

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3587580号
(P3587580)

(45) 発行日 平成16年11月10日(2004.11.10)

(24) 登録日 平成16年8月20日(2004.8.20)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H04B 10/08
H04B 10/02
H04B 10/18

H04B 9/00 K
H04B 9/00 M

請求項の数 1 (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平7-59121 (22) 出願日 平成7年3月17日(1995.3.17) (65) 公開番号 特開平8-256112 (43) 公開日 平成8年10月1日(1996.10.1) 審査請求日 平成13年7月18日(2001.7.18)</p>	<p>(73) 特許権者 000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 (74) 代理人 100094514 弁理士 林 恒徳 (72) 発明者 原沢 伸一朗 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内 (72) 発明者 出口 博之 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内 (72) 発明者 寿山 益夫 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	---

(54) 【発明の名称】 光増幅中継器の入力モニタシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

励起光により入力光を増幅する光ファイバー増幅器と、
前記入力光を分岐する分岐手段と
該分岐手段を通過する入力光を前記光ファイバー増幅器へ直接入力し、更に 前記分岐手段からの分岐光のうち、該励起光の成分を除去し、前記入力光を透過する光フィルタと、
該光フィルタの出力光のレベルを検出する検出手段と、
を備えた光増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、光増幅中継器の入力モニタシステムに関し、特に光増幅を行う光ファイバ増幅器を備える光増幅中継器の入力モニタシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】

図14は、一般的な本発明システムの対象とするALC(自動レベル制御)光増幅中継器の基本構成を示す図である。

【0003】

図において、1は光ファイバー伝送路である。2は光ファイバー増幅器であり、エルビウム(Er)等の希土類をドープした光ファイバーにより構成される。

【 0 0 0 4 】

ここで、光ファイバー増幅器 2 の原理は、レーザの原理と同様である。Er ドープファイバーは、所定のエネルギーレベルが生じて、このレベルで強い吸収が起こる。したがって、高いエネルギー準位に光ファイバー内の電子が励起されて反転状態になっている時に、下のエネルギー準位とのエネルギー差に相当する波長の光が入力信号として入力されると、これに誘導されて誘導放射が生じる。この結果として、光入力信号が増幅されることになる。

【 0 0 0 5 】

図 1 4 において、更に 3 は、カプラである。上記の光ファイバー内の電子の励起のために、励起用レーザダイオード 4 からの励起光がカプラ 3 を通して光ファイバー増幅器 2 に供給される。

10

【 0 0 0 6 】

また、5 もカプラであり、増幅された光信号を分岐してフォトダイオード 6 に入力する。フォトダイオード 6 は、増幅された光信号を所定の基準レベルと比較して、その結果を増幅器 7 を通して、レーザダイオード 4 のバイアス電流を可変制御することにより ALC (自動レベル制御) される。

【 0 0 0 7 】

ここで、ALC (自動レベル制御) とは入力信号レベルの変化に応じて励起用レーザダイオード 4 の光出力を制御し、光ファイバー増幅器 2 の増幅率を変えることにより出力レベルが一定となるように制御するものである。

20

【 0 0 0 8 】

一方、光ファイバー伝送路等の障害検出のために、入力信号レベルをモニターする構成が採用されている。図 1 5 は、かかる入力信号レベルをモニターするための従来の一構成例 (その 1) である。即ち、図 1 5 において、光ファイバー増幅器 2 の入力側に、カプラ 1 0 が備えられる。このカプラ 1 0 から光入力信号が分岐されて、入力レベルモニタ用のフォトダイオード 1 1 に入力される。

【 0 0 0 9 】

入力レベルモニタ用のフォトダイオード 1 1 においてカプラ 1 0 で分岐された光入力信号が電気信号に変換されて、入力レベルが判定される。しかし、かかる構成においては、光入力信号のレベルが低い場合は、カプラ 1 0 による分岐により更に低いレベルでしかフォトダイオード 1 1 には入力されない。

30

【 0 0 1 0 】

したがって、フォトダイオード 1 1 で電気信号に変換されてモニタされる光入力信号のレベル検知における誤差が大きくなる。反対に、フォトダイオード 1 1 への分岐比を大きくすると、光ファイバー増幅器 2 に入力される信号成分が小さくなり、S / N の劣化が大きくなる。通常は、2 0 : 1 程度の分岐比が選択されている。

【 0 0 1 1 】

また、図 1 5 の光ファイバー増幅器 2 の入力側には信号光源からの信号を伝送するファイバーが接続されている。光ファイバーには入ってきた光をごくわずか光の進行方向とは反対側に反射する性質があり、これをレーリー散乱と呼んでいる。光増幅装置の入力側からは増幅に使われなかった残留励起光が洩れており、伝送用光ファイバの内部でレーリー散乱により光増幅装置に逆戻りし、信号光と共に入力レベルモニタ用フォトダイオードに入り、図 1 0 のように入力モニタが入力モニタ値 = 入力パワーとならず、正常に入力パワーを測定できなかった。

40

【 0 0 1 2 】

励起光を信号の進行方向と同じにした場合前方励起でも、光ファイバー増幅器 2 の出力側からは増幅に使われなかった残留励起光が洩れており、伝送用光ファイバを通して次の光増幅装置に届く。この残留励起光が信号光と共に次の光増幅装置の入力レベルモニタ用フォトダイオードに入り、同様に正常に入力パワーを測定できなかった。

【 0 0 1 3 】

50

図17は、更に入力信号レベルをモニターするための従来の他の構成例(その2)である。先に説明したようにALCにより、入力信号レベルに応じて、励起用レーザダイオード4の光出力が変化するように制御が行われる。したがって、励起用レーザダイオード4の光出力をモニタ用フォトダイオード13でモニタすることにより、等価的に光入力信号レベルを求めることが出来る。

【0014】

しかしながら、この構成のみでは、光入力信号のレベルが大きいと、光ファイバー増幅器2の増幅率を小さく抑えるように励起用レーザダイオード4の発光レベルが小さくされる。

【0015】

したがって、図16の構成において、モニタ用フォトダイオード13に入力される、カプラ3で分岐される励起光のレベルが小さくなり、モニタ結果における誤差が大きくなるという問題がある。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

以上説明したように、従来の光増幅中継器の入力モニタシステムにおいては、光入力信号のレベルが低い場合(図15の構成)、光入力信号のレベルが高い場合(図9の構成)、いずれの場合もモニタの誤差が大きくなる。

【0017】

このために、光入力信号レベルが広い範囲に変化する場合、精度の高いモニタは、期待出来ないものとなる。

【0018】

したがって、本発明の目的は、光入力信号レベルが広い範囲に変化する場合も精度の高い、光入力信号モニタを実現する光増幅中継器の入力モニタシステムを提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段及び作用】

上記目的に対応するための光増幅中継器の入力モニタシステムは、請求項1の発明では、光ファイバー増幅器と、この光ファイバー増幅器の入力側に備えられる光スイッチと、入力レベルモニタ用の第一のフォトダイオードとを備え、光スイッチは、入力光を光ファイバー増幅器と入力レベルモニタ用の第一のフォトダイオードとに切替えて入力するように構成される。

【0020】

このようにすることで、光入力信号の入力レベルを減衰することなく入力レベルモニタ用の第一のフォトダイオードに入力することが可能である。

【0021】

本発明の請求項2の発明は、前記光ファイバー増幅器は、エルビウムドープファイバで構成され、更に、光ファイバー増幅器の出力側にカプラと、励起用レーザダイオードと、励起用レーザダイオードの励起光を前記カプラを通してモニタする入力レベルモニタ用の第二のフォトダイオードを有して構成される。

【0022】

かかる構成により、前記第一のフォトダイオードと第二のフォトダイオードにより、光入力信号のレベルに応じて適応的にモニタすることが可能であり、光入力信号の広いダイナミックレンジに対応することが可能である。

【0023】

本発明の請求項3の発明は、前記光ファイバー増幅器は、エルビウムドープファイバで構成され、更に、光ファイバー増幅器の出力側にカプラと、励起用レーザダイオードと、励起用レーザダイオードの後方出力をモニタするフォトダイオードを有して構成される。

【0024】

かかる構成においても、前記請求項2と同様に光入力信号の広いダイナミックレンジに対

10

20

30

40

50

応することが可能である。

【0025】

更に、本発明の請求項4の発明は、請求項1～3の発明において、前記入力レベルモニタ用の第一のフォトダイオードは、増幅率が1以上のアバランシェフォトダイオードであることを特徴とする。

【0026】

増幅率が1以上のアバランシェフォトダイオードの使用により、効率よく光入力信号をモニタすることが可能となる。

【0027】

本発明の請求項5の発明は、光ファイバー増幅器と、光ファイバー増幅器の入力側に備えられるカプラと、このカプラにより分岐される入力光のレベルをモニタする増幅率が1以上のアバランシェフォトダイオードを有して構成される。

10

【0028】

請求項4及び請求項5において、増幅率が1以上のアバランシェフォトダイオードの使用により、効率よく光入力信号をモニタすることが可能となる。

【0029】

本発明の請求項6の発明は、前記請求項5の発明において、前記光ファイバー増幅器は、エルビウムドープドファイバで構成され、更に、光ファイバー増幅器の出力側にカプラと、励起用レーザダイオードと、励起用レーザダイオードの励起光を該カプラを通してモニタする入力レベルモニタ用のフォトダイオードを有して構成される。

20

【0030】

更に、請求項7の発明では、請求項5の発明において、前記光ファイバー増幅器は、エルビウムドープドファイバで構成され、更に、光ファイバー増幅器の出力側にカプラと、励起用レーザダイオードと、該励起用レーザダイオードの後方出力をモニタするフォトダイオードを有して構成される。

【0031】

請求項6及び7の発明において、請求項2及び3の発明と同様に光入力信号のレベルに応じて適応的にモニタすることが可能であり、光入力信号の広いダイナミックレンジに対応することが可能である。

【0032】

請求項8の発明において、入力光のうち残留励起光は光フィルタで除かれて検出手段に入力されるため、正確なモニタが可能である。

30

【0033】

【実施例】

以下図面にしたがって本発明の実施例を説明する。図において、同一または類似のものには、同一の参照番号及び記号を付して説明する。

【0034】

図1は、本発明の実施例(その1)である。図1(1)において、特徴は、光ファイバー増幅器2の入力側に光スイッチ12を有している。この光スイッチ12を切り換えることにより、光入力信号の全量をモニタ用フォトダイオード11に入力することが可能である。

40

【0035】

ここで光スイッチ12は、後に説明する実施例においても共通のものであり、機械式スイッチの他、各種開発されつつある光スイッチが使用化ののである。

【0036】

これにより、光入力信号レベルが小さい場合であっても、更に減衰することなくモニタ用フォトダイオード11に入力し、モニタ結果に生じる誤差を低減することが可能である。

【0037】

図1(2)は、図1の構成に対し、更にモニタ用フォトダイオード13を有し、励起用レーザダイオード4の励起光を分岐してモニタすることにより、等価的に光入力信号レベル

50

が検知するものである。

【0038】

先に従来例についての説明において、光ファイバー増幅器2の入力側に備えられるモニタ用フォトダイオード11の入力レベルと、励起用レーザダイオード4の励起光を分岐してモニタするフォトダイオード13の入力レベルの特徴についても言及した。図2は、この特徴を説明する示す図である。

【0039】

図2において、横軸は、光入力信号のパワー(Pin dBm)である。更に、V1は、モニタ用フォトダイオード11により光入力信号を変換し出力される電圧である。V2は、励起用レーザダイオード4の励起光をモニタするフォトダイオード12の変換出力電圧である。

10

【0040】

これら電圧V1、V2の測定位置は、図3に示されるとおりである。即ち、電圧V1は、図3において、光入力信号に応じて、モニタ用フォトダイオード11に流れる電流により抵抗16に生じる電圧である。

【0041】

電圧V2は、励起(ポンプ)用レーザダイオード4と対にして収容され、直接レーザダイオード4からの発光を受光し、抵抗17に電圧を生じさせるフォトダイオード13の出力である。

【0042】

図2に戻り説明すると、モニタ用フォトダイオード11の出力である電圧V1は、光入力信号レベルが小さくなる。それにしたがって小さくなっている。最小値は、100μV程度に近くになり、これは、もはやモニタ用フォトダイオード11での光入力信号のレベル検知が困難であることを意味する。

20

【0043】

反対に、励起用レーザダイオード4の励起光をモニタするフォトダイオード13の変換出力電圧V2は、先に説明した理由により、光入力信号のレベルが小さくなるとレベルが大きくなる。

【0044】

したがって、図1(2)の実施例の本発明では、かかるV1とV2の特徴を生かすべく、光入力信号が大きい時は、入力側のモニタ用フォトダイオード11の出力をモニタし、光入力信号が小さくなる時には、励起用レーザダイオード4の励起光を検知するフォトダイオード13の出力電圧V2をモニタするようにスイッチを切り換えるように制御される。

30

【0045】

これにより、従来と比べ、光入力信号のより広い入力レンジにおいて、その入力レベルをモニタすることが可能となる。

【0046】

次に、図1(3)は、励起用レーザダイオード4の後ろ方向パワーをフォトダイオード14でモニタするようにしたものである。かかる構成の場合も、従来の問題を解決するものとして図2、図3についての説明が共通に当てはまる。

40

【0047】

図4は、更に本発明にしたがう実施例である。図4(1)、図4(2)において、基本的な構成として、図1(2)、図1(3)の構成に対応するものであるが、相違点は、光ファイバー増幅器2の入力側に置かれるモニタ用フォトダイオード11に代わり、増幅率が1以上のアバランシェフォトダイオード15を用いていることである。これにより、光入力信号レベルが更に小さい場合であっても、誤差が少ない状態でモニタすることが可能である。

【0048】

その他の構成及び動作は、先に図1に関して説明したと同様であるので、再度の説明は省

50

略する。

【0049】

図5は、本発明の更に別の実施例を示す図である。図5に示される実施例は、これまでの実施例と相違して、光ファイバー増幅器2の入力側に置かれる光スイッチ12に代え、カプラ10を設けた例である。

【0050】

この図5(1)、図5(2)の実施例では、より確実に光入力信号レベルのモニタを可能にすべく、それぞれ図1(2)、図1(3)に対応して、励起用レーザダイオード4の発光をモニタするフォトダイオード13、あるいは励起用レーザダイオード4の後方向出力をモニタするフォトダイオード14を設けている。この理由は、先に図2、図3を用いて

10

【0051】

図6は、図5の実施例に対し、更に改良を加えた実施例である。即ち、光ファイバー増幅器2の入力側に、カプラ10を設け、更に入力レベルモニタ用フォトダイオード11をアバランシェフォトダイオード15に置き換えている。

【0052】

更に、このアバランシェフォトダイオード15は増幅率が1以上のものを使用する。これにより、光入力信号のレベルが小さい場合であっても、十分に誤りなくモニタすることが可能である。

【0053】

したがって、図6(1)の例に示すように、アバランシェフォトダイオード15による光入力信号のモニタで十分な場合は、光ファイバー増幅器2の出力側に励起用レーザダイオード4の発光をモニタするフォトダイオード12、あるいは励起用レーザダイオード4の後方向出力をモニタするフォトダイオード13を省略することも可能である。

20

【0054】

図6(2)、図6(3)は、それぞれ図5(1)、図5(2)に対応し、フォトダイオード11をアバランシェダイオード15に置き換えている。これにより、より確実に光入力信号のモニタが可能である。

【0055】

図7は本発明の更に別の実施例を示す図である。図7に示される図は、入力レベルモニタ用フォトダイオード11の前に残留励起光を除去する光フィルタ20を備えている。

30

【0056】

光ファイバー伝送路1からの $1.55\mu\text{m}$ の光信号aはカプラ10で一部分岐し、光フィルタ20を介して入力レベルモニタ用フォトダイオード11に入力される。励起用レーザダイオード4からの $1.48\mu\text{m}$ の励起光bは、波長多重カプラ3を介して光ファイバー増幅器2へ入力されるが、その一部は残留励起光として光ファイバー伝送路1へ洩れる。残留励起光のうち更に一部はレーリー散乱光として戻ってくるが、光フィルタ20で阻止され、入力レベルモニタ用フォトダイオードへは入力されない。

【0057】

即ち、光フィルタ20へは図8に示すように、信号光a以外に残留励起光bも入力するが、光フィルタ20は図9に示すような透過特性を持っているため、 $1.50\mu\text{m}$ 以下の波長の光が除去され、図10に示すように、残留励起光が除かれる。これにより正確なモニタができる。

40

【0058】

光フィルタとしては、長波長パスフィルタ、 $1.48\mu\text{m}$ 帯域阻止フィルタ、 $1.55\mu\text{m}$ 帯域通過フィルタ、 $1.55\mu\text{m}$ の光を通過する光分岐器を用いることができる。又、光フィルタのタイプとして、誘電体多層膜を利用したバルクタイプや、ファイバーに切り込みをつけたり、融着によりフィルター特性をもたせたファイバータイプを用いることができる。

【0059】

50

また、前方励起の場合でも、光フィルタを設けることにより正確なモニタができる。

【 0 0 6 0 】

図 1 1 は図 8 の構成の光直接増幅装置の入力パワーモニターの特性図である。図 1 1 において、印は図 1 で伝送用ファイバー（数メートル～数 1 0 0 k m）を付けない状態で測定したデータであり、+印は伝送用ファイバーを付けた状態で測定したデータである。伝送用ファイバーを付ける事により、伝送用ファイバー内で残留励起光がレーリ－散乱で光増幅装置に逆戻りし、入力パワーモニター特性が盛り上がり、入力パワーが正確に測定できなくなっている。（盛り上がった入力パワー以下の値は全く測定不可能）なお、伝送用ファイバーを付けなければ問題は起きないが、そもそも、光直接増幅装置は信号光を遠くへ伝送する事が目的であり、付けない訳にはいかない。

10

【 0 0 6 1 】

図 1 2 は本発明を用いて残留励起光の影響を除去した時の入力パワーモニターの特性図である。図 1 2 において、-線は図 1 1 の構成の光直接増幅装置を用いて伝送用ファイバーを付けない状態で測定したデータであり、+印は伝送用ファイバーを付けた状態で測定したデータである。図 1 2 において、2つのデータに差異はほとんど無く、残留励起光の影響が除去できたことがわかる。

【 0 0 6 2 】

図 1 3 は図 1 1 と図 1 2 の入力レベルモニターの残留励起光の影響による測定誤差をグラフ化した物である。印は P D にフィルタが無い時の残留励起光の影響であり、入力レベル - 1 7 d B m 以下は誤差が無限大となり、測定ができなくなっていることを示している。これに対し、+印の P D にフィルタが付いた時は入力レベル - 2 0 d B m でも誤差 1 d B 以内となり、改善されている。また - 2 5 d B m 以下まで測定できるようになっている。

20

【 0 0 6 3 】

【発明の効果】

以上実施例にしたがい説明したように、本発明により、光入力信号のレベルが小さい領域であっても、また逆に大きい領域であっても適切に光入力信号をモニタすることが可能である。

【 0 0 6 4 】

これにより、広いダイナミックレンジにおいて、誤差なく光入力信号をモニタすることが出来る。

30

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例（その 1）を示す図である。

【図 2】本発明の動作説明図（その 1）を示す図である。

【図 3】本発明の動作説明図（その 2）を示す図である。

【図 4】本発明の実施例（その 2）を示す図である。

【図 5】本発明の実施例（その 3）を示す図である。

【図 6】本発明の実施例（その 4）を示す図である。

【図 7】本発明の更に別の実施例を示す図である。

【図 8】光フィルタへの入力スペクトラムを示す図である。

40

【図 9】光フィルタの特性を示す図である。

【図 1 0】光フィルタの出力スペクトラムを示す図である。

【図 1 1】入力パワーモニタ特性図（改善前）を示す図である。

【図 1 2】入力パワーモニタ特性図（改善後）を示す図である。

【図 1 3】入力パワーモニタの誤差を示す図である。

【図 1 4】A L C 光増幅中継器の基本構成を示す図である。

【図 1 5】従来例（その 1）を示す図である。

【図 1 6】従来例（その 2）を示す図である。

【図 1 7】入力レベルモニタの妨害を説明する図である。

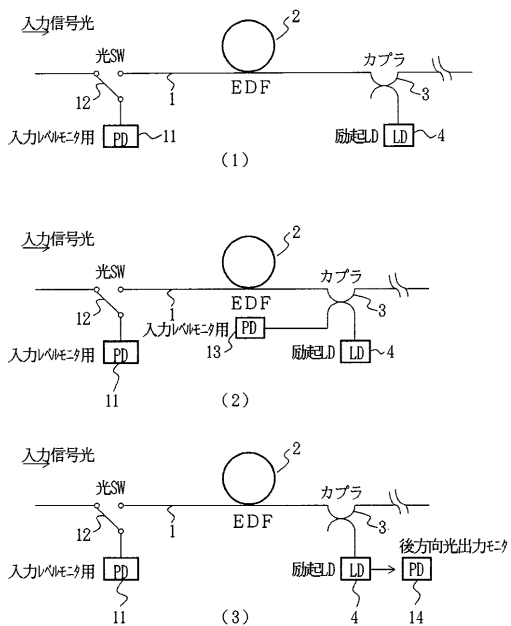
【符号の説明】

50

- 1 光ファイバー伝送路
- 2 光ファイバー増幅器
- 3、10 カプラ
- 4 励起用レーザダイオード
- 12 光スイッチ
- 11、13 入力レベルモニタ用フォトダイオード
- 14 後方向光出力モニタ
- 15 アバランシェフォトダイオード

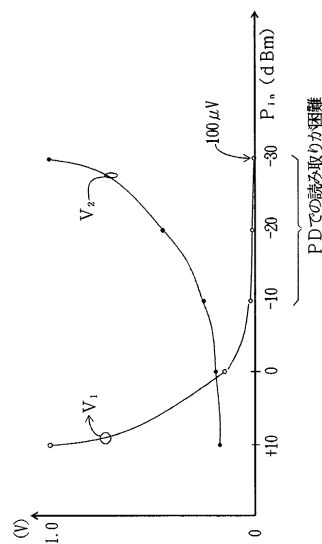
【 図 1 】

本発明の実施例（その1）



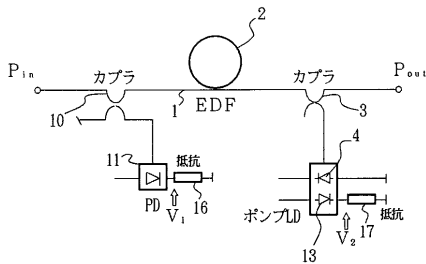
【 図 2 】

本発明の動作説明図（その1）



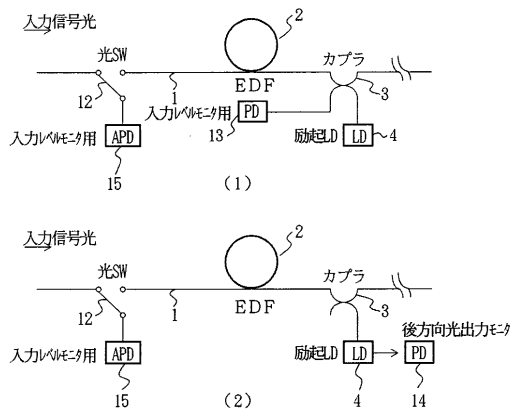
【 図 3 】

本発明の動作説明図 (その2)



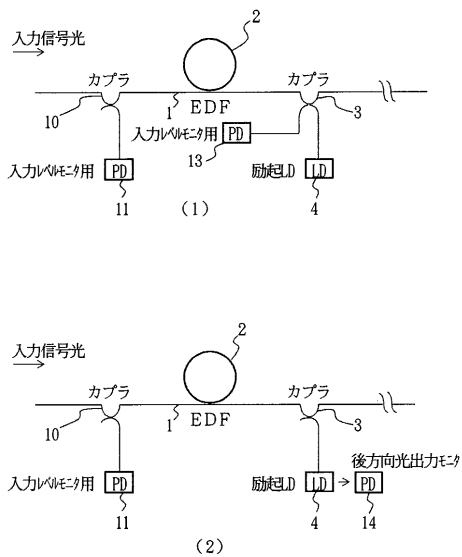
【 図 4 】

本発明の実施例 (その2)



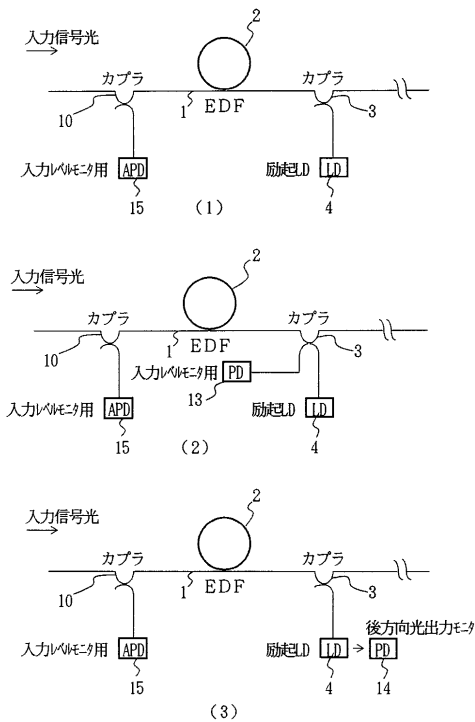
【 図 5 】

本発明の実施例 (その3)



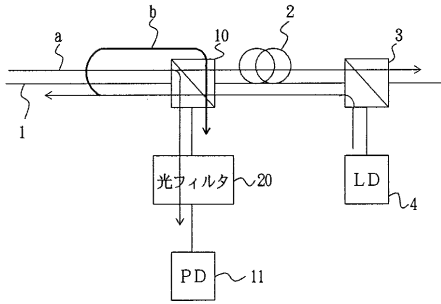
【 図 6 】

本発明の実施例 (その4)

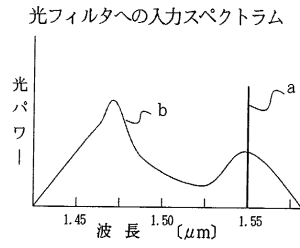


【 図 7 】

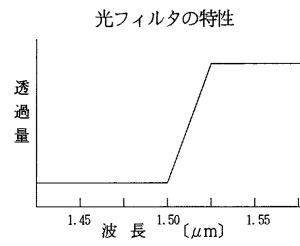
本発明の更に別の実施例



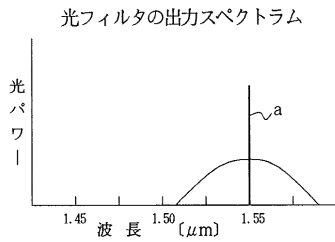
【 図 8 】



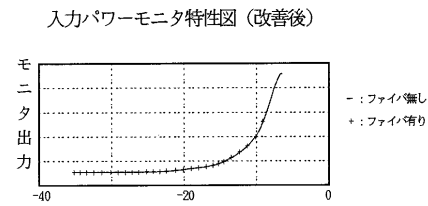
【 図 9 】



【 図 10 】

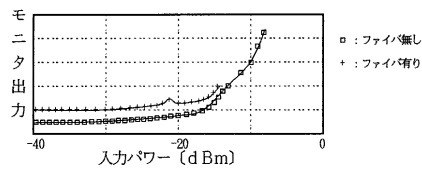


【 図 12 】

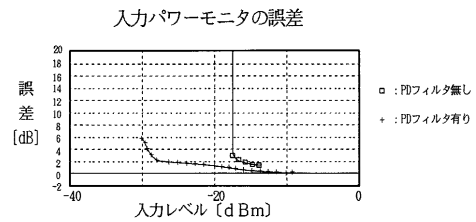


【 図 11 】

入力パワーモニタ特性図 (改善前)

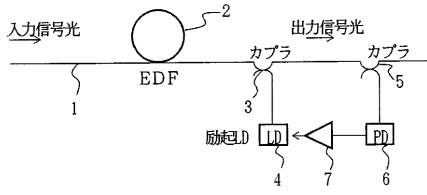


【 図 13 】



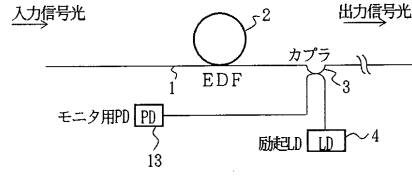
【 図 1 4 】

A L C光増幅中継器の基本構成



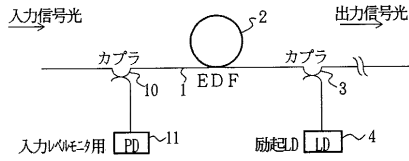
【 図 1 6 】

従来例 (その2)



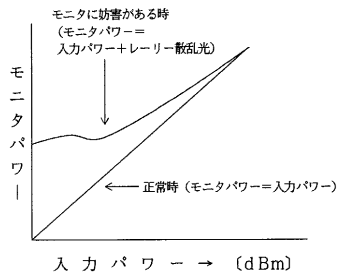
【 図 1 5 】

従来例 (その1)



【 図 1 7 】

入力レベルモニタの妨害説明図



フロントページの続き

審査官 工藤 一光

- (56)参考文献 特開平04 - 344725 (JP, A)
特開昭62 - 108222 (JP, A)
特開平05 - 289127 (JP, A)
特開平05 - 284114 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H04B10/00-10/28

H04J14/00-14/08

H01S3/10

G02F1/35