

(19)



(10)

LT 4693 B

(12)

PATENTO APRAŠYMAS

(11) Patent numeris: **4693**

(51) Int. Cl.⁷: **H01S 3/00**

(21) Paraiškos numeris: **99-140**

(22) Paraiškos padavimo data: **1999 11 30**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2000 06 26**

(45) Patent paskelbimo data: **2000 08 25**

(72) Išradėjas:

Saulius Jacinavičius, LT
Andrejus Michailovas, LT

(73) Patent savininkas:

UAB "EKSPLA", Savanorių pr. 231, 2028 Vilnius, LT

(74) Patentinis patikėtinis:

**Virgina Adolfina Draugelienė, 8, UAB "TARPINĖ",
A.P.Kavoliuko g. 24-152, 2050 Vilnius, LT**

(54) Pavadinimas:

Trumpųjų impulsų kietojo kūno lazeris

(57) Referatas:

Išradimas priklauso lazerių sričiai, ypač stabiliems trumpųjų impulsų kietojo kūno lazeriams, tarp jų pikosekundiniams aktyviosios-pasyviosios modų sinchronizacijos pikosekundiniams lazeriams su elektrooptiniu neigiamuoju grįžtamuoju ryšiu optiniams nuostoliams rezonatoriuje valdyti, kuris turi veidrodžius (1) ir (2), sudarančius rezonatorių, kuriame yra impulsų formavimo schema su pasyviąja modų sinchronizacija, lazerio strypas (4) ir rezonatoriaus tuštinimo schema, be to, visos minėtos schemos yra valdomos neigiamojo grįžtamojo ryšio grandinėje esančio valdymo bloko (12). Nauja yra tai, kad rezonatorius turi atšaką ir suformuoto šviesos impulso nukreipimo į atšaką schemą, valdomą minėtojo valdymo bloko, o minėtoje atšakoje esantis veidrodis (7) su lazerio elementu (4) ir veidrodžiu (2) sudaro papildomą rezonatorių, skirtą regeneratyviam stiprinimui.

Išradimas priklauso lazerių sričiai, ypač stabiliems trumpųjų impulsų kietojo kūno lazeriams, būtent pikosekundinių impulsų aktyviosios-pasyviosios modų sinchronizacijos lazeriams.

Yra žinomas pikosekundinis pasyviosios modų sinchronizacijos neodimio stiklo lazeris su elektrooptiniu neigiamuoju grįžtamoju ryšiu, turintis rezonatorių, kurį sudaro didelio atspindžio veidrodis, kiuvetė su netiesiškos sugerties įsisotinančiu sugėrikliu (pasyviuoju sinchronizatoriumi) kiuvetėje ir išvadinis veidrodis, tarp kurių yra lazerio strypas, o tarp kiuvetės ir lazerio strypo spinduliuotės kelyje yra elektrooptinis Pokelso narvelis (elektrooptinis modulatorius) ir poliarizatorius, nukreipiantis dalį spinduliuotės į neigiamojo grįžtamojo ryšio grandinę, valdančią Pokelso narvelį (žr. žurnalą "Kvantovaja elektronika", 15, Nr.8, 1988, 1658 psl.).

Artimiausias pagal techninį sprendimą yra pikosekundinis aktyviosios-pasyviosios modų sinchronizacijos neodimio stiklo lazeris su elektrooptiniu neigiamuoju grįžtamoju ryšiu, susidedantis iš rezonatoriaus, kurį sudaro kiuvetė su pasyviuoju sinchronizatoriumi kartu su didelio atspindžio veidrodžiu ir sferinis veidrodis, tarp kurių yra lazerio strypas, spinduliuotės kelyje tarp kiuvetės ir lazerio strypo yra akustooptinis modulatorius. Be to, lazeris turi nuostolių rezonatoriuje kokybės valdymo grandinę, kurioje yra valdymo blokas ir pirmasis Pokelso narvelis bei Glano prizmė, kurie minėtame rezonatoriuje išdėstyti taip, kad pirmasis Pokelso narvelis yra tarp akustooptinio modulatoriaus ir lazerio strypo, o Glano prizmė yra prie lazerio strypo kryptimi link sferinio veidrodžio. Tarp Glano prizmės ir sferinio veidrodžio yra antrasis Pokelso narvelis.

Glano prizmė dalį spinduliuotės nukreipia į valdymo bloką, valdantį minėtus Pokelso narvelius. Minėti kiuvetė su pasyviuoju sinchronizatoriumi, akustooptinis

modulatorius, pirmasis Pokelso narvelis, Glano prizmė, esantys minėtame rezonatoriuje su lazerio strypu, ir valdymo blokas sudaro pikosekundinio impulso formavimo ir stiprinimo schemą, o minėti antrasis Pokelso narvelis, Glano prizmė ir valdymo blokas sudaro rezonatoriaus tuštinimo schemą. Pirmasis Pokelso narvelis yra skirtas dinamiškam nuostolių rezonatoriuje valdymui. Pradiniu lazerio veikos metu, veikiant rezonatoriuje nuostolių valdymo grandinei, valdymo blokas per pirmąjį Pokelso narvelį palaiko pastovią lazerio impulso energiją. Lazerio impulsas daug kartų eidamas per kiuvetę su pasyviuoju sinchronizatoriumi maksimaliai sutrumpėja. Tuomet rezonatoriuje esančios spinduliuotės poliarizacijos plokštuma antruoju Pokelso narveliu pagal valdymo bloko signalą pakeičiama 90° ir pavienis impulsas per Glano prizmę išeina iš rezonatoriaus (žr. žurnalą "Appl. Phys. A. vol.43, No. 3, 1987, 209-212 psl.).

Žinomo lazerio trūkumas yra tas, kad pavienio impulso energija neviršija $10 \mu\text{J}$. Tolimesniam impulso energijos stiprinimui naudojami regeneratyviniai stiprintuvai arba kelių kaskadų stiprintuvai. Regeneratyvinį stiprintuvą paprasčiausiu atveju sudaro du dielektriniai veidrožiai, tarp kurių yra patalpintas lazerio strypas, poliarizatorius, ketvirčio bangos fazinė plokštelė ir Pokelso narvelis. Strypui kaupinti reikalinga impulsinio išlydzio lempa su maitinimo šaltiniu. Be to, reikalingi papildomi optiniai elementai, nukreipiantys spindulį į regeneratyvinį stiprintuvą, bei optiniai elementai, mažinantys regeneratyvinio stiprintuvo įtaką lazerio generatoriui.

Išradimu siekiama padidinti trumpųjų impulsų kietojo kūno aktyviosios-pasyviosios modų sinchronizacijos generuojamų impulsų energiją, sumažinant regeneratyvinio stiprintuvo elementų skaičių, ir palengvinti lazerio aptarnavimą. Šio uždavinio sprendimo esmė yra ta, kad trumpųjų impulsų kietojo kūno lazeryje su neigiamojo grįžtamojo ryšio grandine optiniams nuostoliams rezonatoriuje valdyti, turinčiame veidrodžius, sudarančius rezonatorių, kuriame kryptimi nuo

pirmojo veidrodžio link antrojo veidrodžio yra šviesos impulsų formavimo schema, lazerio strypas ir rezonatoriaus tuštinimo schema, be to, visos minėtos schemas yra valdomos neigiamojo grįžtamojo ryšio grandinėje esančio valdymo bloko, nauja yra tai, kad rezonatorius turi atšaką ir suformuoto šviesos impulso nukreipimo į rezonatoriaus atšaką schemą, valdomą minėtojo valdymo bloko ir esančią tarp šviesos impulsų formavimo schemas ir lazerio strypo, o rezonatoriaus atšakoje esantis veidrodis su lazerio strypu ir rezonatoriaus pirmuoju veidrodžiu sudaro papildomą rezonatorių, skirtą regeneratyviniam stiprinimui.

Didelę dalį tokio lazerio rezonatoriaus nuostolių sukuria šviesos impulsų formavimo schema (netiesiškos sugerties įsisotinantis sugėriklis turi savo nuostolius, neigiamojo grįžtamojo ryšio grandinės darbo taškas parenkamas fazine plokštele įvedant nuostolius, be to, neigiamojo grįžtamojo ryšio grandinės darbo metu atsiranda papildomi nuostoliai). Šių nuostolių nėra regeneratyvinio stiprintuvo atšakoje, todėl papildomo rezonatoriaus nuostoliai yra mažesni ir jame šviesos impulsas yra sustiprinamas ir pasiekama didesnė energija nei analoginiuose lazeriuose. Tokia lazerio su regeneratyviniu stiprintuvu schema turi mažiau optinių elementų, todėl greičiau surenkama ir paprasčiau suderinama. Lazerio generatorius ir papildomas rezonatorius, skirtas regeneratyviniam stiprinimui, turi vieną bendrą veidrodį, todėl pasiūlyta optinė schema yra atsparesnė išoriniams poveikiams, o tai savo ruožtu palengvina lazerio eksploataciją. Kadangi pasiūlytame lazeryje generatoriui ir stiprintuvui naudojamas tas pats aktyvusis elementas su kaupinimo lempa (vietoj dviejų aktyviųjų elementų, kurių kiekvienas turėtų savo kaupinimo lempą), todėl sumažėja eksploatacijos išlaidos.

Šviesos impulsų formavimo schemą sudaro rezonatoriuje esantys spinduliuotės kelyje, kryptimi nuo pirmojo rezonatoriaus veidrodžio link lazerio strypo, nuosekliai išdėstyti pasyvūs sinchronizatorius, elektrooptinis moduliatorius,

ketvirčio bangos plokštelė ir poliarizatorius, esantis tiek šviesos impulsų formavimo schemos dalimi, tiek ir šviesos impulsų nukreipimo į atšaką schemos dalimi, ir nukreipiantis dalį spinduliuotės į valdymo bloko įėjimą šviesos impulsų formavimo metu, o šviesos impulsų stiprinimo metu nukreipiantis visą spinduliuotę į rezonatoriaus atšakoje esantį veidrodį, be to, elektrooptinis modulatorius yra sujungtas su neigiamojo grįžtamojo ryšio grandinėje esančio valdymo bloko atitinkamu išėjimu.

Šviesos impulsų nukreipimo į rezonatoriaus atšaką schema susideda iš elektrooptinio modulatoriaus ir poliarizatoriaus, esančių rezonatoriuje spinduliuotės kelyje, kryptimi einant nuo lazerio strypo link rezonatoriaus pirmojo veidrodžio, be to, elektrooptinis modulatorius yra sujungtas su valdymo bloko atitinkamu išėjimu.

Rezonatoriaus tuštinimo schemą sudaro rezonatoriuje spinduliuotės kelyje, kryptimi einant nuo antrojo rezonatoriaus veidrodžio link lazerio strypo, nuosekliai išsidėstę elektrooptinis modulatorius ir poliarizatorius, be to, elektrooptinis modulatorius yra sujungtas su valdymo bloko atitinkamu išėjimu.

Detaliau išradimas paaiškintas brėžiniu, kuriame schemiškai pavaizduotas pasiūlytas lazeris.

Pikosekundinis aktyviosios-pasyviosios modų sinchronizacijos kietojo kūno lazeris su neigiamuoju grįžtamoju ryšiu turi veidrodžius 1 ir 2, sudarančius rezonatorių, kuriame nuo veidrodžio 1 link veidrodžio 2 yra impulsų formavimo schema, lazerio strypas 4 ir rezonatoriaus tuštinimo schema. Minėtą impulso formavimo schemą sudaro rezonatoriuje spinduliuotės kelyje kryptimi nuo veidrodžio 1 link lazerio strypo 4 nuosekliai išsidėstę pasyvisis sinchronizatorius 3, elektrooptinis modulatorius 5 ir poliarizatorius 6. Be to, rezonatorius turi suformuoto šviesos

impulso nukreipimo į rezonatoriaus atšaką schemą, esančią tarp šviesos impulsų formavimo schemos ir lazerio strypo 4, bei atšaką, kurioje yra veidrodys 7, kuris su lazerio strypu 4 ir veidrodžiu 2 sudaro regeneratyvinio stiprintuvo rezonatorių. Minėtą susiformavusio šviesos impulso nukreipimo į rezonatoriaus atšaką schemą sudaro poliarizatorius 6 ir elektrooptinis moduliatorius 8, esantiš rezonatoriuje tarp lazerio strypo 4 ir poliarizatoriaus 6. Minėtą rezonatoriaus tuštinimo schemą sudaro elektrooptinis moduliatorius 9 ir poliarizatorius 10, nuosekliai išsidėstę tarp veidrodžio 2 ir lazerio strypo 4. Tarp elektrooptinio moduliatoriaus 5 ir poliarizatoriaus 6 patalpinta ketvirčio bangos ($\lambda/4$) plokštelė 11, skirta neigiamojo grįžtamojo ryšio grandinės darbo taškui parinkti. Neigiamojo grįžtamojo ryšio grandinėje įjungtas valdymo blokas 12, kurio atitinkami išėjimai sujungti su elektrooptinių moduliatorių 5, 8, 9 įėjimais, o valdymo bloko 12 įėjimas susietas su atspindėta nuo poliarizatoriaus 6 spinduliuote.

Pasiūlyto pikosekundinio aktyviosios-pasyviosios modų sinchronizacijos kietojo kūno lazerio veikimas. Rezonatoriuje esančia ketvirčio bangos plokšte 11 parenkamas neigiamojo grįžtamojo ryšio grandinės darbo taškas. Ši plokštelė leidžia sumažinti elektrooptinio moduliatoriaus 5 valdymo įtampą. Neigiamojo grįžtamojo ryšio grandinė per elektrooptinį moduliatorių 5 dinamiškai valdo rezonatoriaus nuostolius, palaikydama rezonatoriaus viduje pastovią šviesos impulso energiją. Kai šviesos impulsas, daug kartų sklisdamas pasyviuoju sinchronizatoriumi 3, maksimaliai sutrumpėja, valdymo blokas 12 perduoda signalą ir elektrooptinis moduliatorius 8 pakeičia juo sklindančio šviesos impulso poliarizaciją 90° , o poliarizatorius 6 šį impulsą nukreipia į rezonatoriaus atšakos veidrodį 7, kuris kartu su poliarizatoriumi 6, lazerio strypu 4 ir rezonatoriaus veidrodžiu 2 sudaro papildomą rezonatorių skirtą regeneratyviam stiprinimui. Jame šviesos impulsas sustiprinamas. Sustiprinus šviesos impulsą valdymo blokas 12 perduoda signalą į elektrooptinį moduliatorių 9, kuris pakeičia šviesos impulso poliarizaciją 90° , ir impulsas per poliarizatorių 10 išeina iš lazerio.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Trumpų impulsų kietojo kūno lazeris su elektrooptine neigiamąjo grįžtamojo ryšio grandine, turintis veidrodžius (1) ir (2), sudarančius rezonatorių, kuriame kryptimi nuo veidrodžio (1) link veidrodžio (2) yra šviesos impulsų formavimo schema, lazerio strypas (4) ir rezonatoriaus tuštinimo schema, be to, visos minėtos schemos yra valdomos neigiamąjo grįžtamojo ryšio grandinėje esančio valdymo bloko (12), b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad rezonatorius turi atšaką ir suformuoto šviesos impulso nukreipimo į rezonatoriaus atšaką schemą, valdomą minėtojo valdymo bloko (12) ir esančią tarp šviesos impulsų formavimo schemos ir lazerio strypo (4), o rezonatoriaus atšakoje esantis veidrodis (7) su lazerio strypu (4) ir veidrodžiu (2) sudaro papildomą rezonatorių, skirtą regeneratyviniam stiprinimui.
2. Lazeris pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad šviesos impulsų formavimo schemą sudaro rezonatoriuje esantys, spinduliuotės kelyje kryptimi nuo veidrodžio (1) link lazerio strypo (4) nuosekliai išsidėstę pasyvus sinchronizatorius (3), elektrooptinis modulatorius (5), ketvirčio bangos plokštelė (11) ir poliarizatorius (6), esantis tiek šviesos impulsų formavimo schemos dalimi, tiek ir šviesos impulsų nukreipimo į atšaką schemos dalimi, ir nukreipiantis dalį spinduliuotės į valdymo bloko įėjimą šviesos impulsų formavimo metu, o šviesos impulsų stiprinimo metu, nukreipiantis visą spinduliuotę į rezonatoriaus atšakoje esantį veidrodį (7), be to, elektrooptinis modulatorius (5) yra sujungtas su neigiamąjo grįžtamojo ryšio grandinėje esančio valdymo bloko (12) atitinkamu išėjimu.
3. Lazeris pagal 1-2 punktus b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad šviesos impulsų nukreipimo į rezonatoriaus atšaką schema susideda iš elektrooptinio

moduliatoriaus (8) ir poliarizatoriaus (6), esančių rezonatoriuje spinduliuotės kelyje, kryptimi einant nuo lazerio strypo (4) link veidrodžio (1), be to, elektrooptinis moduliatorius (8) yra sujungtas su valdymo bloko (12) atitinkamu išėjimu.

4. Lazeris pagal 1-3 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad rezonatoriaus tuštinimo schemą sudaro rezonatoriuje spinduliuotės kelyje, kryptimi einant nuo veidrodžio (2) link lazerio strypo (4). nuosekliai išsidėstę elektrooptinis moduliatorius (9) ir poliarizatorius (10), be to, elektrooptinis moduliatorius (9) yra sujungtas su atitinkamu valdymo bloko (12) išėjimu.

