

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3991418号
(P3991418)

(45) 発行日 平成19年10月17日(2007.10.17)

(24) 登録日 平成19年8月3日(2007.8.3)

(51) Int. Cl.		F I			
HO 1 S	3/10	(2006.01)	HO 1 S	3/10	Z
HO 4 B	10/04	(2006.01)	HO 4 B	9/00	S
HO 4 B	10/06	(2006.01)			
HO 4 B	10/14	(2006.01)			

請求項の数 1 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願平10-21805	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成10年2月3日(1998.2.3)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開平11-220197		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成11年8月10日(1999.8.10)	(74) 代理人	100113077
審査請求日	平成17年1月24日(2005.1.24)		弁理士 高橋 省吾
		(74) 代理人	100112210
			弁理士 稲葉 忠彦
		(74) 代理人	100108431
			弁理士 村上 加奈子
		(74) 代理人	100128060
			弁理士 中鶴 一隆
		(72) 発明者	本島 邦明
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 利得制御機能付光増幅装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

希土類元素または遷移金属等のレーザー活性物質を添加した光ファイバを増幅媒体として有する光増幅器と、前記光増幅器に入力される複数の信号光の波長の平均値に近似した波長の光を発生する補償光源と、前記光増幅器に入力される複数の信号光と前記補償光源の出力光を結合して前記光増幅器へ入力する結合手段と、前記光増幅器に入力される複数の信号光と前記補償光源の出力光の電力の総和が一定となるよう前記補償光源を制御する補償光源制御手段を有することを特徴とする利得制御機能付光増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、希土類元素または遷移金属等のレーザー活性物質を添加した光ファイバを用いた光増幅器、特にその光出力電力が光入力電力に依らず一定となるような利得制御機能を有する光増幅器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバ増幅器は、従来の3R(Reshaping, Retiming, Regenerating)機能を有する光中継器と比較して、伝送速度に依存しない、中継器の簡素化が可能、波長多重による大容量化が可能などの望ましい特徴を有しており、光通信システムの柔軟性を高めるキーコンポーネントとして期待されている。特に波長多重技術を用いた光ネットワークにおいては

、波長数の増減によらず一定の利得、雑音指数を持つ光ファイバ増幅器が必須となる。

【 0 0 0 3 】

従来のこの種の利得制御機能付光増幅装置としては、例えば Electronics Letters, January 31, 1991, vol.27, no.3, pp.193-195 に示されたものがあり、第 8 図は上記文献に示された従来の利得制御機能付光増幅装置の構成を示す図である。第 8 図において 1 は希土類元素または遷移金属等のレーザー活性物質を添加した光ファイバ（以下ドープファイバと略す）、2 は励起光源、3 は信号光と励起光を低損失で結合する波長多重結合器（以下 WDM カプラと略す）、4 は光アイソレータ、5 は信号光入力端子、6 は信号光出力端子、7 a、7 b は光カプラ、8 は光検出器、9 は励起光源制御回路、10 はプローブ光源、11 は変調器である。

10

【 0 0 0 4 】

動作について説明する。信号光入力端子 5 から入力される光信号は光カプラ 7 a、光アイソレータ 4、WDM カプラ 3 を介してドープファイバ 1 に入力される。ドープファイバ 1 には励起光源 2 からの励起光が WDM カプラ 3 を介して入力され、励起光のエネルギーを信号光エネルギーに変換することで信号光の増幅を行う。増幅された信号光は光カプラ 7 b を介して信号光出力端子 6 から出力される。ドープファイバ 1 の信号利得は大きいほど信号利得は大きくなる。波長多重光通信システムの場合を考えると、ドープファイバ 1 の利得は波長数が多いほど利得が小さくなる。このような光ファイバ増幅器の特性は、例えば送信側の光増幅器の現用・予備切替による送信電力変動や、必要な伝送容量に合わせて波長数を時間的に制御するようなネットワークにおいては、利得が時間的に変化することになり、望ましくない。

20

【 0 0 0 5 】

図 8 に示す従来例では、以下のような制御を行うことにより上記のような問題を解決している。プローブ光源 10 は信号光入力端子 5 から入力される信号光と異なる波長を有し、変調器 11 で特定の周波数 f_0 及び変調度で変調される。プローブ光源 10 の出力光は光信号は光カプラ 7 a、光アイソレータ 4、WDM カプラ 3 を介してドープファイバ 1 に入力され、ドープファイバ 1 で増幅された後光カプラ 7 b を介して光検出器 8 で光電気変換される。励起光源制御回路 9 は光検出器 8 から出力される周波数 f_0 の信号電力が一定となるよう励起光源 2 の光出力を制御する。これによりドープファイバ 1 のプローブ光源 10 の波長における信号利得は一定となる。ドープファイバ 1 は、一般にホモジニアスな特性、即ちある波長で利得が一定であれば他の周波数においても利得は一定であると言う特性を有する。従ってドープファイバ 1 の信号利得は信号光入力端子 5 から入力される信号光の波長においても一定となり、波長数に依存しない安定な増幅特性が実現できる。

30

【 0 0 0 6 】

【 発明が解決しようとする課題 】

従来の利得制御機能付光増幅装置は上記の通りドープファイバ 1 の利得をモニタするためにプローブ光源 10 が必要である。また、励起光源 2 の光電力を制御するため、最大で 1 アンペア程度の電流を制御する大規模な励起光源制御回路 9 が必要であった。また、励起光源を制御する場合、その出力電力に依存して波長が変動し、ドープファイバ 1 の励起効率が変化して利得が不安定になる可能性もある。

40

【 0 0 0 7 】

【 課題を解決するための手段 】

この発明に係わる利得制御機能付光増幅装置は、希土類元素または遷移金属等のレーザー活性物質を添加した光ファイバを増幅媒体として有する光増幅器と、前記光増幅器に入力される複数の信号光の波長の平均値に近似した波長の光を発生する補償光源と、前記光増幅器に入力される複数の信号光と前記補償光源の出力光を結合して前記光増幅器へ入力する結合手段と、前記光増幅器に入力される複数の信号光と前記補償光源の出力光の電力の総和が一定となるよう前記補償光源を制御する補償光源制御手段とを有するものである。

【 0 0 1 2 】

50

【発明の実施の形態】

実施の形態 1 .

本実施の形態は、光増幅器に入力される複数の信号光と補償光源の出力光の電力の総和が一定となるよう補償光源を制御するものである。

図 1 は本実施の形態による利得制御機能付光増幅装置の構成を示す図であり、1 はドープファイバ、2 は励起光源、5 は信号光入力端子、6 は信号光出力端子、7 a , 7 b は光カプラ、1 2 は励起光源駆動回路、1 3 は補償光源、1 4 は補償光制御回路、1 5 は光検出器、1 6 は電流電圧変換回路、1 7 は比較器である。

図 2 はレーザ媒質として最も良く用いられるエルビウムイオンを添加したドープファイバの利得係数と吸収係数を示す図であり、図において 5 0 は吸収係数、5 1 は利得係数である。

10

図 3 は図 1 による利得制御機能付光増幅装置の利得波長特性を示す図であり、5 2、5 3、5 4 は励起光電力がそれぞれ 8 1 mW、3 1 mW、1 4 mW の時の特性である。

【0013】

動作について説明する。

図 1 において励起光源駆動回路 1 2 は、励起光源 2 が一定の光出力を出力するよう温度変化、経時変化に応じて励起光源 2 のへの電流を調整する。信号入力端子 5 から入力される複数の波長の信号光は、光カプラ 7 a を介してその一部を補償光源制御回路 1 4 に入力される。補償光源制御回路 1 4 に入力された信号光は、光検出器 1 5 で光電気変換された後電流電圧変換回路 1 6 で光検出器 1 5 に入力される光電力に比例した電圧信号に変換される。

20

【0014】

比較器 1 7 は、一定の参照電圧 V_{ref} と電流電圧変換回路 1 6 の出力電圧を比較し、電流電圧変換回路 1 6 の出力電圧が参照電圧 V_{ref} より小さい時、即ち光検出器 1 5 に入力される光電力が一定値より小さい時補償光源 1 3 の出力を増加させ、電流電圧変換回路 1 6 の出力電圧が参照電圧 V_{ref} より大きい時、即ち光検出器 1 5 に入力される光電力が一定値より大きい時補償光源 1 3 の出力を減少させ、ドープファイバ 1 へ入力される信号光と補償光の電力の和が一定となるよう制御する。

【0015】

これにより、ドープファイバ 1 の利得はほぼ一定に保たれるが、補償光源 1 3 の波長を信号入力端子 5 から入力される複数の信号光の波長の平均値に設定することにより、さらに利得の制御精度を改善できることを以下に示す。

30

ドープファイバ 1 の利得を決めるのは、ドープファイバ 1 中に発生する反転分布であり、ドープファイバ 1 の利得は反転分布に比例する。反転分布は以下のスペクトル分解レート方程式で表される。

【0016】

【数 1】

$$\frac{n_2}{n_t} = \frac{\frac{P_c \cdot \alpha_c}{h \cdot \nu_c \cdot \zeta} + \sum_i \frac{P_i \cdot \alpha_i}{h \cdot \nu_i \cdot \zeta} + \frac{P_p \cdot \alpha_p}{h \cdot \nu_p \cdot \zeta}}{1 + \frac{P_c \cdot \alpha_c}{h \cdot \nu_c \cdot \zeta} + \sum_i \frac{P_i \cdot (\alpha_i + g_i)}{h \cdot \nu_i \cdot \zeta} + \frac{P_p \cdot (\alpha_p + g_p)}{h \cdot \nu_p \cdot \zeta}} \quad \dots (1)$$

40

【0017】

ただし、

50

n_2	:	レーザ上準位のイオン密度	
n_t	:	トータルイオン密度	
h	:	プランク定数	
ζ	:	飽和パラメータ	
ν_i	:	信号光の周波数 ($i=1\sim n$)	
α_i	:	信号光波長の吸収係数 ($i=1\sim n$)	
g_i	:	信号光波長の利得係数 ($i=1\sim n$)	10
ν_c	:	補償光波長の周波数	
α_c	:	補償光波長の吸収係数	
g_c	:	補償光波長の利得係数	
ν_p	:	励起光波長の周波数	
α_p	:	励起光波長の吸収係数	
g_p	:	励起光波長の利得係数	
P_i	:	信号光パワー	20
P_p	:	励起光パワー	

ここで、レーザ媒質として例えばエルビウムを考えると、増幅できる信号波長範囲は1530～1560nm程度であり、信号の周波数は全て等しいと近似できるので、 $\nu_i = \nu_c = \nu_p$ とすると、(1)式は(2)式で表せる。

【0018】

【数2】

$$\frac{n_2}{n_t} = \frac{P_c \cdot (\alpha_c + g_c) + \sum P_i \cdot \alpha_i + \frac{\nu}{\nu_p} \cdot P_p \cdot \alpha_p}{h \cdot \nu \cdot \zeta + P_c \cdot (\alpha_c + g_c) + \sum_i^n P_i \cdot (\alpha_i + g_i) + \frac{\nu}{\nu_p} \cdot P_p \cdot (\alpha_p + g_p)} \quad \dots (2)$$

【0019】

さらにここでは、波長多重伝送を考えているので、チャンネル当たりの入力光パワーはほぼ等しいと考えられる。そこで $P_i = P$ とすると、(2)式は(3)式で表せる。

【0020】

【数3】

$$\frac{n_2}{n_t} = \frac{P_c \cdot (\alpha_c + g_c) + P \cdot \sum_i \alpha_i + \frac{\nu}{\nu_p} \cdot P_p \cdot \alpha_p}{h \cdot \nu \cdot \zeta + P_c \cdot (\alpha_c + g_c) + P \cdot \sum_i (\alpha_i + g_i) + \frac{\nu}{\nu_p} \cdot P_p \cdot (\alpha_p + g_p)} \quad \dots (3)$$

【 0 0 2 1 】

(3) 式から、チャンネル当たりの入力光パワー P が変動した場合、式 (4)、(5) 式を満たす波長の補償光の電力を (6) に従って制御すれば、反転分布は変動しないことが分かる。

【 0 0 2 2 】

【 数 4 】

$$\alpha_c = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n} \quad \dots (4)$$

10

$$g_c = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{n} \quad \dots (5)$$

$$P_c = n (P_0 - P) \quad \dots (6)$$

20

【 0 0 2 3 】

(6) 式において、 P_0 は変動前のチャンネル当たりの入力光パワーであり、補償光電力 P_c と各波長の入力パワーの和が一定値 P_0 に保たれるべきことを示している。以上のように、補償光から、チャンネル当たりの入力光パワー P が変動した場合、式 (4)、(5) 式を満たす波長の補償光の電力を (6) に従って制御すれば、反転分布は変動しないことが分かる。ここで (4)、(5) の各式を満たす波長は、図 2 によりほぼ各信号波長の平均値であることが分かる。即ち、図 2 から例えばレーザ媒質として最も良く用いられるエルビウムイオンを添加したドープファイバでは、光通信システムで最も良く用いられる波長帯域 1540 ~ 1560nm で利得係数、吸収係数とも波長に対して線形に変化しており、(4)、(5) の各式を満たす波長は以下の (7) 式で表せる。

30

【 0 0 2 4 】

【 数 5 】

$$\lambda_c = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{n} \quad \dots (7)$$

40

【 0 0 2 5 】

図 3 に図 1 による利得制御機能付光増幅装置の利得波長特性を示す。励起光電力としては 81 mW、31 mW、14 mW の 3 通りの場合について示して有る。測定方法として、最も極端な場合として、4 波の信号電力が規定値の場合と、4 波の信号が 0 の場合 2 通りについて利得を測定している。補償光源 1 3 の波長は信号光のほぼセンターである 1552nm としている。図から分かるとおり、各波長における利得は 4 波の信号電力が規定値の場合と、4 波の信号が 0 の場合でほぼ同じ利得であり、光入力レベルで利得が変動しないことが分かる。

【 0 0 2 6 】

50

実施の形態 2 .

本実施の形態は、光増幅器に入力される前記補償光源の光電力と前記光増幅器から出力される前記補償光源の光電力の比が一定となるよう前記補償光源を制御するものである。

図 4 は本実施の形態による利得制御機能付光増幅装置の構成を示す図であり、4b は光アイソレータ、18 は補償光源モニタホトダイオード、14 は補償光源制御回路、19 は割り算回路、20 は補償光波長を抜き出して補償光源制御回路へ入力する光フィルタである。他は実施の形態 1 と同じで説明を省く。

【0027】

動作について説明する。

励起光源駆動回路 12 は、励起光源 2 が一定の光出力を出力するよう温度変化、経時変化 10 に応じて励起光源 2 のへの電流を調整する。補償光源 13 の出力は、光カプラ 7a を介して信号入力端子 5 から入力される複数の波長の信号光と結合され、光アイソレータ 4a、WDMカプラ 3 を介してドープファイバ 1 に入力される。ドープファイバ 1 から出力される信号光は光フィルタ 20 を通過して信号出力端子 6 から出力され、増幅された補償光は光フィルタ 20 により補償光源制御回路 14 に入力される。

【0028】

補償光源制御回路 14 に入力された補償光は光検出器 15 で光電気変換された後電流電圧変換回路 16 で光検出器 15 に入力される光電力に比例した電圧信号に変換されて割り算回路 19 に入力される。割り算回路 19 には補償光源モニタホトダイオード 18 から出力される、補償光源 13 の出力電力に比例した電流が入力され、電流電圧変換回路 16 の出力との比が取られる。割り算回路 19 の出力は比較器 17 に入力され、一定の参照電圧 V_{ref} より大きい時、即ちドープファイバ 1 の補償光波長における利得が所定の値より大きい時補償光源 13 の出力を増加させ、逆の場合には補償光源 13 の出力を減少させる。 20

【0029】

この負帰還動作により、ドープファイバ 1 の補償光波長における利得は信号光入力端子から入力される信号光電力によらず一定に保持される。従来例の項で説明した通り、ドープファイバ 1 は一般にホモジニアスな特性、即ちある波長で利得が一定であれば他の周波数においても利得は一定であると言う特性を有する。従ってドープファイバ 1 の信号利得は信号光入力端子 5 から入力される信号光の波長においても一定となり、波長数、信号入力レベルに依存しない安定な増幅特性が実現できる。本発明では、補償光 13 の電力を制御 30 しているため、励起光源 2 を制御する場合と比較して小電力の回路で良いこと、励起光源を制御する場合に問題となる励起波長変動によるドープファイバ 1 の利得不安定性等の問題が回避できる。

【0030】

実施の形態 3 .

本実施の形態では、補償光を信号光と逆方向に伝搬させることにより、実施の形態 2 と同様の効果が得られるものである。

図 5 は本実施の形態による利得制御機能付光増幅装置の構成を示す図であり、4b は光アイソレータ、7a、7b は光カプラ、18 は補償光源モニタホトダイオード、14 は補償光源制御回路、19 は割り算回路、20 は補償光波長を抜き出して補償光源制御回路へ入力する光フィルタである。 40

【0031】

動作について説明する。補償光源 13 の出力は、光カプラ 7b を介してドープファイバ 1 の出力側から入力される。ドープファイバ 1 は双方向の増幅特性を有しており、逆方向の光についても順方向とほぼ同一の利得が得られる。増幅された補償光は WDMカプラ 3、光カプラ 7a、光フィルタ 20 を介して補償光源制御回路 14 に入力される。補償光源制御回路 14 の動作は実施の形態 2 と同様であり、その負帰還動作により、ドープファイバ 1 の補償光波長における利得は信号光入力端子から入力される信号光電力によらず一定に保持される。さらに、ドープファイバ 1 のホモジニアスな特性から、ドープファイバ 1 の信号利得は信号光入力端子 5 から入力される信号光の波長においても一定となり、波長数、 50

信号入力レベルに依存しない安定な増幅特性が実現できる。本発明では、補償光と信号光が互いに異なる方向に伝搬するため、補償光を信号光のいずれかと等しく設定できること、信号出力に補償光が出力されないため補償光除去用の光フィルタが不要であるなどの利点を有する。

【0032】

実施の形態4.

本実施の形態では、補償光を平均電力によらず一定の周波数 f_0 、一定の変調度 m で変調することにより、補償光を抽出する光フィルタを不要にしたものである。

図6は本実施の形態による利得制御機能付光増幅装置の構成を示す図であり、4a、4bは光アイソレータ、7a、7bは光カプラ、18は補償光源モニタホトダイオード、14は補償光源制御回路、24は補償光源をその平均電力によらず一定の周波数 f_0 、一定の変調度 m で変調する変調安定化回路、21、22は周波数 f_0 の成分を抽出する電気フィルタ、23は割り算回路である。

10

【0033】

動作について説明する。補償光源13の出力は、補償光源モニタホトダイオード18で光電気変換された後変調安定化回路24に入力され、その平均電力と変調電力の比をもとに、平均電力によらず一定の周波数 f_0 、一定の変調度 m で変調される。周波数 f_0 はドープファイバ1の利得が変調されないよう、レーザ媒質の光子寿命の逆数より充分大きな周波数に設定される。例えば、レーザ媒質として例えばエルビウムを考えると、光子寿命は10msであり、周波数 f_0 は数10KHz以上に設定すれば充分である。補償光源13の出力は光カプラ7a、WDMカプラ3を介してドープファイバ1に入力され信号光入力端子5から入力される複数の信号光と共に増幅される。増幅された補償光は信号光と共に、光カプラ7bを介して補償光源制御回路14に入力される。補償光源制御回路14に入力された信号光と補償光は、光検出器15で光電気変換された後電流電圧変換回路16で光検出器15に入力される信号光と補償光のトータルの光電力に比例した電圧信号に変換されて電気フィルタ21に入力される。

20

【0034】

電気フィルタ21は補償光を変調する周波数 f_0 の成分のみ、即ち補償光電力に比例した信号を抽出し、割り算回路23へ入力する。割り算回路23には補償光源モニタホトダイオード18から出力される周波数 f_0 の成分、即ち補償光源13の出力電力に比例した信号が入力され、電気フィルタ21の出力との比が取られる。割り算回路23の出力は比較器17に入力され、一定の参照電圧 V_{ref} より大きい時、即ちドープファイバ1の補償光波長における利得が所定の値より大きい時補償光源13の出力を増加させ、逆の場合には補償光源13の出力を減少させる。

30

【0035】

この負帰還動作により、ドープファイバ1の補償光波長における利得は信号光入力端子から入力される信号光電力によらず一定に保持される。ドープファイバ1のホモジニアスな特性から、ドープファイバ1の信号利得は信号光入力端子5から入力される信号光の波長においても一定となり、波長数、信号入力レベルに依存しない安定な増幅特性が実現できる。本発明では、補償光抽出用の光フィルタが不要であるメリットをと有する。

40

【0036】

実施の形態5.

本実施の形態では、補償光を平均電力によらず一定の周波数 f_0 、一定の変調度 m で変調することにより補償光を抽出する光フィルタを不要にすると共に、補償光を信号光と逆方向に伝搬させることにより、光増幅器の出力側で補償光を除去する必要性を排除したものである。

図7は本実施の形態による利得制御機能付光増幅装置の構成を示す図であり、4a、4bは光アイソレータ、7a、7bは光カプラ、18は補償光源モニタホトダイオード、14は補償光源制御回路、24は補償光源をその平均電力によらず一定の周波数 f_0 、一定の変調度 m で変調する変調安定化回路、21、22は周波数 f_0 の成分を抽出する電気フ

50

フィルタ、23は割り算回路である。

【0037】

動作について説明する。補償光源13の出力は、補償光源モニタホトダイオード18で光電気変換された後変調安定化回路24に入力され、その平均電力と変調電力の比をもとに、平均電力によらず一定の周波数 f_0 、一定の変調度 m で変調される。周波数 f_0 については実施の形態4の説明で述べたように数10KHz以上に設定される。補償光源13の出力は光カプラ7bを介してドープファイバ1に出力から入力される。ドープファイバ1は双方向の増幅特性を有しており、逆方向の光についても順方向とほぼ同一の利得が得られる。増幅された補償光はWDMカプラ3、光カプラ7aを介して補償光源制御回路14に入力される。

10

【0038】

補償光源制御回路14の動作は実施の形態4と同様であり、その負帰還動作により、ドープファイバ1の補償光波長における利得は信号光入力端子から入力される信号光電力によらず一定に保持される。さらに、ドープファイバ1のホモジニアスな特性から、ドープファイバ1の信号利得は信号光入力端子5から入力される信号光の波長においても一定となり、波長数、信号入力レベルに依存しない安定な増幅特性が実現できる。本実施の形態では、補償光と信号光が互いに異なる方向に伝搬するため、補償光を信号光のいずれかと等しく設定できること、信号出力に補償光が出力されないため補償光除去用の光フィルタが不要であるなどの利点を有する。

【0039】

20

【発明の効果】

この発明によれば、光増幅器に入力される複数の信号光と補償光源の出力光の電力の総和が一定となるよう補償光源を制御するので、入力信号電力あるいは入力信号波長数によらず一定の利得を有する利得制御機能付光増幅装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態1による利得制御機能付光増幅装置の構成図である。

【図2】 ドープファイバの利得係数と吸収係数を示す図である。

【図3】 実施の形態1による利得制御機能付光増幅装置の利得波長特性を示す図である。

【図4】 実施の形態2による利得制御機能付光増幅装置の構成図である。

30

【図5】 実施の形態3による利得制御機能付光増幅装置の構成図である。

【図6】 実施の形態4による利得制御機能付光増幅装置の構成図である。

【図7】 実施の形態5による利得制御機能付光増幅装置の構成図である。

【図8】 従来の実施の形態における利得制御機能付光増幅装置の構成を示す図である。

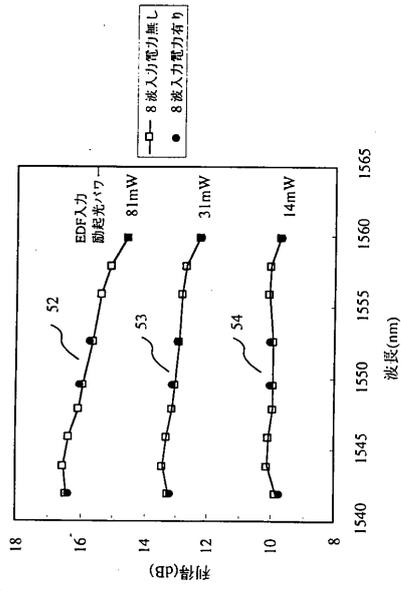
【符号の説明】

- 1 ドープファイバ
- 2 励起光源
- 3 WDMカプラ
- 4 a、4 b 光アイソレータ
- 5 信号入力端子
- 6 信号出力端子
- 7 a、7 b 光カプラ
- 12 励起光源駆動回路
- 13 補償光源
- 14 補償光源制御回路
- 15 光検出器
- 16 電流電圧変換回路
- 17 比較器
- 18 補償光源モニタホトダイオード
- 19 割り算回路

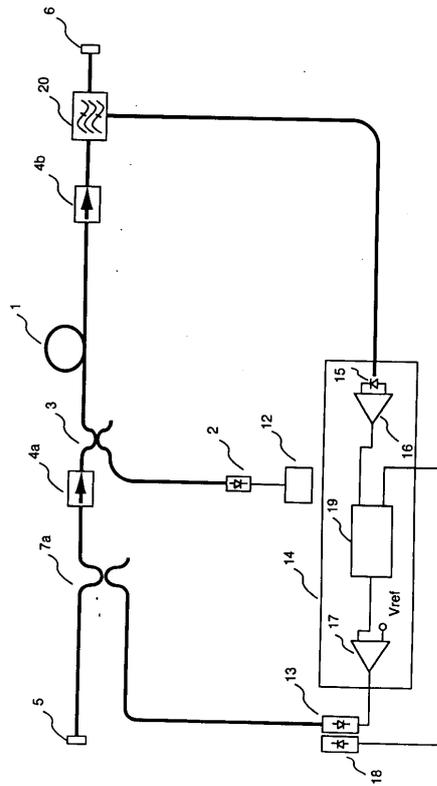
40

50

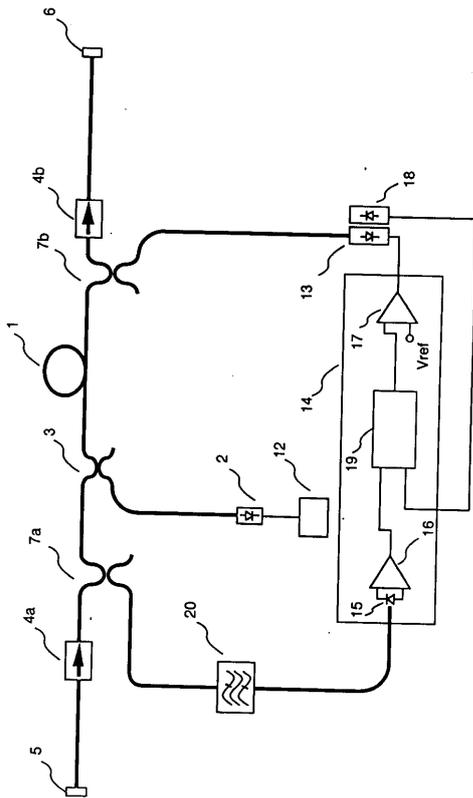
【図3】



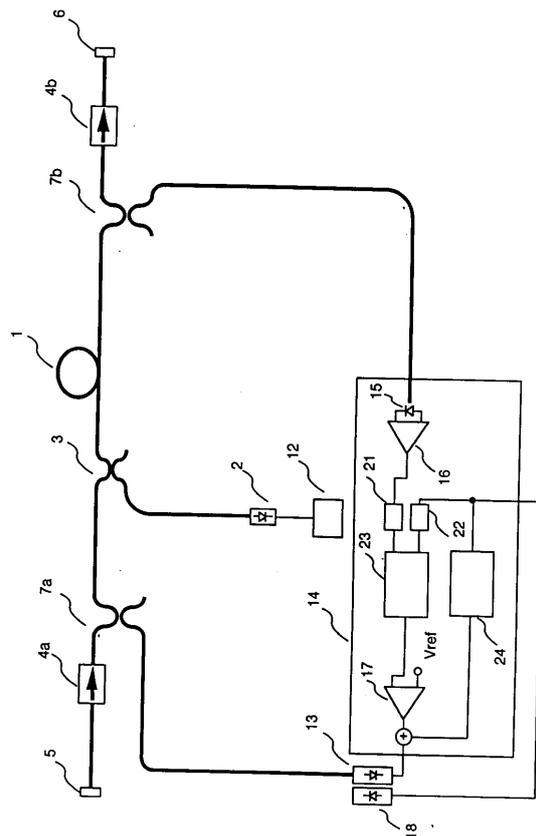
【図4】



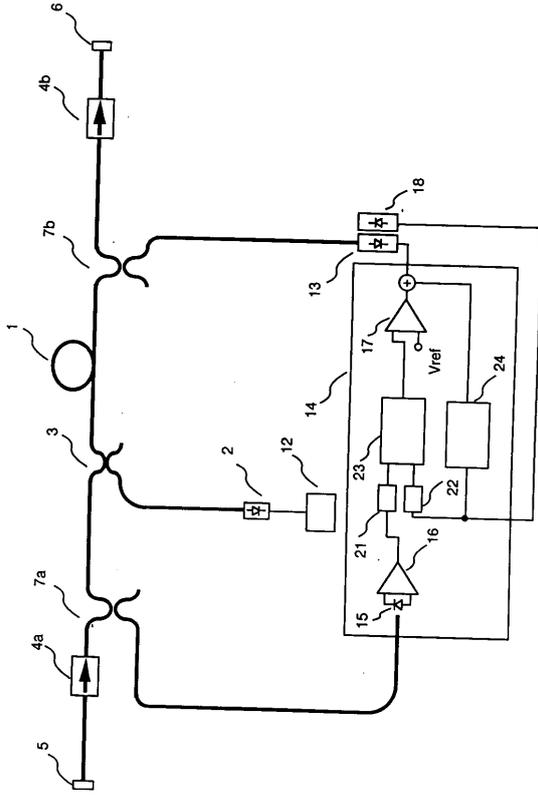
【図5】



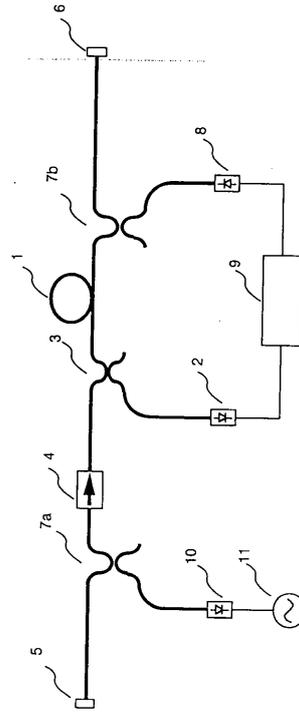
【図6】



【 図 7 】



【 図 8 】



"Automatic Gain Control in Cascaded Erbium-Doped Fiber Amplifier System"
Electronics Letters, January 31, 1991, vol.27, No.3, pp.193-195

フロントページの続き

(72)発明者 十倉 俊之

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 北山 忠善

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

審査官 傍島 正朗

(56)参考文献 特開平06-216452(JP,A)

特開平06-152033(JP,A)

特開平09-321373(JP,A)

ELLIS, A.D., et al, AUTOMATIC GAIN CONTROL IN CASCADED ERBIUM DOPED FIBRE AMPLIFIER SYSTEMS, ELECTRONICS LETTERS, 1991年, Vol.27, No.3, p.193-195

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 3/00- 3/30

H04B 10/18