

(11) Patent numeris: **3583**

(51) Int. Cl.⁵: **H04B 10/12**
H01S 3/09

(21) Paraiškos numeris: **IP1609**

(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 4831601, 1990 10 23**

(31, 32, 33) Prioritetas: **22120/89, 1989 10 24, IT**

(72) Išradėjas:

Giorgio Grasso, IT
Aldo Righetti, IT
Flavio Fontana, IT

(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:

Stiprintuvas optinių skaidulų ryšio linijoms ir optinių skaidulų ryšio linija

(57) Referatas:

Atitinkantis išradimą optinis stiprintuvas (3), sudarytas iš optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpos (8), vienmodės kaupimo ir signalo optiniams spinduliavimams, ir dichroininio ryšių įtaiso (6), kurį sudaro dvi optinių skaidulų atkarpos (9 ir 10), vienmodės kaupimo ir signalo optiniams spinduliavimams ir sujungtos viena su kita vienoje atkarpoje (11), išlydant atitinkamas dangas ir įstatant minėtoje atkarpoje (11) atitinkamas, iš esmės bendras, šerdis.

Šis išradimas priklauso stiprintuvams su vadinamąja aktyviaja šerdimi, skirtiems optinių skaidulų ryšio linijoms, ir pačioms optinių skaidulų ryšio linijoms, turinčioms nurodytus stiprintuvus.

Stiprintuvai su vadinamąja aktyviaja šerdimi sudaryti iš optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpos, kuri bus aprašyta žemiau, ir optinio spinduliavimo kaupimo šaltinio, kuris taip pat bus aprašytas žemiau.

Optinė skaidula su aktyviaja šerdimi - tai skaidula, kurios šerdis padaryta iš kvarcinio stiklo, turi aktyviųjų priedų, kurie žemiau aprašyti, papildomai prie tų priedų, kurie reikalingi tam, kad nurodyta šerdis turėtų šviesos lūžimo indeksą, didesnį negu apvalkalo, t.y. radialiai pats išorinis sluoksnis padarytas taip pat iš kvarcinio stiklo.

Aukščiau paminėti aktyvieji priedai susidaro iš tokių retųjų žemės elementų kaip, pavyzdžiui, erbis ir jam panašūs, kurie sužadinus juos optiniu spinduliavimu, vadinamu optiniu kaupimo spinduliavimu, kurio bangos ilgis priklauso nuo atitinkamai parinktų priedų, turi optinio spinduliavimo emisijos savybę, vadinamo emisiniu spinduliavimu, kuris turi kitokį bangos ilgį, bet priklausančią nuo atitinkamai parinkto priedo.

Kitas aktyviųjų priedų požymis, į kurį duodamos nuorodos, yra tas, kad sužadinus juos optiniu kaupimo spinduliavimu jie gali masiniu būdu skleisti nurodytą optinį emisinį spinduliavimą, kai ant jų krinta optinis spinduliavimas to paties bangos ilgio, kaip ir pastarojo.

Kaupimo optinio spinduliavimo šaltinis dažniausiai yra lazeris, pavyzdžiui, lazerinis diodas, galintis skleisti optinį spinduliavimą tokio bangos ilgio, kuris reikalingas sužadinti aktyviesiems priedams, esantiems aktyvaus tipo optinės skaidulos šerdyje, kaip buvo minėta aukščiau.

Stiprintuvai su aktyviaja šerdimi, skirti optinių skaidulų ryšio linijoms, yra žinomi šioje technikos srityje.

Optinių skaidulų stiprintuvas su aktyviaja šerdimi, skirtas optinių skaidulų ryšio linijoms, turi kaupimo optinio spinduliavimo šaltinį, optiškai prijungtą prie di-

chroinio ryšio įtaiso, prie kurio optiškai prijungtas vienas optinių skaidulų perdavimo linijos arba ryšio linijos tarpas.

Dichroinis ryšio įtaisas tiesiogiai prijungtas prie optinių skaidulų atkarpos, turinčios aktyviąją šerdį, o ta pirmoji atkarpa vėl prijungta prie antrojo optinių skaidulų perdavimo linijos arba ryšio linijos tarpo.

Paminėtame žinomajame stiprintuve kaupimo optinio spinduliavimo šaltinis siunčia per dichroinį ryšio įtaisą savo spinduliavimą į optinės skaidulos atkarpą su aktyviąja šerdimi, kur tas spinduliavimas sužadina ten esančius aktyviuosius priedus.

Be to, į optinės skaidulos atkarpą su aktyviąja šerdimi per dichroinį ryšio įtaisą taip pat paduodami signalai, ateinantys iš optinės skaidulos ryšių linijos pirmojo tarpo, kuriuos reikia sustiprinti ir kurių bangos ilgis būtinai turi būti vienodas su spinduliavimo bangos aktyviųjų priedų, esančių optinės skaidulos su aktyviąja šerdimi atkarpoje.

Tuo momentu, kai optinis signalas įeina į optinių skaidulų su aktyviąja šerdimi atkarpą, jis susiduria su priedais, esančiais sužadavimo būklėje, veikiant optinio kaupimo galiai. Dėl aukščiau nustatytos priežasties atsiranda masinė optinio spinduliavimo emisija, turinčio tą patį bangos ilgį, kaip ir signalo bangos ilgis, ir šis spinduliavimas sukelia nurodyto signalo sustiprinimą.

Išnagrinėtuose ir aukščiau aprašytuose stiprintuvuose esama problemų, susijusių su padidiniu jų efektyvumu, išreikšto santykiu tarp pasiekiamo sustiprinimo padidėjimo ir pridedamos kaupimo spinduliavimo galios, ir tuo pačiu metu, atsižvelgiant į stiprintuvų plataus masto gamybą, užtikrinti pakankamą patikimumą, įgalinantį pritaikyti juos įvairiems panaudojimams, pavyzdžiui tokiems, kaip lengvas ir saugus įvedimas į optinių skaidulų ryšio linijas.

1988 m. rugsėjo 11-15 d. publikacijos "Keturioliktoji Europos optinio ryšio konferencija" 25-28 puslapiuose pateikti žinomų stiprintuvų stiprinimo dydžiai, esantys 0.14-0.31 dB/mW diapazone. Toje pačioje publikacijoje pateikiami eksperimentiniai stiprinimo rezultatai, pasiekti su laboratorijoje padarytu optiniu stiprintuvu, kurio optinių skaidulų su aktyviąja šerdimi atkarpa tinkama optiniam spinduliavimui ir signalui, ir kaupimui turi aktyvųjį priedą - erbj, panaudotas kaupimo optinio spinduliavimo šaltinis turi bangos ilgį lygų 980 nm, o taikomas optinio spinduliavimo signalas - 1536 nm bangos ilgis.

Nors tai nurodytoje publikacijoje nebuvo aprašyta, dichroinis ryšio įtaisas, panaudotas aprašytame aukščiau optiniame stiprintuve, būtinai yra dichroinis ryšio įtaisas vadinamojo mikrooptinio tipo, t.y. tokio tipo, kuriame, norint turėti galimybę įvesti optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpą optinį kaupimo spinduliavimą ir signalą, panaudojami lęšiai, nes kitų esamų tipų dichroiniai ryšio įtaisai negali patenkinamai dirbti su tam tikra nagrinėjamos optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpa.

Panaudojant šį žinomą sprendimą, galima pasiekti 2.2 dB/mW efektyvumą, išreikšiantį santykį tarp stiprinimo ir išnaudojamos kaupimo galios. Tai įdomus reiškinys, bet šis stiprintuvas turi tą trūkumą, kad jis nepatikimas taikyti plačiu mastu dėl konkretaus panaudojimo jame dichroinio ryšio įtaiso.

Faktiškai, mikrooptinio tipo dichroinis ryšio įtaisas yra labai delikatus ir kažin ar gali būti įstatytas į optinių skaidulų ryšio liniją, nes linija, turinti tokius stiprintuvus, prarastų savo patikimumą.

Šiuo išradimu siekiama sukurti optinius stiprintuvus, turinčius aukščiau minėtą efektyvumą, daug didesnę už žinomų stiprintuvų efektyvumą, pavyzdžiui, su efektyvumu, siekiančiu iki 4.5 dB/mW, be to, tokie stiprintuvai ne tik patikimi naudojant plačiu mastu pramonėje, bet taip pat leidžia maksimaliai supaprastinti operacijas, reikalingas jiems įvesti į optinių skaidulų ryšių linijas, didinant pastarųjų patikimumą.

Todėl šio išradimo tikslas yra stiprintuvas optinių skaidulų ryšio linijoms, kuris gali būti įstatytas tarp vieno optinių skaidulų linijos tarpo ir antro optinių skaidulų linijos tarpo, turinčio kaupimo optinio spinduliavimo šaltinį, dichroinį ryšio įtaisą, pritaikytą prisijungimui prie pirmojo linijos tarpo ir prie kaupimo optinio spinduliavimo šaltinio ir optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpos vienmodės ir signalo, ir kaupimo optiniams spinduliavimams, turinčios vieną galą, prijungiamą prie dichroinio ryšio įtaiso ir kitą galą, prijungiamą prie nurodyto antrojo optinių skaidulų linijos tarpo. Stiprintuvas pasižymi tuo, kad dichroinis ryšio įtaisas yra tokio tipo, kuris turi dvi optinių skaidulų su neaktyviaja šerdimi atkarpas, sudėtas šalia viena kitos visu savo ilgiu ir optiškai surištas viena su kita išlydant atitinkamas dangas ir įstatant atitinkamas, iš esmės bendras, šerdis jų ištempimo būdu, be to, abi nurodytos optinių skaidulų atkarpos sudaro dichroinį ryšio įtaisą, vienmodį ir optiniam signalo spinduliavimui, ir kaupimo optiniam spinduliavimui.

Kitas šio išradimo tikslas yra optinių skaidulų ryšio linija, turinti mažiausiai bent vieną signalo perdavimo optinių skaidulų atkarpą ir, mažiausiai bent antrą signalo

perdavimo optinių skaidulų atkarpą, optiškai surištas viena su kita tarp jų patalpintu optiniu stiprintuvu, be to, nurodytas optinis stiprintuvas turi kaupimo optinio spinduliavimo šaltinį, dichroinį ryšio įtaisą, optiškai surištą su kaupimo optinio spinduliavimo šaltiniu ir su pirmąja optinių skaidulų signalo perdavimo linijos atkarpa, optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpą po dichroinio ryšio įtaiso, optiškai su juo surištą ir vienmodę signalo ir kaupimo optiniams spinduliavimams; be to, nurodyta optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpa taip pat optiškai surišta su antrąja optinių skaidulų signalų perdavimo linijos atkarpa. Šita ryšio linija pasižymi tuo, kad dichroinės ryšio įtaisas yra tokio tipo, kuris turi du optinių skaidulų su neaktyvia šerdimi atkarpos, esančias visu savo ilgiu viena šalia kitos, kur jos optiškai surištos viena su kita atitinkamų dangų išlydymo būdu ir atitinkamų, iš esmės bendrų šerdžių, įstatymu jas ištempiant, be to, abi dichroinio ryšių įtaiso optinių skaidulų atkarpos yra vienmodės ir signalo, ir kaupimo optiniams spinduliavimams.

Šį išradimą geriau galima suprasti iš žemiau pateikiamo neapribojančio pavyzdžio smulkaus aprašymo ir pridedamų piešinių.

1 pieš. schematiškai vaizduoja liniją pagal šį išradimą.

2 pieš. schematiškai vaizduoja stiprintuvą pagal šį išradimą.

3 pieš. schematiškai vaizduoja stiprintuvo komponentą pagal išradimą.

1 pieš. pavaizduota optinių skaidulų ryšio linija, turinti optinį stiprintuvą pagal išradimą, t.y. optinių skaidulų ryšio linija pagal išradimą.

Kaip matyti 1 piešinyje, nurodyta linija turi bet kokio žinomo tipo siūstuvą, galintį pasiųsti į optinių skaidulų liniją optinius signalus, todėl tas siūstuvas smulkiai neaprašomas.

Siūstuvą turi tą konkretų požymį, kad jo sudėtyje yra signalo optinio spinduliavimo šaltinis, kurio bangos ilgis pritaikytas optinio stiprintuvo darbui; tokiu siūstuvu, pavyzdžiui, gali būti lazerinis diodas DBF, galintis spinduliuoti 1536 nm bangos ilgio optinį signalą.

Bet paminėtas optinio signalo spinduliavimo šaltinio pavyzdys, kuris yra dažniausiai naudojamas optinių skaidulų ryšių srityje šaltinis, neapriboja šio išradimo esmės.

Po siųstuvo 1 linija turi vieną signalo perdavimo optinių skaidulų atkarpą 2, kuri vienu savo galu optiškai surišta su nurodytu siųstuvu.

Kitas optinių skaidulų pirmosios atkarpos 2 galas optiškai surištas su atitinkančiu išradimą stiprintuvu 3, kurio charakteristikos bus pateiktos toliau.

Po stiprintuvo 3 prie jo optiškai prijungta antroji optinių skaidulų atkarpa, kurios charakteristikos tokios pat, kaip ir pirmosios optinių skaidulų atkarpos 2 charakteristikos.

Optinių skaidulų atkarpa 4, kurios vienas galas optiškai surištas su optiniu stiprintuvu 3, turi kitą galą, optiškai surištą su bet kokio žinomo tipo optiniu stiprintuvu 5, kuris dėl to smulkiai neaprašinėjamas.

Optinis stiprintuvas 3, atitinkantis išradimą, yra aukščiau aprašytoje optinių skaidulų ryšio linijoje pagal išradimą, schematiškai pavaizduotas 2 piešinyje.

Kaip matoma 2 piešinyje, optinis stiprintuvas turi tam tikrą dichroinį ryšio įtaisą 6, kuris smulkiai bus aprašytas žemiau, su kuriuo optiškai surištas kaupimo optinio spinduliavimo šaltinis 7, o taip pat optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpa, esanti po dichroinio ryšio įtaiso 6.

Atitinkančiame išradimą optiniame stiprintuve optinių skaidulų atkarpa su aktyviaja šerdimi yra vienmodė ir signalo optiniam spinduliavimui, ir kaupimo optiniam spinduliavimui.

Pavyzdžiui, atitinkančiame išradimą optiniame stiprintuve optinių skaidulų atkarpa su aktyviaja šerdimi, turi trivalenčio erbio, vienalytiškai paskirstyto nurodytoje šerdyje.

Erbis yra šerdies aktyvusis priedas. Šerdies skersmuo turi $5\ \mu\text{m}$. Bendrai paėmus aktyviosios šerdies skersmuo būna $5.2\text{-}5.6\ \mu\text{m}$ diapazone.

Optinių skaidulų atkarpos su aktyviaja šerdimi dangos išorinis skersmuo sudaro, pavyzdžiui, $125\ \mu\text{m}$. Tai įprastinis dydis optinėms skaiduloms.

Optinėse skaidulose su aktyviaja šerdimi šviesos lūžimo šerdyje ir dangoje indeksų skirtumo santykis su šviesos lūžimo dangoje indeksu, sudaro, pavyzdžiui, 0.0056, o įprastai jis būna tarp 0.0051 ir 0.0058.

Imant pavyzdį, kai optinių skaidulų atkarpa su aktyviaja šerdimi turi dangą, padarytą iš kvarcinio stiklo be kokių nors priedų, ir lūžimo indeksą 1.450, nurodytų optinių skaidulų aktyvioji šerdis turi lūžimo indeksą 1.458.

Atitinkančio išradimą stiprintuvo dichroinis ryšio įtaisas 6, kaip parodyta 3 piešinyje padidintu masteliu, sudarytas iš dviejų optinių skaidulų atkarpų 9 ir 10, kurios abi padarytos iš kvarcinio stiklo ir neturi aktyviųjų priedų. Atkarpos lygiagrečios viena kitai ir sujungtos atitinkamų dangų išlydymu ir ištempimu iškart po to, todėl po nurodytos operacijos šerdys atkarpoje 11 iš esmės sutampa, praktiškai sudarydamos vieningą šerdį (3 pieš.).

Viena iš stiprintuvo pagal išradimą dichroinio ryšio įtaiso charakteristikų yra ta, kad dviejų optinių skaidulų atkarpų, sudarančių įtaisą, sujungimo vietoje, kur atitinkamos šerdys padarytos bendromis, sudarydamos vieningą šerdį.

Vieningos šerdies skersmuo mažesnis už kiekvienos optinių skaidulų atkarpos skersmenį jų galuose, ir tarp kitko, tai, kad santykis tarp, iš esmės bendros, dviejų optinių skaidulų atkarpų šerdies skersmens ir tų atkarpų skersmens jų galuose yra tarp 0.3 ir 0.5.

Iš esmės bendros dviejų optinių skaidulų atkarpų, sudarančių dichroinį ryšio įtaisą, šerdies skersmuo parenkamas tokio dydžio, kad optinės galios nuostoliai jame sudarytų ne daugiau 1 dB.

Apie diapazoną reiškinių, paprastai galiojančių kokiam nors optinio stiprintuvo dichroinio ryšio įtaisui pagal šį išradimą, pasakyti negalima, nes į nustatymą skersmens reikšmių, bendros iš esmės šerdies, pritaikytos šio išradimo tikslams, turi įtakos pasirinkti signalo ir kaupimo optinio spinduliavimo bangų ilgiai, kurie gali labai skirtis vienas nuo kito, bet šios srities techniniai specialistai, atsižvelgdami į aukščiau nurodytas sąlygas (galios nuostoliai neturi viršyti 1 dB), gali, bent jau bandymų keliu, nustatyti nurodytą, iš esmės bendros, optinių skaidulų dviejų atkarpų šerdies dichroiniame ryšiu įtaise skersmens reikšmę.

Pavyzdžiui, esant kaupimo optinio spinduliavimo bangos ilgiui 980 nm ir signalo optinio spinduliavimo - 1536 nm, iš esmės bendros, optinių skaidulų dviejų atkarpų šerdies skersmuo yra 1.56 - 2.8 μm diapazone.

Be to, dichroiniame ryšio įtaise, kuris gali būti panaudotas sudarant atitinkantį išradimą stiprintuvą, ilgis atkarpos, kurioje optinių skaidulų dviejų atkarpų šerdys iš esmės yra bendros, priklauso nuo pasirinktų kaupimio ir signalo spinduliavimo bangų ilgio.

Pavyzdžiui, jeigu nurodytos kaupimio ir signalo bangų ilgiai sudaro 980 ir 1536 nm, atitinkamai nurodytos atkarpos ilgis bus tarp 0.9 ir 1.2 cm. Aukščiau nurodytos atkarpos ilgio nustatymo bendra taisyklė yra ta, kad nurodyta atkarpa turi priversti kaupimo ir signalo spinduliavimą visiškai pasiduoti kryptimi tiktai į vieną iš dviejų dichroinio ryšio įtaiso galūnių, nukreiptą į optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpą. Šios technikos srities specialistai, konstruodami patį dichroinį ryšio įtaisą, gali pagal šį vienintelį nurodymą padaryti dichroinį ryšių įtaisą, turintį tokią charakteristiką.

Faktiškai, vienos iš dviejų optinių skaidulų atkarpų galų prijungimu prie kaupimo optinio spinduliavimo ir signalo optinio spinduliavimo šaltinių, atitinkamai, prieš dangų išlydymą tarpe, kur atkarpos yra viena šalia kitos, galima tuo momentu, kai viename iš dviejų galų nėra optinio spinduliavimo, o kitame gale yra optinis signalo ir kaupimo spinduliavimas.

Kita dichroinio ryšių įtaiso 6, skirta išradimą atitinkančiam stiprintuvui, charakteristika yra ta, kad dvi optinių skaidulų atkarpos 9 ir 10, sudarančios minėtą įtaisą, turi būti vienmodės ir optiniam signalo spinduliavimui, ir optiniam kaupimo spinduliavimui, naudojamiems linijoje.

Dar viena dichroinio ryšio įtaiso, skirta išradimą atitinkančiam stiprintuvui, charakteristika yra ta, kad neaktyviųjų priedų pasiskirstymas šerdyje ir optinių skaidulų komponentų dalių dangoje turi būti iš esmės identiškas neaktyviųjų priedų, esančių optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpoje, pasiskirstymui.

Kaip anksčiau buvo pasakyta, optinis stiprintuvas pagal išradimą sudarytas iš vienos optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpos, turinčios aukščiau minėtas charakteristikas, ir nuosekliai su ja susungto dichroinio ryšių įtaiso, kurio charakteristikos atskleistos anksčiau.

Siekiant užtikrinti ryšio su optinių skaidulų perdavimo linijos atkarpomis ir ryšio tarp dviejų stiprintuvo komponentų paprastumą ir saugumą, išradimą atitinkantis optinis stiprintuvas taip pat dar turi tinkamiausias, žemiau pateikiamas, charakteristikas.

Perduodamų signalų bangos ilgio modos skersmuo, atskleidžiamas ir detektuojamas remiantis Tarptautinio telefonijos konsultacinio komiteto 1976 m. taisykle G652, taikoma optinių skaidulų atkarpoms, sudarančioms stiprintuvą, ir optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpoms, ir dviems optinių skaidulų atkarpoms, sudarančioms dichroinį ryšių įtaisą, iš esmės identiškas nurodyto optinių skaidulų perdavimo linijos atkarpų signalo bangos ilgio modos skersmeniui, tos linijos, prie kurios numatoma prijungti stiprintuvą.

Esant aukščiau nustatytiems išradimą atitinkančio stiprintuvo komponentų požymiams, minėtų komponentų sujungimas vieno su kitu ir visų jų kartu su optinių skaidulų linijos atkarpomis atliekamas paprastu sulydymu sudurtinai, t.y. įvairaus tipo naudojamų optinių skaidulų galai sujungiami praktiškai be nuostolių sujungimo metu.

Pavyzdžiui, kaip parodyta 2 piešinyje, optinių skaidulų signalo perdavimo linijos atkarpos 2 galo sujungimas su vienu dichroinio ryšių įtaiso optinių skaidulų atkarpos 9 galu atliekamas sudurtiniu suvirinimu.

Kitas dichroinio ryšių įtaiso 3 optinių skaidulų atkarpos 9 galas sujungiamas sudurtiniu suvirinimu su vienu optinių skaidulų atkarpos su aktyviaja šerdimi 8 galu, o kitas atkarpos galas sujungiamas su durtiniu suvirinimu su optiniu skaidulų ryšio perdavimo linijos atkarpa 4.

Kaupimo optinio spinduliavimo šaltinis 7 optiškai prijungiamas prie dichroinio ryšio įtaiso optinių skaidulų atkarpos 10 vieno galo. Kaupimo optinio spinduliavimo šaltinis 7 sudarytas, pavyzdžiui, iš indžio-galio-arsenido lazerinio diodo, galinčio skleisti 980 nm bangos ilgio optinį spinduliavimą. Diodas naudojamas tuo atveju, kai optinės skaidulos su aktyviaja šerdimi legiruojamos trivalenčiu erbiu, o signalas yra 1536 nm bangos ilgio optinis spinduliavimas.

Žemiau, su nuorodomis į pridedamus piešinius, priklausančius atitinkamiems išradimo realizavimo pavyzdžiams, aprašomas atitinkančio išradimą stiprintuvo veikimas.

Žinomo tipo, dažniausiai naudojamo skaidulinės optikos ryšio linijose, siųstuvas 1 skleidžia optinio spinduliavimo signalus, kurių bangos ilgis, iš esmės yra 1536 nm, kuris, kaip žinoma, yra perdavimo signalų bangos ilgis, užtikrinantis skaidulinės optikos perdavimo linijoje, 1 piešinyje pažymėtoje 2 ir 4 pozicijomis, mažiausią silpimą.

Signalai, siųstuvo 1 siunčiami į optinių skaidulų atkarpą 2, visais atvejais silpsta ir į stiprintuvo 3 dichroinio ryšių įtaiso 6 optinių skaidulų atkarpą 9 patenka nusilpę.

Be to, dichroiniame ryšių įtaise 6, tiksliau, jo optinių skaidulų atkarpoje 10, nepertraukiamai vyksta optinio spinduliavimo, išeinančio iš lazerinio diodo 7, kaupimas.

Nurodytas kaupimo optinis spinduliavimas, kuris kaip anksčiau buvo pasakyta: parenkamas, pavyzdžiui, atitinkančiam išradimą stiprintuvui ir atitinkančiai išradimą linijai, 980 nm bangos ilgio, persidengia dichroiniame ryšių įtaise su nusilpusiu 1536 nm bangos ilgio optinio spinduliavimo signalu, ateinančiu iš skaidulinės optikos perdavimo linijos atkarpos 2.

Tarp kitko, dviejų (signalų ir kaupimo) optinių spinduliavimų sanklota dichroinio ryšių įtaiso viduje vyksta zonoje 11, kur dvi optinių skaidulų komponentų atkarpos šerdys iš esmės sutampa, kaip aiškiai parodyta 3 piešinyje.

Dėl to, kad dvi optinių skaidulų atkarpos 9 ir 10, sudarančios dichroinį ryšių įtaisą 3, abi yra vienmodės ir signalų, ir kaupimo optiniams spinduliavimams, abu optiniai spinduliavimai, išeinantys iš dichroinio ryšių įtaiso, yra sanklotiniai ir vienmodžiai.

Be to, naudojant dichroinį ryšių įtaisą, kuriame neaktyvių priedų pasiskirstymas identiškas neaktyvių priedų pasiskirstymui optinių skaidulų su aktyviąja šerdimi atkarpoje, optinės energijos nuostolių optiniuose, vienas su kitu sumuotuose spinduliavimuose, neatsiranda.

Tarp kitko, signalų ir kaupimo spinduliavimai, paduodami į dichroinio ryšio įtaisą įėjimą, išeina (dėl aukščiau minėtų jo charakteristikų) iš vienos ir tos pačios vietos tiksliai per optinių skaidulų atkarpą 9, apgręžta į aktyviąją optinių skaidulų atkarpą 8, ir todėl, kad aktyviųjų priedų pasiskirstymas dichroinio ryšio įtaiso komponentų

tuose ir optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpoje yra vienodas, tai kada nurodyti komponentai sujungiami, nuostolių neatsiranda, taip pat kaip ir nurodytų komponentų sujungimo zonoje neįvyksta dviejų optinių spinduliavimų galios vienmodžio pasiskirstymo pakeitimų.

Iš aukščiau pasakyto išeina, kad į optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpos 8 galą, atkreiptą į dichroinį ryšių įtaisą, vienu metu ir be nuostolių įvedamas ir visas kaupimo optinis spinduliavimas su ribine galia ir optinis signalo spinduliavimas, nusilpnintas jo praėjimo optinių skaidulų atkarpa 2 įtakos, bet turintis ribinę galią, išeinant iš nurodytos optinių skaidulų atkarpos 2.

Kaip pasakyta aukščiau, neaktyviųjų priedų pasiskirstymas optinių skaidulų atkarpoje, sudarančiose ryšių įtaisą, ir neaktyviųjų priedų pasiskirstymas optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpoje yra vienodas, tai, praeinant tiems patiems spinduliavimams nuo dichroinio ryšių įtaiso į optinį skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpą, pakitimų taip pat neįvyksta.

O dėl to, kad optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpa ir kaupimo, ir signalo optiniams spinduliavimams yra vienmodė, abiejų spinduliavimų įvedimas ir sklaidimas vyksta taip, kad nurodytųjų spinduliavimų galios pasiskirstymas būna simetriškas optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpos ašies atžvilgiu.

Kaupimo optinis spinduliavimas, praeinantis per aktyviųjų optinių skaidulų šerdį 8, sukelia ten esančių aktyviųjų priedų sužadinimą. Nurodyti aktyvieji priedai, kaupimo optinio spinduliavimo sužadinami tuo momentu, kai ant jų patenka optinis signalo spinduliavimas, sklaidžia spinduliavimą, kuris turi tą patį bangos ilgį, o tai pasireiškia optinio signalo sustiprinimu.

Sustiprintas tokiu būdu signalas siunčiamas į optinių skaidulų perdavimo linijos atkarpą 4 ir pasiekia imtuvą 5.

Stiprintuvas pagal išradimą buvo eksperimentiškai išbandytas; bandymų sąlygos ir rezultatai pateikti žemiau.

Konkretus, išradimą atitinkantis stiprintuvas, kuris buvo eksperimentiškai bandomas, turi tokią konstrukciją.

Pasirinkta optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi ir pakopiniu indeksu atkarpa neturi aktyviųjų priedų dangoje, kuri padaryta iš kvarcinio stiklo ir todėl turi

lūžimo indeksą 1.45, o šerdyje, kaip neaktyvus priedas, įterptas germanis tokiu kiekiu, kad pasiekti šerdyje lūžimo indeksą 1.458. Be to, nurodyta optinių skaidulų su aktyviąja šerdimi atkarpa turi 5.4 nm šerdies skersmenį, o dangos išorinis skersmuo yra 125nm.

Be to, minėta aktyviųjų optinių skaidulų šerdis, turinti aukščiau nurodytus neaktyvius priedus, turi taip pat kaip aktyvų priedą erbio oksidą, trivalenčio erbio jonų, kurie vienalytiškai pasiskirstę minėtoje šerdyje su 0.3 % koncentracija pagal svorį.

Eksperimentuose panaudotos aktyvaus tipo optinių skaidulų ilgis sudarė 8 m.

Naudojamas dichroinis ryšių įtaisas turi dvi vienodo ilgio optinių skaidulų atkarpas su pakopiniu indeksu, padarytas iš kvarcinio stiklo, vienmodės ir signalo, ir kaupimo optiniam spinduliavimui. Minėtose atkarpose ir optinių skaidulų su aktyviąja šerdimi atkarpoje neaktyvių priedų turinys ir pasiskirstymas vienodi.

Tarp kitko, nurodytų optinių skaidulų atkarpų, sudarančių naudojamą dichroinį ryšių įtaisą, šerdies ir dangos skersmenys ir lūžimo indeksai tokie pat, kaip ir aktyvaus tipo optinių skaidulų atkarpų. Be to, optinių skaidulų dviejų atkarpų tarpusavio ryšio zona, kur nurodytos optinės skaidulos turi iš esmės bendrą šerdį, yra 0.9 cm ilgio, o šerdies, ten, kur ji iš esmės yra bendra abiemis optinių skaidulų atkarpoms, skersmuo sudaro 2.1 μm .

Šerdies, iš esmės bendros dviemis optinių skaidulų atkarpoms, sudarančioms dichroinį ryšių įtaisą, skersmens santykis su tų pačių atkarpų galų skersmeniu sudaro 0.4.

Naudojamas kaupimo optinio spinduliavimo šaltinis yra indžio-galio-arsenido lazerinis diodas, skleidžiantis nepertaukiamą 980 nm bangos ilgio 6 mW galios optinį spinduliavimą.

Eksperimentui taip pat buvo parinktos dvi atkarpos tokio optinių skaidulų tipo, kuris dažniausiai naudojamas skaidulinės optikos ryšių linijose, o tų atkarpų signalo spinduliavimo modos skersmuo lygus optiniu skaidulų atkarpų, sudarančių stiprintuvą, modos skersmeniui.

Eksperimentui kaip signalo optinio spinduliavimo šaltinis buvo panaudotas DPB-lazerinis diodas, skleidžiantis 1536 nm bangos ilgio ir 100 mW galio optinį spinduliavimą, kuriam optinių skaidulų signalo perdavimo atkarpos yra viemodės, o kaupimo optiniam spinduliavimui - daugiamodės.

Įvairūs anksčiau paminėti komponentai buvo sujungti tokiu būdu.

Signalas optinio spinduliavimo šaltinis buvo surištas su signalo perdavimo optinių skaidulų atkarpos galu taip, kad praktiškai visas spinduliavimas, sklindantis iš signalo šaltinio įvedamas į nurodytą optinių skaidulų atkarpą.

Kitas aukščiau nurodyto optinių skaidulų atkarpos galas buvo sudurtiniu suvirinimu prijungtas prie vienos iš dichroinio ryšių įtaiso optinių skaidulų atkarpos galo.

Be to, prie dichroinio ryšio įtaiso optinių skaidulų atkarpos, esančios šalia atkarpos, prie kurios buvo prijungtas signalo perdavimo optinių skaidulų atkarpa, galo buvo prijungtas kaupimo optinio spinduliavimo šaltinis taip, kad visa jo spinduliavimo galia, siekianti 6 mW, prasiskverbtų į paminėtą dichroinio ryšio įtaiso optinių skaidulų atkarpą.

Prie dichroinio ryšių įtaiso optinių skaidulų atkarpos galo, iš kurio gali išeiti abu signalai, sudurtiniu suvirinimu prijungtas vienas optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpos galas. Šerdies charakteristikos nustatytos anksčiau.

Prie kito optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpos galo sudurtinai privirintas signalo perdavimo optinių skaidulų kitos atkarpos vienas galas.

Įtaisas eksperimentiniams bandymams atlikti buvo užbaigtas prijungiant signalo perdavimo optinių skaidulų atkarpos galą, priešingą tam galui, kuris betarpiškai sujungtas su optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpa, prie intensyvumo detektoriaus, apskaičiuoto detektuoti spinduliavimo, išeinančio iš nurodytos optinių skaidulų atkarpos į fotodiodą PI, intensyvumą.

Iš atliktų eksperimentų galima buvo pastebėti, kad panaudojant kaupimo šaltinį, duodantį 980 nm bangos ilgio ir 6 mW galios spinduliavimą, pasirinkto optinio spinduliavimo 1536 nm bangos ilgio signalo sustiprinimas sudaro 25 dB.

Taigi, eksperimentai parodė, kad gautas efektyvumas, išreikštas naudojamo kaupimo optinio spinduliavimo šaltinio stiprinimo ir galios santykiu, sudaro 4.1 dB/mW.

Atitinkamoje literatūroje yra aprašyta, jog maksimalus efektyvumas, kurį galima pasiekti žinomais nagrinėjamo tipo stiprintuvais, sudaro 2.2 dB/mW, o gauti eksperimentų rezultatai rodo, kad šis išradimas pasiekia iškeltą tikslą ir padidina nurodytų stiprintuvų efektyvumą 100%.

Be to, iš aukščiau pateiktų išradimo realizavimo konkrečių pavyzdžių akivaizdžiai matosi, kad atitinkančio išradimą stiprintuvo sukūrimas, o taip pat jo įvedimas į skaidulinės optikos ryšių liniją yra paprastas ir patikimas, nes tai galima pasiekti paprastu naudojamų optinių skaidulų sudurtiniu suvirinimu.

Nors buvo atskleisti bei iliustruoti tam tikri atitinkančių išradimą stiprintuvo ir linijos realizavimo pavyzdžiai, manoma, kad visi galimi pakeitimai, prieinami šios technikos srities specialistui, yra išradimo apimtės ribose.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Stiprintuvas (3) optinių skaidulų linijoms, kuris gali būti patalpintas tarp vienos optinių skaidulų linijos atkarpos (2) ir antros optinių skaidulų atkarpos (4), turintis kaupimo optinio spinduliavimo šaltinį (7), dichroinį ryšių įtaisą (6), pritaikytą prijungimui prie pirmosios optinių skaidulų linijos atkarpos (2) bei prie kaupimo optinio spinduliavimo šaltinio (7), ir optinių skaidulų su aktyviąja šerdimi atkarpą (8), vienmodę ir signalo optiniam spinduliavimui, ir kaupimo optiniam spinduliavimui, kurios vienas galas prijungtas prie dichroinio ryšių įtaiso (6), o kitas galas pritaikytas prijungimui prie nurodytosios antrosios optinių skaidulų linijos atkarpos (4), *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad siekiant padidinti efektyvumą ir patikimumą, dichroinis ryšių įtaisas (6) yra tokio tipo, kuris turi dvi optinių skaidulų su neaktyviąja šerdimi atkarpas (9 ir 10), sudėtas jų ilgumo atkarpoje (11) viena šalia kitos, kur jos optiškai surištos viena su kita, išlydant atitinkamas dangas ir įstatant atitinkamas šerdis, iš esmės sudarančias bendrą šerdį, pačių atkarpų ištempimo būdu, be to, abi optinių skaidulų atkarpos (9 ir 10), sudarančios dichroinį ryšių įtaisą (6), vienmodės ir signalo optiniam spinduliavimui, ir kaupimo optiniam spinduliavimui.
2. Stiprintuvas (3) pagal 1 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad optinių skaidulų atkarpos (9 ir 10), sudarančios dichroinį ryšių įtaisą (6) savo dangose ir šerdyse turi neaktyviųjų priedų pasiskirstymą, iš esmės identišką neaktyviųjų priedų pasiskirstymui paties stiprintuvo optinių skaidulų su aktyviąja šerdimi atkarpos (8) dangoje ir šerdyje.
3. Stiprintuvas (3) pagal 1 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad dichroiniame ryšio įtaise (6), iš esmės bendros, dviejų optinių skaidulų atkarpų (9 ir 10) šerdies skersmens santykis su nurodytų atkarpų šerdies skersmeniui jų galuose yra 0.3-0.5 diapazone.

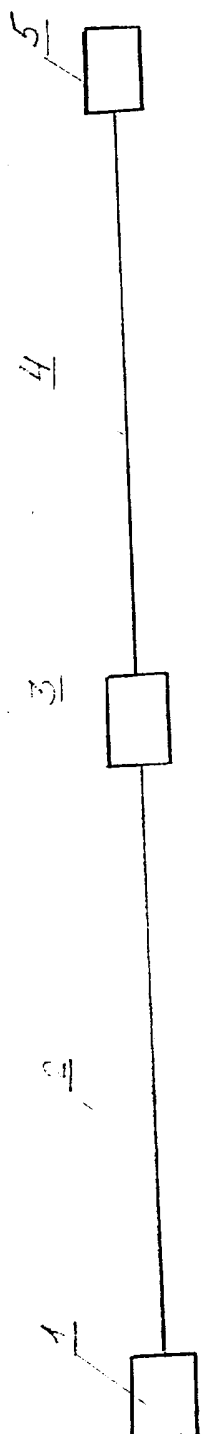
4. Stiprintuvas (3) pagal 1 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad modos skersmuo signalo bangos ilgiui optinių skaidulų atkarpose (9 ir 10), sudarančiose stiprintuvą, iš esmės lygus modos skersmeniui nurodytam signalo bangos ilgiui optinių skaidulų atkarpose (2 ir 4), sudarančiose liniją, kuriai skirtas stiprintuvas (3).

5. Stiprintuvas (3) pagal 1 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad dichroiniame ryšių įtaise (6), iš esmės bendros, optinių skaidulų atkarpų (9 ir 10) šerdies skersmuo signalo ir kaupimo bangų ilgiams, atitinkamai, 1536 nm ir 980 nm, yra diapazone nuo 1.56 iki 2.8.

6. Optinių skaidulų ryšio linija, turinti mažiausiai bent vieną signalo perdavimo optinių skaidulų atkarpą (2) ir mažiausiai bent antrą signalo perdavimo optinių skaidulų atkarpą (4), optiškai surištas viena su kita patalpintu tarp jų optiniu stiprintuvu (3), be to, nurodytas optinis stiprintuvas (3) turi kaupimo optinio spinduliavimo šaltinį (7), dichroinį ryšių įtaisą (6), optiškai surištą su nurodytu kaupimo optinio spinduliavimo šaltiniu ir su pirmąja perdavimo linijos atkarpa (2), vieną optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpą (8), vienmodę ir signalo, ir kaupimo optiniams spinduliavimams po dichroinio ryšių įtaiso (6), ir optiškai surišta su juo, be to, nurodyta optinių skaidulų su aktyviaja šerdimi atkarpa (8) taip pat optiškai surišta su antrąja perdavimo linijos optinių skaidulų atkarpa (4), *b e s i s k i r i a n t i* tuo, kad dichroinis ryšio įtaisas (6) yra tokio tipo, kuris turi dvi optinių skaidulų su neaktyviaja šerdimi atkarpos (9 ir 10), sudėtas jų ilgumo atkarpoje (11) viena šalia kitos, kur jos optiškai surištos viena su kita, išlydant atitinkamas dangas ir įskaitant atitinkamas šerdis, iš esmės sudarančias bendrą šerdį, pačių atkarpų ištempimo būdu, be to abi dichroinio ryšių įtaiso (6) optinių skaidulų atkarpos (9 ir 10) vienmodės ir signalo, ir kaupimo optiniams spinduliavimams.

7. Optinių skaidulų ryšio linija pagal 6 punktą, *b e s i s k i r i a n t i* tuo, kad optinių skaidulų atkarpos (9 ir 10), sudarančios dichroinį ryšio įtaisą (6) savo atitinkamose dangose ir šerdyse turi neaktyviųjų priedų pasiskirstymą, iš esmės tokį patį, kaip ir neaktyviųjų priedų pasiskirstymas paties stiprintuvo optinių skaidulų atkarpos (8) su aktyviaja šerdimi dangoje ir šerdyje.

8. Optinių skaidulų ryšio linija pagal 6 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad dichroiniame ryšių įtaise (6), iš esmės bendros, dviejų optinių skaidulų atkarpų (9 ir 10) šerdies skersmens santykis au nurodytos atkarpų šerdies skersmeniu jų galuose yra 0.3-0.5 diapazone.
9. Optinių skaidulų ryšio linija pagal 6 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad modos skersmuo signalo bangos ilgiui optinių skaidulų atkarpose (9 ir 10), sudarančiose stiprintuvą (3), iš esmės lygus modos skersmeniui minėtam signalo bangos ilgiui optinių skaidulų perdavimo linijos atkarpose (2 ir 4).
10. Optinių skaidulų ryšio linija pagal 6 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad stiprintuvo (3) dichroiniame ryšių įtaise (6), iš esmės bendros, optinių skaidulų atkarpų (9 ir 10) šerdies skersmuo yra 1.56 - 2.8 diapazone, o signalo ir kaupimo optinio spinduliavimo bangų ilgis yra, atitinkamai, 1536 nm ir 980nm.



Pieš. 1

4

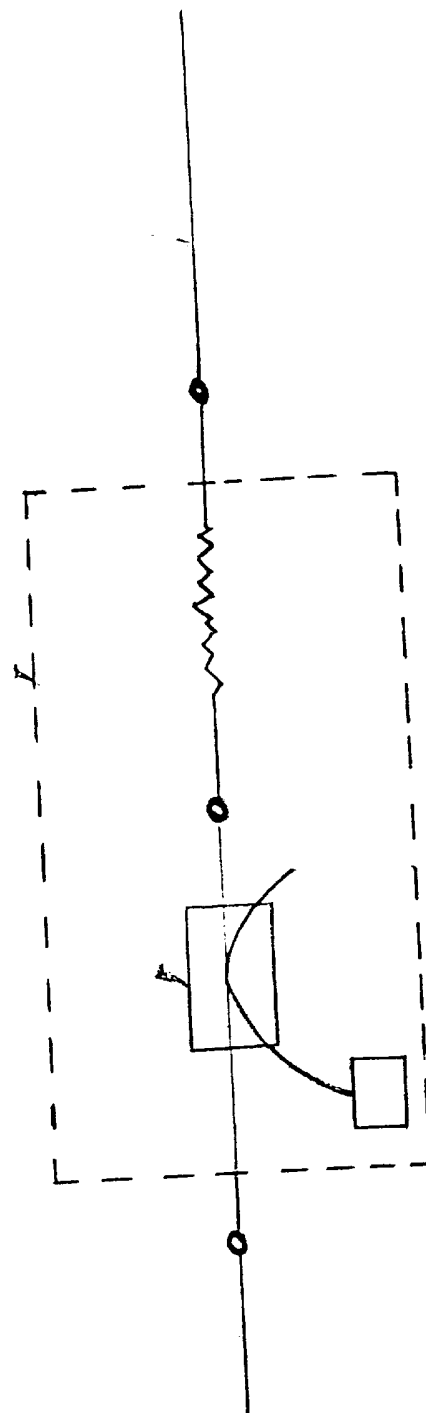
8

3

6

2

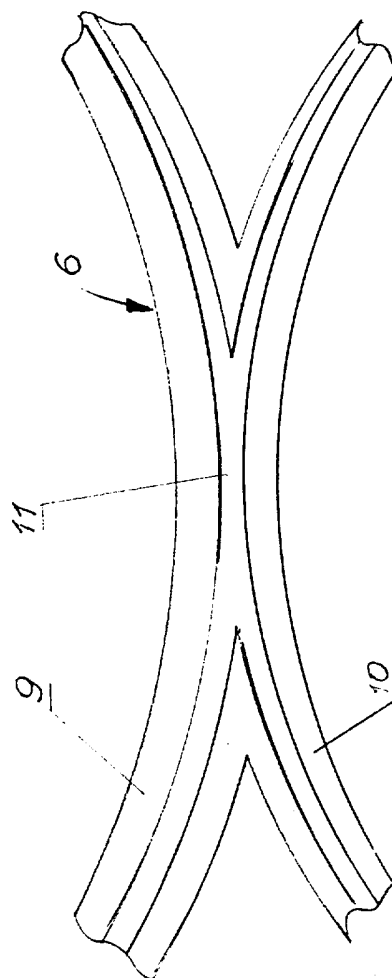
2



10

7

Pieš. 2.



Pies. 3.