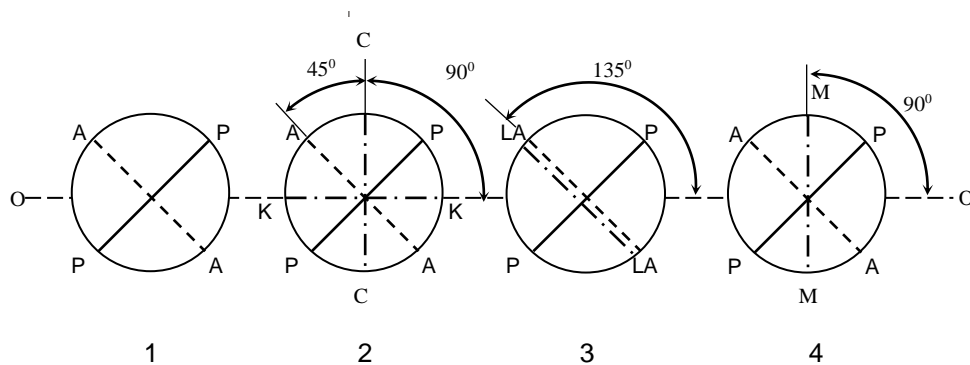
Matavimo galvutė sudaryta iš korpuso, kuriame yra diskas su dviem ketvirčio bangos ilgio plokštelėmis 10 ir 11. Plokštelių perjungimo diske yra išgraviruotos žymės “C” (įstatoma  $\lambda/4$  plokštelė), “K” (įstatoma  $\lambda/4$  plokštelė) ir “O” (laisva anga diske). Matavimo galvutės korpusė įtvirtintas analizatorius 12,

šviesos filtras 13, okuliaras 14 ir limbas su skale. Ketvirčio bangos ilgio fazinė plokštelė 11 ir galintis sukiniėtis analizatorius 12 sudaro *Senarmono kompensatorių*. Nustatant dvejopo spindulių lūžio gebą Senarmono metodu diskas su matavimo galvute pasukamas ties žyme “C”, tiriant bandinius apskritiminės poliarizacijos šviesoje – ties žyme “K”, o kokybiškai vertinant įtempių pasiskirstymą bandinyje iš interferencijos vaizdo – ties žyme “O”. Matavimo galvutę ir 250 mm skersmens analizatorių galima pakelti arba nuleisti priklausomai nuo bandinio matmenų.

Poliariskopo-poliarimetro stalelyje įtvirtintas laikiklis su matiniu stiklu 8, kuris įstatytas į limbą su padalomis. Matinis stiklas su bandiniu sukamas ranka iki gaunamas ryškiausias interferencinis vaizdas. Stalelyje įtvirtintas jungiklis ir rankenėlė prietaiso viduje esančioms plokštelėms  $\lambda$  (6) ir  $\lambda/4$  (7) įstatyti į regėjimo lauką. Kokybiniais tyrimams rankenėlė pasukama ties žyme “ $\lambda$ ”, apskritiminės poliarizacijos atveju – ties žyme “ $\lambda/4$ ”, o tiesinės poliarizacijos atveju – ties žyme “O” (laisva anga).

Kai prietaisas naudojamas kaip poliariskopas kokybiniam įtempių pasiskirstymo bandinyje įvertinimui, spindulių kelyje įstatoma bangos ilgio fazinė plokštelė 6, kuri sudaro papildomą 572 nm eigos skirtumą. Pagrindinė plokštelės kryptis sudaro  $45^\circ$  kampą su poliarizatoriaus poliarizacijos plokštuma (19.2 pav.,4). Regimas laukas yra

violetiškai purpurinis. Uždėjus bandinį, dėl nedidelio eigos skirtumo pokyčio ( $12 \div 15$  nm) spalva iš esmės pakinta į violetinę arba raudonąją pusę priklausomai nuo eigos skirtumo pokyčio ženklo. Sumuojantis fazių skirtumams, susidaran-tiems bangos ilgio fazinėje plokštelėje ir bandinyje, matomas bandinio spalvos pokytis. Pagal gautą interferencinę spalvą galima nustatyti eigos skirtumą, sudarytą tiriamojo bandinio. Tam naudojama 22.1 lentelė.



22.2 pav. Optinės sistemos elementų pagrindinių kryptių išsidėstymo schema (vaizdas iš analizatoriaus pusės)

1 – tiesinės poliarizacijos poliariskopas, 2 – apskritiminės poliarizacijos poliariskopas, 3 – poliariskopas su kompensacija Senarmono metodu, 4 – poliariskopas su bangos ilgio (chromatinė) fazine plokštele

#### Žymėjimai

O – O – linija, jungianti žymes 90 ir 270 matinio stiklo skalėje,  
 A – A – analizatoriaus (9; 12) poliarizacijos plokštuma,  
 P – P – tiesinio poliarizatoriaus (5) poliarizacijos plokštuma,  
 C – C – ketvirčio bangos ilgio fazinės plokštelės (10) pagrindinė kryptis,  
 K – K – ketvirčio bangos ilgio fazinės plokštelės (7) pagrindinė kryptis,  
 L – L – ketvirčio bangos ilgio fazinės plokštelės (11) pagrindinė kryptis,  
 M – M – bangos ilgio (chromatinės) fazinės plokštelės (6) pagrindinė kryptis

Tiriant apskritai poliarizuotoje šviesoje, spindulių kelyje įstatomos dvi ketvirčio bangos ilgio fazinės plokštelės 7 ir 10. Pagrindinės plokštelių kryptys tarpusavyje yra statmenos ir su poliarizatoriaus ir analizatoriaus poliarizacijos plokštumomis sudaro  $45^\circ$  kampą (22.2 pav.,2). Šiuo atveju įtempių pasiskirstymo bandinyje vaizdas nepriklauso nuo bandinio orientacijos prietaiso poliarizacijos elementų atžvilgiu.

Bandiniu sudarytą eigos skirtumą galima išmatuoti Senarmono kompensatoriumi, sudaryto iš sukiniamo analizatoriaus 12 ir ketvirčio bangos ilgio fazinės plokštelės 11. Plokštelės pagrindinė kryptis sutampa su poliarizatoriaus poliarizacijos plokštuma (22.2 pav.,3).

22.1 lentelė. *Interferencijos spalvos priklausomai nuo eigos skirtumo bandinyje*

Spalva	Eigos skirtumas, nm	Spalva	Eigos skirtumas, nm
Raudona	25	Žalia	200
Oranžinė	130	Žaliai melsva	145
Geltona	325	Melsva	115
Žaliai geltona	275	Violetiškai purpurinė	0

### Matavimų tvarka

Prietaisas naudojamas pritemdytoje patalpoje.

Naudojant prietaisą kaip *poliariskopą*, į darbo padėtį pasukamas 250 mm skersmens analizatorius. Įstatoma bangos ilgio fazinė plokštelė pasukant ant stalelio esančią rankenėlę ties žyma “ $\lambda$ ”. Matomo lauko spalva turi būti violetiškai purpurinė arba mėlynai raudona (jei poliarizatorius sukryžiuotas su analizatoriumi).

Ant stalelio matinio stiklo vidurio dedamas tiriamasis bandinys ir žiūrint pro analizatorių 9 sukamas matinis stiklas iki padėties, atitinkančios didžiausią eigos skirtumą. Pagal gautą spalvą iš 19.1 lentelės randamas eigos skirtumas  $\Delta$ . Žinant  $\Delta$  ir bandinio storį  $l$ , skaičiuojama dvejojo spindulių lūžio geba  $(n_o - n_e) = \Delta / l$ .

Naudojant prietaisą kaip *poliarimetrą*, į darbo vietą įstatoma matavimo galvutė ir rankenėlė ant stalelio pasukama ties žyme “O”. Fazinių plokštelių perjungimo diskas pasukamas ties žyme “C” ir į lauką įstatomas žalias šviesos filtras.

Matavimo galvutėje esantis analizatorius sukamas iki matymo laukas taps tamsus; užrašomas skalės rodmuo  $\varphi_0$

Ant matinio stiklo dedamas bandinys; laukas pašviesėja. Matinis stiklas sukamas iki maksimalaus tiriamosios bandinio srities lauko patamsėjimo. Po to matinis stiklas su bandiniu sukamas  $45^\circ$  kampu. Nekeičiant bandinio vietos matavimo galvutės analizatorius sukamas iki pašviesėjusių sričių užtemimo. Užrašomas matavimo galvutės analizatoriaus skalės rodmuo  $\varphi_1$ . Eigos skirtumas tiriamajame bandinyje bus lygus  $\Delta = 3(\varphi_1 - \varphi_0)$  nm. Jei matymo lauke atsiranda spalvos, trukdančios nustatyti analizatorių iki maksimalaus patamsėjimo, tai ant okuliario dedamas papildomai šviesos filtras ir matavimai kartojami.

Tiriant bandinius apskritai poliarizuotoje šviesoje, ant prietaiso stalelio esanti rankenėlė pasukama ties žyme “ $\lambda/4$ ” ir ketvirčio bangos ilgio fazinių plokštelių perjungimo diskas pasukamas ties žyme “K”.

## Tyrimas

Išsiaiškinus prietaiso sandarą ir veikimą, tiriami pateikti bandiniai. Pradžioje poliarizacinė prietaiso sistema suderinama taip, kad poliarizatorius būtų statmenas analizatoriui, ir ant stalielio esanti rankenėlė pasukta ties žyme "O" (laisva anga). Ant stalielio matinio stiklo vidurio atsargiai dedami bandiniai ir atliekami darbo užduotis atitinkantys tyrimai bei matavimai.

Bandinių tyrimus rekomenduojama atlikti ir naudojant kitokios poliarizacijos šviesą, krintančią į bandinį ant stalielio, pasukant rankenėlę ties žyme "λ" arba "λ/4".

Tyrimo duomenys pateikiami lentelėje, kurioje nurodoma naudotų bandinių pavadinimas (arba kodas), darbo sąlygos (pvz., prietaiso poliarizacijos elementų orientacija), pastebėti optiniai reiškiniai bei pokyčiai ir trumpos konkrečios išvados apie tiriamą bandinį arba reiškinį. (Vienas iš galimų atvejų pateiktas 19.2 lentelėje).

19.2 lentelė .*Bandinių tyrimo rezultatai*

Eil. Nr.	Bandinys	Prietaiso poliarizacijos elementų orientacija	Pastebėtas reiškinys ir pokyčiai	Išvados
1	Žėrutis (skirtingo storio bandiniai)	Poliarizatorius $\perp$ analizatoriui; "O" (laisva anga).	Sukant kinta šviesos intensyvumas iki užtemimo. Spalva priklauso nuo storio.	Tai vienašis optiškai anizotropinis kristalas. Optinė ašis $\parallel$ su plokštelės paviršiumi.