

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2025 567**
(22) Paraiškos padavimo data: **2025-10-31**
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2026-05-11**

(71) Pareiškėjas:
**UAB Fibra Lasers, Paupio g. 7A, 59258 Paprūdžių k.,
Balbieriškio sen., Prienų r. sav., LT**
(72) Išradėjas:
Dainius STOŠKUS, LT
(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
**Virgina Adolfina DRAUGELIENĖ, 8, UAB TARPINĖ,
A.P.Kavoliuko g. 24-152, LT-04328 Vilnius, LT**

(54) Pavadinimas:

Artimosios-IR srities spektriškai derinamų impulsų generavimo būdas poliarizacija išlaikančiame šviesolaidyje ir jo realizavimo įrenginys

(57) Referatas:

Išradimas yra susijęs su artimosios-IR srityje (>1300 NM) itin trumpų femtosekundinių impulsų generavimu ir tolimesniu jų trumpinimu, išnaudojant netiesinį optinį efektą šviesolaidyje bei apjungiant pasiūlytu būdu poliarizaciškai išskaidytas komponentes, o po to netiesiniu būdu spektriškai jį išplečiant ir spaudžiant poliarizaciją išlaikančiame šviesolaidžio segmente. Taip sukuriama spektriškai derinama itin trumpų impulsų lazerinis koherentinės spinduliuotės generatorius, kurio centrinis bangos ilgis gali būti parenkamas, keičiant pradinę impulso energiją. Panaudotas poliarizacinis impulso apjungimo būdas ir įrenginys padidina išvadinio impulso energiją ir sustiprina netiesinio spektrinio plėtimo efektą šviesolaidyje, todėl galima pasiekti trumpesnę impulso trukmę. Tokie sutrumpinti femtosekundiniai impulsai gaunami tiesiai iš šviesolaidžio, be jokių mechaniškai judančių komponentų, todėl gali būti lengvai integruojami į bet kokią lazerinę sistemą. Be to, spektriškai derinami trumpi impulsai šviesolaidyje sklinda kolineariai tuo pačiu keliu, nepriklausomai nuo bangos ilgio.

ARTIMOSIOS-IR SRITIES SPEKTRIŠKAI DERINAMŲ IMPULSŲ GENERAVIMO BŪDAS POLIARIZACIJA IŠLAIKANČIAME ŠVIESOLAIDYJE IR JO REALIZAVIMO ĮRENGINYS

TECHNIKOS SRITIS

Išradimas yra susijęs su artimosios-IR srityje (>1300 nm) itin trumpų femtosekundinių (10^{-15} sek.) impulsų generavimu ir tolimesniu jų trumpinimu. Tokie trumpi (<200 fs) impulsai gali būti panaudoti įvairiems taikymams medicinos, biotechnologijų, puslaidininkių, metrologijos ir kitose srityse, kur reikia sužadinti netiesinius procesus medžiagose.

TECHNIKOS LYGIS

US patentas Nr. US9031100B2, paskelbtas 2015 gegužės 12 d., aprašo būdą sugeneruoti platesnio už pradinį impulso spektrą, daug kartų cirkuliuojant impulsus šviesolaidžio segmente bei filtruojant specialiu spektriniu filtru. Tokie plataus spektro impulsai gali būti suspausti iki labai trumpų (<10 fs trukmių) ir panaudoti tirti įvairius itin greitus netiesinius procesus medžiagose. Šiuo atveju impulsai sugeneruojami ilgi, pikosekundinių trukmių ir turi būti spaudžiami papildomai su išoriniu spaustuviu.

US patentas Nr. US9847615B2, paskelbtas 2017 gruodžio 19 d., aprašo būdą išplėsti pradinį impulso spektrą, kelis kartus impulsą praleidžiant per tam tikro ilgio bangolaidį ar medžiagą. Dėl netiesiškumo medžiagoje impulso spektras palaipsniui išplečiamas, bet nesugadinama jo fazė, todėl impulsas gali būti suspaustas iki labai trumpų trukmių. Šiuo atveju, taip pat, reikia papildomo impulsų spaustuvo, o sistema realizuojama tik laisvoje erdvėje, be galimybės integruoti į šviesolaidį.

US patentas Nr. US20040174914A1 paskelbtas 2004 rugsėjo 9 d., aprašo būdą, kaip pagaminti derinamo bangos ilgio lazerinės spinduliuotės šaltinį, panaudojant netiesinį optinį efektą šviesolaidyje ir tam tikrą spektrinį filtrą. Šiuo atveju sugeneruojami pavieniai ribotos energijos impulsai be papildomo trumpų impulsų suspaudimo.

Aukščiau aprašyti metodai trumpų impulsų generavimui turi naudoti papildomus impulsų spaustuvus arba yra ribotos trukmės bei energijos, o spektrinis derinamumas dažnai negalimas, todėl reikalauja gana sudėtingų papildomų pakopų itin trumpų impulsų generavimui. Šios papildomos pakopos dažnai yra gana brangios ir reikalauja specifinių žinių jų įgyvendinimui, o didelis kiekis laisvos erdvės optinių elementų gali turėti įtakos lazerinės sistemos stabilumui ir patikimumui.

SPRENDŽIAMA TECHNINĖ PROBLEMA

Išradimu siekiama padidinti lazerinių sistemų patikimumą, bei sumažinti jų kainą tuo pačiu išplėsti artimosios IR srities derinamo spektro itin trumpų impulsų generavimą ir jų panaudojimo galimybes, nes femtosekundinės trukmės impulsai sutrumpinami paprastame optiniame šviesolaidyje be poreikio juos papildomai spausti brangiais ir sudėtingais impulsų spautuvais.

IŠRADIMO ESMĖS ATSKLEIDIMAS

Uždavinio sprendimo esmė pagal pasiūlytą išradimą yra ta, pasiūlytame artimosios-IR srities spektriškai derinamų impulsų, kurių bangos ilgis yra >1300 nm generavimo būde poliarizaciją išlaikančiame lydyto kvarco šviesolaidyje, panaudojant šviesolaidyje netiesinį optinį efektą, apima šiuos etapus:

- a) tiesiškai poliarizuotą šviesolaidinio lazerio impulsinę spinduliuotę įveda į poliarizaciją išlaikantį dvejopo laužiškumo šviesolaidį, pasižymintį netiesiniu optiniu efektu,
- b) minėtame šviesolaidyje sklindančios impulsinės spinduliuotės poliarizaciją optiniu komponentu padalina į dvi tiesines, bet statmenas viena kitai poliarizacijas,
- c) etape b) gautą impulsinę spinduliuotę nukreipia į minėto šviesolaidžio prailginimo segmentą, kuriame sklisdama skirtingomis dvejopo laužiškumo šviesolaidžio ašimis spinduliuotė patiria vienodą netiesinį fazės poslinkį dėl netiesinio optinio efekto,
- d) padalintų poliarizacijų ir faziškai paslinktą impulsinę spinduliuotę gautą etape c) atspindinčiu poliarizacijos sukikliu apgręžia atgal taip, kad pirmyn ir atgal spinduliuotė sklinda skirtingomis šviesolaidžio poliarizacijos ašimis,
- e) skirtingomis šviesolaidžio poliarizacijos ašimis atgal sklindančią impulsinę spinduliuotę dvejopo laužiškumo optinis komponentas kombinuoja į vieną tiesinės poliarizacijos, bet du kartus galingesnę spinduliuotę tuo pačiu minimizuojant impulso trukmę,
- f) sukombinuotą šviesolaidyje sklindančią spinduliuotę optiniu cirkulatoriumi nukreipia į atskirą poliarizaciją išlaikančio šviesolaidžio šaką,
- g) atskiroje šviesolaidžio šakoje esantis optinis filtras filtruoja sklindančios impulsinės spinduliuotės spektrą, paliekant tik faziškai paslinktas spektrines komponentes,

h) nufiltruota impulsinė spinduliuotė, sklisdama tam tikro ilgio minėto šviesolaidžio prailginimo segmentu, patiria spektro praplatinimą ir tolimesnį impulsų sutrumpinimą dėl netiesinio fazinės moduliacijos efekto ir anomalios dispersijos terpės sąveikos, ir prailginimo segmentu) išėjime generuojama išėjimo impulsinė spinduliuotė,

i) sklindančios spinduliuotės šviesolaidžio prailginimo segmente impulsus maksimaliai sutrumpina, parenkant prailginimo segmento ilgį ribose nuo 10 iki 200 cm, pagal priderinimą prie impulso energijos.

Poliarizaciją išlaikančiame dvejojo laužiškumo šviesolaidyje netiesinis optinis efektas gaunamas dėl Ramano sklaidos ir keturbangio maišymo.

Optinis komponentas yra poliarizaciją išlaikantis šviesolaidinis daliklis arba dvejojo laužiškumo kristalas, kurių dalinimo santykis yra vienodas.

Etape d) atsispindėjusios ir atgal apgręžtos impulsinės spinduliuotės poliarizacija yra pasukama 90^0 tam, kad pirmyn ir atgal spinduliuotė sklistų skirtingomis šviesolaidžio poliarizacijos ašimis,

Pasiūlytame artimosios-IR srities spektriškai derinamų impulsų, kurių bangos ilgis yra >1300 nm, generavimo įrenginyje poliarizaciją išlaikančiame lydyto kvarco šviesolaidyje, panaudojant minėtame šviesolaidyje netiesinį optinį efektą, apimančiame šviesolaidinį lazerį, perduodantį impulsinę spinduliuotę į poliarizaciją išlaikantį dvejojo laužiškumo šviesolaidžio įėjimo galą, kur šviesolaidinio lazerio išėjimas minėtu šviesolaidžiu per jame integruotą cirkuliatorių, skirtą atskirti pirmyn ir atgal sklindančias impulsines spinduliuotes, sujungtas su optiniu komponentu, dalinančiu spinduliuotės poliarizaciją į dvi tiesines, bet statmenas viena kitai poliarizacijas ir nukreipiančiu į poliarizaciją išlaikančio minėto šviesolaidžio optines ašis, kur optinio komponento išėjimas per minėto šviesolaidžio prailginimo segmentą yra sujungtas su spinduliuotę atspindinčiu poliarizacijos sukikliu, apgręžiančiu impulsinę spinduliuotę taip, kad pirmyn ir atgal spinduliuotės sklistų skirtingomis šviesolaidžio poliarizacijos ašimis, ir atspindėta spinduliuotė, praėjusi prailginimo segmentą ir optinį komponentą, minėtu šviesolaidžiu patektų į cirkuliatorių, nukreipiančiu atspindėta spinduliuotę į atskirą šviesolaidžio šaką, kurioje yra nuosekliai sujungti optinis filtras ir prailginimo segmentas, generuojantis išėjimo impulsą.

Optinis komponentas yra šviesolaidinis daliklis arba dvejojo laužiškumo kristalas, kurių dalinimo santykis yra vienodas.

Spinduliuotę atspindintis poliarizacijos sukiklis apima šviesolaidyje nuosekliai integruotus Faradėjaus rotatorių, pasukantį impulsinės spinduliuotės poliarizaciją 45^0 ir veidrodį, apgręžiantį impulsinę spinduliuotę atgal į minėtą šviesolaidį.

Pasiūlytame išradime impulsų trumpinimas gaunamas nukreipiant pradinį impulsą į dvejetainio laužiškumo šviesolaidį, kuris yra savotiška stiprinimo ir trukmės sutrumpinimo terpė dėl netiesinio Ramano sklaidos ir keturbangio maišymo efektų, o šių efektų apribota energija padvigubinama išskaidant į dvi statmenas viena kitai poliarizacijas, bei jas apgręžus vėl apjungiant į pradinį impulsą.

IŠRADIMO NAUDINGUMAS

Pasiūlytas paprastas ir efektyvus impulsų trumpinimo iki <100 fs yra labai reikalingas vystant artimosios-IR lazerinius užkrato šaltinius, nes trumpų impulsų gavimas tiesiogiai iš šviesolaidinio rezonatoriaus yra sudėtingas bei limituotas dėl medžiagos dispersijos ar kitų nepageidaujamų efektų. Be to, siūlomas papildomas tokių trumpų impulsų spektrinis derinimas gali būti panaudotas tiesiogiai taikymams srityse, kur nėra sukurta efektyvių aktyvių šviesolaidinių ar kieto kūno terpių. Toks visiškai integruotas į šviesolaidį būdas turi daug privalumų prieš alternatyvią OPO (optinių parametrinių osciliatorių) technologiją, nes yra patikima, pigi bei efektyvi, o pakankamai energingi impulsai gali būti panaudoti tiek dvifotonės mikroskopijos, tiek ir kitiems sparčių vyksmų spektroskopiniams taikymams. Sutrumpinti itin trumpi impulsai gaunami tiesiai iš šviesolaidžio, be papildomo laisvos erdvės spaustuvo, todėl gali būti lengvai integruojami tiek į papildomą lazerinę stiprinimo sistemą, tiek ir į potencialų industrinį ar mokslinį prietaisą.

TRUMPAS BRĖŽINIŲ APRAŠYMAS

Detaliau išradimas paaiškinamas brėžiniais, kur

1 pav. – pavaizduota pasiūlyto impulsų generatoriaus principinė schema.

2 pav. – pavaizduotas tipinis impulsų generavimo pavyzdys pagal pasiūlytą schemą.

3 pav. – pavaizduotas tipinis lazerio spektro derinimo pavyzdys, keičiant tik pirminio impulso energiją.

VIENAS IŠ IŠRADIMO REALIZAVIMO PAVYZDŽIŲ

Pasiūlytas artimosios-IR srities spektriškai derinamų impulsų generavimo būdas poliarizaciją išlaikančiame šviesolaidyje apima toliau aprašytus etapus.

Tiesiškai poliarizuoti, itin trumpi ($<10^{-12}$ sek.) lazerio impulsai, kurių bangos ilgis trumpesnis negu norimų sutrumpinti impulsų, bet yra <1300 nm srityje, kur šviesolaidžio medžiagos terpė anomali, sklinda poliarizaciją išlaikančiame šviesolaidyje ir patenka į poliarizaciją išskaidantį optinį komponentą, kuris padalina spinduliuotės poliarizaciją į dvi tiesines, bet statmenas viena kitai poliarizacijas.

Poliarizaciją padalinantis optinis komponentas gali būti paprastas integruotas šviesolaidinis daliklis arba pvz., dvejojo laužiškumo kristalas, kurių dalinimo santykis yra vienodas.

Intensyvi spinduliuotė sklisdama skirtingomis dvejojo laužiškumo šviesolaidžio ašimis patiria vienodą netiesinį fazės poslinkį dėl netiesinės Ramano sklaidos ir keturbangio maišymo. Dėl šio fazės poslinkio, skirtingomis ašimis sklindančios spinduliuotės spektras išplinta nepriklausomai vienas nuo kito, t.y. turi atskirą formavimosi mechanizmą, bet spektro plotis yra vienodas bei daug platesnis negu pradinis lazerio impulso spektras.

Šie spektriškai išplitę impulsai patenka į šviesolaidinį rotatorių ir atspindintį optinį elementą. Atsispindėjusių ir grįžusių per rotatorių impulsų poliarizacija pasukama tiksliai 90° , t.y. atgal sklinda tuo pačiu dvejojo laužiškumo šviesolaidžiu, bet sukeistomis poliarizacijų ašimis.

Išskaidytų poliarizacijų impulsų vėlinimai vienas kito atžvilgiu yra kompensuojami sklindant atgal per tą patį, bet skirtingų poliarizacijos ašių šviesolaidį, todėl juos apjungus impulso trukmė minimizuojama, o maksimali pasiekama energija bent du kartus didesnė, negu pasiekama formuojant tik vienoje šviesolaidžio ašyje.

Apjungtas impulsas sklinda atgal per šviesolaidinį cirkuliatorių ir nukreipiamas į skaidulinį filtrą, kuris nufiltruoja pirminio lazerio impulso spektrines komponentes.

Nufiltruotas impulsas nukreipiamas į tam tikro ilgio šviesolaidžio segmentą, kuriame vyksta kitas netiesinis optinis procesas, dėl kurio išplečiamas impulso spektras, o plotis priklauso nuo impulso energijos.

Dėl padidintos impulso energijos spektras išplinta daugiau, o trukmė sutrumpėja iki <100 fs. Keičiant pradinį lazerio spinduliuotės intensyvumą, galima spektriškai derinti tokius impulsus 1560 nm – 1700 nm srityje.

Parenkant kitas aktyvias šviesolaidinio lazerio terpes spektrinio derinimo diapazonas gali būti išplėstas visoje artimosios-IR srityje <1300 nm.

Pradinės lazerio spinduliuotės impulsų energija <1 nJ, bet gali būti padidinta iki <100 nJ, parenkant šviesolaidžio šerdies diametrą ir ilgį, derinimo diapazoną.

Pasiūlytas artimosios-IR srities spektriškai derinamų impulsų generavimo įrenginys poliarizaciją išlaikančiame šviesolaidyje pavaizduotas 1 pav. Tiesiškai poliarizuoto Erbio aktyvios terpės šviesolaidinio lazerio 1 itin trumpi (~ 1 ps) impulsai sklinda poliarizaciją išlaikančiame šviesolaidyje ir per cirkuliatorių 2, kuris reikalingas atskirti į priekį ir atgal sklindančią spinduliuotę, nukreipiant jas į atskiras šakas, patenka į poliarizaciją išskaidantį optinį komponentą 3. Poliarizaciją išskaidantis optinis komponentas 3 padalina spinduliuotės poliarizaciją į dvi tiesines, bet statmenas viena kitai poliarizacijas ir tiksliai nukreipia į poliarizaciją išlaikančio šviesolaidžio optines ašis. Toliau spinduliuotė patenka į šviesolaidžio prailginimo segmentą 4. Parinkus tam tikrą šviesolaidžio segmento 4 ilgį, dėl didelių impulsų intensyvumų, anomalios dispersijos paprasto šviesolaidžio terpėje, formuojasi nauji impulsai, kurie yra ne tik trumpesni, bet ir spektriškai paslinkti link ilgesnių bangos ilgių, o jų forma toliau sklindant nekinta dėl netiesinių ir dispersinių efektų sąveikos. Naujai suformuoti impulsai *šviesolaidžiu* sklinda toliau per Faradėjaus rotatorių 5 ir atspindimi atgal veidrodžiu 6. Faradėjaus rotatorius pasuka spinduliuotės poliarizaciją 45^0 , todėl pirmyn ir atgal sklindanti spinduliuotė pasukama viso 90^0 , taip sukeičiant sklidimo poliarizacijos ašis. Sukeistų poliarizacijos ašių impulsai sklinda atgal tuo pačiu šviesolaidžiu ir patenka į poliarizaciją išskaidantį optinį komponentą 3, kuris atlieka ir poliarizacijų kombinavimo funkciją. Po kombinavimo skirtingų poliarizacijų impulsai apjungiami į vieną, bet du kartus galingesnį impulsą. Po apjungimo impulsai sklinda atgal į cirkuliatorių 2, kuris nukreipia spinduliuotę toliau į atskirą šviesolaidžio šaką, kurioje nuosekliai integruoti spektrinis filtras 7 ir poliarizaciją išlaikantis šviesolaidžio prailginimo segmentas 8. Spektrinis filtras 7 nufiltruoja pradinio impulso komponentes, paliekant tik paslinkto link ilgesnių bangos ilgių impulso spektrą. Taip sugeneruojamas sutrumpintas ir spektriškai paslinktas impulsas, kuris nukreipiamas toliau į kitą poliarizaciją išlaikančio šviesolaidžio prailginimo segmentą 8, kuriame vyksta netiesinis savimoduliacijos efektas, dar stipriau praplečiantis spektrą. Dėl padidintos energijos ir anomalios dispersijos terpės išėjimo impulsas laike sutrumpėja.

Faziškai paslinktų ir sutrumpintų impulsų energija priklauso nuo šviesolaidžio (4) modos diametro ir yra <4 nJ, kai naudojamas mažo <12 μ m modos diametro paprastas poliarizaciją

išlaikantis šviesolaidis, bet gali būti atitinkamai padidinta, parinkus kitą didesnės modos diametro šviesolaidį.

Aprašytas impulso trumpinimo pavyzdys pateiktas 2 pav. Pradinė impulso trukmė yra ~800 fs. Išskaidžius poliarizacijas, formuojamas solitoninis impulsas, kurio trukmė po apjungimo ~140 fs. Dėl itin trumpo impulso bei padidintos energijos solitoninis impulsas toliau sutrumpinamas iki ~90 fs, plečiant spektrą ir spaudžiant paprasto šviesolaidžio segmente.

Pasiūlytu atveju ne tik pasiekiamas impulsų sutrumpinimas, bet ir tokių impulsų spektrinis derinamumas, kuris pavaizduotas 3 pav. Keičiant pradinę lazerio impulso energiją galima tolygiai derinti sutrumpintą impulsą 1570-1700 nm srityje. Čia pradinio impulso centrinis bangos ilgis yra ties 1540 nm (3 pav.), o dėl netiesinio optinio efekto šviesolaidyje formuojasi nauji impulsai ties 1586-1715 nm centriniais bangų ilgiais. Kiekvieno naujai sugeneruoto impulso trukmė po trumpinimo <100 fs, visame spektriniame diapazone, o šiai trukmei pasiekti pakanka to paties ilgio šviesolaidžio segmento.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

Artimosios-IR srities spektriškai derinamų impulsų, kurių bangos ilgis yra >1300 nm generavimo būdas poliarizaciją išlaikančiame lydyto kvarco šviesolaidyje, panaudojant šviesolaidyje netiesinį optinį efektą, besiskiriantis tuo, kad apima šiuos etapus:

a) tiesiškai poliarizuotą šviesolaidinio lazerio (1) impulsinę spinduliuotę įveda į poliarizaciją išlaikantį dvejopo laužiškumo šviesolaidį, pasižymintį netiesiniu optiniu efektu,

b) minėtame šviesolaidyje sklindančios impulsinės spinduliuotės poliarizaciją optiniu komponentu (3) padalina į dvi tiesines, bet statmenas viena kitai poliarizacijas,

c) etape b) gautą impulsinę spinduliuotę nukreipia į minėto šviesolaidžio prailginimo segmentą (4), kuriame sklisdama skirtingomis dvejopo laužiškumo šviesolaidžio ašimis spinduliuotė patiria vienodą netiesinį fazės poslinkį dėl netiesinio optinio efekto,

d) padalintų poliarizacijų ir faziškai paslinktą impulsinę spinduliuotę gautą etape c) atspindinčiu poliarizacijos sukikliu (5,6) apgręžia atgal taip, kad pirmyn ir atgal spinduliuotė sklinda skirtingomis šviesolaidžio poliarizacijos ašimis,

e) skirtingomis šviesolaidžio poliarizacijos ašimis atgal sklindančią impulsinę spinduliuotę dvejopo laužiškumo optinis komponentas (3) kombinuoja į vieną tiesinės poliarizacijos, bet du kartus galingesnę spinduliuotę tuo pačiu minimizuojant impulso trukmę,

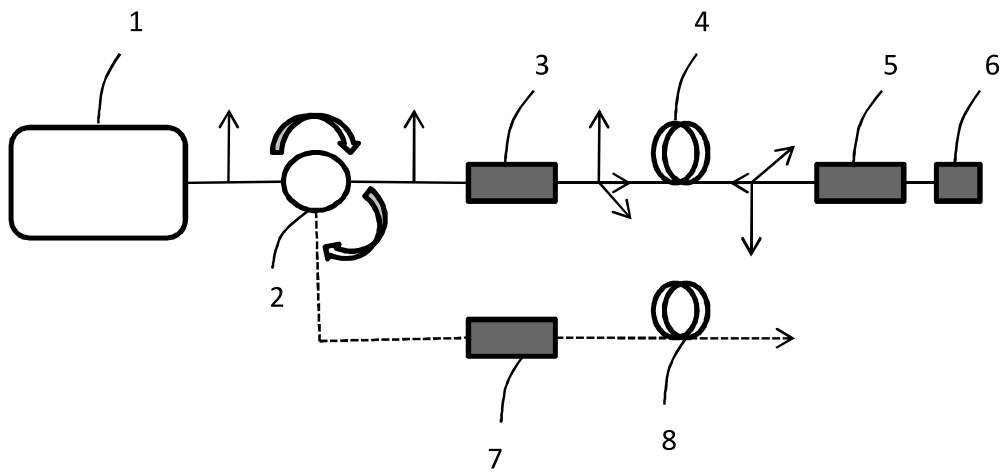
f) sukombinuotą šviesolaidyje sklindančią spinduliuotę optiniu cirkulatoriumi (2) nukreipia į atskirą poliarizaciją išlaikančio šviesolaidžio šaką,

g) atskiroje šviesolaidžio šakoje esantis optinis filtras (7) filtruoja sklindančios impulsinės spinduliuotės spektrą, paliekant tik faziškai paslinktas spektrines komponentes,

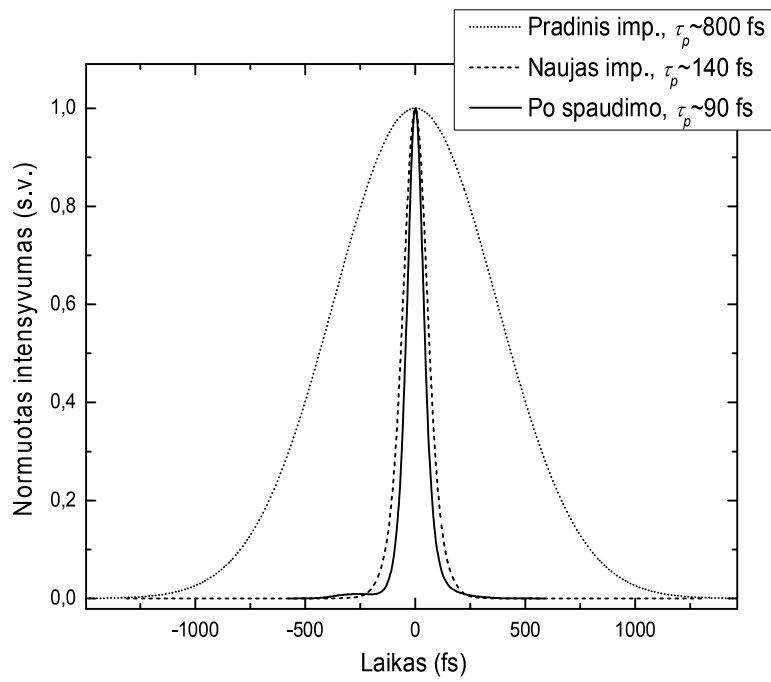
h) nufiltruota impulsinė spinduliuotė, sklisdama tam tikro ilgio minėto šviesolaidžio prailginimo segmentu (8), patiria spektro praplatinimą ir tolimesnį impulsų sutrumpinimą dėl netiesinio fazinės moduliacijos efekto ir anomalios dispersijos terpės sąveikos, ir prailginimo segmentu (8) išėjime generuojama išėjimo impulsinė spinduliuotė,

i) sklindančios spinduliuotės šviesolaidžio prailginimo segmente (8) impulsus maksimaliai sutrumpina, parenkant prailginimo segmento (8) ilgį ribose nuo 10 iki 200 cm, pagal priderinimą prie impulso energijos.

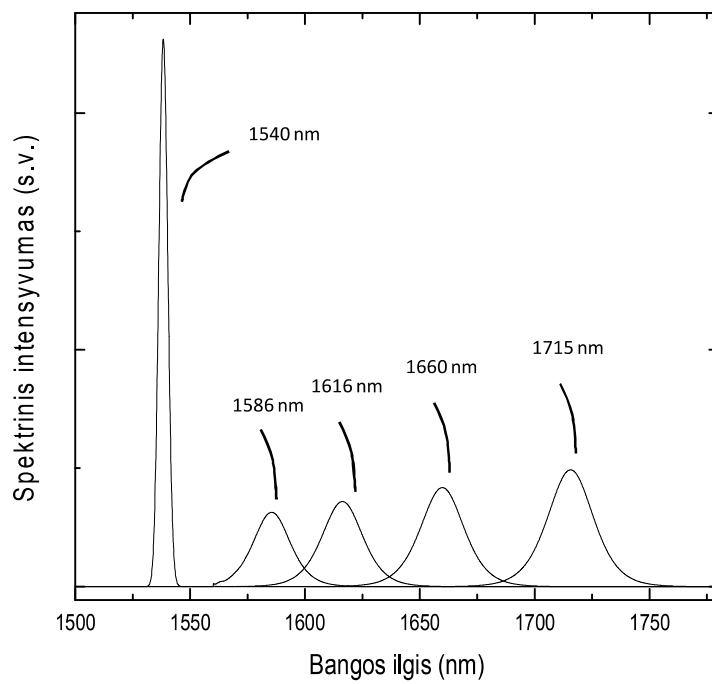
2. Būdas pagal 1 punktą, kur poliarizaciją išlaikančiame dvejopo laužiškumo šviesolaidyje netiesinis optinis efektas gaunamas dėl Ramano sklaidos ir keturbangio maišymo.
3. Būdas pagal 1 punktą, kur optinis komponentas (3) yra poliarizaciją išlaikantis šviesolaidinis daliklis arba dvejopo laužiškumo kristalas, kurių dalinimo santykis yra vienodas.
4. Būdas pagal 1 punktą, kur etape d) atsispindėjusios ir atgal apgręžtos impulsinės spinduliuotės poliarizacija yra pasukama 90^0 tam, kad pirmyn ir atgal spinduliuotė sklistų skirtingomis šviesolaidžio poliarizacijos ašimis,
5. Artimosios-IR srities spektriškai derinamų impulsų, kurių bangos ilgis yra >1300 nm generavimo įrenginys poliarizaciją išlaikančiame lydyto kvarco šviesolaidyje, panaudojant minėtame šviesolaidyje netiesinį optinį efektą, apimantis šviesolaidinį lazerį (1), perduodantį impulsinę spinduliuotę į poliarizaciją išlaikančią dvejopo laužiškumo šviesolaidžio įėjimo galą, besiskiriantis tuo, kad šviesolaidinio lazerio (1) išėjimas minėtu šviesolaidžiu per jame integruotą cirkuliatorių (2), skirtą atskirti pirmyn ir atgal sklindančias impulsines spinduliuotes, sujungtas su optiniu komponentu (3), dalinančiu spinduliuotės poliarizaciją į dvi tiesines, bet statmenas viena kitai poliarizacijas ir nukreipiančiu į poliarizaciją išlaikančio minėto šviesolaidžio optines ašis, kur optinio komponento (3) išėjimas per minėto šviesolaidžio prailginimo segmentą (4) yra sujungtas su spinduliuotę atspindinčiu poliarizacijos sukikliu (5,6), apgręžiančiu impulsinę spinduliuotę taip, kad pirmyn ir atgal spinduliuotės sklistų skirtingomis šviesolaidžio poliarizacijos ašimis, ir atspindėta spinduliuotė, praėjusi prailginimo segmentą (4) ir optinį komponentą (3), minėtu šviesolaidžiu patektų į cirkuliatorių (2), nukreipiančiu atspindėta spinduliuotę į atskirą šviesolaidžio šaką, kurioje yra nuosekliai sujungti optinis filtras (7) ir prailginimo segmentas (8), generuojantis išėjimo impulsą.
6. Įrenginys pagal 5 punktą, kur optinis komponentas (3) yra šviesolaidinis daliklis arba dvejopo laužiškumo kristalas, kurių dalinimo santykis yra vienodas.
7. Įrenginys pagal 5 punktą, kur spinduliuotę atspindintis poliarizacijos sukiklis apima šviesolaidyje nuosekliai integruotus Faradėjaus rotatorių (5), pasukantį impulsinės spinduliuotės poliarizaciją 45^0 ir veidrodį (6), apgręžiantį impulsinę spinduliuotę atgal į minėtą šviesolaidį.



1 pav.



2 pav.



3 pav.