



2007–2013 m. Žmogiškųjų išteklių plėtros veiksnių programos 2 prioriteto „Mokymasis visą gyvenimą“ VP1-2.2-ŠMM-09-V priemonės „Studijų programų plėtra Nacionalinėse kompleksinėse programose“

Projektas

„I ir II pakopos studijų modernizavimas medžiagotyros, nano- ir šviesos technologijų proveržio kryptimis (LaMeTech studijos)“

Projekto numeris VP1-2.2-ŠMM-09-V-01-005

ŠVIESOS POLIARIZACIJOS LAIPSNIO NUSTATYMAS

Praktinio užsiėmimo konspektas
magistrantūros programos
„Saulės elementų ir modulių inžinerija“
studentams

Parengė
doc., dr. D. Jasaitis
prof., dr. A. Jukna
dr. V. Valuntaitė

Vilnius 2012

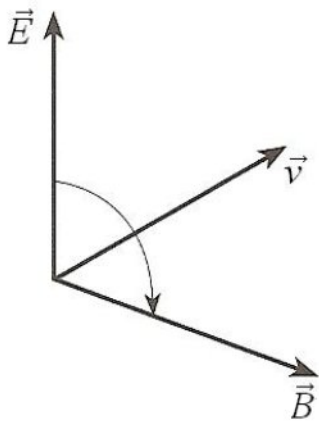
Projektas „I ir II pakopos studijų modernizavimas medžiagotyros, nano- ir šviesos technologijų
proveržio kryptimis (LaMeTech studijos)“

Vienas iš *Saulės elementų ir modulių inžinerijos* programos tikslų yra suteikti studentams specialiųjų profesinių žinių apie fizinius reiškinius, vykstančius puslaidininkuose, jiems sąveikaujant su šviesa, o poliarizuotoji šviesa leidžia išaiškinti daugelį medžiagos sandaros ypatumų, pagal šviesos poliarizacijos pobūdį galima daryti išvadas apie spinduliuotojų buvimo sužadintoje būsenoje trukmę, todėl magistrantams svarbu išsiaiškinti ir supranti šviesos poliarizacijos reiškinį. Be to, šviesos poliarizacijos pobūdis turi esminės įtakos šviesos sąveikai su medžiaga. Optiškai izotropinėse medžiagose, o kartais ir metaluose, nuo šviesos poliarizacijos priklauso šviesos sklidimo greitis ir kryptis (dvejopas spindulių lūžis), o taip pat sugertis (dichroizmas). Sklindant šviesai medžiagoje poliarizacijos pobūdis gali keistis: pakinta virpesių plokštuma (atsispindint, lūžtant, optiškai aktyviose terpėse); tiesiai poliarizuota šviesa gali tapti elipsiškai poliarizuota (visiškojo vidaus atspindžio atveju; atsispindint nuo sugeriančių paviršių, pvz., metalų). Todėl šviesos poliarizacijos reiškinio supratimas yra neatsiejama energijos technologijos magistro žinių dalis.

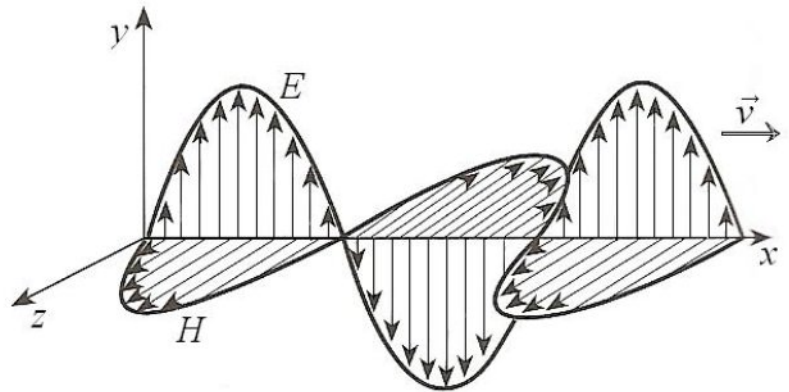
Šio praktinius įgūdžius formuojančio užsiėmimo metu bus tiriamas šviesos poliarizacijos reiškinys, nustatomas praėjusios pro poliarizatorių šviesos poliarizacijos laipsnis, patikrinamas Maliaus dėsnis.

Optika yra mokymas apie fizikinius, t. y. gamtos, reiškinius, susijusius su trumpųjų elektromagnetinių bangų, kurių ilgis (10^{-4} – 10^{-9}) m, sklidimu ir sąveika su medžiaga. Daugelis reiškinų sklindant šviesai gali būti suprasti tik skersinių bangų įvaizdžiais nepriklausomai nuo jų elektromagnetinės prigimties. Tokių reiškinų (šviesos difrakcija, interferencija, poliarizacija) visuma vadinama *bangų optika*.

Iš D. Maksvelo sukurtos elektromagnetinio lauko teorijos seka, kad: kintant magnetiniam laukui, apie jį susidaro sūkurinis elektrinis laukas; kintant elektriniam laukui, apie jį susidaro sūkurinis magnetinis laukas. Šie lakai neatskiriamai susiję, vienas kitam statmeni ir sklinda erdve baigtiniu greičiu. Kintamojo elektromagnetinio lauko sklidimas erdvėje vadinamas *elektromagnetine banga*, kurios elektrinio ir magnetinio laukų stiprių vektoriai \vec{E} ir \vec{H} svyruoja tarpusavyje statmenose plokštumose, o pati banga sklinda greičiu \vec{v} statmenai vektoriams \vec{E} ir \vec{H} . Pagal šviesos elektromagnetinių bangų prigimties teoriją šviesos bangos yra skersinės. Jeigu vektorių \vec{E} ir \vec{H} . Svyravimo plokštumų padėtys erdvėje nekinta, banga vadinama *plokščiai poliarizuota* (2 pav.).

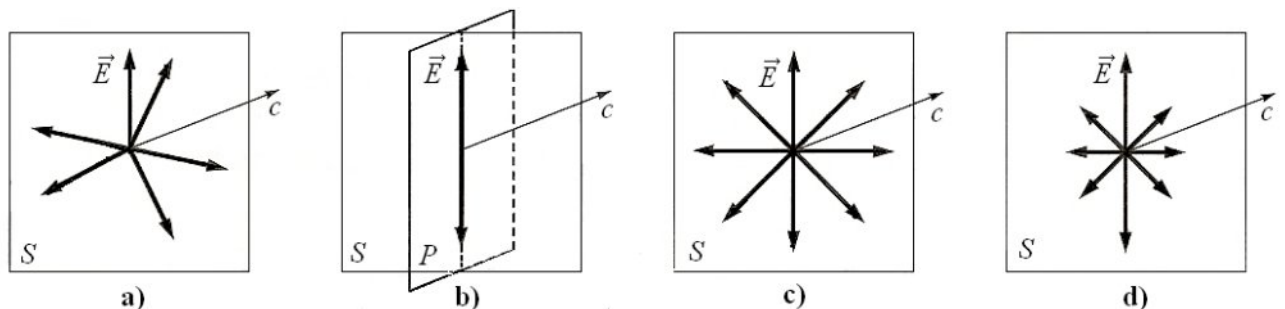


1 pav. Vektorių \vec{E} , \vec{B} ir \vec{v} tarpusavio kryptys



2 pav. Plokščiai poliarizuota elektromagnetinė banga

Šaltinio skleidžiama šviesa – tai daugybės atomų išspinduliuotų elementarių bangų visuma. Šių bangų \vec{E} ir \vec{H} kryptys įvairiai orientuotos sklidimo krypties atžvilgiu. Jei visos vektoriaus \vec{E} (tuo pačiu ir \vec{H}) kryptys yra lygiavertės, tokia šviesa vadinama *natūraliąja* arba *nepoliarizuotąja* šviesa. Tačiau, jei nagrinėjamame šviesos pluošte vyrauja kokios nors krypties virpesiai, tai turime *dalinai poliarizuotą* šviesą, o jei \vec{E} vektorius svyruoja tik viena griežtai nustatyta kryptimi, – *pilnai poliarizuota*. Jei vektorius \vec{E} svyruoja tik vienoje plokštumoje, šviesa vadinama *tiesiai poliarizuota* (3 pav. b). Plokštuma, nubrėžta per šviesos bangos sklidimo kryptį ir vektorių \vec{E} , vadinama *poliarizacijos plokštuma P* (ji yra statmena plokštumai *S*, 3 pav. b). Dažniausiai sutinkama šviesos *elipsinė poliarizacija*, kai elektrinis (ir magnetinis) vektorius taisyklingai kinta didumu ir kryptimi ir jo galas brėžia elipsės statmenose spinduliui plokštumose (3 pav. d). Kai vektoriaus \vec{E} tolygiai sukasi apie šviesos sklidimo kryptį, šviesa vadinama *apskritai poliarizuotąja* (3 pav. c).



3 pav. Šviesos vektoriaus svyravimų kryptys nepoliarizuotoje šviesos (a), tiesiai (b), apskritai (c), elipsiškai (d) poliarizuotoje šviesoje

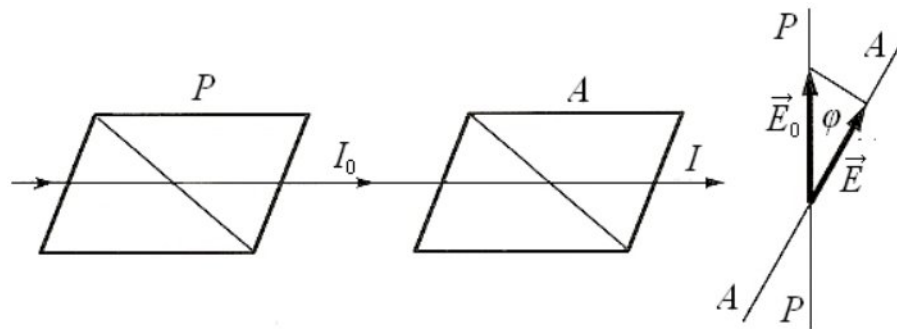
Dalinę šviesos poliarizaciją apibūdina jos *poliarizacijos laipsnis*:

$$P_s = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \quad (1)$$

čia: I_{\max} ir I_{\min} – didžiausias ir mažiausias šviesos intensyvumas, gaunami sukant analizatorių apie ašį, sutampančią su tariamos šviesos spindulio kryptimi.

Tiesiai poliarizuotos šviesos $I_{\min} = 0$, todėl jos poliarizacijos laipsnis $P_s = 1$, o natūralios šviesos $I_{\max} = I_{\min}$ ir $P_s = 0$.

Optinė sistema, skirta šviesai tiesiai poliarizuoti, vadinama *poliarizatoriumi*. Tai gali būti iš turmalino kristalo išpjauta plokštelė P . Ji praleidžia tik vienos elektrinio vektoriaus \vec{E} virpesių krypties bangas. Pro tokią plokštelę praėjusi šviesa yra tiesiai poliarizuota. Jei į poliarizatorių krinta natūrali šviesa, tai poliarizatorių sukant apie šviesos sklidimo kryptį, tiesiai poliarizuotos šviesos intensyvumas nekinta, o kinta tik vektoriaus \vec{E} virpesių kryptis. Tokios šviesos kelyje pastatoma antra turmalino plokštelė A , vadinama *analizatoriumi*. Poliarizatoriai, skirti poliarizuotai šviesai tirti, vadinami analizatoriais. Sukant analizatorių, pro jį praėjusios šviesos intensyvumas kinta. Šviesa pro jį visai nepraeina, kai plokštelių P ir A praleidžiamų šviesos bangų \vec{E} vektoriai yra statmeni. Tuomet laikoma, kad analizatorius sukryžiuotas su poliarizatoriumi.



4 pav. Maliaus dėsnis

Maliaus dėsnis nusako pro analizatorių praėjusio šviesos intensyvumo I priklausomybę nuo kampo tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus poliarizacijos plokštumų φ :

$$I = I_0 \cos^2 \varphi. \quad (2)$$

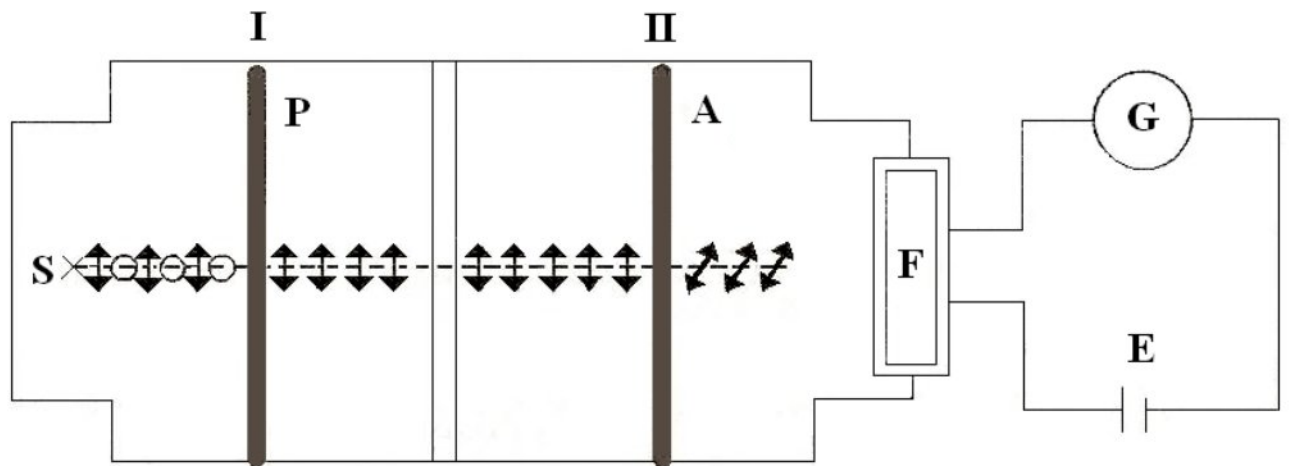
Maliaus dėsnis: iš analizatoriaus išėjusios šviesos intensyvumas I lygus į analizatorių įėjusios poliarizuotosios šviesos intensyvumui I_0 , padaugintam iš kampo φ tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus poliarizacijos plokštumų kosinuso kvadrato.

Projektas „I ir II pakopos studijų modernizavimas medžiagotyros, nano- ir šviesos technologijų proveržio kryptimis (LaMeTech studijos)“

Natūrali šviesa iš šaltinio S (5 pav.) patenka į poliarizatorių P . Jame šviesos spindulys dvejopai lūžta, t.y. išsiskaido į du spindulius, poliarizuotus tarpusavyje statmenose plokštumose, sklindančius skirtingais greičiais ir skirtingomis kryptimis. Vienas iš šių spindulių stipriai sugeriamas. Pro poliarizatorių praėjusi šviesa yra tiesiai poliarizuota. Toliau šviesa praeina pro analizatorių A , apšviečia fotovaržą F ir joje sukelia vidinį fotoefektą. Dėl to grandinėje atsiranda fotosrovė, kuri registruojama galvanometru G .

Analizatorius A yra sujungtas su antruoju cilindru, kuris gali sukrtis apie optinę ašį, sutampančią su cilindro simetrijos ašimi. Cilindro paviršiuje yra skalė sugraduota laipsniais. Joje atskaitomas analizatoriaus posūkio kampas.

Praėjusios analizatorių šviesos stiprumas didžiausias, kai kampas tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus pagrindinių plokštumų $\varphi = 0^\circ$. Kai kampas $\varphi = 90^\circ$, analizatorius poliarizuotos šviesos nepraleidžia ir praėjusios analizatorių šviesos intensyvumas yra mažiausias.



5 pav. Įrenginys Maliaus dėsnui tikrinti

Elektros srovė i fotovaržos grandinėje proporcinga pro analizatorių praėjusios šviesos intensyvumui I :

$$i = k_1 I . \quad (3)$$

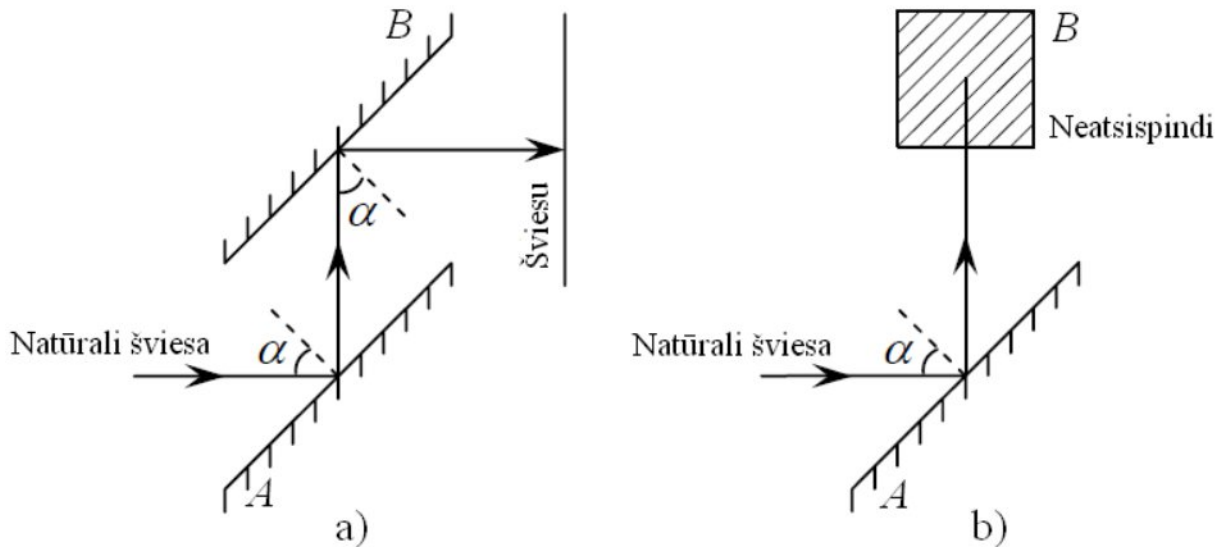
Panaudojus Maliaus dėsnį (2) gauname:

$$i = k_1 I_0 \cos^2 \varphi . \quad (4)$$

Iš poliarizatoriaus išėjusios šviesos intensyvumas nekinta, tai ir sandauga $k_1 I_0$ pastovi, t.y. $k_1 I_0 = k$ ir

$$i = k \cos^2 \varphi . \quad (5)$$

Taigi jei iš matavimo duomenų gaunama, kad elektros srovė fotovaržos grandinėje tiesiog proporcinga kampo tarp poliaroidų pagrindinių plokštumų kosinuso kvadratui, tai reiškia, kad Maliaus dėsnis yra teisingas. Šiuo atveju grafinę priklausomybę $i = f(\cos^2 \varphi)$ vaizduoja tiesė.



6 pav.

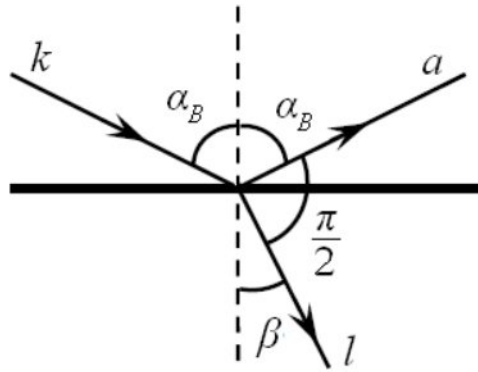
Šviesa poliarizuojama poliarizatoriais, kurių veikimo principas pagrįstas šviesos atspindžio ir lūžio reiškiniais dviejų dielektrinių aplinkų riboje bei dvejopo šviesos lūžio reiškiniumi. Pavyzdžiui, leidžiant šviesai atsispindėti nuo dviejų veidrodžių (6 pav.), ji atsispindi ir nuo A veidrodžio, ir nuo B veidrodžio, jei jų plokštumos lygiagrečios.

Pasukus B veidrodį 90° kampu taip, kad šviesos kritimo į jį kampas α nekistų, šviesa nuo jo neatsispindi. Taigi, vieną kartą atsispindėjusios šviesos elektrinio lauko stiprumo vektorius \vec{E} svyruoja tam tikra kryptimi arba bent ši kryptis vyrauja. Tai priklauso nuo šviesos kritimo kampo α . Jei šviesa krinta į dviejų aplinkų ribą *Briusterio kampu* α_B , kuris tenkina lygtį

$$\operatorname{tg} \alpha_B = n, \quad (6)$$

čia n – šviesos lūžio santykinis rodiklis, tai nuo jo atsispindėjusi šviesa yra pilnutinai poliarizuota.

Briusterio dėsnis: atspindėtoji šviesa yra visiškai tiesiai poliarizuota, jei šviesos kritimo kampo, vadinamojo Briusterio kampo, α_B tangentas lygus dielektriko, nuo kurio šviesa atsispindi, santykiniam lūžio rodikliui n dielektriko, kuriame sklinda natūralioji šviesa, atžvilgiu.



7 pav.

Šiuo atveju atspindžio šviesoje yra tik vienos krypties svyravimai – statmeni kritimo plokštumai. Be to, atsispindėjęs ir lūžęs spinduliai yra tarpusavyje statmeni (7 pav.), t.y.

$$\alpha_B + \beta = \frac{\pi}{2} \quad (7)$$

Aplinkos dalelių išsklaidyta Saulės šviesa yra iš dalies poliarizuota.

Atsispindėjusios šviesos:

$$\frac{I_{a\perp}}{I_{k\perp}} = \frac{\sin^2(\alpha - \beta)}{\sin^2(\alpha + \beta)}; \quad \frac{I_{a\parallel}}{I_{k\parallel}} = \frac{\operatorname{tg}^2(\alpha - \beta)}{\operatorname{tg}^2(\alpha + \beta)} \quad (8)$$

Perėjusios (lūžusios) šviesos:

$$\frac{I_{l\perp}}{I_{k\perp}} = \frac{4 \sin^2 \beta \cos^2 \alpha}{\sin^2(\alpha + \beta)} \quad \frac{I_{l\parallel}}{I_{k\parallel}} = \frac{4 \sin^2 \beta \cos^2 \alpha}{\sin^2(\alpha + \beta) \cos^2(\alpha - \beta)} \quad (9)$$

Frenelio (8) formulė rodo, kad, šviesai krintant Briusterio kampui, nuo aplinkų ribos atsispindi tik statmenos komponentės. Mat šiuo atveju $\operatorname{tg}(\alpha_B + \beta) = \infty$ ir $\frac{I_{a\parallel}}{I_{k\parallel}} = 0$. Todėl ir atsispindėjusios šviesos poliarizacijos laipsnis:

$$P_a = \frac{I_{a\perp} - I_{a\parallel}}{I_{a\perp} + I_{a\parallel}}, \quad (10)$$

šiuo atveju ($\alpha = \alpha_B$) yra lygus vienetui, t.y. atsispindėjusi šviesa yra pilnutinai poliarizuota.

Lūžusios šviesos poliarizacijos laipsnis:

$$P_l = \frac{I_{l\parallel} - I_{l\perp}}{I_{l\parallel} + I_{l\perp}} \quad (10)$$

priklauso nuo šviesos kritimo kampo ir jos lūžio santykinio rodiklio, t.y. nuo šviesos atspindžio koeficiento. Šviesos atspindžio koeficientas parodo, kuri krintančios šviesos dalis atsispindi, t.y.

$$\rho = \frac{I_a}{I_k} = \frac{I_{a\perp} + I_{a\parallel}}{I_{ki}}, \quad (11)$$

čia $I_{ki} = 0,5I_k$.

Jei šviesos kritimo kampas $\alpha = \alpha_B$, tai $I_{a\parallel} = 0$, ir $I_a = I_{a\perp}$, o $I_{l\perp} = (0,5 - \rho)I_k$, $I_{l\parallel} = 0,5I_k$. Tuomet, aišku, kad $P_l \ll 1$. Jos poliarizacijos laipsniui padidinti naudojamas daugkartinis šviesos atspindys ir lūžis plokštelių sistemoje.

Optiškai anizotropinėmis aplinkomis sklindančios šviesos spindulys suskyla į du. Šis reiškinys vadinamas *dvejopu šviesos lūžimu*. Tokios savybės būdingos daugeliui kristalų (kvarcui, turmalinui, islandiškajam špatui ir kt.). Tyrimai rodo, kad šviesos greitis juose priklauso ne tik nuo jos sklidimo krypties, bet ir nuo \vec{E} vektoriaus orientacijos. Dvejopo šviesos lūžimo reiškinys naudojamas tiesiškai poliarizuotai šviesai gauti.

Poliarizuotoji šviesa gali atsirasti dėl įvairių priežasčių, pvz., dėl ašinės simetrijos pažeidimo spinduliuojančiame šaltinyje; sklindant šviesai anizotropinėje terpėje; atsispindint bei lūžtant šviesai dviejų terpių sandūroje. Panagrinėsime tuos optinius įtaisus, vadinamus *poliarizatoriais*, kurie sukuria tiesiai poliarizuotą šviesą.

Natūraliąją šviesą galima pakeisti į poliarizuotąją, taikant dvejopą spindulių lūžį kristaluose. Kadangi išeinantys iš kristalo du spinduliai yra tiesiai poliarizuoti tarpusavyje statmenose plokštumose, tai norint sukurti norimą poliarizaciją, reikia vieną iš jų uždengti. Tačiau toks būdas sunkus, nes tiesinė spindulių skyra kristale maža. Tam reiktų naudoti labai siaurus šviesos srautus, kas mažina jų ryškumą.

Daug patogiau naudoti ne pavienius kristalus, o jų derinius – *poliarizacijos prizmes*. Praktikoje naudojamos dviejų rūšių prizmės: prizmės, praleidžiančios vieną spindulį, poliarizuotą kokioje nors plokštumoje (vienspindulinės poliarizacijos prizmės), ir prizmės, praleidžiančios du spindulius poliarizuotus dviejose tarpusavyje statmenose plokštumose (dvispindulinės poliarizacijos prizmės).

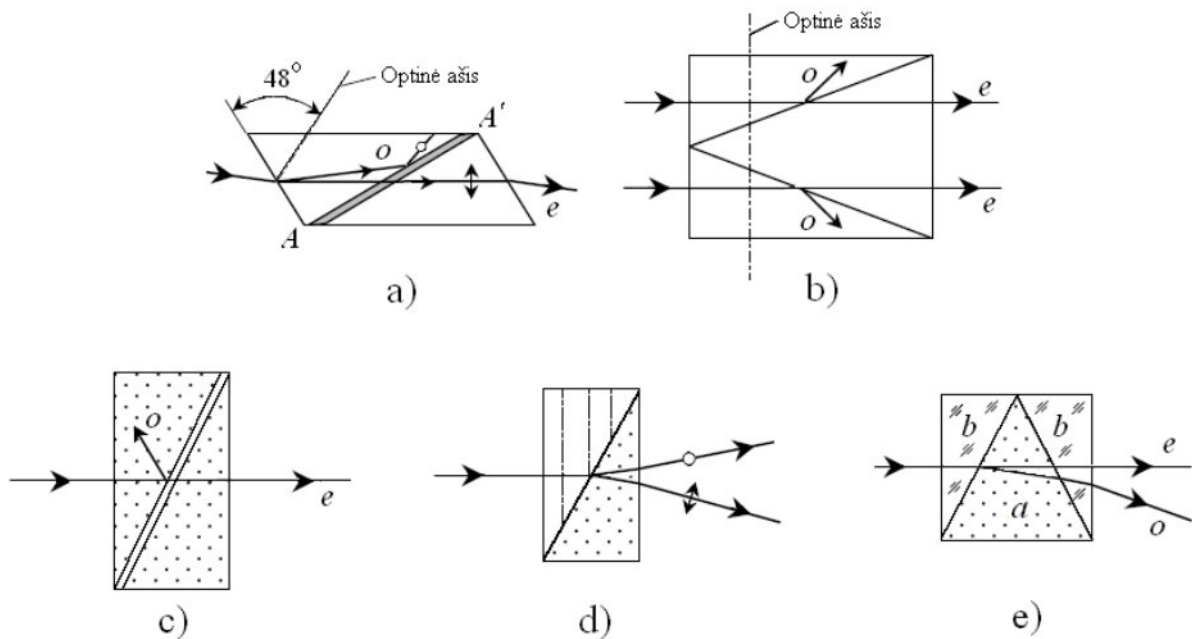
Vienspindulinių poliarizacijos prizmių veikimas grindžiamas tuo, kad vienas spindulys patiria visiškąjį vidaus atspindį nuo sandūros, o antrasis spindulys ją laisvai pereina. Klasikinis tokios prizmių rūšies pavyzdys yra *Nikolio prizmė* (8 pav. a). Prizmė gaminama iš tam tikru būdu išpjauto kalcito, kuris perpjaujamas palei AA' liniją ir po to suklijuojama Kanados balzamu. Į nikolį kritęs natūralusis spindulys kalcite skyla į du – paprastąjį ir nepaprastąjį. Jie prizmėje sklinda skirtingu greičiu skirtingomis kryptimis. Kanados balzamo lūžio rodiklio vertė ($n = 1,55$) yra tarpinė tarp kalcito lūžio rodiklių verčių paprastajam ($n_o = 1,658$) ir nepaprastajam ($n_e = 1,486$) spinduliui. Parinkus tinkamą Nikolio prizmės geometriją ir tinkamą spindulių kritimo kampą,

paprastasis spindulys nuo balzamo sluoksnio patiria visiškąjį vidaus atspindį, o nepaprastasis spindulys pereina prizmę. Taigi iš Nikolio prizmės išėjusi šviesa yra tiesiai poliarizuota. Atsispindėjusį paprastąjį spindulį sugeria pajuodintas prizmės paviršius.

Norint sukurti visiškai poliarizuotą šviesą, poliarizacijos prizmes reikia padėti lygiagrečiųjų (arba mažai prasiskleidžiančiųjų) spindulių kelyje taip, kad paprastas spindulys patirtų visiškąjį vidaus atspindį. Įvairių poliarizacijos prizmių konstrukcijų yra daug. Paminėsime tik keletą iš jų.

Arenso prizmėje (8 pav. b) yra trys kalcito prizmės, suklijuotos Kanados balzamu. Kampinė Arenso prizmės apertūra 35° .

Visos poliarizacijos prizmės, klijuotos Kanados balzamu, turi bendrą trūkumą – jos nenaudojamos ultravioletinėje srityje, nes Kanados balzamas smarkiai sugeria ultravioletinius spindulius. Šioje srityje naudojamos prizmės su oro tarpeliu arba prizmės, suklijuotos skaidria ultravioletiniams spinduliams medžiaga – glicerinu arba kai kuriais aliejais. Tokios rūšies prizmėms priklauso *Glano ir Fuko prizmė* (8 pav. c). Čia dvi kalcito prizmės atskirtos viena nuo kitos oro tarpeliu. Optinė ašis statmena krintančiajam spinduliui ir brėžinio plokštumai. Tokios prizmės apertūra $7,9^\circ$.



8 pav. Nikolio prizmė (a), Arenso prizmė (b), Glano ir Fuko prizmė (c), Volastono prizmė (d),
 Abės prizmė (e)

Dvispindulines poliarizacijos prizmes sudaro toks prizmių derinys, kuris praleidžia abu spindulius, bet praskleidžia juos nemažu kampu. Iš jų plačiausiai žinoma *Volastono prizmė* (8 pav. d). Ji sudaryta iš atžvilgiu ir yra poliarizuoti tarpusavyje statmenose plokštumose. Kampas tarp jų $3,4^\circ$.

Projektas „I ir II pakopos studijų modernizavimas medžiagotyros, nano- ir šviesos technologijų
proveržio kryptimis (LaMeTech studijos)“

Didesnis skėsties kampas *Abės prizmėje* (8 pav. e). Joje yra centrinė lygiašonė kalcito prizmė *a*, kurios optinė ašis lygiagreti su laužiamąja briauna, ir dvi stiklo prizmės *b*. Nepaprastasis spindulys pereina prizmę neatsilenkdamas, o paprastasis atsilenkia $11,7^\circ$ kampu. Didinant laužiamąjį kampą iki 90° , galima padidinti plėtros kampą iki 23° .

Dichroinių poliarizatorių veikimas grindžiamas dichroizmo reiškiniu. Tokių medžiagų šviesos sugerties koeficientas priklauso ne tik nuo bangos ilgio, bet ir nuo šviesos poliarizacijos pobūdžio. Šviesa sugerama skirtingai, priklausomai nuo vektoriaus *E* orientacijos ir dėl to sugertis priklauso nuo šviesos sklidimo terpėje krypties.

Dichroizmo priežastys glūdi anizotropinėje sugeriančiosios medžiagos struktūroje. Ši savybė daugiau ar mažiau būdinga toms sugeriančiosioms šviesą terpėms, kurioms būdingas ir dvejopas spindulių lūžis. Charakteringa tokių savybių medžiaga yra turmalinas, smarkiai sugeriantis paprastąjį spindulį ir praleidžiantis tiesiai poliarizuotą nepaprastąjį spindulį.

Plačiai paplitę taip vadinami *plėvelių poliarizatoriai (polaroidai)*. Jei polimero plėvelę, sudarytą iš ilgų linijinių makromolekulių, įkaitinti iki suminkštėjimo ir veikti mechaniniu tempimu tam tikra kryptimi, tai polimero molekulės orientuojasi ilgosiomis jungtimis išilgai tempimo krypties ir plėvelė tampa anizotropinė. Jei polimere ištirpinta medžiaga, kurios molekulės yra anizotropinės ir pasižymi stipriu dichroizmu, tai sutvarkytoji tempimo metu polimero makromolekulių terpė orientuoja šias priemaišų molekules. Plėvelė tampa šviesos poliarizatoriumi. Taip sukuriama aukštos kokybės (poliarizacijos laipsnis 99 %) polaroidai, kurių matmenys gan dideli ir kampinė apertūra 180° .

Praktinio užsiėmimo metu bus naudojamas įrenginys Maliaus dėsniai patikrinti (5 pav.). Jį sudaro du cilindrai. Pirmajame cilindre yra natūralios šviesos šaltinis *S* ir poliaroidas *P* – poliarizatorius. Antrajame cilindre įdėtas kitas poliaroidas *A* – analizatorius ir fotovarža *F*. Ji nuosekliai sujungta su galvanometru *G* ir maitinimo šaltiniu *E*.

Sujungus įrenginį Maliaus dėsniai tikrinti, sukant antrąjį cilindrą (analizatorių) surandama padėtis, atitinkanti didžiausią fotosrovės reikšmę i_{\max} . Šiuo atveju kampas tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus pagrindinių plokštumų lygus nuliui ($\varphi = 0^\circ$). Atskaitomas cilindro skalėje šią padėtį atitinkantis kampas α_0 . Galvanometru išmatuojama srovės reikšmė i_{\max} . Pasukant analizatorių kas $\Delta\alpha = 10^\circ$, užrašomas kampas tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus pagrindinių plokštumų ($\varphi_j = \alpha_j - \alpha_0 = j\Delta\alpha$) ir atitinkamas fotosrovės stiprumas i_j ($j = 0, 1, 2, 3, \dots, 9$). Taigi kampas φ keičiamas nuo 0° iki 90° . Kai $\varphi = 90^\circ$, fotosrovė grandinėje minimali i_{\min} , nes fotovarža mažai apšviesta, kadangi praeina analizatorių tik kritusi į jį nepoliarizuotos šviesos dalis. Dėl kampo α

Projektas „I ir II pakopos studijų modernizavimas medžiagotyros, nano- ir šviesos technologijų
proveržio kryptimis (LaMeTech studijos)“

paklaidų ši padėtis ne visada sutampa su skalės parodymu $\alpha = \alpha_0 + 90^\circ$. Taigi šiek tiek pasukinėjant analizatorių, surandamas kampas α atitinkantis i_{\min} ($\varphi = 90^\circ$). Dabar atvirkščia eiga mažinant kampą φ iki 0° kas 10° užrašomos fotosrovės reikšmės i_j . Vienodoms kampo φ_j reikšmėms apskaičiuojamos srovės vidutinės reikšmės $\langle i_j \rangle$. Apskaičiuojamas šviesos poliarizacijos laipsnis. Jei $P_s < 1$, šviesa dalinai poliarizuota, tuomet apskaičiuojamos fotosrovės, atsiradusios tik dėl poliarizuotos šviesos poveikio, reikšmės i_{pj} ($i_{pj} = \langle i_j \rangle - \langle i_{\min} \rangle$, ($j = 0, 1, 2, 3, \dots, 9$)).

Apskaičiuojamos $\cos^2 \varphi_j$ reikšmės. Bandymo rezultatai pavaizduojami grafiškai $i_p = f(\cos^2 \varphi)$.

Rekomenduojamos temos ir klausimai diskusijoms:

1. Apibūdinkite natūraliąją ir poliarizuotąją šviesą.
2. Šviesos poliarizacijos būdai.
3. Poliaroido veikimo principas.
4. Suformuluoti Maliaus dėsnį.
5. Kaip eksperimentiškai įsitikinama Maliaus dėsnio teisingumu?

Literatūra:

1. Tamašauskas, A.; Vosylius, J. Fizika 2. Vilnius: Mokslas. 1989, 193 p.
2. Mauza, E. Optinių reiškinių dėsningumai: Mokomoji knygelė. Vilnius: VISI. 1986, 131 p.
3. Bogdanovičius, A. Fizikos pagrindai inžinerijoje. II dalis. Vilnius: Technika. 2010, 323 p.
4. Martinėnas, B. Fizika. Vilnius: Technika. 2008, 382 p.
5. Šalna, V. A. Optika. Vilnius: Enciklopedija. 2004, 272 p.
6. Požėla, I.; Radvilavičius, Č. Fizika 2. Optika ir atomo fizika. Kaunas: Technologija. 2008, 197 p.
7. Ambrasas, A. Fizikos pagrindai. Kaunas: Šviesa. 1990, 286 p.
8. Kukšas, B; Šimkūnas, S. Fizika I. Vilnius: Mintis. 1973, 439 p.