

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 912525 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS  
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG  
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE  
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 912525

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -  
International patent classification  
G02B 6/24

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date 24.05.1991

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 24.05.1991

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 26.11.1991

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 13.06.2019

(32) (33) (31) Etuokeus - Prioritet - Priority

25.05.1990 IT 20434/90

(71) Hakija - Sökande - Applicant

**1 •Pirelli Cavi S.p.A.**, Piazzale Cadorna 5, 20123 Milano, ITALIA, (IT)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

**1 •Grasso, Giorgio**, Monza (Milano), ITALIA, (IT)

**2 •Righetti, Aldo**, Milano, ITALIA, (IT)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

**Berggren Oy Ab**, Antinkatu 3 C, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

**Yksikkö valosignaalien vahvistamiseksi valokuitusiirtolinjoissa**

**Enhet för förstärkning av ljussignaler i optiska fibertransmissionslinjer**

Yksikkö valosignaalien vahvistamiseksi valokuitusiirtolinjoissa

5 Esillä oleva keksintö koskee valokuitutietoliikennelinjaa, joka on varustettu optisilla aktiivikuituvahvistimilla, ja jossa vahvistimia kohti suuntautuvat heijastukset pidetään ennakolta määritetyn arvon alapuolella.

10 Yleisesti tiedetään, että valokuiduissa, joissa on seostettu ydin, jossa seostuminen suoritetaan erikoisten aineiden, esim. harvinaisen maametallin jonien avulla, on stimuloidun emission ominaisuuksia ja ne sopivat käytettäväksi valokuituvahvistimina valokuitutietoliikennelinjoissa siviilipuhelintekniikassa.

Tämän tyyppisiin vahvistimiin viitataan saman hakijan eurooppalaisessa patenttihakemuksessa nro. 90112920.5.

20 Valokuituvahvistimilla, joita kutsutaan myös aktiivivalokuituvahvistimiksi, tarkoitetaan vahvistimia, joissa optinen siirtosignaali vahvistetaan sellaisenaan säilyttäen sen optisen muodon, ilman että signaali täytyisi vastaanottaa tai muuntaa toiseen, esim. elektroniseen muotoon, vahvistaa  
25 mainitussa muodossa ja muuttaa uudelleen optiseen muotoon, ja joissa vahvistin käsittää osuuden edellä mainitun tyyppistä valokuitua, jonka osuuden pituus on ennakolta määritetty ja joka on kytketty sarjaan kahden optisen linjakuitukappaleen väliin ja varustettu omalla syöttölaitteella,  
30 joka syöttää optisen pumppaussignaalin.

Tämän tyyppisillä vahvistimilla on erityisiä etuja, kun niitä käytetään tietoliikennejohdoissa, koska ne tarjoavat suuren vahvistuksen käytettäessä linjavahvistimina. Tämä  
35 vahvistus voidaan tuoda haluttuun arvoon valitsemalla aktiivikuidulle sopiva pituus ja/tai seostusainesisältö. Käytettäessä vahvistimia tehovahvistimina ne tarjoavat suuren vahvistustehon.

Vahvistimille ovat erittäin vaarallisia signaalin heijastukset, joita esiintyy itse kuidun päissä.

5 Japanilaisissa patenteissa 52-155901 ja 63-219186 sekä julkaisussa "Electronics Letters", osa 24, nro. 1, 7.1.1988, sivut 36-38, on tuotu esille, että laserissa tai optisessa puolijohdevahvistimessa on vaarana epävakavuus ja värähtelyn esiintyminen, joka johtuu heijastuksista vahvistimen päissä.

10 Edellä mainituissa patenteissa ja artikkelissa neuvotaan näiden heijastusten poistamiseksi yleisesti kytkemään puolijohdelaseriin optinen eristin, joka estää linjakuitujen ja näiden laitteiden välissä olevien liitospintojen heijastamaa valoa tavoittamasta itse lasereita.

15 Aktiivikuituvahvistimessa ei linjakuitujen ja vahvistimen välissä ole rajapintoja, koska linjakuidut hitsataan suoraan vahvistimen aktiivikuituun; sen tähden heijastusilmiöt eivät tavallisesti ole todennäköisiä.

20 On kuitenkin havaittu, että aktiivikuituvahvistimessa, jossa ei ole aktiivikuituun päin suuntautuvaa heijastusta rajoitettavaa laitetta, on mahdotonta saavuttaa suurta vahvistuksen lisäystä interferenssistä johtuvan kohinan takia, joka on tuloksena suoran signaalin ja heijastettujen signaalien välisestä sykinnästä itse linjakuiduissa, ja joka joka tapauksessa suuntautuu aktiivikuitua kohti; interferenssistä johtuvan kohinan esiintymisellä ei ole kovin suurta merkitystä puolijohdevahvistimessa, jossa on alhainen vahvistus ja  
25  
30 pieni rakenneko, mutta siitä tulee erityisen tärkeä aktiivikuituvahvistimessa, joka yltää erittäin suureen vahvistukseen ja jossa on huomattavan pitkä aktiivikuitu, jonka pituus on tavallisesti joitakin kymmeniä metrejä, paljon suurempi, kuin signaalin kehittävän laserin koherenssi  
35 etäisyys.

Aktiiviydinkuitutyypissä vahvistimessa syntyy tämän vuoksi ongelma siitä, kuinka aktiivikuitu suojataan tällaiselta kohinalähteeltä ja pidetään kukin itse aktiivikui-

tua kohti suuntautuva heijastusmuoto kriittisten arvojen alapuolella siten, ettei lähetysten laatua vaaranneta, samalla kun pidetään yllä vahvistuksen korkeat arvot.

5 Edellä mainittu eurooppalainen patenttihakemus nro. 90112920.5 osoittaa optisten eristimien käyttöönoton valokuituvahvistimissa, mainittujen eristimien heijastuvuus on rajoitettu kriittisen arvon alapuolelle.

10 Esillä oleva keksintö pyrkii tuottamaan valokuitutietoliikennelinjan, joka käsittää optiset aktiivikuituvahvistimet, joissa vahvistimet on suojattu kaikilta heijastuksista johtuvilta haitoilta eurooppalaisen patenttihakemuksen nro. 90112920.5 oppien mukaisesti osoittaen muitakin kriittisiä  
15 parametrejä sallien todennäköiselle vahvistukselle sopivimpien optisten eristysominaisuuksien valitsemisen.

Esillä olevan keksinnön kohteena on valokuitutietoliikennelinja, jossa optinen siirtosignaali tuodaan linjan toisesta päästä toiseen päähän ilman takaisinkytkentöjä, ja jonka  
20 linjan varrella on ainakin valokuituvahvistin, joka käsittää aktiivivalokuitukappaleen, jossa on seostettu ydin, jossa seostus suoritetaan fluoresoivilla aineilla; ja joka on tunnettu siitä, että kaikissa vahvistimen aktiivikuituun  
25 kytketyissä kuiduissa tai kuiduissa, jotka kuuluvat kuhunkin vahvistimeen, on heijastusta rajoittava laite, jonka heijastuskyky on aktiivikuidun päällystetystä päästä nähtynä vähintään 10 dB pienempi, kuin heijastuskyky, joka vastaa Rayleighin sirontaa kuidussa siirtoaallonpituudella.

30 Heijastusta rajoittava laite aiheuttaa edullisimmin aktiivikuitua kohti suuntautuvien kuitujen heijastuvuuksia, jotka ovat yhtä pieniä tai 15 dB pienempiä, kuin heijastuvuus, joka vastaa Rayleighin sirontaa kuidussa siirtoaallonpituudella.  
35

Erikoisen suoritusmuodon mukaan ennen kaikkea hyvän vahvistuksen lisäyksen saavuttamiseksi on kaikki kuidut, jotka on kytketty vahvistimen aktiivikuituun tai jotka kuuluvat ku-

hunkin vahvistimeen, varustettu heijastusta rajoittavalla laitteella, jossa heijastuskyvyn absoluuttinen arvo aktiivikuidun päällystetystä päästä nähtynä on vähintään 10 dB ja edullisimmin vähintään 15 dB suurempi, kuin todennäköinen vahvistuksen lisäys.

Heijastusta rajoittava laite käsittää optiset polarisaatio-ohjauseristimet, jotka sijaitsevat vahvistimen aktiivivalokuidun ylä- ja alavirtauksen puolella.

Optiset eristimet ovat tyyppiä, joka on epäherkkä siirtosignaalin polarisaatiolle.

Vahvistimen aktiivikuituun kytketyissä kuiduissa, joissa ei ole optisia eristimiä, on heijastusta estävät päällysteet ja/tai sen pinnan (pintojen) vino leikkaus, jonka läpi siirtosignaali kulkee aiheuttaen siirtosignaalin aallonpituudella heijastuvuuden, joka on ainakin 10 dB ja edullisimmin vähintään 15 dB pienempi, kuin heijastuskyky, joka vastaa Rayleighin sirontaa kuidussa siirtoaallonpituudella, tai jonka absoluuttinen arvo on ainakin 10 dB ja edullisimmin ainakin 15 dB suurempi, kuin todennäköinen vahvistuksen lisäys.

Esillä olevan keksinnön kohteena on antaa myös aktiivikututyyppisille valokuitutietoliikennelinjoille optinen vahvistin, joka käsittää aktiivivalokuidun, jossa on fluoresoivalla aineella seostettu ydin ja joka on liitetty päistään tietoliikennelinjan valokuituihin, ja johon aktiivivalokuituun on myös kytketty oman haaroitinlaitteen avulla ainakin valokuitu, joka on kytketty optisen pumppaussignaalin lähteeseen, ja joka vahvistin on tunnettu siitä, että kaikki aktiivikuituun kytketyt kuidut esittävät heijastusta rajoittavan laitteen, joka aiheuttaa heijastuvuuden, joka aktiivikuidun päällystetystä päästä katsoen on vähintään 10 dB ja edullisimmin vähintään 15 dB pienempi, kuin heijastuvuus, joka vastaa Rayleighin sirontaa kuidussa siirtoaallonpituudella, tai jonka absoluuttinen arvo on vähintään 10 dB ja edullisimmin 15 dB suurempi, kuin vahvistuksen

todennäköinen lisäys.

5 Edellä mainitussa vahvistimessa heijastusta rajoittava laite käsittää optiset polarisaatio-ohjauseristimet, jotka sijaitsevat aktiivivalokuidun vasta- ja myötävirran puolella; optiset eristimet ovat tyyppiä, joka on epäherkkä polarisaatiolle.

10 Jokaisella optisella eristimellä on siirtosignaalin aallonpituudella aktiivikuitua kohti suuntautuva heijastuvuus, joka on 10 dB ja edullisimmin 15 dB pienempi, kuin heijastuvuus, joka saadaan Rayleighin sironnasta linjakuidussa, tai sen absoluuttinen arvo on vähintään 10 dB ja edullisimmin vähintään 15 dB suurempi, kuin vahvistuksen todennäköinen lisäys.

20 Optiseen pumppauslähteeseen kytketyssä valokuidussa ei ole optisia eristimiä, ja mainittuun lähteeseen kytketty pää on varustettu heijastusta rajoittavalla laitteella, joka käsittää heijastusta estävät päällystekerrokset ja/tai sen pinnan (pintojen) vinon leikkauksen, jonka läpi siirtosignaali kulkee, ja mainittu heijastusta rajoittava laite toimittaa heijastuvuuden, joka on 10 dB ja edullisimmin 15 dB pienempi, kuin heijastuvuus, joka syntyy Rayleighin sironnasta, tai jonka absoluuttinen arvo on vähintään 10 dB ja edullisimmin vähintään 15 dB suurempi, kuin vahvistuksen todennäköinen lisäys mukaan luettuna siirtosignaalin ja heijastetun signaalin haaroitinlaitteen läpi kulkemisesta johtuvat vaimennukset.

30 Optisen kuidun pää, joka on kytketty pumppaussignaalin lähteeseen leikataan kulmaan, joka vaihtelee 5° ja 10° välillä tason suhteen, joka on kohtisuorassa kuidun akseliin nähden.

35 Optisen pumppaussignaalin lähteeseen liitetty kuitu kytketään aktiivikuituun dikroisen haaroittimen kautta, ja optiset eristimet asetetaan aktiivikuidun ja optisen linjakuidun väliin toiseen päähän, ja linjakuidun ja optisen haaroittimen väliin välittömästi aktiivikuidun viereen itse

aktiivikuidun toiseen päähän; optisen pumppaussignaalin lähteeseen kytketty kuitu kytketään aktiivikuituun dikroisen haaroittimen kautta ja aktiivikuidun ja dikroisen haaroittimen väliin asetetaan optinen eristin.

5

Jos kyseessä on tehovahvistin, joka toimii voimansiirtosignaalinalla, joka on suurempi kuin vahvistimen kyllästysteho, ja joka on kytketty paikkaan, joka on siirtosignaalin lähettävän laserin vieressä ja joka on varustettu omalla suojaavalla optisella eristimellä, on optinen eristin ainoastaan aktiivikuidun alavirran puoleisessa päässä siirtosignaalin kulkusuunnassa.

10

15

Keksintöä kuvataan tarkemmin seuraavassa selityksessä viitaten oheisiin piirustuksiin, joissa:

kuvio 1 on kaavio valokuitutietoliikennelinjasta, joka on varustettu linja- ja tehovahvistimilla,

kuvio 2 on rakenteellinen kaavio keksinnön etusijalla olevan suoritusmuodon mukaisesta aktiivivalokuitulinjavahvistimesta;

20

kuvio 3 on rakenteellinen kaavio keksinnön vaihtoehtoisen suoritusmuodon mukaisesta aktiivivalokuitulinjavahvistimesta;

kuvio 4 on rakenteellinen kaavio keksinnön mukaisesta aktiivivalokuitutehovahvistimesta.

25

Kuten kuviosta 1 ilmenee, valokuitutietoliikennelinja käsittää tavallisesti lähetysaseman 1 ja vastaanottoaseman 2, jotka sijaitsevat kaukana toisistaan, esimerkiksi satojen tai tuhansien kilometrien päässä; näiden kahden aseman väliin on asetettu valokuitu 3, jolla on sopivat siirtoominaisuudet ja jonka kautta signaali johdetaan toiselta asemalta toiselle.

30

35

Jotta koko asemien 1 ja 2 välinen etäisyys saataisiin katettua, täytyy ensin lähettää riittävän tehokas signaali ja kompensoida myöhemmin signaalin vaimentuminen kuitua pitkin; tämän vuoksi lähetysasemassa on välittömästi lähetettävän optisen signaalin kehittävän laserin 4 jälkeen tehovahvis-

tin 5, joka on sovitettu syöttämään johtoon signaali, jonka teho on suurempi, kuin saavutettavissa oleva teho tai joka voidaan kehittää sopivasti laserin 4 avulla; lisäksi määrätyn kuitupituuden, esimerkiksi joidenkin satojen kilometrien  
 5 päähän on sovitettu ensimmäinen linjavahvistin 6a, joka esitetään kuviossa yleisesti, saattamaan signaali takaisin riittävän korkealle tasolle, ja seuraavien kuitupituuksien päässä on lisää vastaavia vahvistimia 6b, 6c jne., joita on linjalla siten, että koko määritetty etäisyys saadaan  
 10 katettua.

Vahvistimet 5, 6 voivat hyvin olla optisia vahvistimia; nämä vahvistimet sopivat nimenomaan mainittuihin sovellutuksiin, koska niissä signaali pitää optisen muodon, jolloin  
 15 ei tarvita lukemaa ja muuntamista elektroniseen muotoon, eikä myöskään käsittelyä ja vahvistusta, eikä muuttamista takaisin optiseen muotoon signaalin kulkemiseksi uudelleen johdon läpi.

Nämä toiminnot itse asiassa rajoittavat linjan tehoa erityisesti siirtonopeuden osalta, joka riippuu käytettävien elektronisten laitteiden käsittelyn nopeudesta.

Sitä vastoin optisessa vahvistimessa signaali pysyy aina optisessa muodossa, eikä näin ollen ole alttiina siirtonopeuden rajoituksille ja muille sellaisille.

Lisäksi on erityisen hyvä käyttää optisia vahvistimia, jotka ovat aktiiviydinvalokuitutyyppejä.

Näillä vahvistimilla saavutetaan itse asiassa erityisen hyvä suorituskyky sekä vahvistuksen, että tehokkuuden suhteen.

Kuviossa 2 esitetään kaavamaisesti valokuituvahvistimen rakenne; linjakuitu 3, jossa vahvistusta tarvitseva siirtosignaali kulkee aallonpituudella  $\lambda_s$ , on kytketty dikroiseen haaroittimeen 7, jossa siirtosignaali yhdistetään yhdessä ulos menevässä kuidussa 8 pumppaussignaaliin, jonka

aallonpituus on  $\lambda_p$ , ja jonka kehittää pumppaava laseri-  
 lähetin 9; aktiivikuitu 10, joka on kytketty haaroittimesta  
 ulos tulevaan kuituun 8, muodostaa signaalia vahvistavan  
 elementin, joka viedään näin ollen uudelleen linjakuituun  
 5 3, jossa signaali kulkee määränpäättään kohti.

Valmistettaessa aktiivikuitu 10, joka muodostaa kokoonpanon  
 vahvistavan elementin, käytetään piipohjaista valokuitua,  
 jonka ydin seostetaan fluoresoivalla aineella, joka kykenee  
 10 valaisevan, pumppaavan valon läsnäollessa aallonpituudella  
 $\lambda_p$ , kehittämään stimuloidun emission, joka on yhdenmukainen  
 signaalin kanssa siirtoaallonpituudella  $\lambda_s$ , jolloin ulos  
 menevä signaali ilmestyy voimakkaasti vahvistettuna suh-  
 teessa sisään tulevaan signaaliin.

15 Yleisesti tiedetään, että kaikissa vahvistimissa vahvistus  
 G yhdistetään heijastuvuuksiin  $R_1$ ,  $R_2$ , jotka mitataan päistä  
 suhteella:

$$G(\text{dB}) < -1/2[R_1(\text{dB}) + R_2(\text{dB})], \quad 1)$$

20 jossa heijastuvuudet  $R_1$ ,  $R_2$  on määritetty seuraavasti:

$$R(\text{dB}) = 10 \ln (P_1/P_t)$$

jossa  $P_t$  on siirretty teho, kun taas  $P_r$  on heijastettu teho.

25 Edellä mainittu tarkoittaa olennaisesti sitä, että suuren  
 vahvistuksen saavuttamista vahvistimessa rajoittavat itse  
 vahvistimen päissä olevat heijastusominaisuudet, toisin  
 sanoen suurten vahvistuksen lisäysten saavuttamiseksi täytyy  
 olla suuret heijastuvuudet  $R_1$  ja  $R_2$ .

30 Jos itse asiassa vahvistimessa olevan valosignaalin yksi osa  
 heijastetaan takaisin sen päähän, mainittu osa vahvistetaan,  
 heijastetaan osittain uudelleen vastakkaisesta päästä ja  
 viedään jälleen vahvistimeen, ja kierros toistetaan useita  
 kertoja, ja kun mainitut heijastukset ja vahvistukset koko-  
 25 naisuudessaan omaksuvat korkean arvon, voidaan saavuttaa  
 värähtelytila, joka tekee vahvistimen virheettömän toimin-  
 nan mahdottomaksi, mikä osoittaa, että suurin mahdollinen  
 vahvistus täytyy rajoittaa, jotta välttyttäisiin tältä il-  
 miöltä.

Tämän ilmiön lisäksi itse siirtosignaalin heijastuminen vahvistimen alavirran puolella olevien heijastavien elementtien (esimerkiksi itse kuitulinjan) avulla takaisin vahvistimeen, jossa mainittu heijastus vahvistetaan uudelleen ja heijastetaan edelleen vahvistimen ylävirran puolella sijaitsevien heijastuselementtien avulla, aiheuttaa suorien ja heijastettujen signaalien välillä sykintäilmiön, jota kutsutaan interferenssistä johtuvaksi kohinaksi.

Tästä interferenssistä johtuvasta kohinasta tulee erityisen tärkeä silloin, kun kyseessä on aktiivikuituvahvistin, jonka vahvistavan elementin eli kuidun pituus on suurempi, kuin laserin koherenssiaikaa vastaava pituus, joka on kehittänyt signaalin; itse asiassa näissä olosuhteissa, kun suoran ja heijastetun signaalin välinen koherenssi on hävinnyt, heijastettu signaali siirtyy sivulle suhteessa suoraan signaaliin ja ollessaan riittävän voimakas häittää lähetyksen laatua.

Vahvistimessa mahdollisesti tapahtuvat heijastukset voivat johtua tämän päissä olevista rajapinnoista seurauksena hyvin tunnetusta valon taittumisilmiöstä, mutta myös näiden pintojen puuttuessa, kuten on laita kuituvahvistimissa, joissa vahvistava elementti koostuu aktiivikuidusta 10, joka on hitsattu suoraan haaroittimeen 7 ja linjakuituihin, synnyttää linjakuidun sisäpuolella, vahvistimen ylä- ja alavirran puolella oleva sironta (tunnettu "Rayleighin sirontana") valotehon heijastuksen.

On itse asiassa havaittu, että Rayleighin sironta, joka esiintyy koko kuidussa, tuottaa heijastuvuuden, jonka arvo on noin -30 dB.

Voimakkaita valotehoja siirrettäessä voidaan synnyttää lisää heijastusmuotoja johtuen ilmiöstä, joka tunnetaan "Brillouinin sirontana".

Esillä olevan keksinnön mukaisesti edellä selitetyistä hei-

jastumisilmiöistä johtuvan suurimman mahdollisesti saavutettavan vahvistuksen rajoitukset linjavahvistimessa voidaan poistaa järjestämällä optiset eristimet 11 vahvistavan kuidun ylä- ja alavirran puolelle; optinen eristin 11a sijaitsee nimenomaan haaroittimen 7 ylävirran puolella välittömästi linjakuidun 3 jälkeen, ja optinen eristin 11b sijaitsee kuidun 10 alavirran puolella ennen seuraavaa linjakuidun 3 pituutta.

Optiset eristimet ovat laitteita, jotka on sovitettu päästämään valo kulkemaan yksisuuntaisena; esillä olevan keksinnön tarkoituksia varten optisten eristimien täytyy olla tyyppiä, joka on riippumaton siirtosignaalin polarisaatiosta, eristykseen määrän täytyy olla ainakin yli 20 dB ja eristimien täytyy osoittaa alhainen heijastuvuus, joka on vähintään 10 dB pienempi, kuin Rayleighin sironnassa saatu heijastuvuusarvo kuidussa, jonka pituus on ääretön, ja edullisimmin vähintään 15 dB pienempi, kuin edellä mainittu arvo.

On itse asiassa havaittu, että edellä mainituilla ominaisuuksilla varustetuilla eristimillä varmistetaan, että vahvistimen aktiivielementti eli seostettu kuitu voi toimia olosuhteissa, jotka ovat kaukana niistä olosuhteista, joissa voi esiintyä eri luonteisista heijastuksista johtuvaa kohinaa, kuten edellä on selitetty, kuituvahvistimilla tavallisesti saavutettavan vahvistuksen läsnäollessa, joka on noin 30 dB, mikä arvo vastaa olennaisesti heijastuvuuden absoluuttista arvoa, joka saadaan Rayleighin sironnasta kuidussa, jonka pituus on ääretön.

Jotta saataisiin suurempi vahvistus, tarvitaan vastaavasti pieni heijastuvuusarvo, jonka heijastuvuuden absoluuttisen arvon täytyy keksinnön mukaan olla kaikissa tapauksissa vähintään 10 dB ja edullisimmin vähintään 15 dB suurempi, kuin vahvistuksen todennäköinen arvo.

Edellä oleva selitys tarkoittaa sitä, että esimerkiksi 40 dB vahvistuksen saavuttamiseksi täytyy aktiivikuitua kohti

suuntautuvan heijastuvuuden kussakin itse aktiivikuituun kytketyssä kuidussa olla vähintään pienempi, kuin -50 dB ja edullisimmin alle -55 dB siirtoaallonpituudella.

- 5 Kuvatut eristimien heijastuvuusominaisuudet voidaan saavuttaa yleisesti tunnetuilla keinoilla, esim. monikerroksisilla päällysteillä, pinnoilla, joiden läpi siirtosignaali kulkee vinosti itse signaalin etenemissuuntaan nähden, ja muilla vastaavilla; tämä keino on yleisesti tunnettu tekniikassa, minkä vuoksi sitä ei selitetä tarkemmin.

- 10 Jotta vielä voitaisiin välttää heijastusten aiheuttama kohina, täytyy esillä olevan keksinnön mukaisesti myös kuidussa 12, joka siirtää pumpatun valovoiman haaroittimeen 7 ja näin ollen aktiivikuituun 10, olla rajoitettu heijastuvuus itse aktiivikuituun päin; itse asiassa valovoiman osa siirtoaallonpituudella, joka etenee takaisin haaroittimeen 7, lähetetään kuituun 12, koska kytkimissä, joita tavallisesti käytetään tähän tarkoitukseen kahdessa kytketyssä haarassa, ei ole absoluuttista erotusta niiden kahden aallonpituuden välillä, joita varten itse kytkin on tarkoitettu; tämän ei-absoluuttisen erotuksen takia kytketään häviävän pieni prosentti valotehoa (esim. muutaman prosentin luokkaa) siirtoaallonpituudella kytkimen haaraan, joka kantaa pumppaus-  
25 tehoa.

- 30 Jos tämä valon osa siirtoaallonpituudella tapaa kuidun 12 päässä, jossa se optisesti kytketään pumppaavaan laseriin 9, heijastuksen, se lähetetään uudelleen haaroittimen 7 kautta aktiivikuidun sisälle ja se edistää osaltaan edellä selitettyä ilmiötä synnyttäen interferenssistä johtuvaa kohinaa.

- 35 Sen tähden kuidulla 12 täytyy olla heijastuvuusarvo, joka on 10 dB ja edullisimmin 15 dB pienempi, kuin arvo, joka vastaa Rayleighin sirontaa äärettömässä kuidussa miinus kaksi kertaa vaimennusarvo, joka saadaan, kun siirtoaallonpituus kulkee kytkimen pumppaavassa haarassa.

Toisin sanoen vaaditaan, että aktiivikuidun 10 kuituun 8 kytketyssä päässä on kaikkien siihen suuntautuvien kuitujen heijastuvuus kokonaisuudessaan vähintään 10 dB ja edullisimmin 15 dB pienempi, kuin Rayleighin sirontaa vastaava heijastuvuus äärettömässä kuidussa (tai jonka absoluuttinen arvo on vastaavasti suurempi, kuin todennäköinen vahvistus); heijastuvuus kuidun 10 vastakkaisessa päässä täytyy samoin rajoittaa.

Kuidun 12 kuvatut heijastuvuusominaisuudet voidaan saavuttaa tekniikassa yleisesti tunnetuilla keinoilla, esim. monikeroksisilla päällysteillä tai vinoilla pinnoilla; erityisesti laseriin 9 kytketyn kuidun 12 päätepinnan 13 vino, edullisimmin noin  $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$  kulmassa oleva leikkaus varmistaa heijastuvuuden, joka on pienempi, kuin -15 dB, joka lisättynä vaimennuksiin, jotka johtuvat kulusta haaroittimen 7 kautta ja ovat esimerkiksi noin -20 dB kutakin läpikulkua kohti, antaa kuidun 10 päästä katsottuna -55 dB kokonaisheijastuksen, joka on noin 15 dB pienempi, kuin Rayleighin sironnasta saatu heijastuvuus (noin -30 dB).

Heijastuvuusilmiö kuidussa 12 voidaan myös poistaa sijoittamalla optinen eristin 11a haaroittimen 7 alavirran puolelle välittömästi ennen aktiivikuitua, kuten kuviossa 3 esitetään; tätä ratkaisua, joka sallii heijastusta estävien varusteiden käytön kuidun 12 päässä, voidaan soveltaa silloin, kun pumppaustehon häviö, joka tapahtuu kun eristin ylitetään, ei ole haitallinen vahvistimen hyvälle toiminnalle.

Jos kyseessä ovat tehovahvistimet, jotka on kytketty suoraan siirtolaserin 4 alavirran puolelle ja joihin syötetään suuri tulosa signaali, suurempi, kuin niin kutsuttu "kyllästystaso", jonka yläpuolella vahvistimesta tulevan siirtosa signaalin teho riippuu ainoastaan syötetystä pumppaustehosta, ja joka lähettää suuren valovoiman (suuremman, kuin esimerkiksi 4 dBm), voi edellä kuvatun ilmiön lisäksi tapahtua kohina ilmiö, jonka aiheuttaa Brillouinin sironnasta johtuva heijastus, jossa valovoima, joka päästetään vahvistimesta ulos

tulevaan valokuitulinjaan, herättää värähtelyitä kuidun atomeissa, jotka värähtelyt puolestaan aiheuttavat sellaisen heijastetun signaalin kehittymisen, jonka aallonpituus on hieman lyhyempi, kuin suora signaali.

5

Tämä heijastettu signaali voi kehittää suoran siirtosignaalin kanssa interferenssin antaen alun kohinalle, joka vahingoittaa lähetyksen laatua lisättynä aikaisemmin kuvattuun ilmiöön.

10

Tietoliikennelinjan, joka on kuvattu kaavamaisesti kuviossa 1, signaalin lähettävässä kokoonpanossa, joka tavallisesti osoitetaan kuviossa numerolla 14, on ennakoitu optisen eristimen 15 läsnäolo välittömästi laserin 4 jälkeen. Optinen eristin suorittaa toiminnon, joka suojaa itse laseria heijastuksilta, jotka voivat aiheuttaa vaurioita sen rakenteelle; keksinnön mukaan kokoonpanon 14 vieressä olevassa tehovahvistimessa 5 voidaan sen tähden jättää huomioon ottamatta sisääntulossa oleva optinen eristin 11a, kuten kuviossa 4 on esitetty, koska vahvistimen aktiivikuitua kohti suuntautuvien heijastusten poistaminen voidaan tässä tapauksessa siirtää ja olemassa olevalle eristimelle 15.

15

20

25

Kuviossa 4 esitetyn tehovahvistimen muut osat ovat samantlaisia kaavion suhteen, kuin linjavahvistimien yhteydessä kuvatut osat ja sen tähden niille on annettu samat viitenumerot.

30

35

Tietoliikennelinja toteutettiin esimerkin vuoksi kuviossa 1 esitetyn kaavion mukaisesti käyttämällä siirtolaserina suoraan moduloitua, perinteistä DFB-laseria, jonka lähetysaallonpituus on 1535 nm; vastaanottoasema 2 muodostui vastaanottolaitteesta, joka on tunnettua pin/HEMT-tyyppiä, minkä jälkeen tulivat laajakaistavahvistimet, joita ei ole esitetty.

Linja 3 muodostui vaimennukseltaan pienistä siirtodispersiokuiduista, joiden nolladispersio oli lähellä käytettyä siirtoaallonpituutta; linjan kokonaispituus oli 300 km,

jota vastasi 60 dB:n vaimennus.

Linja käsitti kaksi optista linjavahvistinta 6 ja tehovahvistimen 5; nämä vahvistimet olivat aktiivikuituvahvistimia ja muodostuivat piipohjaisesta aktiivikuidusta 10, joka oli seostettu germaniumilla ja erbiiumilla ja joka pumpattiin laserilla 9, joka koostui pienoiskoossa rakennetusta Nd-YAG-laserista, jonka taajuus oli kaksinkertaistettu ja joka pumpattiin diodilla; linjavahvistimilla oli kuviossa 2 kuvattu rakenne ja tehovahvistimella kuviossa 4 kuvattu rakenne.

Kunkin linjavahvistimen kokonaisvahvistus oli 20 dB. Tehovahvistimen kyllästysteho oli yhtä, kuin 9 dBm ja sisääntuloteho 0 dBm.

Optiset eristimet 11 olivat polarisaatio-ohjauseristimiä, jotka ovat tyypiltään riippumattomia siirtosignaalin polarisaatiosta, ja joiden eristys on yli 35 dB ja heijastuvuus alle -50 dB; tämän tyyppisiä eristimiä on kaupallisesti saatavilla, joten niiden rakennetta ei selitetä tässä tarkemmin.

Kuidun 12 pumppauslaseriin kytketty pää 13 oli leikattu 5° kulmaan. Tällä rakenteella saavutetun lähetyksen vastaanototeho oli -20 dB ja kohina vastasi -40 dBm:n arvoa.

Vertailun vuoksi suoritettiin lähetykset käyttäen samaa koerakennetta, kuin edellä kuvattu, jossa on käytetty kaupallisesti saatavia optisia eristimiä 11, joiden heijastuvuus oli yhtä, kuin -30 dB (joka vastaa heijastuvuutta, joka johtuu Rayleighin sironnasta kuidussa ja joka on sovitettu estämään värähtelyn syntyminen jopa 30 dB:n vahvistuksen aikana); vaikka näissä olosuhteissa ei ollut värähtelyä, havaittiin voimakkuudeltaan -30 dBm kohina, joka on riittävä estämään lähetyksen oikean vastaanoton, ja jonka kohinan täytyi aiheutua interferenssistä johtuvan kohinan vaikutuksesta, joka on seurauksena Rayleighin sironnasta ja Brillouinin sironnasta aktiivikuituvahvistimissa.

Optiset vahvistimet 7 on esitetty kuvioissa kaavamaisesti sulatettuina haaroittimina, jotka sopivat erityisen hyvin käytettäviksi aktiivikuituvahvistimien toteuttamisessa; voidaan kuitenkin myös käyttää muita optisia haaroittimia, esimerkiksi mikro-optiikassa käytettäviä haaroitintyypppejä; myös haaroittimien heijastuvuuden, erityisesti silloin, kun ne eivät ole sulatetun haaroittimen tyyppisiä, täytyy olla ainakin 10 dB pienempi, kuin Rayleighin sironnasta saatava heijastuvuus, tai absoluuttisen arvon täytyy olla suurempi, kuin se vahvistuksen lisäys, johon vahvistin on tarkoitettu.

Monia muutoksia ja muunnoksia voidaan ottaa käyttöön ilman, että poiketaan keksinnöllisen idean suoja-alasta sen yleisissä piirteissä.

**Patenttivaatimukset**

1. Valokuitutietoliikennelinja, jossa optinen siirtosignaali tuodaan linjan yhdestä päästä toiseen päähän ilman sähköisiä muunnoksia, jonka linjan varrella on ainakin valokuituvahvistin (6a, 6b, 6c), joka käsittää aktiivisen valokuitupituuden (10), jossa on seostettu ydin, joka seostus on toteutettu fluoresoivilla aineilla, ja joka linja edelleen käsittää heijastusta rajoittavat elimet (11a, 11b, 13, 15), jotka on optisesti yhdistetty aktiivisesta kuidusta (10) ylävirran ja alavirran puolelle, jolloin heijastavuus nähtynä aktiivisen kuidun kummastakin päästä on vähintään 15 dB - absoluuttisena arvona - korkeampi kuin vahvistimen odotettu vahvistus, **tunnettu** siitä, että mainittu heijastavuus on alempi kuin noin -45 dB.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen valokuitutietoliikennelinja, **tunnettu** siitä, että heijastusta rajoittavat elimet käsittävät polarisaatiota ohjaavat optiset eristimet (11a, 11b), jotka sijaitsevat vahvistimen (6) aktiivisen valokuidun (10) ylä- ja alavirran puolella.
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen valokuitutietoliikennelinja, **tunnettu** siitä, että optiset eristimet (11a, 11b) ovat tyyppiä, joka on epäherkkä siirtosignaalin polarisaatiolle.
4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen valokuitutietoliikennelinja, **tunnettu** siitä, että heijastusta rajoittavat elimet käsittävät heijastuksenestopinnoitteita ja/tai sen pinnan tai pintojen (13) vinon leikkauksen, jonka/joiden läpi siirtosignaali kulkee.
5. Optinen vahvistin aktiivikuitutyyppisiä valokuitutietoliikennelinjoja varten, jotka käsittävät aktiivisen valokuidun (10), jossa on seostettu ydin, joka seostus on toteutettu fluoresoivilla aineilla, päistään yhdistettynä tietoliikennelinjan valokuituihin, ja joka vahvistin käsit-

tää heijastusta rajoittavat elimet (11a, 11b, 13), jolloin heijastavuus nähtynä aktiivisen kuidun kummastakin päästä on vähintään 15 dB - absoluuttisena arvona - korkeampi kuin vahvistimen odotettu vahvistus, **tunnettu** siitä, että mainittu heijastavuus on alempi kuin noin -45 dB.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen optinen vahvistin, **tunnettu** siitä, että heijastusta rajoittavat elimet käsittävät polarisaatiota ohjaavat optiset eristimet (11a, 11b), jotka sijaitsevat vahvistimen (6) aktiivivalokuidun (10) ylä- ja alavirran puolella.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen optinen vahvistin, **tunnettu** siitä, että optiset eristimet (11a, 11b) ovat tyyppiä, joka on epäherkkä siirtosignaalin polarisaatiolle.

8. Patenttivaatimuksen 5 mukainen optinen vahvistin, **tunnettu** siitä, että heijastusta rajoittavat elimet käsittävät heijastuksenestopinnoitteita ja/tai sen pinnan tai pintojen (13) vinon leikkauksen, jonka/joiden läpi siirtosignaali kulkee.

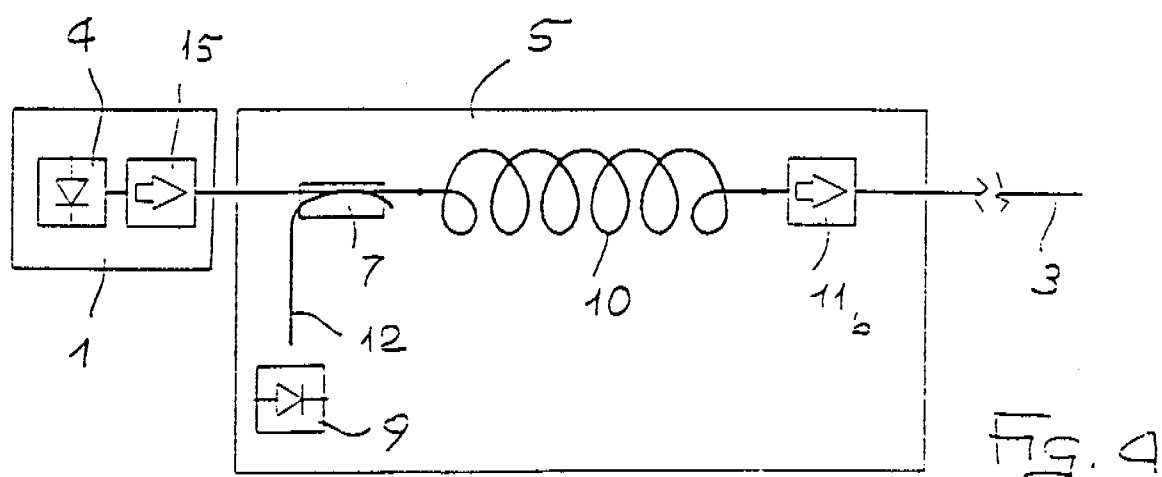
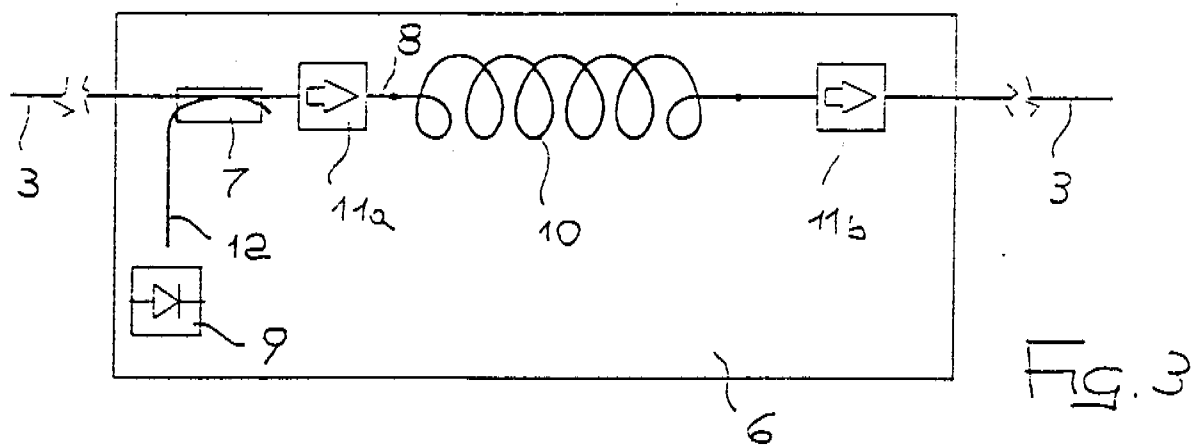
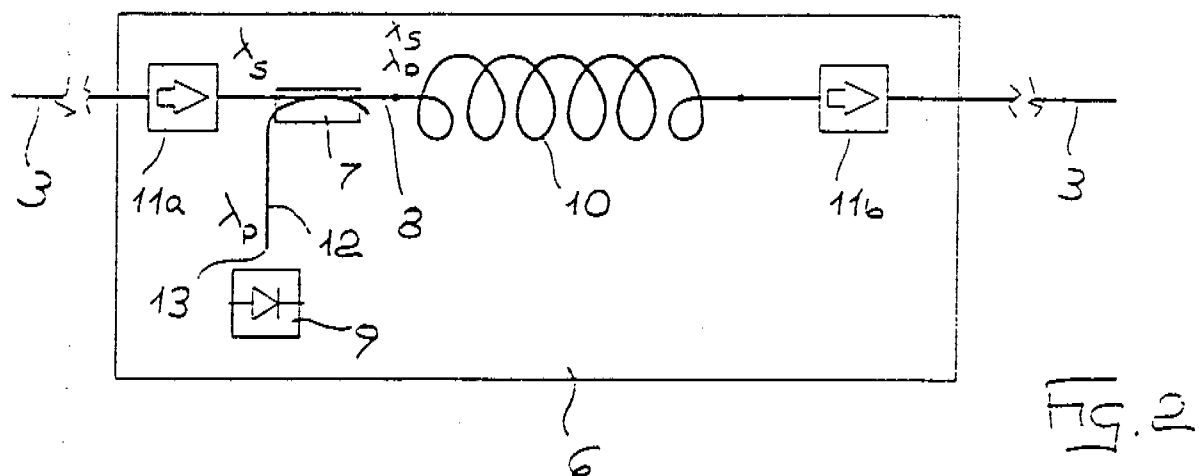
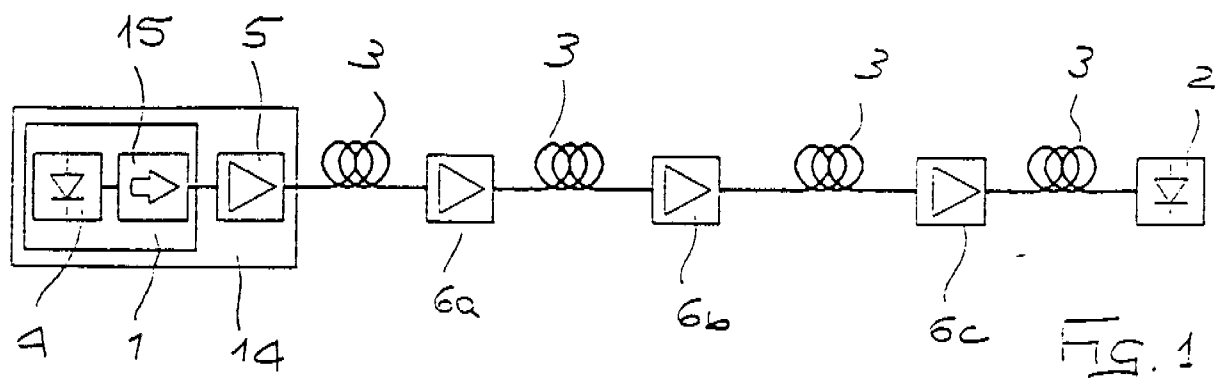
9. Patenttivaatimuksen 5 mukainen optinen vahvistin, **tunnettu** siitä, että heijastusta rajoittavat elimet (11a, 11b, 13) on järjestetty:

- aktiivisen kuidun (10) ja linjan valokuidun (3) väliin, aktiivisen kuidun (10) yhteen päähän,
- linjakuidun (3) ja kytkentäelimien (7) väliin, aktiivisen kuidun (10) toiseen päähän, ja
- kuidussa (12) yhdistettynä optiseen pumppauslähteeseen (9).

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen optinen vahvistin, **tunnettu** siitä, että kuituun (12) järjestetyt heijastusta rajoittavat elimet (13), jotka on yhdistetty optiseen pumppauslähteeseen (9), käsittävät heijastuksenestopinnoitteita ja/tai sen pinnan tai pintojen (13) vinon leikkauksen, jonka/joiden läpi pumppaussignaali kulkee.

11. Patenttivaatimuksen 5 mukainen optinen vahvistin, **tun-**  
**nettu** siitä, että heijastusta rajoittavat elimet (11a, 11b,  
13) on järjestetty:

- aktiivisen kuidun (10) ja linjan valokuidun (3) väliin,
- 5 aktiivisen kuidun (10) yhteen päähän,
- aktiivisen kuidun (10) ja kytkentäelimien (7) väliin, ak-  
tiivisen kuidun (10) toiseen päähän.



Viitejulkaisuja - Anförda publikationer

Julkisia suomalaisia patenttihakemuksia: - Offentliga finska patentansökningar

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Hakemus-, kuulutus- ja patenttijulkaisuja: - Ansökningspublikationer,  
utläggnings- och patentskrifter:

FI \_\_\_\_\_

CH \_\_\_\_\_

DE \_\_\_\_\_

DK \_\_\_\_\_

FR \_\_\_\_\_

GB H 2220789 (H01S 3/091)

NO \_\_\_\_\_

SE \_\_\_\_\_

US P 4899043 (H01S 5/16), P 4900917 (G02F 1/01)

\_\_\_\_\_

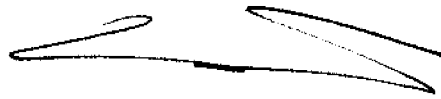
\_\_\_\_\_

Merkitse hakemusjulkaisun (esim. saksal. Offenlegungsschrift) numeron eteen H ja vastaavasti kuulutus- ja patenttijulkaisun numeron eteen K ja P.

EP H 112090 (H01S 3/06)

WO ~~H01~~86/07221 (H04B 9/00)

Muita julkaisuja: - Andra publikationer:



Allekirjoitus