7.9. LAZERIO SPINDULIUOTĖS SAVYBIŲ IR ŠVIESOLAIDŽIO PARAMETRŲ TYRIMAS

Darbo tikslas

Ištirti lazerio spinduliuotės savybes ir, naudojant šią spinduliuotę, nustatyti įvairių optinių įtaisų parametrus.

Darbo užduotys

- Nustatyti dujinio lazerio spinduliuotės bangos ilgį.
- Nustatyti atstumą tarp dviejų fotoplokštelės plyšių.
- Pamatuoti lazerio spinduliuotės santykinę vidutinę galią šviesolaidžio išvade.

Teorinės temos

- Savaiminis ir priverstinis spinduliavimas. Užpildos apgrąža.
- Lazerio sandara ir veikimo principai.
- Lazerio spinduliuotės savybės.
- Lazerių taikymas medicinoje.
- Difrakcija. Difrakcinė gardelė.

Darbo priemonės ir prietaisai

He-Ne lazeris, veidrodžiai, ekranas, difrakcinė gardelė, liniuotė, oscilografas, šviesolaidžio laikikliai, šviesolaidis, galios matuoklis.

Darbo metodika

Lazerių veikimas pagrįstas trimis fundamentaliais principais. Pirmasis – elektromagnetinės spinduliuotės energija yra kvantuota, t. y. sudaryta iš diskrečių energijos porcijų. Diskretumas pirmiausia pasireiškia sąveikaujant spinduliuotei su medžiaga, kai fotonai yra sugeriami arba išspinduliuojami. Antrasis – fotonų spinduliavimas, esant pakankamai didelei spinduliuotės įtėkio spartai (proporcingai tapačių fotonų srautui), yra iš esmės priverstinis. Priverstinio spinduliavimo atveju pirminiai ir antriniai kvantai yra tapatūs, o spinduliavimo tikimybė proporcinga spinduliuotės įtėkio spartai. Trečiasis – tos pačios fazės, dažnio, poliarizacijos elektromagnetinės spinduliuotės kvantų skaičius yra neribojamas.

Be to, kad lazeris veiktų, dar būtina pakeisti medžiagos energijos pusiausvyrą. Atomai, jonai ar molekulės, veikiami išorinio kaupinimo šaltinio, perkeliamos iš žemesnio energijos lygmens į aukštesnį ir sukuriama *užpildos apgrąža*. Ji atitinka termodinamiškai nepusiausvirą energijos pasiskirstymą, todėl elektromagnetinio lauko stiprinimas ir generavimas dėl priverstinio spinduliavimo galimi tik termodinamiškai nepusiausvirose kvantinėse sistemose.

Lazerio spinduliuotė turi keletą išskirtinių savybių: didelį energinį šviesį, mažą skėstį, didelę vidutinę galią. Šios savybės labai naudingos praktiškai taikant lazerio spinduliuotę. Kitos savybės priklauso nuo lazerio veikos tipo – ar ji *nuolatinė*, ar *impulsinė*.

Nuolatinės veikos lazeriai visada yra monochromatiniai. Ypač siauro spektro pločio spinduliuotė nepamainoma tiksliai matuojant atstumus, pavyzdžiui, lazeriniuose radaruose.

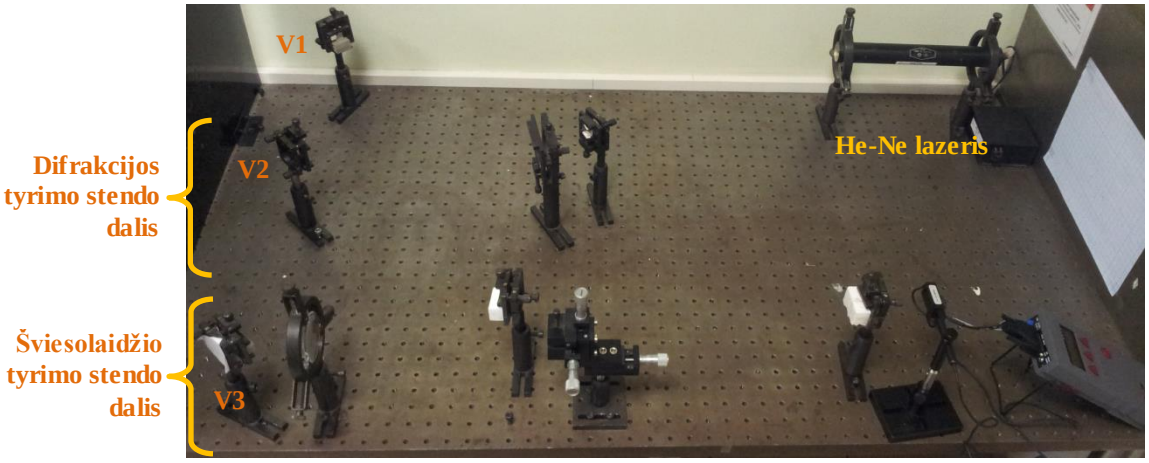
Nuolatine veika patogu atlikti įvairias rutinines lazerinio medžiagų apdirbimo užduotis, tarkim, pjauti arba suvirinti. Be to, monochromatine spinduliuote patogu tirti įvairius optinių elementų fizikinius parametrus ir net formą, nes tokios spinduliuotės sąveiką su optiniais objektais teoriškai labai paprasta aprašyti. Būtent šios monochromatinės spinduliuotės savybės pritaikomos šiame laboratoriniame darbe: naudojant dujinį He-Ne lazerį, nustatomi tiek pačios spinduliuotės, tiek dviejų plačiai naudojamų optinių elementų – difrakcinės gardelės ir šviesolaidžio – matmenys ir kiti parametrai.

Impulsinės veikos lazeriai būtinai yra plataus spektro, užtat geba generuoti impulsus, kurių trukmė siekia femto- ir atosekundes. Tokios trukmės yra palyginamos su charakteringomis elementariųjų cheminių reakcijų trukmėmis arba net už jas trumpesnės. Tokia spinduliuotė naudojama, pavyzdžiui, ultrasparčiojoje spektroskopijoje pirminiams cheminiams fotosintezės vyksmams tirti.

Atsiradę pirmieji lazeriai iškart susilaukė išskirtinio medikų dėmesio. Šiuo metu lazeriai taikomi daugelyje medicinos sričių: diagnostikoje, terapijoje, chirurgijoje, oftalmologijoje, dermatologijoje, stomatologijoje ir kt.

Darbo eiga

Visas šio darbo užduotis galima atlikti neišardant ir neperkonstruojant stendo. Vienoje stendo dalyje atliekamas šviesos difrakcijos, kitoje – spinduliuotės perdavimo šviesolaidžiu efektyvumo tyrimas (7.9.1 pav.). Norint atlikti šviesos difrakcijos tyrimą, lazerio spinduliuotės kelyje turi būti įstatytas veidrodėlis V2, o norint atlikti darbo dalį su šviesolaidžiu, šis veidrodėlis su laikikliu turi būti patrauktas į šoną, o spinduliuotė nukreipiama į veidrodėlį V3.

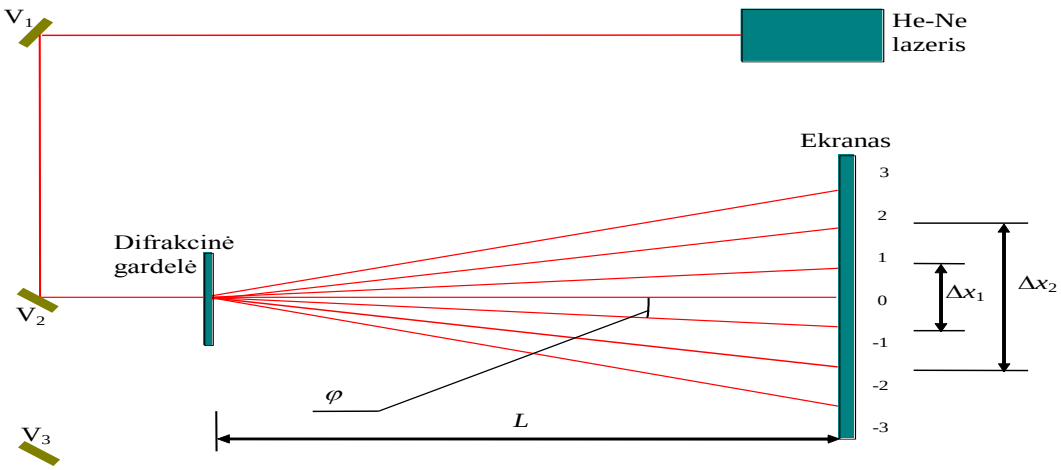


7.9.1 pav. Laboratorinio darbo stendas

1. Dujinio lazerio spinduliuotės bangos ilgio nustatymas

1. Pagal 7.9.2 paveiksle parodytą schemą sudaroma optinė grandinė: spinduliuotės kelyje tarp veidrodėlių V1 ir V3 įtvirtinamas veidrodėlis V2 taip, kad lazerio pluoštas pataikytų į ant ekrano pakabintame popieriaus lape pažymėtą tašką.
2. Spinduliuotės kelyje po veidrodėlio V2 difrakcinė gardelė įstatoma taip, kad jos paviršiaus plokštuma būtų statmena į ją krintančiam lazerio spinduliuotės pluoštui, o ekrane sukuriamas aiškus ir ryškus difrakcinis vaizdas.
3. Išmatuojami atstumai Δx_m tarp pagrindinių difrakcijos maksimumų ir atstumas L nuo difrakcinės gardelės iki ekrano.
4. Iš difrakcijos maksimumų sąlygos $d \sin\varphi = \pm m\lambda$, $m = 0, 1, 2, \ldots$ išsireiškiamas bangos ilgis λ ir apskaičiuojamos bangos ilgio vertės:

$$\lambda_m = \frac{d\Delta x_m}{2Lm} \tag{7.9.1}$$



7.9.2 pav. Difrakcijos tyrimo optinės grandinės schema

ir apskaičiuojama vidutinė bangos ilgio vertė $\lambda_{vid.}$.

5. Apskaičiuojami difrakciniai kampai φ_m:

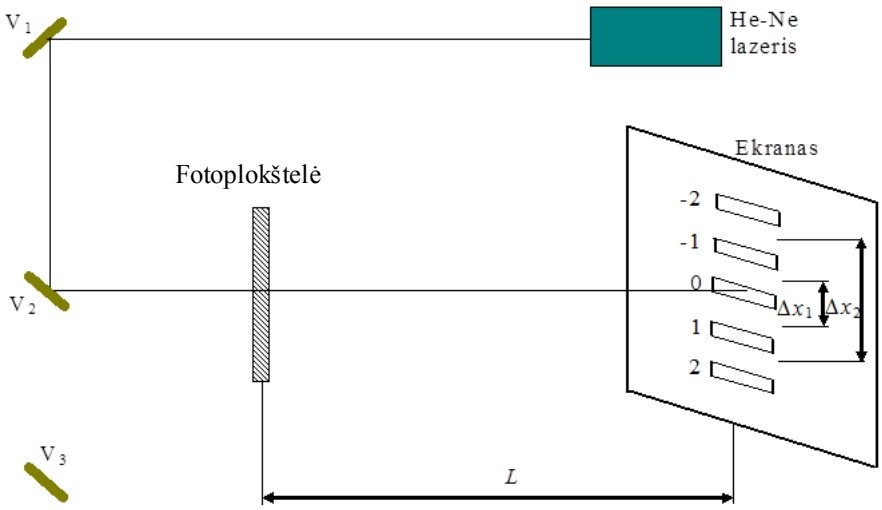
$$\sin\varphi_m \approx \mathrm{tg}\varphi_m \approx \frac{\Delta x_m}{2L}. \tag{7.9.2}$$

6. Matavimų ir skaičiavimų rezultatai surašomi į lentelę (1 lentelė).

1 lentelė

Δx_m (mm)	L (m)	d (μm)	m	$\sin\varphi_m$	λ_m (μm)	$\lambda_{vid.}$ (μm)

2. Atstumo tarp dviejų fotoplokštelės plyšių nustatymas



7.9.3 pav. Atstumo tarp dviejų plyšių nustatymo optinės grandinės schema

1. Pagal 7.9.3 paveiksle pateiktą schemą sudaroma optinė grandinė. Fotoplokštelė pastatoma tokiu atstumu nuo ekrano, kad jame būtų galima kuo aiškiau įžiūrėti difrakcinius minimumus ir maksimumus.
2. Išmatuojami keli atstumai Δx_n tarp interferencijos minimumų ir atstumas L nuo ekrano iki fotoplokštelės.
3. Iš interferencijos minimumų sąlygos apskaičiuojamas atstumas tarp dviejų plyšių d:

$$d = \frac{L}{\Delta x}\lambda \text{, čia } \Delta x = \frac{\Delta x_n}{2n-1}. \qquad (7.9.3)$$

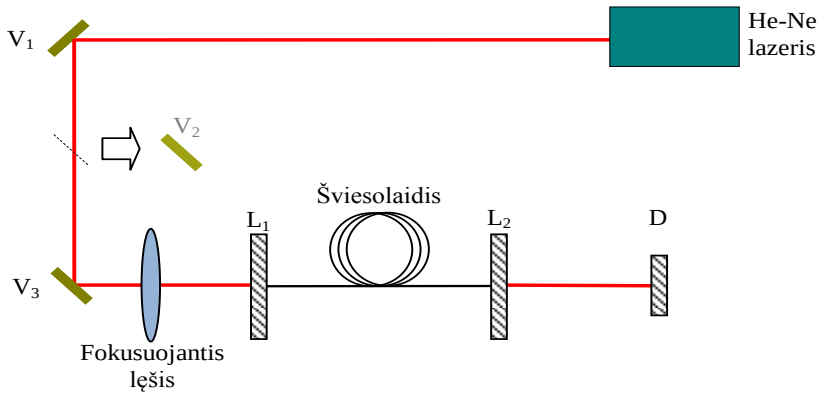
4. Matavimų ir skaičiavimų rezultatai surašomi į lentelę (2 lentelė).

2 lentelė

Δx_n *(m)*	*n*	Δx *(m)*	*L (m)*	*d (mm)*

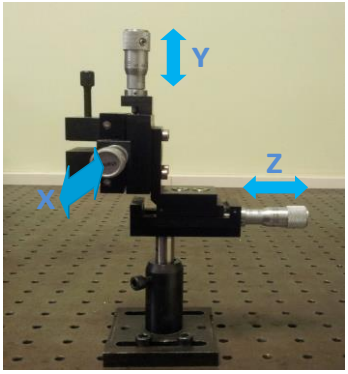
3. Spinduliuotės perdavimo šviesolaidžiu tyrimas

1. Pagal 7.9.4 paveiksle pateiktą schemą sudaroma optinė grandinė. Šioje darbo dalyje veidrodėlis su laikikliu V2 turi būti patrauktas iš spinduliuotės kelio (**patys veidrodžio neišimkite, paprašykite inžinierių pagalbos!**).



7.9.4 pav. Spinduliuotės perdavimo šviesolaidžiu efektyvumo tyrimo optinės grandinės schema

2. Vienas šviesolaidžio arba šviesolaidžių pynės galas įstatomas į įvadinį laikiklį L1 ir užfiksuojamas *atsargiai* prispaudžiant prisukamu laikikliu. Kitas galas taip pat įtvirtinamas laikikliu L2.
3. Lazerio spinduliuotė vizualiai nukreipiama į šviesolaidį – laikiklio L1 mikrometrinio poslinkio *XY* krypčių staliukų sraigtai (7.9.5 pav.) sukinėjami tol, kol lazerio pluoštas pataiko į šviesolaidžio įvadinio galo centrą ir matomas išvade (**tiesiogiai nežiūrėkite į šviesolaidžio galą! Pasinaudokite popieriaus lapu**). Pastaba. Tyrimą atliekant su šviesolaidžių pyne, naudojamas paprastesnis laikiklis be poslinkio staliukų; šiuo atveju reikia slankioti visą laikiklį.



7.9.5 pav. Šviesolaidžio įvado laikiklis su mikrometrinio poslinkio staliukais – vaizdas iš šono

4. Iškart po išvadinio laikiklio L2 prie pat šviesolaidžio galo (~1 mm atstumu) pastatomas šviesos detektorius (galios matuoklis) D.
5. Stebint detektoriaus rodmenis, šviesolaidžio įvadas sucentruojamas. Įvadinio laikiklio *XY* krypčių staliukų varžtai (dirbant su šviesolaidžių pyne – visas staliukas) judinami tol, kol detektorius rodo didžiausią galią išvade.
6. Šviesolaidžio galas pajudinamas *Z* kryptimi; jei kurioje nors padėtyje galia išvade dar padidėja, vėl pakartojamas 5-as punktas. Jei galia sumažėja, staliukas grąžinamas į padėtį, kurioje ji buvo didžiausia. Pastaba. Darbą atliekant su šviesolaidžių pyne, šio punkto daryti nereikia.
7. Pamatuojama galia $P_{iš}$ šviesolaidžio išvade.
8. Detektorius pastatomas <u>prieš</u> šviesolaidžio įvadinį laikiklį ir pamatuojama galia P_{in} įvade.
9. Apskaičiuojamas lazerio spinduliuotės perdavimo efektyvumas $\eta = P_{iš}/P_{in}$.
10. Matavimų ir skaičiavimų duomenys surašomi į lentelę (3 lentelė).

3 lentelė

Bandinys / šviesolaidis	P_{in} *(W)*	$P_{iš}$ *(W)*	η

Literatūra

1. J. Butrimaitė, A. Dementjev, G. Dikčius, R. Gadonas, J. Jasevičiūtė, V. Karenauskaitė, V. Sirutkaitis, V. Smilgevičius, Fizika biomedicinos ir fizinių mokslų studentams, 2 dalis, vadovėlis, Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, 2004, 351 p. ISBN 9986-19-595-9.