

(19)



(10) **LT 5725 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patento numeris: **5725**

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

(21) Paraiškos numeris: **2009 070**

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

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2011 03 25**

(45) Patento paskelbimo data: **2011 05 25**

(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:

**Michailas GRIŠINAS, LT**  
**Andrejus MICHAILOVAS, LT**

(73) Patento savininkas:

**UAB „EKSPLA“, 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:

**Daugiadiskinis išilginio sužadinimo aktyvusis elementas su jo kaupinimo schema**

(57) Referatas:

Išradimas priklauso lazerių sričiai, būtent daugiadiskiniams išilginio sužadinimo elementams, kuriuose naudojamos plono disko geometrijos stiprinimo medžiagos ir gali būti panaudotas lazerinei spinduliutei generuoti arba stiprinti. Daugiadiskinis išilginio sužadinimo aktyvusis elementas turi bent dvi vieną prieš kitą lygiagrečiai išdėstytas aktyviosios lazerio terpės plokšteles, išorėje turinčias aukšto atspindėjimo sluoksnius, bei termiškai susietas su šaldymo priemone. Kaupinantis srautas sklinda vidinėje ertmėje tarp minėtų plokštelių išilgai aktyviojo elemento zigzago formos trajektorija bei suformuoja plokštelėse sužadintus diskus, sukeliant lazerinės spinduliuotės generaciją ir suformuojant vidinėje srityje bendrą zigzago formos generuojamą lazerinį srautą, kuris yra kolinearus bei suderintas erdvėje su kaupinančiu srautu. Daugiadiskinio aktyviojo elemento konstrukcijai supaprastinti bei išseinančios spinduliuotės galiai padidinti kaupinantis srautas aktyviojo elemento sritį praeina zigzagine trajektorija bent du kartus, o suformuoto sužadinto disko storis (h) yra žymiai mažesnis už jo skersmenį (d), bei disko storis parinktas tenkinant sąlygą, kad bent du kaupinančio srauto praėjimus bendras sugertiems koeficientas aktyviajame elemente būtų apie 90 %.

Išradimas priklauso lazerių sričiai, būtent optinių rezonatorių aktyviosios terpės struktūroms arba formoms, kuriose naudojamos kietakūnės plono disko geometrijos stiprinimo medžiagos ir gali būti panaudotas lazerinei spinduliuotei generuoti arba stiprinti.

Kietakūnės plono disko geometrijos stiprinimo medžiagos yra gerai žinomos lazerių osciliatoriuose bei stiprintuvuose. Palyginus su įprastiniais strypo formos aktyviaisiais elementais galinio ir šoninio sužadinimo konstrukcijose, pagrindiniai plono disko geometrijos privalumai yra geresnis šiluminis valdymas, maži šilumos sukelti lazerio spinduliuotės iškraipymai, o žemas šilumos sukeltų lazerio spinduliuotės iškraipymų lygis leidžia sukonstruoti galingus lazerius, veikiančius vienos skersinio tipo modos režimu (pagrindė  $TEM_{00}$  moda), kuris užtikrina aukštą spinduliuotės kokybę. Kietakūnės plono disko aktyviosios medžiagos leidžia lengvai didinti kaupinančio srauto galią. Vienu metu galima padidinti kaupinančio srauto galią bei proporcingai kaupinančio srauto dėmės ir lazerio spinduliuotės plotą, išlaikant tą patį išeinančio srauto intensyvumą. Šiuo atveju plono disko lazerio pagrindiniai parametrai išlieka tie patys, kadangi jie yra sužadinimo intensyvumo funkcija.

Lazerių su aukščiau paminėtais plono disko aktyviaisiais elementais galios keitimo galimybė turi tam tikrų apribojimų. Efektyvi  $TEM_{00}$  modos generacija yra galima tada, kai bendras bangos fronto iškraipymas yra mažesnis nei  $\lambda/4$ . Tokį reikalavimą yra labai sudėtinga išpildyti kai yra didelis modos diametras (tarkim daugiau nei keli milimetrai, kai generuojamas  $1\ \mu\text{m}$  bangos ilgis). Be to, plono disko geometrijai būdinga savybė – didelis skirtumas tarp išilginio ir skersinio stiprinimo. Tam tikromis aplinkybėmis, skersinis stiprinimas gali būti toks aukštas, kad sustiprinta spontaninė emisija (SSE) ta kryptimi neigiamai veikia lazerio spinduliuotės savybes. Pagrindinis plono disko geometrijos privalumas yra tas, kad disko diametras (arba tiksliau sužadinimo dėmės diametras) yra daug didesnis nei disko storis. Kuo aukštesnis šio santykio koeficientas, tuo geresnis sistemos veikimas, žiūrint šiluminio valdymo aspektu. Kita vertus, kuo aukštesnis šio santykio koeficientas, tuo aukštesnis tampa nepageidaujamas skersinis stiprinimas.

Yra žinoma lazerinė sistema, turinti daugiadiskinį aktyvųjį elementą, apimančią lygiagrečiai išdėstytus viršutinį ir apatinį šaldančius strypus, ant kurių vidinės pusės sumontuota daugybė

aktyviosios medžiagos plonų diskų, kurie yra simetriškai išdėstyti pakaitomis atitinkamai ant minėtų viršutinio ir apatinio strypų, bei kiekviename minėtame strype sumontuota daugybė sužadinimo šviesos diodų, kurie išdėstyti priešais atitinkamus aktyviosios medžiagos diskus taip, kad kiekvienas aktyviosios medžiagos diskas turi priešais jį esantį kitame strype išdėstytą sužadinimo šviesos diodą. Lazerio sistema yra sukonstruota taip, kad generuojamos lazerinės spinduliuotės srautai krenta į diskus tam tikru kampu bei sudaro bendrą zigzago formos generuojamą lazerinės spinduliuotės srautą (žiūrėti patentą US 6 987789).

Šioje lazerinėje sistemoje kiekvienas atskiras diskas yra sužadinamas iš priekio individualių sužadinimo šaltinių pagalba. Tokios sistemos trūkumas yra sudėtinga konstrukcija, nes kiekvienam diskui reikia sumontuoti po atskirą sužadinimo lazerinį diodą. Tam, kad užtikrinti efektyvią žadinančio lazerinio diodo šviesos sugertį plonas diskas turi būti pakankamai storas (keli šimtai  $\mu\text{m}$  arba net  $\text{mm}$ ) kas neigiamai atsiliepia šilumos nuvedimui ir atitinkamai spindulio iškraipymams dėl šiluminių/mechaninių įtempimų. Be to, ši sistema yra sudėtingai techniškai realizuojama.

Artimiausias pagal techninę paskirtį yra kieto kūno lazeris, apimantis kietąjį daugiadiskinį aktyvųjį elementą, kuriame aktyviosios terpės diskai yra išdėstyti pakaitomis atitinkamai dvejose priešpriešose lygiagrečiose plokštumose, kiekvienas iš minėtų diskų ant išorinio paviršiaus turi aukšto atspindžio veidrodį ir termiškai yra susietas su šaldymo elementu, be to yra priemonė, generuojanti kaupinantį srautą, kuris krenta iš aktyviojo elemento galo kampu į kraštinio minėto disko vidinį paviršių ir toliau sklisdamas išilgai optinio elemento zigzago formos trajektorija, optiškai sujungia vieną po kito visus minėtus diskus, sužadinant diskų aktyviąją terpę tuo sukeliant lazerinės spinduliuotės generaciją ir suformuojant vidinėje srityje tarp minėtų plokštumų bendrą zigzago formos generuojamą lazerinės spinduliuotės srautą, kuris yra kolinearus bei suderintas erdvėje su sužadinimo šviesos srautu. Šio lazerio rezonatorius turi papildomą fokusuojančią optiką, montuojamą kiekvienoje lazerinės spinduliuotės sklidimo atšakoje tarp dviejų priešpriešais artimiausių diskų, arba žadinanti šviesa, kuri krenta iš viršaus žemyn į aktyvųjį diską, yra specialiai koncentruojama įgaubtą paviršių turinčiu ir viršuje įtaisytu veidrodžiu; aktyvieji diskai gaminami skirtingos koncentracijos arba skirtingo storio, kad būtų pasiekta efektyvi kaupinančio pluošto sugertis (žiūrėti patentą US 6,873,633 B2).

Žinomo daugiadiskinio aktyviojo elemento trūkumas yra sudėtinga konstrukcija ir jo gamybos technologija, dėl to, kad reikalinga papildoma fokusuojanti optika bei būtina aktyviuosius diskus gaminti skirtingos koncentracijos arba skirtingo storio, kad būtų pasiekta efektyvi žadinančios spinduliuotės sugertis. Be to, toks sprendimas su daugybe perfokusuojančių elementų užima nemažai vietos ir yra labai jautrus suderinimo tikslumui.

Išradimu siekiama supaprastinti lazerio daugiadiskinio aktyviojo elemento konstrukciją bei gamybos technologiją, pagerinti jo atsparumą mechaniniam poveikiui, palengvinti suderinimą bei padidinti kietakūnių lazerių, kuriuose naudojamas pasiūlytas daugiadiskinis aktyvusis elementas, išeinančios spinduliuotės galią.

Išradimo esmė yra ta, kad daugiadiskiniame išilginio sužadinimo aktyviajame elemente, skirtame lazerinei spinduliuotei generuoti ir/arba jai stiprinti, apimančiame bent dvi vieną prieš kitą lygiagrečiai išdėstytas aktyviosios lazerio terpės plokšteles, ant išorinio paviršiaus turinčias aukšto atspindėjimo sluoksnį bei termiškai susietas su šaldymo priemone; priemonę, generuojančią kaupinantį srautą, kuris per srauto formavimo optiką krenta iš aktyviojo elemento galo kampu į vieną iš minėtų plokštelių vidinį paviršių ir, toliau sklisdamas vidinėje erdmėje tarp minėtų plokštelių išilgai aktyviojo elemento zigzago formos trajektorija, suformuoja plokštelėse sužadintus diskus, išdėstytus pakaitomis minėtose plokštelėse, bei juos vieną po kito optiškai sujungia, sukeliant lazerinės spinduliuotės generaciją ir suformuojant vidinėje srityje tarp minėtų plokštelių bendrą zigzago formos generuojamą lazerinės spinduliuotės srautą, kuris yra kolinearus bei suderintas erdvėje su kaupinančiu srautu, kaupinantį srautą generuojanti priemonė, sukonstruota ir išdėstyta taip, kad bent vienas kaupinantis srautas, krentantis kampu į minėtos plokštelės vidinį paviršių ir atsispindintis nuo jos išorinio atspindinčiojo sluoksnio, aktyviojo elemento sritį tarp minėtų lygiagrečių plokštelių praeitų zigzagine trajektorija bent du kartus, vieną kartą tiesiogine kryptimi, o kitą - priešinga kryptimi, o suformuoto sužadinto disko storis ( $h$ ) yra žymiai mažesnis už jo skersmenį ( $d$ ), bei disko storis parinktas tenkinant sąlygą, kad bent per du kaupinančio srauto praejimus per aktyvųjį elementą bendras sugerties koeficientas aktyviajame elemente būtų apie 90%.

Esant sužadinto disko storiui ( $h$ ) žymiai mažesniui už jo skersmenį ( $d$ ), kaupinantis srautas efektyviai paverčiamas į lazerinės spinduliuotės srautą, o kaupinančiam srautui praeinant aktyvųjį elementą bent du kartus (vieną – tiesiogine kryptimi, kitą – priešinga kryptimi) bendras jo sugerties koeficientas aktyviajame elemente yra apie 90%. Pasiūlyto aktyviojo elemento konstrukcijoje sužadinimo diskai yra vienodo storio bei vienodos koncentracijos,

todėl supaprastėja jo gamybos technologija, konstrukcija nesudėtinga ir kompaktiška, o aktyviojo daugiadiskinio elemento panaudojimas kietakūniuose lazeriuose padidina jų išeinančios (generuojamos) spinduliuotės galią.

Suformuotų sužadintų diskų storis sutampa su plokštelės, kuriame jis suformuotas, storiu bei yra ne daugiau 100  $\mu\text{m}$ .

Mažas plokštelės storis leidžia efektyviai nuvesti šilumą iš sužadinimo zonos ir minimizuoja šiluminius gradientus, o to pačiu ir su jais susijusių mechaninių įtempimų atsiradimą. Mažesni įtempimai leidžia pakelti generuojamo srauto galią be pavojaus suardyti aktyviąją terpę.

Tokio plokštelės storio visiškai pakanka, kad ji būtų efektyviai šaldoma, o kaupinančio srauto sukelta sugertis pasiskirstytų per visą plokštelės tūrį, t.y. plokštelės tūris būtų efektyviai išnaudojamas.

Kiekvienas sužadintas diskas gali būti suformuotas atskiroje lazerio aktyviosios terpės plokštelėje, o plokštelės, kuriose formuojami minėti diskai, pakaitomis išdėstytos ant atliekančių šaldymo funkciją priešpriešų laikiklių, bei prie jų pritvirtintos pasirinktinai, pavyzdžiui, optiniu kontaktu, difuziniu pritvirtinimu, litavimu ir kitaip naudojant, pavyzdžiui, klijus, lydmetalį, šilumai laidžią tarpinę ir kitas šilumai laidžias medžiagas.

Toks aktyviosios medžiagos plokštelių tvirtinimas prie šaldančiosios medžiagos užtikrina efektyvų šilumos nuvedimą.

Aktyviajame elemente zigzago trajektorija sklindančio kaupinančio srauto kritimo į kiekvienos minėtos plokštelės paviršių kampas yra artimas Briusterio kampui.

Esant poliarizuotiems kaupinčiam ir sugeneruotam srautams, kai jų kritimo kampas yra artimas Briusterio kampui, sumažėja nuostoliai dėl atspindžių nuo nedengtų skaidrinančiom dangom paviršių.

Suformuoto sužadinto disko plotas gali būti mažesnis už minėtos plokštelės, kurioje suformuotas atitinkamas diskas, plotą.

Tai leidžia viename pagamintame (pagamintame vieno technologinio proceso metu) optiniame elemente (plonoje plokštelėje) suformuoti daug plonų sužadintų diskų, turinčių identiškas savybes. Šituo pabrėžiamas produkto technologiškumas.

Vienas po kito einantys sužadinti diskai, esantys skirtingose lygiagretėse eilėse išdėtyti taip, kad, statmena diskų paviršiui kryptimi, tarpusavyje vienas su kitu nepersidengtų.

Ant kiekvienos plokštelės išorinio paviršiaus esantis atspindintis sluoksnis yra dielektrinis daugiasluoksnis veidrodis, kuris neatspindi generuojamo bangos ilgio šviesos, krentančios į veidrodį nuliniu kampu.

Minėta aktyviosios lazerio terpės plokštelė yra pleišto formos.

Aukščiau paminėti požymiai leidžia išvengti nepageidaujamo parazitinio lazerinio spinduliavimo, kuris gali atsirasti daugiadiskinio aktyviojo elemento viduje.

Toje pačioje eilėje esantys gretimi minėti aktyviosios lazerio terpės diskai aktyviojo elemento skersine kryptimi yra optiškai atskirti sustiprintos spontaninės emisijos (SSE) slopinimo priemone, pavyzdžiui, SSE sugėrikiais.

Tai leidžia išvengti nepageidaujamo skersinio stiprinimo, kuris neigiamai veikia lazerio spinduliuotės savybes.

Minėti sužadinti diskai gali būti suformuoti sudėtinės monolitinės struktūros dvejose aktyviosios lazerio terpės plokštelėse, kurios išdėstytos atitinkamai ant pagrindo priešingų lygiagrečių šonų ir optinės sąsajos pagalba prie jų pritvirtintos, kur pagrindas yra iš skaidrios, pralaidžios kaupinančiam ir generuojamam lazeriniams srautams, optinės medžiagos, o kaupinantis srautas, praeidamas zigzaginiu keliu išilgai minėto pagrindo, minėtuose aktyviosios lazerio terpės plokštelėse suformuoja minėtus sužadintus diskus.

Monolitinės struktūros privalumai yra šie: galima naudoti pilną vidinį atspindį kaupinančiam ir generuojamam srautams vietoje garinamų dielektrinių veidrodžių; jei užtenka apie 50  $\mu\text{m}$  ir mažesnio aktyviojo sluoksnio storio, kad būtų sugerta apie 90% kaupinimo, tai monolitine struktūros techninė realizacija yra paprastesnė, nei atskirų aktyviosios medžiagos plokštelių atveju; paprastesnis tokio elemento tvirtinimas prie šaldančių plokštelių.

Monolitinės struktūros pagrindas gali būti parinktas iš tokių medžiagų (kristalų) kaip  $\text{GdVO}_4$ , YAG,  $\text{YVO}_4$  arba YLF ir pan., o aktyviosios lazerio terpės plokštelė gali būti parinkta iš tokių pat minėtų medžiagų legiruotų Nd ar Yb jonais, arba kitaip legiruotų kristalų, o tarp pagrindo ir aktyviosios lazerio terpės plokštelės optinė sąsaja gali būti gauta difuzinio ryšio, sluoksnio užauginimo arba gilaus optinio kontakto būdu.

Toks legiruotų sluoksnių sujungimas su skaidriu pagrindu yra be optinės ribos, o tai reiškia, kad išvengiama optinis atspindys tarp gretimų sluoksnių, nebereikia derinti nei kaupinančios,

nei generuojamos spinduliuotės poliarizacijų, sumažėja Frenelio atspindžio nuostoliai. Tuo atveju, kai naudojami anizotropiniai lazeriniai kristalai, pvz., YVO, monolitinė struktūra supaprastina kaupinimo poliarizacijos valdymą, nes nereikia derinti kaupinančio srauto minimalių nuostolių poliarizacijos ir maksimalios kaupinimo sugerties poliarizacijos kryptių.

Minėtose aktyviosios lazerio terpės plokštelėse suformuoti sužadinti diskai aktyviojo elemento skersine kryptimi monolitinėje struktūroje yra atskirti grioveliais, skirtais optiškai atskirti sustiprintą spontaninę emisiją (SSE).

Tai leidžia išvengti nepageidaujamo skersinio stiprinimo, kuris neigiamai veikia lazerio spinduliuotės savybes.

Aukšto atspindžio sluoksnis yra pilno vidinio atspindžio paviršius, o šaldymo plokštės išdėstytos monolitinės struktūros šonuose.

Kaip jau minėta aukščiau, pilnas vidinis atspindys leidžia atsisakyti dviejų dielektrinių veidrodžių skirtų kaupinamam ir generuojamam srautams atspindėti darbiniu kampu, tuo pačiu metu minimaliai atspindėti generuojamam srautui statmena paviršiui kryptimi. Tai supaprastina daugiadiskinių aktyviųjų elementų gamybą.

Aktyvusis elementas gali būti kaupinamas poliarizuotos šviesos srautais, krentančiais iš priešingų aktyviojo elemento galų.

Nemonolitinės struktūros atveju tai leidžia sumažinti nuostolius dėl atspindžių ir esant anizotropiniam kristalui, pvz., YVO, suderinti kaupinančio srauto poliarizacijos kryptį maksimaliai sugėriai.

Aktyvusis elementas gali būti kaupinamas nepoliarizuotos šviesos srautu, krentančiu iš vieno aktyviojo elemento galo, kuris kitame aktyviojo elemento gale atspindimas atgal, pakeičiama grįžtančio srauto poliarizacija užtikrinant efektyvią grįžtančio srauto sugertį aktyviajame elemente.

Šita konfigūracija ypač patogi užtikrinant tolygų aktyviojo elemento sužadinimą, kai aktyviojo elemento kristalas yra anizotropinis, pvz., YVO. Tik viena nepoliarizuotos šviesos poliarizacijos komponentė yra sugerama per pirmą praėjimą, likusioji poliarizacijos komponentė po poliarizacijos krypties pasukimo sugerama lyg tos šviesos šaltinis yra nepriklausomas. Tokiu būdu užtikrinamas labai tolygus sužadinimas visų atskirų plonų diskų.

Aktyvusis elementas gali būti sužadinamas kaupinančiu srautu, krentančiu iš vieno aktyviojo elemento galo, arba iš abiejų galų, kurie erdvėje suformuoti taip, kad kaupinančio spindulio kaustikos diametras aktyviojo elemento pradžioje skirtųsi mažiau kaip 10% nuo spindulio diametro sąsmaukoje, kuri yra aktyviajame elemente optinio kelio viduryje.

Detaliau išradimas paaiškinamas brėžiniais, kuriuose

Fig.1 – daugiadiskinio išilginio sužadinimo aktyvusis elementas su atskiromis aktyviosios lazerio terpės plokštelėmis bei aktyviajame elemente sklindančiais suderintais kaupinančiu ir generuojamu lazerio spinduliuotės srautais scheminis vaizdas.

Fig.2 – aktyviosios lazerio terpės plokštelės su į ją krentančio ir atspindėjusio kaupinančio srauto trajektorija scheminis vaizdas.

Fig.3 – aktyviosios lazerio terpės plokštelės aktyviajame elemente pagal Fig.1 išilginio pjūvio dalinis vaizdas.

Fig.4 – lazerio rezonatoriaus schema su daugiadiskiniu išilginio sužadinimo aktyviuoju elementu pagal Fig.1 su keturiais kaupinančio srauto praėjimais, kai lazerio terpė yra izotropinė, o kaupinantis srautas yra poliarizuotas.

Fig.5 – lazerio rezonatoriaus schema su daugiadiskiniu išilginio sužadinimo aktyviuoju elementu pagal Fig.1 su dviem kaupinančio srauto praėjimais, kai lazerio terpė yra izotropinė, o kaupinantis srautas yra atsitiktinai poliarizuotas (nepoliarizuotas) arba lazerio terpė yra anizotropinė, o kaupinantis srautas yra poliarizuotas.

Fig.6 – lazerio rezonatoriaus schema su daugiadiskiniu išilginio sužadinimo aktyviuoju elementu su dvipusiu sužadinimu, kai lazerio terpė yra anizotropinė, o kaupinantis srautas yra poliarizuotas (nepoliarizuotas).

Fig.7 – lazerio rezonatoriaus schema su daugiadiskiniu išilginio sužadinimo aktyviuoju elementu su dviem kaupinančio srauto praėjimais, kai lazerio terpė yra anizotropinė, o kaupinantis srautas yra poliarizuotas (nepoliarizuotas).

Fig.8 – kaupinančio srauto sklidimo daugiadiskinio aktyviojo elemento pagal Fig.1 struktūroje vaizdas.

Fig.9 – daugiadiskinio aktyviojo elemento struktūra pagal Fig.1 su sustiprintos spontaninės emisijos (SSE) slopinimo priemone.

Fig. 10 – daugiadiskinio išilginio sužadavimo aktyviojo elemento monolitinė sudėtinė struktūra su išilginiu sužadavimu (SPIS).

Fig.11 – daugiadiskinė monolitinė sudėtinė struktūra su išilginiu sužadavimu (SPIS) pagal Fig.10, susieta su šaldančiom plokštelėmis ir joje sklindančiais suderintais kaupinančiu ir generuojamu lazerinės spinduliuotės srautais scheminis vaizdas.

Fig.12 – monolitinės sudėtinės struktūros su išilginiu sužadavimu (SPIS) pagal Fig.10 dalinis išilginis pjūvis.

Fig.13 – lazerio schema su SPIS struktūra pagal Fig.10.

Fig.14 – SPIS struktūra pagal Fig.10 su sustiprintos spontaninės emisijos (SSE) slopinimu.

Fig. 1 pavaizduotas daugiadiskinis išilginio sužadavimo aktyvusis elementas (1) su atskiromis aktyviosios lazerio terpės plokštelėmis (2), išdėstytomis pakaitomis dvejose lygiagrečiose eilėse, esančiose viena nuo kitos per atstumą ( $H$ ). Kaupinantis srautas (3), kurio diametras ( $d$ ), krenta iš aktyviojo elemento (1) galo kampu ( $\gamma$ ) (Fig.2) į kraštinę plokštelę (2) ir toliau sklindamas vidinėje ertmėje tarp minėtų plokštelių (2) eilių išilgai aktyviojo elemento (1) zigzago formos trajektorija, suformuoja plokštelėse (2) aktyviasias (stiprinimo) zonas, t.y. sužadintus diskus (4) bei juos vieną po kito optiškai sujungia, sukeliant lazerinės spinduliuotės generaciją ir suformuojant vidinėje srityje tarp minėtų plokštelių (2) bendrą zigzago formos generuojamą lazerinės spinduliuotės srautą, kuris yra kolinearus bei suderintas erdvėje su kaupinančiu srautu (3). Plokštelės (2) tvirtinamos atitinkamai pakaitomis prie dviejų priešpriešiai išdėstytų lygiagrečių laikiklių (5), kurie atlieka šaldymo funkciją. Ant aktyviosios terpės plokštelės (2) išorinio paviršiaus yra aukšto atspindėjimo sluoksnis, pavyzdžiui, visiško atspindžio veidrodis (6), gerai atspindintis kaupinančio ir generuojamo srauto bangos ilgį, ir kuris pritvirtintas prie laikiklio (5) pasirinktinai, pavyzdžiui, optiniu kontaktu, difuziniu pritvirtinimu, suvirinimu, litavimu ir kitaip, naudojant šilumai laidų tarpinį sluoksnį (7) (Fig. 3), pavyzdžiui, klijus, lydmetali ir kitas šilumai laidžias medžiagas. Jei tvirtinimas vykdomas be klijavimo, šio sluoksnio nėra. Aktyviosios lazerio terpės plokštelės (2) vidinė plokštuma gali būti padengta skaidrinančia danga (8), kaupinčiam ir generuojamam lazeriniams srautams.

Plokštelės (2) storis ( $h$ ), sutampa su sužadinto disko (4) storiu bei yra žymiai mažesnis už sužadinto disko (4) diametrą ( $D$ ). Disko storis yra ne didesnis nei 100  $\mu\text{m}$ .

Fig. 4 pavaizduotas keturių praėjimų išilginio sužadavimo aktyvusis daugiadiskinis elementas (1), kai aktyvioji lazerio terpė yra izotropinė. Kaupinantį srautą formuojanti priemonė apima poliarizatorių (9), kaupinantį srautą formuojančią optiką (10, 11), selektyvinius veidrodžius (12, 13), turinčius aukštą atspindėjimo koeficientą generuojamam lazerio spinduliuotės bangos ilgiui ir aukštą pralaidumo koeficientą kaupinančio srauto bangos ilgiui,  $\lambda/4$  plokštelę (14) ir kaupinantį bangos ilgį atspindinčius galinius veidrodžius (15, 16). Lazerio naudojančio daugiadiskinį elementą (1) rezonatorius yra apribotas galiniais veidrodžiais (17, 18), tarp kurių yra formuojamas lazerinės spinduliuotės srautas (19).

Fig. 5 pavaizduotas keturių praėjimų išilginio sužadavimo aktyvusis daugiadiskinis elementas (1), kai aktyvioji lazerio terpė yra izotropinė ir kaupinantis srautas (3) yra atsitiktinai poliarizuotas (nepoliarizuotas) arba aktyvioji lazerio terpė yra anizotropinė ir kaupinantis srautas yra poliarizuotas ir jo poliarizacija suderinta su maksimalia aktyviojo elemento sugertimi. Šiuo atveju kaupinantį srautą formuojanti priemonė apima minėtą srautą formuojančią optiką (10, 11), selektyvinius veidrodžius (12, 13), turinčius aukštą atspindėjimo laipsnį generuojamam lazerio bangos ilgiui ir aukštą pralaidumą kaupinamam bangos ilgiui ir galinį veidrodį (16). Daugiadiskinis elementas (1) patalpintas rezonatoriuje apribotame galiniais veidrodžiais (17, 18) tarp kurių yra formuojamas lazerinės spinduliuotės srautas (19).

Fig. 6 pavaizduotas aktyviojo daugiadiskinio elemento (1) sužadinamas dviem kaupinančiais srautais, krentančiais į aktyvųjį elementą (1) iš jo priešingų galų. Kaupinantis srautas (3) poliarizatoriumi (20) padalijamas į du kaupinančius srautus, kurie veidrodžiais (21, 22) nukreipiami į priešingus aktyviojo elemento (1) galus atitinkamai per kaupinantį srautą formuojančią optiką (10, 11), selektyvinius veidrodžius (12, 13). Vienas iš kaupinančių srautų į veidrodį (21) nukreipiamas per pasukančią poliarizaciją  $\lambda/2$  fazinę plokštelę (23).

Fig. 7 pavaizduotas rezonatorius su aktyviojo daugiadiskinio elemento (1) dvigubo praėjimo sužadimu, apimantis kaupinantį srautą formuojančią optiką (10, 11), selektyvinius veidrodžius (12, 13), turinčius aukštą atspindėjimo koeficientą generuojamos lazerio spinduliuotės bangos ilgiui ir aukštą pralaidumo koeficientą kaupinamam bangos ilgiui,  $\lambda/4$  plokštelę (14) kaupinamam bangos ilgiui ir galinį veidrodį (16). Daugiadiskinio elemento (1) rezonatorius yra apribotas galiniais veidrodžiais (17, 18), tarp kurių yra formuojamas lazerinės spinduliuotės srautas (19).

Fig. 8 pavaizduotas kaupinančio pluošto sklidimas aktyviajame daugiadiskiniame elemente (1), kai į abu elementą (1) galus krenta erdvėje suderinti kaupinantys pluoštai.  $2W_0$  -

kaupinančiojo pluošto sąsmauka, kuri yra centre pagal elemento (1) ilgį tarp pirmosios ir paskutiniosios kraštinių plokštelių (2).  $2W_{-L/2}$  – kaupinančiojo pluošto kaustikos diametras pirmoje kraštinėje plokštelėje, o  $2W_{+L/2}$  – kaupinančiojo pluošto kaustikos diametras paskutinėje kraštinėje plokštelėje. Kai sąsmauka yra centre, diametrai  $2W_{-L/2}$  ir  $2W_{+L/2}$  yra lygūs. Tam, kad užtikrinti kuo vienodesnį ir kuo tolygesnį atskirų diskų sužadinimą  $2W_{-L/2}$  ir  $2W_{+L/2}$  diametrai turi skirtis nuo diametro sąsmaukoje ne daugiau kaip 10%.

Fig. 9 pavaizduotas daugiadiskinis aktyvusis elementas, kur aktyvūs diskai suformuoti atskirose plokštelėse (2), tarp kurių kiekvienoje eilėje ant šaldančią funkciją atliekančių laikiklių (5) skersai aktyviojo elemento išdėstyti sustiprintos spontaninės emisijos (SSE) (24), atsirandančios skersai iš kiekvieno sužadinto disko (4), sugėrikliai (25). Kaupinantis ir sugeneruotas pluoštai erdvėje tarpusavyje yra suderinti.

Fig. 10 pavaizduotas daugiadiskinis išilginio sužadinimo aktyvusis elementas (1), pagamintas kaip monolitinė sudėtinė struktūra su išilginiu sužadinimu (SPIS). Monolitinė struktūra (26) turi gretasienio pavidalą, t.y. monolitinės struktūros išilginis pjūvis yra lygiagretainio pavidalo. Minėta monolitinė struktūra (26) yra sudaryta iš dviejų aktyviosios lazerio terpės sluoksnių (plokštelių) (2), kurie išdėstyti atitinkamai ant gretasienio formos skaidrios medžiagos pagrindo (27) priešingų ilgųjų šonų ir prie jų optinės sąsajos pagalba pritvirtinti. Pagrindas (27) yra iš skaidrios, pralaidžios kaupinčiajam ir generuojamam lazerinės spinduliuotės srautams optinės medžiagos, o kaupinantis srautas (3), praeidamas zigzaginiu keliu išilgai minėto skaidrios medžiagos pagrindo (27), minėtuose aktyviosios lazerio terpės sluoksniuose (2) suformuoja sužadintus diskus (4). Monolitinės struktūros pagrindas (27) yra parinktas iš tokių medžiagų (kristalų) kaip  $GdVO_4$ , YAG,  $YVO_4$  arba YLF ir pan., o aktyviosios lazerio terpės plokštelės (2) gali būti parinktos iš tokių pat medžiagų legiruotų Nd ar Yb jonais, arba kitaip legiruotų kristalų. Optinė sąsaja tarp pagrindo (27) ir aktyviosios lazerio terpės sluoksnio (2) gali būti gauta difuzinio ryšio būdu arba sluoksnio užauginimo būdu, arba gilaus optinio kontakto būdu. Kaupinantis ir generuojamas lazerinis srautas erdvėje tarpusavyje yra suderinti. Monolitinės sudėtinės struktūros storis yra  $H$ , o legiruoto sluoksnio (aktyviosios lazerinės terpės) storis yra  $h$ . Žadinančios ir generuojamos spinduliuočių srautai į monolitinės sudėtinės struktūros vidinį atspindinčio paviršių krenta kampu  $\beta$ .

Fig.11 ir Fig.12 pavaizduotas daugiadiskinis išilginio sužadinimo aktyvusis elementas (1), pagamintas kaip monolitinė sudėtinė struktūra (SPIS) (26) su išilginiu sužadinimu, apimanti skaidrų pagrindą (27) su prie jo pritvirtintais legiruotais (aktyviosios lazerio terpės) sluoksniais (2), kurie iš išorinės pusės atitinkamai padengti apsauginiais sluoksniais (6), dėka pilno vidinio

atspindžio atspindinčiais tiek kaupinantį, tiek generuojamą bangos ilgio šviesos srautą. Apsauginiai sluoksniai (6) per šilumai pralaidų tarpinį sluoksnį (7), pavyzdžiui, klijus, lydmetalį atitinkamai pritvirtinti prie šaldančių plokštelių (5). Monolitinės struktūros galai, apimantys pagrindo (27) ir aktyviosios lazerio terpės sluoksnių (2) galus, padengti skaidrinančiu kaupinančiam ir generuojamam srautams sluoksniu (28). Kaupinantis ir sugeneruotas srautai erdvėje tarpusavyje yra suderinti. Kaupinantis srautas (3) minėtuose sluoksniuose (2) suformuoja sužadintus diskus 4 (aktyvias, stiprinimo zonas).

Fig.13 pavaizduotas lazerio panaudojančio SPIS aktyvųjų elementą rezonatoriaus schemos pavyzdys, apimantis SPIS struktūros (26) aktyvųjų elementą, kur sužadinimas yra atliekamas iš abiejų galų kaupinančiais srautais (3) (naudinga tais atvejais, kai aktyviosios lazerio terpės sluoksnis (2) yra anizotropinė terpė, pavyzdžiui, nelegiruotas  $GdVO_4$  ir legiruotas neodimiu  $GdVO_4$ , o kaupinantis srautas yra atsitiktinai poliarizuotas (nepoliarizuotas), pavyzdžiui, du poliarizuoti kaupinantys srautai atsiranda iš vieno nepoliarizuoto šaltinio kaip parodyta Fig.6).

Fig.14 pavaizduota SPIS struktūra su grioveliais (29), izoliuojančiais sustiprintą spontaninę emisiją (24) sklindančią iš individualių diskų (4) (gretimų aktyviųjų zonų).

Pasiūlytas daugiadiskinis išilginio sužadinimo aktyvusis elementas (1) Fig.1 veikia šiuo būdu. Kaupinantis srautas (3) kampu  $\gamma$  (Fig.2) krenta į kraštinę aktyviosios terpės plokštelę (2) ir joje yra dalinai sugeriamas. Likusi nesugerta kaupinančiojo srauto dalis atspindi nuo aktyviosios lazerio terpės plokštelės (2) išorinio paviršiaus, ant kurio yra užgarintas aukštą atspindžio koeficientą turintis dielektrinis veidrodis (6). Kadangi kaupinantis srautas turi plotį  $d$ , tai krisdamas kampu  $\gamma$  į aktyviosios terpės plokštelę (2), kurios storis  $h$ , jis suformuoja joje elipsės formos sužadintą sritį – diską, kurio diametras lygus  $D$  (Fig. 2). Priklausomai nuo aktyviosios terpės plokštelės lūžio rodiklio, kaupinantis srautas lūžta kampu  $\beta$  ir atspindėjęs toliau sklinda į priešpriešais esančią aktyviosios terpės plokštelę (2), sužadindamas joje kitą aktyvųjų diską. Taip nuo kiekvienos plokštelės atspindėdamas kaupinantis srautas optiškai sujungia visas plokšteles (2), tokiu būdu įgaudamas zigzago formą. Po aktyviosios medžiagos plokštelių (2) sužadinimo generuojama lazerinė spinduliuotė taip pat sklinda zigzago formos trajektorija ir erdvėje sutampa su kaupinančiu srautu. Tam, kad sumažinti atspindžio nuo aktyviojo elemento (1) paviršiaus nuostolius išoriniai aktyviosios terpės plokštelių (2) paviršiai yra padengti skaidrinančiu sluoksniu (8) (Fig. 3). Vykstant kaupinimo ir generacijos procesams, atsiradusiai šilumai nuvesti, naudojami šaldantys laikikliai (5), prie kurių plokštelės (2) yra pritvirtinamos per šilumai laidų tarpinį sluoksnį (7) (Fig. 3). Tarpinis sluoksnis gali būti klijai, lydmetalis ir kt. užtikrinantis gerą mechaninį ir šiluminį kontaktą.

Toliau pateikiami keli variantai kaip daugiadidkinis aktyvusis elementas gali būti panaudotas lazeriuose.

Lazerio rezonatoriaus schema, pavaizduota Fig.4, apimanti daugiadiskinį aktyvųjų elementą (1) su aktyviosios terpės plokštelėmis (2), pagamintomis iš izotropinės medžiagos, o kaupinančiam pluoštui efektyviai sugerti naudojami keturi jo praėjimai per aktyvųjų elementą (1). Tokiame rezonatoriuje izotropinės medžiagos aktyviosios terpės plokštelės (2) yra žadinamos poliarizuotu kaupinančiu srautu. Tiesiškai poliarizuotas kaupinantis srautas (3) praeina pro poliarizatorių (9), toliau jis yra formuojamas objektyvu (10), kad būtų pasiektas reikiamas kaupinančiojo srauto diametras ant aktyviosios terpės plokštelių (2). Optiškai suformuotas ir poliarizuotas kaupinantis srautas sklinda per rezonatoriaus veidrodį (12), kuris yra skaidrintas kaupinančiajam srautui, bet visiškai atspindi generuojamą lazerinę spinduliuotę (19). Poliarizuotas kaupinantis srautas sklinda zigzago formos optiniu keliu išilgai daugiadiskinio aktyviojo elemento (1), optiškai sujungdamas visas aktyviosios terpės plokšteles (2), ir yra dalinai sugeriamas aktyviosios medžiagos plokštelių (2) daugiadiskinio aktyviojo elemento (1) tūryje. Praėjęs pro aktyvųjų elementą (1), kaupinančiojo srauto likusi dalis praeina pro kitą rezonatoriaus veidrodį (13), kuris yra skaidrintas kaupinančiam bangos ilgiui, bet visiškai atspindi generuojamą lazerinę spinduliuotę (19). Praėjęs veidrodį (13), kaupinantis srautas (3) kolimuojamas objektyvu (11). Toliau kaupinantis srautas krenta į ketvirčio bangos ( $\lambda/4$ ) fazinę plokštelę (14), kuri pakeičia jo poliarizaciją į cirkuliarinę. Už fazinės plokštelės (14) stovintis veidrodis (16) visiškai atspindi kaupinantį srautą atgal, kuris dar kartą praeina pro  $\lambda/4$  plokštelę (14), kuri dar kartą pakeičia kaupinančiojo srauto poliarizaciją, taip grįžtančio kaupinančio srauto poliarizacija tampa pasukta  $90^\circ$  kampu. Tokios poliarizacijos kaupinantis srautas, praeidamas daugiadiskinį aktyvųjų elementą (1) antrąjį kartą yra dar kartą dalinai sugeriamas. Likusi kaupinančiojo srauto dalis yra atspindima poliarizatoriaus (9) ir nukreipiama į veidrodį (15). Atsispindėjęs nuo veidrodžio (15), kaupinantis srautas pereina aktyvųjų elementą (1) trečią kartą, o pereidamas ketvirčio bangos plokštelę (14) dar du kartus (pirmyn ir atgal) ir atsispindėjęs nuo veidrodžio (16), vėl pakeičia poliarizacijos kryptį, bei grįždamas pereina aktyvųjų elementą (1) ketvirtąjį kartą. Tuo užtikrinama maksimali kaupinančiojo srauto sugertis aktyviųjų izotropinės medžiagos plokštelių tūryje (2). Sugeneruota lazerinė spinduliuotė (19) yra stiprinama rezonatoriuje, kurį suformuoja pilnai atspindintis veidrodis (17), veidrodžiai (12, 13) ir dalinai atspindintis veidrodis (18), pro kurį lazerinė spinduliuotė (19) yra išvedama iš rezonatoriaus.

Fig.5 pavaizduotas kitas optinio rezonatoriaus su daugiadiskiniu aktyviuoju elementu (1) kaupinio variantas, kuriame gali būti aktyviosios terpės plokštelės (2), pagamintos iš izotropinės medžiagos, žadinamos nepoliarizuota spinduliuote ir aktyviosios terpės plokštelės (2), pagamintos iš anizotropinės medžiagos, žadinamos poliarizuota spinduliuote. Šitame variante realizuojami du žadinančios spinduliuotės praėjimai per aktyvąją terpę. Kaupinantis srautas (3), krentantis kampu į daugiadiskinį aktyvųjį elementą (1), yra formuojamas objektyvu (10), kad būtų pasiektas reikiamas kaupinančiojo srauto diametras ant aktyviosios terpės plokštelių (2). Optiškai suformuotas kaupinantis srautas (3) sklinda per vieną iš rezonatoriaus veidrodžių (12), kuris yra skaidrintas kaupinančiajam srautui, bet visiškai atspindi sugeneruotą lazerinę spinduliuotę (19). Kaupinantis srautas sklinda zigzago formos optiniu keliu išilgai daugiadiskinio aktyviojo elemento (1), optiškai sujungdamas visas aktyviosios lazerio terpės plokšteles (2), ir yra dalinai sugeriamas aktyviosios medžiagos plokštelių (2) daugiadiskinio aktyviojo elemento (1) viduje. Pirmąjį kartą praėjęs daugiadiskinį aktyvųjį elementą (1), likusi kaupinančiojo srauto dalis pereina pro veidrodį (13), kuris yra skaidrintas šiam srautui, bet visiškai atspindi sugeneruotą lazerinę spinduliuotę (19). Praėjęs veidrodį (13), kaupinantis srautas (3) kolimuojamas objektyvu (11). Po atspindėjimo nuo veidrodžio (16) kaupinantis srautas nukreipiamas atgal į daugiadiskinį aktyvųjį elementą (1) antrajam praėjimui. Lazerinė spinduliuotė (19) yra stiprinama rezonatoriuje, kurį suformuoja pilnai atspindintis veidrodis (17), veidrodžiai (12,13) ir dalinai atspindintis veidrodis (18), pro kurį lazerinė spinduliuotė (19) yra išvedama iš rezonatoriaus.

Fig.6 pavaizduotas daugiadiskinio aktyviojo elemento (1) rezonatorius su iš anizotropinės medžiagos pagamintomis aktyviosios terpės plokštelėmis (2), kurios yra žadinamos atsitiktinai poliarizuotu (nepoliarizuotu) srautu (3) krentančiu į aktyvųjį elementą (1) iš priešingų jo galų. Atsitiktinai poliarizuotas (nepoliarizuotas) srautas (3) poliarizatoriumi (20) padalinamas į du poliarizuotus pluoštus nukreipiamus veidrodžiais (21) ir (22) į aktyvųjį elementą (1) iš priešingų galų. Kaupinantis srautas (3) formuojamas objektyvais. Siekiant padidinti kaupinančiojo srauto (3) sugertį aktyviajame elemente, vieno iš kaupinančiųjų srautų poliarizacija pakeičiama, panaudojant pusės bangos ilgio  $\lambda/2$  fazinę plokštelę kaupinamam pluoštui (23). Kaupinantys srautai, praeina aktyvųjį elementą (1) po vieną kartą. Lazerinė spinduliuotė (19) yra stiprinama rezonatoriuje, kurį suformuoja pilnai atspindintis veidrodis (17), veidrodžiai (12,13) ir dalinai atspindintis veidrodis (18), pro kurį lazerinė spinduliuotė (19) yra išvedama iš rezonatoriaus.

Fig.7 vaizduojamas optinis rezonatorius su daugiadiskiniu aktyviuoju elementu (1), kurio aktyviosios terpės plokštelės (2), pagamintos iš anizotropinės medžiagos, žadinamos atsitiktinai poliarizuotu (nepoliarizuotu) srautu per du kaupinančiojo srauto praėjimus. Kaupinantis srautas (3), krentantis kampu į daugiadiskinį aktyvųjį elementą (1), pirmiausia yra formuojamas objektyvu (10), kad būtų pasiektas reikiamas kaupinančio srauto diametras ant aktyviosios terpės plokštelių (2). Optiškai suformuotas kaupinantis srautas (3) sklinda per vieną iš rezonatoriaus veidrodžių (12), kuris yra skaidrintas kaupinančiajam srautui, bet visiškai atspindi sugeneruotą lazerinę spinduliuotę (19). Kaupinantis srautas sklinda zigzago formos optiniu keliu išilgai daugiadiskinio aktyviojo elemento (1), optiškai sujungdamas visas aktyviosios terpės plokšteles, ir yra dalinai sugeriamas aktyviosios medžiagos plokštelių (2) daugiadiskinio aktyviojo elemento (1) viduje. Po pirmo praėjimo likusi kaupinančiojo srauto dalis pereina pro veidrodį (13), kuris yra skaidrintas šiam srautui, bet visiškai atspindi sugeneruotą lazerinę spinduliuotę (19). Praėjęs kaupinantis srautas (3) kolimuojamas objektyvu (11). Po to kaupinantis srautas krenta į ketvirčio bangos ( $\lambda/4$ ) fazinę plokštelę (14), kuri pakeičia jo poliarizaciją į cirkuliarinę. Veidrodis (16) atspindi kaupinantį srautą atgal dar kartą pro  $\lambda/4$  plokštelę (14), kuri dar kartą pakeičia jo poliarizaciją, taip grįžtančio kaupinančio srauto poliarizacija tampa pasukta  $90^\circ$  kampu. Tokios poliarizacijos kaupinantis srautas, praeidamas daugiadiskinį aktyvųjį elementą (1) antrąjį kartą yra sugeriamas. Lazerinė spinduliuotė (19) yra stiprinama rezonatoriuje suformuotame pilnai atspindinčiais veidrodžiais (17), (12), (13) ir dalinai atspindinčio veidrodžio (18), pro kurį lazerinė spinduliuotė (19) yra išvedama iš rezonatoriaus.

Fig.8 vaizduojama aktyviojo elemento schema (1) su kaupinančio srauto (3) geometriniais parametrais arba kaupinančiojo srauto (3) erdvinis pasiskirstymas daugiadiskinio aktyviojo elemento (1) viduje. Kaupinantis srautas (3), formuojamas objektyvais (10) ir (11), kampu krenta iš abiejų daugiadiskinio aktyviojo elemento (1) galų ir išilgai sklinda aktyviajame elemente (1) zigzago formos trajektorija, optiškai sujungdamas visas aktyviosios terpės plokšteles (2). Tuo pačiu optiniu keliu sklinda generuojama lazerinė spinduliuotė. Kaupinančiojo ir sugeneruotos lazerinės spinduliuotės srautai yra suderinti erdvėje.

Fig.9 pavaizduotas skersinės sustiprintos spontaninės emisijos (SSE) slopinimas daugiadiskinio aktyviojo elemento viduje. Sklindant kaupinančiajam srautui (3) daugiadiskiniame aktyviajame elemente (1) ir sužadinant aktyviosios medžiagos plokštelėse (2) aktyviuosius diskus (4), sugeneruojama lazerinė spinduliuotė, kuri yra erdvėje suderinta su kaupinančiu srautu, bet taip pat stiprinama ir spontaninė emisija (24), sklindanti skersai

aktyviosios medžiagos plokštelių (2). Sustiprinta spontaninė emisija (24) nėra pageidaujamas reiškinys, todėl šio daugiadiskinio aktyviojo elemento struktūroje (1) ji slopinama tarp aktyviosios medžiagos plokštelių įterpiant sustiprintos spontaninės emisijos sugėriklius (25), kurie neleidžia jai sklirti link kaimyninių aktyviosios medžiagos plokštelių (2), tokiu būdu neleidžiant jai toliau stiprintis.

Fig.10 pavaizduota kita monolitinė daugiadiskinio aktyviojo elemento realizacija, kurioje daugiadiskinis aktyvusis elementas (1) pagamintas kaip monolitinė sudėtinė struktūra (26) su išilginiu sužadiniu (SPIS-sistema). Kaupinantis srautas (3) krenta iš galo kampu  $\beta$  į minėtos struktūros (26) ploną aktyviosios lazerio terpės sluoksnį (2), ir toliau atsispindėdamas nuo struktūros vidinių paviršių zigzaginiu keliu praeina išilgai skaidrios medžiagos pagrindo (27), suformuodamas sluoksniuose (2) sužadintus diskus (4) ir kartu generuodamas lazerinę spinduliuotę, kuri erdvėje yra suderinta su kaupinančiu srautu.

Fig.13 pavaizduoto rezonatoriaus veikimo principas analogiškas aprašytajam Fig.7, tik vietoje daugiadiskinio aktyviojo elemento su atskiromis pakaitomis išdėstytomis aktyviosios medžiagos plokštelėmis, aprašyto Fig.1, yra naudojama monolitinė daugiadiskinio aktyviojo elemento struktūra, aprašyta Fig.10.

Fig.14 vaizduoja skersinės sustiprintos spontaninės emisijos slopinimą monolitinės daugiadiskinio aktyviojo elemento struktūros viduje. Kaip ir Fig.9 aprašytuoju atveju, čia taip pat naudojami SSE sugėrikliai SSE sklidimui išilgai aktyviojo sluoksnio sustabdyti, vietoje kurių dar gali būti grioveliai (29) aktyviajame sluoksnyje.

## IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Daugiadiskinis išilginio sužadinimo aktyvusis elementas su jo kaupinimo schema, skirtas lazerinei spinduliuotei generuoti ir/arba jai stiprinti, apimantis:

- bent dvi vieną prieš kitą lygiagrečiai išdėstytas aktyviosios lazerio terpės plokšteles, ant išorinio paviršiaus turinčias aukšto atspindėjimo sluoksnį bei termiškai susietas su šaldymo priemone;

-priemonę, generuojančią kaupinantį srautą, kuris per srauto formavimo optiką krenta iš aktyvaus elemento galo kampu į vieną iš minėtų plokštelių vidinį paviršių ir, toliau sklisdamas vidinėje ertmėje tarp minėtų plokštelių išilgai aktyviojo elemento zigzago formos trajektorija, suformuoja plokštelėse sužadintus diskus, išdėstytus pakaitomis minėtose plokštelėse, bei juos vieną po kito optiškai sujungia, sukeliant lazerinės spinduliuotės generaciją ir suformuojant vidinėje srityje tarp minėtų plokštelių bendrą zigzago formos generuojamą lazerinį srautą, kuris yra kolinearus bei suderintas erdvėje su kaupinančiu srautu, besiskiriantis tuo, kad kaupinantį srautą generuojanti priemonė, sukonstruota ir išdėstyta taip, kad bent vienas kaupinantis srautas, krentantis kampu į minėtos plokštelės vidinį paviršių ir atsispindintis nuo jos išorinio atspindinčiojo sluoksnio, aktyviojo elemento sritį tarp minėtų lygiagrečių plokštelių praeitų zigzagine trajektorija bent du kartus, vieną kartą tiesiogine kryptimi, o kitą - priešinga kryptimi, o suformuoto sužadinto disko storis ( $h$ ) yra žymiai mažesnis už jo skersmenį ( $d$ ), bei disko storis parinktas tenkinant sąlygą, kad bent per du kaupinančio srauto praėjimus per aktyvųjį elementą bendras sugerties koeficientas aktyviajame elemente būtų apie 90%.

2. Aktyvusis elementas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėtų suformuotų sužadintų diskų storis sutampa su plokštelės, kuriame jis suformuotas, storio bei yra ne daugiau 100  $\mu\text{m}$ .

3. Aktyvusis elementas pagal bet kurį iš 1-2 punktų, besiskiriantis tuo, kad kiekvienas sužadintas diskas yra suformuotas atskiroje lazerio aktyviosios terpės plokštelėje, o plokštelės, kuriose formuojami minėti diskai, pakaitomis išdėstytos ant atliekančių šaldymo funkciją priešpriešių laikiklių, bei prie jų pritvirtintos pasirinktinai, pavyzdžiui, optiniu kontaktu, difuziniu pritvirtinimu, suvirinimu, litavimu ir kitaip naudojant, pavyzdžiui, klėjus, lydmetalių, šilumai laidžią tarpinę ir kitas šilumai laidžias medžiagas.

4. Aktyvusis elementas pagal bet kurį iš 1-3 punktų, besiskiriantis tuo, kad aktyviajame elemente zigzago trajektorija sklindančio kaupinančio srauto kritimo į kiekvienos minėtos plokštelės paviršių kampas yra artimas Briusterio kampui.
5. Aktyvusis elementas pagal bet kurį iš 1-4 punktų, besiskiriantis tuo, kad suformuoto sužadinto disko plotas yra mažesnis už minėtos plokštelės, kurioje suformuotas atitinkamas diskas, plotą.
6. Aktyvusis elementas pagal 1-5 punktus, besiskiriantis tuo, kad vienas po kito einantys sužadinti diskai, esantys skirtingose lygiagrečiose eilėse išdėtyti taip, kad statmena diskų paviršiui kryptimi tarpusavyje jie vienas su kitu nepersidengia.
7. Aktyvusis elementas pagal bet kurį iš 1-6 punktų, besiskiriantis tuo, kad ant kiekvienos plokštelės išorinio paviršiaus esantis atspindintis sluoksnis yra dielektrinis daugiasluoksnis veidrodis, kuris neatspindi generuojamo bangos ilgio lazerinės spinduliuotės, krentančios į veidrodį nulinio kampu.
8. Aktyvusis elementas pagal bet kurį iš 1-7 punktų, besiskiriantis tuo, kad minėta aktyviosios lazerio terpės plokštelė yra pleišto formos.
9. Aktyvusis elementas pagal bet kurį iš 1-8 punktų, besiskiriantis tuo, kad toje pačioje eilėje esantys gretimi minėti aktyviosios lazerio terpės diskai aktyviojo elemento skersine kryptimi yra optiškai atskirti sustiprintos spontaninės emisijos (SSE) slopinimo priemone, pavyzdžiui, SSE sugėrikiais.
10. Aktyvusis elementas pagal bet kurį iš 1-2 punktų, besiskiriantis tuo, kad minėti sužadinti diskai yra suformuoti sudėtinės monolitinės struktūros dvejose aktyviosios lazerio terpės plokštelėse, kurios išdėstytos atitinkamai ant pagrindo priešingų lygiagrečių šonų ir optinės sąsajos pagalba prie jų pritvirtintos, kur pagrindas yra iš skaidrios, pralaidžios kaupinančiam ir generuojamam lazeriniams srautams, optinės medžiagos, o kaupinantis srautas, praeidamas zigzaginiu keliu išilgai minėto pagrindo, minėtuose aktyviosios lazerio terpės plokštelėse suformuoja minėtus sužadintus diskus.

11. Aktyvusis elementas pagal 10 punktą, besiskiriantis tuo, kad monolitinės struktūros pagrindas yra parinktas iš tokių medžiagų (kristalų) kaip  $GdVO_4$ , YAG,  $YVO_4$  arba YLF ir pan., o aktyviosios lazerio terpės plokštelė gali būti parinkta iš tokių pat medžiagų legiruotų Nd ar Yb jonais, arba kitaip legiruotų kristalų, o tarp pagrindo ir aktyviosios lazerio terpės plokštelės optinė sąsaja gali būti gauta difuzinio ryšio būdu arba sluoksnio užauginimo būdu, arba gilaus optinio kontakto būdu.

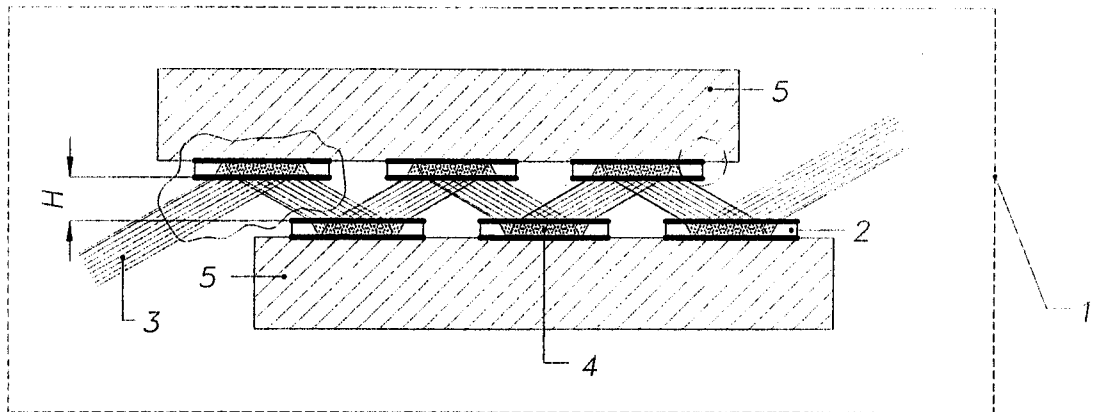
12. Aktyvusis elementas pagal 10-11 punktus, besiskiriantis tuo, kad minėtose aktyviosios lazerio terpės plokštelėse suformuoti sužadinti diskai aktyviojo elemento skersine kryptimi monolitinėje struktūroje yra atskirti grioveliais, skirtais optiškai atskirti sustiprintą spontaninę emisiją (SSE).

13. Aktyvusis elementas pagal bet kurį iš 1-2, 10-12 punktų, besiskiriantis tuo, kad aukšto atspindžio sluoksnis yra pilno vidinio atspindžio paviršius, o šaldymo plokštės išdėstytos monolitinės struktūros šonuose.

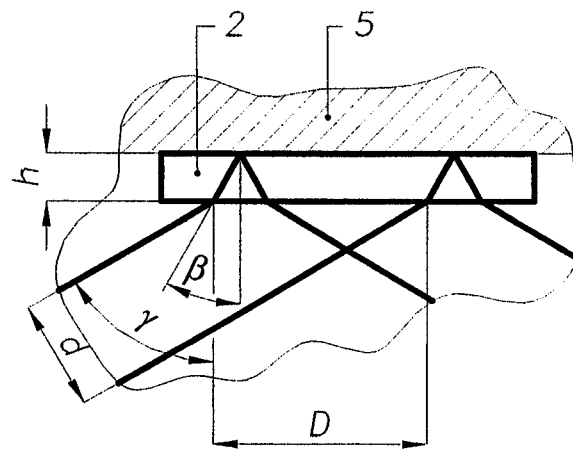
14. Aktyviojo elemento pagal bet kurį iš 1-2, 10-13 punktų sužadinimo būdas, besiskiriantis tuo, kad aktyvųjį elementą sužadina poliarizuotos spinduliuotės srautais, krentančiais iš priešingų aktyviojo elemento galų.

15. Aktyviojo elemento pagal bet kurį iš 1-2, 10-13 punktų sužadinimo būdas, besiskiriantis tuo, kad aktyvųjį elementą sužadina nepoliarizuotos spinduliuotės srautu, krentančiu iš vieno aktyviojo elemento galo, kuris kitame aktyviojo elemento gale atsispindi atgal, pasikeičia grįžtančio srauto poliarizacija, užtikrinant efektyvią grįžtančio srauto aktyviajame elemente sugertį.

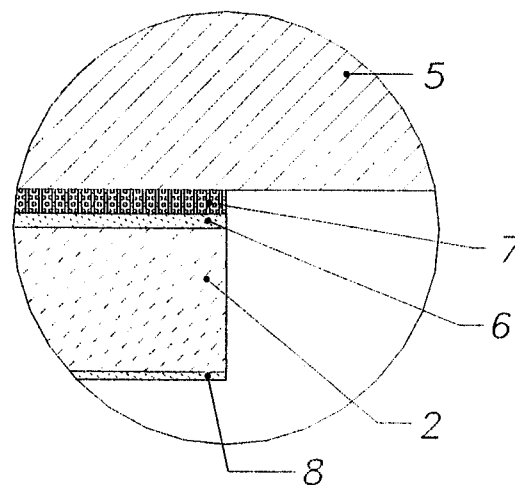
16. Aktyviojo elemento pagal bet kurį iš 1-2, 10-13 punktų sužadinimo būdas, besiskiriantis tuo, kad aktyvųjį elementą sužadina kaupinančiu srautu, krentančiu iš vieno aktyviojo elemento galo, arba iš abiejų galų, kurie erdvėje suformuoti taip, kad kaupinančio spindulio kaustikos diametras aktyviojo elemento pradžioje skirtųsi mažiau kaip 10% nuo spindulio diametro sąsmaukoje, kuri yra aktyviajame elemente optinio kelio viduryje.



**Fig.1**



**Fig.2**



**Fig.3**

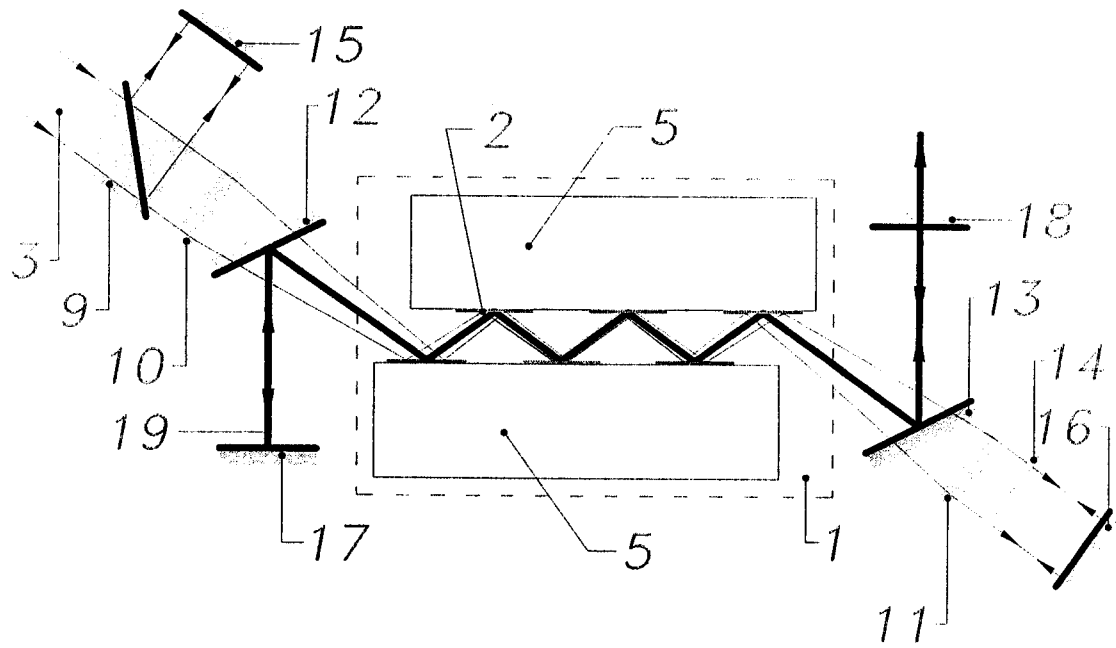


Fig. 4

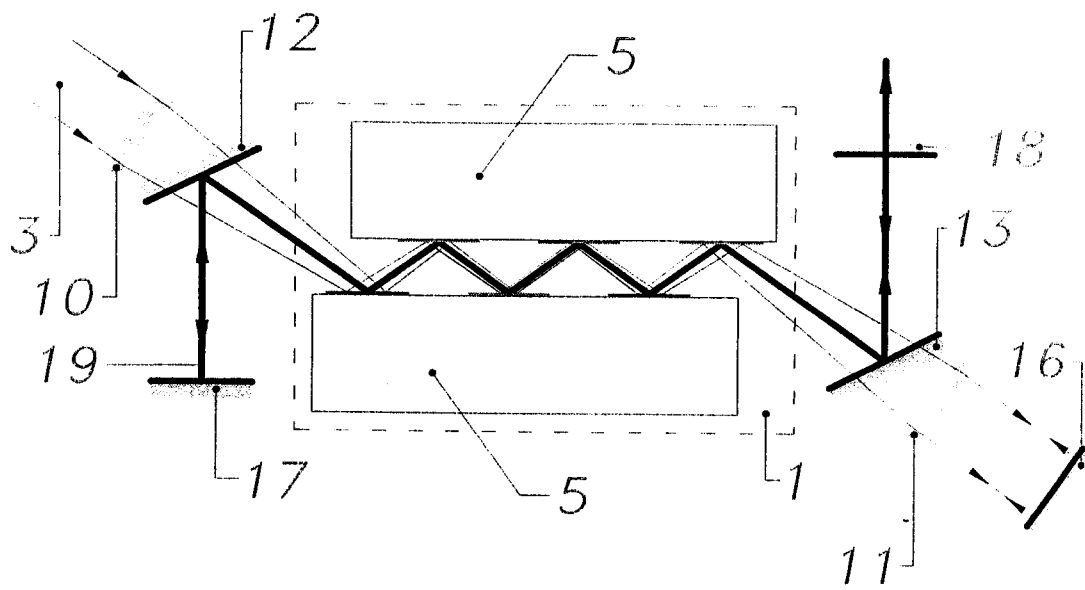


Fig. 5

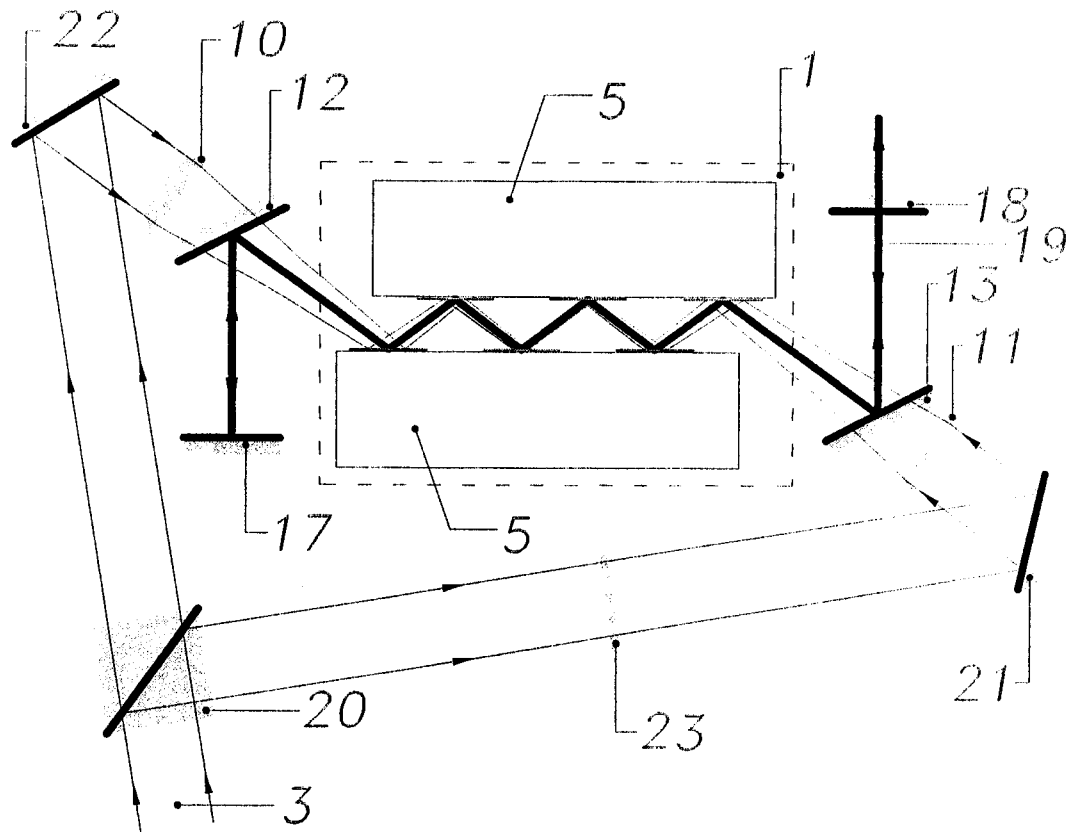


Fig.6

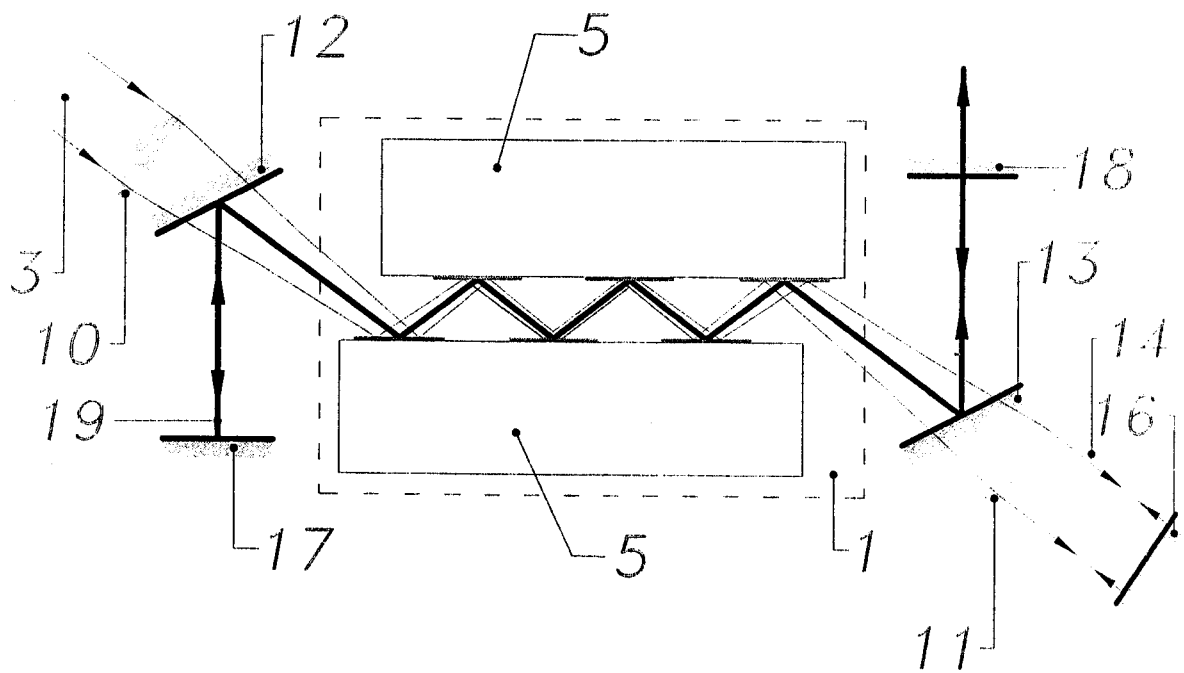


Fig.7

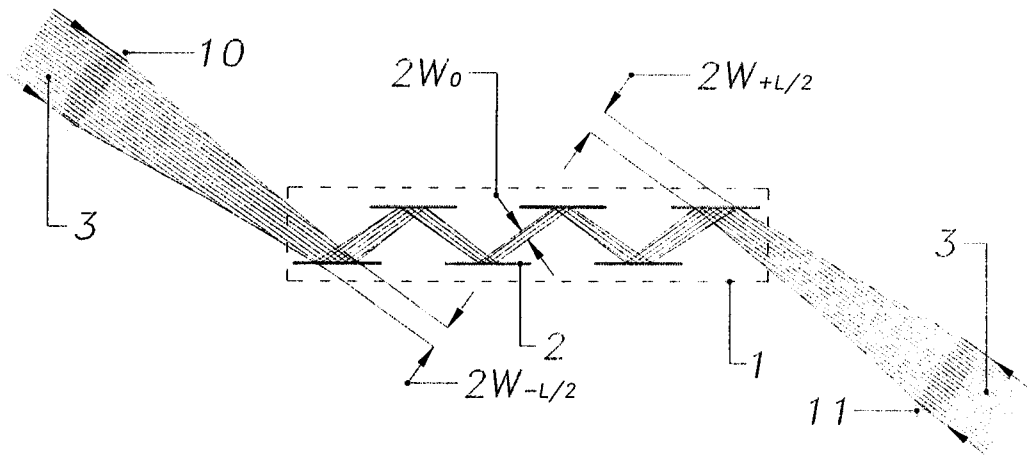


Fig. 8

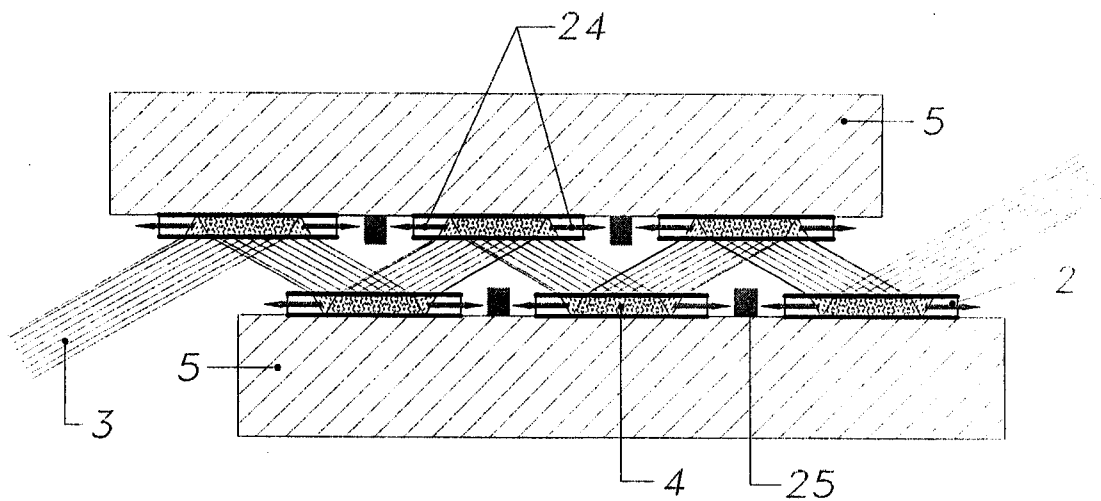


Fig. 9

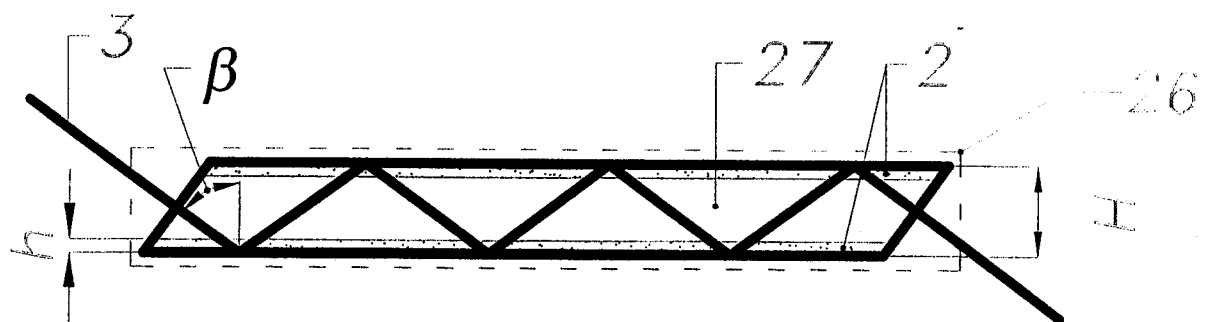
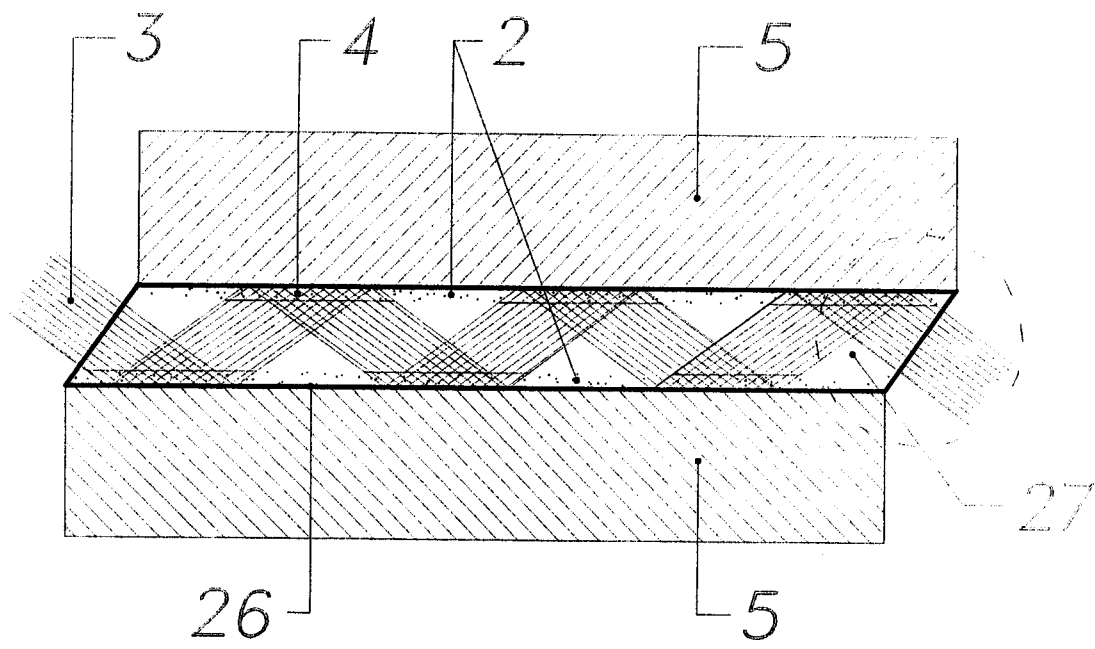
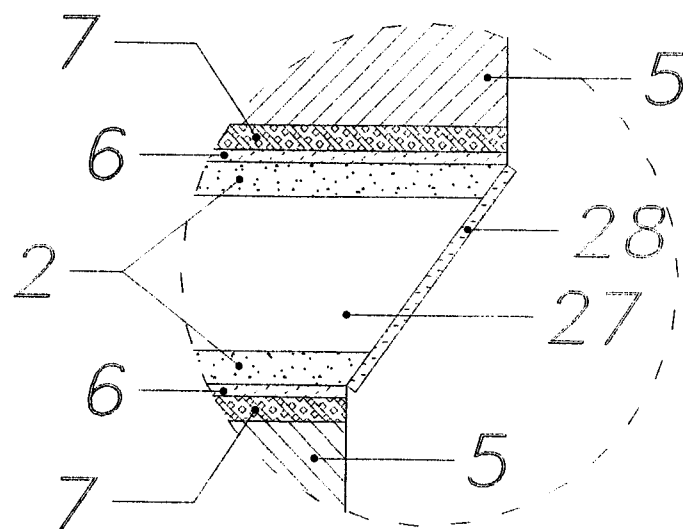


Fig. 10



**Fig.11**



**Fig.12**

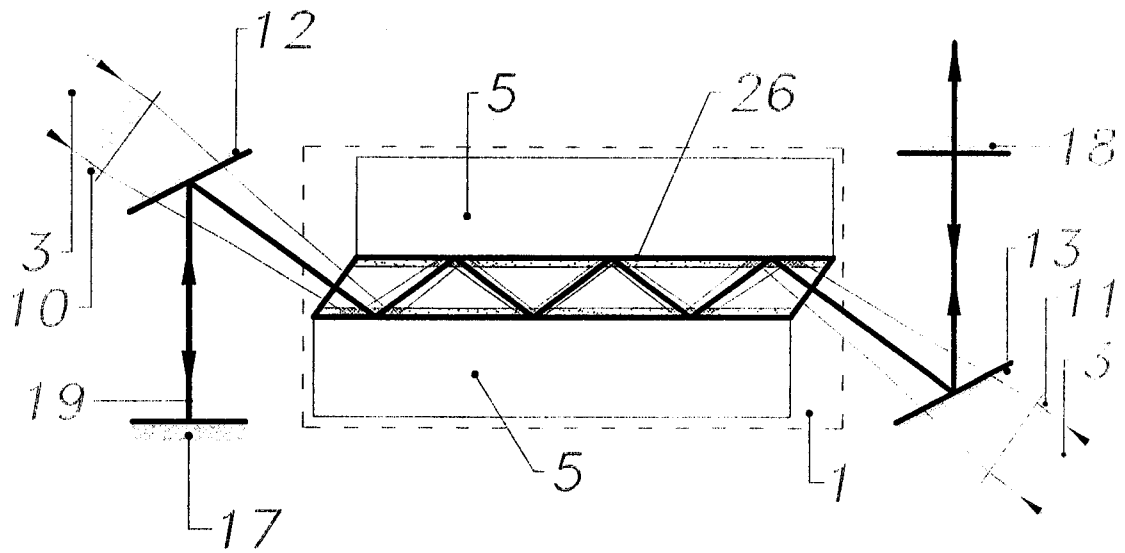


Fig.13

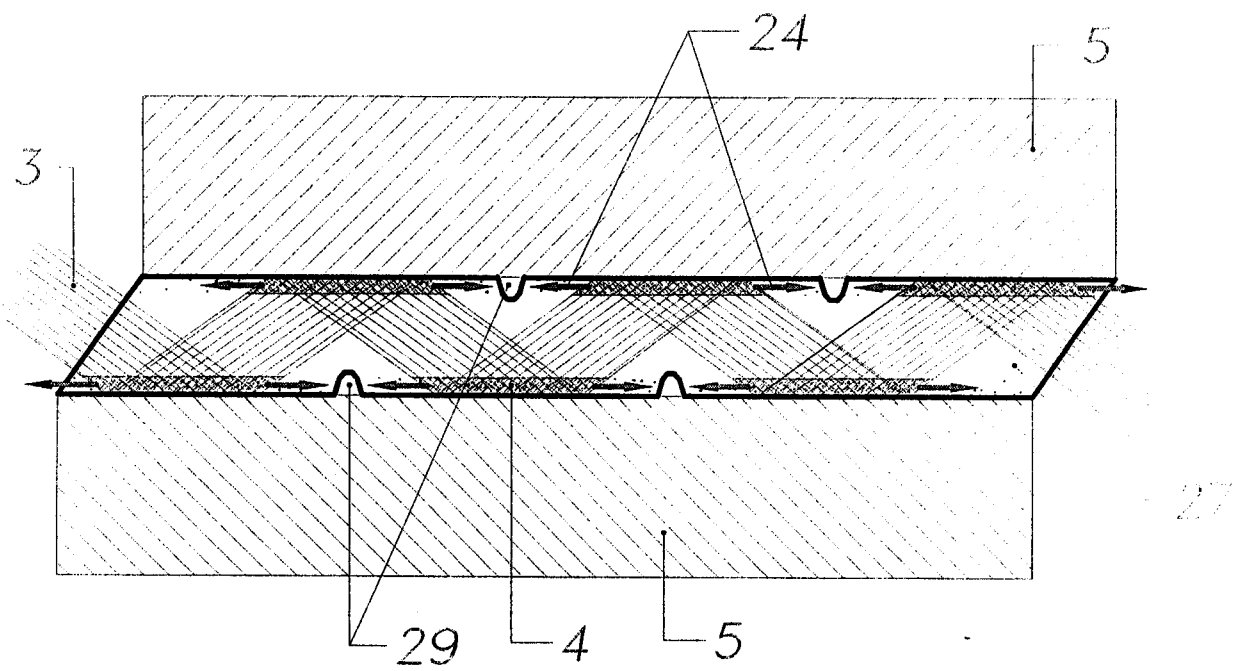


Fig.14