

(11) Patento numeris: **6563** (51) Int. Cl. (2018.01): **G02F 1/00**  
**G02B 6/00**

(21) Paraiškos numeris: **2017 502**

(22) Paraiškos padavimo data: **2017-03-17**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2018-09-25**

(45) Patento paskelbimo data: **2018-11-12**

(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**

(73) Patento savininkas:

**UAB "Integrali skaidulinė optika", A. Juozapavičiaus g. 9A-110, 09311 Vilnius, LT**

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

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

(54) Pavadinimas:

**Elektromagnetinės spinduliuotės pluošto neapgręžiamojo perdavimo būdas ir įrenginys**

(57) Referatas:

Išradimas priklauso optinių technologijų sričiai apimant terahercų, infraraudonos, ultravioletinės bei ekstremalios ultravioletinės spinduliuotės technologijų sritis ir yra skirtas elektromagnetinės spinduliuotės (EMS) pluoštą perduoti tiesiogine kryptimi ir neleisti perduoti atgaline kryptimi, kai tiesiogine ir atgaline kryptimis sklindantis EMS pluoštas nukreipiamas skirtingais keliais. EMS pluoštą įveda į kampiniu greičiu  $\Omega$  besisukantį žiedinį interferometrą, kuriame pluoštas padalinamas į du vienodo intensyvumo EMS pluoštus, sklindančius priešpriešiais ir dėl Sanjako efekto įnešamas fazių poslinkis  $\pm\pi/2$  radianų, kurio ženklas priklauso nuo priešpriešiais sklindančių EMS pluoštų sklaidimo krypties atžvilgiu žiedinio interferometro sukimosi krypties. Tarp priešpriešiais sklindančių žiediniame interferometre EMS pluoštų įneša papildomą fazių poslinkį  $\pi/2$  radianų, gaunant suminį fazės poslinkį  $\pi$  radianų arba 0. Po to žiediniame interferometre priešpriešiais sklindančius EMS pluoštus apjungia į vieną EMS pluoštą ir jį išveda iš besisukančio žiedinio interferometro kitu keliu nei EMS pluoštas patenka į besisukantį žiedinį interferometrą.

### Technikos sritis

Išradimas priklauso optinių technologijų sričiai apimant terahercų, infraraudonos, ultravioletinės bei ekstremalios ultravioletinės spinduliuotės technologijų sritis ir yra skirtas elektromagnetinės spinduliuotės (EMS) pluošto neapgręžiamajam perdavimo būdui ir įrenginiui ir gali būti panaudotas ten kur reikia EMS pluoštą perduoti tiesiogine kryptimi ir neleisti perduoti atgaline kryptimi, pavyzdžiui, EMS pluošto neapgręžiamojo perdavimo įrenginiai yra naudojami kaip izoliatoriai arba ventiliai, praleidžiantys EMS pluoštą tik viena kryptimi, o priešinga kryptimi sklindantis elektromagnetinės spinduliuotės pluoštas yra blokuojamas ar nukreipiamas į gaudyklę bei nepatenka į izoliatoriaus įėjimą. Įrenginiai su trimis, ar keturiais prievadais yra naudojami kaip cirkulatoriai. Pavyzdžiui trijų prievadų cirkulatorius iš pirmo prievado EMS pluoštą nukreipia į antrą prievadą, o iš antro prievado nukreipia į trečią ir iš trečio prievado nukreipia vėl į pirmą. Cirkulatoriai naudojami įvairiose lazerinėse stiprinimo schemose, impulsų spausdinimo schemose bei kituose taikymuose, kuriuose grįžtančią EMS spinduliuotę reikia nukreipti kitu keliu, nei pirmyn skindančią.

### Techniko lygis

Daugumos įrenginių, skirtų EMS pluošto neapgręžiamojo sklidimo sudarymui, veikimo principas yra pagrįstas Faradėjaus efektu, kai pirmyn ir atgal sklindant EMS pluoštui skaidria medžiaga, spinduliuotės poliarizacijos orientacija keičiama išoriniu magnetiniu lauku. Dėl Faradėjaus efekto elektromagnetinės spinduliuotės poliarizacijos orientacija yra keičiama kryptimi nepriklausomai nuo EMS pluošto sklidimo krypties, pirmyn ir atgal sklindančios EMS poliarizacijos pasisukimo kampai sumuojasi, o ne kompensuojasi kaip įprasta, nes poliarizacijos krypties pokytis yra apibrėžiamas tik magnetinio lauko krypties ir Verdeto konstantos ženklų.

Yra žinomas šviesos neapgręžiamojo perdavimo būdas ir įrenginys, kurio veikimo principas pagrįstas Faradėjaus efektu, įrenginį sudaro optinėje ašyje išdėstyti poliarizatorius, magnetooptinis kristalas, patalpintas magnetų sistemoje ir analizatorius. Magnetooptinis kristalas pagamintas iš monokristalinio terbio-skandžio-aliuminio granato. Dėl šio magnetooptinio kristalo išskirtinių savybių, izoliatorius gali išlaikyti net kilovatinės vidutinės galios spinduliuotę, Žinomas būdas ir įrenginys yra aprašytas Rusijos Federacijos patente RU2601390C1, 2015.

Žinomo būdo ir įrenginio trūkumas yra tas, kad izoliatorius veikia tik ribotame bangos ilgiu ruože, nes magnetooptinis kristalas yra skaidrus tik tam tikriems bangos ilgiams. Be to Verdeto konstanta, kuri apibrėžia poliarizacijos sukimo kampą priklausomai nuo magnetinio lauko, ne visiems bangos ilgiams yra pakankamai didelė, kad būtų galima panaudoti praktiniams taikymams. Taip pat magnetooptiniame kristale yra absorbuojama optinė spinduliuotė, dėl sugertos spinduliuotės kaista kristalas, susidaro terminis lęšis ir yra iškraipomas optinės spinduliuotės pluoštas. Be to magneto optinio kristalo kaina santykinai yra didelė.

Yra žinomas šviesos neapgręžiamojo perdavimo būdas ir įrenginys, kuriame šviesos neapgręžiamasis perdavimas yra sudaromas besisukančiomis pusės bangos plokštelėmis. Įrenginį sudaro dvi pusės bangos ilgio plokštelės, atskirtos atstumu  $L$ , kurios sukasi kampiniu greičiu  $\omega$  ir be to antrosios pusės bangos plokštelės greitoji ašis atžvilgiu pirmos plokštelės yra pasukta kampu  $\pi/8$  radianų. Kol tiesiškai poliarizuota šviesa sklinda nuo pirmos plokštelės iki antros plokštelės, antroji plokštelė spėja pasisukti kampu  $\pi/8$  radianų. Kadangi antrosios plokštelės greitoji ašis iš anksto buvo pasukta kampu  $\pi/8$  radianų atžvilgiu pirmos plokštelės, tai suminis plokštelės pasisukimo kampas yra  $\pi/4$  radianų. Be to pusės bangos plokštelė šviesos poliarizaciją efektyviai pasuka dvigubai didesniu kampu, tai praėjusios antrąją pusės bangos plokštelę šviesos poliarizacija bus pasukta kampu  $\pi/2$  radianų, t.y. įrenginio išėjime šviesos poliarizacija bus orientuota statmenai atžvilgiu šviesos poliarizacijos įrenginio įėjime. Priešinga kryptimi sklindančios šviesos poliarizacija nėra pasukama, nes kol šviesa nusklinda nuo antrosios pusės bangos plokštelės iki pirmos, pirmosios pusės bangos plokštelės greitoji ašis spėja atsisukti tuo pačiu kampu koks buvo antrosios pusės bangos plokštelės greitosios ašies pasisukimo kampas. Tarkime, kad pusės bangos plokštelės yra atskirtos atstumu  $L = 1$  m, tada, kad pusės bangos plokštelės spėtų pasisukti reikiamu,  $\pi/8$  radianų kampu, jos turi suktis greičiu  $\omega = \pi/8 * c/L = 75 * \pi/2 * 10^6$  radianų per sekundę arba 18.75 milijonų apsisukimų per sekundę. Čia  $c = 3*10^8$  m/s yra šviesos greitis. Matome, kad tai praktiškai nėra įmanoma realizuoti. Kitas šio įrenginio patobulinimas yra vietoje besisukančių bangos plokštelių panaudoti elektrooptinius kristalus, kurie gali būti valdomi elektriškai. Žinomas būdas ir įrenginys yra aprašytas JAV patente US3484151A, 1969.

Žinomo būdo ir įrenginio trūkumas yra tas, kad įrenginio su mechanškai

sukamomis plokštelėmis praktiškai neįmanoma realizuoti, o elektriškai valdomas įrenginys su elektrooptiniais kristalais tampa sudėtingas ir nepraktiškas. Be to, nors elektrooptinius kristalus galima labai sparčiai valdyti, tačiau jie nėra tinkami aukštam perjunginėjimo pasikartojimo dažniui, nes jie greitai perkaista. Be to elektrooptiniai kristalai naudojami įrenginyje yra brangūs.

Yra žinomas šviesos neapgėžiamojo perdavimo būdas ir įrenginys, kuriame šviesos neapgėžiamasis perdavimas yra sukuriamas Mach-Zehnder interferometre, vienoje ir kitoje jo šakose optiniais modulatoriais, žadinant priešingomis kryptimis sklindančias bangas, kurios sukuria  $\pi$  radianų fazių skirtumą. Dėl to, tiesiogine kryptimi interferometro šakomis skindantys optiniai pluoštai interferuoja konstruktyviai, o priešinga kryptimi sklindantys pluoštai interferuoja destruktvyiai. Mach-Zehnder interferometras yra suformuotas puslaidininkinėje medžiagoje, dėl to jis puikiai tinkamas panaudojant integrinėse schemose. Žinomas būdas ir įrenginys yra aprašytas JAV patente US7228023B 1, 2007, bei tarptautiniame patente W02008/048314A2, 2008.

Žinomo būdo ir įrenginio trūkumas yra tas, kad jis tinkamas tik integrinėse schemose ir tik esant mažoms spinduliuotės vidutinėms galioms. Didelei spinduliuotės vidutinei galiai šio izoliatoriaus realizacija yra sudėtinga. Be to šiam įrenginiui būtinas generatorius, kuris valdo optinius modulatorius.

Kitas šio būdo ir įrenginio trūkumas yra tas, kad jo pagrindą sudaro Mach-Zehnder interferometras, dėl to būtina užtikrinti vienodus ir laike nekintančius interferometro šakų ilgius daug didesniu tikslumu nei spinduliuotės bangos ilgis.

Yra žinomas šviesos neapgėžiamojo perdavimo būdas ir įrenginys, kurio pagrindą sudaro Mach-Zehnder interferometras, kuriame tarp įėjimo ir išėjimo pluošto daliklių-šakotuvų yra įmontuotas neapgėžiamasis fazės poslinkio elementas. Optinis signalas įėjimo šakotuve po lygiai padalinamas į dvi interferometro šakas ir kiekvienoje šakoje optinis signalas įgyja skirtingus fazės poslinkius, kuris priklauso nuo optinio signalo sklidimo krypties. Išėjimo šakotuve signalai sklindantys skirtingose interferometro šakose apjungiami į vieną signalą, kuris nukreipiamas į išėjimo prievadą, priklausomai nuo įgytų fazės poslinkių skirtumo. Neapgėžiamasis fazės poslinkio elementas tiesiogine kryptimi įneša 0 laipsnių fazės skirtumą, o atgaline kryptimi įneša 180 laipsnių fazės skirtumą. Neapgėžiamojo fazės poslinkio elemento pagrindas yra magnetooptinė medžiaga, taip pat neapgėžiamasis fazės

poslinkio elementas gali būti sudarytas iš Faradėjaus rotatoriaus ir pusės bangos plokštelės. Žinomas būdas ir įrenginys yra aprašytas Europos bendrijos patente EPI227359A2, 2002.

Žinomo būdo ir įrenginio trūkumas yra tas, kad magnetooptinė medžiaga naudojama įrenginyje yra skaidri tik ribotame bangos ilgių diapazone ir dėl to skirtingo bangos ilgio elektromagnetinei spinduliuotei yra naudojamos skirtingos cheminės sudėties ir kristalinės struktūros magnetooptinės medžiagos. Be to Verdeto konstanta, kuri apibrėžia poliarizacijos sukimo kampą priklausomai nuo magnetinio lauko, ne visiems bangos ilgiams yra pakankamai didelė. Taip pat magnetooptinėje medžiagoje yra absorbuojama spinduliuotė, dėl sugertos spinduliuotės kaista magnetooptinė medžiaga, susidaro terminis lęšis ir yra iškraipomas spinduliuotės pluoštas. Be to magnetooptinės medžiagos kaina santykinai yra didelė.

Kitas šio būdo ir įrenginio trūkumas yra tas, kad jo pagrindą sudaro Mach-Zehnder interferometras, dėl to būtina užtikrinti vienodus ir laike nekintančius interferometro šakų ilgius daug didesniu tikslumu nei spinduliuotės bangos ilgis, o tai yra sudėtinga realizuoti ne integriniuose Mach-Zehnder interferometruose ir šiuo būdu sudėtinga sukurti didelės galios neapgręžiamojo sklido sudarymo įrenginius.

#### Sprendžiam techninė problema

Išradimu siekiama supaprastinti įrenginio konstrukciją, sumažinti įrenginio savikainą, padidinti įrenginio patikimumą ir atsparumą išoriniams aplinkos trikdžiams, supaprastinti būdo ir įrenginio pritaikomumą pageidaujamo bangos ilgio elektromagnetinei spinduliuotei bei padidinti leistiną elektromagnetinės spinduliuotės vidutinę galią ir impulso energiją.

#### Išradimo esmės atskleidimas

Uždavinio sprendimo esmė pagal pasiūlytą išradimą yra ta, kad EMS pluošto neapgręžiamojo perdavimo būde, skirtame EMS pluoštą perduoti tiesiogine kryptimi ir neleisti perduoti atgaline kryptimi, kai tiesiogine ir atgaline kryptimis sklindantis EMS pluoštas nukreipiamas skirtingais keliais, EMS pluoštą bet kuriuo pasirinktu keliu iš įvedimo/išvedimo kelių įveda į kampiniu greičiu  $\Omega$  besisukantį žiedinį interferometrą, besisukančiame žiediniame interferometre įvestą EMS pluoštą padalina į du vienodo intensyvumo EMS pluoštus, sklindančius jame priešpriešais keliais ir dėl Sanjako efekto tarp minėtų padalintų priešpriešais sklindančių EMS pluoštų įneša fazių

poslinkį  $\pm\pi/2$  radianų, kurio ženklas priklauso nuo minėtų priešpriešais keliais ir sklindančių EMS pluoštų sklidimo krypties atžvilgiu žiedinio interferometro sukimosi krypties, tarp priešpriešais sklindančių besisukančiame žiediniame interferometre minėtų EMS pluoštų įneša papildomą fazių poslinkį  $\pi/2$  radianų, kurio ženklas nepriklauso nuo minėtų EMS pluoštų sklidimo krypties, gaunant tarp priešpriešais sklindančių EMS pluoštų suminį fazės poslinkį  $\pi$  radianų arba 0, priklausomai nuo priešpriešais sklindančių EMS pluoštų sklidimo krypties atžvilgiu žiedinio interferometro sukimosi krypties, po to besisukančiame žiediniame interferometre priešpriešais sklindančius EMS pluoštus apjungia į vieną EMS pluoštą ir jį išveda iš besisukančio žiedinio interferometro kitu keliu iš įvedimo/išvedimo kelių, nei EMS pluoštas patenka į besisukančią žiedinį interferometrą, bei nemažiau kaip du EMS pluoštų įvedimo/išvedimo kelius, pasirinktus iš EMS pluoštų įvedimo/išvedimo kelių, sutapatina su besisukančio žiedinio interferometro sukimosi ašimi ir nukreipia į atitinkamus įėjimo/išėjimo prievadus.

EMS pluoštas į besisukančią žiedinį interferometrą gali būti įvestas ir iš jo išvestas keturiais skirtingais keliais tarpusavyje susietais besisukančiame žiediniame interferometre taip, kad įvedus minėtą EMS pluoštą į besisukančią žiedinį interferometrą pirmuoju keliu pluoštas iš besisukančio žiedinio interferometro bus išvestas antruoju keliu, minėtą EMS pluoštą įvedus į besisukančią žiedinį interferometrą antruoju keliu iš jo EMS pluoštas bus išvestas trečiuoju keliu, minėtą EMS pluoštą įvedus trečiuoju keliu, iš interferometro EMS pluoštas bus išvestas ketvirtuoju keliu bei minėtą EMS pluoštą įvedus į minėtą besisukančią žiedinį interferometrą ketvirtuoju keliu iš jo bus išvestas pirmuoju keliu.

Sklindantys priešpriešais EMS pluoštai besisukančiame žiediniame interferometre gali būti nepoliarizuoti arba vienodai poliarizuoti ir sklinda geometriškai nepersiklojančiais, tačiau artimais keliais, taip kad į besisukančią žiedinį interferometrą įeinantis ir iš jo išeinantis EMS pluoštai atsiskirtų ir nepersiklotų erdvėje.

EMS pluoštai, sklindantys priešpriešais besisukančiame žiediniame interferometre gali būti statmenai poliarizuoti vienas kito atžvilgiu ir gali sklisti geometriškai tiek persiklojančiais tiek nepersiklojančiais keliais.

Pranašumą turinčiame šio išradimo konstrukciniame išpildyme elektromagnetinės spinduliuotės (EMS) pluošto neapgręžiamojo perdavimo įrenginyje, skirtas EMS pluoštą perduoti tiesiogine kryptimi ir neleisti perduoti atgaline

kryptimi, turintis bent du įvedimo/išvedimo prievadus EMS pluoštui į įrenginį įvesti bei iš įrenginio išvesti, įrenginys apima sukamą žiedinį interferometrą, turinti pluošto daliklį skirtą į sukamą interferometrą įvedamam EMS pluoštui padalinti, o padalintus minėtus pluoštus prieš išvedant iš sukamo interferometro apjungti į vieną EMS pluoštą, kur į sukamą žiedinį interferometrą įvestą EMS pluoštą pluošto daliklis padalija į du vienodo intensyvumo EMS pluoštus, kurie sklinda minėtame sukamame žiediniame interferometre priešpriešais keliais ir dėl Sanjako efekto įgauna fazių poslinkį  $\pm\pi/2$  radianų, kurio ženklas priklauso nuo minėtų priešpriešais sklindančių EMS pluoštų sklidimo krypties atžvilgiu žiedinio interferometro sukimosi krypties, ir fazinį elementą, skirtą papildomam fazių poslinkiui  $\pi/2$  radianų įvesti tarp minėtų padalintų priešpriešais sklindančių sukamame žiediniame interferometre EMS pluoštų, kurio ženklas nepriklauso nuo minėtų priešpriešais sklindančių EMS pluoštų sklidimo krypties atžvilgiu sukamo žiedinio interferometro sukimosi krypties, gaunant suminį fazės poslinkį  $\pi$  radianų arba 0 tarp priešpriešais sklindančių keliais EMS pluoštų, kurie toliau nukreipiami į pluošto daliklį ir apjungiami į vieną EMS pluoštą, kuris išvedamas iš sukamo žiedinio interferometro kitu keliu, nei EMS pluoštas patenka į sukamą žiedinį interferometrą, EMS pluošto perdavimo grandinę, jungiančią bent du kelius, pasirinktus iš EMS pluoštų įvedimo/išvedimo kelių, skirtą sutapatinti pasirinktus kelius su sukamo žiedinio interferometro sukimosi ašimi ir nukreipti į atitinkamus įėjimo/išėjimo prievadus.

Viename iš įrenginio konstrukcinių išpildymų sukamas žiedinis interferometras gali būti sudarytas iš EMS pluošto daliklio, fazinio elemento ir bent dviejų veidrodžių, išdėstytų interferometre EMS pluoštų priešpriešinio sklidimo keliuose, o EMS pluošto perdavimo grandinę, jungiančią sukamą žiedinį interferometrą su įrenginio atitinkamais įvedimo/išvedimo prievadais sudaro veidrodis, patalpintas bendraašiai su sukamo žiedinio interferometro sukimosi ašimi (8) bei gali būti numatyta keletas papildomų veidrodžių, skirtų bent du EMS pluoštų įvedimo/išvedimo kelius sutapatinti su žiedinio interferometro sukimosi ašimi, kur veidrodis bei minėti papildomi veidrodžiai yra sumontuoti sukamai kartu su sukamu žiediniu interferometru.

Pluošto daliklis gali būti nepoliarizuojantis pluošto daliklis, kuris EMS pluoštus padalija ir apjungia, skirtingose nepoliarizuojančio pluošto daliklio vietose taip, kad EMS pluoštai priešpriešais sklisdami keliais tarpusavyje atsiskirtų erdvėje ir fazinis

elementas gali būti EMS pluoštui skaidri, nuo poliarizacijos nepriklausoma, fazinė plokštelė su aukščio laipteliu, įnešančiu  $\pi/2$  radianų fazės poslinkį tarp padalintų priešpriešiais sklindančių keliais sukamame žiediniame interferometre EMS pluoštų.

Pluošto daliklis gali būti poliarizuojantis pluošto daliklis, kuris EMS pluoštus padalina į du statmenai poliarizuotus EMS pluoštus priešpriešiais sklindančius keliais ir fazinis elementas (11) yra nuo poliarizacijos priklausoma,  $\pi/2$  radianų fazės poslinkį įnešanti tarp padalintų priešpriešiais sklindančių keliais sukamame žiediniame interferometre EMS pluoštų, dvejojo lūžio rodiklio bangos plokštelė.

Kitame iš įrenginio konstrukcinių išpildymų sukamas žiedinis interferometras gali būti sudarytas iš pluošto daliklio ir dviejų poliarizaciją išlaikančių skaidulų, tarpusavyje kryžmai suvirintų viename taške, sukryžjavus lėtąją ir greitąją skaidulų ašis, fazinis elementas, skirtas papildomam fazės poslinkiui įvesti, suformuotas parenkant minėtų skaidulų ilgius, kurie skiriasi per  $\frac{1}{4}$  poliarizacijos mušimo ilgį tarp lėtosios ir greitosios skaidulos poliarizacijų, kur EMS pluošto perdavimo grandinė, jungianti sukamą žiedinį interferometrą su įrenginio įvedimo/išvedimo atitinkamais prievadais, apima bent vieną kolimatorių, išdėstytą bendraašiai su sukamo interferometro sukimosi ašimi, o kolimatoriai su skaiduliniu žiediniu interferometru yra sujungti su poliarizaciją išlaikančiomis skaidulomis.

Įrenginyje gali būti numatytos papildomos EMS poliarizacijos sukimo priemonės, skirtos sinchroniškai sukti poliarizaciją kartu su sukamu žiediniu interferometru, išlaikant EMS pluoštų poliarizacijos orientaciją nepriklausomai nuo sukamo žiedinio interferometro pasisukimo kampo bei įrenginyje yra numatyti papildomi poliarizaciniai pluošto dalikliai, skirti statmenai poliarizuotų EMS pluoštų, sklindančių geometriškai persiklojančiais keliais, erdviniam atskyrimui ir nukreipimui į atskirus įrenginio įvedimo/išvedimo prievadus.

EMS poliarizacijos sukimo priemonė gali būti besisukanti pusės bangos plokštelė, skystųjų kristalų poliarizacijos rotatorius, atspindintis poliarizacijos rotatorius, prizminis poliarizacijos rotatorius, ar bet kokia kita priemonė galinti sukti poliarizaciją sinchroniškai su sukamu žiediniu interferometru.

Sukamame žiediniame interferometre bendraašiai su jo ašimi yra padaryta kiaurymė, kuria sklinda EMS pluoštas tarp įrenginio prievadų ir sukamo žiedinio interferometro.



Prie bet kurio įrenginio įvedimo/išvedimo prievado gali būti prijungtos skaidulinės atšakos.

#### Išradimo naudingumas

Pasiūlyto išradimo privalumas yra tas, kad įrenginį sudarantis sukamas žiedinis interferometras, lyginant su kito tipo interferomerais, pvz. Mach-Zehnder, nėra jautrus jį sudarančių veidrodžių, pluošto daliklio ir kitų elementų poslinkiams, nes priešingomis kryptimis sklindantys EMS pluoštai sklinda labai artimais keliais ir nukeliauja vienodus atstumus. Dėl šios priežasties lengva užtikrinti reikiamą fazių skirtumą tarp priešpriešai sklindančių EMS pluoštų, esant dideliems žiedinio interferometro matmenims, pavyzdžiui vieno metro diametro, taip pat sukamas žiedinis interferometras nėra jautrus aplinkos trikdžiams, vibracijai, temperatūros pokyčiams. Žiedinis interferometras lengvai suderinamas.

Kitas privalumas, kad įrenginį sudarančio žiedinio interferometro fiziniai matmenys ir sukimosi greitis puikiai tinkami praktiniams taikymams. Dėl Sanjako efekto įnešamas fazės skirtumas tarp priešpriešai sklindančių EMS pluoštų yra:  $\Delta\varphi \approx 8\pi S\Omega/\lambda c$ , čia  $S$  yra žiedinio interferometro apribotas plotas,  $\lambda$  yra bangos ilgis,  $\Omega$  yra žiedinio interferometro sukimosi greitis,  $c$  yra šviesos greitis. Jei žiediniu interferometru elektromagnetinės spinduliuotės pluoštas apsklinda iš eilės keletą kartų, tai žiedinio interferometro apribotas plotas efektyviai bus tiek pat kartų didesnis. Kad sudaryti neapgrėžiamąjį EMS pluošto sklaidimą, dėl Sanjako efekto įnešamas fazių skirtumas turi būti lygus  $\pi/2$ . Tarkime, kad žiedinis interferometras yra apskritimo formos, kurio spindulys yra 10 centimetrų ir bangos ilgis yra 1064 nanometrų. Tuomet interferometro sukimosi greitis turi būti lygus 635 radianų per sekundę arba 101 apsisukimų per sekundę. O tai yra nesunkiai realizuojama praktiškai.

Kitas privalumas, kad įrenginys nesunkiai pagaminamas bet kokiam bangos ilgiui, pradedant nuo terahercų ir baigiant ekstremaliaja ultravioletine spinduliuote, nes pagrindiniai įrenginį sudarantys elementai yra veidrodžiai ir pluošto daliklis, kuris gali būti poliarizuojantis arba nepoliarizuojantis.

Be to, įrenginys gali būti pagamintas tinkamas poliarizuotai ir nepoliarizuotai elektromagnetinei spinduliuotei. Įrenginys skirtas nepoliarizuotai optinei spinduliuotei gali būti pritaikytas kaupinimo diodinių lazerių apsaugai nuo lazerio spinduliuotės,

kuomet lazerio generuojama spinduliuotė spektriškai persikloja su diodinio lazerio spinduliuote.

Kitas privalumas, kad žiedinio interferometro sukimui gali būti panaudotas elektros variklis, suspausto oro turbina, ar bet koks kitas variklis.

Kitas privalumas, kad įrenginys gali būti pritaikytas labai didelei elektromagnetinės spinduliuotės vidutinei galiai, nes jame naudojami tik veidrodžiai, pluošto daliklis bei fazinis elementas ir nėra magneto optinių kristalų ar kitokių medžiagų kurios sugertu elektromagnetinę spinduliuotę, Didžiausia leidžiama galia apsprendžia pluošto daliklio, veidrodžių ir fazinio elemento atsparumas spinduliutei.

Be to galima lengvai pagaminti didelės apertūros neapgrėžiamajam elektromagnetinės spinduliuotės sklidimui sudaryti skirtus įrenginius, nes įrenginio apertūra priklauso nuo jį sudarančių veidrodžių ir pluošto daliklio apertūrų. Pagrindė apertūrą apriboja įrenginį sudarančio žiedinio interferometro sukimosi ašis, kurioje yra padaryta kiaurymė elektromagnetinės spinduliuotės pluoštų įvedimui ir išvedimui iš žiedinio interferometro. Lengvai gali būti pagamintos ašys su keleto centimetrų diametro kiaurymės. Be to dviejų šakų įrenginys, pvz. izoliatorius, gali būti realizuotas ir be kiaurymės sukimosi ašyje, nukreipiant statmenai poliarizuotus pluoštus viena kryptimi, o iš kitos pusės primontavus variklį, kuris suka žiedinį interferometrą,

Be to įrenginio savikaina lyginant su analogiškais, tokių pačių parametų, įrenginiais yra mažesnė, nes nėra naudojami magnetooptiniai kristalai.

Kitas privalumas, kad įrenginys yra itin paprastos konstrukcijos ir nereikalauja didelės priežiūros. Įrenginys gali būti pagamintas iš standartinių, komerciškai prieinamų optinių komponentų, t.y. veidrodžių ir pluoštų daliklių.

Kitas privalumas, kad įrenginyje nėra naudojami magnetai, dėl to dirbant su įrenginiu, pagal pasiūlytą išradimą, nereikia imtis specialių saugumo priemonių.

Išradimas detaliau paaiškinamas brėžiniais, kurie neapriboja išradimo apimties ir kuriuose pavaizduota:

Fig.1a - pasiūlyto EMS pluošto neapgrėžiamojo perdavimo su dviem prievadais įrenginio ir su nuo poliarizacijos nepriklausomu sukamu žiediniu interferometru schema, vaizdas iš viršaus;

Fig.1b - pasiūlyto EMS pluošto neapgrėžiamojo perdavimo su dviem

prievadais įrenginio su nuo poliarizacijos nepriklausomu sukamu žiediniu interferometru schema, vaizdas iš šono;

Fig.2a - pasiūlyto EMS pluošto neapgręžiamojo perdavimo su keturiais prievadais ir poliarizaciją išlaikančio įrenginio su nuo poliarizacijos nepriklausomu sukamu žiediniu interferometru schema, vaizdas iš viršaus;

Fig.2b - pasiūlyto EMS pluošto neapgręžiamojo perdavimo su keturiais prievadais poliarizaciją išlaikančio įrenginio su nuo poliarizacijos nepriklausomu sukamu žiediniu interferometru schema, vaizdas iš šono;

Fig.3a - pasiūlyto elektromagnetinės spindulių pluošto neapgręžiamojo perdavimo su keturiais prievadais įrenginio su nuo poliarizacijos priklausomu sukamu žiediniu interferometru schema, vaizdas iš viršaus;

Fig.3b - pasiūlyto elektromagnetinės spindulių pluošto neapgręžiamojo perdavimo su keturiais prievadais įrenginio su nuo poliarizacijos priklausomu sukamu žiediniu interferometru schema, vaizdas iš šono;

Fig.4a - pavaizduota nuo poliarizacijos nepriklausomo sukamo žiedinio interferometro schema, į kurį EMS pluoštas įeina keliu 1, o išeina keliu 2;

Fig.4b - pavaizduota nuo poliarizacijos nepriklausomo sukamo žiedinio interferometro schema, į kurį EMS pluoštas įeina keliu 2, o išeina keliu 3;

Fig.5a - pavaizduota nuo poliarizacijos priklausomo sukamo žiedinio interferometro schema, į kurį EMS pluoštas įeina keliu 1, o išeina keliu 2;

Fig.5b - pavaizduota nuo poliarizacijos priklausomo sukamo žiedinio interferometro schema, į kurį EMS pluoštas įeina keliu 2, o išeina keliu 3;

Fig.6. - pasiūlyto EMS pluošto neapgręžiamojo perdavimo su keturiais prievadais įrenginio su skaiduliniu žiediniu interferometru schema;

Fig. 7. - pavaizduota skaidulinio sukamo žiedinio interferometro schema;

Fig.8. - pavaizduota poliarizacinio pluošto daliklio schema su skaidulomis.

Išradimo realizavimo pavyzdžiai

EMS pluošto sklaidymo/perdavimo/įvedimo/išvedimo kelias apibrėžia EMS pluošto sklaidymo kryptį, padėtį erdvėje ir poliarizacijos orientaciją. Nors geometriškai EMS pluoštai gali persikloti, tačiau statmenai poliarizuotų pluoštų

sklidimo/perdavimo/įvedimo/išvedimo keliai yra skirtingi, nes statmenai poliarizuotų elektromagnetinės spinduliuotės pluoštų gali skirtis lūžio rodikliai dėl medžiagos anizotropijos ir be to statmenai poliarizuoti pluoštai gali būti atskirti poliarizatoriumi ir nukreipti skirtingais geometriniais keliais.

Siūlomas EMS pluošto neapgręžiamojo perdavimo būdas apima šią operacijų seką: EMS pluoštas bet kuriuo pasirinktu keliu iš įvedimo/išvedimo kelių (1, 2, 3, 4) nukreipimas į besisukantį žiedinį interferometrą, kuriame įvestas EMS pluoštas dalikliu 5 padalinamas į du vienodo intensyvumo EMS pluoštus, sklindančius priešpriešai keliais 6 ir 7 besisukančiame žiediniame interferometre. Dėl Sanjako efekto besisukančiame žiediniame interferometre tarp minėtų priešpriešais sklindančių pluoštų įnešamas fazių poslinkis  $\pm\pi/2$  radianų, kurio ženklas priklauso nuo priešpriešais sklindančių pluoštų sklidimo krypties atžvilgiu žiedinio interferometro sukimosi krypties. Be to, sukamame žiediniame interferometre esantis fazinis elementas tarp priešpriešais sklindančių EMS pluoštų keliais 6 ir 7 įneša papildomą fazių poslinkį, lygų  $\pi/2$  radianų, kurio ženklas nepriklauso nuo EMS pluoštų sklidimo krypties, dėl to suminis įnešamas fazės poslinkis gali būti  $\pi$  radianų arba 0, priklausomai nuo priešpriešais sklindančių pluoštų sklidimo krypties atžvilgiu žiedinio interferometro sukimosi krypties ir dėl šios priežasties iš besisukančio žiedinio interferometro išeinantis EMS pluoštas yra nukreipiamas kitu keliu, nei patenkantis EMS pluoštas. Kadangi į žiedinį interferometrą patekti ir iš jo išeiti EMS pluoštas gali keturiais tarpusavyje susietais bet skirtingais keliais 1-4, tai pirmu keliu 1 patekęs EMS pluoštas į žiedinį interferometrą yra nukreipiamas antru keliu 2, antru keliu 2 patekęs EMS pluoštas į žiedinį interferometrą nukreipiamas trečiu keliu 3, trečiu keliu 3 patekęs EMS pluoštas į žiedinį interferometrą nukreipiamas ketvirtu keliu 4 ir ketvirtu keliu 4 patekęs į žiedinį interferometrą EMS pluoštas nukreipiamas pirmu keliu 1. Be to, būdas apima į žiedinį interferometrą patenkančių bei iš jo išeinančių, nemažiau kaip dviejų, EMS pluoštų kelių sutapatinimą su žiedinio interferometro sukimosi ašimi ir EMS pluoštų nukreipimą į įėjimo/išėjimo prievadus.

Siūlomas elektromagnetinės spinduliuotės pluošto neapgręžiamojo perdavimo įrenginys, kuriame neapgręžiamasis EMS pluošto sklidimas realizuojamas, kampiniu greičiu  $\Omega$ , besisukančiame žiediniame interferometre 12, pavaizduotas Fig.1a ir Fig.1b. Nuo poliarizacijos nepriklausomo sukamo žiedinio interferometro 12 schema atskirai pavaizduota Fig. 4. EMS pluoštas keliu 1 patekęs į

sukamą žiedinį interferometrą 12 yra išvedamas iš interferometro 12 keliu 2 nes Sanjako efekto sąlygoto ir fazinio elemento 11 (žiūr. Fig. 4.) įneštų fazės poslinkių suma yra  $\pi$  radianų, tuo tarpu elektromagnetinės spinduliuotės pluoštas keliu 2 patekęs į sukamą žiedinį interferometrą 12 yra išvedamas iš interferometro keliu 3, nes įnešti fazės poslinkiai vienas kitą kompensuoja ir suma yra lygi nuliui. Kelyje 3, EMS pluošto surinkimui, yra pastatyta gaudyklė 20. Įrenginyje yra numatyta grandinė jungianti besisukantį žiedinį interferometrą 12 su dviem įrenginio prievadais 21 ir 22, sutapatinant elektromagnetinės spinduliuotės pluoštų įvedimo/išvedimo kelius 1 ir 2 su žiedinio interferometro 12 sukimosi ašimi 8. Minėtą optinę grandinę sudaro veidrodis 15 išdėstytas bendraašiai su interferometro 12 sukimosi ašimi 8 bei keletas papildomų veidrodžių 16-19, padedančių sutapatinti EMS įvedimo/išvedimo kelius 1 ir 2 su žiedinio interferometro sukimosi ašimi 8. Veidrodis 15, kuris išdėstytas bendraašiai su žiedinio interferometro sukimosi ašimi 8 bei kiti papildomi veidrodžiai 16-19 sukasi kartu su žiediniu interferometru 12. EMS pluoštas nuo įėjimo prievado 21 sklindantis keliu 1 ir patenkantis į žiedinį interferometrą 12 yra išvedamas keliu 2 į išėjimo/įėjimo prievadą 22, tuo tarpu elektromagnetinės spinduliuotės pluoštas, sklindantis priešinga kryptimi iš prievado 22 keliu 2 link žiedinio interferometro 12 yra iš jo yra išvedamas keliu 3 ir patenka į gaudyklę 20. Tokiu būdu įrenginys atlieka dviejų prievadų izoliatoriaus arba ventilio funkciją, kai EMS pluoštas gali sklisti tik viena kryptimi, o priešinga kryptimi yra blokuojamas nukreipiant į gaudyklę 20.

Fig.2a ir Fig.2b pavaizduotas kitas EMS pluošto neapgrėžiamojo perdavimo įrenginys, kuris panašus į įrenginį pavaizduotą Fig.1a, Fig.1 b tačiau skiriasi tuo, kad įrenginyje yra numatyta grandinė, jungianti besisukantį žiedinį interferometrą 12 su keturiais įrenginio prievadais 21-24, sutapatinant elektromagnetinės spinduliuotės pluoštų sklaidimo kelius 1-4 su žiedinio interferometro 12 sukimosi ašimi 8. Minėtą EMS pluošto perdavimo grandinę sudaro veidrodis 15 išdėstytas bendraašiai su interferometro sukimosi ašimi 8, du poliarizaciniai pluoštų dalikliai 29, 30, kurių pagalba poromis apjungiami statmenai poliarizuoti EMS pluoštai sklindantys keliais 1, 4 ir 2, 3 bei keletas papildomų veidrodžių 16-19, 31, 32, padedančių sutapatinti suporuotų elektromagnetinės spinduliuotės pluoštų įvedimo/išvedimo kelius 1, 4 ir 2, 3 su žiedinio interferometro 12 sukimosi ašimi 8. Papildomai yra numatytos dvi pusės bangos plokštelės 33, 34 kurios pasuka EMS pluoštų sklindančių keliais 1 ir 3 poliarizaciją 90 laipsnių kampu. Kartu su žiediniu interferometru 12 nesisukantys

poliarizaciniai pluošto dalikliai 26 ir 28 naudojami apjungtų-statmenai poliarizuotų EMS pluoštų, sklindančių poromis keliais 1, 4 bei 2, 3 atskyrimui ir nukreipimui į atitinkamus išėjimo/įėjimo prievadus 21-24. Tam, kad besisukančiame žiediniame interferometre 12 nesisuktų elektromagnetinės spinduliuotės pluoštų poliarizacija, yra numatytos poliarizacijos sukimo priemonės 25, 27, kurios suka elektromagnetinės spinduliuotės pluoštų sklindančių poromis keliais 1, 4 bei 2, 3 poliarizaciją sinchroniškai su žiediniu interferometru 12. EMS pluoštai, sklindantys keliais 1-4 gali būti ir kitaip suporuoti, pvz. 1, 2 ir 3, 4, dėl to įrenginio konstrukcija nepasikeičia. Įrenginį sudarantis žiedinis interferometras 12 yra nepriklausantis nuo poliarizacijos, tačiau EMS pluoštai, sklindantys interferometre yra poliarizuoti. Šiuo konkrečiu atveju, Fig. 2a pavaizduota poliarizacija (•) yra s tipo. Įrenginys atlieka keturių prievadų, nuo poliarizacijos priklausančio cirkulatoriaus funkciją, kai EMS pluoštas yra nukreipiamas iš prievado 21 į prievadą 22, iš prievado 22 į prievadą 23, iš prievado 23 į prievadą 24 ir iš prievado 24 vėl į prievadą 21.

Fig.3a, Fig.3b pavaizduotas kitas EMS pluošto neapgręžiamojo perdavimo įrenginys, kuriame neapgręžiamasis EMS pluošto sklidimas realizuojamas kampiniu greičiu  $\Omega$  besisukančiame nuo poliarizacijos priklausomame žiediniame interferometre 12. Nuo poliarizacijos priklausomo žiedinio interferometro 12 schema atskirai pavaizduota Fig. 5. Įrenginyje yra numatyta grandinė, jungianti sukamą žiedinį interferometrą 12 su keturiais įrenginio prievadais 21-24, sutapatinant EMS pluoštų sklidimo kelius 1-4 su žiedinio interferometro 12 sukimosi ašimi 8. Minėtą optinę grandinę sudaro veidrodys 15, išdėstytas bendraašiai su žiedinio interferometro 12 sukimosi ašimi 8, bei keletas papildomų veidrodžių 16-19, padedančių sutapatinti EMS pluoštų įėjimo/išėjimo kelius 1, 3 ir 2, 4 su žiedinio interferometro sukimosi ašimi 8. EMS pluoštų įėjimo/išėjimo keliai 1 su 3 ir 2 su 4 geometriškai sutampa, tačiau minėtais geometriškai sutampančiais keliais sklindantys EMS pluoštai tarpusavyje yra statmenai poliarizuoti. Kartu su sukamu žiediniu interferometru 12 nesisukantys poliarizaciniai pluošto dalikliai 26 ir 28 naudojami statmenai poliarizuotų EMS pluoštų sklindančių poromis keliais 1, 3 bei 2, 4 atskyrimui ir nukreipimui į atitinkamus išėjimo/įėjimo prievadus 21-24. Tam, kad sukamame žiediniame interferometre 12 nesisuktų EMS pluoštų poliarizacija, yra numatytos poliarizacijos sukimo priemonės 25, 27, kurios suka elektromagnetinės spinduliuotės pluoštų sklindančių įėjimo/išėjimo keliais 1, 3 bei 2, 4 poliarizaciją

sinchroniškai su žiediniu interferometru. Įrenginys atlieka keturių prievadų nuo poliarizacijos priklausančio cirkulatoriaus funkciją, kai EMS pluoštas iš prievado 21 yra nukreipiamas į prievadą 22, iš prievado 22 į prievadą 23, iš prievado 23 į prievadą 24 ir iš prievado 24 į prievadą 21.

Fig.4a, Fig.4b pavaizduota nuo poliarizacijos nepriklausomo sukamo žiedinio interferometro 12 schema. Nuo poliarizacijos nepriklausomą žiedinį interferometrą sudaro pluošto daliklis 5, kuris dalina EMS pluoštą į du vienodo intensyvumo pluoštus, sklindančius žiediniame interferometre priešpriešiais, nemažiau kaip du veidrodžiai 9, 10 ir fazinis elementas 11, kuris tarp priešpriešiais sklindančių EMS pluoštų įneša  $\pi/2$  fazės poslinkį. Priešpriešiais sklindančių elektromagnetinės spinduliuotės pluoštų keliai 6 ir 7 šiek tiek geometriškai yra atskirti, kad minėti pluoštai ratu apėję žiedinį interferometrą susitiktų ir interferuotų kitoje pluošto daliklio 5 vietoje nei buvo pradžioje. Žiedinis interferometras 12 sukasi aplink ašį 8 kampiniu greičiu  $\Omega$  ir dėl Sanjako efekto tarp priešpriešiais sklindančių EMS pluoštų yra įnešamas  $\pm\pi/2$  fazės poslinkis, kurio ženklas priklauso nuo elektromagnetinės spinduliuotės pluoštų sklindančių keliais 6 ir 7 sklidimo krypties atžvilgiu žiedinio interferometro 12 sukimosi krypties. Fig. 4a pavaizduotas atvejis kai į besisukantį žiedinį interferometrą keliu 1 patekęs EMS pluoštas padalinamas pluošto dalikliu 5 į du vienodo intensyvumo EMS pluoštus. Pluošto daliklį 5 tiesiogiai praėjęs EMS pluoštas sklinda keliu 6 priešinga kryptimi nei sukasi žiedinis interferometras 12, o atsispindėjęs nuo pluošto daliklio 5 EMS pluoštas sklinda keliu 7 žiedinio interferometro sukimosi kryptimi ir dėl Sanjako efekto tarp minėtų EMS pluoštų įnešamas  $\pi/2$  radianų fazių skirtumas, be to žiediniame interferometre 12 patalpintas fazinis elementas 11 įneša papildomą  $\pi/2$  radianų fazės poslinkį ir tarp priešpriešiai sklindančių EMS pluoštų įnešamas suminis  $\pi$  radianų fazės poslinkis ir minėti EMS pluoštai, sklindantys keliais 6, 7, pluošto dalikliu 5 yra apjungiami į EMS pluoštą, išvedamą keliu 2 tolyn nuo žiedinio interferometro 12. Tačiau apgręžus pastarąjį EMS pluoštą ir grąžinus tuo pačiu keliu 2 atgal į žiedinį interferometrą 12, jis pluošto dalikliu 5 padalinamas į du EMS pluoštus, t.y. į atsispindėjusį nuo pluošto daliklio 5 ir sklindantį keliu 7 priešinga žiedinio interferometro sukimosi kryptčiai ir praėjusį pluošto daliklį 5, sklindantį keliu 6 žiedinio interferometro sukimosi kryptimi ir dėl Sanjako efekto tarp minėtų EMS pluoštų įnešamas minus  $\pi/2$  radianų fazių poslinkis, dėl to fazinio elemento 11 įneštas papildomas  $\pi/2$  radianų fazės poslinkis yra

kompensuojamas ir minėti EMS pluoštai dalikliu 5 yra apjungiami į EMS pluoštą, išvedamą ir sklindantį keliu 3 tolyn nuo žiedinio interferometro 12 (Fig. 4b). Analogiškai EMS pluoštas, patenkantis keliu 3 į žiedinį interferometrą yra nukreipiamas keliu 4 ir EMS pluoštas patenkantis keliu 4 į žiedinį interferometrą 12 yra nukreipiamas keliu 1. Schematiškai EMS pluošto sklaidimą galima taip pavaizduoti:  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ , čia rodyklė nurodo kuriuo keliu nukreipiamas EMS pluoštas.

Fig.5a, Fig.5b pavaizduota nuo poliarizacijos priklausomo sukamo žiedinio interferometro 12 schema, kuri panaši į schemą, pavaizduotą Fig. 4, tačiau skiriasi tuo, kad žiedinis interferometras 12 yra nuo poliarizacijos priklausomas ir jame esantis pluošto daliklis 5 yra poliarizacinis, fazinis elementas 11 taip pat yra priklausomas nuo poliarizacijos, be to EMS pluoštų sklaidimo keliai 6 ir 7 gali geometriškai persikloti, nes minėti EMS pluoštai yra statmenai poliarizuoti. Atitinkamai į žiedinį interferometrą patenkančių bei iš jo išeinančių EMS pluoštų keliai 1 su 3 ir 2 su 4 taip pat gali geometriškai sutapti, nes minėti EMS pluoštai tarpusavyje yra statmenai poliarizuoti. Fig.5 papildomai dėl aiškumo yra pavaizduoti du poliarizaciniai pluošto dalikliai 13, 14, kad parodytų kaip galima atskirti du statmenai poliarizuotus EMS pluoštus, sklindančius geometriškai persiklojančiais keliais, atitinkamai 1 nuo 3 ir 2 nuo 4. Žiediniame interferometre 12 esantis fazinis elementas 11 yra nuo poliarizacijos priklausomas ir tarp statmenai poliarizuotų EMS pluoštų įneša  $\pi/2$  fazės poslinkį, kuris nepriklauso nuo pluoštų sklaidimo krypties. Kaip pavyzdys, nuo poliarizacijos priklausantis fazinis elementas gali būti pusės bangos plokštelė. Fig. 5 pavaizduota poliarizacija simboliu (•) yra s tipo ir pavaizduota poliarizacija simboliu (↔) yra p tipo. EMS pluoštų sklindančių keliais 1-4 poliarizacija yra s ir p tipo poliarizacijų kombinacija.

Fig. 6 pavaizduotas kitas EMS pluošto neapgręžiamojo perdavimo įrenginys, kuriame neapgręžiamasis EMS pluošto sklaidimas realizuojamas kampiniu greičiu  $\Omega$  besisukančiame skaiduliniame žiediniame interferometre 12. Nuo poliarizacijos priklausomo skaidulinio žiedinio interferometro 12 schema atskirai pavaizduota Fig. 7. Įrenginyje yra numatyta grandinė, jungianti besisukantį skaidulinį žiedinį interferometrą 12 su keturiais įrenginio įėjimo/išėjimo prievadais 21-24, sutapatinant EMS pluoštų sklaidimo įėjimo/išėjimo kelius 1-4 su žiedinio interferometro 12 sukimosi ašimi 8. Minėtą EMS pluošto perdavimo grandinę sudaro kolimatoriai 39,40, išdėstyti



bendraašiai su skaidulinio žiedinio interferometro sukimosi ašimi 8 bei dvi poliarizaciją išlaikančios skaidulos 41, 42, jungiančios minėtus kolimatorius 39, 40 su skaiduliniu žiediniu interferometru 12 ir padedančios sutapatinti EMS pluoštų sklaidimo įėjimo/išėjimo kelius 1, 3 ir 2, 4 su skaidulinio žiedinio interferometro 12 sukimosi ašimi 8. EMS pluoštų sklaidimo keliai 1 su 3 ir 2 su 4 geometriškai sutampa, tačiau minėtais geometriškai sutampančiais keliais sklindantys EMS pluoštai tarpusavyje yra statmenai poliarizuoti. Kartu su žiediniu interferometru 12 nesisukantys poliarizaciniai pluošto dalikliai 26 ir 28 naudojami statmenai poliarizuotų EMS pluoštų sklindančių poromi įėjimo/išėjimo keliais 1, 3 bei 2, 4 atskyrimui ir nukreipimui į atitinkamus įrenginio išėjimo/įėjimo prievadus 21-24. Tam, kad besisukančiame skaiduliniame žiediniame interferometre 12 nesisuktų EMS pluoštų poliarizacija, yra numatytos poliarizacijos sukimo priemonės 25, 27, kurios suka EMS pluoštų, sklindančių keliais 1, 3 bei 2, 4 poliarizaciją sinchroniškai su žiediniu interferometru 12. Įrenginys atlieka keturių prievadų nuo poliarizacijos priklausančio cirkulatoriaus funkciją, kai EMS pluoštas iš prievado 21 yra nukreipiamas į prievadą 22, iš prievado 22 į prievadą 23, iš prievado 23 į prievadą 24 ir iš prievado 24 į prievadą 21. Įrenginyje naudojamo poliarizacinio pluošto daliklio 5 su skaidulomis schema pavaizduota Fig. 8.

Fig. 7 pavaizduota nuo poliarizacijos priklauso sukamo skaidulinio žiedinio interferometro 12 schema, kuri panaši į schemą, pavaizduotą Fig.5, tačiau skiriasi tuo, kad žiedinis interferometras 12 yra padarytas iš dviejų poliarizaciją išlaikančių skaidulų 35, 36, tarpusavyje kryžmai suvirintų taške 37 ir fazinis elementas 11 yra suformuotas parenkant skaidulų 35, 36 ilgius besiskiriančius per  $\frac{1}{4}$  poliarizacijos mušimo ilgį tarp lėtosios ir greitosios skaidulos poliarizacijų.

Fig. 8 pavaizduota poliarizacinio pluošto daliklio su skaidulomis schema. Žiedinį interferometrą sudarančių poliarizaciją išlaikančių skaidulų 35, 36 galai yra orientuoti taip, kad skaidulų poliarizacijos ašys sutampa su pluošto dalikliu 5 padalintos EMS pluoštų, sklindančių keliais 6, 7 poliarizacijos kryptimis, arba kitaip tariant, minėtų skaidulų 35, 36 lėtosios arba greitosios poliarizacijos ašys sutampa arba yra statmenos su poliarizacinio pluošto daliklio 5 kritimo plokštuma. O poliarizaciją išlaikančių skaidulų 41, 42 poliarizacijos ašys yra pasuktos  $\pm 45$  laipsnių kampu atžvilgiu poliarizacinio pluošto daliklio 5 kritimo plokštumos.

## IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Elektromagnetinės spinduliuotės (EMS) pluošto neapgręžiamojo perdavimo būdas, skirtas EMS pluoštą perduoti tiesiogine kryptimi ir neleisti perduoti atgaline kryptimi, kai tiesiogine ir atgaline kryptimis sklindantis EMS pluoštas nukreipiamas skirtingais keliais, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad

- EMS pluoštą bet kuriuo pasirinktu keliu iš įvedimo/išvedimo kelių (1,2,3,4) įveda į kampiniu greičiu  $\Omega$  besisukantį žiedinį interferometrą (12),

- besisukančiame žiediniame interferometre (12) įvestą EMS pluoštą padalina į du vienodo intensyvumo EMS pluoštus, sklindančius jame priešpriešiais keliais (6) ir (7), ir dėl Sanjako efekto tarp minėtų padalintų priešpriešiais sklindančių EMS pluoštų įneša fazių poslinkį  $\pm\pi/2$  radianų, kurio ženklas priklauso nuo minėtų priešpriešiais keliais (6) ir (7) sklindančių EMS pluoštų sklidimo krypties atžvilgiu žiedinio interferometro sukimosi krypties,

- tarp priešpriešiais sklindančių besisukančiame žiediniame interferometre (12) minėtų EMS pluoštų įneša papildomą fazių poslinkį  $\pi/2$  radianų, kurio ženklas nepriklauso nuo minėtų EMS pluoštų sklidimo krypties, gaunant tarp priešpriešiais sklindančių EMS pluoštų suminį fazės poslinkį  $\pi$  radianų arba 0, priklausomai nuo priešpriešiais sklindančių EMS pluoštų sklidimo krypties atžvilgiu žiedinio interferometro sukimosi krypties,

- po to, besisukančiame žiediniame interferometre (12) priešpriešiais sklindančius EMS pluoštus apjungia į vieną EMS pluoštą ir jį išveda iš besisukančio žiedinio interferometro (12) kitu keliu pasirinktu iš įvedimo/išvedimo kelių (1, 2, 3, 4), nei EMS pluoštas įvedamas į besisukantį žiedinį interferometrą (12), bei

- nemažiau kaip du EMS pluoštų įvedimo/išvedimo kelius, pasirinktus iš EMS pluoštų įvedimo/išvedimo kelių (1, 2, 3, 4), sutapatina su besisukančio žiedinio interferometro (12) sukimosi ašimi (8) ir nukreipia į atitinkamus įėjimo/išėjimo prievadus (21, 22, 23, 24).

2. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad EMS pluoštas į besisukantį žiedinį interferometrą (12) gali būti įvestas ir iš jo išvestas keturiais skirtingais keliais (1, 2, 3, 4) tarpusavyje susietais besisukančiame žiediniame interferometre (12) taip, kad įvedus minėtą EMS pluoštą į besisukantį žiedinį interferometrą (12) pirmuoju keliu (1) pluoštas iš besisukančio žiedinio interferometro

(12) bus išvestas antruoju keliu (2), minėtą EMS pluoštą įvedus į besisukantį žiedinį interferometrą (12) antruoju keliu (2) iš jo EMS pluoštas bus išvestas trečiuoju keliu, minėtą EMS pluoštą įvedus trečiuoju keliu (3), iš interferometro EMS pluoštas bus išvestas ketvirtuoju keliu (4) bei minėtą EMS pluoštą įvedus į minėtą besisukantį žiedinį interferometrą (12) ketvirtuoju keliu (4) iš jo bus išvestas pirmuoju keliu (1).

3. Būdas pagal bet kurį iš 1-2 punktų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad sklindantys priešpriešiais EMS pluoštai besisukančiame žiediniame interferometre (12) yra nepoliarizuoti arba vienodai poliarizuoti ir sklinda geometriškai nepersiklojančiais, tačiau artimais keliais taip, kad į besisukantį žiedinį interferometrą (12) įeinantis ir iš jo išeinantis EMS pluoštai atsiskirtų ir nepersiklotų erdvėje.

4. Būdas pagal bet kurį iš 1-2 punktų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad EMS pluoštai, sklindantys priešpriešiais besisukančiame žiediniame interferometre (12) yra statmenai poliarizuoti vienas kito atžvilgiu ir gali sklirti geometriškai tiek persiklojančiais tiek nepersiklojančiais keliais.

5. Elektromagnetinės spinduliuotės (EMS) pluošto neapgręžiamojo perdavimo įrenginys, skirtas EMS pluoštą perduoti tiesiogine kryptimi ir neleisti perduoti atgaline kryptimi, turintis bent du įvedimo/išvedimo prievadus EMS pluoštui į įrenginį įvesti bei iš įrenginio išvesti, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad įrenginys apima:

- sukamą žiedinį interferometrą (12), turintį:

pluošto daliklį (5), skirtą į sukamą interferometrą (12) įvedamam EMS pluoštui padalinti, o padalintus minėtus pluoštus prieš išvedant iš sukamo interferometro (12) apjungti į vieną EMS pluoštą, kur į sukamą žiedinį interferometrą (12) įvestą EMS pluoštą pluošto daliklis (5) padalija į du vienodo intensyvumo EMS pluoštus, kurie sklinda minėtame sukamame žiediniame interferometre (12) priešpriešiais keliais (6) ir (7) ir dėl Sanjako efekto įgauna fazių poslinkį  $\pm \pi/2$  radianų, kurio ženklas priklauso nuo minėtų priešpriešiais sklindančių EMS pluoštų sklidimo krypties atžvilgiu žiedinio interferometro sukimosi krypties, ir

fazinį elementą, skirtą papildomam fazių poslinkiui  $\pi/2$  radianų įvesti tarp minėtų padalintų priešpriešiais sklindančių sukamame žiediniame interferometre (12) EMS pluoštų, kurio ženklas nepriklauso nuo minėtų priešpriešiais sklindančių EMS pluoštų sklidimo krypties atžvilgiu sukamo žiedinio interferometro (12) sukimosi krypties, gaunant suminį fazės poslinkį  $\pi$  radianų arba 0 tarp priešpriešiais

sklindančių keliais (6) ir (7) EMS pluoštų, kurie toliau nukreipiami į pluošto daliklį (5) ir apjungiami į vieną EMS pluoštą, kuris išvedamas iš sukamo žiedinio interferometro (12) kitu keliu, nei EMS pluoštas buvo įvestas į sukamą žiedinį interferometrą (12),

- EMS pluošto perdavimo grandinę, jungiančią bent du kelius, pasirinktus iš EMS pluoštų įvedimo/išvedimo kelių (1, 2, 3, 4), skirtą sutapatinti pasirinktus kelius su sukamo žiedinio interferometro (12) sukimosi ašimi (8) ir nukreipti į atitinkamus įėjimo/išėjimo prievadus (21, 22, 23, 24).

6. Įrenginys pagal 5 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad sukamą žiedinį interferometrą (12) sudaro: EMS pluošto daliklis (5), fazinis elementas (11) ir bent du veidrodžiai (9, 10), išdėstyti interferometre (12) EMS pluoštų priešpriešinio sklidimo keliuose (6) ir (7), o EMS pluošto perdavimo grandinę, jungiančią sukamą žiedinį interferometrą (12) su įrenginio atitinkamais įvedimo/išvedimo prievadais (21-24) sudaro veidrodis (15), patalpintas bendraašiai su sukamo žiedinio interferometro (12) sukimosi ašimi (8) bei gali būti numatyta keletas papildomų veidrodžių (16-19), skirtų bent du EMS pluoštų įvedimo/išvedimo kelius (1-4) sutapatinti su žiedinio interferometro sukimosi ašimi (8), kur veidrodis (15) bei minėti papildomi veidrodžiai (16-19) yra sumontuoti sukamai kartu su sukamu žiediniu interferometru (12).

7. Įrenginys pagal 6 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad pluošto daliklis (5) yra nepoliarizuojantis pluošto daliklis (5), kuris EMS pluoštus padalija ir apjungia, skirtingose nepoliarizuojančio pluošto daliklio (5) vietose taip, kad EMS pluoštai sklisdami keliais (1-4) tarpusavyje atsiskiria erdvėje, o fazinis elementas (11) yra EMS pluoštui skaidri, nuo poliarizacijos nepriklausoma, fazinė plokštelė su aukščio laipteliu, įnešančiu  $\pi/2$  radianų fazės poslinkį tarp padalintų priešpriešiais sklindančių keliais (6) ir (7) sukamame žiediniame interferometre (12) EMS pluoštų.

8. Įrenginys pagal 6 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad pluošto daliklis (5) yra poliarizuojantis pluošto daliklis (5), kuris EMS pluoštus padalina į du statmenai poliarizuotus EMS pluoštus, sklindančius keliais (6) ir (7), o fazinis elementas (11), įnešantis  $\pi/2$  radianų fazės poslinkį tarp padalintų priešpriešiais sklindančių keliais (6) ir (7) sukamame žiediniame interferometre (12) EMS pluoštų, yra nuo poliarizacijos priklausoma dvejopo lūžio rodiklio bangos plokštelė.

9. Įrenginys pagal 5 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad sukamą žiedinį interferometrą (12) sudaro:

-pluošto daliklis (5) ir dvi poliarizaciją išlaikančios skaidulos (35, 36), kurios tarpusavyje kryžmai sukryžiavus lėtąją ir greitąją skaidulų ašis, suvirintos taške (37),

-fazinis elementas, skirtas papildomam fazės poslinkiui įvesti, yra suformuotas parenkant minėtų skaidulų (35, 36) ilgius, kurie skiriasi per  $\frac{1}{4}$  poliarizacijos mušimo ilgį tarp lėtosios ir greitosios skaidulos poliarizacijų,

- EMS pluošto perdavimo grandinė, jungianti sukamą žiedinį interferometrą (12) su įrenginio įvedimo/išvedimo atitinkamais prievadais (21-24), apima bent vieną kolimatorių (39, 40), išdėstytą bendraašiai su sukamo interferometro (12) sukimosi ašimi (8), o kolimatoriai (39, 40) su skaiduliniu žiediniu interferometru yra sujungti su poliarizaciją išlaikančiomis skaidulomis (41,42).

10. Įrenginys pagal bet kurį iš 5, 6, 8 ir 9 punktų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad įrenginyje yra numatytos papildomos EMS poliarizacijos sukimo priemonės (25, 27), skirtos sinchroniškai sukti poliarizaciją kartu su sukamu žiediniu interferometru (12), išlaikant EMS pluoštų poliarizacijos orientaciją nepriklausomai nuo sukamo žiedinio interferometro (12) pasisukimo kampo, bei įrenginyje yra numatyti papildomi poliarizaciniai pluošto dalikliai (26, 28), skirti statmenai poliarizuotų EMS pluoštų, sklindančių geometriškai persiklojančiais keliais (1-4), erdviniam atskyrimui ir nukreipimui į atskirus įrenginio įvedimo bei išvedimo prievadus (21-24).

11. Įrenginys pagal 10 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad EMS poliarizacijos sukimo priemonė (25, 27) gali būti besisukanti pusės bangos plokštelė arba skystųjų kristalų poliarizacijos rotatorius, arba atspindintis poliarizacijos rotatorius, arba prizminis poliarizacijos rotatorius, arba bet kokia kita priemonė, galinti sukti poliarizaciją sinchroniškai su sukamu žiediniu interferometru (12).

12. Įrenginys pagal bet kurį iš 5-11 punktų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad sukamame žiediniame interferometre (12) bendraašiai su jo ašimi 8 yra padaryta kiaurymė, kuria sklinda EMS pluoštas tarp įrenginio prievadų (21-24) ir sukamo žiedinio interferometro (12).

13. Įrenginys pagal bet kurį iš 5-12 punktų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad prie bet kurio įrenginio prievado (21-24) yra prijungtos skaidulinės atšakos.

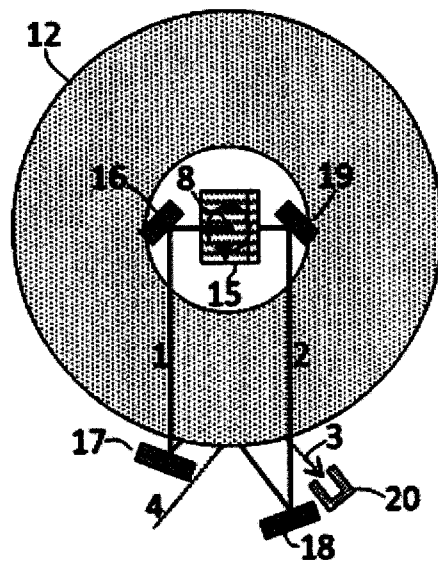


Fig. 1a

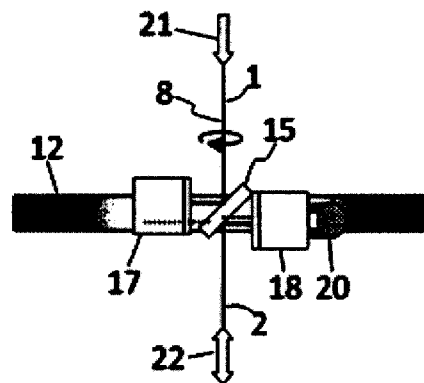
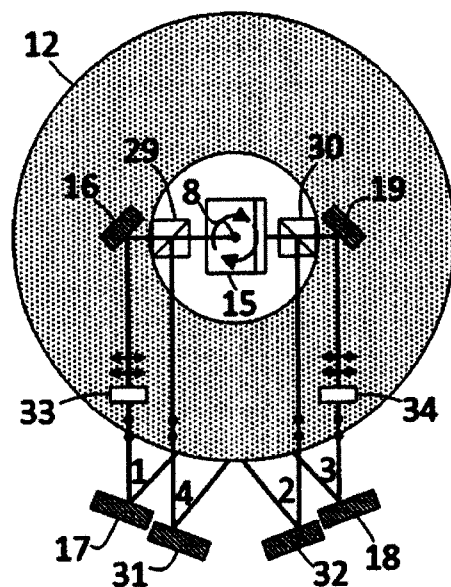
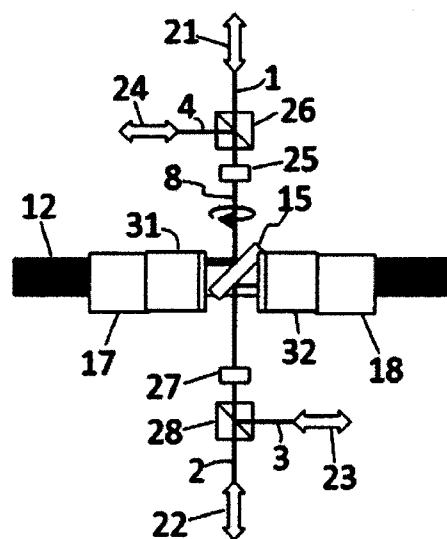


Fig. 1b



**Fig. 2a**



**Fig. 2b**

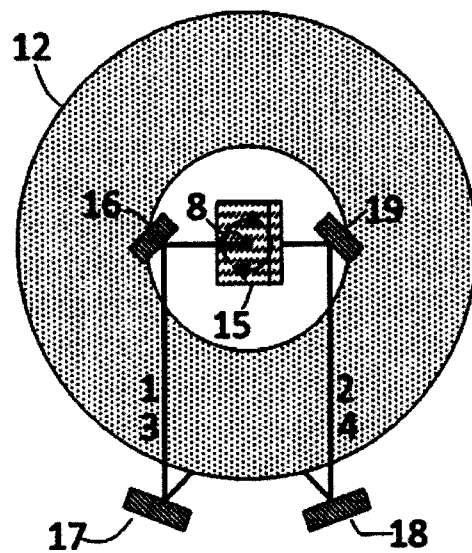


Fig. 3a

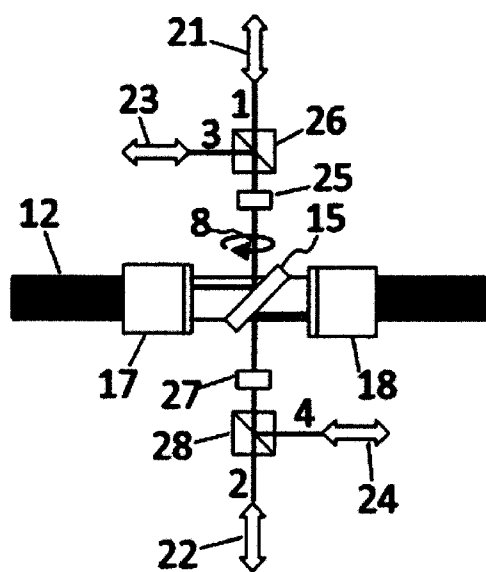


Fig. 3b



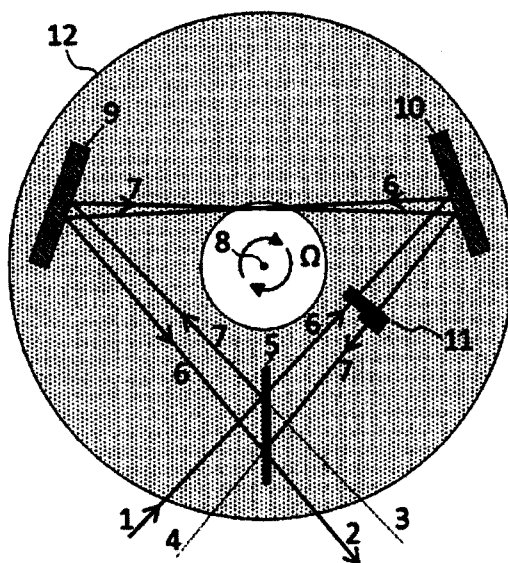


Fig. 4a

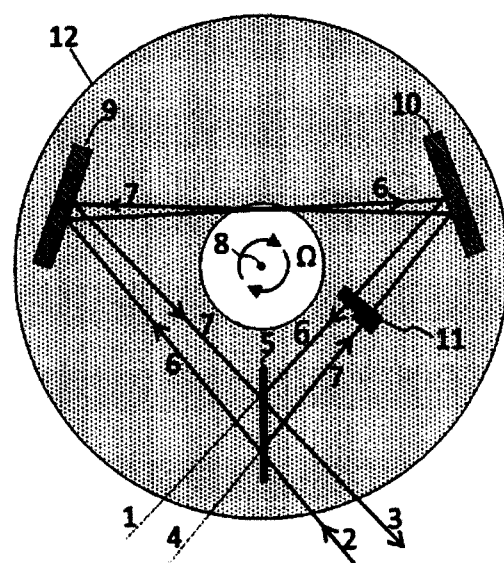


Fig. 4b

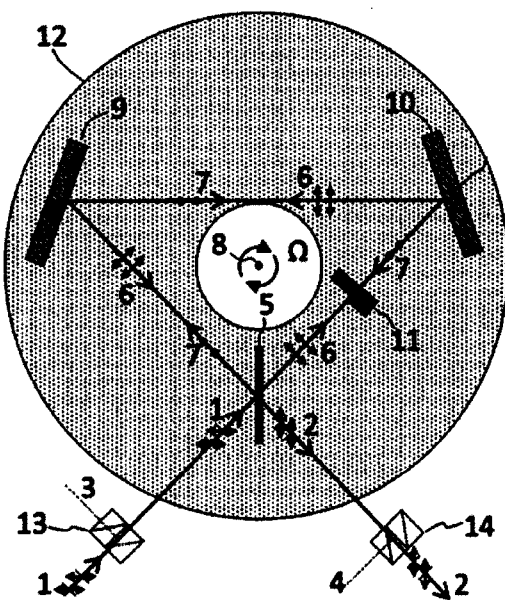


Fig. 5a

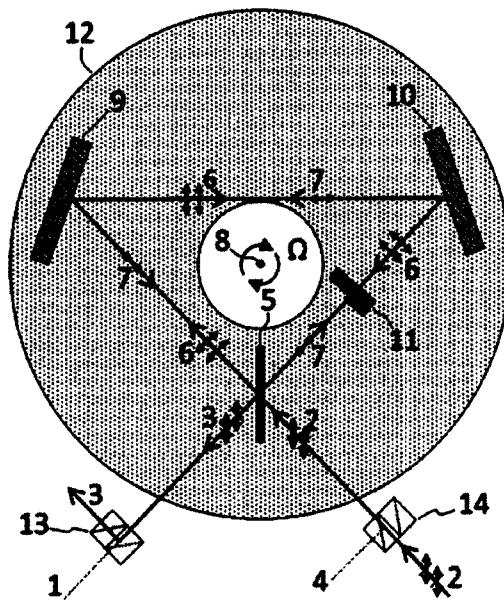


Fig. 5b

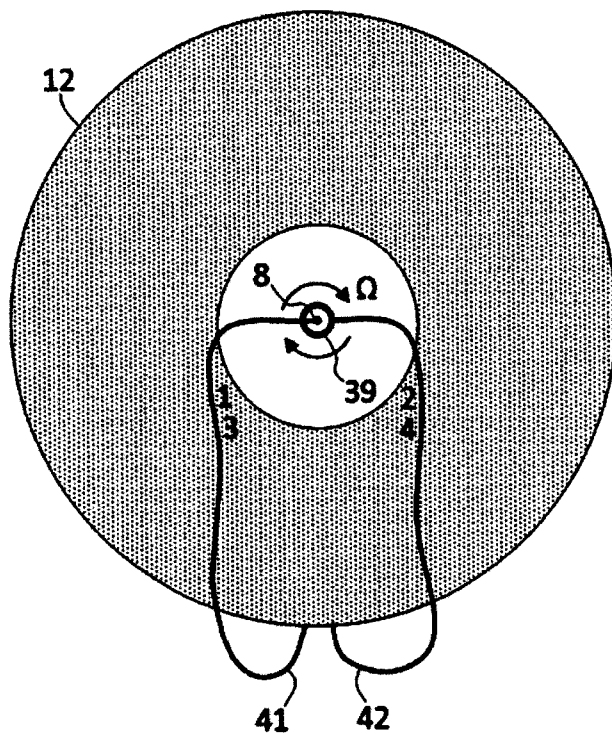


Fig. 6a

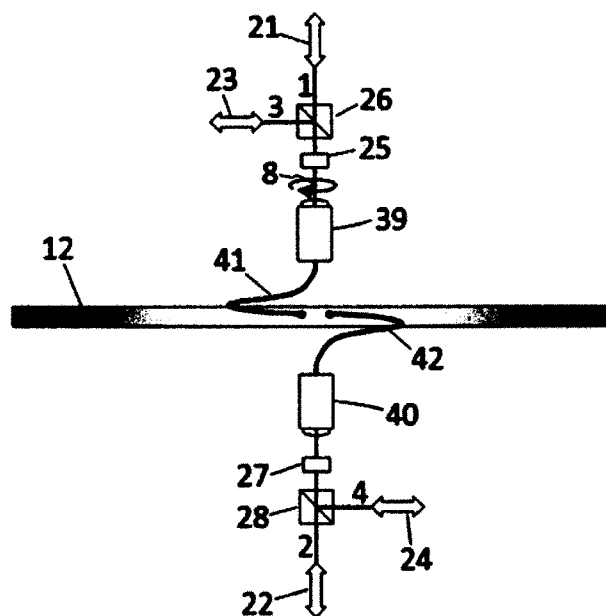


Fig. 6b

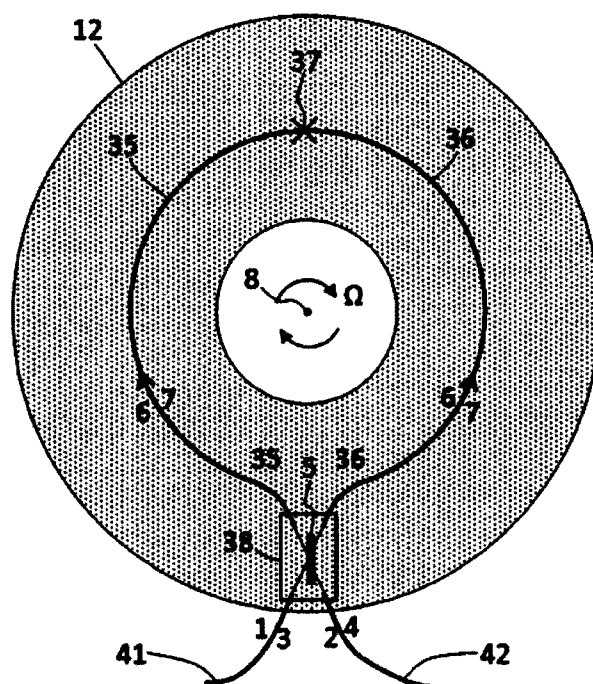


Fig. 7

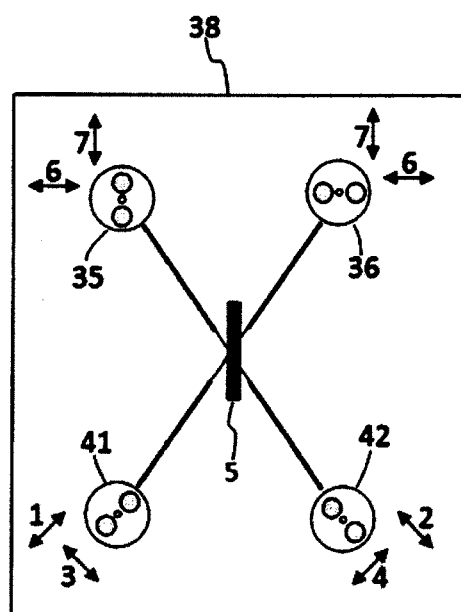


Fig. 8