

LD12. POLIARIZUOTOS ŠVIESOS TYRIMAS

Darbo tikslas

Igyti žinių apie šviesos poliarizacijos reiškinių ir ištirti skirtingai poliarizuotą šviesą.

Užduotys

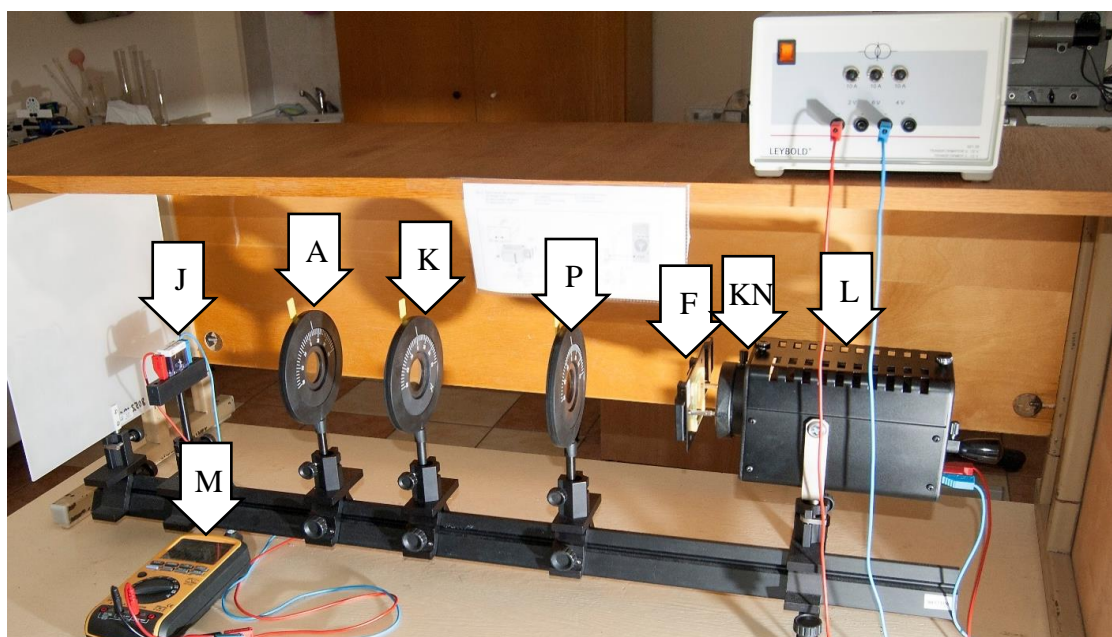
1. Ištirti tiesiai poliarizuotą šviesą.
2. Sukurti ir ištirti apskritai poliarizuotą šviesą.
3. Sukurti ir ištirti elipsiškai poliarizuotą šviesą.

Teorinės temos

- Poliarizuota šviesa.
- Dvejetainis spindulių lūžis.
- Tiesiškai, apskritimiškai ir elipsiškai poliarizuota šviesa.

Darbo priemonės ir prietaisai

Kaitrinė lemputė (L), kondensorius (KN), filtras (F), poliarizatorius - poliaroidas (P), ketvirčio bangos ilgio žėručio plokštelė (K), analizatorius - poliaroidas (A), fotojutiklis (J), multimetras M (1 pav).



1 pav. Poliarizuotos šviesos tvrimo stendas

Tyrimo metodika

Poliarizuotąsias bangas galima sukurti optiškai anizotropinėmis plokštelėmis (kvarco, žėručio ir kt.), išpjautomis lygiagrečiai su optine kristalo ašimi. Statmenai krintantis šviesos pluoštelis plokštelėje skyla į paprastąjį ir nepaprastąjį, bet abu sklinda tą pačią pirmąją linkme. Iš plokštelės išėjusios atstojamosios bangos poliarizacijos pobūdis bendruoju atveju pakinta.

Tarkime, kad į dvejopai šviesą laužiančią plokštelę krinta tiesiai poliarizuota monochromatinė λ ilgio banga (2 pav.). Kadangi plokštelėje paprastosios ir nepaprastosios bangų fazinis sklidimo greitis nevienodas, išėjime tarp jų susidaro fazių skirtumas δ , kuris priklauso nuo plokštelės storio d :

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d.$$

Norint dvejopai šviesą laužiančia plokšte sukurti apskritai poliarizuotą šviesą, fazių skirtumas turi būti lygus

$$\delta = (2k + 1)\frac{\pi}{2};$$

čia k – sveikasis skaičius. Ši sąlyga tenkinama tinkamai parinkus plokštelės storį, t. y.

$$(n_o - n_e)d = (2k + 1)\frac{\lambda}{4}.$$

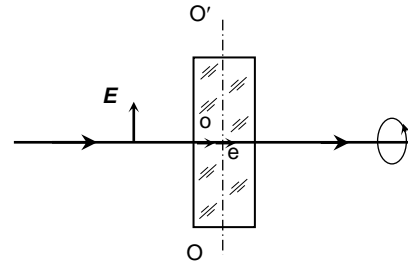
Tokia plokštelė vadinama ketvirčio bangos ilgio plokšte.

Banga apskritai poliarizuojama tada, kai krintančiosios tiesiai poliarizuotos bangos poliarizacijos plokštuma su plokštelės optine ašimi sudaro $\pm \frac{\pi}{4}$ kampą. Tada abiejų bangų amplitudės vienodos ir plokštelė papildo fazių skirtumą dydžiu $\frac{\pi}{2}$. Jei plokštelės storis toks, kad bangų eigos skirtumas

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

(pusės bangos ilgio plokštelė), tai fazių skirtumas $\delta = (2k + 1)\pi$ ir šviesa išlieka tiesiai poliarizuota, tik elektrinio vektoriaus virpesių linkmė pakinta 2α kampu (α – kampas tarp plokštelės optinės ašies ir krintančios šviesos elektrinio vektoriaus). Jei plokštelės storis toks, kad

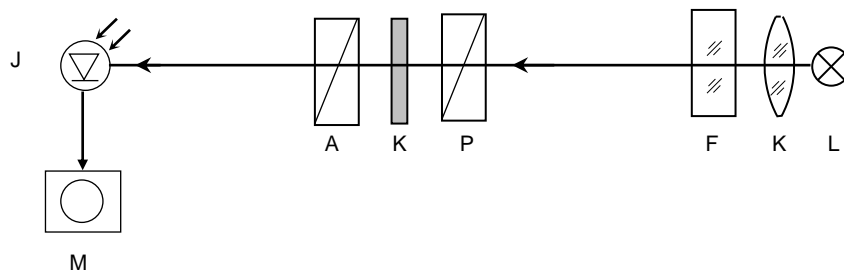
$$(n_o - n_e)d = k\lambda;$$



2 pav. Šviesos sklidimas pro kristalo plokštelę

(bangos ilgio plokštėlė), tai išėjime sukuriama tiesiai poliarizuota šviesa su tokia pat elektrinio vektoriaus virpesių plokštuma kaip ir įėjime. Reikalingas fazių skirtumas susidaro tik tam tikro dažnio bangai. Tą lemia tiesioginė fazių skirtumo δ priklausomybė nuo dažnio ω ir lūžio rodiklių dispersija.

Tyrimo įrangos schema pavaizduota 3 pav. Kaitrinės lemputės (L) šviesą kondensorius (K) nukreipia į filtrą (F). Monochromatiniai spinduliai nukreipiami į tiriamuosius objektus (P, K, A) ir patenka į fotojutiklį (J). Atsiradusi fotosrovė, proporcinga krintančiosios šviesos intensyvumui matuojama multimetru (M). Poliarizatorių, žėručio plokštėlę ir analizatorių galima sukinti apie optinę sistemos ašį ir keisti poliarizacijos plokštumų ir kristalo optinės ašies tarpusavio orientaciją.



3 pav. Tyrimo įrangos schema

Darbo eiga

1. Tiesiai poliarizuota šviesa

Kaitrinė lemputė, poliarizatorius (P), analizatorius (A), fotojutiklis (J) pastatomi taip kaip pavaizduota (1 pav.). Ketvirčio bangos ilgio žėručio plokštelė (K) ir filtras (F) nenaudojami. Poliarizatorius (P) nustatomas į 0° padėtį. Analizatorius (A) sukamas apie optinę sistemos ašį kol multimetro (M) rodmėnys tampa didžiausi, užrašoma analizatoriaus (A) padėtis. Uždengus šviesos pluoštėlį patikrinama matuoklio nulinis rodmėnuo.

Nuosekliai sukant analizatorių (A) kas padalą, išmatuojamas fotosrovės stipris, kuris proporcingas krintančios šviesos intensyvumui. Matuojama visam analizatoriaus (A) sūkių diapazonui nuo -90° iki 90°.

Polinėje koordinačių sistemoje brėžiamas išmatuoto šviesos intensyvumo (fotosrovės stiprio) priklausomybės nuo kampo tarp poliaroidų grafikas. Brėžiama teorinė priklausomybė, kuri skaičiuojama pagal formulę:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha ;$$

čia I_0 – krintančios šviesos intensyvumas (vertė parenkama laisvai), α – kampas tarp poliaroidų poliarizacijos plokštumų.

2. Apskritai poliarizuota šviesa

Kaitrinė lemputė (L), filtras (F), poliarizatorius (P), ketvirčio bangos ilgio žėručio plokštelė (K), analizatorius (A), fotojutiklis (J), multimetras (M) pastatomi taip kaip pavaizduota (1 pav.) (filtras (F) naudojamas). Poliarizatorius (P) nustatomas į 0° padėtį. Analizatorius (A) sukryžiuojamas su poliarizatoriumi (P). Tada pro sistemą pereina mažiausiai šviesos ir matuoklis registruoja minimalią srovę. Tarp analizatoriaus (A) ir poliarizatoriaus (P) dedama $\lambda/4$ plokštelė (K) ir ji pamažu sukama apie sistemos ašį. Matuojamas fotosrovės stipris kiekvienai plokštelės orientacijai. Matavimai atliekami $\lambda/4$ plokštelė (K) sūkių diapazonui nuo -90° iki 90°.

Polinėje koordinačių sistemoje brėžiamas išmatuotų intensyvumų ir plokštelės pasukimo kampo priklausomybės grafikas. Iš jo nustatomos dvi plokštelės padėtys, atitinkančios didžiausias fotosrovės vertes. Pasukus plokštelę (K) į vieną kurią nors iš šių padėčių turėtų susidaryti apskritai poliarizuota šviesa. Ji tiriama tolygiai sukant analizatorių (A) ir matuojant srovę kiekvienai analizatoriaus (A) padėčiai sūkių diapazone nuo -90° iki 90°. Taip matuojama ir kitai didžiausią šviesos intensyvumą atitinkančiai plokštelės (K) orientacijai. Suvidurkinus matavimų duomenis, polinėje koordinačių sistemoje brėžiamas intensyvumo ir analizatoriaus pasukimo kampo priklausomybės grafikas. Palyginimui brėžiamas apskritimas.

3. Elipsiškai poliarizuota šviesa

Kaitrinė lempuė (L), filtras (F), poliarizatorius (A), ketvirčio bangos ilgio žėruėio plokėtelė (K), analizatorius (A), fotojutiklis (J), multimetras (M) pastatomi taip kaip pavaizduota (1 pav.) (filtras (F) naudojamas). Poliarizatorius (P) nustatomas į 0° padėtį. Šiuo atveju $\lambda/4$ plokėtelė (K) pasukama 20° kampu iš padėties, kuri atitiko apskritai poliarizuotos šviesos sukūrimo sąlygas. Nuosekliai sukant analizatorių (A) kas padalą, išmatuojamas fotosrovės stipris, kuris proporcingas krintanėios šviesos intensyvumui. Matuojama analizatoriaus (A) sūkių diapazone nuo -90° iki 90°.

Polinėje koordinacių sistemoje brėžiamas išmatuoto šviesos intensyvumo (fotosrovės stiprio) priklausomybės nuo pasukimo kampo priklausomybės grafikas. Nustatoma elipsiškai poliarizuotos šviesos vektoriaus virpesių forma. Tam naudojama anksėiau nubrėžta figūra. Išmatuojama didžiausios ir mažiausios stygos ilgiai l . Elipsės pusašių santykis apskaiėiuojamas, ištraukus kvadratinę šaknį iš tų stygų ilgių dalmens:

$$\frac{a}{b} = \sqrt{\frac{l_{\max}}{l_{\min}}}$$

Brėžiama elipsė:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

Literatūra

Šalna V.A. Optika. Laboratoriniai darbai. – Vilnius, 2009. (www.mopl.bfsk.ff.vu.lt)