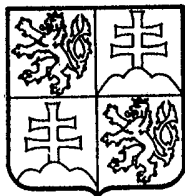


ČESKÁ A SLOVENSKÁ
FEDERATIVNÍ
REPUBLIKA
(19)



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

ZVEŘEJNĚNÁ PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

(12)

(21) 01525-91.Q

(13) A3

5(51) H 04 B 10/12

(22) 22.05.91

(32) 25.05.90

(31) 90/20434

(33) IT

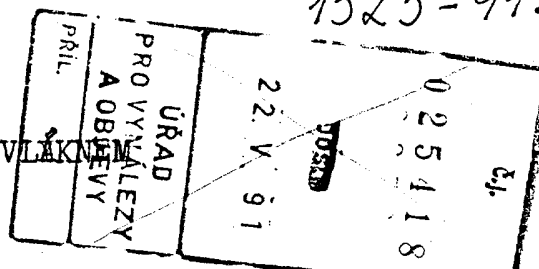
(40) 19.02.92

(71) PIRELLI CAVI S.p.A., Milan, IT

(72) Grasso Giorgio ing., Monza, IT
Righetti Aldo ing., Milan, IT

(54) Telekomunikační linka s optickým vláknem

(57) Telekomunikační linka s optickým vláknem obsahuje aktivní optické vlákno (10) a optické zesilovače (5, 6), ve kterých odrazivost směrem k aktivnímu vláknu zesilovače je omezena pod kritickou hodnotu nižší alespoň o 10 dB než je odrazivost způsobená Rayleighovým rozptylem v líniových vláknech. Tato hodnota odrazivosti se získá uspořádáním optických izolátorů (11a, 11b) majících omezenou vnitřní odrazivost před a za zesilovačem (6) a uspořádáním prostředku omezujícího odraz na všech vláknech (12) sbíhajících se k aktivnímu optickému vláknu (10) zesilovače.



TELEKOMUNIKAČNÍ LINKA S OPTICKÝM VLÁKNEM

Oblast techniky

Vynález se týká telekomunikační linky s optickým vláknem opatřené optickými zesilovači s aktivním vláknem, ve které odrazy směrem k zesilovačům jsou pod předem určenou hodnotou.

Dosavadní stav techniky

Je známo, že optická vlákna mající dopované jádro, ve kterém je dopování provedeno použitím zvláštních látek jako jsou ionty vzácných zemin, mají schopnost stimulované emise a jsou vhodné k použití jako optické zesilovače v telekomunikačních linkách pro civilní telefonii.

Takový druh zesilovačů je popsán v evropské přihlášce vynálezu číslo 90112920.5 téhož původce.

Jako zesilovače s optickým vláknem, také označované jako zesilovače s aktivním optickým vláknem, jsou míněny zesilovače, ve kterých optický přenášený signál je zesilován jako takový, přičemž si zachovává svou optickou formu, aniž by byla požadována jeho přeměna na jinou formu, například elektronickou, jeho zesílení v této nové formě a opětné převedení do optické formy, a ve kterých zesilovací prvek sestává z kusu optického vlákna výše popsaného typu majícího předem určenou délku a zapojeného v serii mezi dvěma úseky vlákna optické linky a opatřeného odpovídajícím napájecím prostředkem pro napájení optickým čerpacím signálem.

Zesilovače tohoto druhu mají zvláštní výhody při použití v telekomunikačních linkách, neboť dávají vysoké zisky jsou-li použity jako liniové zesilovače, kteréžto zisky mohou být uvedeny na žádanou hodnotu vhodnou volbou délky aktivního vlákna a/nebo obsahem dopovací látky, nebo mohou být použity jako výkonové zesilovače a potom mají vysokou účinnost zesílení.

Pro zesilovače jsou zvláště nebezpečné odrazy signálů, které vznikají u konců optického vlákna.

Z japonských patentových spisů číslo 52-155901 a 63-219186 a z publikace "Electronics Letters" svazek 24, číslo 1 ze 7.1. 1988, strany 36-38 je známo, že v laseru nebo v optickém polovodičovém zesilovači je nebezpečí nestability a vzniku oscilací vlivem odrazů na koncích vlákna zesilovače.

Ve výše uvedených patentových spisech a pojednání se uvádí

opatření spočívající ve připojení optického izolátoru k polovodičovému laseru, čímž se zamezí světlu odraženému spojovacími povrchy mezi liniovými vlákny a těmito přístroji dopad na tyto lasery.

V zesilovači s aktivním vláknem nejsou žádné přestupní povrchy mezi liniovými vlákny a zesilovačem protože liniová vlákna jsou přímo přivařena k aktivnímu vlákně zesilovače. Z toho důvodu se obecně neočekávají odrazové jevy.

Nicméně bylo zjištěno, že v zesilovači s aktivním vláknem bez prostředku pro omezení odrazu směrem k aktivnímu vlákně není možné dosáhnout vysokých zisků zesílení vlivem výskytu šumu interferometrického typu jako důsledku střetů mezi přímým signálem a odraženými signály v samotných liniových vláknech a při všech událostech namířených k aktivnímu vlákně. Přítomnost interferometrického šumu má malý význam v polovodičovém zesilovači majícím nízké zisky a malé konstrukční rozměry, zatímco se stává zvláště významnou v zesilovači s aktivním vláknem schopným dosahovat velmi vysokých zisků a majícím aktivní vlákno značné délky v rozsahu několika desítek metrů, mnohem větší, než koherenční vzdálenost laseru vyvíjejícího signál.

V zesilovači typu s vláknem s aktivním jádrem vzniká problém ochrany aktivního vlákna proti zdroji takového šumu a udržení každé formy odrazu směrem k aktivnímu vlákně pod kritickými hodnotami aby nebyla ohrožena jakost přenosu při zachování vysokých hodnot zisku zesílení.

Výše uvedená evropská přihláška vynálezu číslo 90112920.5 navrhuje zavedení optických izolátorů v zesilovačích s optickým vláknem, kteréžto zesilovače by měly odrazivost omezenou pod kritickou hodnotu.

Podstata vynálezu

Úkolem vynálezu je vytvořit telekomunikační linku s optickým vláknem obsahující optické zesilovače s aktivním vláknem, ve které jsou zesilovače chráněny proti všem nevýhodám vyplývajícím z odrazů, v souladu s obsahem evropské přihlášky vynálezu číslo 90112920.5, s dalším vymezením kritických parametrů umožňujícím zvolit pro očekávaný zisk zesilovače nejvýhodnější charakteristiky optické izolace.

Vynález tudíž vytváří telekomunikační linku s optickým vláknem, ve které se optický signál přenáší z jednoho konce na

druhý konec linky bez regenerací, a podél které je uspořádán alespoň jeden liniový zesilovač opatřený aktivním vláknem s jádrem dopovaným fluorescenční látkou, jehož podstata spočívá v tom, že všechna vlákna připojená k aktivnímu vlákně zesilovače nebo příslušející ke každému liniovému zesilovači mají prostředek pro omezení odrazu, jehož odrazivost, viděno z čelního konce aktivního vlákna je nižší alespoň o 10 dB než odrazivost odpovídající Rayleighovu rozptylu ve vlákně na přenosové vlnové délce.

Podle výhodného provedení vynálezu prostředek pro omezení odrazu působí odrazivostí vláken konvergujících k aktivnímu vlákně, které jsou rovné nebo nižší o 15 dB než odrazivost odpovídající Rayleighovu rozptylu ve vlákně na přenosové vlnové délce.

Podle dalšího výhodného provedení vynálezu všechna vlákna připojená k aktivnímu vlákně zesilovače nebo náležící ke každému liniovému zesilovači jsou opatřena prostředkem pro omezení odrazu majícím odrazivost, viděno z čelního konce aktivního vlákna, jejíž absolutní hodnota je vyšší alespoň o 10 dB, s výhodou o 15 dB než očekávaný zisk zesilovače.

Podle dalšího výhodného provedení vynálezu prostředek pro omezení odrazu zahrnuje optické izolátory řízení polarizace umístěné před a za aktivním vláknem zesilovače.

Podle dalšího výhodného provedení vynálezu jsou optické izolátory typu, který je necitlivý na polarizaci přenášeného signálu.

Podle dalšího výhodného vytvoření vynálezu vlákna připojená k aktivnímu vlákně liniového zesilovače zbavená optických izolátorů mají protiodrazové povlaky a šikmý řez povrchů, kterými prochází přenášený signál pro vznik odrazivosti na vlnové délce přenášeného signálu nižší alespoň o 10 dB, s výhodou o 15 dB, než je odrazivost odpovídající Rayleighovu rozptylu ve vlákně na přenosové vlnové délce.

Podle dalšího výhodného vytvoření vynálezu vlákna připojená k aktivnímu vlákně liniového zesilovače zbavená optických izolátorů mají protiodrazový povlak a/nebo šikmý řez povrchů, kterými prochází přenášený signál, pro vznik odrazivosti na vlnové délce přenášeného signálu, jejíž absolutní hodnota je vyšší alespoň o 10 dB, s výhodou o 15 dB než očekávaný zisk zesilovače.

Vynález dále vytváří optický zesilovač pro telekomunikační linky s optickým vláknem typu obsahujícího aktivní optické vlákno mající jádro dopované fluorescenční dopovací látkou připojené nakoncích k optickým vláknům telekomunikační linky, ke které je aktivní optické vlákno také připojeno dichroickým vazebním členem, alespoň přírodní optické vlákno připojené ke zdroji optického čerpacího signálu, jehož podstata spočívá v tom, že všechna vlákna připojená k aktivnímu optickému vláknu mají prostředek pro omezení odrazu způsobující odrazivost, viděno z čelního konce aktivního optického vlákna, nižší alespoň o 10 dB než odrazivost odpovídající Rayleighovu rozptylu ve vlákně na přenosové vlnové délce.

Podle výhodného vytvoření vynálezu prostředek pro omezení odrazu způsobuje odrazivosti vláken konvergujících k aktivnímu optickému vlákně, které jsou nižší alespoň o 15 dB než odrazivost způsobená Rayleighovým rozptylem ve vlákně.

Podle dalšího výhodného vytvoření vynálezu všechna vlákna připojená k aktivnímu optickému vlákně mají prostředek pro omezení odrazu mající odrazivost, viděno z čelního konce aktivního optického vlákna, jejíž absolutní hodnota je vyšší alespoň o 10 dB, s výhodou alespoň o 15 dB, než očekávaný zisk zesilovače.

Podle dalšího výhodného vytvoření vynálezu prostředek pro omezení odrazu obsahuje optické izolátory řízení polarizace umístěné před a za aktivním optickým vláknem.

Podle dalšího výhodného provedení vynálezu optické izolátory jsou typu necitlivého na polarizaci přenášeného signálu.

Podle dalšího výhodného vytvoření vynálezu každý optický izolátor má odrazivost směrem k aktivnímu optickému vlákně na vlnové délce přenášeného signálu nižší o 10 dB, s výhodou o 15 dB, než je odrazivost daná Rayleighovým rozptylem v liniovém vlákně.

Podle dalšího výhodného vytvoření vynálezu každý optický izolátor má odrazivost směrem k aktivnímu optickému vlákně na vlnové délce přenášeného signálu, jejíž absolutní hodnota je vyšší alespoň o 10 dB, s výhodou o 15 dB než je očekávaný zisk zesilovače.

Podle dalšího výhodného vytvoření vynálezu přírodní vlákno připojené ke zdroji optického čerpacího signálu je zbaveno optických izolátorů a je na svém konci připojeném ke zdroji optického čerpacího signálu opatřeno prostředkem pro omezení odrazu

obsahujícím protiodrazové povlakové vrstvy a/nebo šikmý řez povrchů, kterými prochází přenášený signál, přičemž prostředek pro omezení odrazu dává odrazivost, která je o 10 dB, s výhodou o 15 dB nižší než odrazivost vyplývající z Rayleighova rozptylu při zehrnutí útlumů způsobených průchodem přenášeného signálu a odraženého signálu vazebním prostředkem.

Podle dalšího výhodného vytvoření vynálezu přívodní vlákno připojené ke zdroji optického čerpacího signálu je zbaveno optických izolátorů a na jeho konci připojeném ke zdroji optického čerpacího signálu je opatřeno prostředkem pro omezení odrazu obsahujícím protiodrazové povlakové vrstvy a/nebo šikmý řez povrchů, kterými prochází přenášený signál, přičemž tento prostředek pro omezení odrazu dává odrazivost, jejíž absolutní hodnota je vyšší alespoň o 10 dB, s výhodou o 15 dB, než je očekávaný zisk zesilovače, včetně útlumu způsobeného průchodem přenášeného signálu a odraženého signálu vazebním prostředkem.

Podle dalšího výhodného vytvoření vynálezu konec přívodního vlákna připojeného ke zdroji optického čerpacího signálu je uříznut v úhlu od 5° do 10° vzhledem k rovině kolmé k ose vlákna.

Podle dalšího výhodného vytvoření vynálezu přívodní vlákno připojené ke zdroji optického čerpacího signálu je připojeno k aktivnímu optickému vláknu dichroickým vazebním členem, přičemž mezi aktivní optické vlákno a liniové optické vlákno jsou vloženy optické izolátory na jeho jednom konci a mezi liniovým vláknem a dichroickým vazebním členem bezprostředně u aktivního optického vlákna na jeho druhém konci.

Podle dalšího výhodného vytvoření vynálezu přívodní vlákno připojené ke zdroji optického čerpacího signálu je připojeno k aktivnímu optickému vláknu dichroickým vazebním členem a mezi aktivní optické vlákno a dichroický vazební člen je vložen optický izolátor.

Podle dalšího výhodného vytvoření vynálezu když výkonové zesilovače pracující s výkonovým přenášeným signálem vyšším než je saturační výkon zesilovače a připojené bezprostředně k laseru vysílajícímu přenášený signál, opatřenému příslušným ochranným optickým izolátorem, je optický izolátor umístěn pouze za aktivním optickým vláknem ve směru přenosu přenášeného signálu.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález je znázorněn na výkresech, kde obr.1 je schema

telekomunikační linky s optickým vláknem opatřené liniovými zesilovači i výkonovými zesilovači, obr.2 je schema optického zesilovače s aktivním optickým vláknem podle výhodného vytvoření vynálezu, obr.3 je schema optického zesilovače s aktivním optickým vláknem podle alternativního vytvoření vynálezu a obr.4 je schema výkonového optického zesilovače s aktivním optickým vláknem podle vynálezu.

Příklady provedení vynálezu

Jak je patrné z obr.1, telekomunikační linka s optickým vláknem obecně obsahuje vysílací stanici 1 a přijímací stanici 2, které jsou navzájem vzdáleny sta nebo tisíce kilometrů a mezi nimi je liniové optické vlákno 3 mající vhodné přenosové charakteristiky. Liniovým optickým vláknem 3 se signál přenáší z vysílací stanice 1 do přijímací stanice 2.

K překlenutí žádané celkové vzdálenosti mezi vysílací stanicí 1 a přijímací stanicí 2 je jednak nutné vysílat signál dostatečného výkonu a potom kompenzovat útlum signálu podél liniového vlákna 3. Z toho důvodu vysílací stanice 1 obsahuje bezprostředně za laserem 4 vysílajícím přenášený optický signál výkonový zesilovač 5 schopný vysílat do liniového vlákna 3 signál vyššího výkonu než signál, který může být obvykle vyvíjen laserem 4. Navíc, za určitou délkou liniového vlákna 3, například po několika stech kilometrech, je uspořádán první liniový zesilovač 6a, znázorněný v obr.1, uzpůsobený ke přivedení přenášeného signálu opět na dostatečně vysokou úroveň. Po něm následují další úseky liniového vlákna 3 a další liniové zesilovače 6b, 6c a takto je pokryta celková délka linky.

Zesilovače 5, 6 jsou obvykle optické zesilovače, které jsou zvláště výhodné pro uvedené použití, neboť v nich přenášený signál zachovává optickou formu a není tudíž třeba jeho čtení a přeměna na elektronickou formu a zpracování a zesílení a opětná přeměna na optickou formu pro přenos po telekomunikační lince.

Výše uvedené operace by ve skutečnosti snižovaly přenosovou kapacitu telekomunikační linky, zejména pokud jde o rychlost přenosu, která je podmíněna rychlostí zpracování přenášeného signálu v použitých elektronických přístrojích.

Naproti tomu v optickém zesilovači si signál stále zachovává optickou formu a tedy nepodléhá omezení rychlosti přenosu nebo jiným nežádoucím vlivům.

Tyto optické zesilovače umožňují dosáhnout zvláště dobrých vlastností telekomunikační linky s ohledem na zisk a účinnost.

V obr.2 je schematicky znázorněna struktura zesilovače s optickým vláknem. Liniové vlákno 2, kterým prochází přenášený signál o vlnové délce λ_s , který musí být zesílen, je připojeno k dichroickému vazebnímu členu 7, ve kterém je přenášený signál sloučen v jediném výstupním vlákně 8 s čerpacím signálem o vlnové délce λ_p vyvíjeným zdrojem 9 čerpacího optického signálu, což je laser. Aktivní optické vlákno 10 připojené k výstupnímu vlákně 8 dichroického vazebního členu 7 tvoří vlastní zesilovací prvek přenášeného signálu zavedeného opět do liniového vlákna 2, aby byl přenesen na místo určení.

K vytvoření aktivního optického vlákna 10 tvořícího zesilovací prvek sestavy je použito optické vlákno na bázi křemíku, jehož jádro je dopováno fluorescenční látkou, která v přítomnosti optického čerpacího signálu o vlnové délce λ_p je schopna vyvíjet stimulovanou emisi koherentní se signálem na přenosové vlnové délce λ_s , takže výstupní signál je velmi zesílen vzhledem ke vstupnímu signálu.

Je známo, že v jakémkoli zesilovači je zisk G závislý na odrazivostech R_1 , R_2 měřených na jeho koncích podle vztahu:

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

kde odrazivosti R_1 , R_2 jsou definovány jako:

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

kde P_t je přenášený výkon a P_r je odražený výkon.

Výše uvedené vztahy v podstatě udávají, že dosažení vysokých zisků v zesilovači je omezeno odrazovými charakteristikami na koncích zesilovače samého, nebo jinak, že k dosažení velkých zisků zesílení je nutné mít vysoké odrazivosti R_1 a R_2 .

Vskutku, jestliže jedna část světelného signálu přítomného v zesilovači je odražena zpět k jeho konci, je tato část zesílena, částečně opět odražena u protilehlého konce a opět zavedena do zesilovače, přičemž cyklus se několikrát opakuje. Když tyto odrazy a zesílení dosáhnou celkově vysoké hodnoty, je možné dosáhnout podmínku oscilací, které znemožňuje správnou činnost zesilovače a která vyžaduje snížení maximálního zisku zesílení k zamezení vzniku tohoto jevu.

Přídavně k tomuto jevu zpětný odraz přenášeného signálu v zesilovači odrazivými prvky za zesilovačem, například liniovým

vlákem 2, kde je zmíněný odraz opět zesílen a dále odražen odrazovými prvky umístěnými před zesilovačem způsobuje střety mezi přímými a odraženými signály označené jako interferometrický šum.

Tento interferometrický šum je zvláště významný v případě zesilovačů s aktivním vláknem, které mají délku zesilovacího prvku, to je vlákna, větší, než je délka odpovídající koherenční době laseru, který vyvinul signál. Za těchto podmínek se ztrácí koherence mezi přímými a odraženými signály, odražený signál je přeložen vzhledem ke přímému signálu a když má dostatečnou intenzitu, působí rušivě na jakost přenosu.

Odrazy, které mohou nastat v zesilovači, mohou být způsobeny přítomností stykových povrchů na jeho koncích jako výsledek známých odrazových jevů, avšak i bez přítomnosti těchto povrchů, jako v případě zesilovačů s vláknem, kde zesilovací prvek sestává z aktivního optického vlákna 10 přímo přivařeného k dichroickému vazebnímu členu 7 a k liniovému vláknu 2, rozptyl uvnitř liniového vlákna 2 před a za zesilovačem, známý jako Rayleighův rozptyl, způsobuje odraz světelné energie.

Bylo zjištěno, že Rayleighův rozptyl, který nastává v celém vlákně, vytváří odrazivost, jejíž hodnoty jsou asi -30 dB.

Další formy odrazu mohou vznikat když jsou přenášeny velké světelné výkony vlivem jevu známého jako Brillouinův rozptyl.

Podle předloženého vynálezu omezení maximálního zisku dosažitelného v liniovém zesilovači vyplývající z výše popsaných odrazových jevů může být vyloučeno uspořádáním optických izolátorů 11 před a za optickým aktivním vláknem 10. Zejména je jeden optický izolátor 11a umístěn před dichroickým vazebním členem 7, bezprostředně za liniovým vláknem 2 a druhý optický izolátor 11b je umístěn za aktivním optickým vláknem 10 před dalším úsekem liniového vlákna 2.

Optické izolátory 11a, 11b jsou zařízení uzpůsobená k umožnění jednosměrného průchodu světla. Pro účely předloženého vynálezu se žádá, aby optické izolátory 11a, 11b byly typu nezávislého na polarizaci přenášeného signálu a aby měly izolační stupeň nejméně vyšší než 20 dB a aby měly nízkou odrazivost, alespoň nižší o 10 dB než je hodnota odrazivosti daná Rayleighovým rozptylem ve vlákně nekonečné délky a s výhodou nižší o alespoň 15 dB než výše zmíněná hodnota.

Ve skutečnosti bylo zjištěno, že přítomnost optických izolátorů majících výše popsané charakteristiky zajišťuje, že aktivní prvek zesilovače, to je dopované opticky aktivní vlákno 10 může pracovat za podmínek, které jsou dostatečně vzdáleny od oněch podmínek, při kterých šumy vyplývající z odrezů rozličného původu popsaných výše mohou vznikat v přítomnosti zisků zesílení obvykle dosažitelných zesilovači s aktivním vláknem, které jsou asi 30 dB, kterážto hodnota v podstatě odpovídá absolutní hodnotě odrazivosti dané Rayleighovým rozptylem ve vlákně nekonečné délky.

K dosažení vyšších zisků je nutná odpovídající nízká hodnota odrazivosti, kterážto odrazivost podle předloženého vynálezu musí ve všech případech mít absolutní hodnotu vyšší alespoň o 10 dB, s výhodou alespoň o 15 dB než očekávaný zisk zesilovače.

Z výše uvedených skutečností plyne, že pro dosažení zisku 40 dB se žádá, aby odrazivost směrem k aktivnímu optickému vlákně 10 byla v každém vlákně k němu připojeném alespoň nižší než -50 dB a s výhodou nižší než -55 dB pro přenosovou vlnovou délku.

Předepsané charakteristiky odrazivosti optických izolátorů 11a, 11b mohou být dosaženy známými prostředky, jako jsou vícevrstvé povlaky, povrchy, kterými prochází přenášený signál, šikmé ke směru postupu signálu apod. Tyto prostředky jsou obecně známy v oboru a proto nebudou dále popisovány.

Za účelem vyloučení šumů vznikajících odrazy, podle předloženého vynálezu musí přívodní vlákno 12, které přenáší optický čerpací signál do dichroického vazebního členu 7, a tedy i do opticky aktivního vlákna 10, mít omezenou odrazivost směrem k optickému aktivnímu vlákně 10. Ve skutečnosti zlomek světelného výkonu přenosové vlnové délky, který postupuje zpět k dichroickému vazebnímu členu 7, je vysílán v přívodním vlákně 12, protože dichroické vazební členy 7 obecně používané pro tento účel ve dvou svázaných větvích nemají absolutní oddělení mezi oběma vlnovými délkami, pro které jsou dichroické vazební členy 7 navrženy. Následkem tohoto nikoliv absolutního oddělení je nezanedbatelný podíl světelného výkonu o přenosové vlnové délce v rozsahu například několik procent přenesen vazbou do větve dichroického vazebního členu 7, která nese optický čerpací signál.

Jestliže tento zlomek světelného výkonu přenosové vlnové délky je u konce přívodního vlákna 12, kde je toto připojeno

ke zdroji 9 optického čerpacího signálu, odražen, je opět vyslán přes dichroický vazební člen 7 do vnitřku aktivního optického vlákna 10 a přispívá významně k výše popsaným jevům vyvíjejícím interferometrický šum.

Tudíž se žádá, aby přívodní vlákno 12 mělo hodnotu odrazivosti nižší o 10 dB, s výhodou o 15 dB, než je hodnota odpovídající Rayleighovu rozptylu v nekonečném vláknu bez dvojnásobku hodnoty útlumu dané přestupem signálu přenosové vlnové délky ve větvi optického čerpacího signálu dichroického vazebního členu 7.

Jinými slovy, žádá se, aby u konce aktivního optického vlákna 10 připojeného k výstupnímu vláknu 8 byla odrazivost jakéhokoli vlákna k němu připojeného celkově nižší alespoň o 10 dB, s výhodou o 15 dB, než odrazivost odpovídající Rayleighovu rozptylu v nekonečném vláknu, nebo jejíž absolutní hodnota je vyšší než očekávaný zisk. Podobně musí být omezena odrazivost na druhém konci aktivního optického vlákna 10.

Předepsané charakteristiky odrazivosti přívodního vlákna 12 mohou být dosaženy opatřeními v oboru známými, například vícevrstevnými povlaky nebo šikmými povrchy. Zejména šikmý řez koncového povrchu 13 přívodního vlákna 12 připojeného ke zdroji 9 optického čerpacího signálu pod úhlem s výhodou v rozsahu od 5° do 10° zajišťuje odrazivost nižší než -15 dB, která, sečtena s útlumy vlivem průchodu dichroickým vazebním členem 7 o hodnotě asi -20 dB například pro každý průchod, dává celkovou odrazivost, viděno z konce optického aktivního vlákna 10, o hodnotě -55 dB, nižší asi o 15 dB než je odrazivost daná Rayleighovým rozptylem asi -30 dB.

Odrasové jevy v přívodním vláknu 12 by mohly být také vyloučeny umístěním optického izolátoru 11a za dichroický vazební člen 7 bezprostředně před aktivním optickým vláknem 10, jak je znázorněno v obr.3. Toto řešení, které umožňuje použití protiodrazového opatření na konci přívodního vlákna 12, může být provedeno v případě, když ztráta čerpacího výkonu, která nastává při vynechání izolátoru, nepůsobí rušivě na dobrou činnost zesilovače.

V případě výkonových zesilovačů zapojených přímo za laserem 4 přenášeného signálu, které jsou napájeny vstupním signálem majícím vysokou úroveň, vyšší, než takzvaná "saturační" úroveň, nad kterou výkon přenášeného signálu přicházejícího ze zesilovače závisí pouze na přiváděném čerpacím výkonu a který

vysílá vysoký světelný výkon, například vyšší než 4 dBm, může přídavně k výše popsaným jevům vzniknout šumový jev daný odrazem vlivem Brillouinova rozptylu, při kterém světelný výkon vyslaný do vlákna optické linky vystupující ze zesilovače vybudí vibrace v atomech vlákna, které zvyšují vyvíjení odraženého signálu na vlnové délce o něco kratší než je vlnová délka přímého signálu.

Tento odražený signál může způsobit střet s přímým přenosovým signálem, takže vznikne šum zhoršující jakost přenosu a přičítající se ke dříve popsaným jevům.

V telekomunikační lince schematicky znázorněné v obr.1 je v sestavě 14 vysílání signálu uspořádán optický izolátor 15 bezprostředně za laserem 4 a tento optický izolátor 15 chrání laser 4 před odrazy, které by mohly poškodit jeho strukturu. Podle vynálezu výkonový zesilovač 5, který je zapojen do sestavy 14, je tedy nezávislý na přítomnosti optického izolátoru 15 na jeho vstupu, jak je znázorněno v obr.4, protože funkce vyloučení odrazů směrem k aktivnímu optickému vláknu zesilovače může být v tomto případě prováděna již existujícím optickým izolátorem 15.

Ostatní části výkonového zesilovače znázorněného v obr.4 jsou podobné, pokud jde o grafické znázornění, částem popsaným pro liniové zesilovače a proto byly opatřeny stejnými vztahovými značkami.

Jako příklad byla sestrojena telekomunikační linka podle schématu znázorněného v obr.1. Jako laser 4 přenášeného signálu byl použit přímo modulovaný DFB laser tradičního typu mající emisní vlnovou délku 1535 nm. Příjemací stanice 2 sestávala z přijímače pin/HEMT známého typu, za kterým následovaly neznázorněné širokopásmové zesilovače.

Liniové optické vlákno 3 sestávalo z vláken s nízkým útlumem a posunutou dispersí a majících nulovou dispersi těsně u použité přenosové vlnové délky. Celková délka linky byla 300 km s útlumem 60 dB.

Telekomunikační linka obsahovala dva liniové zesilovače 6 a výkonový zesilovač 5. Tyto zesilovače byly vytvořeny jako zesilovače s aktivním optickým vláknem 10 na bázi křemíku, dopovaným germaniem a erbiem. Zdroj 2 optického čerpacího signálu byl miniaturizovaný Nd-YAG laser se zdvojeným kmitočtem a čerpaný diodou. Liniové zesilovače měly strukturu znázorněnou v obr.2, výkonový zesilovač měl strukturu znázorněnou v obr.4.

Liniové zesilovače měly celkový zisk každý 20 dB. Výkonový zesilovač měl saturační výkon 9 dBm a vstupní výkon 0 dBm.

Optické izolátory 11 byly izolátory s řízením polarizace typu nezávislého na polarizaci přenášeného signálu a měly izolaci větší než 35 dB a odrazivost nižší než -50 dB. Izolátory tohoto druhu jsou na trhu dosažitelné a proto jejich struktura nebude dále popisována.

Konec 13 přívodního vlákna 12 připojený ke zdroji 2 optického čerpacího signálu byl seříznut v úhlu 5° .

Přenos docílený touto strukturou měl přijímaný výkon -20 dB a šum odpovídající -40 dBm.

Pro srovnání byl uskutečněn přenos s použitím stejné zkušební struktury jak byla výše popsána, ve které byly použity na trhu dostupné optické izolátory 11 mající odrazivost -30 dB odpovídající odrazivosti vlivem Rayleighova rozptylu ve vláknu a uzpůsobené k zamezení vzniku oscilací za přítomnosti zisku až do 30 dB. Za těchto podmínek, ačkoliv nebyly přítomny žádné oscilace, byl zjištěn šum mající intenzitu -30 dB dostatečný k zamezení správného příjmu přenášeného signálu, kterýžto šum se pokládá za následek interferometrického šumu vyplývajícího z Rayleighova rozptylu a z Brillouinova rozptylu v zesilovačích s aktivním optickým vláknem.

Dichroické vazební členy 7 jsou schematicky znázorněny v obrázcích jako vazební členy se stavenými vlákny, jejichž užití je zvláště výhodné pro vytvoření zesilovačů s aktivním optickým vláknem. Nicméně je rovněž možno užít jiného typu dichroických vazebních členů, například typu používaného v mikro-optice. Pro vazební členy se žádá, zvláště když nejsou typu se stavenými vlákny, odrazivost nižší než alespoň 10 dB než odrazivost daná Rayleighovým rozptylem nebo o absolutní hodnotě vyšší než zisk zesílení pro který je zesilovač uvažován.

Je zřejmé, že je možno provést řadu obměn, aniž by se vybočilo z rámce myšlenky vynálezu.

PRÍLOHA PRO VYHÁŇKOVÁNÍ A OBJEVY	ÚŘAD PRO VYHÁŇKOVÁNÍ A OBJEVY	22. V. 91	1525-91.Q	25418	č.
		posl.			

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Telekomunikační linka s optickým vláknem, ve které se optický signál přenáší z jednoho konce na druhý konec linky bez regenerací, a podél které je uspořádán alespoň jeden liniový zesilovač opatřený aktivním optickým vláknem s jádrem dopovaným fluorescenční látkou, vyznačující se tím, že všechna vlákna připojená k aktivnímu optickému vlákně (10) liniového zesilovače nebo příslušející ke každému liniovému zesilovači (6a, 6b, 6c) mají prostředek pro omezení odrazu, jehož odrazivost, viděno z čelního konce aktivního optického vlákna (10) je nižší alespoň o 10 dB než odrazivost odpovídající Rayleighovu rozptylu ve vlákně na přenosové vlnové délce.
2. Telekomunikační linka podle bodu 1, vyznačující se tím, že prostředek pro omezení odrazu působí odrazivostí vláken sbíhajících se k aktivnímu optickému vlákně (10), které jsou rovné nebo nižší o 15 dB než odrazivost odpovídající Rayleighovu rozptylu ve vlákně na přenosové vlnové délce.
3. Telekomunikační linka podle bodu 1, vyznačující se tím, že všechna vlákna připojená k aktivnímu optickému vlákně (10) zesilovače nebo náležející ke každému liniovému zesilovači (6a, 6b, 6c) jsou opatřena prostředkem pro omezení odrazu majícím odrazivost, viděno z čelního konce aktivního optického vlákna (10), jejíž absolutní hodnota je vyšší alespoň o 10 dB, s výhodou o 15 dB než očekávaný zisk zesilovače.
4. Telekomunikační linka podle bodu 1 nebo 3, vyznačující se tím, že prostředek pro omezení odrazu zahrnuje optické izolátory (11a, 11b) řízení polarizace umístěné před a za aktivním optickým vláknem (10) zesilovače (6).
5. Telekomunikační linka podle bodu 4, vyznačující se tím, že optické izolátory (11a, 11b) jsou typu, který je necitlivý na polarizaci přenášeného signálu.
6. Telekomunikační linka podle bodu 1, vyznačující se tím, že vlákna připojená k aktivnímu optickému vlákně (10) liniového zesilovače (6) zbavená optických izolátorů mají protiodrazové povlaky a šikmý řez povrchů, kterými prochází přenášený signál pro vznik odrazivosti na vlnové délce přenášeného signálu nižší alespoň o 10 dB, s výhodou o 15 dB, než je odrazivost odpovídající Rayleighovu rozptylu ve vlákně na přenosové vlnové délce.

7. Telekomunikační linka podle bodu 3, vyznačující se tím, že vlákna připojená k aktivnímu optickému vláknu (10) liniového zesilovače (6) zbavená optických izolátorů mají protiodrazový povlak a/nebo šikmý řez konců (13), kterými prochází přenášený signál, pro vznik odrazivosti na vlnové délce přenášeného signálu, jejíž absolutní hodnota je vyšší alespoň o 10 dB, s výhodou o 15 dB, než očekávaný zisk zesilovače.

8. Optický zesilovač pro telekomunikační linky s optickým vláknem typu obsahujícího aktivní optické vlákno mající jádro dopované fluorescenční dopovací látkou připojené na koncích k optickým vláknům telekomunikační linky, ke které je aktivní optické vlákno také připojeno dichroickým vazebním členem, alespoň převodní vlákno připojené ke zdroji optického čerpacího signálu, vyznačující se tím, že všechna vlákna připojená k aktivnímu optickému vláknu (10) mají prostředek pro omezení odrazu způsobující odrazivost, viděno z čelního konce aktivního optického vlákna (10), nižší alespoň o 10 dB než odrazivost odpovídající Rayleighovu rozptylu ve vláknu na přenosové vlnové délce.

9. Optický zesilovač podle bodu 8, vyznačující se tím, že prostředek pro omezení odrazu způsobuje odrazivost vláken sbíhajících se k aktivnímu optickému vláknu (10), které jsou nižší alespoň o 15 dB než odrazivost způsobená Rayleighovým rozptylem ve vláknu.

10. Optický zesilovač podle bodu 8, vyznačující se tím, že všechna vlákna připojená k aktivnímu optickému vláknu (10) mají prostředek pro omezení odrazu, který způsobuje odrazivost, viděno z čelního konce aktivního optického vlákna (10), jejíž absolutní hodnota je vyšší alespoň o 10 dB, s výhodou o 15 dB, než očekávaný zisk zesilovače.

11. Optický zesilovač podle bodu 8, vyznačující se tím, že prostředek pro omezení odrazu obsahuje optické izolátory (11a, 11b) řízení polarizace umístěné před a za aktivním optickým vláknem (10).

12. Optický zesilovač podle bodu 8, vyznačující se tím, že optické izolátory (11a, 11b) jsou typu necitlivého na polarizaci přenášeného signálu.

13. Optický zesilovač podle bodu 11, vyznačující se tím, že každý optický izolátor (11a,11b) má odrazivost směrem k aktivnímu optickému vláknu (10) na vlnové délce přenášeného signálu nižší o 10 dB, s výhodou o 15 dB, než je odrazivost daná Rayleighovým rozptylem v liniovém vláknu.

14. Optický zesilovač podle bodu 11, vyznačující se tím, že každý optický izolátor (11a,11b) má odrazivost směrem k aktivnímu optickému vláknu (10) na vlnové délce přenášeného signálu, jejíž absolutní hodnota je vyšší alespoň o 10 dB, s výhodou o 15 dB, než je očekávaný zisk zesilovače.

15. Optický zesilovač podle bodu 8, vyznačující se tím, že přívodní vlákno (12) připojené ke zdroji (9) optického čerpacího signálu je zbaveno optických izolátorů a na svém konci (13) připojeném ke zdroji (9) optického čerpacího signálu je opatřeno prostředkem pro omezení odrazu obsahujícím protiodrazové povlakové vrstvy a/nebo šikmý řez povrchů, kterými prochází přenášený signál, přičemž prostředek pro omezení odrazu dává odrazivost, která je o 10 dB, s výhodou o 15 dB nižší než odrazivost vyplývající z Rayleighova rozptylu, při zahrnutí útlumů způsobených průchodem přenášeného signálu a odraženého signálu vazebním prostředkem.

16. Optický zesilovač podle bodu 15, vyznačující se tím, že přívodní vlákno (12) připojené ke zdroji (9) optického čerpacího signálu je zbaveno optických izolátorů (11a,11b) a na jeho konci připojeném ke zdroji (9) optického čerpacího signálu je opatřeno prostředkem pro omezení odrazu obsahujícím protiodrazové povlakové vrstvy a/nebo šikmý řez povrchů, kterými prochází přenášený signál, přičemž tento prostředek pro omezení odrazu dává odrazivost, jejíž absolutní hodnota je vyšší alespoň o 10 dB, s výhodou o 15 dB, než je očekávaný zisk zesilovače, včetně útlumu způsobeného průchodem přenášeného signálu a odraženého signálu vazebním prostředkem.

17. Optický zesilovač podle bodu 15, vyznačující se tím, že konec (13) přívodního vlákna (12) připojeného ke zdroji (9) optického čerpacího signálu je uříznut v úhlu od 5° do 10° vzhledem k rovině kolmé k ose vlákna.

18. Optický zesilovač podle bodu 15, vyznačující se tím, že vlákno (12) připojené ke zdroji (9) optického čerpacího signálu je připojeno k aktivnímu optickému vláknu (10) dichroickým vazebním členem (7), přičemž mezi aktivní optické vlákno (10) a liniové optické vlákno (3) jsou vloženy optické izolátory (11a, 11b) na jeho jednom konci a mezi liniovým optickým vláknem (3) a dichroickým vazebním členem (7) bezprostředně u aktivního optického vlákna (10) na jeho druhém konci.

19. Optický zesilovač podle bodu 15, vyznačující se tím, že pří-
vodní vlákno (12) připojené ke zdroji (9) optického čerpacího
signálu je připojeno k aktivnímu optickému vláknu (10) dichroic-
kým vazebním členem (7) a optický izolátor (11a) je vložen mezi
aktivní optické vlákno (10) a dichroický vazební člen (7).

20. Optický zesilovač podle bodu 8, vyznačující se tím, že když
výkonové zesilovače (5) pracují s výkonovým přenášeným signá-
lem vyšším než je saturační výkon zesilovače a připojené bez-
prostředně k laseru (4) vysílajícímu přenášený signál a opatře-
nému příslušným ochranným optickým izolátorem (15), je optický
izolátor (11b) umístěn pouze za aktivním optickým vláknem (10)
ve směru přenosu přenášeného signálu.

Zastupuje:

