

(19)



(10) **LT 5257 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patent numeris: **5257**

(51) Int. Cl.⁷: **H01S 3/00**

(21) Paraiškos numeris: **2003 108**

(22) Paraiškos padavimo data: **2003 12 19**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2005 06 27**

(45) Patent paskelbimo data: **2005 08 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:

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, Dr. Leono A. Kučinsko patentinių paslaugų firma,
Kaštonų g. 5-7, LT-01107 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Ryškj išsaugojantis lazerinių pluoštų formuotuvas

(57) Referatas:

Išradime aprašomas labai asimetriškų šviesos pluoštų, pavyzdžiui lazerinių diodų liniuotės, simetrizavimo būdas, naudojant trijų optinių elementų formuotuvą, kuris išsaugo pradinį šviesos šaltinio ryškį. Pirmasis formuotuvo elementas, - greitosios ašies kolimatorius, šviesos šaltinio apertūrą greitosios ašies kryptimi atvaizduoja tiesiogiai į formuotuvo išėjimo plokštumą. Antrasis ir trečiasis formuotuvo elementai yra daugiasegmentiniai elementai, kurie skaido ir optimaliai perskirsto atskirus pluoštus bei fokusuoja juos lėtosios ašies kryptimi. Formuotuvo optinių elementų paviršiai aprašomi antros ir aukštesnės eilės paviršiais, kas įgalina kompensuoti įvairius iškraipymus, pavyzdžiui lauko kreivumo aberaciją, iškraipymus dėl šviesos šaltinio perlinkimo ir kt. Formuotuve siūloma optimali antrinių pluoštų perskirstymo tvarka, mažiausiai įtakojanti pradinį pluošto ryškį, bei „smile“ distorsijos kompensavimo būdas. Taip pat siūlomas kelių šviesos šaltinių pluoštų sutapatinimo formuotuve schema, panaudojant poliarizacinius ir dichroinius veidrodžius. Lazerinių diodų matricos atveju, siūloma naudoti tą patį pluoštų formavimo principą, su atskira daugiabriaune prizme kiekvienai lazerinių diodų liniuotei ir vienu bendru visoms lazerinių diodų liniuotėms daugiasegmentiniu elementu.

Ryški išsaugojantis lazerinių pluoštų formuotuvai

1. Technikos sritis.

Patentas priskiriamas difrakciškai neribotų asimetriškų šviesos pluoštų, pavyzdžiui, lazerinių diodų liniuočių (laser diode bar, anglų kalboje) spinduliuotės, erdvinio pasiskirstymo simetrizavimui, maksimaliai išsaugojant pradinį šviesos šaltinio ryškį. Toks pluoštų transformavimo būdas gali būti naudojamas diodais kaupinamuose kietakūniuose lazeriuose, spinduliuotės įvedimui į šviesolaidžius, medžiagų apdirbime, medicinoje.

2. Technikos lygis- koks sprendimas arba sprendimai naudojami dabar

Didelės apertūros lazeriniai diodai arba šių diodų liniuotės (bars, anglų k.) yra didelės galios, kompaktiški, ilgaamžiai šviesos šaltiniai, plačiai taikomi įvairiose mokslo ir technikos srityse. Deja, šių lazerių spinduliuotė pasižymi didele asimetrija, kas apsunkina jų panaudojimą. Pluošto skersiniai matmenys statmenoje lazerio p-n sandūros kryptimi plokštumoje (toliau tai vadiname greitosios arba y ašies kryptimi) yra 0,2-1 μm (1 pav.), o spinduliuotės skėsties kampas iki 60-90 laipsnių. p-n sandūros plokštumoje (toliau tai vadiname lėtosios arba x ašies kryptimi) pluošto dydis gali siekti nuo 60 μm iki 10mm, o skėsties kampas apie 8-12 laipsnių. Greitosios ašies kryptimi pluoštai yra riboti difrakcija, o lėtosios ašies kryptimi pluoštas yra nuo 10 iki kelių tūkstančių kartų prastinės kokybės už ribotą difrakciją. Pluošto kokybei aprašyti yra naudojamas M^2 parametras (žiūr. W.Koechner Solid-State Laser Engineering, Springer-Verlag, 4th ed., 1999), kuris nusako, kiek kartų pluošto skėstis viršija difrakcija riboto pluošto skėstį. Pluoštų kokybės parametrai išilgai greitosios ir lėtosios ašių sandauga $M_x^2 * M_y^2$ yra dydis, nusakantis bendrą pluošto ryškį (idealiai difrakcija ribotam pluoštui $M_x^2 * M_y^2 = 1$). Bendrieji tiesinės optikos dėsniai neleidžia pagerinti pluošto ryškio, tačiau simetrizuojant pluoštą svarbu išsaugoti pradinį jo ryškį. Šiame

patente aprašyto pluošto formuotuvo paskirtis yra suvienodinti pluošto kokybę greitosios ir lėtosios ašių kryptimis, tai yra pasiekti, kad būtų tenkinama sąlyga $M_x^2 = M_y^2$, tuo pačiu minimizuojant sandaugą $M_x^2 * M_y^2$, t.y. išsaugojant pradinį jo ryškį.

Yra žinomi keletas būdų, kaip simetrizuoti ir kitaip valdyti didelės apertūros lazerinių diodų spinduliuotės pluoštų asimetriją. Kiekvieno lazerio, sudarančio lazerinę liniuotę, spinduliuotę galima įvesti į atskirą šviesolaidį, antruosius šviesolaidžių galus sujungiant į simetrišką pynę (US5299222). Asimetriškų pluoštų transformavimui galima panaudoti vaizdą *sukančių veidrodžių rinkinius* (US6044096), du lygiagrečius veidrodžius (US5825551), stiklo plokštelių (DE19743322) ir prizmių (US5798877) rinkinius arba atatinkamai pasuktus cilindrinis lęšius (DE19623762). Tačiau šie asimetriškų pluoštų transformavimo būdai pasižymi prastesnėmis charakteristikomis lyginant juos su kita sąlygine pluoštų formuotuvų grupe, kurioje pluoštų formavimui naudojami daugiasegmentiniai optiniai elementai, perskirstantys pradinio pluošto sudedamąsias dalis taip, kad pluoštas tampa simetrišku. Ši formuotuvų grupė labiausiai siejasi su šiame patente aprašytu ryškį išsaugojančiu pluoštų formuotuvu, todėl sekančiame skyriuje smulkiau panagrinėti pastarųjų formuotuvų grupės privalumai ir trūkumai.

3. Dabartinių sprendimų kritika.

US6421178 patente (V.Lissotschenko ir kt.) sukolimuotą greitosios ir lėtosios ašies kryptimi lazerinių diodų liniuotės spinduliuotę siūloma transformuoti panaudojant du optinius elementus su propelerio formos paviršiais, t.y. paviršiais, kurių normalės vektoriaus kampas su xOz plokštuma tolygiai kinta kaip funkcija nuo x koordinatės. Tokie paviršiai leidžia suteikti skirtingas sklidimo kryptis atskiriems lazerinių diodų liniuotės pluoštams ir, kartu su Furjė transformacijos elementu tarp dviejų propelerinių paviršių bei galutinio fokusavimo elementais, leidžia formuoti simetriškus pluoštus. Toks pluoštų formuotuvai pasižymi mažais nuostoliais, nes šviesos pluoštai savo kelyje nesutinka aštrių ribų, bei homogenišku intensyvumo pasiskirstymu formuotuvo išėjime. Surinkus visus formuotuvo elementus ant vienos plokštelės, gaunamas vienas optinis elementas, pasižymintis mažu jautrumu neteisingai įėjimo pluošto orientacijai. Deja šiame patente siūlomų paviršių gamybai reikalinga specializuota, sudėtinga įranga, tokia kaip mikro-ultragarsinis apdirbimas arba kvarco poliravimas elektronų pluoštu (US5504302). Nors US6421178 patente

aprašomame pluošto formuotuve naudojami šeši optiniai elementai, jame nėra galimybės koreguoti pirmojo mikro-cilindrinio lęšio plokščio lauko aberaciją, dėl ko prarandamas pradinis šviesos šaltinio ryškis. Atskirų pluoštų perskirstymo tvarka, gaunama propeleriniais paviršiais, taip pat nėra optimali ryškio išsaugojimo požiūriu.

Kitoje patentų grupėje (US6151168, WO01/27686, EP1059713) kiekvienas šviesos pluoštas, sklindantis iš atskiro lazerinių diodų liniuotės elemento nukreipiamas skirtinga kryptimi pasukant greitos ašies kolimavimo mikro-cilindrinį lęšį apie z ašį, sutampančią su pradine pluoštų sklaidimo kryptimi. Po mikro-cilindrinio lęšio pluoštai suvedami vienas virš kito sferiniu, cilindrinio arba gradientiniu lęšiu. Pluoštų krypčių atstatymui gali būti naudojami plonų prizmių arba veidrodžių rinkiniai (US6151168 R.Goering ir kt., WO01/27686 P.Schreiber ir kt.), perstumti x ašies kryptimi ploni cilindriniai lęšiai išdėstyti vienas virš kito (EP1059713, G.Piccinno ir kt.). Nors taip formuojant asimetriškus pluoštus, visus optinius elementus galima pagaminti tradiciniais stiklo apdirbimo metodais, tačiau pradinis šviesos šaltinio ryškis prarandamas dėl mikro-cilindrinio lęšio plokščio lauko aberacijos, neoptimalios pluoštų perskirstymo tvarkos, įvairių aberacijų sferiniuose ir cilindrinuose optinių elementų paviršiuose. Be to šiuo atveju nėra galimybės kompensuoti pluošto iškraipymų, atsirandančių dėl lazerinių diodų liniuotės išlinkimo. Tokie pluoštų formavimo būdai tinkami ten, kur ryškio išsaugojimas nėra svarbus reikalavimas, pavyzdžiui didelės galios sistemose ($>100W$). Tačiau išilginio kaupinimo lazeriuose bei tam tikruose lazerinio medžiagų apdirbimo taikymuose šviesos šaltinio ryškio išsaugojimais dažnai būna kritinis parametras, apsprendžiantis visos sistemos kokybinius parametrus.

R.Danieliaus ir L.Giniūno LT5060 patente pluoštų simetrizavimui siūloma naudoti daugiabriaunę vienalytę prizmę, skaidančią pradinį pluoštą į keletą antrinių pluoštų, turinčių skirtingas sklaidimo kryptis. Toje erdvės vietoje, kur antriniai spinduliai išsidėsto vienas virš kito y ašies kryptimi, jų sklaidimo kryptys suvienodinamos antruoju laužiančiuoju elementu - stiklo plokštelių rinkiniu. Plokštelių išėjimo paviršiai gali būti ne tik plokštumos, bet ir kitokie aukštesnių eilių paviršiai, galintys veikti tiek greitosios, tiek ir lėtosios ašių kryptimis. Toks asimetriškų pluoštų formuotuvų yra kompaktiškas ir nereikalauja tikslaus derinimo surinkimo metu. Deja, LT5060 patente aprašytu pluoštų formuotuvu simetrizuojant pluoštus prarandamas pradinis pluošto ryškis, dėl to pluošto formavimo metodas

mažai tinkamas, kai norima po formuotuvo gauti ribinio ryškio ir mažesnio už $100\mu\text{m}$ diametro pluoštus. Ryškio praradimas susijęs su nekoreguojama greitos ašies kolimatoriaus lauko kreivumo aberacija, šviesos šaltinio geometriniais iškraipymais ("smile" distorsija), neoptimalia antrinių pluoštų perskirstymo tvarka. Taip pat šiame patente nėra numatyta galimybės viename formuotuve sujungti kelių šviesos šaltinių spinduliuotes, pavyzdžiui lazerinių diodų matricos atveju (laser diode stack, anglų kalboje).

Prototipas. DE19500513 (A.Wasmeier) patente bei patobulintame jo variante US6337873 (R.Goering ir kt.) atskirus lazerinių diodų liniuotės pluoštus, sukolimuotus greitosios ašies kryptimi, siūloma suvesti vieną virš kito panaudojant atskirą, "kreipiantį" optinį elementą, sudarytą iš atskirų segmentų, veikiančių ir greitosios, ir lėtosios ašių kryptimis. Pluoštų krypčių atstatymui naudojamas antras "atstatantis" optinis elementas, pavyzdžiui, plonų prizmių rinkinys, sudarytas iš tokio pat skaičiaus segmentų. Po šio antro optinio elemento pluoštai atsiduria vienas virš kito, įgydami tą pačią sklaidimo kryptį. Galutinai pluoštas suformuojamas papildomu cilindrinio ir (a)sferiniu lęšiu. Tokia pluošto formavimo schema gerai veikia, kai norima suformuoti pluoštą, kurio skerspjūvio diametras $>1\text{mm}$ ir skaitinė apertūra apie 0,1. Tačiau didelio ryškio taikymams, pavyzdžiui, dešimčių vatų galios išilgino kaupinimo kieto kūno iterbio lazerių kaupinimui, US6337873 patente aprašytas pluošto formavimo metodas darosi neefektyvus dėl keleto priežasčių. Pirmiausiai jame nėra numatyta galimybė kompensuoti mikro-cilindrinio lęšio lauko kreivumo aberaciją, dėl ko tokiu formuotovu negalima suformuoti pluoštų, kurių skerspjūvio diametras yra mažesnis už $100\mu\text{m}$. Tuo atveju, kai lazerinių diodų liniuotę sudaro didelis skaičius lazerių (pavyzdžiui, 19) US6337873 patente aprašytas metodas taip pat tampa mažiau efektyvus, dėl pluoštų susisukimo "atstatančio" elemento įėjime. Norint išsaugoti energetinį formuotuvo efektyvumą, tenka didinti "atstatančio" elemento segmentų plotį greitosios (y) ašies kryptimi, dėl ko didėja pluošto skaitinė apertūra, prarandamas pluošto ryškis. Didinant geometrinius pluošto formuotuvo matmenis z ašies kryptimi, didėja reikalavimai optinių elementų tikslumui. Ribinio ryškio lazerinių diodų liniuotės pluoštų formuotuvų kokybę riboja pačios liniuotės išlinkimas (smile-distorsija). US6337873 patente aprašytame metode nėra numatyta galimybės kompensuoti liniuotės išlinkimą, todėl toks pluoštų formavimo metodas yra

patogesnis didelės galios ($>100\text{W}$) formuotuvams, kur liniuotės išlinkimo efektai nepasireiškia.

Esminis šio mūsų patento skirtumas yra tas, kad pluoštų formuotuve pluoštai greitosios ir lėtosios ašių kryptimis yra fokusuojami nepriklausomai ir pirmasis pluošto formuotuvo optinis elementas, greitosios ašies kolimatorius šviesos šaltinį atvaizduoja ne į begalybę, o į formuotuvo išėjimo židinio plokštumą. Ši formuotuvo savybė įgalina panaudojant rekordiškai mažą optinių elementų skaičių formuotuve. Panaudojant aukštesnės eilės optinių elementų paviršius (kvazi-kūginius, išlenktus propelerinius ir pan.), sukompensuojamos aukščiau išvardintiems pluoštų formuotuvams būdingos aberacijos, mažinančios pluoštų ryškį. Formuotuve siūloma naudoti optimalią antrinių pluoštų perskirstymo tvarką, mažiausiai įtakančią pradinį pluošto ryškį, bei "smile" distorsijos kompensavimo būdą. Taip pat siūlomas kelių šviesos šaltinių pluoštų sutapatinimo formuotuve schema, panaudojant poliarizacinius ir dichroinius veidrodžius. Panaudojant šiame patente aprašytą metodiką, gali būti simetrizuojami ir lazerinių diodų matricų (laser diode stack, anglų kalboje) pluoštai, atskiriant ir optimaliai perskirstant atskirų lazerinių diodų spinduliuotes daugiasegmentiniais mikro-optiniais elementais.

4. Išradimo esmė

6

Šiame išradime aprašyta optinė schema, kuri įgalina simetrizuoti labai asimetriškus šviesos pluoštus (pavyzdžiui, lazerinių diodų liniuočių, plačios apertūros diodinių lazerių ir kt.), maksimaliai išsaugojant pradinį šviesos šaltinio ryškį, bei panaudojant mažesnį optinių elementų skaičių. Išradimo idėja yra pagrįsta tuo, kad formuotuve yra atskirtas pradinio pluošto fokusavimas greitosios (y) ir lėtosios (x) ašių kryptimis, o pluoštų formavimui yra naudojami aukštesnės eilės optimizuoti optinių elementų paviršiai bei parinkta optimali antrinių pluoštų perskirstymo tvarka. Pluoštų formuotuve šviesos šaltinio (1, 2) apertūra pirmu optiniu elementu (3) yra atvaizduojama greitosios (y) ašies kryptimi tiesiai į formuotuvo išėjimo židinio plokštumą (9) (2 pav.). Priklausomai nuo šviesos šaltinio (1) išėjimo apertūros konfigūracijos, pluoštus perskirstantis daugiasegmentinis optinis elementas (4) gali būti ir artimajame, ir tolimajame šviesos šaltinio (1) lauke. Perskirstantis elementas (4) suteikia antriniams pluoštams (5) tokias sklaidimo kryptis, kad už tam tikro atstumo jų svorio centrai išsidėsto vienas virš kito y ašies kryptimi. Šioje erdvės vietoje pluoštų sklaidimo kryptys suvienodinamos, pluoštams lūžtant antrojo daugiasegmentinio elemento (6) įėjimo paviršiuose. Šio elemento išėjimo paviršiai (8), artimi kūginiais, su tam tikru didinimu atvaizduoja lėtosios ašies (x) kryptimi šviesos šaltinį arba jo dalį į formuotuvo išėjimo plokštumą (9) bei nukreipia atskirus pluoštus į židinį greitosios (y) ašies kryptimi. Norint išsaugoti pradinį šviesos šaltinio ryškį, formuotuve įvesti keli patobulinimai. Pirmojo fokusuojančio elemento (3) lauko kreivumo aberaciją siūloma koreguoti daugiasegmentinių elementų (4 ir 6) optiniais paviršiais, t.y. naudoti ne plokštumas, bet aukštesnės eilės paviršius, pavyzdžiui kūginius. Taip pat siūloma optimali antrinių pluoštų (5) perskirstymo tvarka, "smile" distorsijos kompensavimo būdas pirmuoju daugiasegmentiniu elementu (4), poliarizacinis ir dichroinis atskirų šaltinių pluoštų sutapatinimas formuotuve, bei lazerinių diodų matricos pluoštų simetrizavimas subalansuojant M^2 parametą abiejų ašių kryptimi ir panaikinant neužpildytą erdvę tarp atskirų lazerių matricoje.

1-me paveiksle schematiškai parodyta tipinė lazerinių diodų liniuotė (2), su daugeliu lazerinių diodų (1), spinduliuojančių z ašies kryptimi. Charakteringi liniuotės (2) matmenys yra tokie: lazerių aukštis y ašies kryptimi apie $\sim 1\mu\text{m}$, atskiro lazerio (1) plotis nuo 50 iki $200\mu\text{m}$, atstumas tarp dviejų lazerių (1) nuo 10 iki $500\mu\text{m}$. Lazerinių diodų liniuotės spinduliuotė y (greitosios) ašies kryptimi skečiasi 30-50 laipsnių kampų, o x (lėtosios) ašies kryptimi 8-12 laipsnių kampų (tokius kampus sudaro kraštiniai spinduliai su z ašimi). Šiame patente aprašytas pluošto formuotuvai skirtas įvairių modifikacijų lazerinių diodų liniuočių (2) ir pavienių plačios apertūros lazerinių diodų spinduliuotės simetrizavimui x ir y ašių kryptimis, išsaugojant šviesos šaltinio ryškį.

Norėdami supaprastinti pluoštų formuotuvo aprašymą, apsiribojame penkių lazerinių diodų liniuote (2 pav.), tačiau šis išradimas sietinas ir su visais kitais panašius pluoštus spinduliuojančiais šviesos šaltiniais – tiek didelio, tiek ir mažo užpildos faktoriaus lazerinių diodų liniuotėmis (bars (angl.)), turinčiomis įvairių lazerių skaičių, liniuočių rinkiniais (stacks (angl.)), plačios apertūros lazeriniais diodais ir kt.

Pirmas pluoštų formuotuvo schemeje naudojamas elementas yra greitos ašies kolimatoriaus analogas, pavyzdžiui, acilindrinis mikro-lęšis (3), kuris skirtingai nuo kituose patentuose naudojamo atvaizdavimo į begalybę, fokusuoja greitosios ašies kryptimi šviesos pluoštą tiesiai į pluošto formuotuvo išėjimo plokštumą (9) (2 pav.). Kitais žodžiais tariant, acilindrinis mikro-lęšis atvaizduoja greitosios ašies kryptimi šviesos šaltinio (1) išėjimo paviršių su tam tikru didinimu į formuotuvo išėjimą (9). Acilindrinio mikro-lęšio (3) paviršiaus forma turi būti optimizuota minimaliai sferiniai aberacijos y ašies kryptimi, atsirandančiai atvaizduojant šviesos šaltinį į išėjimo plokštumą (9).

Priklausomai nuo lazerinių diodų liniuotės (2) užpildymo faktoriaus, asimetriškas pradinis pluoštas gali būti išskaidomas į daugelį pluoštų tolimajame arba artimajame šviesos šaltinio lauke. Skaidymas artimajame lauke (2 pav.) naudotinas tada, kai atstumai tarp skirtingų lazerių liniuotėje (2) yra pakankamai dideli ir pluoštą skaidančiame elemente (4) atskirų lazerių pluoštai dar nepersikloja.

Pluoštų skaidymas artimajame lauke⁸ leidžia kompensuoti aberaciją, atsirandančią dėl šviesos šaltinio bei pirmojo mikro-cilindrinio lęšio perlinkimo, kas lazerinių diodų liniuočių optikoje vadinama "smile" distorsija. Išmatavus šaltinio ir lęšio perlinkimus, juos galima sukoreguoti parenkant atitinkamus skaidančio elemento (4) laužiančio paviršiaus parametrus. Skaidančio elemento (4) pirmasis paviršius veikia ir lėtosios ir greitosios ašių kryptimi, tai leidžia maksimaliai priartinti laužiantį paviršių prie greitosios ašies kolimatoriaus.

Kai atskirų lazerių pluoštai persikloja greitosios ašies kolimatoriuje (3) arba tuo atveju, kai formuojamas vieno plačios apertūros diodinio lazerio pluoštas, patogiau pluoštą skaidyti tolimajame lauke (3 pav.). Abiem atvejais pradinis pluoštas (4a) skaidomas į antrinius (5) daugiasegmentiniu elementu (4). Tai gali būti monolitinės daugiabriaunės prizmės, prizmių arba veidrodžių rinkiniai ir kiti difrakciniai ir holografiniai elementai. Išskaidytiems antriniam pluoštams (5) suteikiamos tokios sklidimo kryptys, kad už tam tikro atstumo A z ašies kryptimi (3 pav.) pluoštų svorio centrai atsiranda vienas virš kito tolygiai išsidėstę y ašies kryptimi. Šioje erdvės vietoje pluoštų sklidimo kryptys yra suvienodinamos, panaudojant antrąjį daugiasegmentinį optinį elementą (6), kuris koreguoja kiekvieno pluošto (5) sklidimo kryptį taip, kad jame pluoštai įgyja vienodą sklidimo kryptį (7), lygiagrečią z ašiai (3 pav.).

Suvienodintos sklidimo krypties pluoštai (7) toliau yra fokusuojami antrojo daugiasegmentinio elemento (6) išėjimo paviršiais (8) taip, kad šiuo kvazi-kūgio formos paviršiumi šviesos šaltinis (1), arba jo dalis, yra atvaizduojama lėtosios x ašies kryptimi su tam tikru užduotu didinimu į formuotuvo išėjimo plokštumą (9), o greitosios (y) ašies kryptimi nukreipiamas į formuotuvo bendrą židinį.

Norint mikro-cilindrinio lęšiu (3) atvaizduoti šviesos šaltinio (1) išėjimo apertūrą į formuotuvo išėjimo plokštumą (9) su didinimu mažesniu kaip $\times 100$, neišvengimai susiduriama su mikro-cilindrinio lęšio plokščio lauko aberacija, susijusia su tuo, kad spinduliai, kurių sklidimo kryptys sudaro kampą su yOz plokštuma fokusuojasi arčiau lęšio. Mikro-cilindrinio lęšio (3) židinio paviršius yra įgaubtas (9a, 9b) xOz plokštumoje, kaip parodyta 4 paveiksle. Jei spinduliai, sklindantys lygiagrečiai yOz plokštumai, fokusuojasi plokštumoje 9a, tai įstriži spinduliai fokusuosis arčiau ir plokštumoje 9a išsifokusuoja. Šis efektas mažina pluošto formuotuvo efektyvumą ryškio išsaugojimo požiūriu. Problemą galima spręsti panaudojant aukštesnės eilės paviršius pirmojo, pluoštą skaidančio, elemento (4)

atskiruose segmentuose (2,3 pav.). Šiuo atveju mikro cilindrinis lęšis (3) turi tiksliai atvaizduoti šviesos šaltinį toliau už židinio plokštumą (9), taip kad į formuotuvo židinio plokštumą (9) fokusuotųsi tik įstriži spinduliai (kreivės 9b galai turi sutapti su plokštuma 9a (4 pav.)). Spindulius, sklindančius arčiau yOz plokštumos, papildomai fokusuoti greitosios ašies kryptimi galima skaidančio elemento (4) segmentų paviršiais, tuo atveju, kai elementas (4) yra tolimajame lauke (3 pav.). Šių paviršių kreivumo spindulys y ašies kryptimi turi didėti (t.y. laužiamoji galia -mažėti) tolstant į abi puses nuo z ašies. Kiekvieno segmento paviršius yra kūgio dalis pasukta erdvėje taip, kad ne tik fokusuotų, bet ir tinkama kryptimi nukreiptų antrinį pluoštą.

Tuo atveju, kai pirmasis daugiasegmentinis elementas yra artimajame lauke (2 pav.), lauko kreivumo aberaciją galima koreguoti ne pirmojo daugiasegmentinio elemento (4) paviršiais, bet antrojo daugiasegmentinio elemento (6) įėjimo paviršiais, kurie ne tik atstato pluoštų sklidimo kryptis, bet ir veikia kaip cilindriniai lęšiai greitosios (y) ašies kryptimi, su tolygiai didėjančiu židinio nuotoliu, tolstant į abu kraštus nuo formuotuvo ašies (z).

Skaidant asimetrišką šviesos pluoštą daugiasegmentiniu elementu (4), antruose daugiasegmentiniuose elementuose (6) padidėja antrinio pluošto (7) (2 pav.) skerspjuvio plotis y ašies kryptimi dėl pluoštų susisukimo. Norint išvengti energetinių nuostolių gretimuose segmentuose, tenka didinti segmentų plotį y kryptimi dėl ko nukenčia pluošto ryškis formuotuvo išėjime. Šiame patente siūlome sumažinti šį neigiamą efektą panaudojant tinkamą antrinių pluoštų pergrupavimo tvarką (5 pav.). Perskirstant pluoštą daugiasegmentiniais elementais didžiausias pluoštų susukimas gaunasi tada, kai pluoštų sklidimo kryptys stipriai keičiamos kartu ir xOz ir yOz plokštumose. Pluoštų susukimą galima sumažinti, nukreipiant kraštines pradinio pluošto dedamąsias (11,15) (5 pav.) lėtosios ašies kryptimi taip, kad jos galimai mažiau nutoltų nuo xOz plokštumos, o centrinės pradinio pluošto dedamąsias (12, 14) - greitosios ašies kryptimi taip, kad jos mažiausiai nutoltų nuo yOz plokštumos. Čia paprastumo dėlei apsiribota penkiais antriniais pluoštais (centrinio pluošto 13 kryptis nekeičiama), tačiau tokia pluoštų perskirstymo tvarka yra optimali ir didesnam pluoštų skaičiui.

Šiame patente aprašytas pluoštų formavimo metodas yra patogus tuo, kad visų formuotuve naudojamų optinių elementų paviršiai gali būti gaminami tradiciniais optinių paviršių apdirbimo metodais (šlifavimu, poliravimu), papildomai naudojant

skaitmeninį detalės ir įrankio pozicionavimą. Tokių paviršių bet kuriame taške išvesta liestinė plokštuma su paviršiumi nesikerta, o liečiasi tiese, einančia per pasirinktą tašką.

Šiame patente aprašyto asimetriškų pluoštų formuotuvo schema yra patogi galios didinimo požiūriu, kada keli asimetriški pluoštai yra suvedami į vieną išėjimą panaudojant poliarizacinius arba dichroinius veidrodžius. 6 paveiksle parodytoje scheme pirmojo (1) ir antrojo (16) vienodo bangos ilgio šviesos šaltinių, pavyzdžiui, dviejų lazerinių diodų liniuočių, spinduliuotės yra kolimuojamos vienodais greitosios ašies kolimatoriais (3 ir 17) bei perskirstamos dviem atskirais daugiasegmentiniais elementais (4 ir 18). Antrojo šaltinio (16) spinduliuotės poliarizacija pasukama 90° kampu su žemos eilės $\lambda/2$ fazine plokšte (19). Po to abiejų šaltinių spinduliuotės sutapatinamos poliarizaciniu veidrodžiu (20) bei nukreipiamos į vieną daugiasegmentinį elementą (6), kur pluoštai galutinai suformuojami, kaip aprašyta aukščiau. Pasinaudojant šiuo principu galima sutapatinti ir keturių šaltinių pluoštus, naudojant po dvi skirtingo bangos ilgio lazerinių diodų liniuotes, pavyzdžiui 808nm ir 940nm bangos ilgio. Pradžioje poromis sutapatinami vienodo bangos ilgio pluoštai panaudojant poliarizacinį suvedimą, o vėliau skirtingo bangos ilgio pluoštai sutapatinami dichroiniu veidrodžiu, nukreipiant juos į antrąjį bendrą daugiasegmentinį elementą.

Šiame patente aprašyta pluoštų formavimo metodika tinka ir lazerinių diodų matricų (laser diode stack, anglų kalboje) pluoštų formavimui, subalansuojant M^2 parametą greitosios ir lėtosios ašių kryptimis ir kartu panaikinant neužpildytą erdvę tarp atskirų lazerių matricoje. Lazerinių diodų matricos pluoštų formavimo principas parodytas Fig.7. Supaprastinant schemą, paveiksle apsiribota keturiomis lazerinių diodų liniuotėmis bei penkiais lazeriniais diodais kiekvienoje liniuotėje, tačiau. Du lazerinių diodų pluoštai, esantys priešingose lazerinių diodų liniuotės pusėse (5a, 5b), antruosiuose daugiasegmentiniuose elementuose (4), poromis nukreipiami į vieną antrojo daugiasegmentinio elemento plokštelę (6), kurios įėjimo paviršius turi dvi plokštumas su skirtingais normalės vektoriais. Šiose plokštumose lūžusių pluoštelių (7) sklidimo kryptys suvienodinamos. Subalansuojant M^2 parametro vertes greitosios ir lėtosios ašių kryptimis, į vieną antrojo daugiasegmentinio elemento (6) plokštelę gali būti nukreipiami ir daugiau kaip du pluoštai, pavyzdžiui trys ar keturi, priklausomai ir nuo liniuočių skaičiaus, ir nuo lazerių vienoje liniuotėje skaičiaus.

Šiuo atveju plokštelės įėjimo paviršius bus sudarytas iš atitinkamo įėjimo plokštumų kiekio. Plokštelių išėjimo paviršiai (8) optimizuojami taip, kad visi pluoštai nukreipiami į bendrą formuotuvo išėjimo židinį (9). Toks lazerinių diodų matricos spinduliuotės formavimas įgalina efektyviai panaikinti neužpildytą erdvę tarp gretimų lazerinių diodų.

Išradimo apibrėžtis

1. Ryškį išsaugojantis lazerinio pluošto formotuvas, skirtas stipriai asimetriško šviesos pluošto, pavyzdžiui, lazerinių diodų liniuočių pluošto simetrizavimui ir fokusavimui, *besiskiriantis* tuo, jame pluoštai greitosios (y) ir lėtosios (x) ašių kryptimis fokusuojami nepriklausomais atskirų kvazi-cilindrinų lęšių optiniais paviršiais ir kad pirmas fokusuojantis formotuvo elementas, - greitosios ašies kolimatorius, išstatomas tokiu atstumu nuo šviesos šaltinio, kad šviesos šaltinio apertūra greitosios ašies kryptimi atvaizduojama tiesiogiai į formotuvo išėjimo plokštumą.
2. Ryškį išsaugojantis lazerinio pluošto formotuvas pagal p.1, *besiskiriantis* tuo, kad jį sudaro tik trys optiniai elementai – pirmas elementas –kvazi-cilindrinis lęšis, atvaizduoja šviesos šaltinį greitosios ašies kryptimi, ir du daugiasegmentiniai elementai, kurių pirmasis gali būti, pavyzdžiui daugiabriaunė prizmė, o antrasis – stiklinių plokštelių rinkinys su atitinkamais įėjimo ir išėjimo paviršiais, ir kurie skaido, perskirsto pluoštus bei atvaizduoja šviesos šaltinį lėtosios ašies kryptimi.
3. Ryškį išsaugojantis lazerinio pluošto formotuvas pagal p.1, *besiskiriantis* tuo, kad pradinį asimetrišką pluoštą skaidančio pirmojo daugiasegmentinio elemento paviršiaus segmentai yra suformuoti taip, kad, juose lūžę, atskiri pluoštai arba pluošto dalys įgyja skirtingas sklidimo kryptis, tokias, kad už tam tikro atstumo antrinių pluoštai nepersikloja, o jų svorio centrai išsirikiuoja vienas virš kito greitosios (y) ašies kryptimi, kur jų sklidimo kryptys yra suvienodinamos antruoju daugiasegmentiniu elementu.
4. Ryškį išsaugojantis lazerinio pluošto formotuvas pagal p.1, *besiskiriantis* tuo, kad pradinį asimetrišką pluoštą skaidančio pirmojo daugiasegmentinio elemento paviršiaus segmentai yra suformuoti taip, kad kompensuoja aberaciją, atsirandančią dėl šviesos šaltinio perlinkimo, kas lazerinių diodų liniuočių optikoje vadinama “smile” distorsija.
5. Ryškį išsaugojantis lazerinio pluošto formotuvas pagal p.1, *besiskiriantis* tuo, kad, kai atstumai tarp šviesos šaltinį sudarančių atskirų elementų yra pakankamai dideli, tokie kad iš jų sklindantys pluoštai dar nepersikloja po pirmojo, atvaizduojančio greitosios ašies kryptimi elemento, pluoštą skaidantis

daugiasegmentinis elementas statomas galimai arčiau šviesos šaltinio, t.y. artimajame lauke.

6. Ryškį išsaugojantis lazerinio pluošto formuotuvą pagal p.1, besiskiriantis tuo, kad pradinį asimetrišką pluoštą skaidantis daugiasegmentinis elementas yra tolimajame pradinio asimetriško pluošto lauke, kai po pirmojo fokusuojančio elemento negalima išskirti atskirų pluoštų.
7. Ryškį išsaugojantis lazerinio pluošto formuotuvą pagal p.1, besiskiriantis tuo, kad pradinį pluoštą skaidančio daugiasegmentinio elemento segmentų paviršiai yra orientuoti taip, kad minimaliai iškraipytų skaidomus pluoštus, t.y. kraštiniai, pradinį pluoštą sudarantys, pluoštai nukreipiami lėtosios ašies kryptimi taip, kad galimai mažiau nutoltų nuo xOz plokštumos, o centriniai pradinį pluoštą sudarantys pluoštai nukreipiami greitosios ašies kryptimi taip, kad mažiausiai nutoltų nuo yOz plokštumos.
8. Ryškį išsaugojantis lazerinio pluošto formuotuvą pagal p.1, besiskiriantis tuo, kad pradinį asimetrišką pluoštą skaidant tolimajame lauke, pirmojo fokusuojančio elemento lauko kreivumo aberacija koreguojama pluoštą skaidančio daugiasegmentinio elemento atskirų segmentų paviršiais, pavyzdžiui, kvazi-cilindro formos, kurie veikia ir kaip cilindriniai lęšiai greitosios (y) ašies kryptimi, su tolygiai didėjančiu židinio nuotoliu, tolstant į abi puses nuo formuotuvo ašies (z).
9. Ryškį išsaugojantis lazerinio pluošto formuotuvą pagal p.1, besiskiriantis tuo, kad pradinį asimetrišką pluoštą skaidant artimajame lauke, pirmojo fokusuojančio elemento lauko kreivumo aberacija koreguojama antrojo daugiasegmentinio elemento atskirų segmentų įėjimo paviršiais, kurie suvienodina antrinių pluoštų kryptis ir veikia kaip cilindriniai lęšiai greitosios (y) ašies kryptimi, su tolygiai didėjančiu židinio nuotoliu, tolstant į abi puses nuo formuotuvo ašies (z).
10. Ryškį išsaugojantis lazerinio pluošto formuotuvą pagal p.1, besiskiriantis tuo, kad antrojo daugiasegmentinio elemento išėjimo paviršiai yra kvazi-kūgio formos ir optimizuoti taip, kad pluoštai, sklindantys antrajame daugiasegmentiniame elemente išilgai z ašies, šiais paviršiais yra fokusuojami lėtosios (x) ašies kryptimi į formuotuvo išėjimo plokštumą, bei nukreipiami į formuotuvo išėjimo židinį greitosios (y) ašies kryptimi.

11. Ryškį išsaugojantis lazerinio pluošto formuotuvą pagal p.1, besiskiriantis tuo, kad jį sudarančių optinių elementų paviršiai yra ne plokštumos, o antros ir aukštesnės eilės optimizuoti paviršiai, pavyzdžiui perlenkto propelerio formos, kuriais koreguojamos optinės sistemos aberacijos, ir kurių bet kuriame taške išvesta liestinė plokštuma su paviršiumi liečiasi tiese ir kuriuos galima gaminti tradiciniais optinių paviršių apdirbimo metodais, naudojant skaitmeninį pozicionavimą.
12. Ryškį išsaugojantis lazerinio pluošto formuotuvą pagal p.1, besiskiriantis tuo, kad jame panaudojant papildomą poliarizacinį veidrodį dviejų lazerinių diodų liniuočių pluoštai po pirmųjų daugiasegmentinių elementų (4) yra apjungiami antrajame bendrame daugiasegmentiniame elemente (6), o naudojant dviejų skirtingų bangos ilgių šaltinius į antrąjį daugiasegmentinį elementą (6) per du poliarizacinius ir vieną dichroinį veidrodį galima suvesti keturių lazerinių diodų liniuočių spinduliuotes.
13. Ryškį išsaugojantis lazerinio pluošto formuotuvą pagal p.1, 2 ir 5, besiskiriantis tuo, kad formuojant lazerinių diodų matricos spinduliuotę, dviejų (arba daugiau) vienos liniuotės lazerinių diodų pluoštai pirmuosiuose daugiasegmentiniuose elementuose (4) nukreipiami į vieną, bendro visoms lazerinių diodų liniuotėms, antrojo daugiasegmentinio elemento plokštelę (6), kurios įėjimo paviršiai suvienodina pluoštų sklaidimo kryptis, o išėjimo paviršiai (8) fokusuoja pluoštus lėtosios ašies kryptimi bei nukreipia į bendrą formuotuvo židinį.

1/5

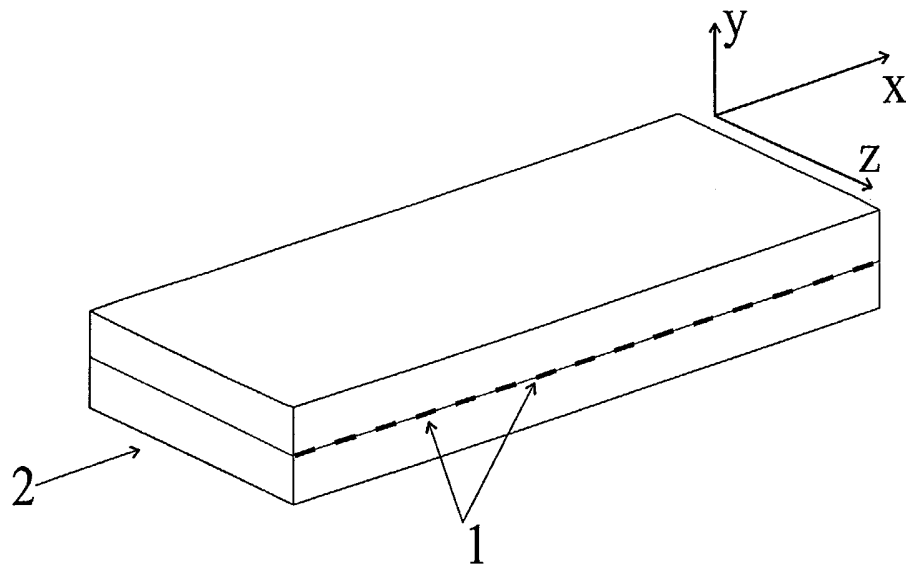


Fig. 1

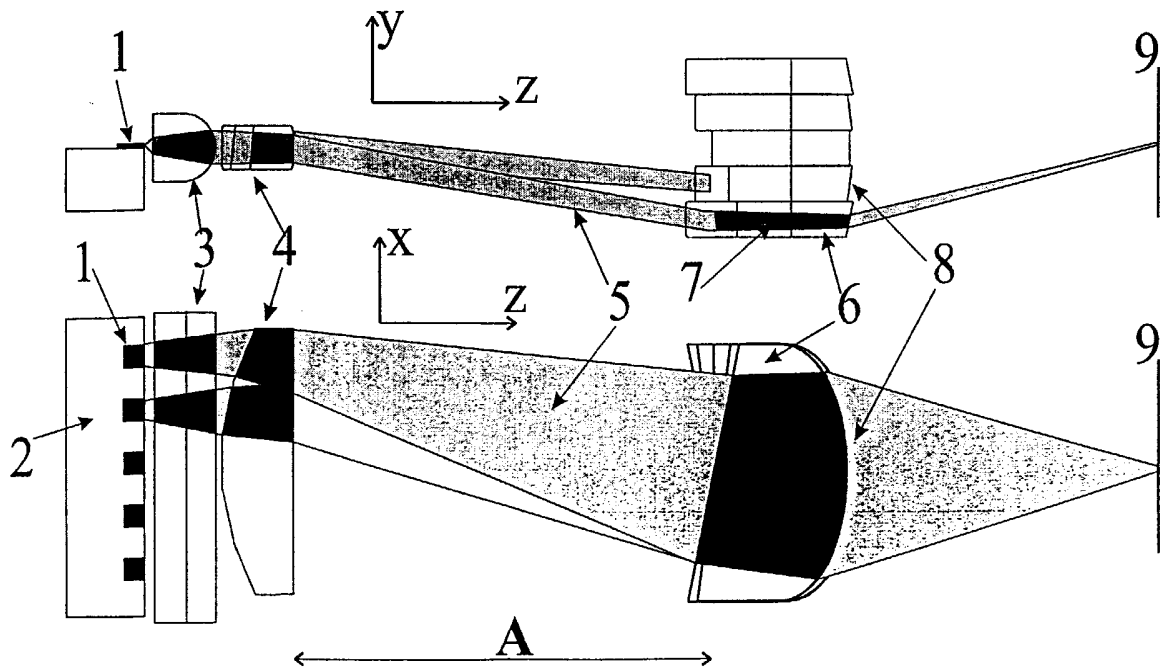


Fig. 2

2/5

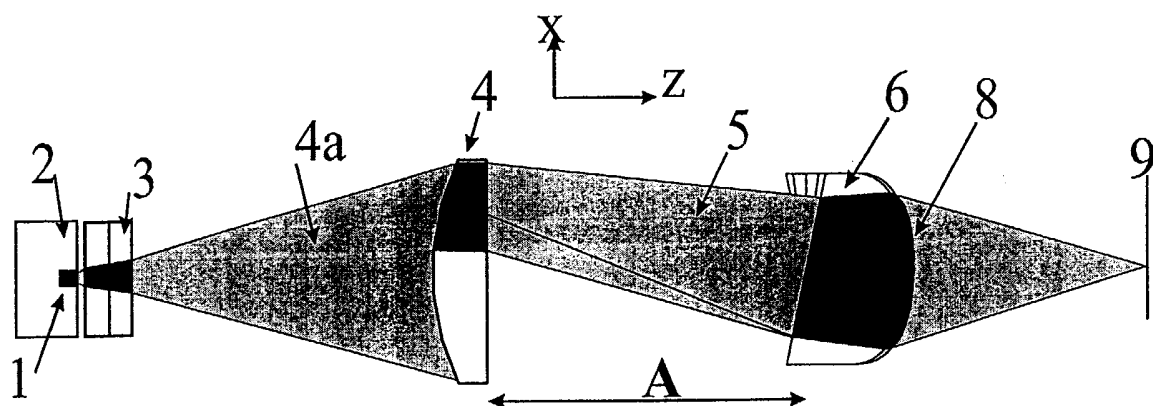


Fig. 3

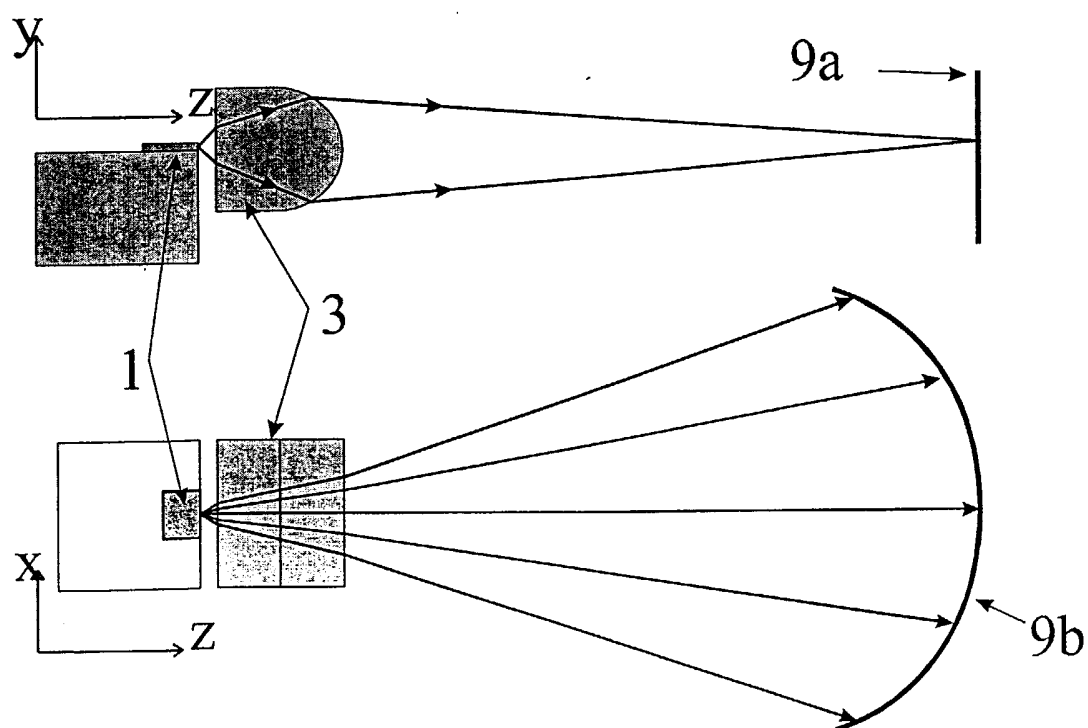


Fig. 4

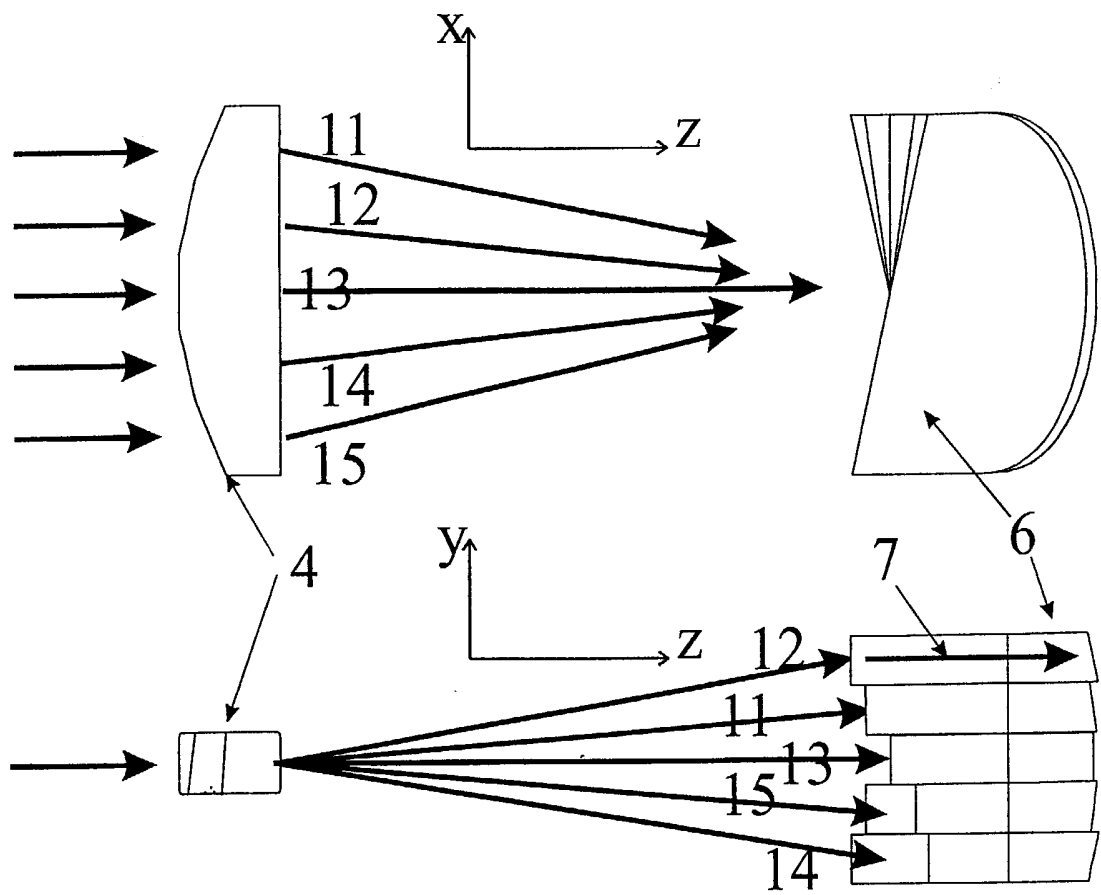


Fig. 5

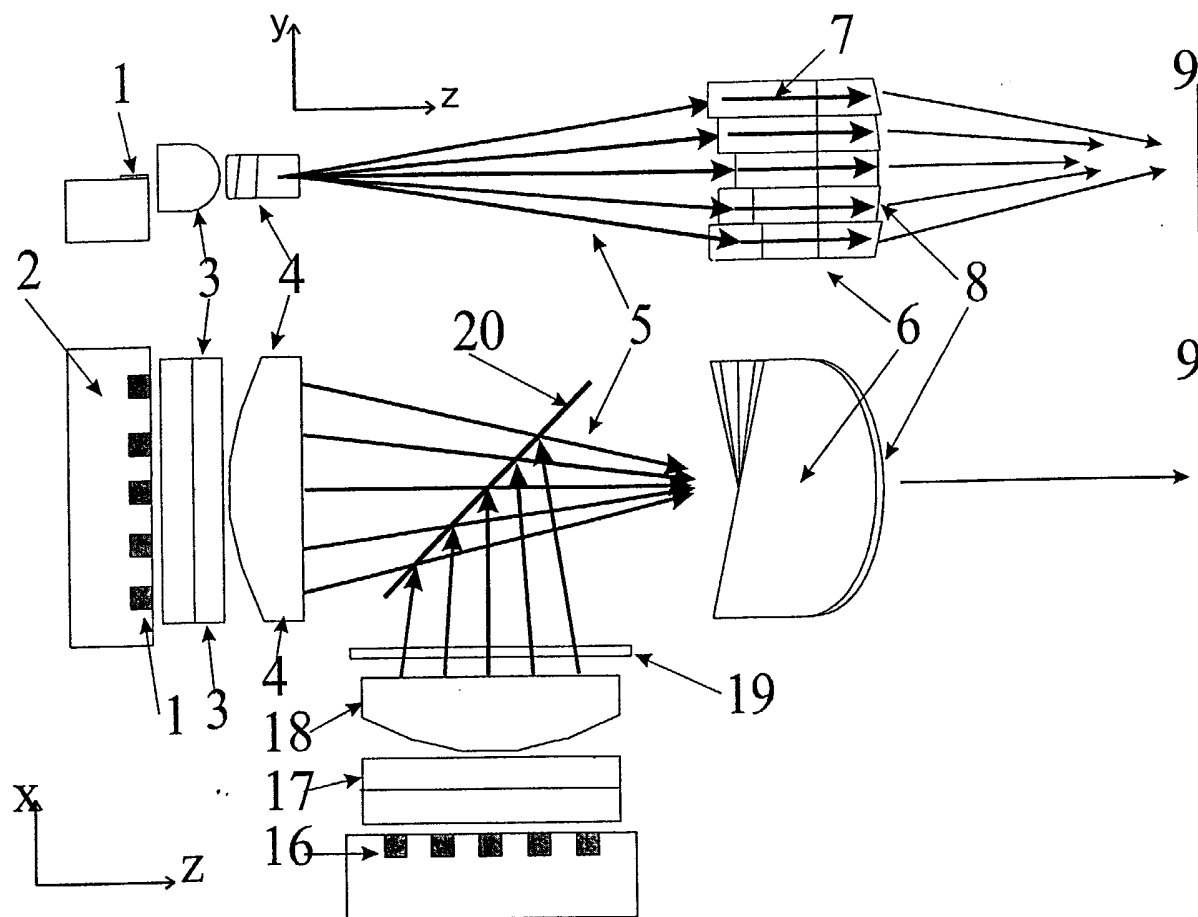


Fig. 6

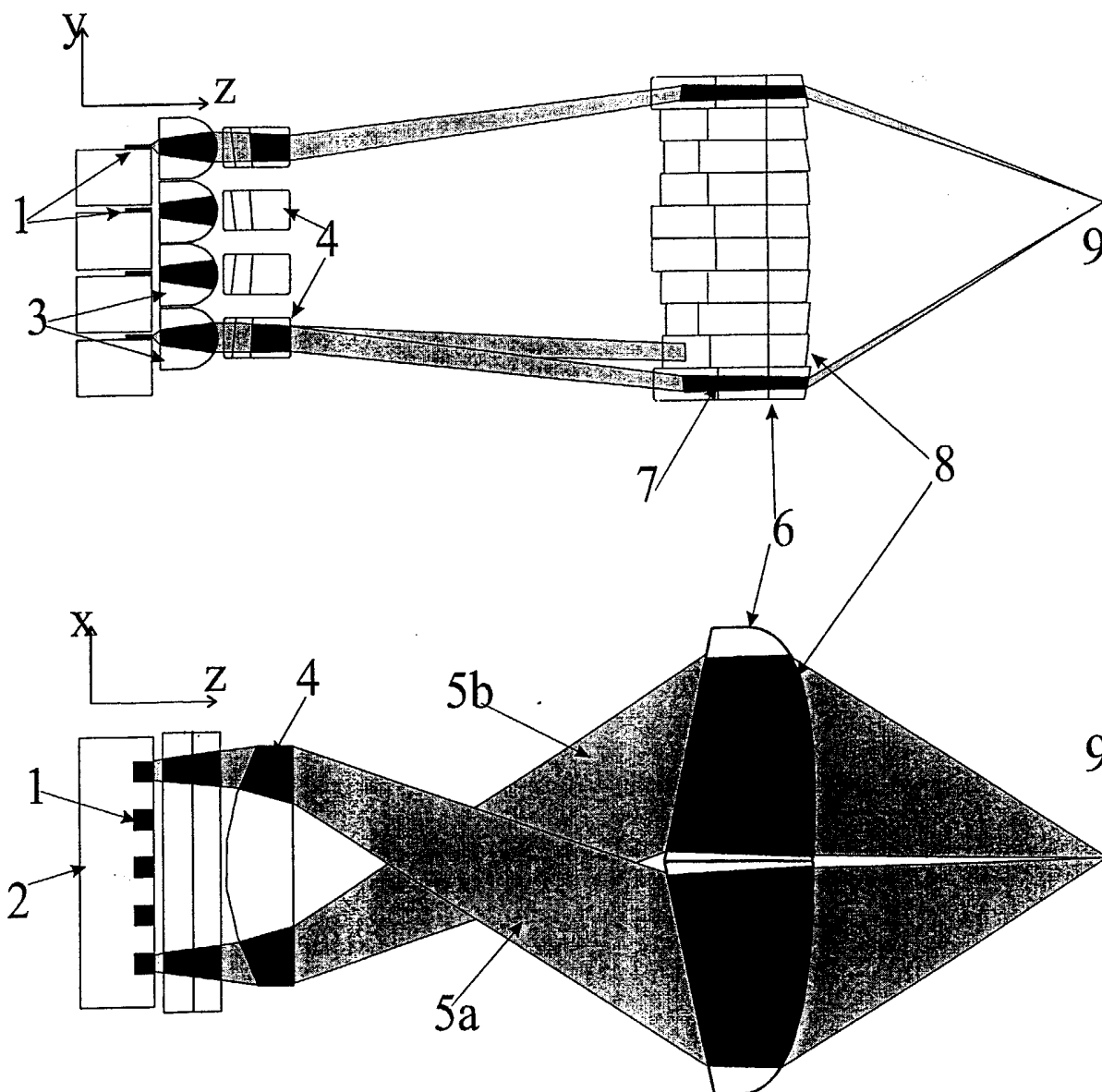


Fig. 7