



(10) **LT 5060 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patent numeris: **5060** (51) Int. Cl.⁷: **G02B 5/04**
- (21) Paraiškos numeris: **2002 042**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2002 04 10**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2003 07 25**
- (45) Patent paskelbimo data: **2003 10 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:
Linas GINIŪNAS, LT
Romualdas DANIELIUS, LT
- (73) Patent savininkas:
Uždaroji akcinė bendrovė MGF „Šviesos konversija“, Saulėtekio al. 10, 2040 Vilnius, LT
- (74) Patentinis patikėtinis:
Leonas Antanas KUČINSKAS, Kaštonų g. 5-7, LT-2001 Vilnius, LT

- (54) Pavadinimas:
Lazerinių pluoštų formuotuvas

- (57) Referatas:

Išradimas priskiriamas difrakciškai neribotų simetriškų šviesos pluoštų, pavyzdžiui, lazerinių diodų linučių spinduliuotės, erdvinio pasiskirstymo transformavimui. Toks būdas gali būti naudojamas galinio kaupinimo kietojo kūno lazeriuose, spinduliuotės įvedimui į šviesolaidžius, medžiagų apdirbime, medicinoje. Lazerinio pluošto formuotuvai, skirtas stipriai simetriško lazerinio pluošto, pavyzdžiui, kolimuoto „greitosios“ ašies kryptimi, lazerinių diodų linučių (2) pluošto skaidymui į du ar daugiau pluoštų, naujas tuo, kad formuotume panaudota daugiabriaunė monolitinė prizmė (3), kurios vienas paviršius (jėjimo arba išėjimo) yra plokštuma, o atitinkamai kitas - sudarytas iš keleto plokštumų su normalės vektoriais, nesančiais vienoje plokštumoje, tokiais, kad šiose plokštumose lūžusios lazerinio pluošto dalys įgyja skirtingas sklaidimo kryptis, ir kad pluoštelių sklaidimo kryptys atstatomos stiklo plokštelėmis (4), išdėstytomis viena virš kitos toje erdvės vietoje, kur praėję daugiabriaunė prizmę (3) pluošteliai atsiranda vienas virš kito, kiekvienam pluošteliui krentant į atskiros plokštelės tinkamai suformuotą briauną.

1. Technikos sritis.

Išradimas priskiriamas difrakciškai neribotų asimetriškų šviesos pluoštų, pavyzdžiui, lazerinių diodų liniuočių spinduliuotės, erdvinio pasiskirstymo transformavimui. Toks pluoštų transformavimo būdas gali būti naudojamas galinio kaupinimo kietojo kūno lazeriuose, spinduliuotės įvedimui į šviesolaidžius, medžiagų apdirbime, medicinoje.

2. Technikos lygis.

Didelės apertūros lazeriniai diodai yra didelės galios, kompaktiški, ilgaamžiai šviesos šaltiniai, plačiai taikomi kietojo kūno lazerių kaupimui, medicinoje, virinimui, litavimui ir kt. Deja, tokių lazerių spinduliuotė pasižymi didele asimetrija. Pluošto skersiniai matmenys statmenoje lazerio sandūros krypties plokštumoje gali būti 0,2-1 μm , o skėsties kampas iki 100 laipsnių, sandūros plokštumoje pluošto dydis gali siekti iki 10 mm, skėsties kampas apie 10-25 laipsnių. Tokių cilindriškai asimetriškų lazerinių pluoštų charakterizavimui yra naudojami pluošto kokybės parametrai M_x^2 ir M_y^2 , kurie parodo, kiek kartų duoto pluošto skėstis viršija difrakcija riboto pluošto skėstį dvejose statmenose plokštumose. (žiūr. Physics and Technology of Laser Resonators, Adam Hilger, 1989). Tipinei lazerinių diodų liniuotei parametras M_x^2 siekia apie 1500, o M_y^2 – apie 1, o tai reiškia, kad y plokštumoje pluoštas fokusuojasi kaip difrakcija ribotas, o x plokštumoje pluoštas fokusuojasi į keliasdešimt kartų didesnę dėmę, esant tam pačiam fokusuojamo pluošto suvedimo kampui. Tokia didelė pluoštų asimetrija apsunkina lazerinių diodų panaudojimą. Pavyzdžiui, įvedimo į šviesolaidį atveju turi būti suformuotas cilindriškai simetriškas pluoštas, o kietojo kūno lazerių atveju kaupinimo pluoštas turi būti artimas cilindriškai simetriškam (nedidelė asimetrija leistina naudojant cilindrinis rezonatorius).

Yra žinomi keletas būdų, kaip simetrizuoti ir kitaip valdyti didelės apertūros lazerinių diodų spinduliuotės pluoštų asimetriją. Vienas iš plačiau taikomų būdų yra kiekvieno lazerio, sudarančio lazerinę liniuotę, spinduliuotės įvedimas į atskirą šviesolaidį, antruosius šviesolaidžių galus sujungiant į simetrišką pynę. Asimetriškų pluoštų koregavimui taip pat naudojami vaizdą sukančių veidrodžių rinkiniai,

lygiagretūs veidrodžiai, stiklo plokštelių ir prizmių rinkiniai. Šie būdai smulkiau aprašyti sekančiame skyriuje, pažymint jų trūkumus.

3. Dabartinių sprendimų kritika.

Lazerinių diodų liniuotės gali būti atvaizduojamos įprastinės optikos pagalba, o vaizdo plokštumoje kiekvieno liniuotę sudarančio lazerio spinduliuotė atskiriama veidrodžiu ir įvedama į atskirą šviesolaidį (D.Shannon ir kt. US5299222, 1994.03). Sudėjus antruosius šviesolaidžių galus į simetrišką pynę, gaunamas simetriškas šviesos pluoštas. Šio metodo trūkumas yra daug darbo sąnaudų ir didelio tikslumo reikalaujantis atskirų lazerių (jų skaičius gali siekti nuo dešimties iki 100) spinduliuotės įvedimas į šviesolaidžius. Be to, įvedant lazerio pluoštą į šviesolaidį neišvengiami nuostoliai, o tarpai tarp cilindrinės formos šviesolaidžių mažina apertūros užpildymo koeficientą.

W.A Clarkson, A.B.Neilson, D.C.Hanna patente (US 5825551A, 1998.10), lazerinių diodų pluoštų asimetriją siūloma koreguoti, panaudojant du šiek tiek perstumtus, lygiagrečius veidrodžius, orientuotus įstrižai lazerinio pluošto sklidimo kryptį. Šioje schemoje naudojami tik įprastiniai optiniai elementai - lęšiai, prizmės, veidrodžiai. Tačiau tokio pluošto kolimatoriaus geometriniai matmenys gaunami palyginti dideli, tai dažnai yra nepriimtina komerciniuose produktuose, be to, schemoje naudojami veidrodžiai turi būti išstatomi dideliu tikslumu.

E.L.Wolak, J.G.Endriz patente (US 6044096A, 2001.03) lazerinių diodų liniuotės asimetriškas pluoštas transformuojamas, panaudojant vaizdą sukančių veidrodžių rinkinį. Šio metodo trūkumas yra tas, kad, pluošto skaidymui naudojant atspindinčius optinius elementus, reikalingas didesnis pozicionavimo tikslumas, lyginant su šviesą laužiančių optinių elementų pozicionavimo tikslumu. Be to, šiame patente aprašyto veidrodžių rinkinio gamybos technologija yra komplikauta.

Izava ir kt. patente (DE 19743322A1, 1998.05) siūloma lazerinių diodų liniuotės pluoštą simetrizuoti panaudojant du statmenose plokštumose pasuktų stiklo plokštelių rinkinius. P.Y.Wang Beam-shaping optics deliver high-power beams, Laser Focus World, December 2001, p.115-118 straipsnyje aprašytas metodas, kuriame tą pačią stiklo plokštelių funkciją atlieka dvi plonų stataus kampo prizmių grupės, veikiančios statmenose plokštumose. Naudojant ir plokštelių, ir prizmių rinkinius neišvengiami nuostoliai plokštelių ar prizmių lietimosi plokštumose.

Prototipas. J.L.Nightingale ir kt. patente (US 5798877A, 1998.08) siūloma lazerinių diodų arba jų liniuočių skaisčio simetriškumą pagerinti iki penkių kartų, panaudojant stiklo plokštelę ir dvi pleištinės prizmes. Nors metodas yra labai paprastas ir pigus, tačiau dėl nuostolių ribose tarp diskretinių optinių elementų (plokštelių ir prizmių), praktiškai pritaikomas tik didelio ploto (100-500 μm pločio) diodinams lazeriams ir yra mažai tinkamas diodinių liniuočių spinduliuotės simetrizavimui, kur reikalingas pluošto dalinimas į daugiau kaip dvi dalis. Šiame (US 5798877A) patente pluošto dalinimui į daugiau kaip dvi dalis (keturias, aštuonias ir t.t.) siūloma naudoti nuosekliai vienas po kito sekančius vienodus formuotuvus, sudarytus iš stiklo plokštelės ir dviejų pleištinių prizmių. Tačiau toks būdas turi rimtą trūkumą, kadangi šviesos nuostoliai kvadratiškai priklauso nuo nuosekliai atliekamų pluoštų dalinimo skaičiaus. Beje, ir iš patento aprašymo matyti, kad autoriai realizavo tik pluošto dalinimą į dvi dalis, nors dalinimas į daugiau kaip dvi dalis būtų reikalingas.

Esminis mūsų būdo skirtumas nuo aprašyto patente US 5798877A yra tas, kad asimetrišką pluoštą dalijame į reikiamą pluoštų skaičių (pavyzdžiui, penkis ar daugiau) vienu optiniu elementu – daugiabriaune prizme. Taip išvengiame nuostolių ribose tarp diskretinių elementų, bei supaprastiname pluošto formuotuvo surinkimą.

4. Išradimo esmė.

Šiame išradime aprašyta optinė schema, kuri įgalina lanksčiai valdyti didelės asimetrijos lazerinių pluoštų kokybės parametrų M_x^2 ir M_y^2 dvejose statmenose kryptyse santykį, išlaikant jų sandaugą mažai pakitusią. Be to, schema įneša mažus šviesos nuostolius, yra labai kompaktiška (mažas kiekis optinių elementų), surinkimo metu nereikalauja tikslaus derinimo. Išradimo principas pagrįstas daugiabriaunės vienalytės prizmės panaudojimu (Fig. 2). Šioje prizmėje pradinis asimetriškas pluoštas yra suskaidomas į N antrinių pluoštų, nukreipiant juos skirtingomis kryptimis taip, kad tam tikroje erdvės vietoje antriniai pluoštai atsiranda vienas virš kito. Šioje erdvės vietoje antriniai pluoštai laužiami atskirų stiklo plokštelių įėjimo plokštumose, suvienodinant jų sklaidimo kryptis. Plokštelėse šviesos pluoštai sklinda lygiagrečiai plokštelių lietimosi paviršiams. Plokštelių išėjimo paviršiai gali būti plokšti, cilindriniai, kūginiai ir kitokie, priklausomai nuo to, kaip reikia toliau transformuoti šviesos pluoštą. Už stiklo plokštelių gali būti naudojami ir papildomi optiniai elementai, pavyzdžiui, lęšiai.

Kai reikia transformuoti ne vieną, o kelis asimetriškus lazerinius pluoštus, sklindančius viena kryptimi, pavyzdžiui, kolimuotų „greitosios“ ašies kryptimi dviejų ar daugiau diodinių liniuočių rinkinio atveju, kiekvienam pluoštui naudojama atskira daugiabriaunė prizmė, tačiau visi daugiabriaunės prizmės lūžę pluoštai suvedami į bendrą stiklo plokštelių (4) rinkinį su įvairiais galimais įėjimo ir išėjimo paviršiais.

Be to, daugiabriaunių prizmių pluoštą skaidančių paviršių pločiai „lėtosios“ ašies kryptimi yra vienodi arba skirtingi, parinkti taip, kad po transformacijos suminis pluoštas „lėtosios“ ašies kryptimi turėtų pageidaujamą energijos skirstinį, o daugiabriaunės prizmės ir stiklo plokštelių įėjimo bei išėjimo paviršiai padengiami skaidrinančiomis dangomis, norint sumažinti energijos nuostolius.

5. Detalus išradimo aprašymas.

Išradimo aiškumui pateikiami brėžiniai, kuriuose:

Fig. 1 – schematinis lazerinių diodų liniuotės vaizdas;

Fig. 2 – šviesos pluošto skaidymo daugiabriaune prizme ir sudalintų pluoštų krypčių atstatymo stiklo plokštelių rinkiniu bendra padidinta schema;

Fig. 3 – bendra padidinta pluoštų formuotuvo su cilindrinio ir sferinio lęšiu išėjime schema;

Fig. 4 – bendra padidinta pluoštų formuotuvo su cilindrinio paviršiumi stiklo plokštelių išėjime schema.

Stipriai asimetriškas lazerinis (šviesos) pluoštas, pavyzdžiui, lazerinio diodo 1 ar lazerinio diodo liniuočių 2, sklindantis z ašies kryptimi, po kolimavimo y (greitosios) ašies kryptimi (pluoštas taip pat gali būti kolimuotas ir x (lėtosios) ašies kryptimi, panaudojant cilindrinį lęšių rinkinį), krenta į pirmą daugiabriaunę prizmę 3, kurios įėjimo paviršius yra plokščias ir statmenas pluošto sklidimo kryptčiai (Fig. 2). Daugiabriaunės prizmės 3 išėjimo paviršių sudaro N plokštumų, kur N yra lygus skaičiui pluoštų, į kurių yra dalinamas krentantis pluoštas. Skaičius N yra apskaičiuojamas, atsižvelgiant į tai, kokios formos pluoštas turi būti formuojamas pluoštų formuotuvo išėjime. Pavyzdžiui, kietojo kūno lazerių išilginio kaupinimo atveju, kai lazerio aktyviajame elemente formuojama eliptinė moda, pakanka pradinių 10 mm diodinės liniuotės 2 pluoštą dalinti į $N=5$ dalis. Norint suvienodinti M^2 parametą „greitosios“ ir „lėtosios“ skaičius N priklauso nuo parametro M_x^2 „lėtosios“ ašies kryptimi, pavyzdžiui, jeigu $M_x^2=1000$, tai N turi būti lygus apie 30.

Skaičius N taip pat gali būti lygus ir lazerinių diodų liniuotėje 2 esančių atskirų diodinių lazerių 1 skaičiui, tais atvejais, kai atstumai tarp gretimų lazerių yra pakankamai dideli, tokie, kad gretimų lazerių spinduliuotės „lėtosios“ ašies kryptimi laužiančiuose paviršiuose nepersikloja.

Prizmės 3 išėjimo plokštumų normalės vektoriai nėra vienoje plokštumoje, todėl atitinkamose daugiabriaunio plokštumose lūžusi šviesos pluošto dalis yra nukreipiama reikiama kryptimi taip, kad tam tikroje erdvės vietoje atskiri pluoštai atsiranda vienas virš kito. Šioje erdvės vietoje yra statomas N stiklo plokštelių 4 rinkinys. Į kiekvienos atskiros plokštelės 4 briauną patenka po vieną daugiabriaunėje prizmėje 3 sudalintą pluoštą. Kiekvienos plokštelės 4 įėjimo plokštumos normalės vektorius yra orientuotas lygiagrečiai atitinkamos daugiabriaunio išėjimo plokštumos vektoriui (kai pirmosios daugiabriaunės prizmės 3 ir antrinių plokštelių 4 lūžio rodikliai yra tie patys), todėl kiekvienam, įėjusiam į plokštelę 4, šviesos pluoštui sugražinama pradinė sklaidimo kryptis. Tokiu būdu antrinėse stiklo plokštelėse 4 suformuojama N vienas virš kito esančių lygiagrečių pluoštų. Kadangi kiekvieno padalinto pluošto skėstis x (lėtosios) ašies kryptimi išlieka ta pati, o pluošto plotis sumažėja $1/N$ kartų, tai pluoštų visumos kokybės parametras M_x^2 sumažėja taip pat $1/N$ kartų. Statmenoje plokštumoje, y (greitosios) ašies kryptimi pluošto plotis padidėja maždaug N kartų, o tuo pačiu padidėja ir parametras M_y^2 , tačiau M_x^2 ir M_y^2 sandauga arba bendras pluošto skaistis išlieka tas pats.

Paprasčiausiu atveju antrinių stiklo plokštelių 4 išėjimo paviršiai yra plokštumos, statmenos pluošto sklaidimo kryptims (Fig. 3). Norint suvienodinti fokusavimo sąlygas „greitosios“ ir „lėtosios“ ašies kryptimi, už stiklo plokštelių 4 yra statomas cilindrinis lęšis 5, veikiantis „lėtosios“ ašies kryptimi, atvaizduojantis diodinių lazerių liniuotės 2 išėjimo paviršių į begalybę. Už cilindrinio lęšio 5 pluoštas fokusuojamas reikiamo židinio nuotolio sferiniu lęšiu 6.

Norint sumažinti pluošto formuotuvo optinių elementų skaičių, vietoje cilindrinio lęšio 6, veikiančio „lėtosios“ ašies kryptimi, galima stiklo plokštelių 4 išėjimo paviršių formuoti cilindrinį (Fig. 4). Šiuo atveju cilindrinis stiklo plokštelių 4 išėjimo paviršius atvaizduoja diodinės liniuotės 2 paviršių į begalybę. Priklausomai nuo stiklo plokštelių 4 gamybos technologijos, cilindriniai paviršiai gali būti formuojami kiekvienai plokštei atskirai, po to jas suklijuojant į vieną bloką, arba galima pirma suklijuoti plokšteles į vieną bloką ir tik tada formuoti bendrą cilindrinį išėjimo paviršių.

Dar mažesnis optinių elementų skaičius lazerinių pluoštų formuotuve gaunamas, atsisakant ir galinio sferinio lęšio 6, o kiekvienos stiklo plokštelės 4 išėjimo paviršių formuojant kūgio formos (Fig. 2). Šiuo atveju lazerinis pluoštas turi būti fokusuojamas „greitosios“ ašies kryptimi į vaizdo plokštumą 7 (Fig. 2), panaudojant trumpo židinio cilindrinį lęšį, esantį prieš daugiabriaunę prizmę 3. Kiekvienos plokštelės 4 išėjimo paviršius „lėtosios“ ašies kryptimi atvaizduoja daugiabriaunės prizmės 3 atitinkamą išėjimo paviršių į vaizdo plokštumą 7, o „greitosios“ ašies kryptimi kūgiškas paviršius veikia kaip laužianti prizmė, nukreipianti kiekvieną antrinį pluoštą į vieną židinį vaizdo plokštumoje 7. Nors kūginis paviršius pasižymi ženkla aberacija, mūsų atveju, kai fokusuojamų pluoštų skaitinės apertūros siekia apie 0,1, o pluoštai turi didelę M^2 reikšmę, kūginio paviršiaus aberacija turi mažą įtaką transformuoto pluošto kokybei, bei pluošto sąsmaukos skerspjūvio plotui ir ilgiui.

Pastaroji pluoštų formuotuvo schema suteikia galimybę dar ir valdyti galutinio transformuoto pluošto skerspjūvio skirstinį „lėtosios“ ašies kryptimi. Tai yra svarbu kietojo kūno lazerių galinio kaupinimo atveju, kai kaupinimo pluoštas lazerio aktyviajame elemente sukuria termolęšį [Walter Koechner Solid State Laser Engineering, Springer-Verlag, New York, 2001]. Įprastinio stačiakampio skirstinio kaupinimo pluoštai aktyviajame elemente sukuria termolęšį, turintį stiprią aberaciją, kurios neįmanoma kompensuoti įprastiniais optiniais elementais (lęšiais ir veidrodžiais). Šios aberacijos kompensavimui lazerių rezonatoriuose naudojami sudėtingi faziniai elementai [Diode-pumped regenerative amplifier delivering 100-mJ single-mode laser pulses, V. Bagnoud, J. Luce, L. Videau, and C. Rouyer, Opt.Lett. 26, 337-339, (2001)]. Mūsų atveju, parinkus tinkamus, skirtingus daugiabriaunės prizmės 3 išėjimo plokštumų pločius, kurios stiklo plokštelių 4 išėjimo paviršiais yra atvaizduojamos į pluošto formuotuvo išėjimo židinį, galima pasiekti, artimą gausiniam kaupinimo skirstinį „lėtosios“ ašies kryptimi.

Tam, kad būtų galima įsivaizduoti praktiškai įgyvendinto pluoštų formuotuvo geometrinius matmenis bei privalumus, pateikiame jo elementų ir jų išdėstymo matmenis. Pluoštų formuotuvą buvo naudojamas transformuoti 10 mm pločio, 20W galios IMC Inc. lazerinių diodų liniuotės spinduliuotė, naudojamą kietojo kūno lazerio išilginiam kaupinimui. Pradžioje lazerinių diodų liniuotė buvo atvaizduojama „greitosios“ ašies kryptimi į pluošto formuotuvo išėjimo židinio plokštumą, panaudojant trumpo židinio ($f = 0,5$ mm) didelės skaitinės apertūros (0,8) acilindrinį

lęši. Tuoj po acilindrinio lęšio stovėjo daugiabriaunė prizmė (10,5 x 1 x 3 mm), kurios įėjimo paviršius buvo viena plokštuma, o išėjimo paviršių sudarė penkios plokštumos su skirtingais normalės vektoriais. 30 mm atstumu nuo prizmės stovėjo rinkinys stiklo plokštelių su atitinkamais įėjimo plokštumų normalės vektoriais. Stiklo plokštelių storis buvo 0,4 mm, o plotį (7 mm) „lėtosis“ ašies kryptimi apsprendė lazerinių diodų liniuotės spinduliuotės skėstis „lėtosis“ ašies kryptimi. Plokštelės buvo padarytos iš Schott firmos displėjinio stiklo D248, kuris turi pakankamos kokybės šoninius paviršius bei yra technologiškai apdirbimui. Plokštelių ilgis z ašies kryptimi buvo 6 mm. Antriniai pluošteliai stiklo plokštelėse buvo fokusuojami į bendrą pluošto formuotuvo židinį, esantį už 12 mm nuo stiklo plokštelių, kūgiškais plokštelių išėjimo paviršiais. Visas pluošto formuotuvo ilgis nuo lazerinių diodų liniuotės iki formuotuvo židinio sudarė tik 52 mm. Visų optinių formuotuvo elementų paviršiai buvo skaidrinti, todėl bendri šviesos nuostoliai formuotuve siekė apie 10 %.

Šiame išradime aprašytas pluoštų formuotuvą gali būti naudojamas ir kelių lazerinių diodų liniuočių, išdėstytų viena šalia kitos, bendro pluošto formavimui. Šiuo atveju kiekvienos diodinių lazerių liniuotės spinduliuotė kolimuojama „greitosios“ ašies kryptimi atskiru cilindrinio mikrolęšiu, vėliau kiekvienos liniuotės pluoštai suskaidomi į keletą pluoštų ir nukreipiami reikiamomis kryptimis, panaudojant atskirą daugiabriaunę prizmę kiekvienai liniuotei. Visų daugiabriaunių prizmių išėjimo plokštumų normalės vektoriai orientuoti taip, kad tam tikroje erdvės vietoje suskaidyti pluoštai atsiranda vienas virš kito, kur patenka į aukščiau aprašytą, bendrą stiklo plokštelių rinkinį. Plokštelių rinkinyje pluoštai įgyja vienodą sklidimo kryptį, o tada toliau juos formuoti galima vienu iš aukščiau aprašytų būdų.

Daugiabriaunės prizmės gali būti naudojamos ne tik lazerinių diodų liniuočių, bet ir šių liniuočių rinkinių bei didelio ploto lazerinių diodų spinduliuočių susiformavimui.

Išradimo apibrėžtis

1. Lazerinių pluoštų formuotuvą su optiniais elementais, kaip lęšiai, stiklo plokštelės ir prizmės, skirtas lazerinių pluoštų labai skirtingomis pluošto kokybės parametro M^2 vertėmis dvejose statmenose plokštumose formavimui, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad formuotuve panaudota daugiabriaunė monolitinė prizmė (3), kurios vienas paviršius (įėjimo arba išėjimo) yra plokštuma, o atitinkamai kitas – sudarytas iš keleto paviršių su normalės vektoriais, nesančiais vienoje plokštumoje, tokiais, kad šiuose paviršiuose lūžusios lazerinio pluošto dalys įgyja skirtingas sklidimo kryptis, ir kad pluoštelių sklidimo kryptys atstatomos stiklo plokštelėmis (4), išdėstytomis viena virš kitos toje erdvės vietoje, kur praėję daugiabriaunę prizmę (3) pluošteliai atsiranda vienas virš kito, kiekvienam pluošteliui krentant į atskiros plokštelės tinkamai suformuotą briauną.

2. Lazerinių pluoštų formuotuvą pagal 1 punktą, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad daugiabriaunės prizmės (3) laužiančių paviršių skaičius priklauso nuo norimo pasiekti pluošto simetriškumo laipsnio (du ar daugiau laužiančių paviršių) arba yra lygus lazerinių diodų linuotėje esančių lazerių skaičiui.

3. Lazerinių pluoštų formuotuvą pagal 1 punktą, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad daugiabriaunės prizmės (3) laužiančių paviršių normalės vektoriai nukreipti taip, kad už tam tikro atstumo suskaidyti pluoštai atsiranda vienas virš kito.

4. Lazerinių pluoštų formuotuvą pagal 1 punktą, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad daugiabriaunės prizmės (3) laužiančių paviršių normalės vektoriai nukreipti taip, kad lūžę pluoštai už tam tikro atstumo sugrupuojami į kelias atskiras išdėstytų vienas atžvilgiu kito pluoštų grupes.

5. Lazerinių pluoštų formuotuvą pagal 1 punktą, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad daugiabriaunės prizmės (3) paviršiai, skaidantys pradinį pluoštą į daugelį antrinių, skirtingų krypčių pluoštų, yra plokštumos arba kitokie antros arba aukštesnės eilės paviršiai.

6. Lazerinių pluoštų formuotuvą pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad bendras visiems suskaidytiems antriniam pluoštams daugiabriaunės prizmės (3) paviršius (įėjimo arba išėjimo) yra plokštuma arba kitoks įvairiai orientuotas antros arba aukštesnės eilės paviršius arba cilindrinį lęšių rinkinys pluoštų kolimavimui „lėtosios“ ašies kryptimi.

7. Lazerinių pluoštų formuotuvą pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad stiklo plokštelių (4) įėjimo paviršių normalės vektoriai orientuoti taip, kad įėjimo paviršiuose lūžę pluoštai įgyja sklidimo kryptį, lygiagrečią plokštelių (4) tarpusavio lietimosi plokštumoms.

8. Lazerinių pluoštų formuotuvą pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad visų stiklo plokštelių (4), sugražinančių pluoštų sklidimo kryptis, išėjimo paviršiai yra plokštumos, kurių normalės vektoriai yra lygiagretūs pluoštų sklidimo kryptims.

9. Lazerinių pluoštų formuotuvą pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad visų stiklo plokštelių (4), sugražinančių pluoštų sklidimo kryptis, išėjimo paviršiai yra antros arba aukštesnės eilės paviršiai, galintys įvairiai transformuoti juose lūžusius pluoštus „greitosios“ ir „lėtosios“ ašies kryptimis.

10. Lazerinių pluoštų formuotuvą pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad už stiklo plokštelių (4), sugražinančių pluoštų sklidimo kryptis, pastatyti optiniai elementai, pavyzdžiui, sferiniai ir asferiniai lęšiai bei veidrodžiai, prizmės.

11. Lazerinių pluoštų formuotuvą pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad naudojant dviejų ar daugiau lazerinių diodinių liniuočių rinkinius, kiekvienam pluoštui panaudojama atskira daugiabriaunė prizmė (3), o visi daugiabriaunės prizmės (3) lūžę pluoštai suvedami į bendrą stiklo plokštelių (4) rinkinį su įvairiais galimais įėjimo ir išėjimo paviršiais.

12. Lazerinių pluoštų formuotuvą pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad daugiabriaunių prizmių (3) pluoštą skaidančių paviršių pločiai „lėtosios“ ašies kryptimi yra vienodi arba skirtingi, parinkti taip, kad po transformacijos suminis pluoštas „lėtosios“ ašies kryptimi turėtų pageidaujamą energijos skirstinį.

13. Lazerinių pluoštų formuotuvą pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad ir daugiabriaunės prizmės (3), ir stiklo plokštelių (4) įėjimo bei išėjimo paviršiai padengti skaidrinančiomis dangomis, norint sumažinti energijos nuostolius.

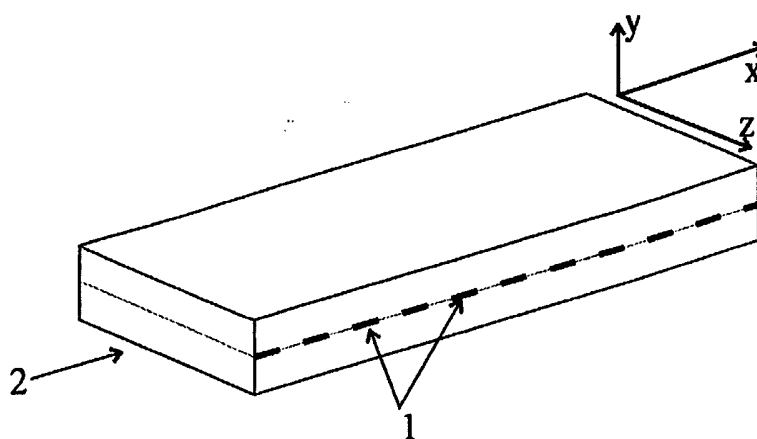


Fig.1

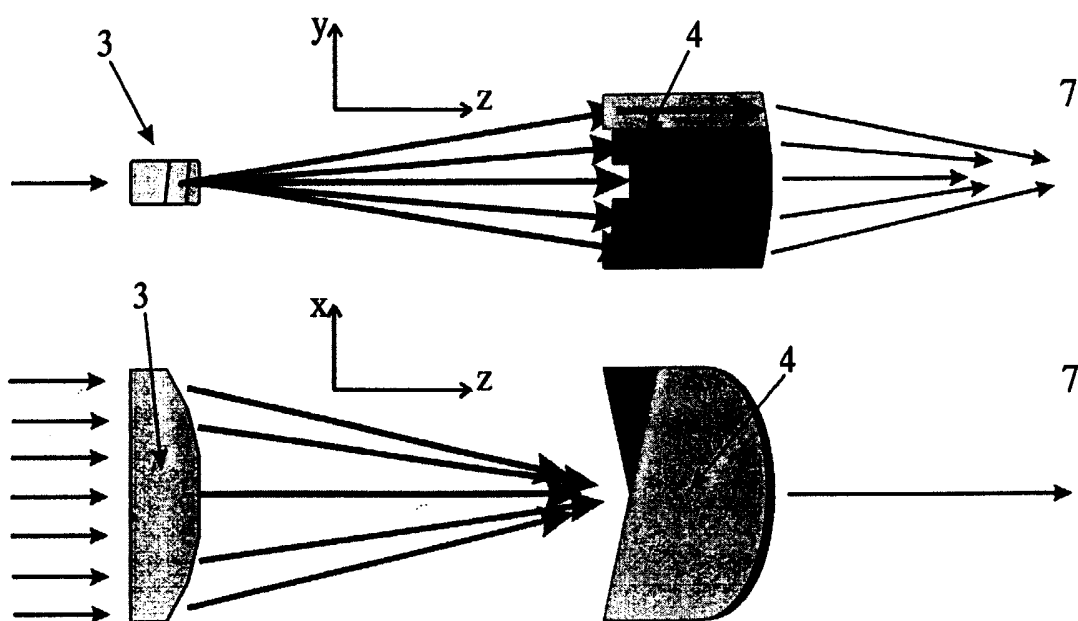


Fig.2

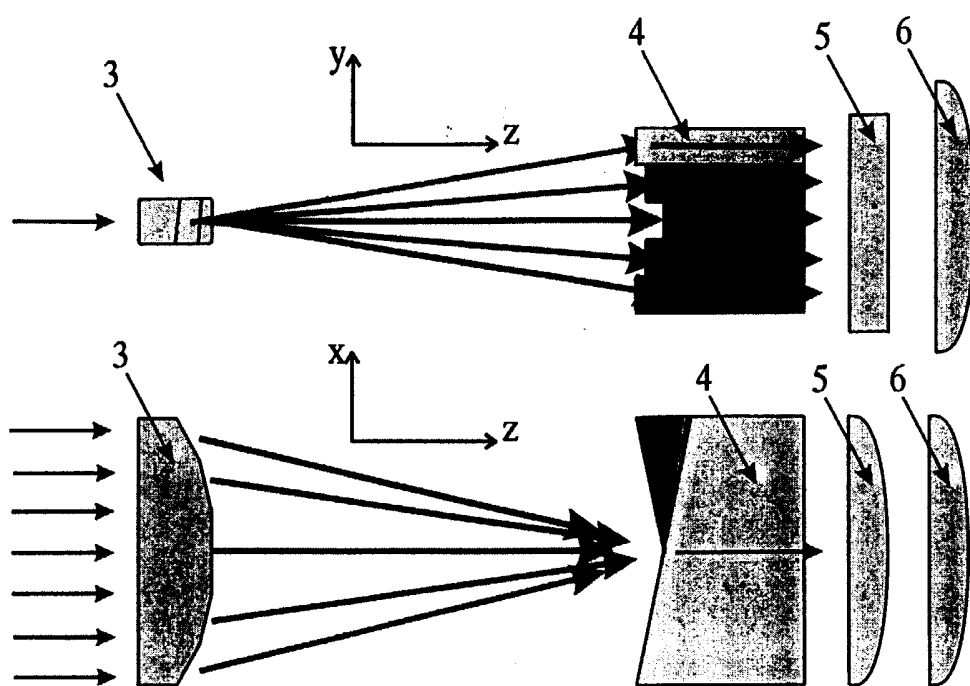


Fig.3

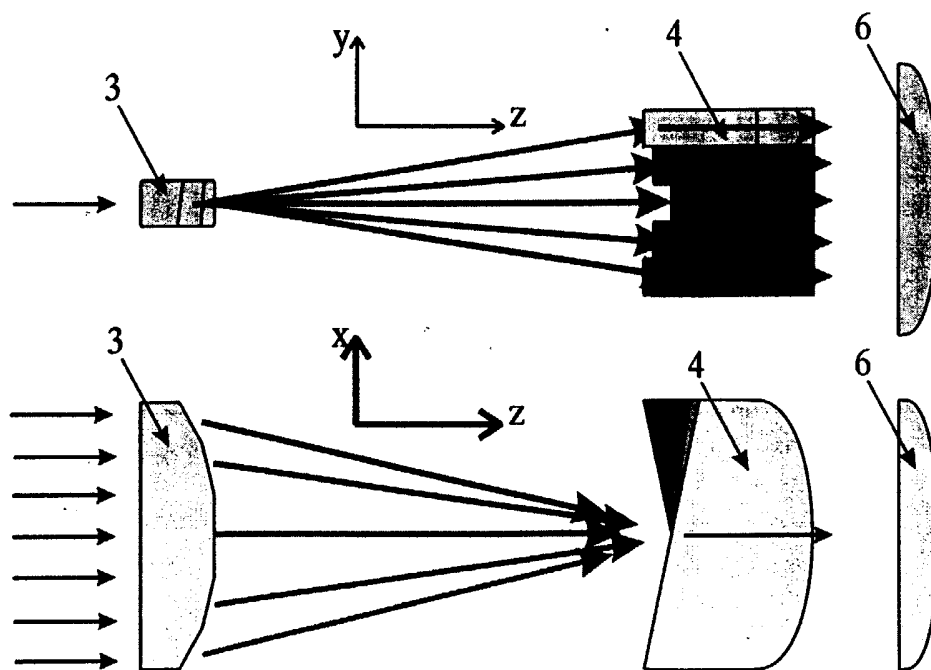


Fig.4