

(19)



(10) **LT 3572 B**

(12)

PATENTO APRAŠYMAS

(11) Patent numeris: **3572**

(51) Int. Cl.⁵: **H04B 10/12**
H01S 3/08

(21) Paraiškos numeris: **IP1607**

(22) Paraiškos padavimo data: **1993 12 15**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **1995 07 25**

(45) Patent paskelbimo data: **1995 12 27**

(60) SU duomenys: **SU 4894477, 1991 02 06**

(31, 32, 33) Prioritetas: **19280/90, 1990 02 07, IT**

(72) Išradėjas:

Giorgio Grasso, IT
Paul Lawrence Scrivener, GB

(73) Patent savininkas:

PIRELLI CAVI S. p. A., Piazzale Cadorna, 5, 20123 Milano, IT

(74) Patentinis patikėtinis:

Marius Jakulis-Jason, 3, A.A.A. Baltic Service Company,
Rūdninkų g. 18/2-12, 2001 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Plačiajuostis optinis stiprintuvas

(57) Referatas:

Išradimas priklauso optiniams stiprintuvams, pavyzdžiui, elektrinio ryšio skaidulinės optikos linijoms, veikiančioms perdavimo signalais tam tikrame bangų ilgio diapazone, nustatomame lazeriniu spinduliavimu aktyviuose šviesolaidžiuose (6), legiruotuose erbiu ir turinčiuose riboto ilgio sekcijas (11) su dviem šerdimis (12, 13), iš kurių viena (12) sujungiama su likusių aktyviojo šviesolaidžio (6) sekcijų šerdimis (16) ir su skaidulinės optikos linijomis (7), sudarančiomis stiprintuvo įėjimą ir išėjimą. Antroji šerdis (13) optiškai surišta su pirmąja šerdimi (12) tam tikro ilgio banga, kito ilgio nei perdavimo bangos ilgis. Antroji šerdis (13) gali išskirti iš pirmosios šerdies (12) savaiminį erbio šviesinį spinduliavimą, kuris yra triukšmo šaltinis, tokiu būdu užtikrinant perduoto signalo sustiprinimą bangos ilgio diapazone, visiškai atitinkančiame pramoninio tipo lazerinių šviesos šaltinių (2) bangų ilgį.

Šis išradimas priklauso šviesolaidžiams, turintiems legiruojančių medžiagų lazerinį spinduliavimą sustiprinti, naudojamiems šviesolaidyje skleidžiamą perdavimo signalą sustiprinti ir slopinti spinduliavimus, turinčius nepageidautiną bangos ilgį, susidarantį dėl savaiminio spinduliavimo.

Žinoma, kad optiniai šviesolaidžiai, turintieji šerdį, legiruotą tam tikromis medžiagomis, pavyzdžiui, retųjų žemės elementų jonais, turi priverstinio spinduliavimo charakteristikas, o tai duoda galimybę panaudoti juos kaip lazerinio spinduliavimo šaltinius ir optinius stiprintuvus. Tokie šviesolaidžiai, faktiškai, naudojami su tam tikro bangos ilgio šviesos šaltiniais, kurie geba priimti legiruojančiosios medžiagos atomus sužadinimo arba kaupimo režimu, iš kurio atomai savaimiškai suskildami per labai trumpą laiką, pereina į lazerinio spinduliavimo būseną, kurioje jie išlieka santykinai ilgą laiką.

Kai šviesolaidį, turintį didelį kiekį atomų sužadinimo būsenoje spinduliavimo lygiu, kerta šviesos signalas tokio bangos ilgio, kuris atitinka lazerinio spinduliavimo būseną, signalas sukelia sužadintų atomų perėjimą į žemesnį lygį su šviesos spinduliavimu, turinčiu tokį pat bangos ilgį kaip ir signalo; tokiu būdu šio tipo šviesolaidis gali būti panaudotas optiniams signalams stiprinti.

Pradedant nuo sužadinimo būsenos atomų skilimas taip pat vyksta savaimiškai, o tai sukelia spinduliavimą, kuris sudaro triukšmo foną, kuris susideda su priverstiniu spinduliavimu, atitinkančiu sustiprintą signalą.

Šviesos spinduliavimas, generuojamas įvedimu į legiruotą arba aktyvų šviesolaidį kaupimo šviesos energijos, gali atsirasti keliais bangų ilgiais, atitinkančiais legiruojamąją medžiagą, kuri ir nulemia šviesolaidžio fluorescencijos spektrą.

Siekiant gauti maksimalų signalo sustiprinimą aukščiau paminėto tipo šviesolaidžiais kartu su dideliu elektrinių ryšių optinių linijų signalo/triukšmo santykiu, paprastai naudojamas signalas, generuojamas lazerinio šaltinio su bangos

ilgiu, atitinkančiu legiruoto šviesolaidžio fluorescencijos spektro kreivės viršūnę.

Tarp kitko, naudojamų optinėse elektros ryšių linijose, signalų sustiprinimui patogiu naudoti aktyviuosius šviesolaidžius su šerdimi, legiruota erbio (Er^{+3}) jonais; bet erbio fluorescencijos spektras pageidautinų bangų ilgių diapazone turi ypač siaurą spinduliavimo viršūnę, o tai apriboja jo panaudojimą kaip lazerio-perdavimo signalo šaltinio, tokio lazerio, kuris dirba apibrėžtu bangos ilgiu, nes signalai, nepatenkantys į šį diapazoną, atitinkamai nesustiprinami, tuo metu, kai stiprus savaiminis spinduliavimas susidarys maksimumo bangos ilgyje, sukeldamas triukšmus, labai pabloginančius perdavimo kokybę.

Lazeriniai šaltiniai, turintieji aukščiau paminėtas charakteristikas, t.y. veikiantys erbio maksimumo spinduliavimu, iš kitos pusės sunkiai pagaminami ir brangūs, tuo metu kai įprastiniai lazeriniai šaltiniai, tokie kaip puslaidininkio lazeriai (In, Ga, As), turintys charakteristikas, kurios leidžia panaudoti juos elektros ryšių tikslais, ir pakankamai platų nukrypimą nuo spinduliavimo diapazono, todėl tikrai ribotas šio tipo lazerinių šaltinių skaičius turi spinduliavimą aukščiau paminėtame bangų ilgių maksimumo diapazone.

Jeigu elektrinio ryšio linijose galima panaudoti perdavimo signalų šaltinius su apibrėžtomis bangų ilgio reikšmėmis, gaunamomis naudojant pramoninius lazerius, tai yra tikrai tuos, kurie spinduliuoja stiprinančio šviesolaidžio lazerinio spinduliavimo nedidelės maksimumo atkarpos ribose, tai toks panaudojimas finansiškai nepriimtinas kitų tipų linijoms, pavyzdžiui, miesto linijoms, kurioms ypatingą reikšmę turi paklojimo kaina.

Pavyzdžiui, erbiu legiruotas šviesolaidis, turintis lazerinį spinduliavimą, kurio maksimumas siekia maždaug 1536 nm; pakeitus spinduliavimo dydį 5 nm, spinduliavimas pasiekia didžiausią intensyvumą ir gali būti panaudotas signalams stiprinti tame pačiame bangų ilgio diapazone; pramoniniai puslaidininkio lazeriai, kuriuos galima panaudoti perdavimams, turi spinduliavimo bangų ilgio dydžius diapazone nuo 1520 iki 1570 nm.

Tokiu būdu matosi, kad šio tipo pramoninių lazerių nemažas kiekis netinka galimam stiprinimui su erbiu ir jie negali būti panaudoti signalams generuoti elektrinio ryšio linijose, turinčiose aukščiau aprašyto tipo erbio stiprintuvus.

Yra žinoma, kad erbiu legiruoti šviesolaidžiai, turi spinduliavimo spektro didelio intensyvumo, pastovaus bangų ilgio diapazone, atitinkančią auk-

ščiau minėtam maksimumui, pakankamai plačią, kad būtų galima įjungti aukščiau aprašytą mus dominančių pramoninių lazerių spinduliavimo diapazono dalį; bet šio tipo šviesolaidžiuose signalas, sklindantis bangos ilgiu, tolimu nuo spinduliavimo maksimumo, bus sustiprintas tikrai iki tam tikros ribos, tuo metu kai savaiminis perėjimas iš lazerinio spinduliavimo būsenos šviesolaidyje vyksta daugiausiai spektro bangos ilgio (1536 nm) maksimumu, generuojant triukšmo signalą, toliau sklindantį šviesolaidžiu ir susisumuojantį su naudinguoju signalu.

Panaudojant aktyviuosius, erbiu legiruotus šviesolaidžius, aukščiau aprašytais pramoninio tipo puslaidininkio lazerių šaltiniais generuojamiems elektrinio ryšio signalams stiprinti, iškyla reikmė nufiltruoti aktyviojo šviesolaidžio ilgiu erbio savaiminį maksimumo spinduliavimą dėl to, kad nepageidautino bangos ilgio spinduliavimas nesugertų iš signalo stiprinimo kaupimo energijos ir nesusumotų su juo.

Šiam tikslui aktyvusis šviesolaidis gali būti panaudotas su dviem šerdimis, iš kurių per vieną perduodamas signalas ir kaupimo energija, tuo metu kai kita šerdis turi legiruojančios šviesos sugėrimo medžiagos; jeigu abi šerdys optiškai surištos su bangos ilgiu, atitinkančiu savaiminio spinduliavimo maksimumą, tai tas spinduliavimas bus transformuojamas antrąja šerdimi, susigerdamas be sumavimosi su perdavimo signalo bangos ilgiu.

Toks aktyvusis šviesolaidis, aprašytas to paties pareiškėjo Italijos patentinėje paraiškoje Nr. 22654 A/39, atlieka efektyvų nepageidautino bangos ilgio filtravimą, bet kai kuriais atvejais, kai jis yra mechaniškai arba termiškai veikiamas, ypač kai yra susukamas, gali pasikeisti optinio ryšio tarp šerdžių charakteristikos ir antrąja absorbuojančiąja šerdimi transformuoto bangos ilgio reikšmės.

Tokiu būdu iškyla problema sukurti aktyvųjį šviesolaidį, priimtina panaudojimui optiniuose stiprintuvuose, kurie gali būti naudojami kombinuojant juos su pramoninio tipo lazeriniais signalo perdavimo šaltiniais, netaikant jiems žymių jų kokybės apribojimų, nejautriais deformacijoms, kurios atsiranda gaminant stiprintuvus, įtaisant juos ir naudojant linijoje.

Šio išradimo uždavinys yra sukurti legiruotą šviesolaidžio stiprintuvą, kuris galėtų patenkinamai sustiprinti pakankamai plačiame bangų ilgio diapazone, panaudojant kartu su pramoninio tipo lazeriniais šaltiniais, slopinant medžiagos savaiminį nepageidautino bangos ilgio spinduliavimą, kuris sukelia didelio intensyvumo, perdavimo signalo atžvilgiu, triukšmo foną, ir išsaugant tokias charakteristikas per visą veikimo laiką.

Šio išradimo tikslas yra plačiajuostis optinis stiprintuvas, pavyzdžiui, elektrinio ryšio skaidulinės optikos linijoms, veikiančioms perdavimo signalais apibrėžtame bangos ilgių diapazone, turintis dichroinį ryšio įtaisą perdavimo signalui ir kaupimo šviesos energijai stiprinti vienalyčiame išėjimo šviesolaidyje, ir aktyvųjį šviesolaidį, turintį fluorescencinės legiravimo medžiagos ir prijungtą prie dichroinio ryšių įtaiso šviesos išėjimo ir elektrinio ryšio linijos skaidulų, skirtų priimti ir perduoti sustiprintą signalą, pasižymintis tuo, kad aktyvusis šviesolaidis padalytas į sekcijas, iš kurių kiekviena pati yra šviesolaidis, turintis dvi šerdis, iš kurių pirmoji optiškai surišta su likusiomis aktyviojo šviesolaidžio dalimis, o kita šerdis užsibaigia galuose, be to, abi šerdys optiškai surištos viena su kita bangų ilgių diapazone, įeinančių į pirmosios šerdies lazerinio spinduliavimo diapazoną, ir skirtingų nuo perdavimo signalų diapazono.

Tinkamiausiame variante aktyviojo šviesolaidžio skaidulų dvišerdžių sekcijų antroji šerdis turi legiruojančios medžiagos, turinčios didelį šviesos sugėrimą minėtojo šviesolaidžio legiruojančios medžiagos lazerinio spinduliavimo diapazone; antrosios šerdies legiruojančioji medžiaga, turinti didelį šviesos sugėrimą, nustatoma ta pačia fluorescencine medžiaga, kuri yra aktyviajame šviesolaidyje.

Pirmoji šerdis iš kiekvienos dvišerdės sekcijos gali turėti fluorescencinio priedo, arba priešingai, pirmoji šerdis iš kiekvienos dvišerdės skaidulų sekcijos gali neturėti jokio fluorescencinio priedo.

Kiekvienu atveju fluorescencinė legiravimo medžiaga, esanti aktyviajame šviesolaidyje, bent viduje tų sekcijų, kurios turi pavienę šerdį, yra erbis.

Pagal kitą realizavimo variantą legiruojančioji medžiaga, esanti antrojoje šerdyje, yra medžiaga, turinti didelį šviesos sugėrimą visu spektru, pasirinktu iš titano, vanadžio, chromo arba geležies, bent mažiausio jų valentingumo atveju.

Kiekvienos dvišerdies skaidulų sekcijos ilgis lygus ilgiui mūšos tarp šerdžių, surištų apibrėžtame ryšių tarp šių šerdžių diapazone arba viršija tą ilgį.

Legiruojančios medžiagos su dideliu šviesos sugėrimu kiekis antrojoje šerdyje ir šerdžių ryšių charakteristikos sukoreliuotos taip, kad nustatyti slopinimo ilgį antrojoje šerdyje mažesnę nei mūšos tarp surištų šerdžių ilgio 1/10 dalis.

Konkrečiame išradimo variante antroji šerdis neturi jokių šviesą sugeriančių priedų ir kiekviena iš dvišerdžių sekcijų turi ilgį, kartotinį vienam mūšos ilgiui su 10% tolerancija nuo paties mūšos ilgio.

Tuo atveju, kai aktyviojo šviesolaidžio fluorescencinė legiruojančioji medžiaga yra erbis, dvi dvišerdžių skaidulinių sekcijų šerdys optiškai surištos viena su kita diapazone nuo 1530 iki 1540 nm.

Pirmoji kiekvienas iš dvišerdžių skaidulinių sekcijų šerdis koaksialiai surišta su skaidulų išoriniu paviršiumi, sutapdama su likusiųjų aktyviųjų skaidulų dalių šerdimis ir su šerdimis skaidulų, prie kurių prijungiamas stiprintuvas, tuo metu kai antroji šerdis savo galuose remiasi į pačių skaidulų dangą.

Mažiausiai bent pirmoji iš dviejų šerdžių skaidulose skirta vienkart moduliuoti šviesai praleisti perdavimo ir kaupimo bangų ilgio diapazone. Aktyvusis šviesolaidis turi skaidulų su fluorescenciniais priedais sekcijas, įjungtas nuosekliai tarp dviejų dvišerdžių sekcijų, turinčių bangos ilgį ne didesnę už ilgį, atitinkantį maksimaliai galimą sustiprinimą, siekiantį 15 dB, esant ryšio tarp dvišerdžių skaidulinių sekcijų bangos ilgiui, geriausiai, tarp 1 ir 5 dB.

Mažiausiai bent vienas aktyviojo šviesolaidžio galas yra dvišerdės skaidulinės sekcijos dalis.

Dvišerdės skaidulinės sekcijos mechanškai išlenkiamos lanku, siekiant tiksliai suderinti ryšių tarp šerdžių bangų ilgių diapazoną.

Kiekviena dvišerdė skaidulinė sekcija kietai įtaisyta į atitinkamą palaikomąją plokštelę, kuri nesideformuoja darbo sąlygomis.

Be to, kiekviena dvišerdė skaidulinė sekcija kietai įtaisyta į atitinkamą palaikomąją plokštelę, esant išlenkimui, atitinkančiam pageidautiną ryšio tarp šerdžių bangos ilgio diapazoną.

Detaliau išradimo aprašymas išdėstomas žemiau su nuorodomis į pridedamus brėžinius, kuriuose pavaizduoti:

1 pav. - optinio stiprintuvo schema panaudojant aktyvųjį šviesolaidį;

- 2 pav. - schema energetinių perėjimų to tipo šviesolaidyje, kuris gali būti panaudotas stiprintuve pagal 1 pav. schemą ir kuris gali generuoti priverstinį spinduliavimą (lazerinį);
- 3 pav. - optinių skaidulų iš silicio (legiruotų) priverstinės emisijos kreivės schema;
- 4 pav. - atitinkančio išradimą optinio stiprintuvo padidinta schema;
- 5 pav. - stiprintuvo aktyviųjų skaidulų skersinis pjūvis Y - Y plokštumoje iš 4 pav.;
- 6 pav. - šviesos sklaidimo aktyviųjų skaidulų šerdyje koeficiento priklausomumo nuo bangos ilgio grafikas pagal išradimą;
- 7 pav. - atitinkančių išradimą aktyviųjų optinių skaidulų dalis, sudaryta iš sekcijų su dviem šerdimis, ir šviesos energijos perėjimo tarp abiejų šerdžių ryšio bangos ilgiu kreivės vaizdas;
- 8 pav. - atitinkančių išradimą optinių skaidulų dalis, sudaryta iš dvišerdžių sekcijų ir turinčių ilgį lygų vienai mūsų bangai;
- 9 pav. - atitinkančio išradimą stiprintuvo skaidulų su dvišerdėmis išlenktomis šerdimis.

Siekiant sustiprinti signalą elektrinio ryšio linijų šviesolaidyje galima panaudoti stiprintuvą su optinėmis skaidulomis; tokių stiprintuvų sandara schematiškai pavaizduota 1 pav., kuriame skaičiumi 1 pažymėtas šviesolaidis elektrinio ryšio linijoms, išilgai kurio paduodamas perdavimo signalas ilgiu λ_s bangos, generuotos lazerinio šaltinio 2; toks signalas, nusilps praeinant tam tikrą linijos ilgį, siunčiamas į dichroinį ryšio įtaisą 3; čia jis pavieniam išėjimo šviesolaidyje 4 susijungia su kaupimo signalu, turinčiu bangos ilgį λ_p ir generuojamu kaupimo lazeriniu šaltiniu 5; aktyvusis šviesolaidis, pažymėtas skaičiumi 6 ir surištas su skaidulomis 4, kurios yra kaip išėjimas iš ryšio įtaiso, sustiprina signalą, kuris tokiu būdu patenka į linijinį šviesolaidį 7 tolimesniam sklaidimui.

Aktyviojo šviesolaidžio 6, kuris pagal tinkamiausią išradimo variantą yra stiprinimo elementas, tobulinimui patogų panaudoti šviesolaidį iš silicio su šerdimi, legiruota Er_2O_3 tirpale; tai įgalina užtikrinti žymų perdavimo signalo sustiprinimą panaudojant erbio lazerio darbinį perėjimą.

Kaip parodyta 2 pav., skaidulų turinčių nurodyto tipo legiruojančios medžiagos, diagrama schematiškai pavaizduoja energijos būsenas, charakteringas erbio, esančio skaidulų silicio gardelėje, jonui; padavimas į aktyvųjį šviesolaidį šviesos energijos su kaupimo bangos ilgiu λ_s , veda į tai, kad tam tikras jonų Er^{+3} , esančių šviesolaidyje kaip legiruojančioji medžiaga, skaičius pereina į sužadini-
mo būseną 8, kuri paskui apibrėžiama kaip kaupimo diapazonas; po to savai-
miškai pereina į energetinį lygį 9, kuris yra lazerinio spinduliavimo lygis.

Lazerinio spinduliavimo lygyje 9 jonai Er^{+3} gali išlikti palyginamai ilgą laiką, paskui jie savaimiškai pereina į pagrindinį lygį 10.

Kaip žinoma, tuo metu, kai perėjimas iš lygio 8 į lygį 9 vyksta vienu laiku su šiluminiu spinduliavimu, kuris sklinda skaidulų viduje (foninis spinduliavimas), perėjimas iš lygio 9 į pagrindinį lygį 10 generuoja šviesos spinduliavimą su bangos ilgiu, atitinkančiu lazerinio spinduliavimo 9 energijos dydį; jeigu skai-
dulomis, turinčiomis didelį jonų, esančių lazerinio spinduliavimo būsenoje, skaičių, sklinda signalas su bangos ilgiu, atitinkančiu šią spinduliavimą, tai signalas sukelia vidinį jonų perėjimą iš spinduliavimo būsenos į pagrindinę būseną, anksčiau nei jie savaimiškai suskyla, sukeldami kaskadinį efektą, kuris šviesolaidžio išėjime sukelia perdavimo sustiprinto signalo spinduliavimą.

Nesant perdavimo signalo, savaiminis lazerio spinduliavimo diskretinio lygių, charakteringų kiekvienai medžiagai, skaičiaus skilimas generuoja skaisčio mak-
simumus įvairiuose atitinkamų lygių dažniuose; tarp kitko, kaip parodyta 5 pav., Si/As arba Si/Ge tipo šviesolaidis, legiruotas Er^{+3} ir naudojamas optiniuose stirpintuvuose, turi didelio intensyvumo spinduliavimo maksimumo 1530 nm bangos ilgyje, tuo metu kai didelio ilgio bangose iki pat 1560 nm esama zonos, kurioje spinduliavimas taip pat yra labai intensyvus, bet mažesnis nei maksimu-
mo zonoje.

Esant šviesos signalui, įvestam į šviesolaidį bangos ilgiui, atitinkančiu Er^{+3} spinduliavimo maksimumą 1536 nm, susidaro žymus signalo sustiprinimas, tuo metu kai triukšmo fonas dėl erbio savaiminio spinduliavimo yra apribotas, o tai sudaro šviesolaidį tinkamu naudoti tokio bangos ilgio signalo optiniame stiprin-
tuve.

Signalui generuoti esama puslaidininkio (In, Ga, Al) lazerių, kurie turi charak-
teringą spinduliavimo diapazoną nuo 1,52 iki 1,57 nm; tai reiškia, kad jų gamybos technologija negarantuoja kiekvienam iš jų perdavimo signalo spin-
duliavimo apibrėžtu dažniu, atitinkančiu spinduliavimo maksimumą šviesolai-

džio, legiruoto erbiu ir naudojamo stiprintuvu; atvirkščiai, didelis lazerių kiekis duoda signalą šviesolaidžio spinduliavimo kreivės atkarpose, gretutinėse aukščiau paminėtam spinduliavimo maksimumui.

Signalas, generuojamas tokiu lazeriniu šaltiniu, negalės būti pakankamu laipsniu sustiprintas turinčiu erbio aukščiau aprašyto tipo optiniu stiprintuvu, nes kaupimo energija, įvesta į aktyvųjį šviesolaidį, eikvosis daugiausia triukšmo spinduliavimui stiprinti esant maždaug 1536 nm bangos ilgio savaiminiam erbio spinduliavimui.

Todėl siekiant panaudoti aukščiau minėto tipo lazerinius šaltinius, pramonei plačiai gaminamus ir todėl nebrangius, kombinuojant su erbio stiprintuvais, tai yra iš esmės, siekiant panaudoti tam tikrų tipų lazerinių signalų šaltinius kartu su legiruojančiais priedais, turinčiais aukštą triukšmo foną, atsirandantį dėl savaiminių perėjimų iš lazerinio lygio, pagal išradimą panaudojamas aktyvusis šviesolaidis, pavaizduotas 4 pav., kurį sudaro skaidulų sekcijos 11 su dviem šerdimis, atitinkamai 12 ir 13, padengtos viena išorine danga 14, besikaitaliojančios su skaidulų sekcijomis 15, turinčiomis vieną šerdį.

Kiekvienoje dvišerdėje skaidulinėje sekcijoje 11 šerdis 12 prijungiama prie gretutinių vienšerdžių skaidulinių sekcijų 15 šerdies 16 ir aktyviojo šviesolaidžio galuose prie skaidulų 4, esančių išėjimais iš dichroinio ryšio įtaiso, ir prie linijinių skaidulų 7; tokiu būdu ši šerdis yra praleidžiančioji perdavimo signalą; šerdis 10 arba antrinė šerdis, nutrūksta kiekvienos sekcijos 11 galuose ir neturi tolesnių prijungimų.

Dvi skaidulinių sekcijų 11 šerdys 12 ir 13 pagaminamos taip, kad atitinkami šviesos sklidimo šviesolaidyje koeficientai β_1 ir β_2 , kurių priklausomumo nuo bangos ilgio kreivės pavaizduotos 6 pav., yra tokie, kad užtikrintų optinį ryšį tarp šerdžių 12 ir 13 bangos ilgiu, atitinkančiu fluorescencinio legiruojančio priedo didžiausio spinduliavimo maksimumą, pavyzdžiui, erbio - 1536 nm, ir diapazone tarp λ_1 ir λ_2 , kurio amplitudė apibrėžia kreivių λ_1 ir λ_2 polinkį jų susikirtimo zonoje ir atitinka, kaip parodyta 3 pav., generuojančio triukšmo foną spinduliavimo maksimumo amplitudę.

Tinkamiausias ryšio tarp dviejų šerdžių 12 ir 13 diapazonas, panaudojant erbį kaip šerdies 16 legiruojantį priedą, gali būti tarp $\lambda_1 = 1530$ ir $\lambda_2 = 1540$ nm.

Tai reiškia, kad maždaug 1536 nm bangos ilgio šviesa, kuri sklinda šerdyje 12 kartu su perdavimo signalu ir nulemia triukšmo foną, atsirandantį dėl erbio

savaiminio spinduliavimo, periodiškai pereina iš šerdies 12 į šerdį 13, žinomais optinio ryšio dėsniais, aprašytais, pavyzdžiui, žurnalo "Journal of the Optical Society of America" A/vol. 199 m. sausio mėnesio Nr.1 84 ir 90 puslapiuose.

Kaip pavaizduota 7 pav. šviesos energija optinio ryšio tarp abiejų šerdžių bangos ilgiu pasiskirsto pagal sinusoidę, pasiekdama 100% viename pirmosios šerdies taške ir 100% kitame kitos šerdies taške bangos ilgiu, žinomu kaip mūšos ilgis, o tuo metu bendroje skaidulų sekcijoje šviesos energija sklinda taip pat.

Perdavimo signalas šerdyje 12, iš kitos pusės, turi bangos ilgį λ_s , skirtingą nuo ilgio, kuriuo palaikomas ryšys tarp dviejų šerdžių 12 ir 13, lygų, pavyzdžiui, 1530 nm, ir tokiu būdu jis išlieka šerdyje 12 be perdavimo į šerdį 13; tokiu pat būdu kaupimo šviesa, perduodama į šerdį 16 iš ryšių įtaiso 3, pavyzdžiui, bangos ilgiu λ_p nuo 380 arba 540 nm, turi sklidimo koeficientus tokius, kad skaidulinės sekcijos 11 viduje jo sklidimas į šerdį 12 neįmanomas ir todėl kaupimo energija jame nepastebėta.

Šerdis 16 paprastai turi legiruojančios medžiagos papildomai prie legiruojančios medžiagos, nulemiančios pageidautiną lūžimo rodiklio pasiskirstymo profilį, kurį savo ruožtu nulemia medžiaga, turinti didelį šviesos sugėrimą visame spektre arba bent šerdies 16 legiruojančios medžiagos spinduliavimo maksimume; ši medžiaga yra triukšmo šaltinis, kaip jau buvo rašyta aukščiau, tarp kitko maksimume, siekiančiame maždaug 1536 nm, panaudojus erbiją kaip šią legiruojančią medžiagą.

Medžiagos, tinkančios šiam tikslui ir turinčios didelį šviesos sugėrimą visame spektre, aprašytos, pavyzdžiui, Europos patento paraiškoje Nr. 88304182.4. Tokioms medžiagoms priskiriami kintamo valentingumo elementai, tokie kaip Ti, V, Cr, Fe, jų mažiausio valentingumo būsenoje (Ti^{III} , V^{III} , Cr^{III} , Fe^{II}).

Tarp medžiagų, labai susigeriančių šviesą tam tikrame bangos ilgyje, tai yra stiprinimo skaidulų 15 šerdies 16 legiruojančios medžiagos spinduliavimo maksimumo bangos ilgyje, spinduliavimo kurį reikalinga sugerti, ypač patogu panaudoti tokius pat legiruojančius priedus, kaip ir aukščiau aprašytoje aktyviojoje šerdyje; faktiškai, fluorescencinės medžiagos, gaudamos pakankamą kiekį kaupimo energijos, spinduliuoja tam tikru bangos ilgiu, tuo metu, kai tos pačios medžiagos be kaupimo energijos sugeria šviesą to paties bangos ilgio, prie kurio atsiranda spinduliavimas esant kaupimui.

Tarp kitko, legiruojant šerdį 16 erbiu, antrąją skaidulinės sekcijos 11 šerdį 16 galima taip pat legiruoti erbiu.

Tuo atveju, kai erbio šviesos sugėrimo krėvė yra panaši į fluorescencijos arba lzerinio spinduliavimo kreivę, pavaizduotą 3 pav., atsiranda priverstinio spinduliavimo bangos ilgiu 1536 nm maksimumas, panašus į to paties bangos ilgio sugėrimo maksimumą. Fluorescencija su ryšio tarp šerdžių bangos ilgiu 1536 nm perduodama į šerdį 16 ir neatspindi atgal į šerdį 12, kurios viduje sklinda perdavimo signalas, nes šerdies 16 viduje gali įvykti esminis įvestas šviesos susilpnėjimas dėl to, kad ją sugeria šerdyje esančios legiruojančios medžiagos.

Spinduliavimas nepageidautinu bangos ilgiu, vykstantis šerdyje 16, gali patekti į skaidulinę sekciją 11 iki to, kai jis pasieks didelį intensyvumą, ir sekcijos viduje gali būti išskirtas iš šerdies 12 ir išsklaidytas šerdies 16 viduje tokiu būdu, kad kaupimo energija nebūtų pašalinta iš perdavimo signalo stiprinimo proceso, persiduodančio iš šerdies 12 į sekančios stiprinančių skaidulų sekcijos 15 šerdį 16, ir galėtų sumuotis su pačiu signalu.

Šiam tikslui pagal išradimą būtina, kad stiprinančių skaidulų 15 sekcija F, esanti pirmiau dvišerdės skaidulinės sekcijos 11, kaip parodyta 4 pav., būtų ribota ilgio, siekiant išvengti foninio triukšmo stiprinimo; tas ilgis priklauso nuo pačių skaidulų charakteristikų ir, tarp kitko, nuo jo stiprinimo koeficiento; stiprintuvas pagal išradimą daromas su tokiu ilgiu F, kuris nustatytų maksimalų stiprinimo koeficientą, mažesnę nei 15 dB, tinkamiausiai, diapazone nuo 1 iki 5 dB, ryšio tarp šerdžių bangos ilgyje, pavyzdžiui, atitinakančiame 1536 nm.

Skaidulų 11 šerdis 12 gali neturėti jokio fluorescencinio legiruojančio priedo, ir tada visą stiprinimą nulemia skaidulų 15 sekcijos, arba gali turėti tų pačių priedų, kaip ir šerdis 16. Dvišerdės skaidulinės sekcijos 11 ilgis L_a didesnis už aukščiau minėtos mūšos bangos ilgį L_B , be to, legiruojančios medžiagos, esančios sekcijoje ir turinčios įtaką šviesos sugėrimui, kiekis yra toks, kad nulemtų šerdies 12 slopinimo ilgį λ , kuris bent eile mažesnis už mūšos ilgį L_B : $L \geq 10 L_B$ (tai nustatoma optinės energijos skilimo slopstančioje aplinkoje dėsnio

$p = p_0 e^{-\alpha L}$, čia α - koeficientas, nustatomas skaidulų silpimo charakteristikomis ir, žymiu laipsniu, skaidulose esančios legiruojančios silpninančios medžiagos kiekiu, - praėjusi skaidulų ilgį L šviesos energija sumažėja pagal I/e dėsnį); paprastai šerdies 12 charakteristikos parenkamos taip, kad slopinimo ilgis L būtų dviem eilėmis mažesnis už mūšos bangos ilgį L_B .

Šerdis 13 taip pat gali neturėti jokios legiruojančios medžiagos, sukeliančios slopinimą; šiuo atveju, kaip pavaizduota 8 pav., dvišerdė skaidulinė sekcija 11 privalo turėti ilgį $L_a = L_B$, kad antrosios šerdies 13 gale šviesos energija su slopinamu bangos ilgiu visiškai pereitų į pačios šerdies vidų tam, kad jos sujungime su skaidulomis 15 ji išsisklaidytų į minėtų skaidulų 15 dangą.

Tokia sąlyga yra patogi, nes atsiranda galimybė nebe pridėti legiruojančios medžiagos į dvišerdę skaidulinę sekciją kaip priedo prie tų medžiagų, kurios nulemia tos sekcijos lūžimo rodiklių pasiskirstymo profilį, bet iš kitos pusės ta sąlyga reikalauja išmatuoti ir, prijungiant sekciją 11 prie likusios aktyviųjų dalies, išlaikyti ir, prijungiant sekciją 11 prie likusios aktyviųjų skaidulų dalies, išlaikyti toleranciją t , ne daugiau kaip 10% mūšos bangos ilgio L_B , kad užtikrintų triukšmo bangos nebuvimą šerdies 12 sujungime.

Jeigu šios tolerancijos išlaikymo sąlyga pasirodo sunkiai įvykdoma, esant keleto centimetrų mūšos bangos ilgiui L_B , tai geriau šerdyje 12 panaudoti silpninančias medžiagas kaip aprašyta aukščiau.

Skaidulinės sekcijos 11 matmenų nustatymas atliekamas taip, kad sklidimo koeficientai abejose šerdyse apibrėžia ryšį diapazone, esančiame kairiau ir dešiniau nuo spinduliavimo bangos ilgio maksimumo (pavyzdžiui, 1536 nm), bet tolerancijų būtinumas gaminant gali nukrypti nuo pageidaujamo dydžio.

Tokiu atveju norint gauti priimtina ryšio bangos ilgį, pagal išradimą dvišerdė skaidulinė sekcija 11 turi būti išlenkta lanku, tokiu būdu indukuojant vidinį skaidulų įtempimą, kuris pakeičia jų šviesos sklidimo charakteristikas ir kontroliuoja ryšio bangos ilgio dydį keičiantis kreivei kol pasiekiamas suderinimas su pageidautinu bangos ilgio dydžiu; siekiant palaikyti tokią konfigūraciją skaidulinės sekcijos 11 įvertinamos, pavyzdžiui, klėjais, palaikomosiose plokštelėse 17, pavaizduotose 9 pav.

Vienšerdės skaidulos 15, įtaisytos tarp dvišerdžių skaidulų sekcijų 11, daromos pagal reikalavimus, nustatomus stiprintuvo dangos viduje, pavyzdžiui, susukant keletą sykių, kad tai neatsilieptų stiprintuvo veikimui, atskiriant tokio ilgio bangas, kurios sukelia triukšmą, tuo metu kai dvišerdės skaidulų sekcijos kietai įtvirtintos išlenktos ir apsaugotos nuo galimų apkrovų, kaip buvo aukščiau aprašyta.

Siekiant pasiųsti be triukšmo perdavimo signalą nuo stiprintuvo į tolesnę linijos dalį 7, paskutinioji stiprintuvo aktyviųjų skaidulų sekcija 6 perdavimo signalo

sklidimo kryptimi sudaryta iš dvišerdžių skaidulų 11; linijų, naudojamų abiem kryptimis, abu aktyviųjų skaidulų galai sudaromi iš dvišerdžių skaidulinių sekcijų 11.

Atitinkantis išradimą šviesolaidis atlieka šviesos, skindančios skaidulų ribose, filtravimą, atskiriant ir sugeriant 1536 nm bangos ilgio fotonus, kurie generuojami savaiminio skilimo iš Er^{+3} jonų lazerinio spinduliavimo lygio, tokiu būdu neleidžiant tokiems fotonams, praeinantiems per ilgąją aktyviosios šerdies sekciją, esant kaupimo energijai, sukelti tolesnį skilimą šiame bangos ilgyje ir padeda sklisti šerdyje 12 perdavimo ir kaupimo ilgio bangoms; perdavimo bangos ilgis λ_s gali būti tada parinktas visame diapazone, kuriame erbis turi reikšmingą lazerinio spinduliavimo lygį, pavyzdžiui, tarp λ_2 ir λ_3 dydžių, parodytų 3 pav. (tai atitinka diapazoną nuo 1540 iki 1560 nm), tai užtikrina didelį perdavimo signalo lazerinių šaltinių pasirinkimą stiprinimui, kartu signalo šaltiniai turi įvairius bangos ilgius pakankamai plačiame diapazone, o tai leidžia panaudoti didelį pramoninių puslaidininkio lazerių tipų skaičių (In, Ga, As), tuo metu, kai sekcijų su sumažintu dvišerdžių skaidulų ilgiu panaudojimas leidžia gauti tikslų ryšio bangos ilgį ir daro juos nejautrius mechaninėms apkrovoms.

Kaip pavaizduota 5 pav. dvišerdės skaidulos 11, paprastai turi šerdį 12, panaudojamą optiniam signalui sklisti ir patalpintą koaksialiai skaidulų dangos 14 viduje, o antroji šerdis 13 yra ekscentriškoje padėtyje.

Tuo atveju, kai pavaizduota 4, 7, 8 pav. sujungimas tarp dvišerdžių skaidulų sekcijų 6, stiprinančių skaidulų sekcijų 15 ir skaidulų 4 ir 7 gali būti padarytas tradiciniu būdu, išdėstant pačių skaidulų galus vieną priešais kitą, per įprastus sujungimo įtaisus, o tai užtikrina tikslų nustatymą tarp skaidulų kontroliuojant jų išorinius paviršius, tam padeda dvišerdžių skaidulų šerdies 12, esančios ašinėje pozicijoje su vienšerdžių skaidulų šerdimis, taisyklingas tikslus nustatymas be esminių nuostolių sujungiant; šerdis 13, esanti ekscentriškoje padėtyje, neturi būti surišta su kitomis šerdimis ir tokiu būdu išlieka pertraukta kiekvienos dvišerdės skaidulinės sekcijos 11 galuose, nedarant vėliau jokių kitų operacijų.

Paprastai tam, kad galima būtų gauti didžiausią stiprinimo efektyvumą, šerdis 12 būna monomodalinė kaip signalo bangos ilgiui, taip ir kaupimo bangos ilgiui, o šerdis 16 taip pat būna monomodalinė bent signalo bangos ilgiui λ_s .

Pavyzdžiui, stiprintuvas buvo sudarytas pagal 1 pav. schemą iš Si/Al tipo aktyviųjų skaidulų, legiruotų Er^{+3} ir turinčių dvišerdes sekcijas; Er_2O_3 kiekis pagal svorį vienšerdžių skaidulų sekcijoje sudaro 40 ppm.

Kiekvienoje dviskaidulinėje sekcijoje šerdis 12 ir šerdis 13 turi spindulį $a=3,1$ m, skaitinė apertūra $\text{NA}=0,105$ lūžimo koeficientas $n_1=1,462$; dviejų šerdžių 12 ir 13, pavaizduotų 5 pav., atskyrimas $d=3,5$ m; šerdis 12 įdėta koaksialiai skaidulų išorinio skersmens atžvilgiu. Kiekvienas sekcijos 11 ilgis $L_a=100$ mm ir derinasi su stiprinančių skaidulų ilgiu $F=5$ m.

Kiekvienos dviskaidulinės sekcijos 11 šerdis 12 neturi erbio, o šerdis 13 turi 2500 ppm Er_2O_3 .

Aktyviojo šviesolaidžio bendras ilgis 30 m.

Kaip kaupimo lazeris 5 panaudotas argono lazeris, veikiantis 528 nm bangos ilgiu, 150 mW galingumu, o kaip lazerinis signalo šaltinis 2 pritaikytas pramoninis puslaidininkio lazeris (In, Ga, As), turintis 1 mW galingumą ir 1550 nm.

Aukščiau aprašyto tipo stiprintuvo išėjime buvo gautas įėjimo signalo, nusilpninto iki 0,5 W dydžio, stiprinimo koeficiento 20 dB.

Stiprintuvo įėjimo signalo nusilpimas, atitinkantis realias stiprintuvo veikimo sąlygas linijoje, buvo gautas kintamuoju atenuatoriumi.

Nesant signalo, savaiminis spinduliavimo lygis buvo išmatuotas stiprintuvo išėjime ir pasirodė esąs lygus 10 W.

Toks spinduliavimas, kuris sudaro triukšmo foną, generuojamą stiprintuvo, nėra reikšmingas triukšmas signalui, kuris sustiprinamas iki aukštesnio lygio (maždaug 250 W).

Palyginimui - toks pat perduodantis lazerinis, aukščiau aprašyto tipo šaltinis buvo panaudotas derinyje su stiprintuvu, turinčiu identišką, ankstesniame pavyzdyje aprašytą struktūrą, bet naudojant Si/Al tipo vienšerdes aktyviasias skaidulas 6, legiruotas Er^{+3} ir turinčias šerdyje pagal svorį 40 ppm Er^{+3} ; aktyvūs šviesolaidis turi 30 m ilgį.

Toks 1560 nm bangos ilgio perdavimo signalo stiprintuvas duodavo stiprinimo koeficientą mažesnę nei 15 dB su savaiminiu spinduliavimu lygyje, palyginama-me su išėjimu signalo lygiu.

Kaip matyti iš pateiktų pavyzdžių viensėrdis skaidulinis stiprintuvas davė nusilpnintą stiprinimo koeficientą esant 1560 nm bangos ilgio signalui, tuo pat metu prisidėjo triukšmas, kuris komplikuoja paties signalo gavimą ir daro jį netinkamu praktiškam pritaikymui; o atitinkantis išradimą stiprintuvas, kuriame panaudotas aktyvusis šviesolaidis su dvišėrdėmis skaidulinėmis sekcijomis, su dviem šerdimis, surištomis bangos ilgiu, atitinkančiu triukšmo fono spinduliavimo maksimumą, pasirodė galintis užtikrinti to paties 1560 nm bangos ilgio signalo didelį stiprinimo koeficientą nepriklausomai nuo prisidedančio triukšmo.

Išradimą atitinkančių stiprintuvų panaudojimas elektrinio ryšio linijose leidžia perduoti tokiomis linijomis perdavimo signalus, generuojamus pramoninio tipo lazeriniais šaltiniais su plačia tolerancija ir kartu užtikrinti stabilų stiprinimą, nepriklausomą nuo panaudojamų signalo šaltinių realaus spinduliavimo dydžio.

Svarbu parengti daug variantų šio išradimo rėmuose pagal jo pagrindines charakteristikas.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Plačiajuostis optinis stiprintuvas elektrinio ryšio signalams stiprinti, veikiantis perdavimo signalais apibrėžtame bangos ilgio diapazone, turintis dichroinį ryšių įtaisą (3) perdavimo signalui ir kaupimo šviesos energijai stiprinti vienalyčiame išėjimo šviesolaidyje ir aktyvųjį šviesolaidį (6), turintį fluorescencinės legiravimo medžiagos ir prijungtą prie dichroinio ryšio įtaiso (3) išėjimo šviesolaidžio ir prie elektrinio ryšio linijos (7) skaidulų, skirtų priimti ir perduoti sustiprintą signalą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad aktyvusis šviesolaidis (6) padalytas į sekcijas, iš kurių kiekviena pati yra šviesolaidis, turintis dvi šerdis, iš kurių pirmoji optiškai surišta su likusiųjų aktyviojo šviesolaidžio (6) dalių šerdimi, o kita šerdis užsibaigia galuose, kartu abi šerdys optiškai surištos viena su kita bangų ilgio diapazone, įeinančių į pirmosios šerdies lazerinio spinduliavimo diapazoną ir skirtingų nuo perdavimo signalo diapazono.
2. Stiprintuvas pagal 1 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad aktyvioji šviesolaidžio skaidulų dvišerdžių sekcijų antroji šerdis (3) turi legiruojančios medžiagos, turinčios didelį šviesos sugėrimą aktyviojo šviesolaidžio legiruojančios medžiagos lazerinio spinduliavimo diapazone.
3. Stiprintuvas pagal 2 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad antrosios šerdies legiruojančioji medžiaga, turinti didelį šviesos sugėrimą, esanti antrojoje šerdyje (13) yra sudaryta iš tos pačios fluorescencinės medžiagos, kurios turi aktyvusis šviesolaidis (6).
4. Stiprintuvas pagal 1 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad pirmoji šerdis iš kiekvienos dvišerdės skaidulų sekcijos turi fluorescencinės legiruojančios medžiagos.

4. Stiprintuvas pagal 1 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad pirmoji šerdis iš kiekvienos dvišerdės skaidulų sekcijos turi fluorescencinės legiruojančios medžiagos.
5. Stiprintuvas pagal 1 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad pirmoji šerdis (12) iš kiekvienos dvišerdės skaidulų sekcijos (11) neturi fluorescencinio priedo.
6. Stiprintuvas pagal 1 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad fluorescencinė legiruojančioji medžiaga, esanti aktyviajame šviesolaidyje, bent viduje tų sekcijų, kurios turi pavienę šerdį, yra, pavyzdžiui, erbis.
7. Stiprintuvas pagal 2 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad legiruojančioji medžiaga, esanti antroje šerdyje (13) yra medžiaga, turinti didelį šviesos sugėrimą visame spektre, pasirinktame iš titano, vanadžio, chromo arba geležies, bent mažiausio jų valentingumo būsenoje.
8. Stiprintuvas pagal 1 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad kiekvienas dvišerdės skaidulų sekcijos (11) ilgis (L_A) lygus ilgiui (L_B) mūsų tarp šerdžių, surištų apibrėžtame ryšių tarp šių šerdžių diapazone, arba viršija tą ilgį.
9. Stiprintuvas pagal 1 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad legiruojančiosios medžiagos su dideliu šviesos sugėrimu kiekis antrojoje šerdyje (13) ir šerdžių ryšių charakteristikos sukoreliuotos taip, kad nustatyti slopinimo ilgį antrojoje šerdyje mažesnę nei mūsų tarp surištų šerdžių ilgio 1/10 dalis.
10. Stiprintuvas pagal 8 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad antroji šerdis (13) neturi jokių šviesą sugeriančių priedų ir kiekviena iš dvišerdžių sekcijų (11) turi ilgį (L_A), kartotinį vienam mūsų ilgiui (L_B) su 10% tolerancija nuo paties mūsų ilgio.
11. Stiprintuvas pagal 6 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad dvi šerdys optiškai surištos viena su kita tarp 1530 ir 1540 nm.

12. Stiprintuvas pagal 1 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad pirmoji kiekvienos iš dvišerdžių skaidulinių sekcijų (11) šerdis (12) koaksialiai surišta su skaidulų išoriniu paviršiumi, sutapdama su likusiųjų aktyviųjų skaidulų dalių (6) šerdimis ir su šerdimis skaidulų (7), prie kurių prijungiamas stiprintuvas, tuo metu kai antroji šerdis (13) savo galuose remiasi į pačių skaidulų dangą (15).
13. Stiprintuvas pagal 1 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad bent pirmoji iš dviejų skaidulinės sekcijos (11) šerdžių skirta vienkart moduliui šviesai praleisti perdavimo ir kaupimo bangų ilgio diapazone.
14. Stiprintuvas pagal 1 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad aktyvusis šviesolaidis turi skaidulų su fluorescenciniais priedais sekcijas, įjungtas tarp dviejų nuoseklių dvišerdžių sekcijų (11), turinčių ilgį (F), ne didesnę už ilgį, atitinkantį maksimaliai galimą sustiprinimą, siekiantį 15 dB, esant ryšio tarp dvišerdžių skaidulinių sekcijų (11) šerdžių bangos ilgiui.
15. Stiprintuvas pagal 14 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad skaidulinės sekcijos, turinčios fluorescencinių legiruojančių priedų, įjungtos tarp dviejų nuoseklių dvišerdžių sekcijų (11), turi ilgį (F), ne didesnę už ilgį, atitinkantį maksimaliai galimą sustiprinimą, siekiantį 15 dB, esant ryšio tarp dvišerdžių skaidulinių sekcijų (11) šerdžių bangos ilgiui.
16. Stiprintuvas pagal 1 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad bent vienas aktyviojo šviesolaidžio (6) galas yra dvišerdės skaidulinės sekcijos (11) dalis.
17. Stiprintuvas pagal 1 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad dvišerdės skaidulinės sekcijos (11) mechanškai išlenkiamos lanku, siekiant tiksliai suderinti tarp šerdžių bangų ilgių diapazoną.
18. Stiprintuvas pagal 1 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad kiekviena dvišerdė skaidulinė sekcija kietai įtvirtinta į atitinkamą palaikomąją plokštelę (17), kuri nesideformuoja darbo metu.

19. Stirpintuvas pagal 17 ir 18 p., b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad kiekviena dvišerdė skaidulinė sekcija (11) kietai įtvirtinta į atitinkamą palaikomąją plokštelę (17) esant išlenkimui, atitinkančiam pakeidautiną ryšio tarp šerdžių bangos ilgio diapazoną.



