

(19)



(10) **LT 5736 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patent numeris: **5736**

(51) Int. Cl. (2011.01): **H01S 3/00**

(21) Paraiškos numeris: **2009 073**

(22) Paraiškos padavimo data: **2009 09 28**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2011 04 26**

(45) Patent paskelbimo data: **2011 06 27**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: —

(72) Išradėjas:

Kęstutis REGELSKIS, LT
Gediminas RAČIUKAITIS, LT

(73) Patent savininkas:

Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras,
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Virgina Adolfina DRAUGELIENĖ, UAB TARPINĖ, A.P.Kavoliuko g. 24-152, LT-
04328 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Daugkartinio praėjimo optinis stiprinimo būdas ir įrenginys

(57) Referatas:

Išradimas priklauso daugkartinio praėjimo lazerinėms stiprinimo sistemoms, būtent daugkartinio praėjimo optiniam skaiduliniam, ypač lazerinio šviesos stiprinimo būdai ir įrenginiai. Daugkartinio praėjimo optinis stiprinimo būdas, apima įeinančios koherentinės šviesos spinduliuotės praėjimą per minėtą optinę stiprinančią terpę ir minėtos spinduliuotės praėjimą per minėtą optinę stiprinančią terpę du ar daugiau kartų, pasirinktinai pagal iš anksto užsiduotą stiprinamos spinduliuotės sklaidymo krypties ir jos poliarizacijos derinį minėtuose praėjimuose bei sustiprintos spinduliuotės atskyrimą nuo įeinančios spinduliuotės ir jos išvedimą iš stiprintuvo. Siekiant išplėsti stiprinimo viename kaskade koeficiento verčių diapazoną stiprinama spinduliuotė stiprinančią terpę praeina du arba tris arba keturis kartus, tenkinant sąlygą, kad praėjimuose nepasikartotų vienodas stiprinamos spinduliuotės poliarizacijos ir sklaidymo krypties derinys, bei visų praėjimų sekoje būtų bent vienas kartas, kaispinduliuotė praeina stiprinančią terpę ta pačia kryptimi paeiliui du kartus, o stiprinamos spinduliuotės poliarizacija šiuose praėjimuose pasukama statmenai viena kitos atžvilgiu.

Išradimas priklauso daugkartinio praėjimo lazerinėms stiprinimo sistemoms, būtent daugkartinio praėjimo optiniam skaiduliniam, ypač koherentinės šviesos (lazerio) spinduliuotės stiprinimo būdui ir įrenginiui.

Dažnai stiprinant koherentinės šviesos (lazerio) spinduliuotės impulsus skaiduliniais stiprintuvais, priklausomai nuo pradinės impulso energijos, ne visa kaupinimo galia yra sunaudojama impulso stiprinimui. Skaidulinio stiprintuvo išvadinė galia yra apribota kaupinimo galios, tačiau jei yra stiprinami silpni impulsai, tai ne visa sukaupta energija skaiduloje yra perduodama stiprinamam impulsui. Kadangi skaiduliniam stiprintuve, pastiprinus įeinančios spinduliuotės impulsą, lieka didžioji dalis nesunaudotos – sukauptos energijos, impulsą galima grąžinti atgal į stiprintuvą pakartotiniam stiprinimui. Tokiu būdu viena stiprinimo pakopa atlieka tapačią funkciją kaip dvi stiprinimo pakopos ir tuo pačiu dvigubai sumažėja stiprintuvui naudojamų detalių skaičius ir kaina.

US 5303314 aprašytas dviejų praėjimų optinis stiprinimo būdas ir įrenginys, apimantis įeinančios koherentinės šviesos spinduliuotės įvedimą, jos nukreipimą į optinę stiprinančią terpę ir minėtos spinduliuotės praėjimą per minėtą optinę stiprinančią terpę du kartus, bei sustiprintos spinduliuotės atskyrimą nuo įeinančios spinduliuotės ir jos išvedimą iš stiprintuvo. Šiame stiprintuve yra naudojamas retro atspindintis statmenų poliarizacijų konverteris (Faradėjaus rotatorius ir visiškai atspindintis veidrodis), kurio paskirtis grąžinti stiprinamą spinduliuotę atgal į stiprintuvą pakartotiniam stiprinimui. Grįžtanti spinduliuotė yra statmenos poliarizacijos atžvilgiu spinduliuotės, sklindančios pirmyn, bei panaudojus poliarizacijai jautrų elementą, sustiprinta spinduliuotė yra atskiriama nuo įeinančios spinduliuotės.

Žinomo optinio stiprinimo būdo ir įrenginio trūkumas yra tas, kad jam realizuoti reikalingas retro atspindžio statmenų poliarizacijų konverteris (Faradėjaus rotatorius ir pilnai atspindintis veidrodis), dėl to šis įrenginys yra brangus. Be to, žinomu būdu ir įrenginiu negalima realizuoti stiprinimo su trimis praėjimais per stiprinančią terpę, nes stiprintuvas yra tiesinės konfigūracijos ir spinduliuotės sklidimo ir poliarizacijos krypčių pakeitimas realizuotas viname mazge ir yra susieti (įvyksta kartu), dėl to negalima gauti stiprinimo platesniame diapazone, tai susiaurina optinio stiprintuvo pritaikymo sritį. Daugelyje atvejų, trijų praėjimų

stiprintuvu spinduliuotė yra labiau sustiprinama nei dviejų praėjimų stiprintuvu. Dažnu atveju dviejų praėjimų stiprintuvo nepakanka, o keturių praėjimų stiprintuve ketvirtas praėjimas gali įnešti daugiau nuostolių nei stiprinimo.

US patente 6384966 aprašyta tiesinė keturių praėjimų optinio stiprintuvo schema, apimanti įeinančios koherentinės šviesos spinduliuotės įvedimą, jos nukreipimą į optinę stiprinančią terpę ir minėtos spinduliuotės praėjimą per minėtą optinę stiprinančią terpę keturis kartus, kur pirmyn sklindanti ir atgal grįžtanti spinduliuotės tarpusavyje yra statmenų poliarizacijų. Spinduliuotės poliarizacijai pasukti yra naudojami ne mažiau kaip du retro atspindžio statmenų poliarizacijų konverteriai (du Faradėjaus rotatoriai ir du visiško atspindžio veidrodžiai). Po to sustiprinta spinduliuotė yra atskiriama nuo įeinančios spinduliuotės ir išvedama iš stiprintuvo.

Žinomu įrenginiu negalima realizuoti stiprinimo su trimis praėjimais per stiprinančią terpę, nes naudojama tiesinė stiprintuvo konfigūracija, kuri fiksuoja lyginį praėjimų skaičių, dėl to sumažėja galimybė realizuoti platesnį stiprinimo koeficiento diapazoną, tai susiaurina optinio stiprintuvo pritaikymo sritį. Keturių praėjimų stiprintuve ketvirtas praėjimas gali įnešti daugiau nuostolių nei stiprinimo. Be to, naudojant skaidulinius stiprintuvus verta apsiriboti mažesniu praėjimų skaičiumi stiprintuve, nes dėl didelio spinduliuotės galios tankio skaiduloje pasireiškia netiesiniai optiniai reiškiniai, bloginantys spinduliuotės kokybę. Be to, žinomo optinio stiprinimo įrenginiui realizuoti reikalingi mažiausiai du retro atspindžio statmenų poliarizacijų konverteriai (du Faradėjaus rotatoriai ir du visiško atspindžio veidrodžiai), dėl to šis įrenginys yra brangus.

Išradimu siekiama supaprastinti optinio stiprinimo schemą, išplėsti stiprinimo viename kaskade koeficiento verčių diapazoną ir tuo pačiu sumažinti optinio stiprinimo įrenginio kainą, praplėsti optinio stiprintuvo pritaikymo sritį.

Uždavinio sprendimo esmė yra ta, kad daugkartinio praėjimo optiniame stiprinimo būde, apimančiame įeinančios koherentinės šviesos spinduliuotės įvedimą, jos nukreipimą į optinę stiprinančią terpę ir minėtos spinduliuotės praėjimą per minėtą optinę stiprinančią terpę du ar daugiau kartų, pasirinktinai pagal iš anksto užsiduotą stiprinamos spinduliuotės sklaidimo krypties ir jos poliarizacijos derinį minėtuose praėjimuose, kur skirtinguose praėjimuose spinduliuotės poliarizacija gali būti pasukta statmenai viena kitos atžvilgiu, bei sustiprintos

spinduliuotės atskyrimą nuo įeinančios spinduliuotės ir jos išvedimą iš stiprintuvo, stiprinama spinduliuotė pagal pasiūlytą išradimą stiprinančią terpę praeina pasirinktinai du arba tris arba keturis kartus, tenkinant sąlygą, kad praėjimuose nepasikartotų vienodas stiprinamos spinduliuotės poliarizacijos ir sklidimo krypties derinys bei visų praėjimų sekoje būtų bent vienas kartas, kai spinduliuotė praeina stiprinančią terpę ta pačia kryptimi paeiliui du kartus, o stiprinamos spinduliuotės poliarizacija šiuose praėjimuose būtų pasukta statmenai viena kitos atžvilgiu.

Pagal kitą išradimo aspektą yra pasiūlytas daugkartinio praėjimo optinis stiprinimo įrenginys, apimantis optinę stiprinančią terpę (1), priemonę, skirtą stiprinamą šviesos spinduliuotę nukreipti į stiprinančią terpę, bent vieną optinę priemonę, galinčią stiprinamos spinduliuotės poliarizaciją pasukti 90° kampu atžvilgiu sklindančios spinduliuotės poliarizacijos prieš jai sklindant stiprinančia terpę kitame praėjime, be to, stiprinimo įrenginys optiškai susietas su priemone, skirta įeinančiai spinduliuotei įvesti į minėtą stiprintuvą, sustiprintai spinduliuotei atskirti nuo įeinančios spinduliuotės bei ją išvesti, kuriame optinis stiprinimo įrenginys yra dviejų arba trijų arba keturių praėjimų, turi žiedinę konstrukciją, ant kurios optinės ašies (5) yra išdėstyta stiprinanti terpė (1), priemonė, nukreipianti stiprinamą spinduliuotę į stiprinančią terpę (1) ir optinę priemonę, skirtą stiprinamos spinduliuotės poliarizacijai pasukti 90° kampu pagal iš anksto pasirinktą stiprinamos spinduliuotės sklidimo krypties ir jos poliarizacijos derinį atitinkamame praėjime, minėtos priemonės sukonstruotos ir tarpusavyje optiškai susietos taip, kad praėjimuose nepasikartotų vienodas stiprinamos spinduliuotės poliarizacijos ir sklidimo krypties derinys ir, kad stiprinama spinduliuotė stiprinančią terpę (1) nors vieną kartą praeitų ta pačia kryptimi paeiliui du kartus, o šiuose praėjimuose spinduliuotės poliarizacija būtų pasukta 90° kampu, be to, priemonė, skirta įeinančiai spinduliuotei įvesti į stiprinimo įrenginį ir priemonė sustiprintai spinduliuotei atskirti nuo įeinančios spinduliuotės bei ją išvesti gali būti sukonstruotos kaip viena bendra priemonė, atliekanti įvedimo ir atskyrimo bei išvedimo funkcijas arba dvi ar daugiau atskirų priemonių, skirtų atitinkamai minėtoms funkcijoms atlikti.

Optinio stiprinimo įrenginio schemos žiedinis išpildymas bei stiprinamos spinduliuotės krypties ir poliarizacijos derinių per stiprinančią terpę pasiūlytas parinkimas, kad stiprinama spinduliuotė stiprinančią terpę praeitų du arba tris arba keturis kartus, tenkinant sąlygą, kad praėjimuose nepasikartotų vienodas stiprinamos spinduliuotės poliarizacijos ir sklidimo krypčių derinys bei visų praėjimų sekoje būtų bent vienas kartas, kai spinduliuotė stiprinančią

terpę praeitų ta pačia kryptimi paeiliui du kartus, o stiprinamos spinduliuotės poliarizacija šiuose praėjimuose būtų pasukta statmenai viena kitos atžvilgiu, leidžia atsisakyti brangaus retro atspindžio statmenų poliarizacijų konverterio (Faradėjaus rotatorius ir visiško atspindžio veidrodžio derinio), o dėl to supaprastėja stiprinimo įrenginio optinė schema ir sumažėja kaina. Be to, parinkus stiprinamos spinduliuotės praėjimuose per stiprinamą terpę atitinkamus jos krypties ir poliarizacijos derinius bei atitinkamai sukonstravus stiprinimo įrenginį norimam deriniui gauti, galima realizuoti stiprinamos spinduliuotės du, tris arba keturis praėjimus per stiprinančią terpę, dėl to išsiplečia stiprinimo viename kaskade koeficiento verčių diapazonas, supaprastėja optinio stiprinimo įrenginio schema ir sumažėja jo kaina, o tuo pačiu prasiplečia optinio stiprintuvo pritaikymo sritis.

Kitame šio išradimo konstrukciniame išpildyme optinė stiprinanti terpė yra poliarizaciją išlaikanti skaidula.

Naudojami schemoje visi atviros erdvės optiniai elementai gali būti kompaktiškai supakuoti į vientisą mazgą, prie kurio vėliau, konstruojant dviejų, trijų ar keturių praėjimų stiprintuvą pakanka pritvirtinti aktyvią skaidulą ir stiprintuvą pagamintas. Žiedinei schemai realizuoti, naudojant optinę skaidulą nereikalingi papildomi optiniai mazgai šviesos sklaidimo kryptčiai pakeisti.

Kitame pranašumą turinčiame šio išradimo konstrukciniame išpildyme optinės priemonės, skirtos stiprinamos spinduliuotės poliarizacijai pasukti funkciją gali atlikti 90° kampų savo išilginės ašies atžvilgiu susukta poliarizaciją išlaikanti optinė skaidula arba pusės bangos ilgio plokštelės ir Faradėjaus rotatoriaus derinys, arba 45° kampų savo išilginės ašies atžvilgiu susuktos poliarizacijos išlaikančios optinės skaidulos ir Faradėjaus rotatoriaus derinys. Naudojant poliarizaciją išlaikančią optinę skaidulą, jos pasukimas išilgai jos optinės ašies taip pat atlieka poliarizacijos pasukimo funkciją, todėl papildomai sutaupomi optiniai elementai.

Optinė priemonė poliarizacijai pasukti, apimanti Faradėjaus rotatorių gali būti išdėstyta ant minėtos žiedinės optinės ašies prie optinės skaidulos pirmojo arba antrojo galo arba prie abiejų jos galų.

Kitame pranašumą turinčiame šio išradimo konstrukciniame išpildyme optinio stiprinimo įrenginys yra dviejų praėjimų, kur stiprinama spinduliuotė stiprinančią terpę praeina du kartus ta pačia kryptimi, o priemonė, nukreipianti spinduliuotę į stiprinančią terpę yra poliarizacinis spinduliuotės daliklis, išdėstytas ant žiedinio tipo stiprintuvo optinės ašies tarp minėtos stiprinančios optinės skaidulos pirmojo ir antrojo jos galų, kur minėta skaidula yra susukta 90° kampų savo išilginės ašies atžvilgiu ir tuo pačiu viename iš praėjimų atlieka stiprinamos spinduliuotės poliarizacijos pasukimą 90° kampų, be to minėtas poliarizacinis daliklis taip pat atlieka įeinančios spinduliuotės įvedimo į stiprinimo įrenginį bei sustiprintos spinduliuotės atskyrimo nuo įeinančios spinduliuotės bei jos išvedimo funkcijas.

Pirmenybė taip pat teikiama šio išradimo konstrukciniam išpildymui, kuriame optinio stiprinimo įrenginys yra trijų arba keturių praėjimų, priemonė, nukreipianti spinduliuotę į stiprinančią terpę yra poliarizacinis spinduliuotės daliklis, išdėstytas ant žiedinio tipo stiprinimo įrenginio optinės ašies tarp stiprinančios optinės skaidulos pirmojo ir antrojo galų taip, kad, vienas iš minėtos optinės skaidulos galų su minėtu poliarizaciniu spinduliuotės dalikliu yra optiškai susietas per priemonę, galinčią pasukti stiprinamos spinduliuotės poliarizaciją pagal iš anksto užsiduotą sklidimo ir poliarizacijos krypčių derinį, bei yra numatytas veidrodys, optiškai susietas su minėtu poliarizaciniu dalikliu, skirtas stiprinamos spinduliuotės kryptiai per stiprinančią skaidulą pakeisti, be to, turi atsišakojusią nuo žiedinės stiprintuvo schemos dalį, optiškai susietą su žiedinės schemos minėtu poliarizaciniu dalikliu, kurioje yra išdėstyta priemonė, skirta įeinančią spinduliuotę įvesti į stiprintuvą, bei sustiprintą spinduliuotę atskirti nuo įeinančios spinduliuotės ir ją išvesti.

Dar kitame pranašumą turinčiame šio išradimo konstrukciniame išpildyme optinio stiprinimo įrenginys yra keturių praėjimų, kuriame tarp stiprinančios optinės terpės galų ant žiedinio tipo stiprinimo įrenginio optinės ašies yra nuosekliai išdėstyta pirmas poliarizacinis spinduliuotės daliklis, optiškai susietas su pirmu veidrodžiu, skirtu stiprinamos spinduliuotės kryptiai per stiprinančią terpę pakeisti, ir priemonė, skirta įeinančiai spinduliuotei įvesti į stiprinimo įrenginį, apimanti įeinančios spinduliuotės kelyje jos sklidimo kryptimi nuosekliai išdėstytus antrą poliarizacinį daliklį, Faradėjaus rotatorių ir pusės bangos ilgio plokštelę, kur antras poliarizacinis daliklis optiškai susietas su antru veidrodžiu, skirtu stiprinamos spinduliuotės kryptiai per stiprinančią terpę pakeisti, be to, minėta priemonė, skirta įeinančiai spinduliuotei įvesti, taip pat atlieka minėtą poliarizacijos sukimo funkciją o minėtas pirmas

poliarizacinis daliklis dar atlieka sustiprintos spinduliuotės atskyrimo nuo įeinančios spinduliuotės ir jos išvedimo funkciją.

Dar kitame šio išradimo konstrukciniame išpildyme keturių praėjimų stiprinimo įrenginyje numatytos dvi minėtos poliarizacijos sukimo 90° kampu priemonės, išdėstytos žiedinio tipo stiprinimo įrenginio optinėje ašyje prie stiprinančios optinės skaidulos pirmojo ir antrojo galų atitinkamai.

Kiekviena poliarizacijos sukimo 90° kampu priemonė apima pusės bangos ilgio plokštelę ir Faradėjaus rotatorių.

Priemonė, nukreipianti stiprinamą spinduliuotę į stiprinančią terpę yra dvejopai šviesą laužiantis kristalas.

Detaliau išradimas paaiškinamas brėžiniais, kur:

Fig. 1 – Pasiūlyto optinio stiprinimo įrenginio blokinė schema.

Fig.2a - Pasiūlyto stiprinimo įrenginio su dviem stiprinamos spinduliuotės praėjimais optinė schema.

Fig.2b – Stiprinamos spinduliuotės praėjimų per stiprinančią terpę derinys įrenginyje pagal Fig.2a.

Fig.3a - Pasiūlyto optinio stiprinimo įrenginio su trimis arba keturiais stiprinamos spinduliuotės praėjimais blokinė schema.

Fig.3b – Stiprinamos spinduliuotės praėjimų per stiprinančią terpę deriniai įrenginyje pagal Fig.3a.

Fig.4a – Pasiūlyto stiprinimo įrenginio su keturiais praėjimais optinės schemos vienas iš variantų.

Fig.4b – Stiprinamos spinduliuotės keturių praėjimų per stiprinančią terpę derinys įrenginyje pagal Fig.4a

Fig.5a – Pasiūlyto stiprinimo įrenginio su keturiais praėjimais optinės schemos kitas variantas.

Fig.5b – Stiprinamos spinduliuotės keturių praėjimų per stiprinančią terpę derinys įrenginyje pagal Fig.5a

Fig.6 – Optinės priemonės, skirtos stiprinamos spinduliuotės poliarizacijai pasukti 90° kampu, išpildymo variantai, kur

- a) pavaizduota išilginės ašies atžvilgiu susukta poliarizaciją išlaikanti optinė skaidula;
- b) pusės bangos ilgio plokštelės ir Faradėjaus rotatoriaus derinys;
- c) 45° kampų savo išilginės ašies atžvilgiu susuktos poliarizaciją išlaikančios optinės skaidulos ir Faradėjaus rotatorius derinys.

Fig.7 –Dviejų praėjimų skaidulinio stiprintuvo realizacijos pavyzdys.

Pasiūlytas daugkartinio praėjimo optinis stiprinimo būdas apima šią operacijų seką: į optinę stiprinančią terpę nukreipia koherentinės šviesos spinduliuotę, kuri minėtą terpę pasirinktinai praeina du arba tris arba keturis kartus, pagal iš anksto užsiduotą stiprinamos spinduliuotės sklaidimo krypties ir jos poliarizacijos derinį minėtuose praėjimuose, tenkinant sąlygą, kad praėjimuose nepasikartotų vienodas stiprinamos spinduliuotės poliarizacijos ir sklaidimo krypčių derinys bei visų praėjimų sekoje būtų bent vienas kartas, kai spinduliuotė praeina stiprinančią terpę ta pačia kryptimi paeiliui du kartus, o stiprinamos spinduliuotės poliarizacija šiuose praėjimuose būtų pasukta statmenai viena kitos atžvilgiu. Sustiprintą spinduliuotę atskiria nuo įeinančios spinduliuotės ir ją išveda iš stiprintuvo.

Pasiūlyto stiprinimo įrenginio bendra optinė schema pavaizduota Fig.1 yra žiedinio tipo, kuri apima stiprinančią terpę 1, priemonę 2, skirtą stiprinamą šviesos spinduliuotę nukreipti į stiprinančią terpę, priemonę 3, skirtą stiprinamos spinduliuotės poliarizacijai pasukti 90° kampų. Įrenginys taip pat turi priemonę 4, skirtą įeinančiai spinduliuotei (A) įvesti į minėtą stiprinimo įrenginį, sustiprintai spinduliuotei (B) atskirti nuo įeinančios spinduliuotės ir ją išvesti. Minėtos priemonės 4 funkcijas taip pat gali atlikti ir minėta priemonė 2, nukreipianti spinduliuotę į stiprinančią terpę 1. Minėtos priemonės 2, 3 ir 4 sukonstruotos ir išdėstytos ant žiedinio tipo stiprinimo įrenginio optinės ašies 5 ir jo atsišakojusios dalies bei tarpusavyje optiškai susietos taip, kad stiprinama šviesos spinduliuotė stiprinančią terpę 1 praeitų du arba tris arba keturis kartus ir, kad stiprinama spinduliuotė stiprinančią terpę 1 nors vieną kartą praeitų ta pačia kryptimi paeiliui du kartus, o praėjimuose, kuriuose spinduliuotė praeina stiprinančią terpę 1 ta pačia kryptimi paeiliui du kartus, spinduliuotės poliarizaciją būtų pasukta 90° kampų, bei praėjimuose, kuriuose spinduliuotė stiprinančią terpę 1 praeina skirtingomis kryptimis, jos poliarizacija pagal numatytą stiprinančios spinduliuotės sklaidimo ir poliarizacijos krypčių derinį būtų pasukta 90° kampų arba liktų nepasukta, tenkinant sąlygą, kad praėjimuose nepasikartotų vienodas stiprinamos spinduliuotės poliarizacijos ir sklaidimo krypties derinys. Stiprinanti terpė 1 yra poliarizaciją išlaikanti optinė skaidula 1, ant

kurios išilginės optinės ašies 5 tarp jos pirmojo ir antrojo galų yra minėtos priemonės 2 ir pasirinktinai poliarizaciją sukanti priemonė 3 arba 3'. Poliarizaciją sukanti priemonė (3, 3') gali būti išdėstyta ant žiedinio tipo stiprinimo įrenginio optinės ašies 5 prie stiprinančios optinės skaidulos 1 pirmojo galo arba prie antrojo jos galo, t.y., atitinkamai padėtyje 3 arba 3', arba gali būti abejose padėtyse (3, 3'), arba šios priemonės funkciją gali atlikti optinė skaidula 1 atitinkamai susukta 90° kampu apie savo išilginę ašį (Fig.6a).

Fig.2a – parodyta vieno iš stiprinimo įrenginio realizavimo pavyzdžių optinė schema su dviem praėjimais, o Fig.2b parodyta šio realizavimo pavyzdžio stiprinamos spinduliuotės krypčių ir poliarizacijų praėjimuose derinys, kur rodyklė parodo spinduliuotės sklidimo kryptį atitinkamame praėjime, o ant rodyklės pažymėti žymenys (•) arba ($\leftrightarrow$) rodo spinduliuotės poliarizaciją, t.y. ant sklidimo krypties rodyklių esantys skirtingi minėti pažymėjimai (•) ($\leftrightarrow$) reiškia, kad šių spinduliuočių poliarizacija viena kitos atžvilgiu yra pasukta 90° kampu, o vienodi pažymėjimai, reiškia kad šių spinduliuočių poliarizacija sutampa. Priemonė 2, skirta stiprinamai šviesos spinduliutei nukreipti į stiprinančią terpę 1 yra poliarizacinis spinduliuotės daliklis 6, pavyzdžiui, dvejopai šviesą laužiantis kristalas, kuris šiuo atveju taip pat atlieka įeinančios spinduliuotės (A) įvedimą į stiprintuvą bei sustiprintos spinduliuotės (B) atskyrimą nuo įeinančios spinduliuotės ir jos išvedimą. Priemonės (3, 3'), skirtos stiprinamos spinduliuotės poliarizacijai pasukti 90° kampu, funkciją šiame variante atlieka stiprinančios poliarizaciją išlaikančios skaidulos 1 susukimas 90° kampu savo išilginės ašies atžvilgiu, kaip tai parodyta Fig.6a. Minėta priemonę (3, 3') taip pat gali būti išpildyta kaip pusės bangos ilgio plokštelės ir Faradėjaus rotatoriaus derinys arba 45° kampu savo išilginės ašies atžvilgiu susuktos poliarizaciją išlaikančios optinė skaidulos ir Faradėjaus rotatoriaus derinys, kaip parodyta Fig.6b ir Fig.6c.

Fig.3a. parodyta stiprinimo įrenginio optinė schema, skirta trimis arba keturiems stiprinamos spinduliuotės praėjimams per stiprinančią terpę 1, o Fig.3b parodyti trijų arba keturių praėjimų per stiprinančią terpę 1 stiprinamos spinduliuotės krypčių ir poliarizacijų deriniai. Ši schema, analogiškai aprašytai Fig.2, yra žiedinio tipo optinis stiprinimo įrenginys, ant kurio žiedinės optinės ašies 5 yra išdėstyta aktyvioji terpė 1, būtent, poliarizaciją išlaikanti skaidula, poliarizacinis daliklis 6, spinduliutei nukreipti į stiprinančią terpę 1 ir priemonė (3, 3'), skirta spinduliuotės poliarizacijai pasukti 90° kampu. Be to, ši schema papildomai turi veidrodį 7, optiškai susietą su poliarizaciniu dalikliu 6, bei skirtą stiprinamos spinduliuotės kryptį per stiprinančią terpę 1 pakeisti. Žiedinio tipo stiprinimo įrenginys, turi atsišakojusią dalį, kurioje yra priemonė 4, skirta įeinančiai spinduliutei (A) įvesti į stiprinimo įrenginį ir

sustiprintai spinduliuotei (B) atskirti nuo įeinančios spinduliuotės ir ją išvesti. Priemonė 4 apima įeinančios spinduliuotės kryptimi nuosekliai išdėstytus poliarizacinį daliklį 8, Faradėjaus rotatorių 9 ir pusės bangos ilgio plokštelę 10. Įeinanti spinduliuotė (A), krenta į poliarizacinį daliklį 8, o iš jo išėjusi spinduliuotė praeina Faradėjaus rotatorių 9 ir pusės bangos ilgio plokštelę 10 bei patenka į poliarizacinį daliklį 6. Priemonė, skirta poliarizacijai pasukti 90° kampų trijų praėjimų atveju gali būti stiprinančios terpės 1 t.y. poliarizaciją išlaikančios optinės skaidulos, susuktos 45° kampų savo išilginės ašies atžvilgiu, ir Faradėjaus rotatoriaus derinys (Fig.6c), išdėstytas padėtyje 3 arba 3', o keturių praėjimų atveju poliarizacijai pasukti 90° kampų gali būti panaudota minėta skaidula 1 susukta 90° kampų savo išilginės ašies atžvilgiu arba du Faradėjaus rotatoriai, išdėstyti padėtyse 3 ir 3'.

Fig.4a parodytas vienas iš variantų stiprinimo įrenginio optinė schemos, realizuojančios keturis stiprinamos spinduliuotės praėjimus per stiprinančią terpę 1, o Fig.4b parodytas stiprinamos spinduliuotės krypčių ir jų poliarizacijų derinys realizuojamas šioje schemoje. Šiame optinio stiprintuvo variante žiedinėje optinėje ašyje 5 yra išdėstytas poliarizacinis spinduliuotės daliklis 6, optiškai susietas su veidrodžiu 7, skirtu stiprinamos spinduliuotės kryptiai per stiprinančią terpę pakeisti. Minėtas poliarizacinis spinduliuotės daliklis 6 taip pat atlieka sustiprintos spinduliuotės (B) atskyrimo nuo įeinančios spinduliuotės ir jos išvedimo funkciją. Priemonė 4, skirta įeinančiai spinduliuotei (A) įvesti į stiprintuvą, apima įeinančios spinduliuotės kelyje jos sklaidymo kryptimi nuosekliai išdėstytus poliarizacinį daliklį 8, Faradėjaus rotatorių 9 ir pusės bangos ilgio plokštelę 10, kurie yra išdėstyti ant žiedinio tipo stiprinimo įrenginio optinės ašies 5 bei tai pat atlieka spinduliuotės poliarizacijos sukimą 90° kampų. Be to, ši schema turi optiškai susietą su poliarizaciniu dalikliu 8 antrą veidrodį 11, skirtą stiprinamos spinduliuotės kryptiai per stiprinančią terpę 1 pakeisti.

Fig.5a parodytas kitas variantas optinio stiprinimo įrenginio, realizuojančio keturis stiprinamos spinduliuotės praėjimus per stiprinančią terpę 1, o Fig.5b parodytas stiprinamos spinduliuotės krypčių ir poliarizacijų derinys šios schemos praėjimuose. Ši schema yra panaši kaip ir schema pavaizduota Fig.4a, skiriasi tik tuo, kad joje ant žiedinės optinės ašies 5 prieš abu stiprinančios optinės skaidulos galus yra po poliarizaciją sukančią priemonę 3 ir 3', išpildytą kaip pusės bangos ilgio plokštelės 12 ir Faradėjaus rotatoriaus 13 derinys (Fig.6b).

Fig.7 pavaizduotoje dviejų praėjimų optinio stiprintuvo realizavimo schema, kurioje be pagrindinių elementų, parodytų Fig.2, į schemą yra įjungti bei optiškai susieti šie elementai:

juostiniai filtrai 14 ir 15, skirti slopinti nenaudingą sustiprintą spontaninę spinduliuotę (SSS), kurie yra skaidrūs stiprinamo impulso bangos ilgiams, akusto-optinis modulatorius 16, taip pat skirtas mažinti (SSS) nuostolius, šakotuvai 17, skirtas įvesti kaupinimo energijai į stiprintuvą, kurio aktyvi terpė yra PM-YDF-LO iterbiu legiruota, poliarizaciją išlaikanti, vienamodė skaidula; pusės bangos ilgio plokštelės 18, 19 ir 20, kurių pagalba šviesos poliarizacija yra orientuojama taip, kad pirmą praėjimą per stiprinančią terpę 1 stiprinamas impulsas būtų greitosios (lėtosios) poliarizacijos, o antrą praėjimą – statmenos, t.y. lėtosios (greitosios). Be to, schemoje numatyti izoliatoriai (21, 22, 23), tam, kad spinduliuotė sklįstų tik viena kryptimi.

Išradimas neapsiriboja aprašytais pavyzdžiais. Pasiūlytas daugkartinio praėjimo optinis stiprintuvas gali turėti ne tik žiedinę, bet ir tiesinę konstrukciją, kur stiprinama spinduliuotė stiprinančią terpę praeina du, tris arba keturis kartus bei pasiekiamas ankščiau nurodytas tikslas.

Dviejų praėjimų pasiūlyto optinio stiprintuvo veikimo principą iliustruoja Fig.2. Šioje stiprinimo schemoje yra stiprinama statmenų poliarizacijų spinduliuotė. Stiprinanti terpė 1 turi būti poliarizaciją išlaikanti skaidula. Į dviejų praėjimų stiprinimo įrenginį įeinanti šviesos spinduliuotė (A) patenka į poliarizacinį spinduliuotės daliklį 6. Pradinė įeinančios šviesos spinduliuotės (A) poliarizacija yra parinkta taip, kad ji pakeičia sklaidimo kryptį (atspindima) daliklyje 6 ir yra įvedama pirmą kartą į stiprinančią terpę 1, t. y. į poliarizaciją išlaikančią optinę skaidulą per jos pirmą galą. Pasukančios poliarizaciją 90° kampu priemonės (3,3') funkciją atlieka aukščiau minėta optinė skaidula, susukta 90° kampu pagal savo išilginę ašį 5. Išėjusi iš stiprinančios terpės antro galo, sustiprinta šviesos spinduliuotė vėl patenka į poliarizacinį spinduliuotės daliklį 6. Dėl poliarizacijos pasukimo, sustiprinta šviesos spinduliuotė praeina minėtą poliarizacinį spinduliuotės daliklį 6 nekeisdama krypties ir antrą kartą įvedama į stiprinančią terpę 1 per jos pirmą galą. Antrą kartą sustiprinta šviesos spinduliuotė, sklisdama stiprinančia terpe 1 vėl patiria poliarizacijos pasukimą 90° kampu. Todėl antrą kartą praėjusios stiprinančią terpę 1 šviesos spinduliuotės poliarizacija yra tokia, kad ji pakeičia spinduliuotės sklaidimo kryptį (atspindima) poliarizaciniame spinduliuotės daliklyje 6 ir sustiprinta spinduliuotė (B) išvedama iš stiprinimo įrenginio. Šioje schemoje nėra naudojamas brangus Faradėjaus rotatorius ar cirkulatorius, o žiedinio tipo stiprinimo įrenginiu spinduliuotė sklinda tik viena kryptimi.

Pasirenkant bet kurias skirtingas poliarizacijos ir sklaidimo krypties kombinacijas galima realizuoti dviejų, trijų arba keturių praėjimų skaidulinį stiprintuvą. Panaudojus optinį izoliatorių galima labai sumažinti nenaudingą sustiprintą spontaninę spinduliuotę.

Dviejų, trijų ir keturių praėjimų skaidulinio stiprintuvo konstrukcija ir veikimo principas priklauso nuo stiprinamos spinduliuotės poliarizacijos ir sklaidimo krypties kombinacijų eiliškumo praėjimuose. Fig.3a pavaizduota optinio stiprinimo įrenginio žiedinė schema, gali realizuoti trijų arba keturių praėjimų stiprinimą. Trijų praėjimų stiprintuvai tarpusavyje turi tam tikrų konstrukcinių panašumų ir skirtumų, pavyzdžiui, poliarizaciją sukanti priemonė gali būti padėtyje 3 arba 3', o jo konstrukcija pasirinkta pagal siūlomus Fig.6 variantus. Aprašysime trijų praėjimų optinio stiprinimo įrenginio veikimo principą vieno iš poliarizacijos ir sklaidimo krypties kombinacijų variantų, pavaizduotų Fig.3b. Įeinanti į trijų praėjimų stiprinimo įrenginį šviesos spinduliuotė (A) patenka į poliarizacinę spinduliuotės daliklį 8. Įeinančios spinduliuotės pluošto (A) poliarizacija yra parinkta taip, kad ji poliarizacinę spinduliuotės daliklį 8 praeitų nekeisdama krypties. Po to įeinanti spinduliuotė nuosekliai praeina Faradėjaus rotatorių 9 ir pusės bangos ilgio plokštelę 10, kuri yra orientuota taip, kad suminis poliarizacijos pasukimas Faradėjaus rotatoriuje 9 ir pusės bangos ilgio plokštelėje 10 įeinančios spinduliuotės sklaidimo kryptimi būtų lygus 90° . Įeinanti spinduliuotė po to patenka į poliarizacinę spinduliuotės daliklį 6, jame pakeičia sklaidimo kryptį (atsispindi) daliklyje 6 ir per pirmą galą, esantį kairėje, yra įvedama pirmą kartą į stiprinančią terpę 1. Priemonė, pasukanti poliarizaciją 90° kampų, yra padėtyje 3' ir išpildyta pagal Fig.6c (45° pasukta skaidula 1 ir Faradėjaus rotatorius 13). Šioje priemonėje poliarizacijos pasukimas 90° kampų į stiprinančią terpę įvestos spinduliuotės poliarizacijos atžvilgiu įvyksta tik šviesos spinduliuotei sklindant iš dešinės į kairę (pagal Fig. 3a). Dėl poliarizacijos pasukimo, sustiprinta spinduliuotė praeina minėtą poliarizacinę spinduliuotės daliklį 6, nekeisdama krypties ir antrą kartą įvedama į stiprinančią terpę 1. Antrą kartą sustiprinta šviesos spinduliuotė vėl patiria poliarizacijos plokštumos pasukimą 90° kampų. Todėl antrą kartą stiprinančią terpę praėjusios spinduliuotės poliarizacija yra tokia, kad ji pakeičia sklaidimo kryptį (atspindima) poliarizaciniame spinduliuotės daliklyje 6 ir nukreipiama į veidrodį 7. Atsispindėjusi atgal nuo veidrodžio 7, šviesos spinduliuotė vėl patenka į poliarizacinę spinduliuotės daliklį 6, nukreipiama į skaidulos antrą galą (dešinį pagal Fig.3a) ir praeina poliarizacijos pasukimo priemonę 3'. Šviesos spinduliuotė sklisdama iš kairės į dešinę nepatiria poliarizacijos plokštumos pasukimo ir trečią kartą įvedama į stiprinančią terpę 1 per antrą galą, esantį dešinėje (Fig.3a). Trečiojo praėjimo metu yra pakeista spinduliuotės sklaidimo kryptis ir poliarizacija. Išėjusi iš stiprinančios terpės 1,

spinduliuotė patenka į poliarizacinį spinduliuotės daliklį 6, kuris nukreipia ją į priemonę (4). Suminis poliarizacijos pasukimas pusės bangos ilgio plokštelėje 10 ir Faradėjaus rotatoriuje 9 išeinančios šviesos spinduliuotės sklidimo kryptimi yra lygus 0° . Spinduliuotė, praėjusi priemonės 10 ir 9 patenka į poliarizacinį spinduliuotės daliklį 8 ir sustiprinta spinduliuotė (B) atskiriama nuo įeinančios spinduliuotės išvedama iš stiprinimo įrenginio.

Keturių praėjimų stiprintuvai naudingi stiprinant silpnus signalus. Keturių praėjimų stiprinimą galima realizuoti optiniais stiprinimo įrenginiais, pavaizduotais Fig.3, Fig.4 ir Fig.5. Visose schemose t.y, dviejų, trijų ar keturių praėjimų veikimo principas yra analogiškas aukščiau aprašytiems, tik nežymiai skiriasi schemoje elementų išdėstymas, kuris pasirenkamas priklausomai nuo norimo realizuoti stiprinamos spinduliuotės poliarizacijos ir sklidimo krypties derinio praėjimuose. Pavyzdžiui Fig.5 pavaizduotoje schemoje naudojamos dvi poliarizaciją pasukančios priemonės 3 ir 3', sudarytos iš Faradėjaus rotatoriaus 13 ir pusės bangos ilgio plokštelės 12 (Fig.6b).

Įeinanti į keturių praėjimų stiprintuvą (Fig.5a) spinduliuotė (A) patenka į poliarizacinį spinduliuotės daliklį 8. Įeinančios spinduliuotės (A) poliarizacija yra parinkta taip, kad ji nekeisdama krypties praeitų poliarizacinį spinduliuotės daliklį 8. Po to įeinanti spinduliuotė (A) nuosekliai praeina Faradėjaus rotatorių 9 ir pusės bangos ilgio plokštelę 10, kuri yra orientuota taip, kad suminis poliarizacijos pasukimas Faradėjaus rotatoriuje 9 ir pusės bangos ilgio plokštelėje 10 įeinančios spinduliuotės sklidimo kryptimi (iš kairės į dešinę pagal Fig.5a) būtų lygus 0° . Šviesos spinduliuotė po to patenka į poliarizacinį spinduliuotės daliklį 6 ir jį praeina nekeisdama krypties. Poliarizacijos sukimo priemonėje 3' spinduliuotė, sklindanti iš kairės į dešinę, nepatiria poliarizacijos plokštumos sukimo ir įvedama į stiprinančią terpę 1 pirmą kartą per antrą skaidulos galą, esantį dešinėje (pagal Fig.5a). Išėjusi iš stiprinančios terpės 1, spinduliuotė patenka į priemonę 3, kurioje sklisdama šią kryptimi taip pat nepatiria poliarizacijos plokštumos sukimo. Toliau vieną kartą sustiprinta spinduliuotė praeina poliarizacinį spinduliuotės daliklį 8 ir nekeisdama krypties patenka į veidrodį 11. Atsispindėjusi atgal nuo veidrodžio 11, stiprinama spinduliuotė vėl patenka į poliarizacinį spinduliuotės daliklį 8, praeina jį nekeisdama krypties ir patenka į poliarizacijos sukimo priemonę 3. Spinduliuotė, sklindanti šia kryptimi, priemonėje 3 patiria poliarizacijos plokštumos pasukimą 90° kampu ir įvedama į stiprinančią terpę 1 antrą kartą (pakeista poliarizacija ir sklidimo kryptis). Išėjusi iš stiprinančios terpės 1, stiprinama spinduliuotė patenka į poliarizacijos sukimo priemonę 3', ir sklisdama iš dešinės į kairę (pagal Fig.5a)

priemonėje 3' patiria poliarizacijos plokštumos pasukimą 90° kampą. Dėl poliarizacijos pasukimo, spinduliuotė praeina minėtą poliarizacinį spinduliuotės daliklį 6, nekeisdama krypties. Pusės bangos ilgio plokštelėje 10 ir Faradėjaus rotatoriuje 9 spinduliuotės poliarizacija jai sklindant iš dešinės į kairę (pagal Fig.5a) pasukama 90° kampą. Poliarizaciniame daliklyje 8 stiprinama spinduliuotė yra atspindima priemonės 3 kryptimi, joje patiria poliarizacijos plokštumos pasukimą 90° kampą ir įvedama į stiprinančią terpę 1 trečią kartą (ta pati sklidimo kryptis, kaip antro praėjimo metu, bet pasukta poliarizacija). Išėjusi iš stiprinančios terpės 1, po trečiojo praėjimo stiprinama spinduliuotė patenka į poliarizacijos sukimo priemonę 3', ir sklisdama iš dešinės į kairę (pagal Fig.5a) patiria priemonėje 3' poliarizacijos plokštumos pasukimą 90° kampą. Dėl poliarizacijos pasukimo, stiprinama spinduliuotė poliarizaciniame spinduliuotės daliklyje 6, pakeičia sklidimo kryptį (atspindima) ir nukreipiama į veidrodį 7. Atsispindėjusi atgal nuo veidrodžio 7, spinduliuotė vėl patenka į poliarizacinį spinduliuotės daliklį 6, nukreipiama dešinėn ir praeina poliarizacijos pasukimo priemonę 3', kurioje stiprinama spinduliuotė sklisdama iš kairės į dešinę nepatiria poliarizacijos plokštumos pasukimo ir ketvirtą kartą įvedama į stiprinančią terpę 1 per antrą jos galą, esantį dešinėje. Išėjusi iš stiprinančios terpės 1, spinduliuotė patenka į priemonę 3, kurioje sklisdama šia kryptimi, nepatiria poliarizacijos plokštumos sukimo. Poliarizaciniame spinduliuotės daliklyje 8 spinduliuotė nukreipiama dešinėn. Po to stiprinama spinduliuotė nuosekliai praeina Faradėjaus rotatorių 9 ir pusės bangos ilgio plokštelę 10, kuri yra orientuota taip, kad suminis poliarizacijos pasukimas Faradėjaus rotatoriuje 9 ir pusės bangos ilgio plokštelėje 10 įeinančios spinduliuotės sklidimo kryptimi (iš kairės į dešinę) būtų lygus 0° . Spinduliuotė po to patenka į poliarizacinį spinduliuotės daliklį 6 ir sustiprinta spinduliuotė (B) išvedamas iš stiprinimo įrenginio.

Eksperimentiniam darbui buvo pasirinkta dviejų praėjimų skaidulinio stiprintuvo žiedinė schema, kurioje yra stiprinama statmenų poliarizacijų spinduliuotė (Fig.7). Stiprinanti terpė 1 buvo parinkta vienamodė, poliarizaciją išlaikanti ir iterbiu legiruota skaidula (PM-YDF-LO, Nufern), įeinanti spinduliuotė A atsispindėjusi nuo poliarizacinio pluošto daliklio 6 patenka į skaidulinį stiprinimo įrenginį. $\lambda/2$ plokštelių (18, 19, 20) pagalba spinduliuotės poliarizacija yra orientuojama taip, kad pirmą apėjimą stiprinamos spinduliuotės impulsas būtų greitosios (lėtosios) poliarizacijos, o antra apėjimą – statmenos, t. y. lėtosios (greitosios). Du kartus apėjęs stiprintuvą, spinduliuotės impulsas atsispindi nuo poliarizacinio pluošto daliklio 6 ir išeina laukan. Juostiniai filtrai 14 ir 15 yra skaidrūs stiprinamos spinduliuotės impulso bangos ilgiams, o kitiems bangos ilgiams yra neskaidrūs ir yra naudojami sustiprintos

spontaninės spinduliuotės (SSS) slopinimui. Akusto-optinis moduliatorius 16 atidaromas, kai pro jį sklinda stiprinamos spinduliuotės impulsas, o kitais momentais jis yra uždaromas. Tokiu būdu dar yra labiau nuslopinama nenaudinga SSS. Izoliatoriai 21 ir 22 schemeje naudojami tam, kad skaidula 1 spinduliuotė sklistų tik viena kryptimi, tuo dar labiau sumažinat nuostolius dėl SSS ir, kad apsaugoti įeinančios spinduliuotės šaltinį nuo atgalinių atspindžių.

Stiprintuvo kaupinimo galia buvo pasirinkta 385mW, nors maksimali galima galia siekia 538 mW. Kaupinimo galia buvo ribojama siekiant nepažeisti šakotuvo 17 ir izoliatorių 22 ir 21. Buvo stiprinami lazeriniu diodu generuojami šviesos spinduliuotės stačiakampiai impulsai, atitinkamai trukmių 10 ir 50 ns. Pirmu atveju impulso energija buvo 0,4 nJ, antru – 2nJ. AOM langas (laiko intervalas kuomet moduliatorius 16 įjungtas) buvo parinktas 220 ns, tam kad impulsas stiprintuvu apeitų du kartus. Pastiprinus impulsą stiprintuve dar lieka daug sukauptos energijos (inversijos), kuri gali būti panaudota pakartotiniam impulso pastiprinimui. Esant dviem praėjimams stiprintuvas nežymiai pradeda sotintis jau nuo 100 kHz pasikartojimo dažnio. Tačiau visiška sotis nėra pasiekama ir viršijus 1 MHz. Tokiomis sąlygomis impulsus būtų galima pakartotinai stiprinti trečią, gal net ir ketvirtą kartą.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Daugkartinio praėjimo optinis stiprinimo būdas, apimantis įeinančios koherentinės šviesos spinduliuotės įvedimą, jos nukreipimą į optinę stiprinančią terpę ir minėtos spinduliuotės praėjimą per minėtą optinę stiprinančią terpę du ar daugiau kartų, pasirinktinai pagal iš anksto užsiduotą stiprinamos spinduliuotės sklidimo krypties ir jos poliarizacijos derinį minėtuose praėjimuose, kur skirtinguose praėjimuose poliarizacija gali būti pasukta statmenai viena kitos atžvilgiu, bei sustiprintos spinduliuotės atskyrimą nuo įeinančios spinduliuotės bei jos išvedimą iš stiprintuvo, besiskiriantis tuo, kad stiprinama spinduliuotė stiprinančią terpę praeina du arba tris arba keturis kartus, tenkinant sąlygą, kad praėjimuose nepasikartotų vienodas stiprinamos spinduliuotės poliarizacijos ir sklidimo krypčių derinys, bei visų praėjimų sekoje būtų bent vienas kartas, kai spinduliuotė praeina stiprinančią terpę ta pačia kryptimi paeiliui du kartus, o stiprinamos spinduliuotės poliarizaciją šiuose praėjimuose pasuka statmenai viena kitos atžvilgiu.

2. Daugkartinio praėjimo optinis stiprinimo įrenginys, apimantis optinę stiprinančią terpę (1), priemonę, skirtą stiprinamą šviesos spinduliuotę nukreipti į stiprinančią terpę, bent vieną optinę priemonę, galinčią stiprinamos spinduliuotės poliarizaciją pasukti 90° kampu atžvilgiu sklindančios spinduliuotės poliarizacijos prieš jai sklindant stiprinančia terpe kitame praėjime, be to, stiprinimo įrenginys optiškai susietas su priemone, skirta įeinančiai spinduliuotei įvesti į minėtą stiprintuvą, sustiprintai spinduliuotei atskirti nuo įeinančios spinduliuotės bei ją išvesti, besiskiriantis tuo, kad optinis stiprinimo įrenginys yra dviejų arba trijų arba keturių praėjimų, turi žiedinę konstrukciją, ant kurios optinės ašies (5) yra išdėstyta stiprinanti terpė (1), priemonė, nukreipianti stiprinamą spinduliuotę į stiprinančią terpę (1) ir optinę priemonę, skirta stiprinamos spinduliuotės poliarizacijai pasukti 90° kampu pagal iš anksto pasirinktą stiprinamos spinduliuotės sklidimo krypties ir jos poliarizacijos derinį atitinkamame praėjime, minėtos priemonės sukonstruotos ir tarpusavyje optiškai susietos taip, kad praėjimuose nepasikartotų vienodas stiprinamos spinduliuotės poliarizacijos ir sklidimo krypties derinys ir, kad stiprinama spinduliuotė stiprinančią terpę (1) nors vieną kartą praeitų ta pačia kryptimi paeiliui du kartus, o šiuose praėjimuose spinduliuotės poliarizacija būtų pasukta 90° kampu, be to, priemonė (2), skirta įeinančiai spinduliuotei įvesti į stiprinimo įrenginį ir priemonė sustiprintai spinduliuotei atskirti nuo įeinančios spinduliuotės bei ją išvesti gali būti sukonstruotos kaip viena bendra

priemonė, atliekanti įvedimo ir atskyrimo bei išvedimo funkcijas arba dvi ar daugiau atskirų priemonių, skirtų atitinkamai minėtoms funkcijoms atlikti.

3. Įrenginys pagal 2 punktą, besiskiriantis tuo, kad optinė stiprinanti terpė (1) yra poliarizaciją išlaikanti skaidula.

4. Įrenginys pagal 2 arba 3 punktą, besiskiriantis tuo, kad optinės priemonės (3, 3'), skirtos stiprinamos spinduliuotės poliarizacijai pasukti 90° kampų, funkciją gali atlikti poliarizaciją išlaikanti optinė skaidula (1), susukta savo išilginės ašies atžvilgiu 90° kampų arba minėta optinė priemonė (3, 3') gali būti pusės bangos ilgio plokštelės (12) ir Faradėjaus rotatoriaus (13) derinys, arba minėta priemonė gali būti 45° kampų savo išilginės ašies atžvilgiu susuktos poliarizaciją išlaikančios optinės skaidulos (1) ir Faradėjaus rotatoriaus (13) derinys.

5. Įrenginys pagal bet kurį iš 2-4 punktų, besiskiriantis tuo, kad optinio stiprinimo įrenginys yra dviejų praėjimų, kur stiprinama spinduliuotė stiprinančią terpę (1) praeina du kartus ta pačia kryptimi statmenų poliarizacijų, priemonė (2), nukreipianti spinduliuotę į stiprinančią terpę (1), yra poliarizacinis spinduliuotės daliklis (6), išdėstyta ant žiedinio tipo stiprintuvo optinės ašies tarp minėtos stiprinančios optinės skaidulos pirmojo ir antrojo galų, kur minėta skaidula yra susukta 90° kampų savo išilginės ašies atžvilgiu ir tuo pačiu viename iš praėjimų atlieka stiprinamos spinduliuotės poliarizacijos pasukimą 90° kampų, be to, minėtas poliarizacinis spinduliuotės daliklis (6) taip pat atlieka įeinančiuos spinduliuotės įvedimo į stiprinimo įrenginį bei sustiprintos spinduliuotės atskyrimo nuo įeinančios spinduliuotės ir jos išvedimo funkcijas.

6. Optinis stiprinimo įrenginys pagal bet kurį iš 2 - 4 punktų, besiskiriantis tuo, kad optinio stiprinimo įrenginys yra trijų arba keturių praėjimų, kur priemonė (2), nukreipianti spinduliuotę į stiprinančią terpę (1) yra poliarizacinis spinduliuotės daliklis (6), išdėstyta ant žiedinio tipo stiprinimo įrenginio optinės ašies (5) tarp stiprinančios optinės skaidulos pirmojo ir antrojo galų taip, kad vienas iš minėtos optinės skaidulos galų su minėtu poliarizaciniu spinduliuotės dalikliu (6) yra optiškai sujungtas per priemonę (3) arba (3'), galinčią pasukti stiprinamos spinduliuotės poliarizaciją pagal iš anksto užsiduotą sklidimo ir poliarizacijos krypčių derinį, bei yra numatytas veidrodis (7), optiškai susietas su minėtu poliarizaciniu dalikliu (6), skirtas stiprinamos spinduliuotės kryptiai per stiprinančią skaidulą pakeisti, be to, turi atsišakojusią nuo žiedinės stiprinimo įrenginio dalį, optiškai

susietą su poliarizaciniu dalikliu (6), kurioje yra išdėstyta priemonė, skirta įeinančią spinduliuotę įvesti į stiprintuvą bei sustiprintą spinduliuotę atskirti nuo įeinančios spinduliuotės ir ją išvesti.

7. Optinis stiprinimo įrenginys pagal bet kurią iš 2 -5 punktų, besiskiriantis tuo, kad optinio stiprinimo įrenginys yra keturių praėjimų, kuriame tarp stiprinančios optinės terpės (1) galų ant žiedinio tipo stiprintuvo optinės ašies (5) yra nuosekliai išdėstyta pirmas poliarizacinis spinduliuotės daliklis (6), optiškai susietas su pirmu veidrodžiu (7), skirtu stiprinamos spinduliuotės kryptčiai per stiprinančią terpę (1) pakeisti ir priemonė (4), skirta įeinančiai spinduliuotei įvesti į stiprinimo įrenginį, apimanti įeinančios spinduliuotės kelyje jos sklidimo kryptimi nuosekliai išdėstytus antrą poliarizacinį daliklį (8), Faradėjaus rotatorių (9) ir pusės bangos ilgio plokštelę (10), kur antras poliarizacinis daliklis (8) yra optiškai susietas su antru veidrodžiu (11), skirtu stiprinamos spinduliuotės kryptčiai per stiprinančią terpę (1) pakeisti, be to, minėta priemonė (4), skirta įeinančiai spinduliuotei įvesti, taip pat atlieka poliarizacijos sukimo funkciją, o minėtas pirmas poliarizacinis daliklis (6) dar atlieka sustiprintos spinduliuotės atskyrimo nuo įeinančios spinduliuotės ir jos išvedimo funkciją.

8. Optinis stiprinimo įrenginys pagal 4 punktą, besiskiriantis tuo, kad papildomai turi dvi poliarizacijos sukimo 90° kampu priemonės (3, 3'), išdėstytas ant žiedinio tipo stiprinimo įrenginio optinės ašies (5) prie stiprinančios optinės terpės (1) pirmojo ir antrojo galų atitinkamai.

9. Optinis stiprinimo įrenginys pagal 8 punktą, besiskiriantis tuo, kad kiekviena poliarizacijos sukimo priemonė (3) (3'') sudaryta iš pusės bangos ilgio plokštelės (12) ir Faradėjaus rotatoriaus (13).

10. Optinis stiprinimo įrenginys pagal bet kurią iš 2-9 punktų, besiskiriantis tuo, kad priemonė (2), nukreipianti stiprinamą spinduliuotę į stiprinančią terpę yra dvejopai šviesą laužiantis kristalas.

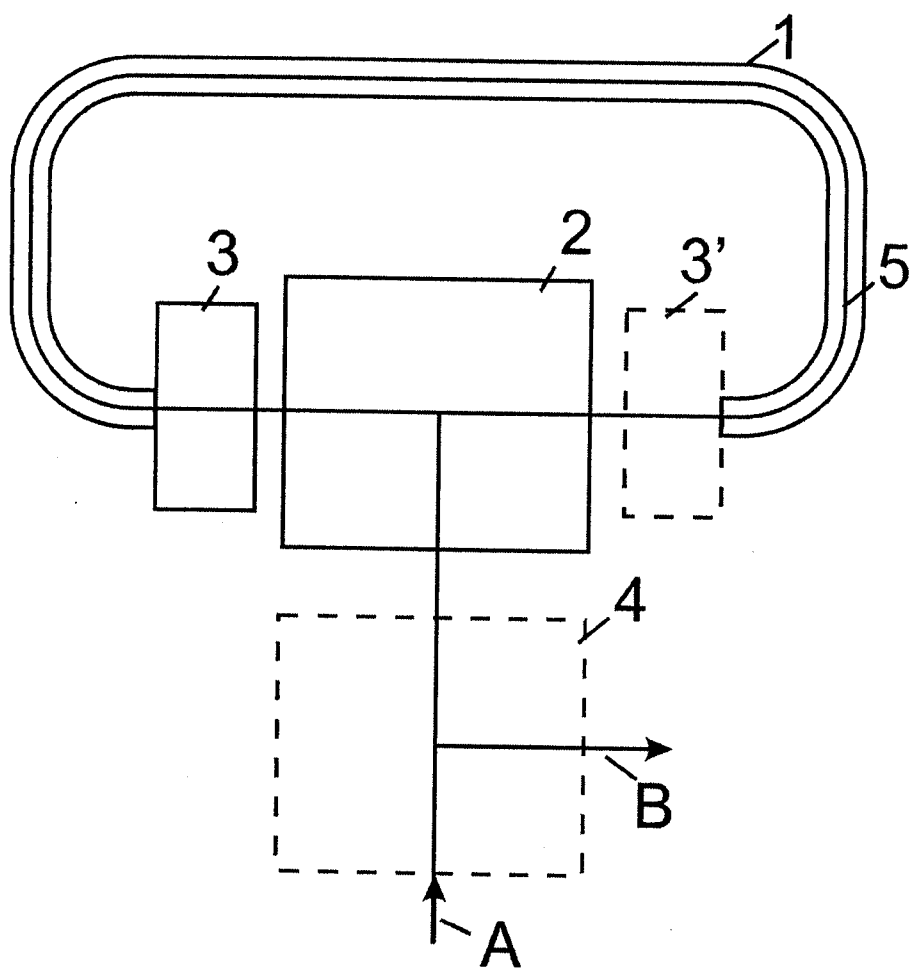


Fig. 1

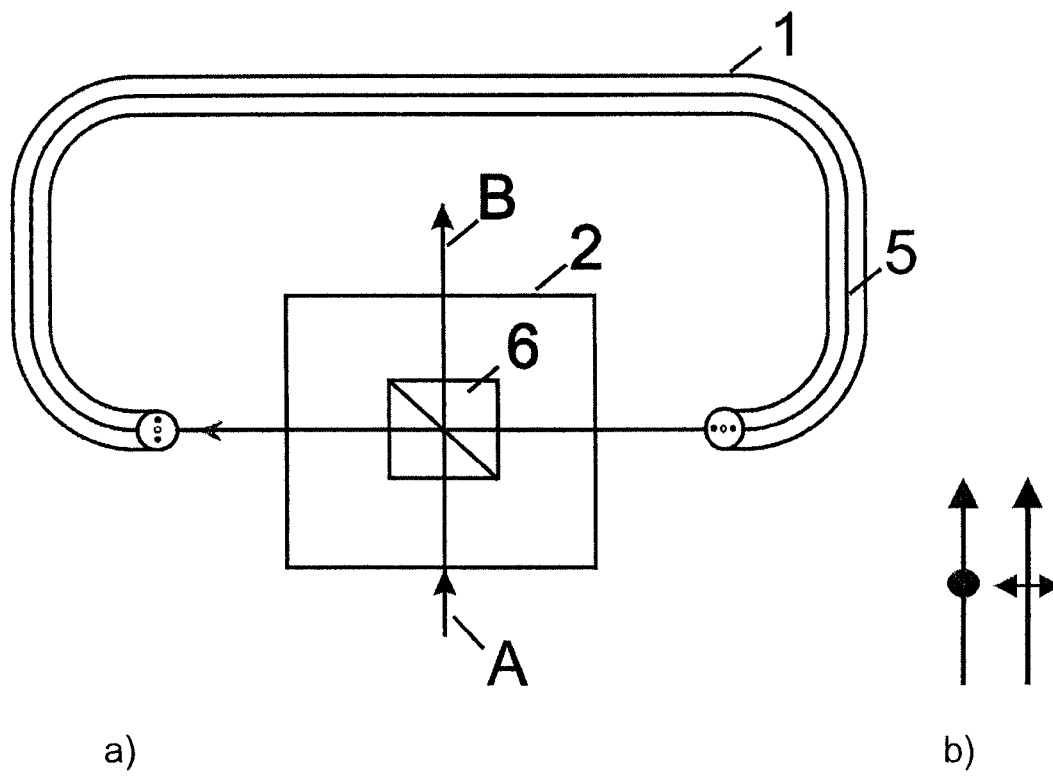


Fig. 2

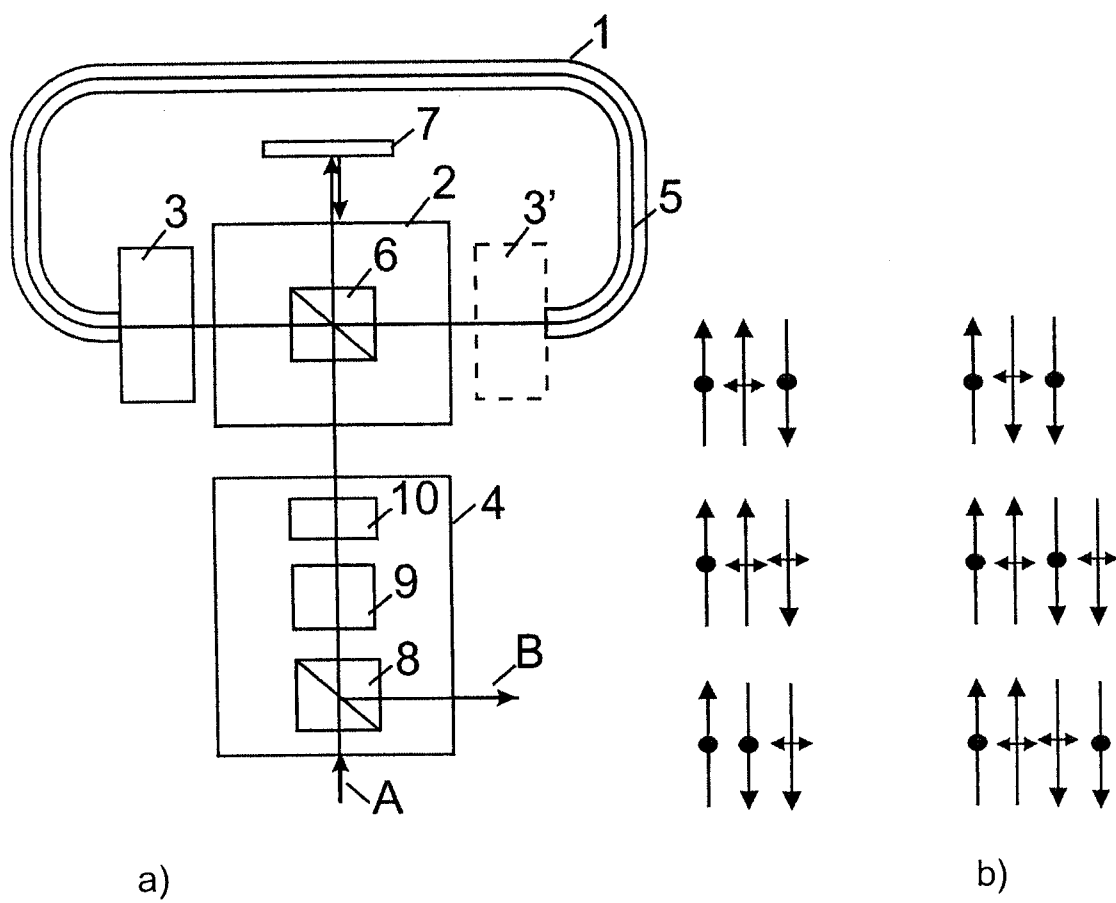


Fig. 3

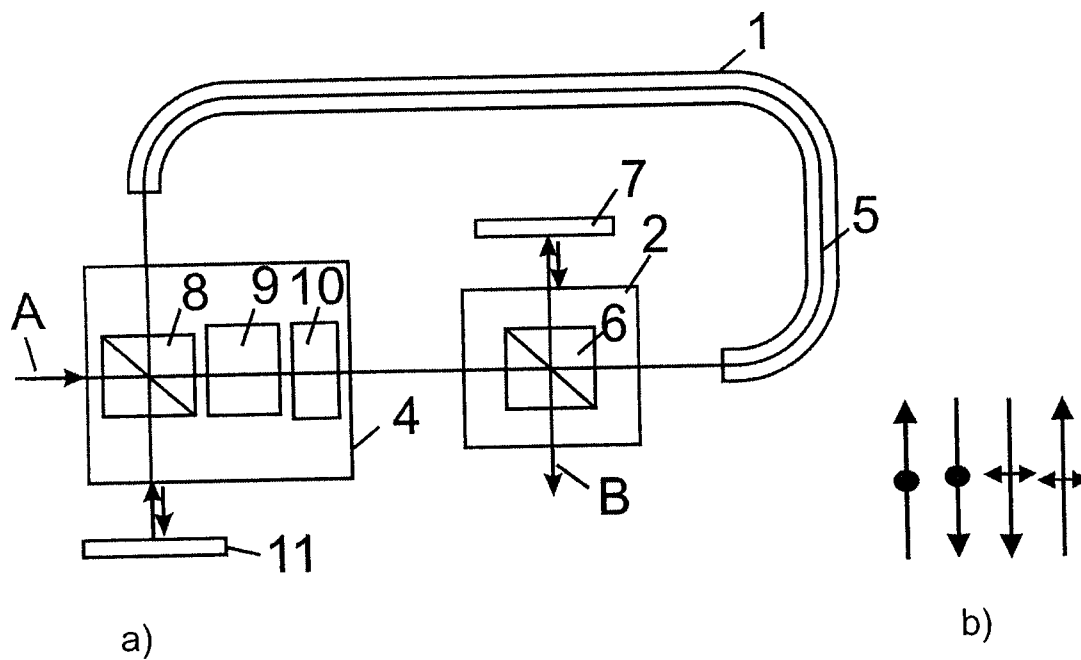


Fig. 4

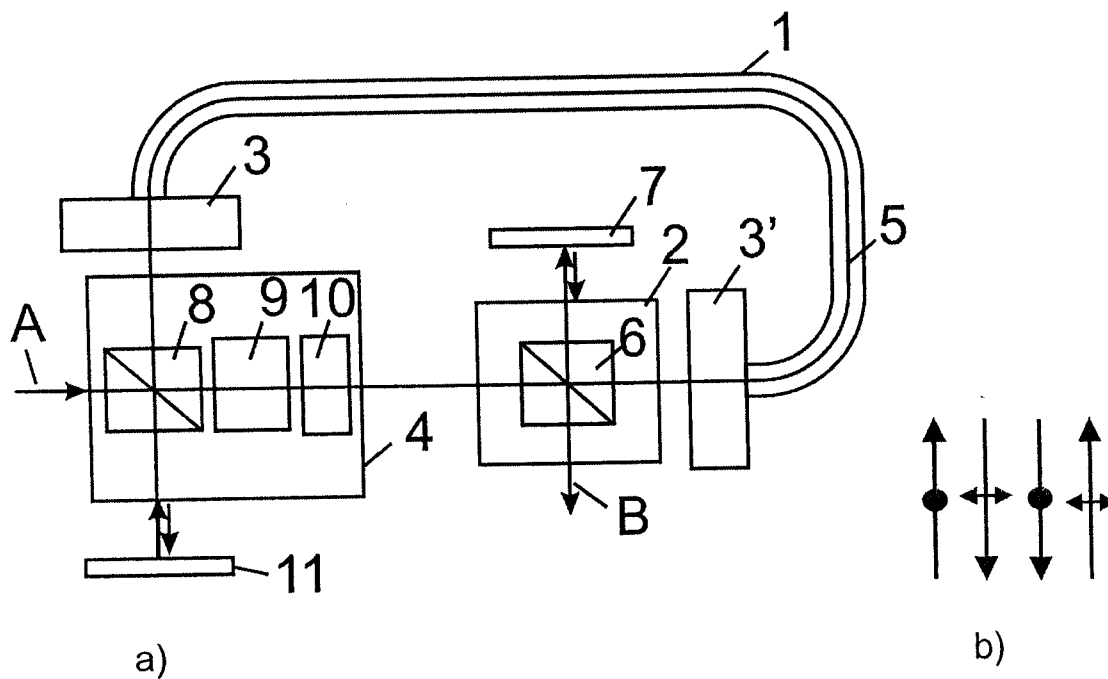
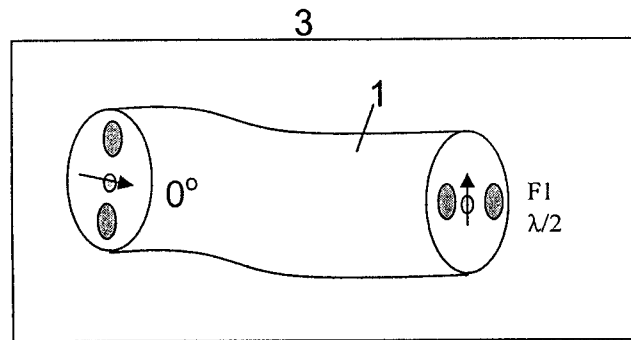
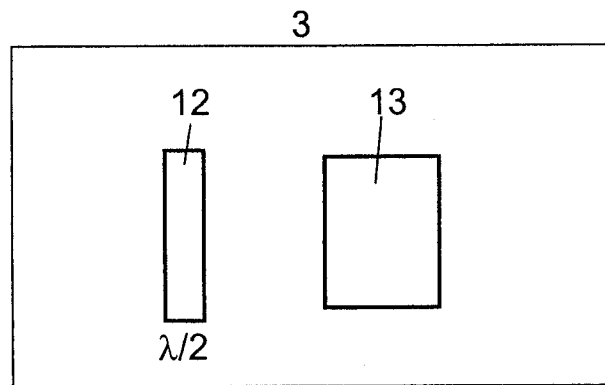


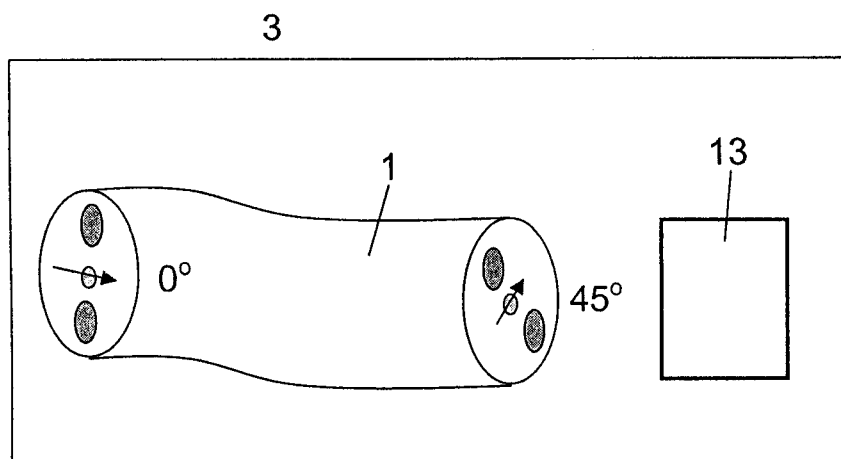
Fig. 5



a)



b)



c)

Fig. 6

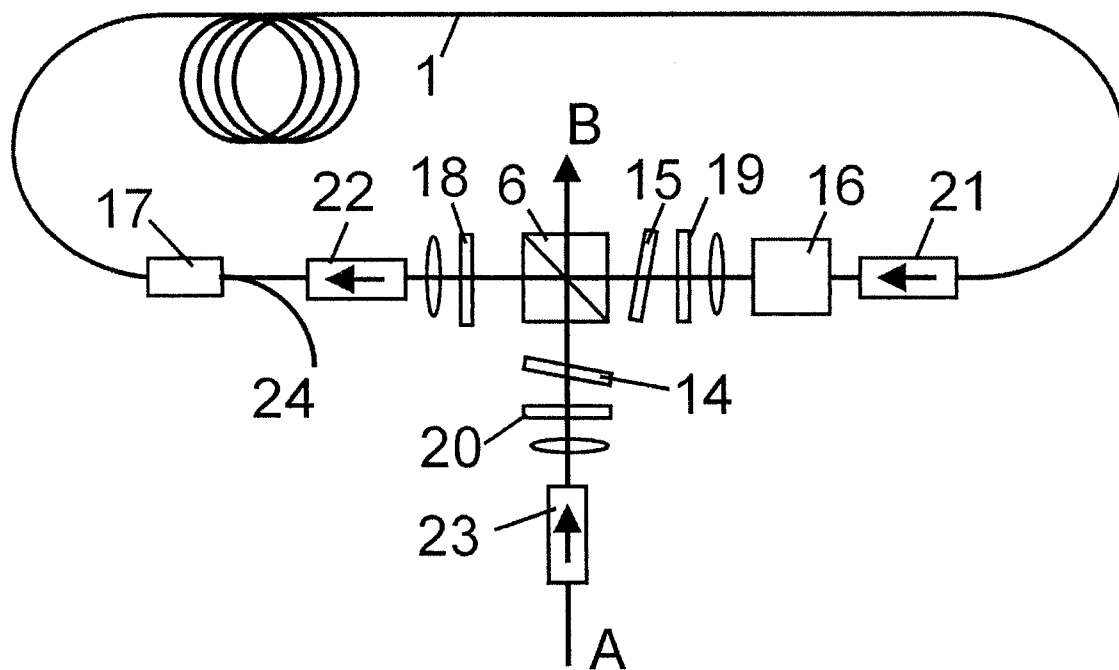


Fig. 7