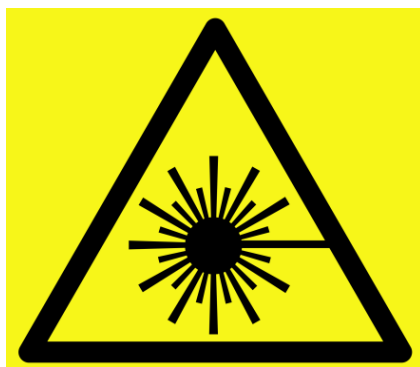


VILNIAUS UNIVERSITETAS  
FIZIKOS FAKULTETAS  
KVANTINĖS ELEKTRONIKOS KATEDRA  
MOKOMOJI LAZERIŲ LABORATORIJA

Laboratorinis darbas Nr. NO – 1

# ANTROSIOS OPTINĖS HARMONIKOS GENERAVIMAS

Metodiniai nurodymai



**Dėmesio! Darbo metu naudojami lazerinės spinduliuotės šaltiniai – būtina susipažinti ir griežtai laikytis atitinkamų saugos reikalavimų**

**Būtina naudoti apsauginius akinius**

## 1. Darbo tikslai

Išsiaiškinti lazerio spinduliuotės antrosios harmonikos generavimo reiškinį kristaluose, ištirti antrosios harmonikos spinduliuotės energetines charakteristikas.

## 2. Darbo užduotys

1. Surinkti ir suderinti antrosios optinės harmonikos spinduliuotės generavimo schemą.
2. Išmatuoti žadinimo lazerio spinduliuotės energetinius parametrus.
3. Išmatuoti antrosios harmonikos spinduliuotės energijos priklausomybę nuo kristalo orientacijos krypties arti sinchronizmo kampo.
4. Išmatuoti antrosios harmonikos spinduliuotės energijos priklausomybę nuo pagrindinio dažnio spinduliuotės galingumo netiesiniams KDP ir  $\text{LiNbO}_3$  kristalams.
5. Išmatuoti žadinimo lazerio spinduliuotės energetinius parametrus, kai papildomai naudojamas lęšis.
6. Išmatuoti antrosios harmonikos spinduliuotės energijos priklausomybę nuo pagrindinio dažnio spinduliuotės galingumo netiesiniam KDP kristalui, kai papildomai naudojamas lęšis.
7. Teoriškai apskaičiuoti antrosios harmonikos sinchronizmo kampą ir kampinį plotį ir jį palyginti su matavimų duomenimis.
8. Teoriškai apskaičiuoti spinduliuotės energijos keitimo efektyvumus KDP ir  $\text{LiNbO}_3$  kristalams ir palyginti su matavimo duomenimis.

## 3. Kontroliniai klausimai

1. Kokiose aplinkose galimas efektyvus antrosios harmonikos generavimas?
2. Kaip realizuojamas skaliarinis ir vektorinis faziniai sinchronizmai?
3. Kuo skiriasi I ir II tipo fazinis sinchronizmas?
4. Nuo ko priklauso antrosios harmonikos generavimo našumas?
5. Fazinio sinchronizmo kampinis, temperatūrinis ir spektrinis pusplėčiai.
6. Kvazisinchronizmo principai. Kvazisinchronizmo pranašumai ir trūkumai.
7. Kvazisinchroninių darinių gamybos metodai.
8. Periodiškai orientuoti ličio niobato (POLN) dariniai.

## 4. Darbo priemonės ir prietaisai

Sinchronizuotų modų IAG:Nd lazeris PL 2201 (bangos ilgis – 1064 nm, impulso trukmė pusės aukštyje – ~30 ps), KDP,  $\text{LiIO}_3$  ir  $\text{LiNbO}_3$  kristalai, veidrodžiai,  $\lambda/2$  fazinės plokštelės, poliarizatoriai, pluošto daliklis, lęšis (židinio nuotolis  $f=500\text{mm}$ ), dviejų kanalų energijos matuoklis, optinis filtras (pralaidumas  $T=62\%$ ), kampinio pasukimo stalelis, kuris turi grubų pasukimą (iki  $360^\circ$ ), išstatoma rankomis atlaisvinus priveržimo varžtą, ir tikslų, naudojant mikrometrą (1 pad =  $27,3''$ ) (sukant mikrometrą priveržimo varžtas neturi pasiekti kraštinių padėčių), transliacinis staliukas, prie kurio pritaisytas ekranas su vertikaliu plyšiu (plotis:  $\sim 500\mu\text{m}$ ).

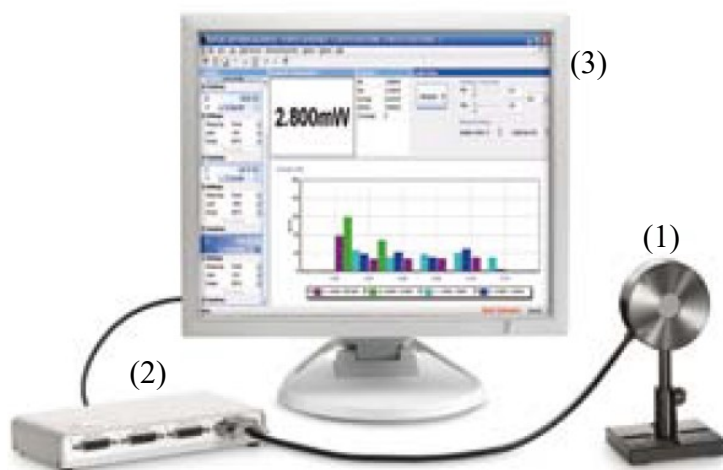
## METODINIAI PAAIŠKINIMAI

Tyrimai atliekami surenkant kiekvienai užduočiai optinę grandinę pagal pateikiamas schemas.

Dėmesio! Prieš pradėdant darbą, būtina susipažinti su naudojamų prietaisų aprašais ir saugaus darbo ypatumais.

### Energijos matuoklio parengimas darbui

Energijos matuoklio detektoriai (1) sujungiami su USB interfeisu PULSAR-2 (2), kuris su PC (3) prijungiamas USB prievadu. Įjungiamas USB interfeiso PULSAR-2 maitinimas.

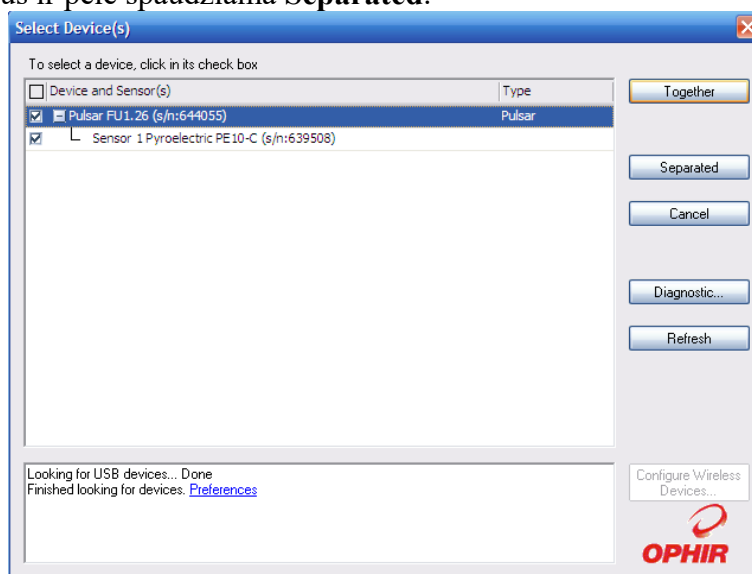


1 pav. USB interfeisas PULSAR-2 ir energijos matuoklio detektorius

### Darbas su programine įranga

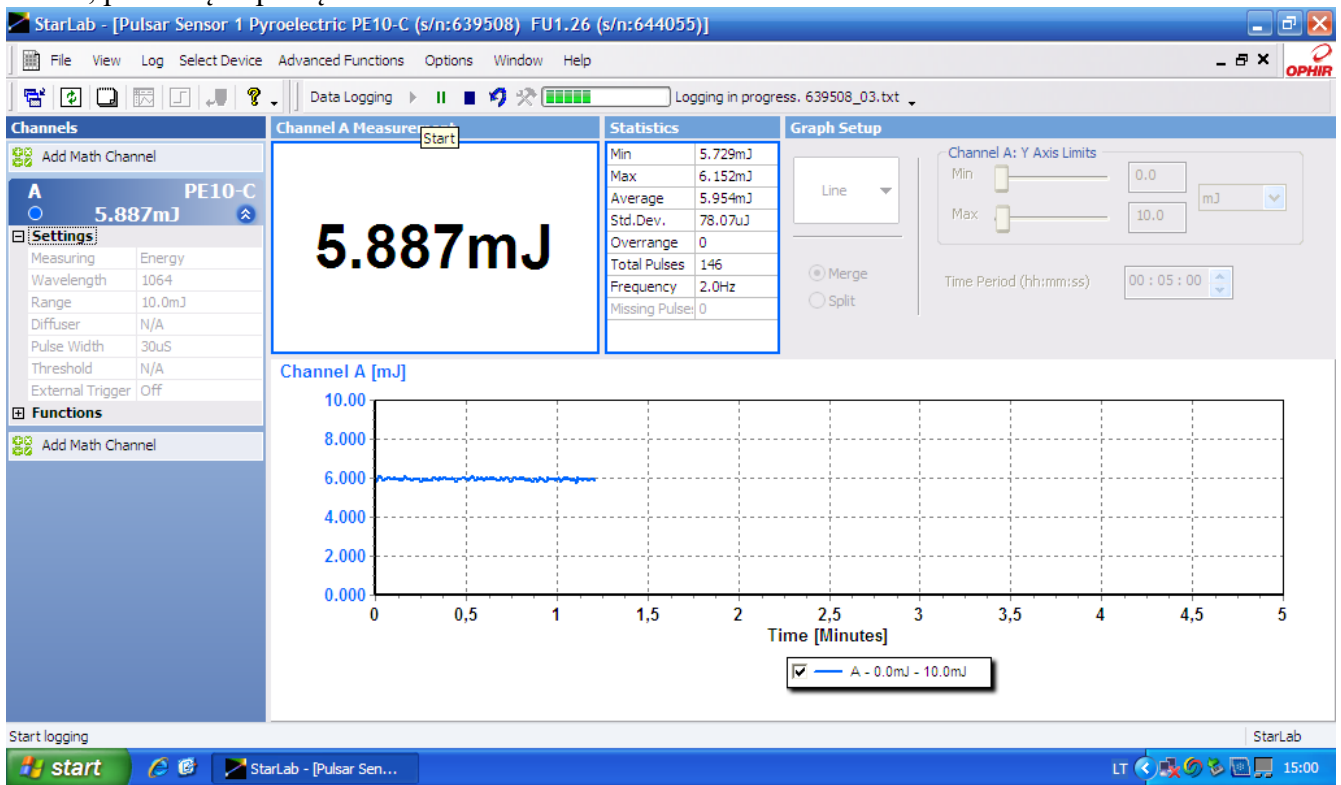
Programa atveriamą darbalaukyje dukart pele paspaudus **StarLab** piktogramą .

Atvėrus programą atsidaro pagrindinis langas, bei **Select Device(s)** langas, kuriame pažymima naudojamus prietaisus ir pele spaudžiama **Separated**.





2 pav. StarLab programos pradinis langas

Atsiveria pagrindinis programos langas padalytas į Kanalų skiltį (**Channels**), Skaitmeninių duomenų atvaizdavimo skiltį (**Channel ... Measurement**), Grafinio duomenų atvaizdavimo skiltį, Statistikos skiltį (**Statistics**), Registravimo skiltį (**Data Logging**) ir Grafinio atvaizdavimo nustatymo skiltį (**Graph Setup**). Kanalų skiltyje kiekvienas prijungtas energijos matuoklis turi savo kanalą, jei buvo pasirinkta **Together**, arba atsiveria keli pagrindiniai langai atskirai kiekvienam prijungtam energijos matuokliui, jei buvo pasirinkta **Separated**. Vartotojas tai pat gali sukurti papildomą kanalą, kuriame gali būti atliekami matematiniai veiksmai su prietaisų parodymais (spausiti **Add Math Channel**). Prietaiso kanalo nustatymuose (**Settings**) galima pasirinkti matuoti galią ar energiją (šiuo atveju **Energy**), nustatyti matuojamos spinduliuotės bangos ilgį (**1064nm** arba **532nm**), matavimo diapazono maksimalę vertę (**Range**), impulso trukmę (šiuo atveju nustatyti **10μS**). Skaitmeniniame duomenų atvaizdavimo skiltyje (**Channel ... Measurement**) atvaizduojama energijos matuoklio parodymai. Grafinio duomenų atvaizdavimo skiltyje atvaizduojama energijos matuoklio parodymai grafiniu pavidalu. Grafinio atvaizdavimo nustatymo skiltyje (**Graph Setup**) galima nustatyti grafinio duomenų atvaizdavimo įvairius parametrus, pvz.: laiko ribas, energijos diapazoną. Statistikos skiltyje (**Statistics**) atvaizduojama maksimali vertė, mažiausia vertė, vidurkis, standartinis nuokrypis, impulsų skaičius viršijančių matavimo diapazoną, bendras impulsų skaičius, dažnis, praleistų impulsų skaičius.



3 pav. StarLab programos pagrindinis langas

Programą užveriam paspausdami . Registruojama Statistikos skiltyje (**Statistics**) esanti vidurkio (**Average**) vertė. Naujas matavimas pradedamas paspaus . Matavimo metu nustatomas tinkamas matavimo diapazonas (**Range**). Matuojamo impulso energija negali būti didesnė nei nustatytas matavimo diapazonas, bei mažesnė nei kitas matavimo diapazonas.

## Lazerio įjungimas ir išjungimas

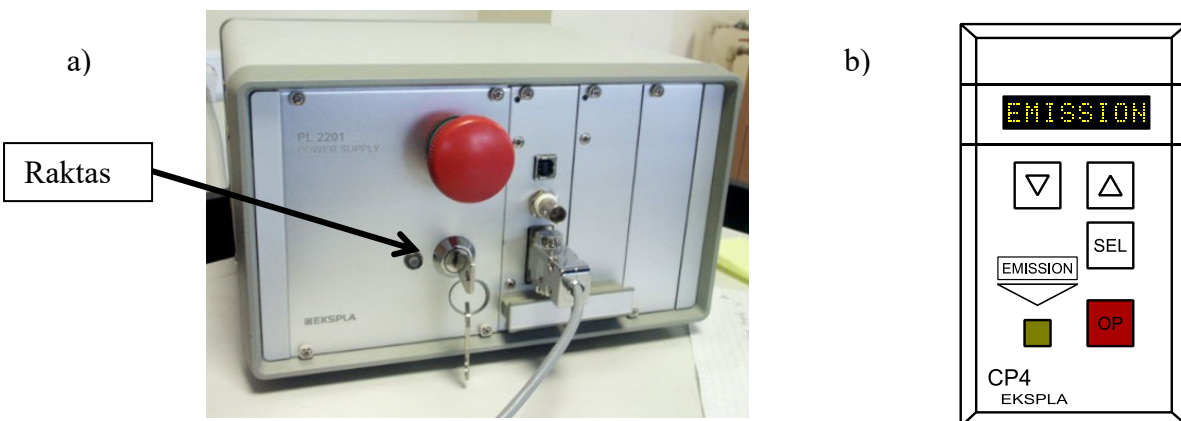
Lazerio įjungimas:

1. Įjungti lazerio maitinimo bloką: galinėje maitinimo bloko dalyje nustatyti jungiklį į padėtį I. Lazerio valdymo pulte turi užsižiebtį **KeySwOff** (4 pav.).



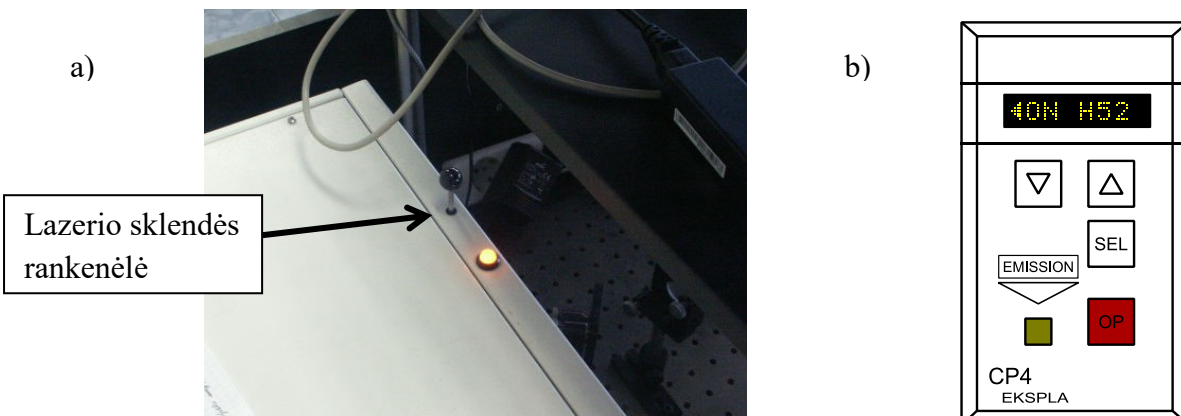
4 pav. Lazerio: a) maitinimo bloko galinė dalis; b) valdymo pultas.

2. Pasukti priekinėje lazerio maitinimo bloko dalyje esantį raktelį pagal laikrodžio rodyklę. Lazerio valdymo pulte turi užsižiebtį **EMISSION** (5 pav.).



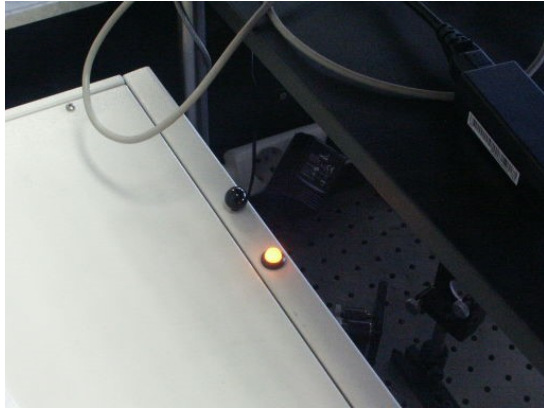
5 pav. Lazerio: a) maitinimo bloko priekinė dalis; b) valdymo pultas.

3. Lazerio valdymo pulte (5 pav., b) paspausti mygtuką **OP**. Lazeriui išjungus, turi išžižiebtį indikatoriaus lemputė, esanti virš spinduliuotės išėjimo angos (6 pav., a), ir valdymo pulte turi užsidegti **ON H52** (skaičiai gali skirtis, 6 pav., b). Aukštytyn patraukti lazerio sklendės rankenėlę – lazerio spinduliuotė išeina iš lazerio.

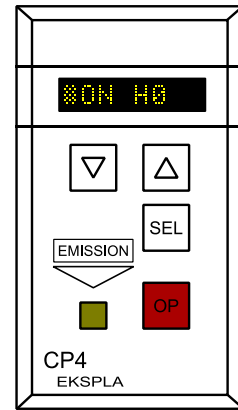


6 pav. Lazerio: a) sklendė atidaryta; b) valdymo pultas, kai lazeris yra generacijos veikioje

a)





b)



7 pav. a) lazerio sklendė uždaryta, b) lazerio valdymo pultas kai lazerio generacija sustabdyta.

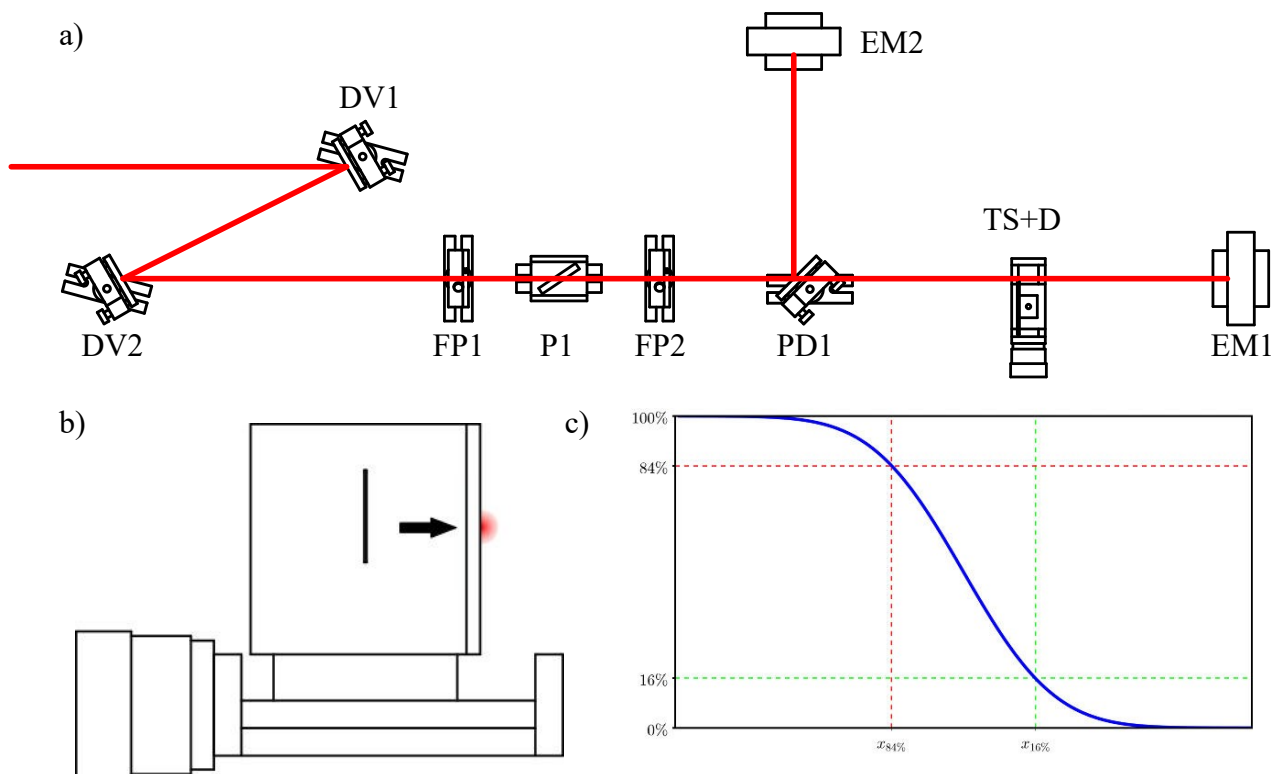
Lazerio generaciją galima sustabdyti uždarius sklendę (7 pav., a) ir vėl spustelėjus mygtuką OP. Lazerio valdymo pultelyje turi užsižiebt **ON H0** (7 pav., b).

#### Lazerio išjungimas:

1. Uždaryti lazerio sklendę.
2. Lazerio valdymo pulte paspausti mygtuką OP. Lazerio valdymo pultelyje turi užsižiebt **ON H0**.
3. Lazerio valdymo pulte paspausti mygtuką.  Lazerio valdymo pulte turi užsižiebt **standby**.
4. Lazerio valdymo pulte paspausti  mygtuką . Lazerio valdymo pulte turi užsižiebt **sleep**.
5. Pasukti priekinėje lazerio maitinimo bloko dalyje esantį raktelį prieš laikrodžio rodyklę.
6. Išjungti lazerio maitinimo bloką: galinėje maitinimo bloko dalyje nustatyti jungiklį į padėtį O.

## 5. Matavimai

1. Antrosios optinės harmonikos spinduliuotės generavimo schemas surinkimas ir suderinimas.
  - Įjungti lazerį.
  - Pastatyti ir pritvirtinti su varžtais derinimo veidrodžius DV1 ir DV2.
  - Derinant veidrodžius DV1 ir DV2 nukreipti lazerio spindulį išilgai optinio stalo 130-140 mm aukštyje lygiagrečiai stalo paviršiui.
  - Suderinti optinės spinduliuotės silpnintuvą, sudarytą iš fazinės  $\lambda/2$  plokštelės FP1 ir poliarizatoriaus P1. Lazerio spindulys turi eiti per optinių elementų centrus. Tarp derinimo veidrodžių ir fazinės  $\lambda/2$  plokštelės FP1 palikti vietos lęšiui L500. Optinės spinduliuotės intensyvumas keičiamas sukant fazinę  $\lambda/2$  plokštelę FP1 aplink savo horizontalią ašį.
  - Antrosios optinės harmonikos generavimui bus naudojama lazerio spinduliuotė, kurios poliarizacija statmena optinio stalo paviršiui. Spinduliuotės poliarizacijos keitimui naudojama fazinė  $\lambda/2$  plokštelė FP2, kuri tvirtinama prie stalo už poliarizatoriaus P1. Spinduliuotės poliarizacija tikrinama už fazinės  $\lambda/2$  plokštelės FP2 pastačius poliarizatorių P2. Statmenos optinio stalo paviršiui poliarizacijos spinduliuotė atsispindi nuo poliarizatoriaus paviršiaus. Sukant fazinę  $\lambda/2$  plokštelę FP2 aplink savo ašį ir matuojant spinduliuotės impulsų energiją už poliarizatoriaus P2, nustatyti statmeną optinio stalo paviršiui spinduliuotės poliarizaciją. Patraukti poliarizatorių P2.
  - Pastatyti ir pritvirtinti pluošto daliklį PD1. Optinis pluoštas turi atsispindėti  $45^\circ$  kampu pluošto daliklio paviršiaus statmenosios atžvilgiu.
  - Išmatuoti pluošto daliklį praėjusios spinduliuotės impulsų energijos priklausomybę nuo atsispindėjusios spinduliuotės impulsų energijos ne mažiau 10 skirtingų krintančios spinduliuotės energijos verčių.
2. Žadinimo lazerio spinduliuotės energetinių parametrų matavimas.



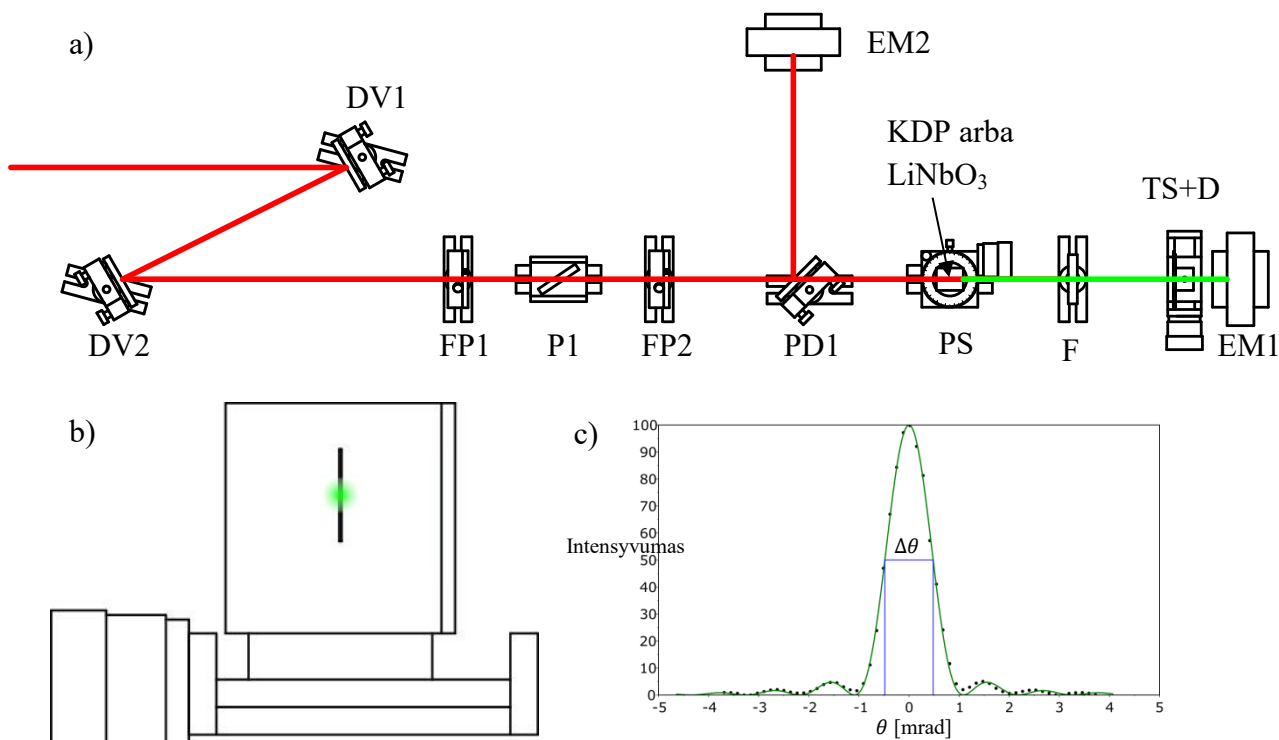
8 pav. Pluošto spindulio matavimas. a) matavimo schema, b) matavimo metu peilio ašmenų padėtis yra keičiama statmenai pluošto sklaidimo kryptčiai, c) praėjusios spinduliuotės intensyvumo priklausomybė nuo peilio ašmenų padėties.

- Naudojant transliacinę staliuką TS, išmatuoti peilio metodu pluošto spindulį (ne mažiau 20

skirtingų skersinių transliacinio staliuko padėčių). Atvaizduoti grafiškai. Rasti padėčių vertes, kuriose prašina 84% ir 16% spinduliuotės energijos. Apskaičiuoti optinio pluošto spindulį  $1/e^2$  aukštyje:

$$W_{1/e^2} = x_{84\%} - x_{16\%}. \quad (1)$$

3. Antrosios harmonikos spinduliuotės energijos priklausomybės nuo kristalo orientacijos krypties arti sinchronizmo kampo matavimas:
  - Vietoje transliacinio staliuko TS pastatyti ir pritvirtinti kampinio pasukimo staliuką PS.
  - Įstatyti netiesinį kristalą KDP į kampinio pasukimo staliuką PS. Lazero spindulys turi eiti per netiesinio kristalo centrą.
  - Už netiesinio kristalo pastatyti filtrą F ir energijos matuoklį EM1. Generuojamos antrosios harmonikos spindulys turi pataikyti į energijos matuoklio jautriojo elemento centrą. Sukant netiesinį kristalą apie savo vertikale ašį rasti padėtį, kurioje yra didžiausia antrosios harmonikos spinduliuotės energija. Derinant fazinę  $\lambda/2$  plokštelę FP1 nustatyti energetinį efektyvumą  $\eta_{e-e} = E_{2H}/E_{1H}$  mažesni nei 5%. Tarp filtro ir energijos matuoklio pastatyti vertikalią diafragmą D (500  $\mu\text{m}$ ) pritvirtintą prie transliacinio staliuko TS. Diafragmos plyšis turi būti optinio pluošto centre, jei reikia koreguoti transliacinio staliuko padėtį. Atstumas tarp netiesinio kristalo ir diafragmos turi būti daugiau nei 200 mm.



9 pav. Antrosios harmonikos spinduliuotės energijos priklausomybės nuo kristalo orientacijos krypties arti sinchronizmo kampo matavimas. a) matavimo schema, b) pluošto padėtis diafragmos plyšio atžvilgiu, c) antrosios harmonikos spinduliuotės intensyvumo priklausomybė nuo kristalo pasukimo kampo.

- Sukant netiesinį KDP kristalą apie savo vertikale ašį išmatuoti antrosios harmonikos spinduliuotės energijos priklausomybę nuo kristalo orientacijos krypties (ne mažiau 30 padėčių). Aproximuoti funkcija:

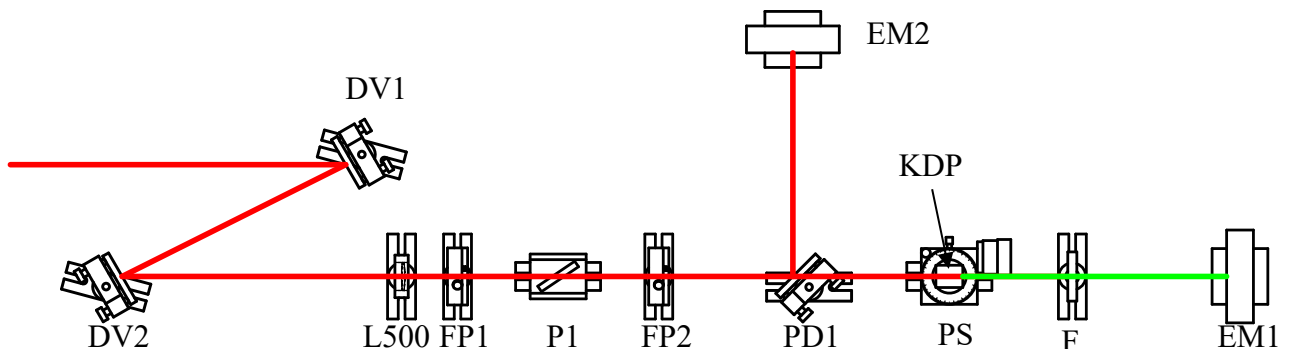
$$I(\theta) = I_0 \frac{(\sin(\beta(\theta - \theta_0)))^2}{(\beta(\theta - \theta_0))^2}, \quad (2)$$

kur  $I_0$  – maksimalus intensyvumas,  $\theta_0$  – piko padėtis,  $\beta$  – konstanta priklausanti nuo lūžio rodyklių  $n_{o1}, n_{o2}, n_{e2}$ . Išmatuoti pilną kampinį plotį pusės aukštyje  $\Delta\theta$ .

- Vietoje KDP kristalo įstatyti LiNbO<sub>3</sub> kristalą. Sukant netiesinį kristalą apie savo vertikale ašį rasti padėtį, kurioje yra didžiausia antrosios harmonikos spinduliuotės energija. Derinant



- fazinę  $\lambda/2$  plokštelę FP1 nustatyti energetinį efektyvumą  $\eta_{e-e} = E_{2H}/E_{1H}$  mažesni nei 5%. Praėjęs lazerio spindulys neturi būti apribotas kristalo kraštinių ir/ar kristalo įtvaro.
- Patikrinti diafragmos ir energijos matuoklio padėtis, jei reikia koreguoti jų padėtis.
  - Sukant netiesinį LiNbO<sub>3</sub> kristalą apie savo vertikale ašį išmatuoti antrosios harmonikos spinduliuotės energijos priklausomybę nuo kristalo orientacijos krypties (ne mažiau 30 padėčių). Išmatuoti pilną kampinį plotį pusės aukštyje  $\Delta\theta$ .
4. Antrosios harmonikos spinduliuotės energijos priklausomybės nuo pagrindinio dažnio spinduliuotės galingumo matavimas.
- Patraukti diafragmą.
  - Įstatyti netiesinį KDP kristalą. Sukant netiesinį kristalą apie savo vertikale ašį rasti padėtį, kurioje yra didžiausia antrosios harmonikos spinduliuotės energija.
  - Sukant fazinės  $\lambda/2$  plokštelės FP1 laikiklį išmatuoti antrosios harmonikos spinduliuotės energijos priklausomybę nuo pagrindinio dažnio spinduliuotės impulso energijos (ne mažiau 20 skirtingų energijos verčių). Skaičiuojant antrosios harmonikos spinduliuotės energiją reikia įverti nuostolius dėl filtro.
  - Apskaičiuoti proceso energetinio efektyvumo
 
$$\eta_{e-e} = E_{2H}/E_{1H} \quad (3)$$
 priklausomybę nuo pagrindinės spinduliuotės intensyvumo
 
$$I = \frac{0.94E_{1H}}{\tau_p \cdot \pi w^2} \text{ (W/cm}^2\text{)}. \quad (4)$$
  - Vietoje KDP kristalo įstatyti LiNbO<sub>3</sub> kristalą. Sukant netiesinį kristalą apie savo vertikale ašį rasti padėtį, kurioje yra didžiausia antrosios harmonikos spinduliuotės energija. Praėjęs lazerio spindulys neturi būti apribotas kristalo kraštinių ir/ar kristalo įtvaro.
  - Sukant fazinės  $\lambda/2$  plokštelės FP1 laikiklį išmatuoti antrosios harmonikos spinduliuotės energijos priklausomybę nuo pagrindinio dažnio spinduliuotės impulso energijos (ne mažiau 20 skirtingų energijos verčių).
  - Apskaičiuoti proceso energetinio efektyvumo priklausomybę nuo pagrindinės spinduliuotės intensyvumo .
5. Žadinimo lazerio spinduliuotės energetinių parametrų matavimas, kai papildomai naudojamas lęšis.
- Prieš fazinę  $\lambda/2$  plokštelę FP1 pastatyti lęšį L500, kurio židinio nuotolis  $f=500\text{mm}$ . Lazerio spindulys turi eiti per optinių elementų centrus.
  - Išmatuoti pluošto daliklį praėjusios spinduliuotės impulsų energijos priklausomybę nuo atsispindėjusios spinduliuotės impulsų energijos ne mažiau 10 skirtingų krintančios spinduliuotės energijos verčių.
  - Išmatuoti pluošto skersmenį peilio metodu lęšio židinio plokštumoje.
6. Antrosios harmonikos spinduliuotės energijos priklausomybės nuo pagrindinio dažnio spinduliuotės galingumo matavimas, kai papildomai naudojamas lęšis.



10 pav. Antrosios harmonikos spinduliuotės energijos priklausomybės nuo pagrindinio dažnio spinduliuotės galingumo matavimas, kai papildomai naudojamas lęšis.

- Įstatyti netiesinį KDP kristalą į kampinio pasukimo staliuką. Sukant netiesinį kristalą apie savo vertikalę ašį rasti padėtį, kurioje yra didžiausia antrosios harmonikos spinduliuotės energija .
  - Sukant fazinės  $\lambda/2$  plokštelės FP1 laikiklį išmatuoti antrosios harmonikos spinduliuotės energijos priklausomybę nuo pagrindinio dažnio spinduliuotės impulso energijos (ne mažiau 20 skirtingų energijos verčių).
  - Apskaičiuoti proceso energetinio efektyvumo priklausomybę nuo pagrindinės spinduliuotės intensyvumo.
7. Antrosios harmonikos sinchronizmo kampo ir kampinio pločio teorinis skaičiavimas:
- Teoriškai antrosios harmonikos sinchronizmo kampas  $\theta_s$  I tipo sinchronizmui apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\sin^2 \theta_s = \frac{\frac{1}{n_{o1}^2} - \frac{1}{n_{o2}^2}}{\frac{1}{n_{e2}^2} - \frac{1}{n_{o2}^2}}, \quad (5)$$

kur skaičiavimams būtini kristalų lūžio rodikliai yra pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. KDP ir LiNbO<sub>3</sub> kristalų lūžio rodikliai 1064 nm bangos ilgiui ( $n_{o1}, n_{e1}$ ) ir 532 nm bangos ilgiui ( $n_{o2}, n_{e2}$ ).

Kristalas	$n_{o1}$	$n_{e1}$	$n_{o2}$	$n_{e2}$
KDP	1.49377	1.45987	1.51254	1.47056
LiNbO <sub>3</sub>	2.23402	2.15534	2.32509	2.23299

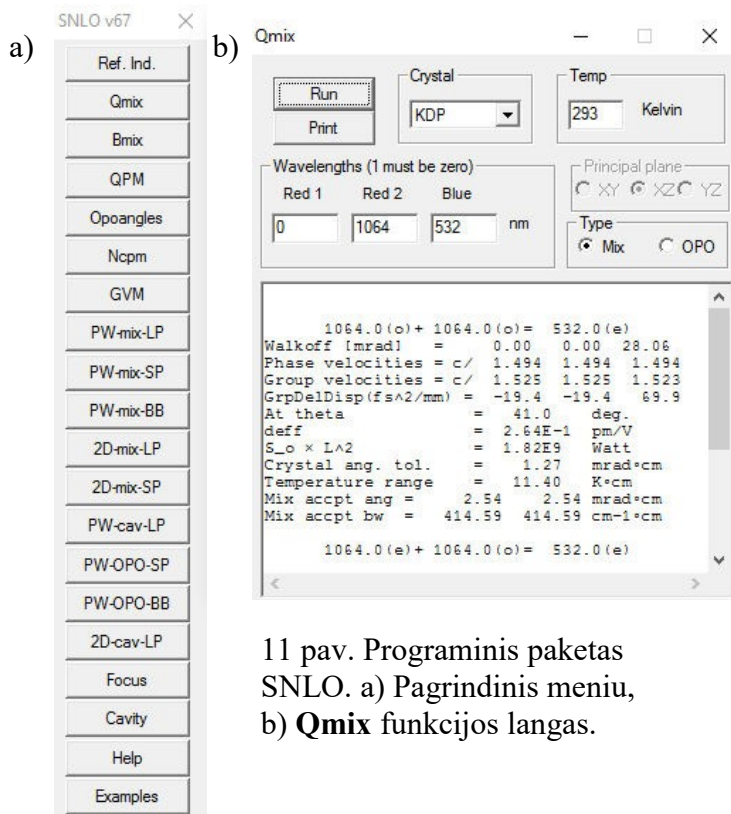
- Antrosios harmonikos sinchronizmo kampinis plotis apskaičiuojamas pagal formulę:


$$\Delta\theta = \frac{0.443\lambda_{1H}[1+(n_{o2}/n_{e2})^2 \tan^2 \theta_s]}{L \cdot \tan \theta_s [1-(n_{o2}/n_{e2})^2] n_e^e(\theta_s)}, \quad (6)$$

kur  $L$  – kristalo ilgis ir lūžio rodiklis sinchronizmo kampu

$$n_e^e(\theta_s) = n_{o2} \sqrt{(1 + \tan^2 \theta_s) / (1 + (n_{o2}/n_{e2})^2 \tan^2 \theta_s)}. \quad (7)$$

- Palyginti gautas vertes su išmatuotomis.
8. Teorinis spinduliuotės energijos keitimo efektyvumų KDP ir LiNbO<sub>3</sub> kristalams skaičiavimas.
- Energijos keitimo efektyvumo skaičiavimui naudojamas programinis paketas SNLO (<http://www.as-photonics.com/products/snlo>).



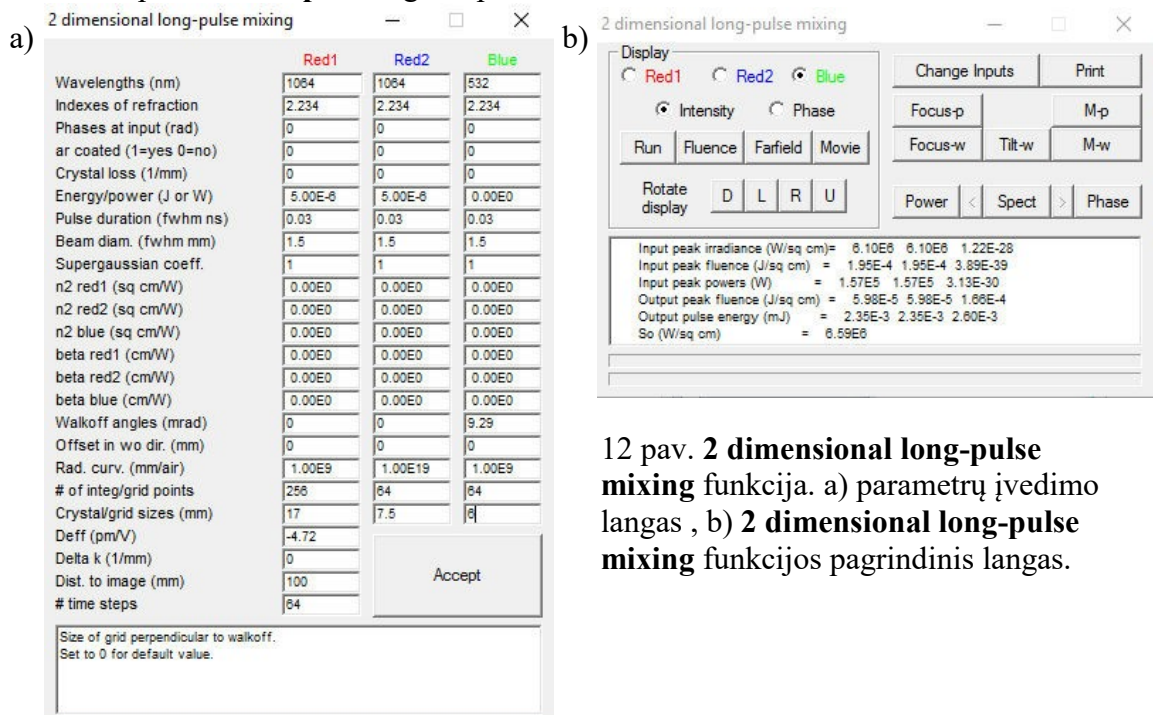
- Įdiegus programinį paketą, programinis paketas paleidžiamas paspaudus piktogramą  arba pasirinkus iš programų sąrašo: **SNLO**.

- Atsidariusiame **SNLO** programinio paketo meniu pasirinkti **Qmix** funkciją, netiesinio kristalo savybėms skaičiuoti.

- Atsidariusiame **Qmix** lange pasirinkti **KDP** arba **LNB\_S** (LiNbO<sub>3</sub>) kristalą. Temperatūros langelyje (**Temp**) įvesti 293 K. Pasirinkti netiesinio proceso tipą (**Type**) : **Mix**. Įvesti bangos ilgius (**Wavelengths**): **Red 1** – 1064 nm,

11 pav. Programinis paketas SNLO. a) Pagrindinis meniu, b) **Qmix** funkcijos langas.

- Red2** – 0 nm (arba atvirškčiai), **Blue** – 532 nm. Paspausti **Run**. **Qmix** lange pateikiama apskaičiuotos kristalo savybės atitinkamai netiesinei sąveikai.
- Energijos keitimo efektyvumo skaičiavimui pasirinkti **2D-mix-LP** funkciją.
  - **2 dimensional long-pulse mixing** lange reikia užpildyti bangos ilgių laukelius (**Wavelengths (nm)**), lūžio rodiklių (**Indexes of refraction**) laukelius, kuriuos galima apskaičiuoti **Qmix** funkcija (fazinis greitis  $v_f = c/n$ , kur  $c$  – šviesos greitis vakuume,  $n$  – lūžio rodiklis), impulso energijos (**Energy/power (J or W)**) laukelius, impulso energiją reikia padalyti po lygiai tarp **Red1** ir **Red2** laukelių, o **Blue** prilyginti 0, į impulso trukmės (**Pulse duration (fwhm ns)**) langelius įrašyti lazerio impulso trukmę. Į pluošto diametro (**Beam diam. (fwhm mm)**) laukelius įrašyti išmatuotą pluošto diametrą  $d_{FWHM} = 1.18 \cdot w_{1/e^2}$ . Supergauso pluošto koeficientų (**Supergaussian coeff.**) laukeliuose įrašyti 1. Netiesinius lūžio rodiklius (**n2...**) ir dvifotonės sugertiems koeficientus (**beta...**) prilyginti 0. Nunešimo kampus (**Walkoff angles (mrad)**) apskaičiuoti **Qmix**. Pluošto poslinkio (**Offset in wo dir. (mm)**) laukeliuose įrašyti 0. Skaičiavimus atlikti plokščiam bangos frontui, todėl pluošto kreivumo spindulys (**Rad. Curv. (mm/air)**) turi būti kuo didesnis ( $>10^3$ ). Integravimo žingsnių skaičius (**#of integ/grid points**) turėtų būti didesni nei (128; 32; 32). Kristalo dydžio (**Crystal/grid sizes (mm)**) kairiajame laukelyje įrašyti kristalo ilgį (KDP atveju 19 mm, LiNbO<sub>3</sub> – 17 mm), kituose įrašyti 0. Efektyvaus netiesinio optinio koeficiento (**Deff (pm/V)**) laukelyje įrašoma vertė apskaičiuota **Qmix**. Yra nagrinėjamas fazinio sinchronizmo atvejis, todėl fazinio sinchronizmo išderinimą (**Delta k (1/mm)**) prilyginti 0. Atstumas (**Dist. To image (mm)**) turi būti lygus atstumui tarp kristalo išvadinės plokštumos ir energijos matuoklio. Laikinių integravimo žingsnių (**# time steps**) turi būti daugiau nei 32. Paspaudus **Accept** išsaugomi parametrai.



- 12 pav. **2 dimensional long-pulse mixing** funkcija. a) parametru įvedimo langas, b) **2 dimensional long-pulse mixing** funkcijos pagrindinis langas.
- Atsivėrusiame lange paspausti **Run** antrosios harmonikos spinduliuotės impulso energijos skaičiavimui. Skaičiavimo rezultatai pateikiami tam pačiame lange. Energinio efektyvumo  $\eta_{e-e}$  skaičiavimui naudoti antrosios harmonikos impulso energijos vertės (**Output pulse energy (mJ)**).
  - Apskaičiuoti energetinio efektyvumo  $\eta_{e-e}$  priklausomybę nuo pirmosios harmonikos impulso energijos. Palyginti su eksperimentiniais rezultatais.