

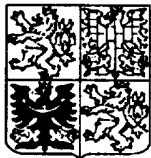
PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

280 804

ČESKÁ
REPUBLIKA

(19)



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **124-91**

(22) Přihlášeno: 21. 01. 91

(30) Právo přednosti:
22. 01. 90 IT 90/19128

(40) Zveřejněno: 15. 09. 91

(47) Uděleno: 23. 02. 96

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: 17. 04. 96

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.⁶:

G 02 B 6/28

G 02 F 1/39

H 01 P 1/16

(73) Majitel patentu:

PIRELLI CAVI S.p.A., Milano, IT;

(72) Původce vynálezu:

Grasso Giorgio, Monza, IT;

Righetti Aldo, Milano, IT;

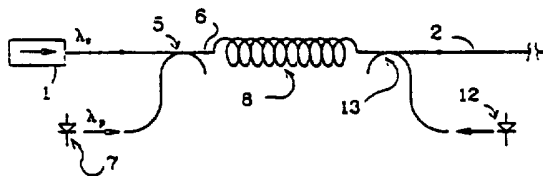
Meli Fausto, Piacenza, IT;

(54) Název vynálezu:

Optický výkonový zesilovač

(57) Anotace:

Zařízení, zejména pro telekomunikační linky (2) s optickými vlákny (6,8) typu Al/Er obsahujícího aktivní vlákno (8) dopované fluorescenční látkou, zejména erбием (Er₂O₃), čerpané čerpacím laserem (7,12) s výstupem na vlnové délce 980 nm, kde aktivní vlákno (8) obsahuje jako dopovací látku modifikující index lomu oxid hliníkový (Al₂O₃).



Optický výkonový zesilovač

Oblast techniky

Vynález se týká optického výkonového zesilovače, obsahujícího aktivní dopované vlákno s dopovací látkou modifikující index lomu a erbium jako fluorescenční dopovací látku, napájeného z čerpacího laseru přes relativní dichroický vazební člen a připojeného k telekomunikační lince s optickým vláknem, přičemž tento zesilovač je uzpůsoben k činnosti v podmínkách nasycení pro stimulovaný výstup fluorescenční dopovací látky.

Dosavadní stav techniky

Pro přenos signálu telekomunikační linkou s optickým vláknem na dlouhé vzdálenosti je nutné, aby signál dospěl do přijímací stanice s dostatečnou úrovní k umožnění rozlišení a užití. Protože při přenosu v optickém vlákně dochází k útlumu světelného signálu, musí signál zavedený do vlákna na začátku mít pokud možno nejvyšší úroveň, aby v přijímací stanici vzdálené desítky nebo stovky kilometrů byl získán signál dostatečné úrovně.

Lasery používané k vyvíjení vysílacího signálu mají však do jisté míry omezený výkon, ne vyšší než několik mW, zatímco lasery vyšších výkonů nejsou schopny vyvíjet takové signály. Je tedy nutno použít výkonových zesilovačů k získání signálu vyvíjeného laserem a jeho zesílení na požadovanou úroveň.

Je známo, že optická vlákna mající jádro dopované zvláštními látkami, například ionty vzácných zemin, mají stimulované výstupní charakteristiky vhodné k použití jako optické zesilovače.

Tato vlákna mohou být napájena zdrojem světla, který se nazývá "čerpací zdroj", na určité vlnové délce, odpovídající vrcholu absorpčního spektra dopovací látky, která má schopnost uvést atomy dopovací látky do vybuzeného energetického stavu nebo čerpacího pásma, ze kterého tyto atomy přecházejí spontánně ve velmi krátkém čase do stavu laserového výstupu, ve kterém zůstávají po poměrně dlouhou dobu.

Když vlákno mající vysoký počet atomů ve vybuzeném stavu na emisní úrovni je zatíženo světelným signálem o vlnové délce odpovídající takovému stavu laserové emise, signál způsobí přechod vybuzených atomů na nižší úroveň s emisí světla o vlnové délce stejné jako má signál. Vlákno tohoto druhu může tedy být použito k získání zesílení optického signálu.

Jsou známy optické zesilovače využívající erbium jako dopovací látku laserové emise při využití fluorescence arbia kolem 1 550 nm pro zesílení signálu v takovém rozmezí, ve kterém jsou nejlepší přenosové charakteristiky vlákna telekomunikační linky z hlediska útlumu signálu.

Výkonové optické zesilovače používající vlákna dopovaná erbiem byla popsána v pojednání "Proceeding ECOC (European Conference on Optical Communication) 1989", str. 42 až 43. Toto pojednání popisuje výkonový zesilovač používající vlákna z oxidu kře-

mičitého dopovaného germaniem a erbiem, čerpaných laserem typu Nd-YAG s kmitočtem zdvojeným na 532 nm.

Takovýto zesilovač má však velmi nízkou účinnost zesílení, definovanou jako poměr mezi výkonem přenášeného signálu na výstupu a přiváděným čerpacím výkonem, a sice nižší než 20 %, což je hodnota velmi vzdálená od maximální teoretické účinnosti.

Z britské přihlášky vynálezu EP-A-0345957 jsou známa vlákna typu Al/Er, ve kterých dopovací látka používaná k získání průběhu indexu lomu vhodného pro vedení světla je (Al_2O_3). Vlákna jsou vhodná pro optické zesilovače čerpané na vlnové délce 514,5 nm, například argonovým laserem.

Podle zmíněné přihlášky vynálezu jsou vlákna Al/Er výhodnější než tradiční vlákna Ge/Er při čerpání na vlnové délce 514,5 nm, protože zamezují absorpční jevy ve vybuzeném stavu, které vznikají ve vláknech Ge/Er při této vlnové délce.

K získání vysoké účinnosti zesílení je na druhé straně výhodné použít poměrně vysoké čerpací vlnové délky, zejména je výhodná vlnová délka 980 nm, protože účinnost zesílení výkonového zesilovače je v podstatě úměrná čerpací vlnové délce.

Podstata vynálezu

Úkolem vynálezu je vytvořit výkonový optický zesilovač, který má vysokou účinnost zesílení při poměrně vysokých čerpacích vlnových délkách podstatně vyšších než 520 nm.

Vynález řeší úkol tím, že vytváří optický výkonový zesilovač obsahující aktivní dopované vlákno obsahující dopovací látku modifikující index lomu a erbium jako fluorescenční dopovací látku, napájený z čerpacího laseru přes relativní dichroický vazební člen a připojený k telekomunikační lince s optickým vláknem, přičemž tento zesilovač je uzpůsoben k činnosti v podmínkách nasycení pro stimulovaný výstup fluorescenční dopovací látky, jehož podstata spočívá v tom, že dopovací látka modifikující index lomu je oxid hlinitý (Al_2O_3).

Vlnová délka čerpacího laseru připojeného k aktivnímu vlákně je podstatně vyšší než 520 nm, s výhodou rovna 980 nm.

Koncentrace erbia (Er_2O_3) ve vlákně vyjádřená jako hmotnost je rovna od 30 do 2 000 ppm, s výhodou od 30 do 1 000 ppm.

Aktivní vlákno může být monomodální na vlnové délce přenášeného signálu, ne však na čerpací vlnové délce, aby byl vysoký čerpací výkon uvnitř celého úseku téhož vlákna.

Alternativně může být aktivní vlákno monomodální na vlnové délce přenášeného signálu i na čerpací vlnové délce za účelem snížení spojovacích ztrát s dichroickým vazebním členem čerpacího laseru.

Ve výhodném provedení má optický výkonový zesilovač podle předloženého vynálezu dva čerpací lasery připojené ke dvěma kon-

cům aktivního vlákna přes příslušné dichroické vazební členy, orientované se vstupním směrem světelného výkonu vysílaného čerpacím laserem směřovaným k témuž aktivnímu vláknu.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález je znázorněn na připojených výkresech, kde na obr. 1 je schéma optické telekomunikační linky s výkonovým zesilovačem, na obr. 2 je schéma optického výkonového zesilovače používajícího aktivní vlákno, na obr. 3 je diagram energetických přechodů vlákna pro zesilovač podle obr. 2 vhodný pro vyvíjení stimulovaného laserového výstupu, na obr. 4 je závislost výstupního výkonu na čerpacím výkonu ve výkonovém zesilovači používajícím aktivní vlákno podle vynálezu, na obr. 5 je závislost výstupního výkonu na čerpacím výkonu ve výkonovém zesilovači používajícím aktivní vlákno typu Ge/Er a na obr. 6 jsou fluorescenční spektra vlákna podle vynálezu a vlákna typu Ge/Er.

Příklady provedení vynálezu

Telekomunikační linka s optickými vlákny schematicky znázorněná v obr. 1 obecně obsahuje vysílač 1 pro vysílání přenášených signálů, linku 2 s optickým vláknem vhodnou pro přesnost do ní zavedených signálů na dlouhé vzdálenosti a přijímač 3, do kterého signály přicházejí.

Za účelem zavedení do telekomunikační linky 2 s optickými vlákny optických signálů, které mají počáteční úroveň výkonu dostatečně vysokou, aby jim umožnila dosáhnout přijímače 3 umístěného desítky nebo stovky kilometrů daleko od vysílače 1 majícího přijatelnou úroveň výkonu pro citlivost přijímacích přístrojů, nehledě na nevyhnutelný útlum způsobený dlouhou dráhou ve vláknu, optické signály, které jsou vyvíjeny laserem ve vysílači 1, se obvykle zesilují výkonovým zesilovačem 4.

Použitelné lasery pro vyvíjení přenášených signálů, pracující na vlnové délce, na které jsou přenosové charakteristiky vlákna nejlepší, to znamená v oblasti tak zvaného třetího okna kolem 1 500 až 1 600 nm, jsou polovodičové lasery, modulovatelné a s dobrou spektrální charakteristikou, tyto lasery však mají poněkud nízkou úroveň výstupního signálu nepřesahující asi 3 dBm při výkonu 5 mW. Z tohoto důvodu signál, který vyvíjejí, by měl před zavedením do linky být zesílen na vyšší úroveň například 15 až 20 dBm.

Pro optické zesílení signálů, které mají být zavedeny do linky s optickými vlákny pro telekomunikace se používají výkonové zesilovače s optickými vlákny.

Struktura zesilovače s optickým vláknem je schematicky znázorněna v obr. 2. Přenášený signál o vlnové délce λ_s se vede k dichroickému vazebnímu členu 5, kde se spojuje na jediném výstupním vlákně 6 s čerpacím signálem o vlnové délce λ_p vyvíjeným čerpacím laserem 7. Aktivní vlákno 8 vhodné délky připojené k výstupnímu vlákně 6 dichroického vazebního členu 5 tvoří zesilovač signálu, který je zaveden do telekomunikační linky 2 a dále k místu určení.

Optický zesilovač popsaného typu obecně používá aktivní optické vlákno 8 z oxidu křemičitého (SiO_2) dopované erbiem (Er_2O_3), které umožňuje získat zesílení přenášeného signálu využitím stimulovaných přechodů erbia.

Jak ukazuje diagram v obr. 3 znázorňující symbolicky dosažitelný energetický stav iontu erbia (Er^{3+}) v roztoku v matrici oxidu křemičitého (SiO_2) ve vláknu, zavede-li se do aktivního vlákna 8 světelný výkon o čerpací vlnové délce λ_p nižší než je vlnová délka λ_s přenášeného signálu, převede se určitý počet iontů erbia (Er^{3+}) přítomných jako dopovací látka ve skleněné matrici vlákna do vybuzeného energetického stavu 9 nebo do "čerpacího pásma", ze kterého ionty přecházejí spontánně na energetickou úroveň 10 tvořící úroveň laserové emise.

Na úrovni 10 výstupu laseru mohou ionty erbia (Er^{3+}) zůstat poměrně dlouho než spontánně přejdou na základní úroveň 11.

Jak je známo, zatímco přechod z pásma 9 na úroveň 10 je spojen s tepelným výstupem, který je rozptýlen do okolí vlákna, přechod z úrovně 10 na základní úroveň 11 vyvíjí světelnou emisi sestávající z fotonu o vlnové délce odpovídající hodnotě energie úrovně 10 laserové emise. Když vlákno obsahující velký počet iontů na úrovni laserové emise je zatíženo signálem o vlnové délce odpovídající této úrovni emise, signál způsobí stimulovaný přechod těchto iontů z úrovně emise na základní úroveň, před jejich spontánním přechodem sdruženým s odpovídajícím výstupem fotonů ve fázi s fotony signálu, což dává vznik "vodopádovému jevu", který na výstupu aktivního vlákna 8 vytváří emisi silně zesíleného přenášeného signálu.

Za přítomnosti signálů ve vstupu do aktivního vlákna 8 s nízkou úrovní výkonu, například signálu, který byl utlumen když prošel velkou vzdáleností uvnitř optického vlákna, a za podmínek nízkých výstupních výkonů je světelný výkon P_u přenášeného signálu o vlnové délce λ_s ve výstupu aktivního vlákna 8 úměrný výkonu P_i téhož signálu ve vstupu vlákna a konstanta úměrnosti mezi nimi je definována jako zisk G zesílení, podle vztahu $P_u = G P_i$.

Takové pracovní podmínky jsou typické u liniových zesilovačů, umístěných podél optického vlákna telekomunikační linky 2 k obnovení signálu utlumeného po určité dráze ve vláknu na dostatečnou úroveň.

Za přítomnosti vstupního signálu vysokého výkonu a s vysokým výstupním výkonem podstatně větším než 5 % zavedeného čerpacího výkonu pracuje optický zesilovač v podmínkách nasycení a dává výstupní výkon, který prakticky již nezávisí na vstupním výkonu, ale pouze na čerpacím výkonu. Za přítomnosti velkého počtu fotonů uvnitř aktivního vlákna 8 je kapacita vlákna emitovat nové fotony vlivem stimulovaných přechodů úrovně 10 laserové emise omezena možností, související se zavedeným čerpacím výkonem, dodat dostatečný počet iontů erbia na úrovni 10 laserové emise a nezávisí na

počtu fotonů vstupního signálu, to je na vstupním výkonu do vlákna.

Takové podmínky činnosti jsou typické pro výkonové zesilovače a pro ně máme vztah $P_u = K P_p$, kde P_u je výstupní výkon, P_p je vstupní výkon a K je konstanta odpovídající účinnosti zesilovače.

Maximální účinnost zesilovače je teoretická účinnost odpovídající situaci, ve které pro každý foton přivedený do vlákna při čerpací vlnové délce λ_p , který způsobí přechod iontu dopovací látky ze základní úrovně 11 na úroveň 10 laserové emise, se odehraje emise fotonu za přítomnosti signálu na přenosové vlnové délce λ_s . Takové podmínky odpovídající účinnost zesílení, která se nazývá "kvantová účinnost", to je účinnost rovná poměru vlnové délky vstupního fotonu, což je čerpací foton, a vlnové délky výstupního fotonu, což je přenosový foton: $E_q = \lambda_p / \lambda_s$.

V případě vlnové délky přenášeného signálu 1 550 nm a čerpací vlnové délky 980 nm je kvantová účinnost rovna asi 63 %, to je 980/1 550.

K získání vysoké účinnosti zesílení je tedy nutné pracovat při odpovídajících podmínkách, s vysokou kvantovou účinností při použití poměrně vysokých čerpacích vlnových délek a dále přiblížit se co nejvíce ke kvantové účinnosti.

Pro vytvoření výkonového zesilovače shora popsaného typu bylo zjištěno, že aktivní vlákna 8 z oxidu křemičitého (SiO_2) dopované oxidem hlinitým (Al_2O_3) k získání žádaného průběhu indexu lomu a obsahující erbium (Er_2O_3) jako dopovací látku s laserovou emisí dávají velmi vysokou účinnost blízkou kvantové účinnosti shora popsané v souhlase s čerpací vlnovou délkou vyšší než 520 nm a zejména v souvislosti s absorpčním vrcholem erbia při 980 nm.

Shora popsaná vlákna se získají technikou dopování v roztoku v oboru dobře známou, při které základní dopovací látka to je oxid hlinitý (Al_2O_3) a fluorescenční dopovací látka, to je iontů erbia (Er^{3+}), se zavádějí do jádra vlákna ponořením do vodného roztoku obsahujícího příslušné soli, přičemž trubkovitý polotovar má jednu vnitřní sinterovanou vrstvu, která se potom roztaví a smrští při vytažení vlákna z ní.

Popis takového druhu vláken a příslušného způsobu výroby je popsán v britské přihlášce vynálezu č. 8813769.

Pro vytvoření výkonových zesilovačů podle předloženého vynálezu vlákna dopovaná oxidem hlinitým (Al_2O_3) obsahují podíl erbia vyjádřený jako koncentrace ve hmotnosti erbia (Er_2O_3) od 30 do 2 000 ppm, s výhodou od 30 do 1 000 ppm. Obsah dopovací látky modifikující index lomu, to je oxid hlinitý (Al_2O_3), a průběh indexu lomu ve vláknu v radiálním směru lze zvolit podle specifických

požadavků využití a tyto hodnoty nejsou podmínkami pro účely předloženého vynálezu.

Zvláště numerický otvor a průměr modu vlákna se výhodně zvolí tak, aby vyhovovaly vazbě s malou ztrátou s vláknem linky, zatímco obsah erbia (Er_2O_3) a jeho radiální rozdělení ve vlákně mohou být zvoleny v souvislosti s délkou zvoleného aktivního vlákna 8, vstupním výkonem a podobně podle známých kritérií.

Aktivní vlákno 8 je monomodální na přenosové vlnové délce. Nemusí být monomodální na čerpací vlnové délce pro účel souhlasu vstupu do vlákna většího možného množství čerpacího výkonu rozděleného v celém úseku. Použití vlákna monomodálního na čerpací vlnové délce λ_p může být výhodné pro zjednodušení a omezení spojovacích ztrát vlákna s dichroickým vazebním členem 5.

S takovými vlákny je možné vytvořit výkonový zesilovač podle schéma znázorněného v obr. 2 a popsaný shora. Za účelem zachování vysoké hodnoty čerpacího výkonu pro celou délku aktivního vlákna 8 a pro zvýšení celkového čerpacího výkonu zavedeného do vlákna je obvykle možné uspořádat druhý čerpací laser 12 ve směru přenosu za aktivním vláknem 8, s relativním dichroickým vazebním členem 13 orientovaným k těmto aktivnímu vlákně 8.

To umožňuje zejména použít čerpací laser 12 nepřilíš vysokého výkonu za účelem zamezení významného útlumu signálu, zatímco se přivádí všechna nutná energie do aktivního vlákna 8.

Použití vlákna dopovaného oxidem hlinitým (Al_2O_3) a ionty erbia (Er^{3+}) čerpaného na 980 nm ± 5 nm umožnilo získat velmi vysokou účinnost zesílení, blízkou výše uvedené kvantové účinnosti a vyšší než 60 % takové hodnoty. Tradiční vlákna dopovaná germaniem naproti tomu měla velmi nízkou účinnost, nižší než 30 % kvantové účinnosti.

Obr. 4 znázorňuje závislost výstupního výkonu P_u na čerpacím výkonu P_p pro zesilovač vytvořený použitím vlákna podle vynálezu typu Al/Er. Vlákno mělo tyto charakteristiky:

Numerický otvor 0,16
Obsah erbia ve hmotnosti (Er_2O_3) 350 ppm
Vlnová délka cut-off 930 nm
Průměr podle modu při 1536 nm cut-off 8,14 μm

Na vstupu zesilovače byl výkon přenášeného signálu o vlnové délce $\lambda_s = 1536$ nm $P_i = -2$ dBm. Čerpací vlnová délka byla $\lambda_p = 980$ nm a aktivní vlákno mělo délku 3,7 m.

Za těchto podmínek byla získána účinnost zesílení v podstatě rovná kvantové účinnosti.

Pro srovnání znázorňuje obr. 5 závislost výstupního výkonu P_u na čerpacím výkonu P_p pro zesilovač vytvořený s použitím tradičního vlákna typu Ge/Er. Vlákno mělo tyto charakteristiky:

Numerický otvor 0,21
 Obsah erbia ve hmotnosti (Er_2O_3) 300 ppm
 Vlnová délka cut-off 980 nm
 Průměr pole modu při 1536 nm 5,82 μm

Na vstupu zesilovače byl výkon přenášeného signálu o vlnové délce $\lambda_s = 1536 \text{ nm}$ $P_i = 0 \text{ dBm}$. Čerpací vlnová délka byla $\lambda_p = 980 \text{ nm}$ a aktivní vlákno mělo délku 4 m.

Získaná účinnost zesílení byla v tomto případě 16 %, to je asi 25 % kvantové účinnosti.

Ze srovnání obou diagramů vyplývá, že vlákno typu Al/Er má lepší vlastnosti než vlákno typu Ge/Er.

Průmyslová využitelnost

Vlákno typu Al/Er dává fluorescenční spektrum širší než odpovídající vlákno typu Ge/Er, jak plyne ze křivek A a G v obr. 6. Taková aktivní vlákna jsou tedy zdrojem většího šumu ve srovnání s vlákny typu Ge/Er, následkem spontánního útlumu iontů erbia při vlnových délkách odlišných od vlnových délek signálu v případě jejich použití jako liniových zesilovačů, to je při nízkém výstupním výkonu ve srovnání s čerpacím výkonem.

Při použití jako výkonových zesilovačů bylo však zjištěno, že vlákna typu Al/Er nedávají významný výstupní šum ve srovnání s vlákny typu Ge/Er. Soudí se, že je to způsobeno tím, že podmínka nasycení popsaná shora, při které zesilovač pracuje, způsobuje, že ve vláknech typu Al/Er v podstatě všechny ionty erbia uvedené na úroveň laserové emise přejdou na základní úroveň působením fotonu signálu, jak dokazuje účinnost zesílení velmi blízká kvantové účinnosti zjištěné u takových vláken, takže prakticky u žádných iontů nedochází ke spontánnímu přechodu působícím šum, který navíc je zanedbatelný ve všech případech dané úrovně výstupního výkonu signálu.

Rozšíření fluorescenčního spektra vlákna má dále výhodu, že umožňuje větší volnost při volbě vlnové délky přenášeného signálu, což například dovoluje přijmout širší výrobní odchylky laseru vysílajícího signál.

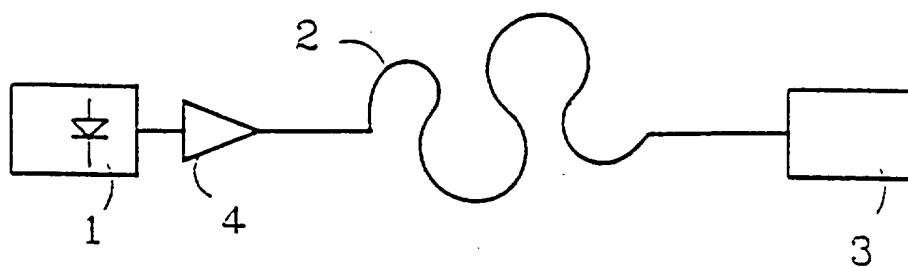
Ukázalo se proto, že vlákna podle předloženého vynálezu jsou zvláště výhodná pro použití v optických zesilovačích s výkonovým vláknem, protože dávají účinnost zesílení podstatně vyšší než dosud známá vlákna.

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

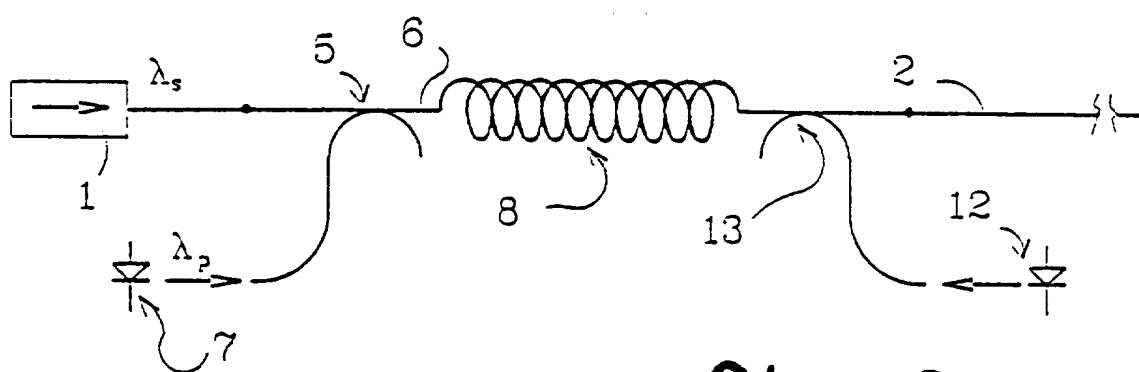
P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Optický výkonový zesilovač, obsahující aktivní dopované vlákno obsahující dopovací látku modifikující index lomu a jako fluorescenční dopovací látku erbium, napájený z čerpacího laseru přes relativní dichroický vazební člen a připojený k telekomunikační lince s optickým vláknem, přičemž tento zesilovač je uzpůsoben k činnosti v podmínkách nasycení pro stimulovaný výstup fluorescenční dopovací látky, v y z n a č u j í c í s e t í m, že dopovací látku modifikující index lomu je oxid hlinitý (Al_2O_3).
2. Optický výkonový zesilovač podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že vlnová délka čerpacího laseru (7, 12) připojeného k aktivnímu vláknem (8) je vyšší než 520 nm.
3. Optický výkonový zesilovač podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že vlnová délka čerpacího laseru (7, 12) připojeného k aktivnímu vláknem (8) je 980 nm.
4. Optický výkonový zesilovač podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že koncentrace erbia (Er_2O_3) ve zmíněném aktivním vláknem (8) vyjádřená ve hmotnosti je mezi 30 a 2 000 ppm.
5. Optický výkonový zesilovač podle nároku 3, v y z n a č u j í c í s e t í m, že koncentrace erbia (Er_2O_3) v aktivním vláknem (8) vyjádřená ve hmotnosti je mezi 30 a 1 000 ppm.
6. Optický výkonový zesilovač podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že aktivní vlákno (8) je na rozdíl od čerpací vlnové délky na vlnové délce přenášeného signálu monomodální.
7. Optický výkonový zesilovač podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že aktivní vlákno (8) je monomodální na vlnové délce přenášeného signálu i na čerpací vlnové délce.
8. Optický výkonový zesilovač podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že obsahuje dva čerpací lasery (7, 12) připojené k oběma koncům aktivního vlákna (8) přes příslušné dichroické vazební členy (5, 13) orientované se vstupním směrem světelného výkonu vysílaného čerpacím laserem (7, 12) směrovaným k aktivnímu vláknem (8).

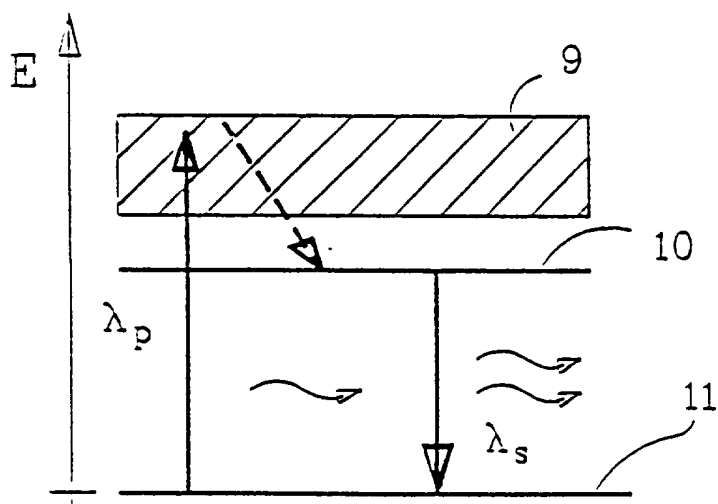
2 výkresy



Obr. 1

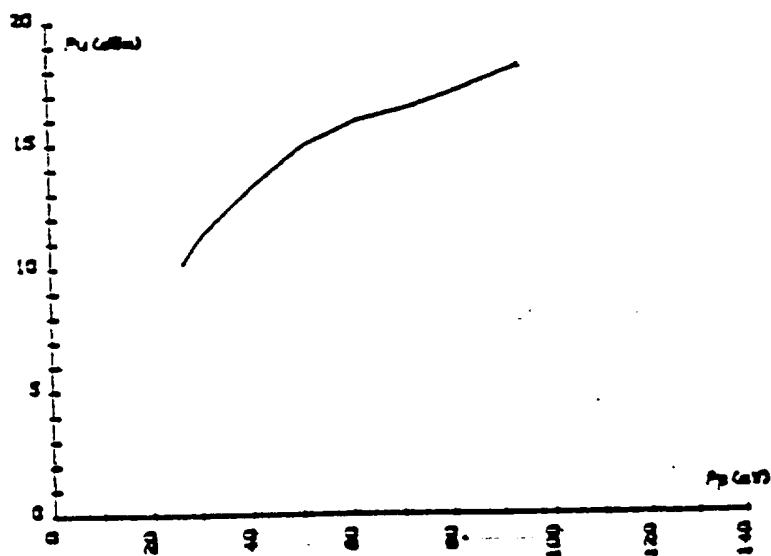


Obr. 2

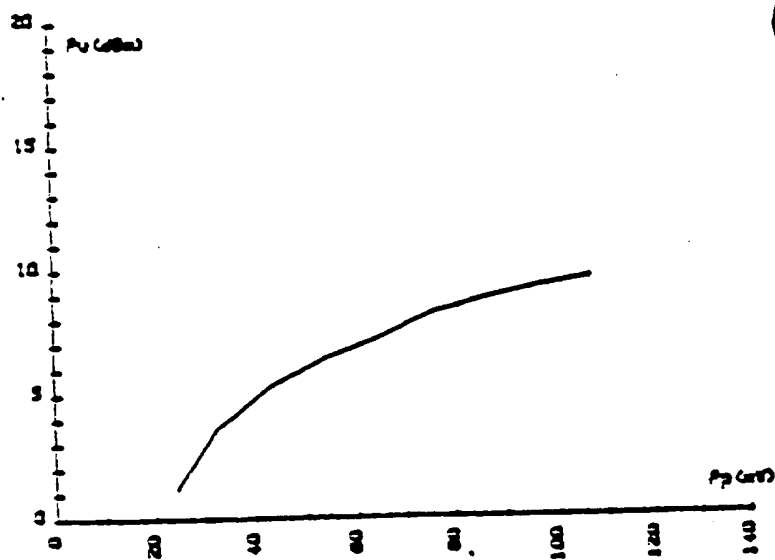


Obr. 3

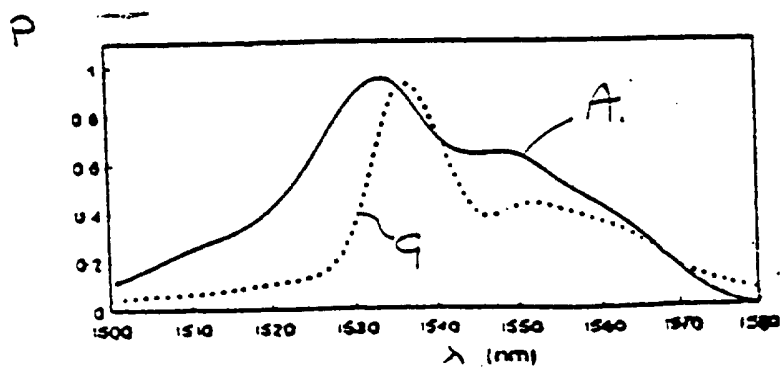
CZ 280804 B6



Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6

Konec dokumentu