

(19)



(10) **LT 6022 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patent numeris: **6022** (51) Int. Cl. (2014.01): **H01S 3/00**
- (21) Paraiškos numeris: **2012 075**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2012 08 16**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2014 02 25**
- (45) Patent paskelbimo data: **2014 04 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:
Jonas JONUŠKA, LT
- (73) Patent savininkas:
Integrated Optics, UAB, Saulėtekio al. 15, LT-10224 Vilnius, LT
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Lina MEŠKAUSKIENĖ, Advokatų kontora Meškauskienė ir Tuzovaitė, A. Mickevičiaus g. 6/Karaimų g. 1, LT-08119 Vilnius, LT

- (54) Pavadinimas:
Būdas generuoti arba stiprinti keleto bangos ilgių lazerio spinduliuotę viename optiniame rezonatoriuje

- (57) Referatas:

Šio išradimo tikslas yra pateikti lazerinį šaltinį galintį vienu metu generuoti kelių bangos ilgių spinduliuotę pageidaujamais tarpusavio galios santykiais. Minėta dviejų ar daugiau bangos ilgių spinduliuotė gali būti naudojama minėtų bangos ilgių maišyme netiesinėje optinėje terpėje, taip išgaunant kito bangos ilgio spinduliuotę nei tos, kurios yra stiprinamos aktyviojoje terpėje. Tinkamiausiame įgyvendinimo variante, lazerinis šaltinis turi dispersinį optinį elementą, patalpintą optiniame rezonatoriuje, turinčiame vieną optinę ašį. Dispersinis elementas priverčia skirtingų bangos ilgių spinduliuotę keliauti šiek tiek skirtingais optiniais keliais per dispersinį elementą. Lazerio derinimas yra vykdomas judinant arba pakreipiant dispersinį elementą rezonatoriaus ašies atžvilgiu. Dėl to norimi vidutinės galios santykiai arba proporcijos yra pasiekiami kiekvienam bangos ilgiui. Turėti būdą keisti galios santykius yra svarbu norit pasiekti viena laikį kelių bangos ilgių generavimą vienoje aktyviojoje terpėje, taip išvengiant sužadintų būsenų nuskurdinimo pagrindiniu bangos ilgiu.

IŠRADIMO SRITIS

Šis išradimas yra susijęs su lazeriais. Ypač jis yra susijęs su lazeriniais šaltiniais, galinčiais generuoti keleto bangos ilgių spinduliuotę vienu metu arba generuoti pageidaujamus bangos ilgius panaudojant bangų maišymą netiesinėje terpėje.

IŠRADIMO SRITIS

Galimybė generuoti keletą bangos ilgių viename lazeriniame prietaise kelia daug susidomėjimo ir turi daug galimų pritaikymų. Daug biotechnologinių taikymų ir įrankių parametrai yra ribojami bangos ilgių, kurie šiuo metu yra prieinami. Todėl kai kurie fluorescenciniai dažai negali būti naudojami arba tokie parametrai, kaip sugertis, perspinduliavimas, Ramano sklaida ar panašūs negali būti išmatuojami naudojant bangos ilgius, kurie nėra standartiniai diodais kaupinamų kietojo kūno lazerių arba lazerinių diodų asortimente. Populiariausios diodais kaupinamų kietojo kūno lazerių konstrukcijos pasižymi 1064 nm, 1030 nm, 532 nm, 515 nm bangos ilgių spinduliuote. Tai atitinka pirmąją, antrąją neodimiu arba iterbiu legiruočių aktyviųjų terpių harmonikas; taip pat, trečiąją ir aukštesnes harmonikas, kurios yra dažnai naudojamos.

Plačiai derinamų bangos ilgių lazeriai, pvz., optiniai parametriniai stiprintuvai, generatoriai ir osciliatoriai yra tinkami platiems taikymams spektroskopijoje ir kitur, kur bangos ilgių įvairovė yra laikoma pranašumu. Tačiau tokie įtaisai yra labai brangūs ir reikalauja aukštos kvalifikacijos personalo, kuris juos valdytų.

Suminio dažnio generavimo (SDG), skirtuminio dažnio generavimo (SDG), keturbangio maišymo (KBM) lazeriai teikia kitą alternatyvą sudėtingiems spektroskopijos taikymams, tačiau norint gauti egzotinius bangos ilgius, taikomos sudėtingos lazerių konstrukcijos, kur naudojami keli atskiri lazeriai kaupinti netiesinį kristalą, arba sudėtingos optinio rezonatoriaus konstrukcijos, siekiant gauti efektyvų stiprinimą ir kelių bangos ilgių maišymą.

JAV patentinė paraiška nr. US2009207868, publikuota 2009-09-20 aprašo derinamojo bangos ilgio lazerį, kuriame pritaikoma dispersinė optika skirta atskirti sugeneruotus lazerio impulsus į pirmojo ir antrojo bangos ilgio impulsus, nukreiptus pirmuoju ir antruoju optiniu keliu. Pirmasis ir antrasis atspindintys veidrodžiai yra pašalinti atitinkamai iš pirmojo ir antrojo optinių kelių. Lazerio išėjimo veidrodis yra iš

dalies atspindintis ir iš dalies skaidrus pirmajam bangos ilgiui ir antrajam bangos ilgiui pagal pateiktus kriterijus. Pirmojo rezonatoriaus ilgis yra apibrėžiamas, kaip atstumas tarp išėjimo veidrodžio ir pirmojo veidrodžio, o antrojo rezonatoriaus ilgis apibrėžiamas, kaip atstumas tarp išėjimo veidrodžio ir antrojo veidrodžio. Antrojo rezonatoriaus ilgis yra pirmojo rezonatoriaus ilgio funkcija.

Kitas JAV patentas nr. 5345457 aprašo dviejų bangos ilgių lazerinę sistemą su vidiniu rezonatoriumi, suminio dažnio maišymą, įskaitant bifurkacinį rezonatorių, turintį pirmąją atšaką, antrąją atšaką ir bendrąją atšaką; pirmasis lazerinis kristalas pirmoje atšakoje generuoja pirmojo bangos ilgio lazerio pluoštą; antrasis lazerinis kristalas antroje atšakoje generuoja antrojo bangos ilgio lazerio pluoštą; netiesinis bangų maišymo elementas yra bendrojoje atšakoje; ir pluoštus kombinuojantis įtaisas, skirtas kombinuoti pirmąjį ir antrąjį lazerio pluoštus ir perduodantis juos netiesiniam maišymo elementui, siekiant generuoti trečiojo bangos ilgio išėjimo lazerio pluoštą, kurio energija yra įėjimo lazerio pluoštų energijų suma.

Kiti būdai konstruoti supaprastintus lazerio rezonatorius, skirtus suminio dažnio generavimui, skirtuminio dažnio generavimui, keturbangio maišymo, apima sudėtingų atspindinčių dangų su skirtingais atspindžio koeficientais skirtingiems bangos ilgiams, kurie būtų stiprinami pageidaujama vidutinių galių santykiu, panaudojimą. Tokiame įgyvendinime yra labai sudėtinga pasiekti aukštą šviesinį našumą iš optinės kaupinimo galios į išėjimo spinduliuotę.

Ankstesni išradimai leidžia vienu metu generuoti kelių bangos ilgių spinduliuotę ir atlikti jų maišymą. Tačiau vis dar trūksta supaprastintų ir ekonomiškų optinių konfigūracijų šiam tikslui.

Čia ir toliau, pasakymas „maišymas“ arba „bangų maišymas“ reiškia bet kurį iš suminio dažnio generacijos, skirtuminio dažnio generacijos, keturbangio maišymo arba panašių netiesinių procesų principus.

IŠRADIMO ESMĖ

Šio išradimo tikslas yra pagaminti lazerinį šaltinį, galintį vienu metu generuoti keleto bangos ilgių spinduliuotę norimu tarpusavio galios santykiu arba/ir minėtų bangos ilgių maišymą netiesinės optikos terpėje, siekiant gauti kitokio bangos ilgio spinduliuotę, nei tos, kurios yra stiprinamas aktyviojoje terpėje.

Tinkamiausiame įgyvendinimo variante, lazerio šaltinį sudaro dispersinis

optinis elementas, patalpintas optinėje terpėje, turinčioje tik vieną optinę ašį. Dispersinis elementas priverčia skirtingų bangos ilgių spinduliuotę keliauti šiek tiek skirtingais optiniais keliais per dispersinį elementą. Lazero derinimas yra atliekamas judinant arba pakreipiant dispersinį elementą rezonatoriaus ašies atžvilgiu. Dėl to, pageidaujami vidutinės galios santykiai arba proporcijos yra pasiekiami kiekvienam bangos ilgiui.

Turėti galimybę keisti galios santykius yra svarbu, norit pasiekti vienalaikę kelių bangos ilgių generaciją vienoje aktyviojoje terpėje, tokiu būdu išvengiama sužadintų būsenų nusukdinimo dominuojančiu bangos ilgiu.

TRUMPAS BRĖŽINIŲ FIGŪRŲ APRAŠYMAS

Norint geriau suprasti išradimą ir įvertinti jo praktinius pritaikymus, pateikiami šie aiškinamieji brėžiniai. Brėžiniai pateikiami tik kaip pavyzdžiai ir jokių būdu neriboja išradimo apimtį.

Fig. 1 vaizduoja įvairias mikro lazerio konstrukcijas, kur kiekvieną maketą sudaro skirtingos konfigūracijos rezonatoriaus išvadinis veidrodys.

Fig. 2 padidintas vaizdas skirtingų rezonatoriaus išvadinio veidrodžio konfigūracijų. Storos linijos į kairę nuo rezonatoriaus išvadinio veidrodžio (5.1, 5.2, 5.3) atitinka krentantį lazerio pluoštą, o dvi plonesnės linijos viduje rezonatoriaus išvadinio veidrodžio kontūro vaizduoja kelius skirtingo bangos ilgio spinduliuotei rezonatoriaus išėjimo veidrodyje, kur viena linija krenta statmenai antrajam paviršiui (11) rezonatoriaus išėjimo veidrodyje ir kita linija krenta į antrąjį paviršių (11) tam tikru nuokrypiu į normalę. Akivaizdus atskyrimas tarp dviejų linijų rezonatoriaus išvadinio veidrodžio viduje pateikiami dėl vaizdumo, tikrovėje šis tarpas yra nykstamai mažas.

TINKAMIAUSIŲ ĮGYVENDINIMO VARIANTŲ DETALUS APRAŠYMAS

Šio išradimo tikslas yra sukurti lazerinį šaltinį, kuris gali būti pritaikytas spinduliuoti daugelio tradicinių ir egzotiškų bangos ilgių šviesą, pavieniui arba kelis bangos ilgius vienu metu. Lazero optinė konstrukcija yra supaprastinta iki vienos ašies rezonatoriaus ir skirtingi bangos ilgiai yra stiprinami kaip aktyviajai terpei būdingi emisijos bangos ilgiai arba generuojami naudojant antrosios harmonikos

generaciją, suminio dažnio generaciją, skirtuminio dažnio generaciją arba keturių bangų maišymą rezonatoriaus viduje. Dėl to gali būti gaunama plati įvairovė skirtingų bangos ilgių, panaudojant tą pačią lazerio aktyviąją terpę, kuri turi daugiau negu vieną emisijos liniją. Pavyzdžiui, Nd:YAG lazerio aktyvioji terpė turi keturias esmines emisijos linijas, kai kaupinama 808 nm bangos ilgio kaupinimo pluoštu. Būdingos emisijos linijos Nd:YAG kristalui yra 946 nm, 1064 nm, 1123 nm ir 1319 nm. Antroji harmonika, sugeneruota iš šių būdingųjų linijų būtų 532 nm, 562 nm ir 660 nm. Tačiau daugumą iš šių pirmųjų ir antrųjų harmonikų bangos ilgių, išskyrus 1064 nm ir 532 nm, nėra lengva stiprinti dėl dominuojančios 1064 nm spinduliuotės, kuri stipriai nuskurdina sužadintą būseną. Norint stiprinti lazerio spinduliuotę kitoms, nedominuojančioms emisijos linijoms, rezonatorius privalo būti optimizuotas tokiu būdu, kad 1064 nm spinduliuotė būtų slopinama ir geros stiprinimo sąlygos būtų sukurtos tam tikroms silpnesnėms emisijos linijoms.

Panašiai, aukštesnių harmonikų spinduliuotė ir emisijos linijos atsirandančios dėl bangų maišymo - visos jos gali būti stiprinamos individualiai arba grupėmis, jeigu tam tikros sąlygos yra tenkinamos tam tikros spinduliuotės slopinimui ir kitos spinduliuotės stimuliavimui. Kitais žodžiais tariant, reikalingos priemonės, kuriomis būtų galima pakeisti stiprinimo/generavimo santykį tarp kiekvieno iš bangos ilgių. Čia ir toliau šiame aprašyme, sakydami stiprinimas, mes turime omenyje abu arba bet kurį iš lazerio spinduliuotės generavimo iš kvantinio triukšmo arba stiprinimą iš signalo, kuris yra jau sugeneruotas arba įleistas į rezonatorių.

Tinkamiausiame įgyvendinimo variante, dispersinis elementas (5.1, 5.2, 5.3) yra dedamas į rezonatorių ir priverčia įvairius bangos ilgius keliauti šiek tiek skirtingais optiniais keliais. Todėl kiekvienam bangos ilgiui atskirai, atsiranda nuokrypio nuo optinės ašies nuostoliai, t. y. sukuriamos skirtingos stiprinimo/generavimo sąlygos kiekvienam iš minėtų bangos ilgių. Stiprinimo/generavimo santykis yra nustatomas pakreipiant dispersinį elementą (5.1, 5.2, 5.3) rezonatoriaus ašies atžvilgiu arba/ir judinant jį išilgai rezonatoriaus ašies. Todėl, vienas vyraujantis spinduliuotės bangos ilgi gali būti slopinamas, o kitas gali turėti palankias sąlygas būti stiprinamas.

Dar viename įgyvendinimo variante, dispersinis elementas (5.1, 5.2, 5.3) yra suformuojamas kaip rezonatoriaus išvadinis veidrodis. Sudėtinė atspindinti danga uždedama ant dispersinio elemento (5.1, 5.2, 5.3) galinio paviršiaus ir dalinai arba

visiškai atspindi pageidaujamo bangos ilgio spinduliuotę atgal į rezonatorių. Atspindys gali būti parinktas skirtingai kiekvienam pasirinktam bangos ilgiui. Tinkamiausiu atveju, nepageidaujamiems bangos ilgiams yra suformuojamos skaidrinančios dangos, taip išvengiant pašalinio sužadintos būsenos nuskurdinimo.

Dar viename įgyvendinimo variante, dispersinis elementas yra prizmės tipo elementas (5.1), turintis du plokščius paviršius, nuožulnius vienas kito atžvilgiu. Kitais žodžiais tariant, bent vienas paviršius yra nuožulnus rezonatoriaus optinės ašies atžvilgiu. Kampas tarp nuožulnaus paviršiaus ir optinės ašies yra apskaičiuojamas turint omenyje bangos ilgius, kurie bus stiprinami. Norint, turėti minimalius nukrypimo nuo optinės ašies nuostolius konkrečiam bangos ilgiui, pleišto formos optinis komponentas turėtų būti įrengtas taip, kad po lūžio pirmajame paviršiuje, pluoštas kristų statmenai į antrąjį paviršių. Tokiame išdėstyme, bent dalis spinduliuotės atsispindi nuo antrojo paviršiaus ir keliauja atgal į rezonatorių tuo pačiu optiniu keliu, užtikrinant geriausias galimas stiprinimo sąlygas. O bangos ilgis, kuris turėjo būti slopinamas, krenta į pleištinio elemento antrąjį paviršių kampu, kiek kitokiu nei normalės, taip jis patiria nukrypimo nuo optinės ašies nuostolius, kai grįžta atgal į rezonatorių.

Reikėtų pastebėti, kad šios srities specialistas, gali naudoti šią techniką įvairiais būdais, kad pasiektų pageidaujamą stiprinimo santykį tarp kelių bangos ilgių. Dispersinio elemento paviršių padengimas skirtingomis atspindinčiomis ir neatspindinčiomis dangomis lazerių inžinieriui yra bendrasis įgūdis, taigi šis išradimas nėra ribotas vienai tam tikrai dispersinio elemento (5.1, 5.2, 5.3) geometrijai, taip pat ir ant šio elemento uždedamoms dangoms. Mes parodome skirtingus dispersinio elemento (5.1, 5.2, 5.3) pavyzdžius ir formas, kad pateiktume nuorodas į tinkamus šio išradimo įgyvendinimo variantus.

Kitame įgyvendinimo variante, dispersinis optinis elementas yra elementas, turintis kreivą paviršių, kaip, pavyzdžiui, lęšis arba lęšio dalis (5.2). Priklausomai nuo kreivo paviršiaus vietos lyginant su rezonatoriaus optine ašimi, gali būti parinkti skirtingi pluošto kritimo kampai. Šiuo atžvilgiu, elementas turintis kreivą paviršių (5.2) yra universalesnis negu pleišto pavidalo dispersinis elementas (5.1), kuris buvo aprašytas aukščiau.

Kitame įgyvendinimo variante, dispersinis elementas yra gradientinio lūžio rodiklio plokštelė (5.3). Gradientinio lūžio rodiklio optinis elementas yra elementas,

kuriame yra tolygus medžiagos lūžio rodiklio kitimas (9). Pageidautina, kad tokio dispersinio elemento pirmas (10) ir antras (11) paviršiai būtų lygiagretūs vienas kitam. Lūžio rodiklis kinta tolygiai kryptimi, kuri yra, iš esmės, statmena spinduliuotės pluošto optiniam keliui plokštelėje. Gradientinio lūžio rodiklio plokštelė (5.3) yra, pageidautinai, pakreipta kampu krentančios spinduliuotės atžvilgiu. Tokiame įgyvendinimo variante, optinis kelias gradientinio lūžio rodiklio plokštelės (5.3) viduje yra šiek tiek kreivas, kaip parodyta Fig. 2. Geriausios stiprinimo sąlygos yra tenkinamos tuo atveju, kai pluoštas krenta statmenai antrajam (11) gradientinio lūžio rodiklio plokštelės (5) paviršiui. 3). Šis įgyvendinimo variantas nesukelia aberacijų. Kvalifikuotam asmeniui turėtų būti akivaizdu, kad sudėtingesnės lūžio rodiklio variacijos gali būti panaudotos pasiekti pageidaujamus rezultatus naudojant šią techniką.

Labiausiai supaprastintame įgyvendinimo variante, optinė lazerio konstrukcija susideda iš kaupinimo modulio (1), geriausiai, lazerio diodo, kolimavimo optikos (2), aktyviosios terpės (3) ir rezonatoriaus išėjimo veidrodžio (5). Pirmasis lazerio rezonatoriaus atspindintis paviršius (arba, rezonatoriaus veidrodis) gali būti suformuotas iš atskiro veidrodinio elemento (neparodytas figūrose) arba padengiant kaupinimo terpės (3) pirmąjį galą atspindinčia danga. Išvadinis rezonatoriaus veidrodis gali būti suformuotas kaip atskiras optinis komponentas, arba gali būti suformuotas ant galinio dispersinio elemento (5) paviršiaus.

Dar kitame įgyvendinimo variante, du ar daugiau aktyvios terpės elementų (3) yra išdėliojami optinėje ašyje ir pasirenkami du ar daugiau charakteringi bangos ilgiai (bent vienas bangos ilgis kiekvienai aktyviajai terpei) ir rezonatorius (7) optimizuojamas stiprinti pasirinktų bangos ilgių spinduliuotę pageidaujamomis galiomis.

Dar kitame įgyvendinimo variante, optinis elementas, turintis χ^2 netiesiškumą (4), rezonatoriuje įmontuojamas taip, kad sukurtų dvigubo dažnio generavimą iš fundamentinių bangos ilgių, suminio dažnio generavimą arba skirtuminio dažnio generavimą.

Dar kitame įgyvendinimo variante, optinis elementas, turintis $\chi^{(3)}$ netiesiškumą (4), yra įmontuojamas rezonatoriuje taip, kad įgalintų keturių bangų maišymą arba parametrinį stiprinimą/osciliavimą/generavimą.

Lazerio pluošto išėjimo veidrodis, kartu su dispersiniu elementu, gali būti sumontuotas į vieną optinį elementą, kur dispersinio elemento plokščiasis kraštas padengiamas atspindinčia danga.

Sakydami dispersinis elementas, turime omenyje optinį elementą, kuris priverčia skirtingų bangos ilgių (arba dažnių) spinduliuotę keliauti skirtingais keliais, dėl refrakcijos ant optinio elemento paviršiaus pagal Snelijaus dėsnį arba dėl refrakcijos medžiagos viduje, kai optinės savybės kinta per skersinius optinio elemento matmenis.

Kaip išradimo pritaikymo pavyzdį, mes pateikiame aprašymą, kaip pasiekama geltona-oranžinė arba 589 nm bangos ilgio spinduliuotė, naudojant aukščiau aprašytą metodiką. 589 nm spinduliuotė pasiekama suminio dažnio generavimo proceso metu, kada du infraraudonieji bangos ilgiai, kurie atitinka emisijos linijas, priklausančias neodimiu legiruotam kristalui, yra sumuojami netiesinėje terpėje, tokioje kaip BBO, LBO, KDP kristalai arba kitose.

Pavyzdiniame įgyvendinimo variante, 1064 nm ir 1319 nm emisijos linijos yra stiprinamos vienu metu. 1064 nm spinduliuotė yra slopinama, dispersiniame elemente sukeliant nuokrypį nuo optinės ašies, ir optimalios stiprinimo sąlygos yra tenkinamos nedominuojančiai 1319 nm emisijos linijai. Suminis dažnis nurodytoms emisijos linijoms yra 589 nm, kas atitinka geltoną-oranžinę spinduliuotę. Panašiai, 607 nm, 551 nm, 546 nm, 513 nm ir 501 nm spinduliuotė gali būti gauta, sumuojant bet kurias 2 iš 4 būdingų emisijos linijų Nd:YAG aktyviajai terpei. Ir atvirkščiai nei skirtuminio dažnio generavimo atveju, gali būti sugeneruoti bangos ilgiai tolimosios ir vidurinės infraraudonosios spinduliuotės srityje. Tai pačiai Nd:YAG aktyviajai terpei gaunami bangos ilgiai skirtuminio dažnio generacijos metu yra 5504 nm, 3345 nm, 6002 nm, 7557 nm ir 20252 nm. Nustatyti gerą galios santykį tarp dviejų skirtingų bangos ilgių yra labai svarbu siekiant gero SFG ar DFG procesų efektyvumo.

Skirtingų bangos ilgių rinkiniai gali būti apskaičiuoti bet kokiai aktyviajai terpei su keliomis charakteringomis emisijos linijomis. Aktyviosios terpės, tokios kaip Nd:YAG, Nd:YLF, Nd:YAP, Nd:LSB, Nd:GLASS, Ti:Safyro, Er:YAG ir daug kitų gali būti naudojamos norint gauti naudos iš šio išradimo ir kvalifikuotas asmuo turėtų lengvai pajėgti panaudoti tas medžiagas taikant čia minėtus principus ir taip įgyvendinti šį išradimą.

Šis išradimas neturėtų būti ribotas tam tikrai aktyviaja terpe ar terpių kombinacijai. Tiek keli bangos ilgiai iš vienos aktyviosios terpės, tiek ir kelių bangos ilgių spinduliuotė iš kombinuotų dviejų ar daugiau aktyviosios terpės kristalų, gali būti taikomi norint pasiekti plačias egzotiškų bangos ilgių generavimo galimybes.

Kiti netiesiniai procesai, tokie kaip trečios, ketvirtos ir aukštesnių harmonikų generavimas, iš esmės yra specifiniai suminio dažnio generavimo atvejai, todėl jie nebus čia smulkiai nagrinėjami. Kvalifikuotam asmeniui turėtų būti akivaizdu, kaip kelių bangos ilgių spinduliuotė, su valdomu galių santykiu, gali būti naudojama generuoti kitų bangos ilgių spinduliuotę tiek rezonatoriaus (7) viduje, tiek ir išorėje.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Būdas vienu metu generuoti ir/ar stiprinti du ar daugiau bangos ilgių spinduliuotę rezonatoriuje, turinčiame aktyviąją terpę pozicijuotą vienoje optinėje ašyje, besiskiriantis tuo, kad stiprinimo santykis tarp minėtų bangos ilgių yra keičiamas panaudojant dispersinį elementą, įtaisytą tokiu būdu, kad būtų galima keisti rezonatoriaus nuostolius kiekvienam iš minėtų bangos ilgių.

2. Būdas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėtas dispersinis elementas gali būti prizmė, pleištas, lęšis arba gradientinio lūžio rodiklio optinis elementas.

3. Būdas pagal 1 arba 2 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėta aktyvioji terpė yra sudaryta iš vienos lazerinės medžiagos, turinčios dvi ar daugiau emisijos linijų.

4. Būdas pagal 1 arba 2 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėta aktyvi terpė susideda iš dviejų ar daugiau lazerinių medžiagų ir naudojamos dvi ar daugiau medžiagos emisijos linijos iš kiekvienos iš minėtų medžiagų.

5. Būdas pagal vieną iš 1-4 punktų, besiskiriantis tuo, kad netiesinė optinė terpė yra naudojama rezonatoriaus (7) viduje arba išorėje ir yra pritaikyta harmonikų generavimui arba suminio dažnio generavimui, arba skirtuminio dažnio generavimui, arba keturių bangų maišymui.

6. Būdas pagal 5 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėta netiesinė optinė terpė (4) turi $\chi^{(2)}$ netiesiškumą.

7. Būdas pagal 5 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėta netiesinė optinė terpė (4) turi $\chi^{(3)}$ netiesiškumą.

8. Lazerinis šaltinis, susidedantis bent iš kaupinimo šaltinio, aktyviosios terpės, dviejų atspindinčių arba dalinai atspindinčio paviršių, kur bent dviejų bangos ilgių spinduliuotė yra tuo pačiu metu stiprinama vienoje aktyvioje terpėje, besiskiriantis tuo, kad galių santykis tarp skirtingų bangos ilgių spinduliuotės yra keičiamas pagal metodą aprašytą bet kuriame iš 1-7 apibrėžties punktų.

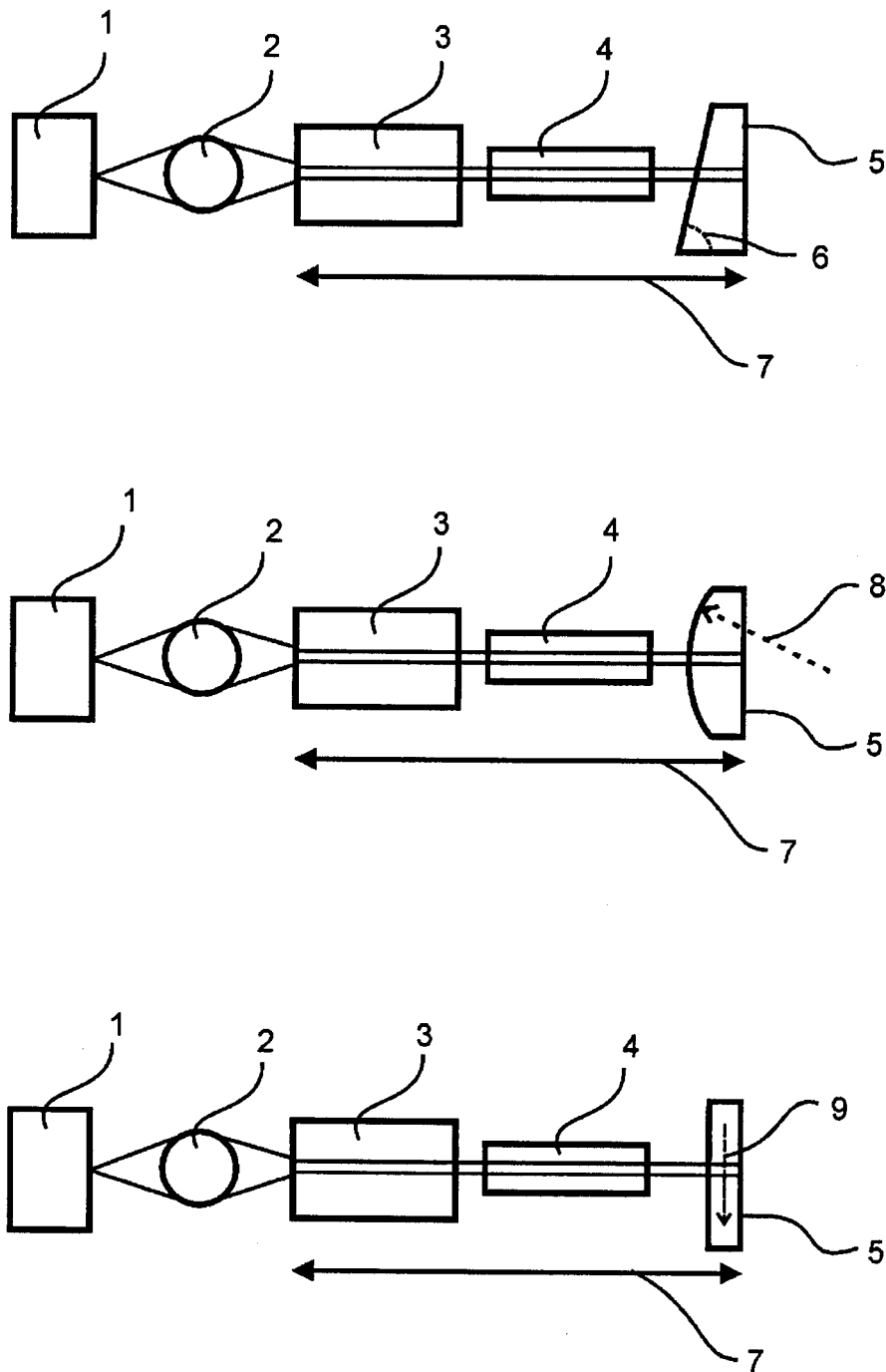


Fig. 1

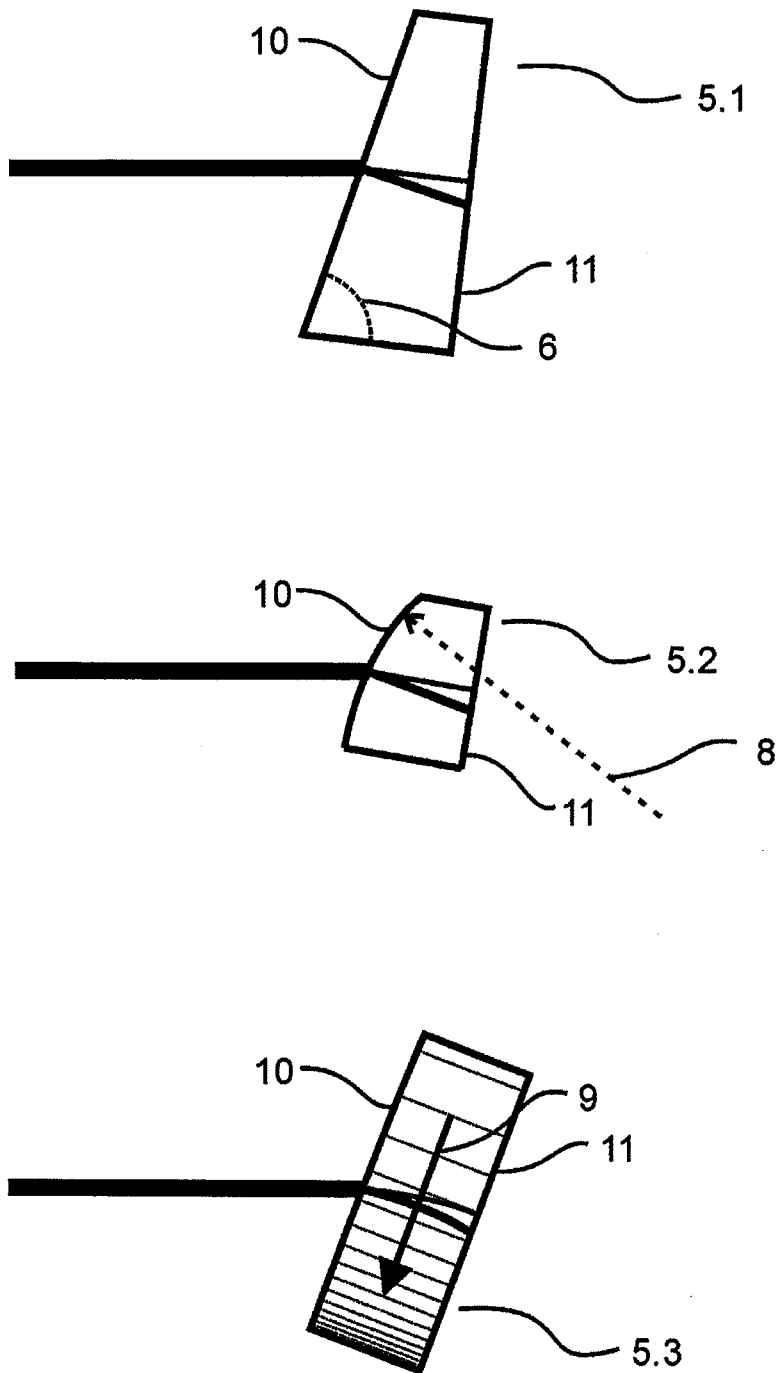


Fig. 2