

## LD15. POKELSO REIŠKINIO TYRIMAS

### Darbo tikslas

Ištirti tiesinį Pokelso reiškinių konoskopinių figūrų metodu.

### Užduotys

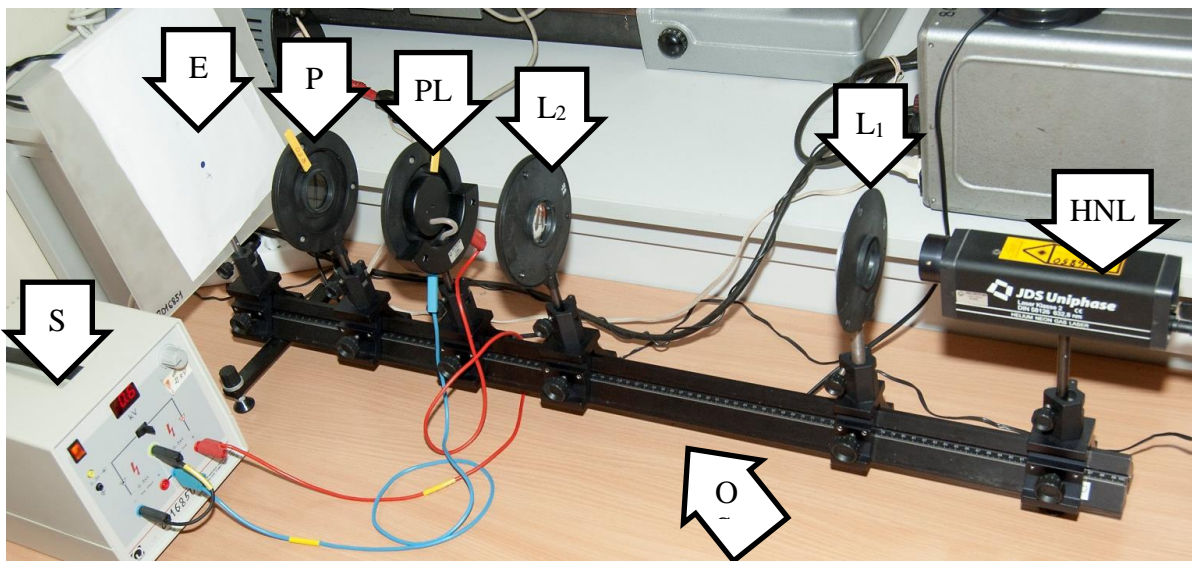
1. Suderinti Pokelso reiškinių tyrimo įrangą konoskopinėms figūroms stebėti.
2. Patikrinti tiesinę kristalo lūžio rodiklio anizotropijos priklausomybę nuo elektrinio lauko stiprio.
3. Nustatyti Pokelso ląstelės pusės bangos įtampą ir reiškinių pastoviąją.

### Teorinės temos

- Optinė anizotropija.
- Dvejopas spindulių lūžis
- Chromatinė poliarizacija
- Pokelso reiškinys

### Darbo priemonės ir prietaisai

Helio–neono dujų lazeris (HNL), glaudžiamasis lęšis ( $L_1$ ), 50 mm židinio nuotolio glaudžiamasis lęšis ( $L_2$ ), Pokelso ląstelė (PL) su ličio niobato kristalu (ilgis 20 mm, plotis 2 mm), poliarizatorius (P), matinis ekranas (E), aukštos nuolatinės įtampos šaltinis (S), optinis suolas (OS) (1 pav.).



1 pav. Pokelso reiškinių tyrimo stendas

## Tyrimo metodika

Elektrooptiniame Pokelso (*Pockels*) reiškinyje išryškėja kristalo optinių savybių pokytis veikiant išoriniam elektriniam laukui. Kai kuriuose kristaluose (pvz., kalcio dihidrofosfate, ličio niobate), esančiuose išoriniame elektriniame lauke, pasireiškia dvejetainis spindulių lūžis. Šviesai sklindant anizotropinėje terpe dėl dvejetainio spindulių lūžio atsiranda dvi koherentinės tarpusavyje statmenai poliarizuotos bangos (paprastoji ir nepaprastoji). Naudojant poliaroidą galima sutaptinti jų poliarizacijos plokštumas ir stebėti interferencinį vaizdą. Kai vienaašio kristalo plokštelės optinė ašis lygiagrečiai glaustinių spindulių kūgio ašiai, regimas interferencinis vaizdas yra tamsių ir šviesių koncentrinų žiedų rinkinys. Taip pat yra matomas tamsus arba šviesus kryžius (2a pav.). Toks interferencinis vaizdas vadinamas *interferencine* arba *konoskopine* figūra (2 pav.). Konoskopinė figūra, kai vienaašio kristalo plokštelės optinė ašis statmena glaustinių spindulių pluošto sklaidimo ašiai pavaizduota (2b pav.).



2 pav. Konoskopinės figūros

Kai kristalo optinė ašis ir išorinio elektrinio lauko kryptys yra lygiagrečios šviesos spindulio sklaidimo kryptims, veikiant laukui kristale sukuriama antroji optinė ašis, statmena pirmajai. Indukuotoji optinė ašis yra statmena šviesos sklaidimo kryptims ir šios ašies atžvilgiu šviesa patiria dvejetainį lūžį. Tiesinio Pokelso reiškinių atveju lūžio rodiklių skirtumas yra proporcingas elektrinio lauko stipriui  $E$ :

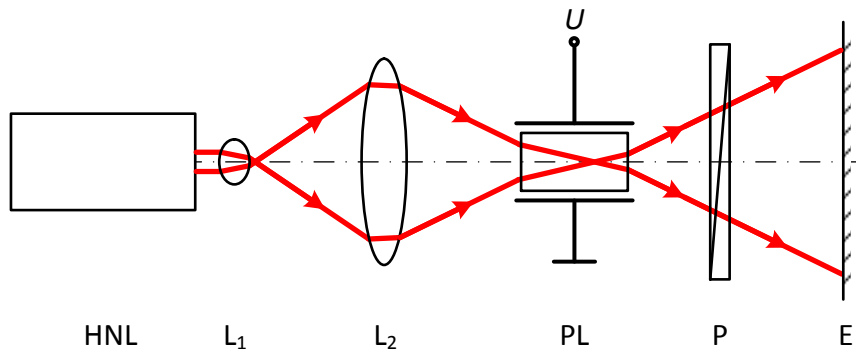
$$n_e - n_o = \alpha E; \quad (1)$$

čia  $\alpha$  – proporcingumo koeficientas, priklausantis nuo kristalo medžiagos ir struktūros.

Pokelso reiškinių tyrimo optinė schema pavaizduota 3 pav. Lęšiu ( $L_1$ ) išskleidžiamas lazerio ( $HNL$ ) spindulių pluoštas, o lęšiu ( $L_2$ ) – suglaudžiamas. Spindulių sankirtos vietoje statoma Pokelso ląstelė ( $PL$ ). Pokelso ląstelė (4 pav.) pagaminta iš ličio niobato ( $LiNbO_3$ ) kristalo ir išpjauta taip, kad jo optinė ašis būtų lygiagrečiai su šviesos įėjimo ir išėjimo paviršiais kristale. Už ląstelės statomas poliarizatorius ( $P$ ) ir ekrane ( $E$ ) stebimas interferencinis vaizdas.

Ijungus nuolatinės įtampos šaltinį, ląstelėje sukuriamas elektrinis laukas, dėl kurio kristale vyksta

dvejopas spindulių lūžis. Glaustinių spindulių pluoštui sklindant tokia plokštele tarp tiesiai poliarizuotųjų



3 pav. Pokelso reiškinių stebėjimo optinė schema

paprastosios (o) ir nepaprastosios (e) bangų susidaro pastovus fazių skirtumas, proporcingas lūžio rodiklių skirtumui ( $n_e - n_o$ ), dėl kurio vyksta poliarizuotųjų bangų interferencija. Tokiu atveju ekrane matoma konoskopinė figūra, sudaryta iš tarpusavyje statmenų hiperbolinių juostelių šeimų (2b pav.). Konoskopinėje figūroje stebima, kaip tamsios interferencinės juostelės keičiasi vietomis su šviesiomis dėl eigos skirtumo tarp paprastojo ir nepaprastojo spindulio pokyčio keičiant įtampą tarp ląstelės plokščiojo kondensatoriaus elektrodų (4 pav.). Kai tamsios interferencinės juostelės pasilenka į šviesiųjų vietą (arba atvirkščiai), optinių kelių skirtumas pakinta  $\frac{1}{2}\lambda$  :

$$\delta = (n_e - n_o)h = \frac{\lambda}{2}; \quad (2)$$

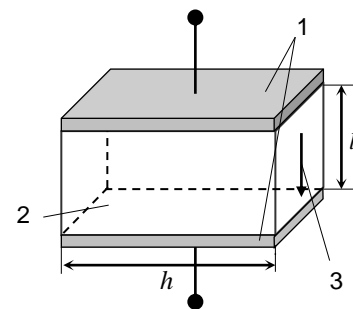
čia  $\lambda$  – lazerio spinduliuotės bangos ilgis. Iš (1) ir (2) lygybių galima užrašyti:

$$\alpha E_{\lambda/2} h = \alpha \frac{U_{\lambda/2}}{l} h = \frac{\lambda}{2}, \quad (3)$$

čia  $l$  – ličio niobato kristalo plotis, o  $h$  – kristalo ilgis. Iš lygties (3) išreiškiama Pokelso reiškinių konstanta

$$\alpha = \frac{\lambda}{2U_{\lambda/2}} \left( \frac{l}{h} \right). \quad (4)$$

Keičiant įtampą tarp kondensatoriaus plokštelių šviesios ir tamsios juostelės keičiasi vietomis kai tenkinama sąlyga  $\Delta = \frac{1}{2}m\lambda$  (čia  $m = 1, 2, 3, \dots$  – konoskopinių figūrų pasikartojimo eilė). Šiuo tyrimu galima patikrinti tiesinį Pokelso reiškinių pobūdį – įtampų vertės, kurioms esant minėtosios juostelės keičiasi vietomis, turi būti kartotinės  $U_{\lambda/2}$ , t.y.  $U_m = m U_{\lambda/2}$ .



4 pav. Pokelso ląstelė  
(1 – kondensatoriaus elektrodai, 2 – kristalas,  
3 – kristalo optinės ašies ir lauko kryptis)

## **Darbo eiga**

### **1. Konoskopinių figūrų sudarymas**

Pokelso efekto tyrimo stendo optinių elementų derinimą reikia atlikti tokia tvarka:

- a. Nuimti nuo optinio suolo lęšius ( $L_1$ ) ir ( $L_2$ )(1 pav.).
- b. Lazerio (HNL) korpuso gale esančio raktelio pasukimu įjungti lazerį.
- c. Nutaikyti lazerio spindulį tiesiai į Pokelso ląstelės (PL) vidurį.
- d. Arčiau lazerio (maždaug 2–3 cm atsumu) pastatyti 5 mm židinio nuotolio lęšį ( $L_1$ ) ir ant ląstelės įtvoro suprojektuoti apskritą dėmę su centru ląstelės šviesos įėjimo langelyje.
- e. Vertikali dėmės padėtis nustatoma keičiant stovelio koto tvirtinimo padėtį: kotas tvirtinamas juodu viršutiniu stovelio sraigtu.
- f. Horizontali dėmės padėtis nustatoma ant lęšio įtvoro įtaisytu metaliniu sraigtu. Nustačius patikrinama, ar lęšis yra stamenas krintančiam lazerio spinduliui.
- g. Pastatyti 50 mm židinio nuotolio lęšį ( $L_2$ ), kuriuo išskleistą spindulį pluoštą reikia sufokusuoti į ląstelės vidurį.
- h. Poliarizatorių (P) sukti tol, kol ekrane (E) bus matomas ryškiausias ir geriausios kokybės konoskopinių figūrų atvaizdas. Stebimas interferencinis vaizdas nufotografuojamas.

### **2. Tiesinio Pokelso reiškinių tyrimas**

Įjungiamas aukštos įtampos šaltinio (S) (1 pav.) maitinimas. Sukant įtampos šaltinio rankenėlę didinama įtampa tarp kondensatoriaus elektrodų Pokelso ląstelėje ir ekrane stebimi interferencinio vaizdo pokyčiai. Fiksuojamos voltmetro rodomos įtampų vertės, kurioms esant interferenciniai minimumai (maksimumai) pasislenka į prieš tai toje ekrano vietoje stebėto maksimumo (minimumo) vietą. Matuojama, didinant įtampą iki 2,5 kV. Veiksmai pakartojami ir mažinant įtampą nuo 2,5 kV iki nulio.

Išjungiamas įtampos šaltinis ir lazeris. Rezultatai patikrinami laboratorijos darbuotojo.

Grafiškai vaizduojama  $U_m$  priklausomybė nuo  $m$  ir iš tiesės polinkio apslaičiuojama  $U_{\lambda/2}$ . Nustačius  $U_{\lambda/2}$  vertę pagal (4) formulę apskaičiuojama Pokelso reiškinių pastovioji  $\alpha$ .

## **Literatūra**

V. A. Šalna. Optikos laboratoriniai darbai. Vilnius, VU leidykla, 2009. ([www.mopl.bfsk.ff.vu.lt](http://www.mopl.bfsk.ff.vu.lt))