

(10) **LT 6140 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patento numeris: **6140** (51) Int. Cl. (2015.01): **G02B 27/00**
G02F 1/00
H01S 3/00
- (21) Paraiškos numeris: **2013 501**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2013 07 22**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2015 01 26**
- (45) Patento paskelbimo data: **2015 04 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) Patento 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:
Šviesos impulsų sutankinimo laike būdas ir įrenginys

- (57) Referatas:

Išradimas priklauso lazerinių technologijų sričiai ir yra skirtas keletu pradinių, atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų sutankinimo laike būdai, generuojant suminio optinio dažnio šviesos impulsų sekas kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje. Šviesos impulsų sutankinimo laike būdas apima atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų nukreipimą į optinę priemonę, skirtą šviesos impulsams iš skirtingų lazerinių šaltinių išdėstyti vienoje šviesos impulsų sekoje, kurioje minėti impulsai sklinda ta pačia trajektorija, sudarydami laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą. Siekiant padidinti generuojamų suminio optinio dažnio sutankintų laike šviesos impulsų sekų energiją ir vidutinę galią, minėta optinė priemonė yra bent viena kvadratinio jautrio netiesinė medžiaga, į kurią iš skirtingų lazerinių šaltinių nukreipia iš anksto numatytais laiko momentais šviesos impulsus fazinio sinchronizmo kryptimis, kuriomis sklisdami šviesos impulsai kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje tenkina netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas ir skirtingais laiko momentais generuoja suminio optinio dažnio impulsus, kurie laike tarpusavyje nepersikloja, sklinda ta pačia kryptimi bei sudaro laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą.

Išradimas priklauso lazerinių technologijų sričiai ir yra skirtas keleto pradinių atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų sutankinimo laike būdai, generuojant suminio optinio dažnio šviesos impulsų sekas kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje. Šviesos impulsų sekas sudarantys sutankinti laike suminio optinio dažnio impulsai tarpusavyje nepersikloja, jie yra atskirti laike ir sklinda viena ir ta pačia trajektorija, sudarydami suminio optinio dažnio šviesos impulsinį pluoštą. Siūlomu būdu generuojamos suminio optinio dažnio sutankintos laike impulsų sekos energija ir vidutinė galia yra proporcinga visų apjungiamų impulsinių šviesos šaltinių impulsų energijų ir vidutinių galių sumai, atitinkamai. Šis būdas leidžia sugeneruoti didelės energijos (kilodžiaulių eilės) ir didelės vidutinės galios (kilovatų eilės) suminio optinio dažnio sutankintas laike šviesos impulsų sekas. Pritaikant papildomas priemones, kai kiekvienas suminio optinio dažnio šviesos impulsas yra generuojamas skirtingose kvadratinio jautrio netiesinės medžiagos vietose tam, kad išvengti minėtos netiesinės medžiagos lokalaus šilimo ir optinio pažeidimo, įmanoma generuoti megadžiaulių eilės energijų ir megavatų eilės vidutinių galių suminio optinio dažnio sutankintas laike šviesos impulsų sekas.

Yra žinomas lazerių pluoštų apjungimo būdas ir įrenginys, kuriame vyksta keleto lazerių pluoštų apjungimas optinėje netiesinėje medžiagoje į vieną didesnio optinio dažnio pluoštą ir didesnės energijos impulsus. Optinė netiesinė medžiaga yra kvadratinio jautrio netiesinė medžiaga, kurioje lazerių pluoštai dėl netiesinės sąveikos yra sumuojami poromis, sudedant jų dažnius, ir suminio dažnio pluoštai, išlaikant tikslų fazinį sinchronizmą tarp jų, yra apjungiami į vieną pluoštą. Žinomas būdas ir įrenginys yra aprašytas Europos bendrijos patente EP2194426 (A1), 2010-06-09.

Žinomo būdo ir įrenginio trūkumas yra tas, kad apjungiant lazerio pluoštus poromis ir susumuojant jų optinius dažnius, turi būti išlaikomas tikslus fazinis sinchronizmas tarp suminio optinio dažnio pluoštų taip, kad suminio optinio dažnio pluoštai konstruktyviai interferuodami būtų apjungiami į vieną pluoštą. Fazinio sinchronizmo užtikrinimui tarp suminio optinio dažnio pluoštų, kad jie konstruktyviai interferuodami būtų apjungiami į vieną pluoštą, būtina tiksliai kontroliuoti apjungiamų lazerio pluoštų tarpusavio fazes, būtinos labai sudėtingos priemonės apjungiamų lazerių pluoštų fazės detektavimui ir valdymui.

Be to, šiuo būdu apjungiant lazerių pluoštus, apjungiamų lazerių spinduliuotė turi būti didelio koherentiškumo ir siauro spektro, tam, kad būtų galima valdyti lazerių

pluoštų tarpusavio fazes.

Be to, šiuo būdu apjungiant lazerių pluoštus nekoherentiškai (spektriškai), taip, kad lazerio pluoštai susumuoti poromis į suminių optinių dažnių puoštus būtų skirtingų optinių dažnių tam, kad tarp apjungiamų pluoštų nevyktų atvirkštinė-parametrinė sąveika, apjungiami pradiniai lazerių pluoštai turi būti skirtingų optinių dažnių, t.y. šiuo būdu galima apjungti tik skirtingų bangos ilgių lazerio pluoštus.

Be to, šiuo būdu apjungiant lazerio pluoštus nokoherentiškai (spektriškai), tam, kad susumuoti poromis lazerio pluoštus į suminio optinio dažnio pluoštus, pradiniai lazerių pluoštai turi būti pakankamai didelio intensyvumo, kad netiesinėje medžiagoje efektyviai vyktų suminio optinio dažnio pluoštų generavimas. Atitinkamai bendras spinduliuotės intensyvumas netiesinėje medžiagoje yra proporcingas apjungiamų pluoštų skaičiui, o spinduliuotės intensyvumas yra apribotas netiesinės medžiagos optinio pažeidimo slenksčiu. Dėl šios priežasties apjungiamų lazerių pluoštų skaičius yra ribojamas ir galima apjungti nedaugiau kaip kelis lazerių pluoštus.

Žinomu būdu ir įrenginiu negalima formuoti sutankintų laike šviesos impulsų sekų bei tokiu būdu gauti didelę generuojamų suminio optinio dažnio sutankintų laike šviesos impulsų sekų energiją ir vidutinę galią, nes žinomu būdu lazerių pluoštų apjungimas vyksta, sumuojant lazerių pluoštus poromis, sudedant jų optinius dažnius ir suminio optinio dažnio pluoštai, išlaikant fazinio sinchronizmo sąlygas, yra apjungiami į vieną pluoštą. Šiuo būdu apjungiami suminio optinio dažnio pluoštai sutampa ne tik erdvėje, bet ir laike, dėl šios priežasties, apjungiant impulsinių lazerių pluoštus, yra suformuojamas to paties impulsų pasikartojimo dažnio apjungtas pluoštas, kaip ir pradinių lazerių generuojamų impulsų pasikartojimo dažnis.

Yra žinomas šviesos impulsų sutankinimo laike būdas ir įrenginys, kuriame du impulsinių lazerių rezonatoriai, sudaryti iš didelio atspindžio veidrodžių ir lazerinių aktyvių terpių, yra apjungiami elektrooptinio modulatoriaus pagalba, kuris periodiškai keičia apjungtų poliarizatoriumi ir statmenų poliarizacijų impulsų poliarizaciją į vienodos orientacijos, p tipo, poliarizaciją. Įrenginio išėjime impulsų pasikartojimo dažnis yra dvigubai didesnis, nei atskiruose impulsinių lazerių rezonatoriuose. Minėtu būdu galima apjungti daugiau nei du impulsinių lazerių rezonatorius. Sutankintų laike impulsų pasikartojimo dažnis ir vidutinė galia gali būti daug didesni, nei galima pasiekti atskirai kiekviename impulsinio lazerio rezonatoriuje. Žinomas būdas ir

įrenginys yra aprašytas patente patento Nr: DE102007002472 (A1), 2008-07-17, "Multi-channel laser, particularly solid state laser, comprises two optical resonator branches with high reflecting mirrors and two active mediums, and two electro-optical Q-switch modulators are provided to control polarization of light".

Žinomo būdo ir įrenginio trūkumas yra tas, kad elektrooptinis moduliatorius turi būti tiksliai sinchronizuotas su rezonatoriuose sklindančiais impulsais, tam reikalinga sudėtinga ir tiksli elektroninė sinchronizavimo schema.

Be to, šiuo būdu sutankinamų laike impulsų pasikartojimo dažnis yra apribotas elektrooptinio modulatoriaus persijungimo dažnio, kuris geriausiu atveju yra nedidesnis nei keletas megahercų (MHz).

Be to, šiuo būdų apjungiant daugiau nei du lazerių rezonatorius, reikia papildomų optinių elementų, kiekvienas iš kurių įneša optinius nuostolius ir dėl šios priežasties praktiškai galima apjungti nedaugiau kaip keturis rezonatorius.

Išradimu siekiama padidinti generuojamų suminio optinio dažnio sutankintų laike šviesos impulsų sekų energiją ir vidutinę galią, supaprastinti realizavimo būdą, bei įrenginio konstrukcinę schemą.

Uždavinio sprendimo esmė pagal pasiūlytą išradimą yra ta, kad šviesos impulsų sutankinimo laike būde, kai atskirų lazerinių šaltinių generuojamus šviesos impulsus nukreipia į optinę priemonę, skirtą šviesos impulsus iš skirtingų lazerinių šaltinių išdėstyti vienoje šviesos impulsų sekoje, kurioje minėti impulsai sklinda ta pačia trajektorija, sudarydami laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą, minėta optinė priemonė yra bent viena kvadratinio jautrio netiesinė medžiaga, į kurią iš skirtingų lazerinių šaltinių nukreipia iš anksto numatytais laiko momentais šviesos impulsus fazinio sinchronizmo kryptimis, kuriomis sklisdami šviesos impulsai kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje tenkina netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas ir skirtingais laiko momentais generuoja suminio optinio dažnio impulsus, kurie laike tarpusavyje nepersikloja, sklinda ta pačia kryptimi bei sudaro laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą.

Pranašumas yra tame, kad sutankinant laike atskirų lazerinių šaltinių generuojamus šviesos impulsus kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje, išpildant netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas yra generuojamos suminio optinio dažnio sutankintos laike impulsų sekos, kurių energija ir vidutinė galia yra proporcinga visų apjungiamų impulsinių šviesos šaltinių (lazerių) impulsų energijų ir

vidutinių galių sumai, šis būdas leidžia sugeneruoti didelės energijos (kilodžiaulių eilės) ir didelės vidutinės galios (kilovatų eilės) suminio optinio dažnio sutankintas laike šviesos impulsų sekas, nereikalaujant sudėtingos tam įrangos ir sudėtingų sąlygų.

Kitame pranašumą turinčiame šio išradimo pasiūlytame būde lazerinių šaltinių nekolineariai nukreipti impulsai į kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą patenka poromis, kurioje kiekvienos poros impulsai persikloja ir, tenkinant nekolinearios netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas, skirtingais laiko momentais generuoja atitinkamus suminio optinio dažnio impulsus, o iš lazerinio šaltinio į kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą kolinearai nukreipti centriniai impulsai, tenkinant kolinearos netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas, skirtingais laiko momentais taip pat generuoja atitinkamus suminio optinio dažnio impulsus, kur visi sugeneruoti paminėti suminio optinio dažnio impulsai sklinda ta pačia kryptimi, kurie laike tarpusavyje nepersikloja bei sudaro laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą.

Pranašumas yra tame, kad nekolineariai sklindantys impulsai yra atskirti tolimajame lauke ir dėl to lazerinių šaltinių skaičius, kurių generuojami šviesos impulsai sutankinami laike, yra praktiškai neribotas.

Pranašumą turinčiame pagal šį išradimą konstrukciniame išpildyme šviesos impulsų sutankinimo laike įrenginys, apima keletą atskirų lazerinių šaltinių, generuojančių šviesos impulsus, optiką, nukreipiančią šviesos impulsus į optinę priemonę, skirtą iš skirtingų lazerinių šaltinių generuojančius šviesos impulsus išdėstyti vienoje šviesos impulsų sekoje, kurioje minėti impulsai sklinda ta pačia trajektorija, sudarydami laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą. Minėta optinė priemonė yra bent viena kvadratinio jautrio netiesinė medžiaga, į kurią yra nukreipiami iš skirtingų lazerinių šaltinių generuojami šviesos impulsai, bei turi priemonę, skirtą iš skirtingų lazerinių šaltinių generuojančius šviesos impulsus nukreipti į minėtą bent vieną kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą iš anksto nustatytais laiko momentais, kurioje, tenkinant netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas, būtų generuojami skirtingais laiko momentais suminio optinio dažnio impulsai, sklindantys ta pačia kryptimi, tarpusavyje laike nepersiklotų bei sudarytų laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą.

Kitas pranašumą turintis pagal pasiūlytą išradimą konstrukcinis išpildymas yra toks, kad minėta priemonė, skirta iš skirtingų lazerinių šaltinių generuojančius šviesos impulsus nukreipti į minėtą bent vieną kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą iš anksto nustatytais laiko momentais yra sinchronizavimo įrenginys, kuris sinchronizuoja lazerinių šaltinių generuojamus impulsus taip, kad jie į kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą patektų iš anksto numatytais laiko momentais, užtikrinant, kad kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje sugeneruoti skirtingais laiko momentais suminio optinio dažnio impulsai, sklindantys ta pačia kryptimi, tarpusavyje laike nepersiklotų bei sudarytų laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą.

Kitas pranašumą turintis pagal pasiūlytą išradimą konstrukcinis išpildymas yra toks, kad minėta priemonė, skirta iš skirtingų lazerinių šaltinių generuojančius šviesos impulsus nukreipti į minėtą bent vieną kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą iš anksto nustatytais laiko momentais yra sukonstruota taip, kad minėti lazeriniai šaltiniai yra suformuoti iš vieno pradinio lazerio ir pluošto daliklio, kuris padalina pradinio lazerio generuojamus šviesos impulsus į kelias atskiras šakas, kuriose yra įjungtos atitinkamos vėlinimo linijos su skirtingu užlaikymu ir lazeriniai stiprintuvai, suformuojantys lazerinius šaltinius, kur į minėtas atskiras šakas kiekvienos iš įjungtų vėlinimo linijų užlaikymas yra parinktas toks, kad į kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą generuojami šviesos impulsai patektų iš anksto numatytais laiko momentais, užtikrinant, kad kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje skirtingais laiko momentais sugeneruoti suminio optinio dažnio impulsai, sklindantys ta pačia kryptimi, tarpusavyje laike nepersiklotų bei sudarytų laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą. Kitame pranašumą turinčiame šio išradimo konstrukciniame išpildyme minėtą optinę priemonę sudaro keletas kvadratinio jautrio netiesinių medžiagų, nuosekliai išdėstytų toje pačioje optinėje ašyje, į kurias iš anksto numatytais laiko momentais yra nukreipiami iš skirtingų lazerinių šaltinių generuojami atitinkami šviesos impulsai ir kiekvienoje kurių, tenkinant netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas, skirtingais laiko momentais yra generuojami suminio optinio dažnio impulsai, sklindantys ta pačia kryptimi, tarpusavyje laike nepersikloja bei sudaro laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą.

Kitame pranašumą turinčiame šio išradimo konstrukciniame išpildyme tarp gretimų netiesinių medžiagų yra išdėstytas atitinkamas dichroinis veidrodis, skirtas į atitinkamą netiesinį kristalą kolineariai nukreipti atitinkamą šviesos impulsą.

Minėta kvadratinio jautrio netiesinė medžiaga (3) yra dvejopai laužiantis netiesinis kristalas skirtas optinių harmonikų arba suminio optinio dažnio generavimui (pvz. LBO, BBO, LN, KTP, KDP ir t. t.), periodiškai orientuotas netiesinis kristalas (pvz. PPLN, PPLT, PPKTP ir t. t.), netiesinis kristalas su jame suformuotu bangolaidžiu arba bet koks kitas įrenginys kurio kvadratinio jautrio netiesiškumas nelygus nuliui ($\chi^{(2)} \neq 0$).

Sutankinant laike atskirų lazerinių šaltinių generuojamus šviesos impulsus ir pritaikant papildomas priemones, kai kiekvienas paskiau sklindantis suminio optinio dažnio šviesos impulsas yra sugeneruojamas ir sklinda skirtingose, statmenai šviesos impulsų sklidimo kryptims, kvadratinio jautrio netiesinės medžiagos vietose, tam, kad išvengti minėtos kvadratinio jautrio netiesinės medžiagos lokalaus šilimo ir optinio pažeidimo, įmanoma generuoti megadžaulių (MJ) eilės energijų ir megavatų eilės vidutinių galių suminio optinio dažnio sutankintas laike suminio optinio dažnio šviesos impulsų sekas, sklindančias viena trajektorija ir sudarančias suminio optinio dažnio impulsinį pluoštą.

Be to, pasiūlytas būdas ir įrenginys leidžia, beveik neribotai didinti sutankintos laike suminio optinio dažnio impulsų sekos vidutinę galia, proporcingai didinant atskirų lazerių skaičių, kiekvienas atskiras lazerinis šaltinis arba atskirų lazerinių šaltinių pora yra pridodamas(-ma) nepriklausomai nuo kitų atskirų lazerinių šaltinių.

Be to, sutankinant laike atskirų lazerinių šaltinių generuojamus šviesos impulsus, yra generuojami didesnio – suminio optinio dažnio šviesos impulsai, dėl to nereikia papildomų priemonių optinio dažnio dvigubimui.

Be to, sutankinant laike atskirų lazerių generuojamus šviesos impulsus būdas nėra jautrus atskirų lazerinių šaltinių degradacijai, sutankintos laike suminio optinio dažnio impulsų sekos energija ir vidutinė galia sumažėja proporcingai nustojusių veikti lazerinių šaltinių impulsų energijai ir vidutinei galiai..

Fig. 1. – pasiūlyto įrenginio optinė schema, kurioje atskirų lazerinių šaltinių, skirtingais laiko momentais generuojami šviesos impulsai sutankinami laike, generuojant suminio optinio dažnio impulsus vienoje kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje.

Fig. 2. – pasiūlyto įrenginio optinė schema, kurioje atskirų lazerinių šaltinių generuojami šviesos impulsai (lazeriniai šaltiniai nepavaizduoti) sutankinami laike, generuojant suminio optinio dažnio impulsus keliose kvadratinio jautrio netiesinėse medžiagose.

Fig. 3. – pasiūlyto įrenginio optinė schema, kur lazeriniai šaltiniai yra suformuoti iš vieno pradinio lazerio ir pluošto daliklio, kuris padalina pradinio lazerio generuojamus šviesos impulsus į kelias atskiras šakas, kuriose yra įjungtos atitinkamos vėlinimo linijos su skirtingu užlaikymu ir lazeriniai stiprintuvai, suformuojantys lazerinius šaltinius.

Fig. 4. – pavaizduota atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų sklaidimo trajektorijų ir sutankintų laike suminio optinio dažnio šviesos impulsų sekų sklaidimo trajektorijos kampinis pasiskirstymas, kai yra tenkinamos pirmo tipo nekolinearaus fazinio sinchronizmo sąlygos ir sumuojami šviesos impulsai yra vienodai poliarizuoti

Fig. 5. – pavaizduota atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų sklaidimo trajektorijų ir sutankintų laike suminio optinio dažnio šviesos impulsų sekų sklaidimo trajektorijos kampinis pasiskirstymas, kai tenkinant antro tipo nekolinearaus fazinio sinchronizmo sąlygas, sumojami šviesos impulsai yra statmenai poliarizuoti.

Fig. 6. – pavaizduota pasiūlyto įrenginio optinė schema, kurioje atskirų lazerinių šaltinių, skirtingais laiko momentais generuojami šviesos impulsai yra sutankinami laike į suminio optinio dažnio šviesos impulsų sekas, besisukančiu veidrodžiu skenuojant šviesos impulsų trajektorijas kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje.

Fig. 7. – pavaizduota pasiūlyto įrenginio optinė schema, kurioje impulsų trajektorijos kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje keičiamos sukant-slenkant pačią kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą.

Siūlomas šviesos impulsų sutankinimo laike būdas apima šią operacijų seką: atskirų lazerinių šaltinių generuojamus šviesos impulsus iš anksto numatytais laiko momentais nukreipia į bent vieną kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą fazinio sinchronizmo kryptimis, kuriomis sklisdami šviesos impulsai kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje tenkina netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas ir skirtingais laiko momentais generuoja suminio optinio dažnio impulsus, kurie laike tarpusavyje nepersikloja, sklinda ta pačia kryptimi bei sudaro laike sutankintų šviesos

impulsų pluoštą.

Iš minėtų lazerinių šaltinių nekolineariai nukreipti impulsai į kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą patenka poromis, kurioje kiekvienos poros impulsai persikloja ir, tenkinant nekolinearios netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas, skirtingais laiko momentais generuoja atitinkamus suminio optinio dažnio impulsus. Iš lazerinio šaltinio į kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą kolinearai nukreipti centriniai impulsai, tenkinant kolinearos netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas, skirtingais laiko momentais taip pat generuoja atitinkamus suminio optinio dažnio impulsus, kur visi sugeneruoti paminėti suminio optinio dažnio impulsai sklinda ta pačia kryptimi, kurie laike tarpusavyje nepersikloja bei sudaro laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą.

Siūlomas šviesos impulsų sutankinimo laike įrenginys, kuriame atskirų lazerinių šaltinių ($11 - 1n$) generuojami šviesos impulsai 2 yra sutankinami laike pavaizduotas Fig. 1. Atskirų lazerinių šaltinių generuojami šviesos impulsai 2 tarpusavyje yra laike užvėlinti, taip, kad suminio optinio dažnio šviesos impulsai 4, sugeneruoti kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje 3, tarpusavyje laike nepersikloja ir, sklisdami viena trajektorija, sudaro suminio optinio dažnio impulsų seką 5. Tam, kad šviesos impulsai tarpusavyje būtų tiksliai laike užvėlinti, atskirų lazerinių šaltinių ($11 - 1n$) yra laike sinchronizuojami sinchronizavimo įrenginiu 6.

Fig. 2 pavaizduotas kitas šviesos impulsų sutankinimo laike įrenginys, kuriame iš keleto atskirų lazerinių šaltinių (lazeriniai šaltiniai nepavaizduoti) generuojami šviesos impulsai 2 nukreipiami į pirmąją kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą 3 ir tenkinant netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas yra generuojami suminio optinio dažnio impulsai 4. Minėti suminio optinio dažnio impulsai 4 pro dichroinį veidrodį 7 nukreipiami į sekančias – paskui išdėstytas kvadratinio jautrio netiesines medžiagas 3', 3'', ... Kiekvieno likusių sekančių atskirų lazerinių šaltinių generuojami šviesos impulsai 2', 2'', ... nukreipiami į sekančias – kiekvieną atskirai – paskiau išdėstytas kvadratinio jautrio netiesines medžiagas 3', 3'', ... ir tenkinant netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas, kiekvienoje šių kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje 3', 3'', ... yra generuojami suminio optinio dažnio šviesos impulsai 4', 4'', ..., kurie yra atskirti laike, nepersikloja tarpusavyje ir sklinda viena trajektorija, sudarydami suminio optinio dažnio impulsų seką 5.

Fig. 3 pavaizduota schema analogiška Fig 1. Šioje scheme vietoje sinchronizavimo įrenginio 6, naudojamas pradinis vedantysis-užduodantysis lazeris 8, pluošto daliklis 9, kuris padalina pradinio lazerio 8 impulsus į kelias šakas, vėlinimo linijos (101-10n) ir lazeriniai stiprintuvai, suformuojantys lazerinius šalinius (11 -1n). Pradinio užduodančiojo impulsinio lazerio 8 generuojamus šviesos impulsus skaidulinis šakotuvas 9 padalina į keletą šakų, kuriose yra įjungtos skirtingo užlaikymo linijos, būtent skirtingo ilgio optinės skaidulos (101 -10n), skirtos impulsų užvėlinimui laike.

Fig. 4. pavaizduota atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų sklaidimo trajektorijų ir sutankintų lake suminio optinio dažnio šviesos impulsų sekų sklaidimo trajektorijos, kampinis pasiskirstymas, kai yra tenkinamos pirmo tipo nekolinearaus fazinio sinchronizmo sąlygos, kai sumuojami šviesos impulsai yra vienodai poliarizuoti. Vienodų optinių dažnių, atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų 2 trajektorijų kampinis išsidėstymas, tenkinant nekolinearios sąveikos pirmo tipo fazinio sinchronizmo sąlygas kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje 3, sudaro žiedą 14 ir atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų 2 trajektorijos susikerta viename taške, kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje 3, sudarydamos kūgį (Fig. 4a). Skirtingų optinių dažnių, atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų trajektorijų kampinis išsidėstymas, tenkinant nekolinearios sąveikos pirmo tipo fazinio sinchronizmo sąlygas kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje 3, sudaro koncentrinį žiedų 14 sistemą (Fig. 4b) ir atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų 2 trajektorijos susikerta viename taške, kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje, sudarydamos kūgius. Suminio optinio dažnio impulsų sekų 5 trajektorijos kryptis yra žiedo(-ų) centre, aplink kurią simetriškai poromis yra išsidėčiusios atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų 2 trajektorijų kryptys. Diagramose atidėti dydžiai (θ_x , θ_y), yra kampinės koordinatės.

Fig.5. pavaizduota atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų sklaidimo trajektorijų ir sutankintų lake suminio optinio dažnio šviesos impulsų sekų sklaidimo trajektorijos kampinis pasiskirstymas, kai yra tenkinamos antro tipo nekolinearaus fazinio sinchronizmo sąlygos, kai sumuojami šviesos impulsai yra statmenai poliarizuoti. Vienodų optinių dažnių, atskirų lazerinių šaltinių generuojamų

šviesos impulsų 2 trajektorijų kampinis išsidėstymas, tenkinant nekolinearios sąveikos antro tipo fazinio sinchronizmo sąlygas kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje, sudaro du, vienas kito atžvilgiu pasislinkusius žiedus 14 ir atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų 2 trajektorijos susikerta viename taške, kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje 3, sudarydamos du kūgius susikertančiomis viršūnėmis (Fig. 5a). Pirmu ir antru kūgiais sklindantys šviesos impulsai 2 yra statmenai poliarizuoti. Skirtingų optinių dažnių, atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų trajektorijų kampinis išsidėstymas, tenkinant nekolinearios sąveikos antro tipo fazinio sinchronizmo sąlygas kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje, sudaro dvi, viena kitos atžvilgiu paslinktas koncentrinį žiedų 14 sistemas (Fig. 5b) ir atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų 2 trajektorijos, kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje 3, susikerta viename taške sudarydamos kūgius. Suminio optinio dažnio impulsų sekų 5 trajektorijos kryptis yra menėtų kūgių viršūnėje, aplink kurią simetriškai poromis yra išsidėsčiusios atskirtų apertūrų lazerių generuojamų šviesos impulsų 2 trajektorijų kryptys. Diagramose atidėti dydžiai (θ_x, θ_y) , yra kampinės koordinatės.

Fig. 6. pavaizduotas pasiūlyto atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų sutankinimo laike patobulintas įrenginys, skenuojantis sklindančių šviesos impulsų trajektorijas kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje, tam, kad išvengti optinio pažeidimo ir fazinio sinchronizmo sąlygų išderinimo dėl sugertos spinduliuotės išsiskiriančios šilumos kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje. Įrenginys skirtas generuoti ypač didelės energijos ir didelės vidutinės galios suminio optinio dažnio šviesos impulsų sekas. Įrenginys susideda iš atskirų lazerinių šaltinių $(11 - 1n)$ generuojančių šviesos impulsus 2, dichroinio veidrodžio 15, pro kurį sklinda atskirų lazerinių šaltinių $(11 - 1n)$ generuojami šviesos impulsai 2, besisukančio aplik ašį 17 pleištinio veidrodžio 16, skirto šviesos impulsų 2 sklidimo krypties keitimui-skanavimui, lęšio 18 pastatyto židinio nuotolyje atžvilgiu besisukančio veidrodžio 16, kuris skirtas šviesos impulsų 2 sklidimo trajektorijų optinei Furjė transformacijai atlikti, kvadratinio jautrio netiesinės medžiagos (3), patalpintos lęšio 18 židinio nuotolyje, kuri skirta šviesos impulsų 2 sumavimui į suminio optinio dažnio šviesos impulsų 4 sekas 5, veidrodžio 19, skirto atgal atspindėti suminio optinio dažnio šviesos impulsų 4 sekas 5. Suminio optinio dažnio impulsų 4 sekos 5 sklinda atgal pro kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą 3, lęšį 18, atspindi nuo besisukančio veidrodžio 16 ir atspindi nuo dichroinio veidrodžio 15. Kiekvienas sekantis atskirų lazerinių šaltinių

(11 -1n) generuojamų šviesos impulsų 2 ir suminio optinio dažnio šviesos impulsų 4 sklinda pro skirtingą kvadratinio jautrio netiesinės medžiagos 3 vietą. Įrenginio išėjime sutankintų laike suminio optinio dažnio šviesos impulsų 4 sekos 5 sklinda viena, nekintančia, trajektorija.

Fig. 7. pavaizduotas pasiūlyto atskirų lazerinių šaltinių generuojamų šviesos impulsų sutankinimo laike patobulintas įrenginys, skanuojantis sklindančių šviesos impulsų trajektorijas kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje, tam, kad išvengti optinio pažeidimo ir fazinio sinchronizmo išderinimo dėl sugertos spinduliuotės išsiskiriančios šilumos kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje. Įrenginys skirtas generuoti ypač didelės energijos ir didelės vidutinės galios suminio optinio dažnio šviesos impulsų sekas. Įrenginys susideda iš kvadratinio jautrio netiesinių medžiagų 3 kurios pritvirtintos prie besisukančio cilindro 20. Besisukantis cilindras 20 yra laidus šilumai ir turi gera šiluminį kontaktą su kvadratinio jautrio netiesinėmis medžiagomis 3. Atskirų lazerinių šaltinių (lazeriniai šaltiniai nepavaizduoti) generuojami šviesos impulsai 2 yra nukreipiami į kvadratinio jautrio netiesines medžiagas 3 pritvirtintas prie besisukančio cilindro 20, kurios skirtos šviesos impulsų sumavimui į suminio optinio dažnio šviesos impulsų sekas. Krentantys šviesos impulsai 2 ir suminio optinio dažnio impulsų 4 sekos 5, besisukant cilindrai 20, sklinda pro skirtingas kvadratinio jautrio netiesinių medžiagų 3 vietas ir išsiskirianti šiluma, dėl optinės sugerties kvadratinio jautrios netiesinėse medžiagose 3, yra išsklaidoma.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Šviesos impulsų sutankinimo laike būdas, kai atskirų lazerinių šaltinių (11...1n) generuojamus šviesos impulsus (2) nukreipia į optinę priemonę, skirtą šviesos impulsus iš skirtingų lazerinių šaltinių išdėstyti vienoje šviesos impulsų sekoje, kurioje minėti impulsai sklinda ta pačia trajektorija, sudarydami laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą, besiskiriantis tuo, kad minėta optinė priemonė yra bent viena kvadratinio jautrio netiesinė medžiaga (3), į kurią iš skirtingų lazerinių šaltinių (11...1n) nukreipia iš anksto numatytais laiko momentais šviesos impulsus (2) fazinio sinchronizmo kryptimis, kuriomis sklisdami šviesos impulsai (2) kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje (3) tenkina netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas ir skirtingais laiko momentais generuoja suminio optinio dažnio impulsus (4), kurie laike tarpusavyje nepersikloja, sklinda ta pačia kryptimi bei sudaro laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą (5).

2. Būdas pagal 1-ą punktą, besiskiriantis tuo, kad iš lazerinių šaltinių (11...1n) nekolineariai nukreipti impulsai (2) į kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą (3) patenka poromis, kurioje kiekvienos poros impulsai persikloja ir, tenkinant nekolinearios netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas, skirtingais laiko momentais generuoja atitinkamus suminio optinio dažnio impulsus (4), o iš lazerinio šaltinio (1k) į kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą (3) kolineariai nukreipti centriniai impulsai (2), tenkinant kolinearios netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas, skirtingais laiko momentais taip pat generuoja atitinkamus suminio optinio dažnio impulsus (4), kur visi sugeneruoti paminėti suminio optinio dažnio impulsai (4) sklinda ta pačia kryptimi, ir kurie laike tarpusavyje nepersikloja bei sudaro laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą (5).

3. Šviesos impulsų sutankinimo laike įrenginys, apimantis keletą atskirų lazerinių šaltinių (11...1n), generuojančių šviesos impulsus (2), optiką, nukreipiančią šviesos impulsus į optinę priemonę, skirtą iš skirtingų lazerinių šaltinių generuojančius šviesos impulsus išdėstyti vienoje šviesos impulsų sekoje, kurioje minėti impulsai sklinda ta pačia trajektorija, sudarydami laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą, besiskiriantis tuo, kad minėta optinė priemonė yra bent viena kvadratinio jautrio netiesinė medžiaga (3), į kurią yra nukreipiami iš skirtingų lazerinių

šaltinių (11...1n) generuojami šviesos impulsai (2), bei turi priemonę, skirtą iš skirtingų lazerinių šaltinių (11...1n) generuojamus šviesos impulsus (2) nukreipti į minėtą bent vieną kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą (3) iš anksto nustatytais laiko momentais, kurioje, tenkinant netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas, yra generuojami skirtingais laiko momentais suminio optinio dažnio impulsai (4), sklindantys ta pačia kryptimi, tarpusavyje laike nepersiklotų bei sudarytų laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą (5).

4. Įrenginys pagal punktą 3, besiskiriantis tuo, kad minėta priemonė, skirta iš skirtingų lazerinių šaltinių (11...1n) generuojamus šviesos impulsus (2) nukreipti į minėtą bent vieną kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą (3) iš anksto nustatytais laiko momentais yra sinchronizavimo įrenginys (6), kuris sinchronizuoja lazerinių šaltinių (11...1n) generuojamus impulsus (2) taip, kad jie į kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą (3) patektų iš anksto numatytais laiko momentais, užtikrinant, kad kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje (3) sugeneruoti skirtingais laiko momentais suminio optinio dažnio impulsai (4), sklindantys ta pačia kryptimi, tarpusavyje laike nepersiklotų bei sudarytų laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą (5).

5. Įrenginys pagal punktą 3, besiskiriantis tuo, kad minėta priemonė, skirta iš skirtingų lazerinių šaltinių (11...1n) generuojamus šviesos impulsus (2) nukreipti į minėtą bent vieną kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą (3) iš anksto nustatytais laiko momentais yra sukonstruota taip, kad minėti lazeriniai šaltiniai (11...1n) yra suformuoti iš vieno pagrindinio lazerio (8) ir pluošto daliklio (9), kuris padalina šio lazerio (8) generuojamus šviesos impulsus į kelias atskiras šakas, kuriose yra įjungtos atitinkamos vėlinimo linijos (101-10n) su skirtingu užlaikymu ir lazeriniai stiprintuvai, suformuojantys lazerinius šaltinius (11...1n), kur į minėtas atskiras šakas kiekvienos iš įjungtų vėlinimo linijų (101-10n) užlaikymas yra parinktas toks, kad į kvadratinio jautrio netiesinę medžiagą (3) generuojami šviesos impulsai (2) patektų iš anksto numatytais laiko momentais, užtikrinant, kad kvadratinio jautrio netiesinėje medžiagoje (3) skirtingais laiko momentais sugeneruoti suminio optinio dažnio impulsai (4), sklindantys ta pačia kryptimi, tarpusavyje laike nepersiklotų bei sudarytų laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą (5).

6. Įrenginys pagal bet kurį iš 3 - 5 punktų, besiskiriantis tuo, kad minėtą optinę priemonę sudaro keletas kvadratinio jautrio netiesinių medžiagų (3, 3', 3''), nuosekliai išdėstytų toje pačioje optinėje ašyje, į kurias iš anksto numatytais laiko momentais yra nukreipiami iš skirtingų lazerinių šaltinių (11 -1n) generuojami atitinkami šviesos impulsai (2, 2', 2'') ir kiekvienoje kurių, tenkinant netiesinės sąveikos fazinio sinchronizmo sąlygas, skirtingais laiko momentais yra generuojami suminio optinio dažnio impulsai (4), sklindantys ta pačia kryptimi, tarpusavyje laike nepersikloja bei sudaro laike sutankintų šviesos impulsų pluoštą (5).

7. Įrenginys pagal 6 punktą, besiskiriantis tuo, kad tarp gretimų netiesinių medžiagų (3, 3'), (3', 3'') yra išdėstytas atitinkamas dichroinis veidrodis (7, 7'), skirtas į atitinkamą netiesinę medžiagą (3', 3'') kolinearčiai nukreipti atitinkamą šviesos impulsą (2', 2'').

8. Įrenginys pagal bet kurį iš 3 - 6 punktų, besiskiriantis tuo, kad minėtos kvadratinio jautrio netiesinės medžiagos (3, 3', 3'') yra dvejopai laužiantis netiesinis kristalas skirtas optinių harmonikų arba suminio optinio dažnio generavimui (pvz. LBO, BBO, LN, KTP, KDP ir t. t.), periodiškai orientuotas netiesinis kristalas (pvz. PPLN, PPLT, PPKTP ir t. t.), netiesinis kristalas su jame suformuotu bangolaidžiu arba bet koks kitas įrenginys kurio kvadratinio jautrio netiesiškumas nelygus nuliui ($\chi^{(2)} \neq 0$).

9. Įrenginys pagal bet kurį iš 3 - 6 punktų besiskiriantis tuo, kad minėti lazeriniai šaltiniai (11...1n), generuojantys šviesos impulsus (2), yra šviesolaidiniai lazeriai.

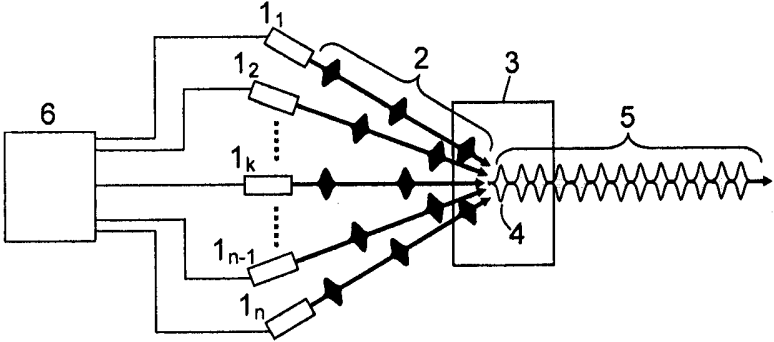


Fig.1

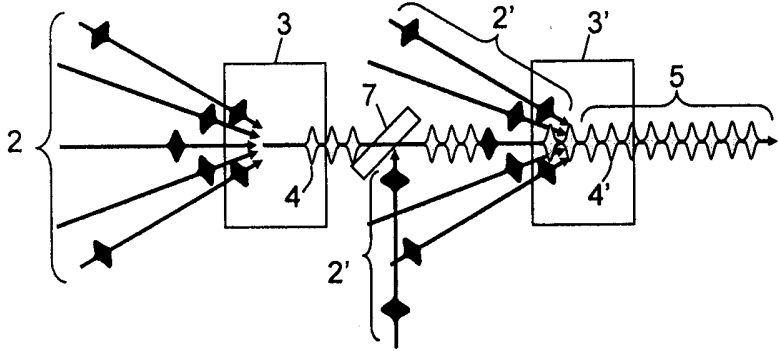


Fig.2

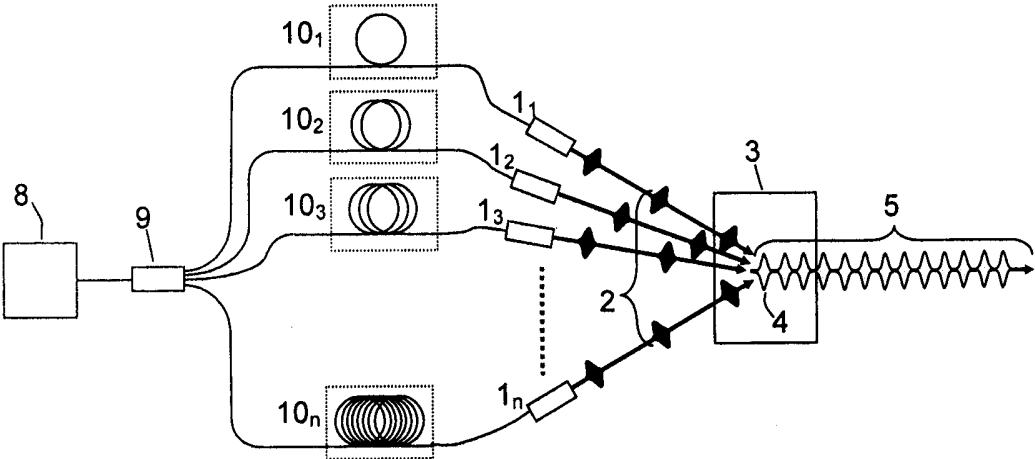


Fig.3

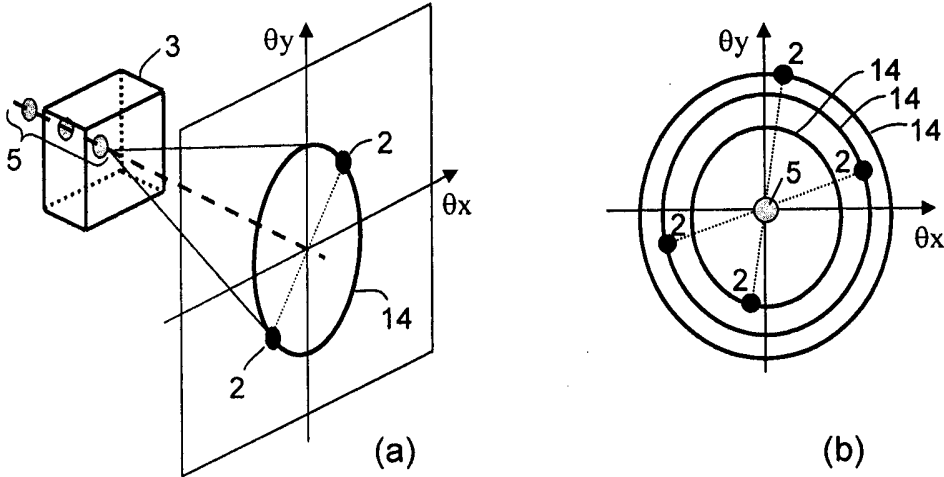


Fig.4

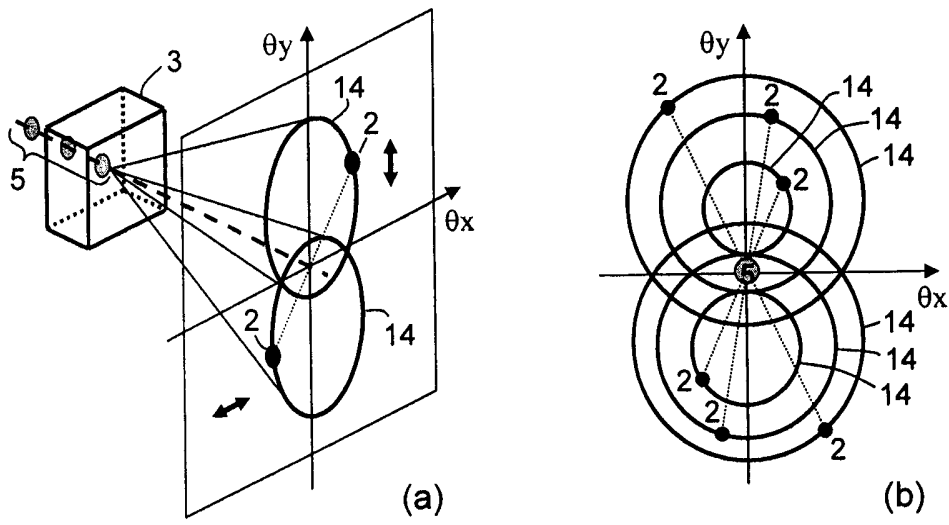


Fig.5

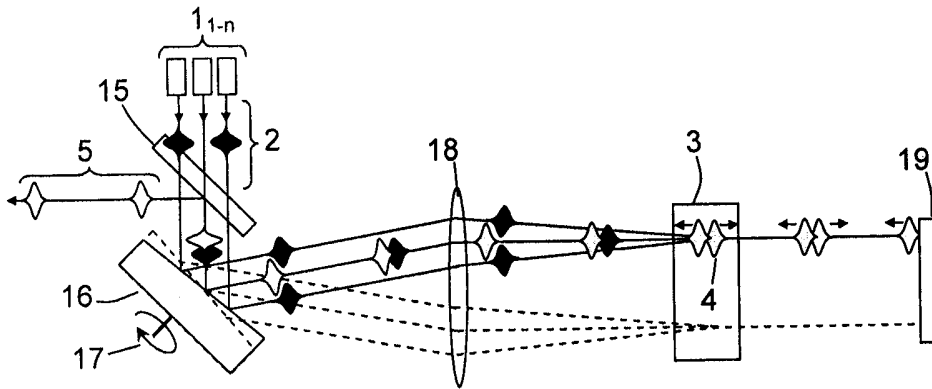


Fig.6

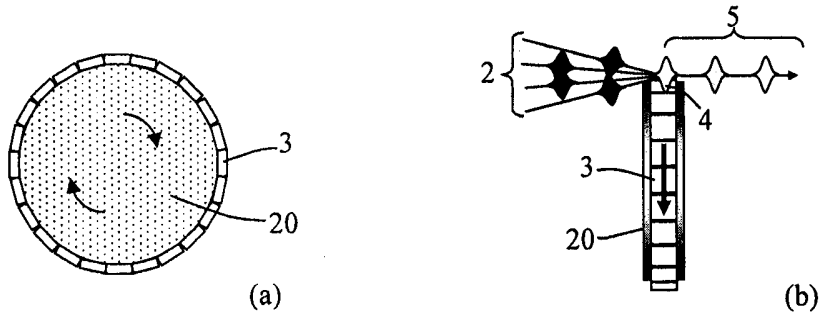


Fig. 7