

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-110042
(P2012-110042A)

(43) 公開日 平成24年6月7日(2012.6.7)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
HO4B 10/08 (2006.01)		HO4B	9/00	K
HO4J 14/02 (2006.01)		HO4B	9/00	E
HO4J 14/00 (2006.01)				5K102

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全 44 頁)

(21) 出願番号	特願2012-34406 (P2012-34406)	(71) 出願人	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成24年2月20日 (2012.2.20)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(62) 分割の表示	特願2007-87848 (P2007-87848)の分割	(74) 代理人	100074099 弁理士 大菅 義之
原出願日	平成19年3月29日 (2007.3.29)	(74) 代理人	100133570 弁理士 ▲徳▼永 民雄
		(72) 発明者	幸 雅洋 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	中村 健太郎 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光信号入力の有無を検出する信号入力検出装置

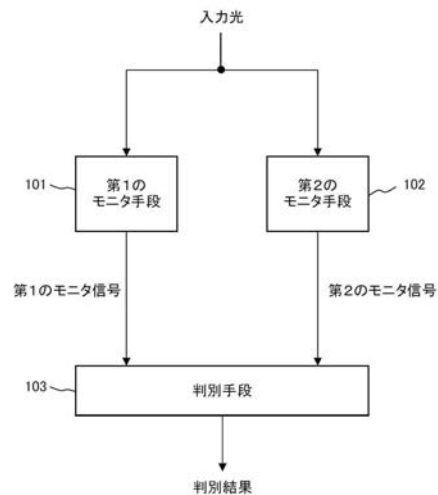
(57) 【要約】

【課題】できるだけ簡易な方法で、光増幅器等の光デバイスの入力端における信号入力の有無を検出し、検出結果に応じて光デバイスの動作を適切に制御する。

【解決手段】第1のモニタ手段101は、入力光の強度をモニタして、入力光強度を示す第1のモニタ信号を出力する。第2のモニタ手段102は、入力光の交流成分の強度をモニタして、交流強度を示す第2のモニタ信号を出力する。判別手段103は、第1のモニタ信号と第2のモニタ信号を用いて、入力光に信号光が含まれているか否かを判別する。その判別結果に応じて、光デバイスが制御される。

【選択図】 図1

本発明の信号入力検出装置の原理図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力光から得られる電気信号を減衰させる減衰手段と、
 減衰した電気信号の強度をモニタして、入力光強度を示す第 1 のモニタ信号を出力する第 1 のモニタ手段と、
 前記入力光の交流成分の強度をモニタして、交流強度を示す第 2 のモニタ信号を出力する第 2 のモニタ手段と、
 前記第 1 のモニタ信号が示す入力光強度と、前記第 2 のモニタ信号が示す交流強度を比較し、該入力光強度が該交流強度より大きければ、前記入力光に信号光が含まれていると判別し、該入力光強度が該交流強度より小さければ、該入力光に信号光が含まれていないと判別する判別手段と
 を備えることを特徴とする信号入力検出装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光通信システムにおいて光増幅器等の光デバイスに対する光信号入力の有無を検出する信号入力検出装置と、その検出結果を用いた光デバイス制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

図 28 は、波長分割多重 (WDM) 技術を用いた従来の光通信システムの構成例を示している。この光通信システムは、光送信装置 11、伝送路ファイバ 12、14、16、光増幅中継器 13、15、および光受信装置 17 を含む。

20

【0003】

このうち、光送信装置 11 は、光送信器 21-1 ~ 21-n、光合波器 22、および光増幅器 23 を備え、光受信装置 17 は、光増幅器 24、光分波器 25、光増幅器 26-1 ~ 26-n、可変型波長分散補償器 27-1 ~ 27-n、および光受信器 28-1 ~ 28-n を備える。光増幅中継器 13、15、および光増幅器 23、24 は、WDM 信号を一括して増幅し、光増幅器 26-1 ~ 26-n は、それぞれ 1 波長の光信号を増幅する。

【0004】

現在、光通信システムで最も普及している光増幅器としては、光ファイバのコアに添加した希土類元素エルビウムの誘導放出を利用した、EDFA (Erbium-doped fiber amplifier) が挙げられる。光増幅中継器 13 および 15 は、それぞれ伝送路ファイバ 12 および 14 中を伝送され、パワーが小さくなった光信号を増幅する。

30

【0005】

このとき、光信号が増幅されると同時に、誘導放出により振幅、位相、偏波等がランダムな自然放出光 (ASE: Amplified Spontaneous Emission) が発生し、光信号対雑音比 (OSNR: Optical Signal to Noise Ratio) を劣化させる。この ASE は、光増幅中継器を通過する毎に増幅、累積され、最終的には光信号と共に光受信装置 17 に入力される。

【0006】

図 28 の例では、光送信装置 11 から WDM 信号 31 および ASE 32 を含む光が出力される。そして、光受信装置 17 の光分波器 25 には、WDM 信号 33 および ASE 34 を含む光が入力され、光増幅器 26-2 には、1 波長の光信号 35 および ASE 36 を含む光が入力される。

40

【0007】

1 波長当りの伝送速度が 40 Gbit/s の高速な光伝送システムでは、波長分散に対するトレランスが著しく小さくなるため、高精度な波長分散補償が必要になる。そこで、光受信装置 17 において可変分散補償器 27-1 ~ 27-n を設けることにより、チャネル毎に高精度な波長分散補償が可能となり、さらにはシステム運用中の波長分散値の経時変動に追従しながら、常に分散補償量を最適化することが可能になる。また、偏波モード

50

分散 (PMD) に起因する信号品質劣化が顕著な場合には、それを補償するために光分波器 25 と光受信器 28 - 1 ~ 28 - n の間に PMD 補償器を配置する場合がある。

【0008】

しかしながら、可変型波長分散補償器 27 - 1 ~ 27 - n や PMD 補償器の適用により光損失が増大し、後段にある光受信器 28 - 1 ~ 28 - n の入力ダイナミックレンジに対して光パワーが不足する場合がある。このような場合、光増幅器 26 - 1 ~ 26 - n を用いて光信号を増幅することで、光受信器 28 - 1 ~ 28 - n への入力パワーを確保できる。

【0009】

図 29 は、このような損失補償用の光増幅器を制御するシステムを示している。光増幅器 42 は、光受信器 43 の前段に設けられ、入力光を増幅する。光増幅器 42 の入力側には、光カプラ 41 とフォトダイオード (PD) 44 が設けられ、入力光がモニタされる。処理部 45 は、PD 44 からのモニタ信号に基づいて光信号入力の有無を判定し、制御部 46 は、その判定結果に応じて光増幅器 42 の動作を制御する。

10

【0010】

処理部 45 は、図 30 に示すように、信号入力範囲の下限値付近に、光パワーのシャットダウン閾値 P_{th} を設定し、モニタされた光パワーが P_{th} より高い場合は信号入力有りと判定し、 P_{th} より低い場合は信号入力断と判定する。制御部 46 は、信号入力有りの場合は光増幅器 42 を動作させ、信号入力断の場合は動作を停止させる (シャットダウンする)。

20

【0011】

したがって、時刻 t_1 において光信号がオフになり、光増幅器 42 の入力光パワー 51 が P_{th} を下回ると、光増幅器 42 はシャットダウンされ、光増幅器 42 の出力光パワー 52 は 0 に近づく。

【0012】

下記の特許文献 1 は、光伝送システムにおける OSNR のモニタ方法に関する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献 1】特開 2004 - 112427 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

上述した従来 of 光増幅器制御方法には、次のような問題がある。

【0015】

図 31 に示すように、 n チャネルからなる WDM 通信システムを運用中に、光送信器 21 - 2 の光ファイバ断または抜去等により、WDM 信号の 1 チャネルのみがオフとなった場合、そのチャネルの光増幅器 26 - 2 には、光送信装置と光受信装置の間に配置された光増幅中継器で発生し累積する ASE のみが入力される。

40

【0016】

この ASE パワーが光増幅器 26 - 2 の信号入力ダイナミックレンジの下限値より大きい場合、図 32 に示すように、時刻 t_1 において信号がオフになっても、入力光パワー 61 は、シャットダウン閾値 P_{th} を下回らない。このため、信号と ASE の判別ができず、光増幅器 26 - 2 はシャットダウンされない。

【0017】

そして、光増幅器 26 - 2 が動作状態のまま、時刻 t_2 において信号がオンになり、光増幅器 26 - 2 に光信号が入力されると、出力光パワー 62 が示すように、光サージ 63 が発生し、後段の光受信器 28 - 2 が破壊されてしまう。

【0018】

さらに、WDM 通信システムの初期起動時に ASE のみが入力されたとき、誤って光増

50

幅器を起動すると、その後で実際に光信号が入力された瞬間に光サージが発生し、やはり光受信器を故障させてしまう。

【0019】

そこで、このような誤判定を防ぐために、図33のような信号入力検出装置を用いる方法が考えられる。信号入力検出装置71は、光カプラ72、高速PD73、バンドパスフィルタ(BPF)74、および強度モニタ75を備える。高速PD73から出力されるモニタ信号は、BPF74を介して強度モニタ75に転送され、強度モニタ75は、信号成分の強度をモニタして、制御部76に出力する。制御部76は、強度モニタ75からのモニタ信号に基づいて光信号入力の有無を判定し、光増幅器42の動作を制御する。

【0020】

このように、光増幅器42の入力端で信号成分の強度をモニタすることで、信号入力がASEのみの入力かを判別することが可能である。しかし、信号入力検出装置71を波長数だけ配置すると、高周波部品を多数用いることになるため、非常に高価なシステムになる。

【0021】

本発明の第1の課題は、できるだけ簡易な方法で、光増幅器等の光デバイスの入力端における信号入力の有無を検出することである。

【0022】

本発明の第2の課題は、信号入力の検出結果に応じて光デバイスの動作を適切に制御することで、光サージのような障害の発生を防止することである。

【課題を解決するための手段】

【0023】

図1は、本発明の信号入力検出装置の原理図である。図1の信号入力検出装置は、第1のモニタ手段101、第2のモニタ手段102、および判別手段103を備える。

【0024】

第1のモニタ手段101は、入力光の強度をモニタして、入力光強度を示す第1のモニタ信号を出力する。第2のモニタ手段102は、入力光の交流成分の強度をモニタして、交流強度を示す第2のモニタ信号を出力する。判別手段103は、第1のモニタ信号と第2のモニタ信号を用いて、入力光に信号光が含まれているか否かを判別する。

【0025】

入力光には交流(AC)成分と直流(DC)成分が含まれており、入力光強度においてはDC強度が支配的である。このため、入力光強度のみでは、入力光に信号光とASEが含まれている状態と、ASEのみが含まれている状態とを判別することは難しい。しかしながら、入力光強度に加えてAC強度もモニタすることで、これらの2つの入力状態を容易に判別できるようになる。

【0026】

さらに、光デバイスの入力側または出力側の光を信号入力検出装置に入力して、入力光に信号光が含まれているか否かを判別すれば、その判別結果に応じて光デバイスを適切に制御することができる。

【0027】

第1のモニタ手段101は、例えば、後述する強度モニタ205を含み、第2のモニタ手段102は、例えば、DCブロック203および強度モニタ204を含む。判別手段103は、例えば、判別処理部206に対応する。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、比較的簡易かつ安価な構成で、光デバイスの入力端における信号入力の有無、すなわち、信号が入力している状態とASEのみが入力している状態との判別を行うことができる。これにより、光デバイスの起動/停止を安全かつ確実に行うことが可能になる。

【0029】

10

20

30

40

50

また、光信号のビットレートやフォーマットに依存することなく、信号入力の有無を検出できるため、ビットレートやフォーマットが異なるシステムにも柔軟に対応可能である。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明の信号入力検出装置の原理図である。

【図2】第1の信号入力検出装置の構成図である。

【図3】2つの強度モニタの入力端におけるスペクトルおよび時間波形を示す図である。

【図4】トータル強度の入力光パワー依存性を示す図である。

【図5】AC強度の入力光パワー依存性を示す図である。

10

【図6】第1の光増幅器制御システムの構成図である。

【図7】第1の光増幅器起動制御のフローチャートである。

【図8】第1の光増幅器停止制御のフローチャートである。

【図9】第2の信号入力検出装置の構成図である。

【図10】損失部を設けたときのモニタ強度の入力光パワー依存性を示す図である。

【図11】第2の光増幅器起動制御のフローチャートである。

【図12】第2の光増幅器停止制御のフローチャートである。

【図13】第3の信号入力検出装置の構成図である。

【図14】2つの閾値を示す図である。

【図15】第3の光増幅器起動制御のフローチャートである。

20

【図16】第3の光増幅器停止制御のフローチャートである。

【図17】第4の信号入力検出装置の構成図である。

【図18】第2の光増幅器制御システムの構成図である。

【図19】第3の光増幅器制御システムの構成図である。

【図20】光フィルタなしのときの入力光のスペクトルを示す図である。

【図21】光フィルタを設けたときの入力光のスペクトルを示す図である。

【図22】光フィルタを設けたときのAC強度の入力光パワー依存性を示す図である。

【図23】第4の光増幅器制御システムの構成図である。

【図24】AC強度のOSNR依存性を示す図である。

【図25】変調方式によるAC強度の違いを示す図である。

30

【図26】位相変調の場合の波長数によるAC強度の変化を示す図である。

【図27】強度変調の場合の波長数によるAC強度の変化を示す図である。

【図28】従来の光通信システムの構成図である。

【図29】従来の光増幅器制御システムの構成図である。

【図30】従来の光増幅器制御方法を示す図である。

【図31】1チャンネルの信号がオフになった状態を示す図である。

【図32】光サージの発生を示す図である。

【図33】信号入力検出の改善策を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための最良の形態を詳細に説明する。

40

【0032】

本実施形態では、入力光を光電変換した後、低周波数領域のAC強度をモニタし、光信号が入力する場合とASEのみが入力する場合とでモニタ強度が異なることを利用して、入力状態を判別する。そして、この判別結果を用いて光増幅器の動作を制御する。

【0033】

図2は、このような信号入力検出装置の構成例を示している。この信号入力検出装置は、低速PD201、トランスインピーダンスアンプ(TIA)202、DCブロック203、強度モニタ204、205、および判別処理部206を備える。

【0034】

50

低速PD201は、入力光を電気信号に変換し、トランスインピーダンスアンプ(TIA)202は、PD出力電流を増幅し、電圧変換する。DCブロック203は、TIA202の出力に含まれるDC成分をブロックして、AC成分のみを強度モニタ204に出力する。強度モニタ204は、入力されたAC成分の信号強度を出力し、強度モニタ205は、TIA202の出力の信号強度を、トータル強度として出力する。判別処理部206は、強度モニタ204からのAC強度と、強度モニタ205からのトータル強度を用いて、入力状態を判別し、判別結果を制御情報として出力する。

【0035】

図3は、それぞれの強度モニタの入力端におけるスペクトルおよび時間波形のシミュレーション結果を示している。このシミュレーションでは、低速PD201の応答速度は、光信号の速度と比較して十分低い速度とし、DCブロック203は、例えば、キャパシタにより構成されるものとする。

10

【0036】

図3の例では、AC強度モニタ204の入力端におけるスペクトルおよび時間波形には、DC成分が含まれておらず、トータル強度モニタ205の入力端におけるスペクトルおよび時間波形には、DC成分が含まれていることが分かる。

【0037】

図4は、トータル強度の入力光パワー依存性を示しており、図5は、AC強度の入力光パワー依存性を示している。トータル強度ではDC強度が支配的であるため、ASEのみが入力する場合でも、光信号とASEが入力する場合でも、トータル強度の入力光パワー依存性はほぼ一致する。これに対して、AC強度は、入力状態によって入力光パワー依存性が異なる。

20

【0038】

図5では、ASEのみが入力する場合と、光信号とASEが入力する場合とでAC強度の入力光パワー依存性が異なり、さらにOSNRによってもAC強度の入力光パワー依存性が異なる。したがって、AC強度とトータル強度をモニタすることで、ASEのみが入力している状態か、光信号が入力している状態かを判別することができる。

【0039】

次に、入力状態の具体的な判別方法、および、その判別結果を用いた光増幅器の制御方法について、具体例を挙げて説明する。

30

【0040】

図6は、光増幅器制御システムの構成例を示している。このシステムは、光カプラ601、光増幅器602、信号入力検出装置603、および制御部604を備える。信号入力検出装置603は、図2に示した構成を有し、光カプラ601を介して、光増幅器602の入力端における入力状態を判別する。制御部604は、その判別結果を用いて光増幅器602の動作を制御する。

【0041】

この場合、事前にASEのみを信号入力検出装置603に入力して、AC強度とトータル強度の関係を取得し、その関係をデータテーブルとして、信号入力検出装置603の判別処理部206に格納しておく。

40

【0042】

図7は、光増幅器が停止している状態における光増幅器起動制御のフローチャートである。まず、信号入力検出装置603の強度モニタ204および205は、AC強度およびトータル強度を測定する(ステップ701)。

【0043】

次に、判別処理部206は、データテーブルを用いて、トータル強度の測定値に対応するAC強度を算出し(ステップ702)、得られた計算値をAC強度の測定値と比較する(ステップ703)。AC強度の測定値が計算値以上であれば、信号入力断、すなわち、ASEのみが入力していると判定し(ステップ704)、ステップ701以降の動作を繰り返す。

50

【 0 0 4 4 】

一方、AC強度の測定値が計算値未満であれば、信号が入力していると判定し（ステップ705）、制御部604に信号入力情報を転送する（ステップ706）。そして、制御部604は、信号入力情報に従って、光増幅器602を起動する（ステップ707）。

【 0 0 4 5 】

図8は、光増幅器が動作している状態における光増幅器停止制御のフローチャートである。ステップ801～803の動作は、図7のステップ701～703の動作と同様である。

【 0 0 4 6 】

判別処理部206は、ステップ803においてAC強度の測定値が計算値未満であれば、信号が入力していると判定し（ステップ804）、ステップ801以降の動作を繰り返す。

10

【 0 0 4 7 】

一方、AC強度の測定値が計算値以上であれば、信号入力断、すなわち、ASEのみが入力していると判定し（ステップ805）、制御部604に信号入力断情報を転送する（ステップ806）。そして、制御部604は、信号入力断情報に従って、光増幅器602を停止させる（ステップ807）。

【 0 0 4 8 】

図9は、信号入力検出装置の別の構成例を示している。この信号入力検出装置は、図2の信号入力検出装置において、TIA202と強度モニタ205の間に損失部901を設けた構成を有し、AC強度とトータル強度の重み付けを行う。損失部901としては、例えば、減衰器が用いられる。

20

【 0 0 4 9 】

この場合、強度モニタ205の入力信号を損失部901により減衰させることで、トータル強度の測定値を減少させることができ、AC強度とトータル強度の入力光パワー依存性は、図10のようになる。損失部901の損失量は、ASEのみが入力するときのAC強度と、信号とASEが入力するときのAC強度の間に、トータル強度が検出されるように、調整される。

【 0 0 5 0 】

これにより、AC強度とトータル強度の大小関係を比較するだけで入力状態を判別することができるため、判別用のデータテーブルが不要となり、判別処理部206の構成が簡易になる。

30

【 0 0 5 1 】

図11は、図6の信号入力検出装置603として、図9の構成を用いた場合の光増幅器起動制御のフローチャートである。まず、強度モニタ204および205は、AC強度およびトータル強度を測定する（ステップ1101）。

【 0 0 5 2 】

次に、判別処理部206は、AC強度の測定値とトータル強度の測定値を比較する（ステップ1102）。AC強度がトータル強度以上であれば、信号入力断と判定し（ステップ1103）、ステップ1101以降の動作を繰り返す。

40

【 0 0 5 3 】

一方、AC強度がトータル強度未満であれば、信号が入力していると判定し（ステップ1104）、制御部604に信号入力情報を転送する（ステップ1105）。そして、制御部604は、信号入力情報に従って、光増幅器602を起動する（ステップ1106）。

【 0 0 5 4 】

図12は、図9の信号入力検出装置を用いた場合の光増幅器停止制御のフローチャートである。ステップ1201および1202の動作は、図11のステップ1101および1102の動作と同様である。

【 0 0 5 5 】

50

判別処理部 206 は、ステップ 1202 において AC 強度がトータル強度以下であれば、信号が入力していると判定し (ステップ 1203)、ステップ 1201 以降の動作を繰り返す。

【0056】

一方、AC 強度がトータル強度を超えていれば、信号入力断と判定し (ステップ 1204)、制御部 604 に信号入力断情報を転送する (ステップ 1205)。そして、制御部 604 は、信号入力断情報に従って、光増幅器 602 を停止させる (ステップ 1206)。

【0057】

図 9 の信号入力検出装置では、損失部 901 を設けることでモニタ強度の重み付けを行っているが、別の方法として、図 13 に示すように、AC 強度モニタ側とトータル強度モニタ側にそれぞれ利得が異なる TIA を設けてもよい。

10

【0058】

図 13 の信号入力検出装置では、低速 PD 201 と DC ブロック 203 の間に、利得 G1 の TIA 1301 が配置され、低速 PD 201 と強度モニタ 205 の間に、利得 G2 の TIA 1302 が配置されている。ここで、G1 に比べて G2 を十分に小さく設定しておけば、図 10 と同様の特性を実現することができる。

【0059】

図 7 および図 8 に示した光増幅器制御方法では、AC 強度の測定値と計算値を比較することで入力状態を判別しているが、さらに光パワーの閾値を用いて入力状態を判別することも可能である。この場合、図 14 に示すように、あらかじめ信号入力範囲の下限値付近および ASE 入力範囲の上限値付近に、閾値 Pth1 および Pth2 を設定しておく。

20

【0060】

そして、トータル強度が Pth2 より大きい場合は信号入力と判定し、トータル強度が Pth1 と Pth2 の間にある場合はさらに AC 強度を用いて判定を行い、トータル強度が Pth1 より小さい場合は信号入力断と判定する。

【0061】

図 15 は、このような光増幅器起動制御のフローチャートである。まず、強度モニタ 205 は、トータル強度 Pmon を測定する (ステップ 1501)。

【0062】

30

次に、判別処理部 206 は、Pmon を Pth1 と比較し (ステップ 1502)、Pmon が Pth1 以下であれば、信号入力断と判定し (ステップ 1503)、ステップ 1501 以降の動作を繰り返す。

【0063】

一方、Pmon が Pth1 より大きければ、次に、Pmon を Pth2 と比較する (ステップ 1504)。そして、Pmon が Pth2 より小さければ、図 7 のステップ 701 ~ 704 と同様の動作を行う (ステップ 1505 ~ 1508)。

【0064】

ステップ 1507 において AC 強度の測定値が計算値未満であれば、信号が入力していると判定し (ステップ 1509)、図 7 のステップ 706 および 707 と同様の動作を行う (ステップ 1510 および 1511)。

40

【0065】

また、ステップ 1504 において Pmon が Pth2 以上であれば、信号が入力していると判定し (ステップ 1509)、ステップ 1510 および 1511 の動作を行う。

【0066】

図 16 は、光増幅器停止制御のフローチャートである。まず、強度モニタ 205 は、トータル強度 Pmon を測定する (ステップ 1601)。

【0067】

次に、判別処理部 206 は、Pmon を Pth2 と比較し (ステップ 1602)、Pmon が Pth2 以上であれば、信号が入力していると判定し (ステップ 1603)、ステ

50

ップ1601以降の動作を繰り返す。

【0068】

一方、PmonがPth2より小さければ、次に、PmonをPth1と比較する(ステップ1604)。そして、PmonがPth1より大きければ、図8のステップ801~804と同様の動作を行う(ステップ1605~1608)。

【0069】

ステップ1607においてAC強度の測定値が計算値以上であれば、信号入力断と判定し(ステップ1609)、図8のステップ806および807と同様の動作を行う(ステップ1610および1611)。

【0070】

また、ステップ1604においてPmonがPth1以下であれば、信号入力断と判定し(ステップ1609)、ステップ1610および1611の動作を行う。

【0071】

以上の実施形態では、トータル強度とAC強度により入力状態を判別しているが、トータル強度で支配的となるのはDC強度であるため、トータル強度の代わりにDC強度をモニタしてもかまわない。

【0072】

図17は、このような信号入力検出装置の構成例を示している。この信号入力検出装置では、TIA202と強度モニタ205の間にACブロック1701が設けられ、ACブロック1701は、TIA202の出力からDC成分を抽出して、強度モニタ205に出力する。ACブロック1701は、例えば、コイルを含むローパスフィルタにより構成される。

【0073】

なお、上述した信号入力検出装置の各構成例においては、所望の強度をモニタできる機能が備わっていれば、構成部品の順序や数量等を変更してもかまわない。また、信号入力検出装置は、光増幅器の外部ではなく、光増幅器の内部に配置してもよい。

【0074】

図18は、1台の信号入力検出装置を用いて複数の光増幅器を制御するシステムの構成例を示している。このシステムは、光分波器1801、光カプラ1802-1~1802-n、光増幅器1803-1~1803-n、光受信器1804-1~1804-n、光スイッチ1805、信号入力検出装置1806、および制御部1807を備える。

【0075】

光分波器1801は、WDM信号をnチャンネルの光信号に分離し、光スイッチ1805は、光カプラ1802-1~1802-nを介して入力されるnチャンネルの光信号のいずれかを選択して、信号入力検出装置1806に出力する。制御部1807は、それぞれのチャンネルの判別結果を用いて、光増幅器1803-1~1803-nの動作を制御する。

【0076】

図19は、光フィルタを用いて信号入力検出装置に入力される光の帯域幅を制限するシステムの構成例を示している。このシステムは、図6の光増幅器制御システムにおいて、光カプラ601と信号入力検出装置603の間に、可変型または固定型の光フィルタ1901を設けた構成を有する。

【0077】

光フィルタ1901がなければ、信号入力検出装置603の入力光には、図20に示すように、信号2001と広い波長領域に渡るASE2002が含まれる。これに対して、光フィルタ1901を設けた場合は、図21に示すように、信号2101と帯域幅に相当するASE2102のみが入力光に含まれる。したがって、図22に示すように、光フィルタ1901を設けることで、ASEのみが入力する場合と、信号とASEが入力する場合のAC強度の差が大きくなり、入力状態の判別が容易になる。

【0078】

図23は、光フィルタを用いた光増幅器制御システムの別の構成例を示している。この

10

20

30

40

50

システムは、図 6 の光増幅器制御システムにおいて、光カプラ 601 の入力側に、可変型または固定型の光フィルタ 2301 を設けた構成を有する。この場合も、図 19 の構成と同様に、入力状態の判別が容易になるという効果が得られる。

【0079】

上述した信号入力検出装置を用いて、AC 強度の測定値から OSNR を算出することも可能である。この場合、事前に、入力光パワーを変化させながら、それぞれの値について、AC 強度の OSNR 依存性を示す曲線のデータを取得し、データテーブルとして判別処理部 206 に格納しておく。

【0080】

そして、システム運用時に、判別処理部 206 は、図 24 に示すように、トータル強度（入力光パワー）の測定値に応じて曲線 2401 を選択し、その曲線 2401 のデータを用いて、AC 強度の測定値に対応する OSNR を算出する。

10

【0081】

ところで、信号入力検出装置により測定される AC 強度は、光信号の変調方式によって異なってくる。強度変調方式の信号が入力する場合の AC 強度は、ASE のみが入力する場合の AC 強度より大きく、位相変調方式の信号が入力する場合の AC 強度は、ASE のみが入力する場合の AC 強度より小さい。したがって、AC 強度の測定値を ASE のみの場合の AC 強度と比較することで、どちらの変調方式の信号が入力しているかを判別することができる。

【0082】

図 25 は、このような 2 種類の変調方式による AC 強度の入力光パワー依存性の違いを示している。NRZ (Non-Return to Zero) 変調 (強度変調) を用いた場合の AC 強度は、ASE のみの場合の AC 強度より大きく、RZ - DQPSK (Return to Zero-Differential Quadrature Phase Shift Keying) 変調 (位相変調) を用いた場合の AC 強度は、ASE のみの場合の AC 強度より小さくなっている。

20

【0083】

位相変調を用いた場合は、図 7、図 8、図 11、図 12、図 15、および図 16 に示した制御方法により、入力状態を判別することが可能である。これに対して、強度変調を用いた場合は、ステップ 703、803、1102、1202、1507、および 1607 において不等号の向きを逆にして判定を行う必要がある。さらに、図 11 および図 12 の制御方法を用いる場合、図 10 とは異なり、ASE のみが入力するときの AC 強度の上側にトータル強度が検出されるように、損失部 901 の損失量、または、TIA 1301、TIA 1302 の利得を調整する必要がある。

30

【0084】

図 18 に示した光増幅器制御システムでは、1 波長の光信号を選択して信号入力検出装置に入力しているが、WDM 信号のような多波長の光信号をそのまま入力することも可能である。

【0085】

図 26 は、位相変調を用いた場合の波長数による AC 強度の変化を示している。この場合、1 波長の信号が入力しているときより、 $m + 1$ 波長の信号 (m は自然数) が入力しているときの方が、AC 強度は小さくなる。すなわち、波長数が多くなるほど AC 強度が小さくなるため、ASE のみの場合の AC 強度と区別し易くなる。

40

【0086】

図 27 は、強度変調を用いた場合の波長数による AC 強度の変化を示している。この場合、1 波長の信号が入力しているときより、 $m + 1$ 波長の信号が入力しているときの方が、AC 強度は大きくなる。すなわち、波長数が多くなるほど AC 強度が大きくなるため、ASE のみの場合の AC 強度と区別し易くなる。

【0087】

以上説明した実施形態では、信号入力検出装置を光増幅器の入力端に設けているが、これに限らず、信号入力検出装置を他の光デバイスの入力端または出力端に設けてもよい。

50

例えば、光受信器の前段や光スイッチの入出力端に信号入力検出装置を配置して、これらの光デバイスの入出力信号の状態を判別することで、光受信器や光スイッチを適切に制御することが可能になる。

【0088】

(付記1) 入力光の強度をモニタして、入力光強度を示す第1のモニタ信号を出力する第1のモニタ手段と、

前記入力光の交流成分の強度をモニタして、交流強度を示す第2のモニタ信号を出力する第2のモニタ手段と、

前記第1のモニタ信号と前記第2のモニタ信号を用いて、前記入力光に信号光が含まれているか否かを判別する判別手段と

を備えることを特徴とする信号入力検出装置。

(付記2) 前記判別手段は、前記第1のモニタ信号を用いて、前記入力光に信号光が含まれていないときの交流強度を求め、得られた交流強度と、前記第2のモニタ信号が示す交流強度を比較して、該入力光に信号光が含まれているか否かを判別することを特徴とする付記1記載の信号入力検出装置。

(付記3) 前記判別手段は、前記信号光が位相変調された信号の場合、前記第1のモニタ信号を用いて得られた交流強度が、前記第2のモニタ信号が示す交流強度より大きければ、前記入力光に信号光が含まれていると判定し、該第1のモニタ信号を用いて得られた交流強度が、該第2のモニタ信号が示す交流強度以下であれば、該入力光に信号光が含まれていないと判定することを特徴とする付記2記載の信号入力検出装置。

(付記4) 前記判別手段は、前記信号光が強度変調された信号の場合、前記第1のモニタ信号を用いて得られた交流強度が、前記第2のモニタ信号が示す交流強度より小さければ、前記入力光に信号光が含まれていると判定し、該第1のモニタ信号を用いて得られた交流強度が、該第2のモニタ信号が示す交流強度以上であれば、該入力光に信号光が含まれていないと判定することを特徴とする付記2記載の信号入力検出装置。

(付記5) 前記判別手段は、前記第1のモニタ信号が示す入力光強度を、第1の閾値および該第1の閾値より大きな第2の閾値と比較し、該入力光強度が該第1の閾値より小さければ、前記入力光に信号光が含まれていないと判定し、該入力光強度が該第2の閾値より大きければ、該入力光に信号光が含まれていると判定することを特徴とする付記1記載の信号入力検出装置。

(付記6) 前記判別手段は、前記入力光強度が前記第1の閾値より大きく、かつ、前記第2の閾値より小さければ、前記第1のモニタ信号を用いて、前記入力光に信号光が含まれていないときの交流強度を求め、得られた交流強度と、前記第2のモニタ信号が示す交流強度を比較して、該入力光に信号光が含まれているか否かを判別することを特徴とする付記5記載の信号入力検出装置。

(付記7) 前記入力光から得られる電気信号を減衰させる減衰手段をさらに備え、前記第1のモニタ手段は、減衰した電気信号の強度をモニタすることを特徴とする付記1記載の信号入力検出装置。

(付記8) 前記入力光を第1の電圧信号に変換する第1の変換手段と、該入力光を第2の電圧信号に変換する第2の変換手段をさらに備え、前記第1のモニタ手段は、該第1の電圧信号の強度をモニタし、前記第2のモニタ手段は、該第2の電圧信号の交流成分の強度をモニタすることを特徴とする付記1記載の信号入力検出装置。

(付記9) 前記判別手段は、前記第1のモニタ信号が示す入力光強度と、前記第2のモニタ信号が示す交流強度を比較して、該入力光に信号光が含まれているか否かを判別することを特徴とする付記7または8記載の信号入力検出装置。

(付記10) 前記第1のモニタ手段は、前記入力光のトータル強度または直流成分の強度をモニタすることを特徴とする付記1乃至9のいずれかに記載の信号入力検出装置。

(付記11) 前記入力光の帯域幅を制限する光フィルタ手段をさらに備え、前記第1のモニタ手段は、該光フィルタ手段を通過した光の強度をモニタし、前記第2のモニタ手段は、該光フィルタ手段を通過した光の交流成分の強度をモニタすることを特徴とする付記1

10

20

30

40

50

乃至 8 のいずれかに記載の信号入力検出装置。

(付記 1 2) 光デバイスと、

前記光デバイスの入力側または出力側の光が入力されたとき、入力光の強度をモニタして、第 1 のモニタ信号を出力する第 1 のモニタ手段と、

前記入力光の交流成分の強度をモニタして、第 2 のモニタ信号を出力する第 2 のモニタ手段と、

前記第 1 のモニタ信号と前記第 2 のモニタ信号を用いて、前記入力光に信号光が含まれているか否かを判別し、判別結果を出力する判別手段と、

前記判別結果に応じて前記光デバイスを制御する制御手段と

を備えることを特徴とする光デバイス制御装置。

10

(付記 1 3) 前記制御手段は、前記光デバイスの動作中に、前記入力光に信号光が含まれていないと判定されたとき、該光デバイスの動作を停止させることを特徴とする付記 1 2 記載の光デバイス制御装置。

(付記 1 4) 前記制御手段は、前記光デバイスの停止中に、前記入力光に信号光が含まれていると判定されたとき、該光デバイスを起動することを特徴とする付記 1 2 または 1 3 記載の光デバイス制御装置。

(付記 1 5) 入力光の強度をモニタして、入力光強度を示す第 1 のモニタ信号を取得し、

前記入力光の交流成分の強度をモニタして、交流強度を示す第 2 のモニタ信号を取得し、

前記第 1 のモニタ信号と前記第 2 のモニタ信号を用いて、前記入力光に信号光が含まれているか否かを判別する

20

ことを特徴とする信号入力検出方法。

(付記 1 6) 光デバイスの入力側または出力側の光が入力されたとき、入力光の強度をモニタして、第 1 のモニタ信号を取得し、

前記入力光の交流成分の強度をモニタして、第 2 のモニタ信号を取得し、

前記第 1 のモニタ信号と前記第 2 のモニタ信号を用いて、前記入力光に信号光が含まれているか否かを判別し、

判別結果に応じて前記光デバイスを制御する

ことを特徴とする光デバイス制御方法。

30

【符号の説明】

【 0 0 8 9 】

1 1 光送信装置

1 2、1 4、1 6 伝送路ファイバ

1 3、1 5 光増幅中継器

1 7 光受信装置

2 1 - 1、2 1 - 2、2 1 - n、4 3 光送信器

2 2 光合波器

2 3、2 4、4 2、6 0 2 光増幅器

2 5、1 8 0 1 光分波器

2 6 - 1、2 6 - 2、2 6 - n、1 8 0 3 - 1、1 8 0 3 - n 光増幅器

40

2 7 - 1、2 7 - 2、2 7 - n 可変型波長分散補償器

2 8 - 1、2 8 - 2、2 8 - n、1 8 0 4 - 1、1 8 0 4 - n 光受信器

3 1、3 3 WDM 信号

3 2、3 4、3 6、2 0 0 2、2 1 0 2 ASE

3 5、2 0 0 1、2 1 0 1 光信号

4 1、7 2、6 0 1、1 8 0 2 - 1、1 8 0 2 - n 光カプラ

4 4 フォトダイオード

4 5 処理部

4 6、7 6、6 0 4、1 8 0 7 制御部

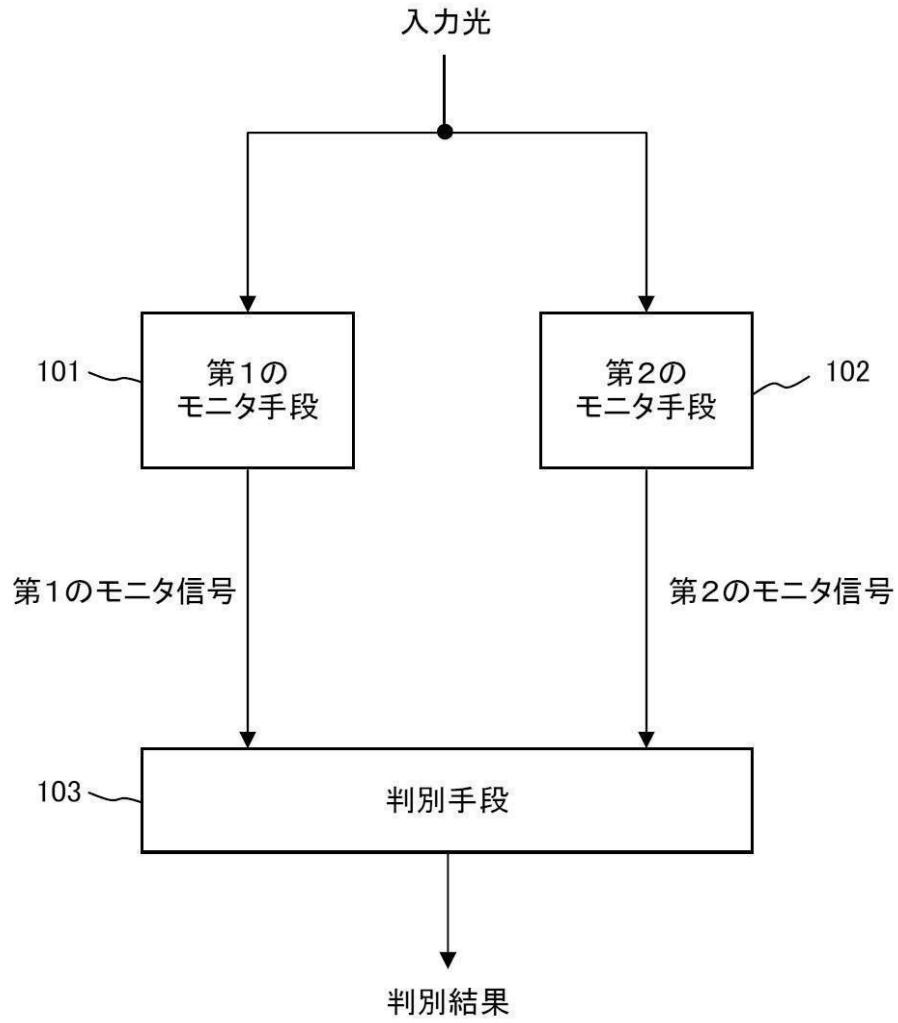
5 1、6 1 入力光パワー

50

5 2、6 2 出力光パワー
6 3 光サージ
7 1、6 0 3、1 8 0 6 信号入力検出装置
7 3 高速フォトダイオード
7 4 バンドパスフィルタ
7 5、2 0 4、2 0 5 強度モニタ
1 0 1 第 1 のモニタ手段
1 0 2 第 2 のモニタ手段
1 0 3 判別手段
2 0 1 低速フォトダイオード
2 0 2、1 3 0 1、1 3 0 2 トランスインピーダンスアンプ
2 0 3 DCブロック
2 0 6 判別処理部
9 0 1 損失部
1 7 0 1 ACブロック
1 8 0 5 光スイッチ
1 9 0 1、2 3 0 1 光フィルタ
2 3 0 1 光フィルタ
2 4 0 1 曲線

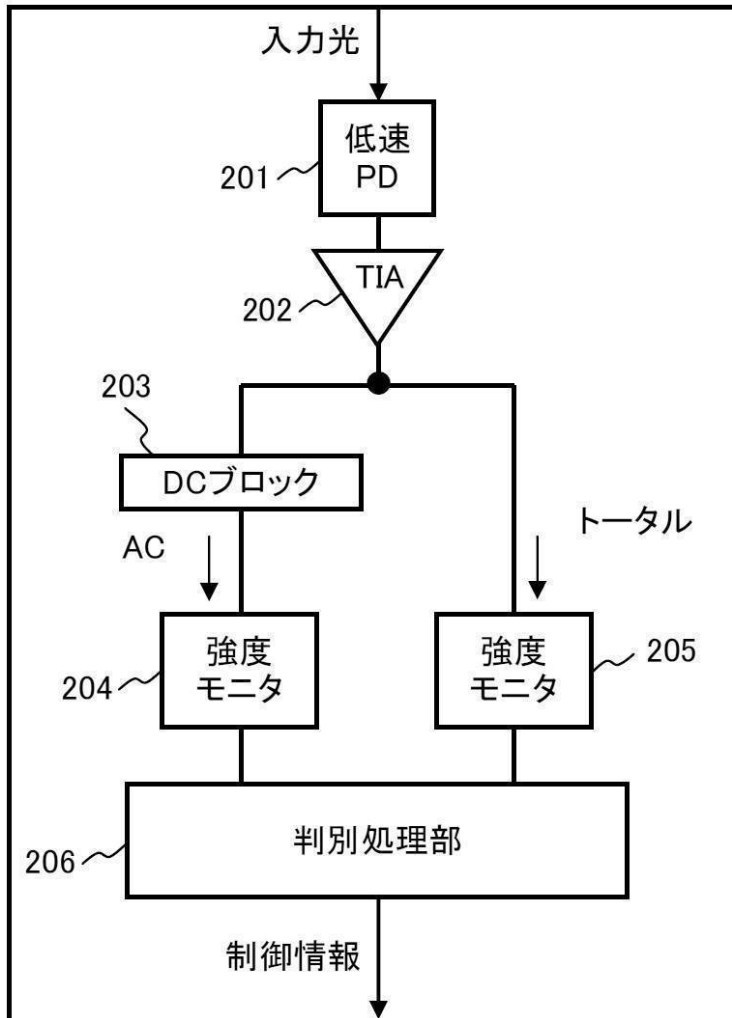
【図1】

本発明の信号入力検出装置の原理図



【図2】

第1の信号入力検出装置の構成図

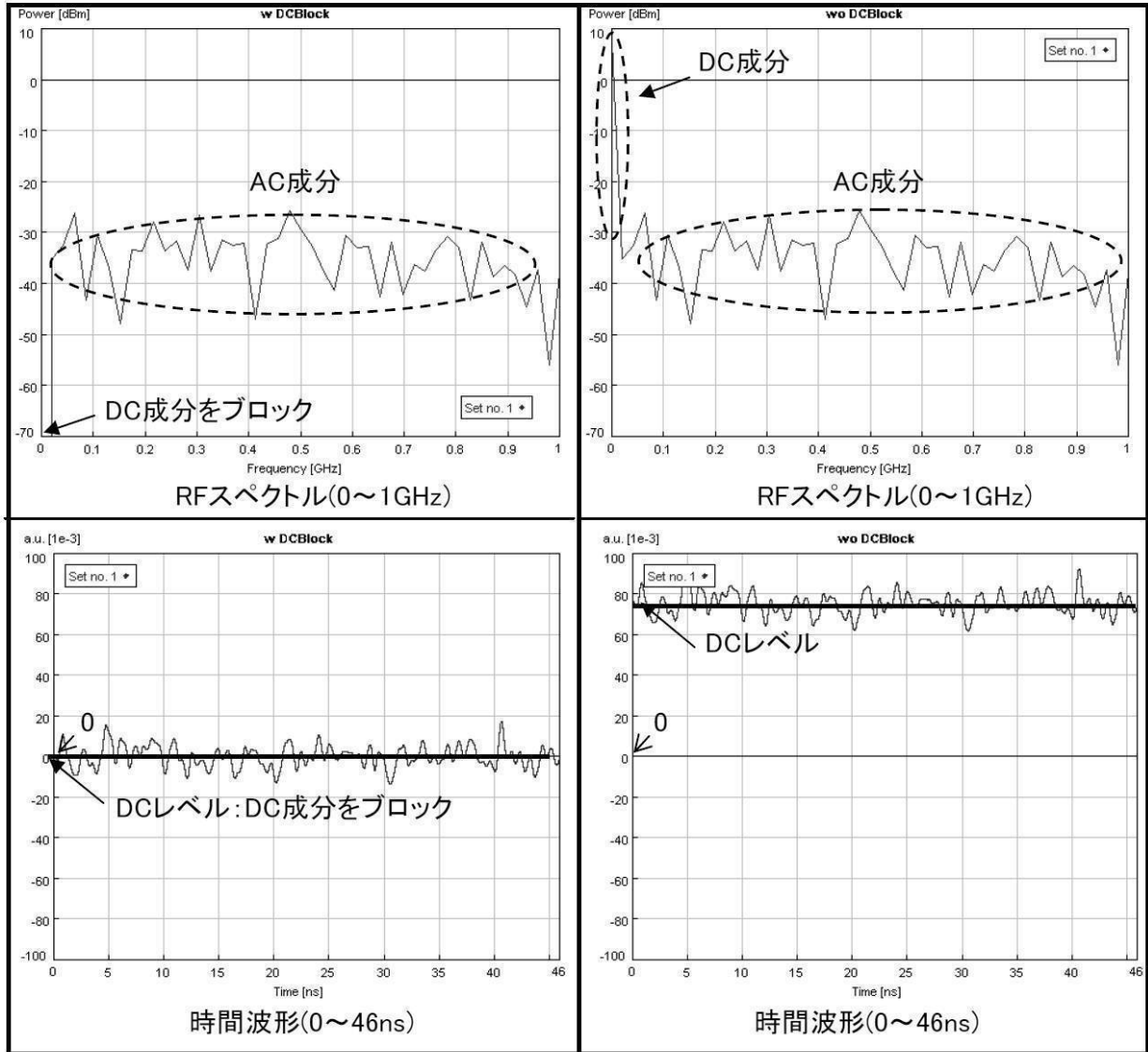


【 図 3 】

2つの強度モニタの入力端における RFスペクトルおよび時間波形を示す図

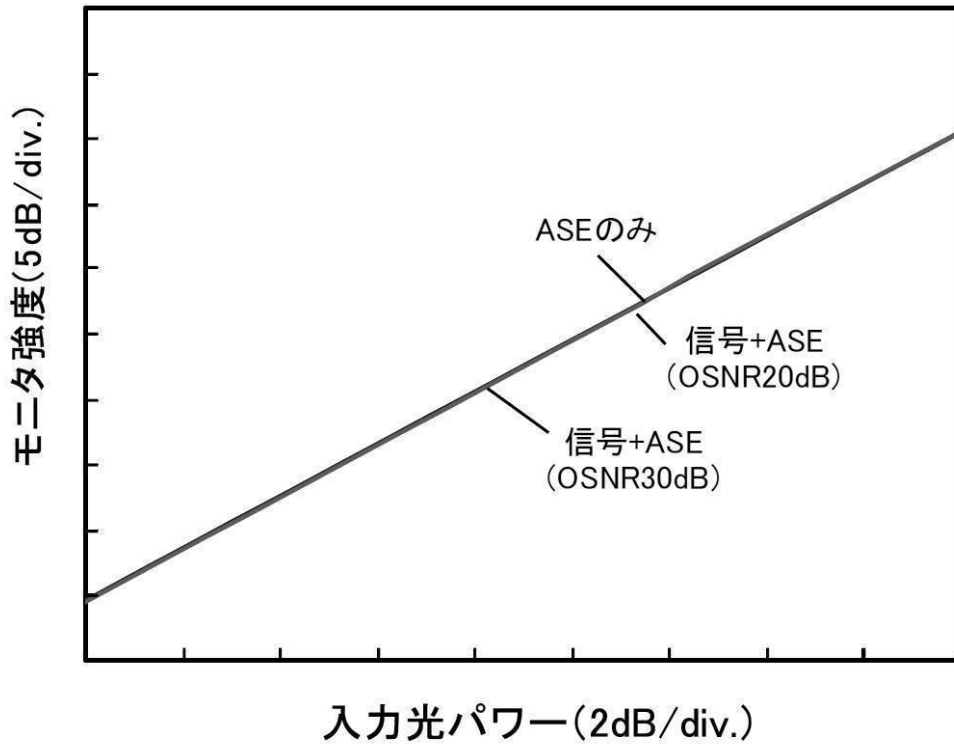
AC強度モニタ側

トータル強度モニタ側



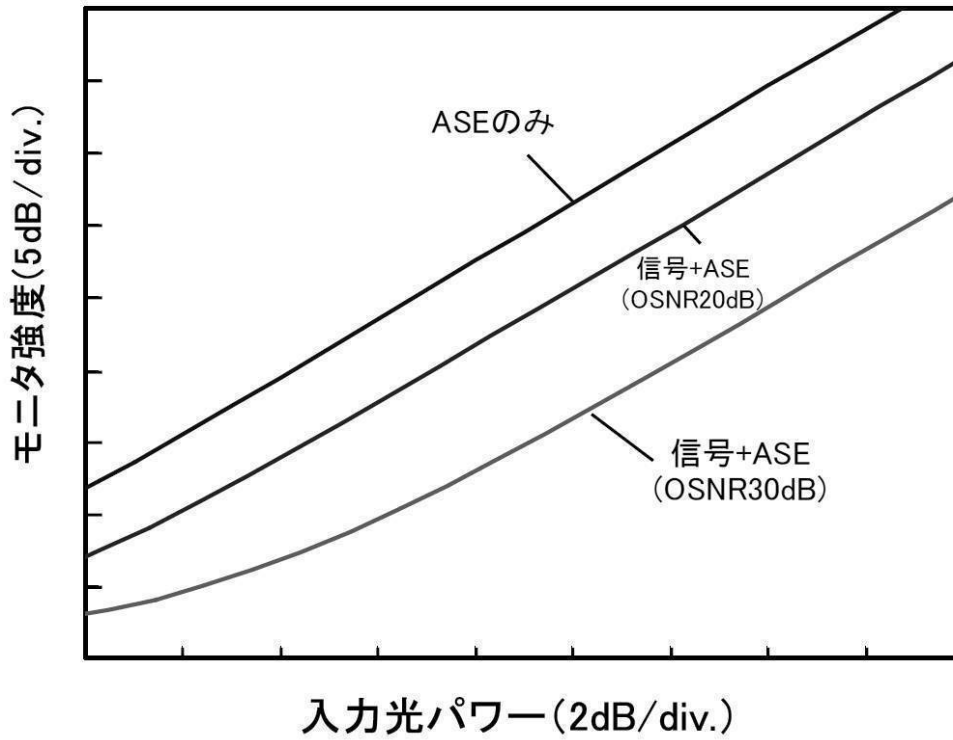
【図4】

トータル強度の入力光パワー依存性を示す図



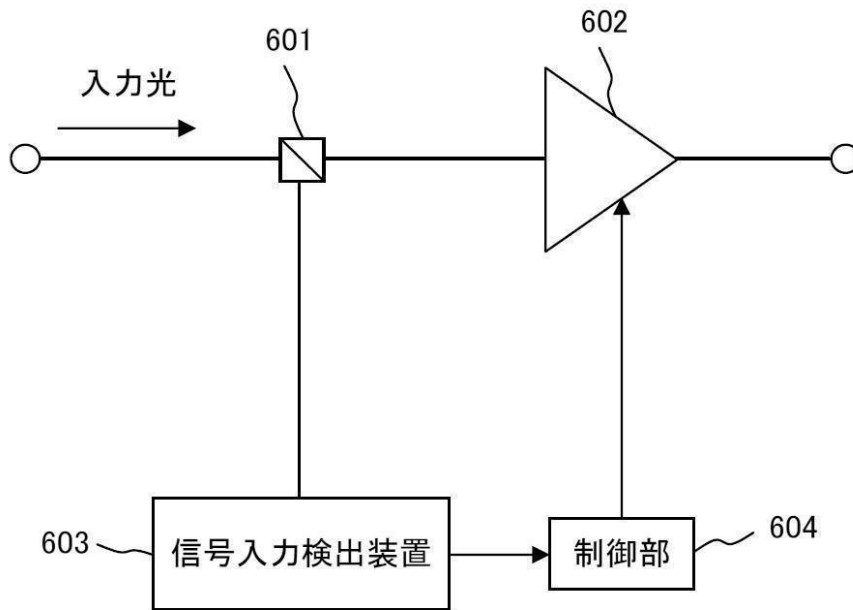
【 図 5 】

AC強度の入力光パワー依存性を示す図



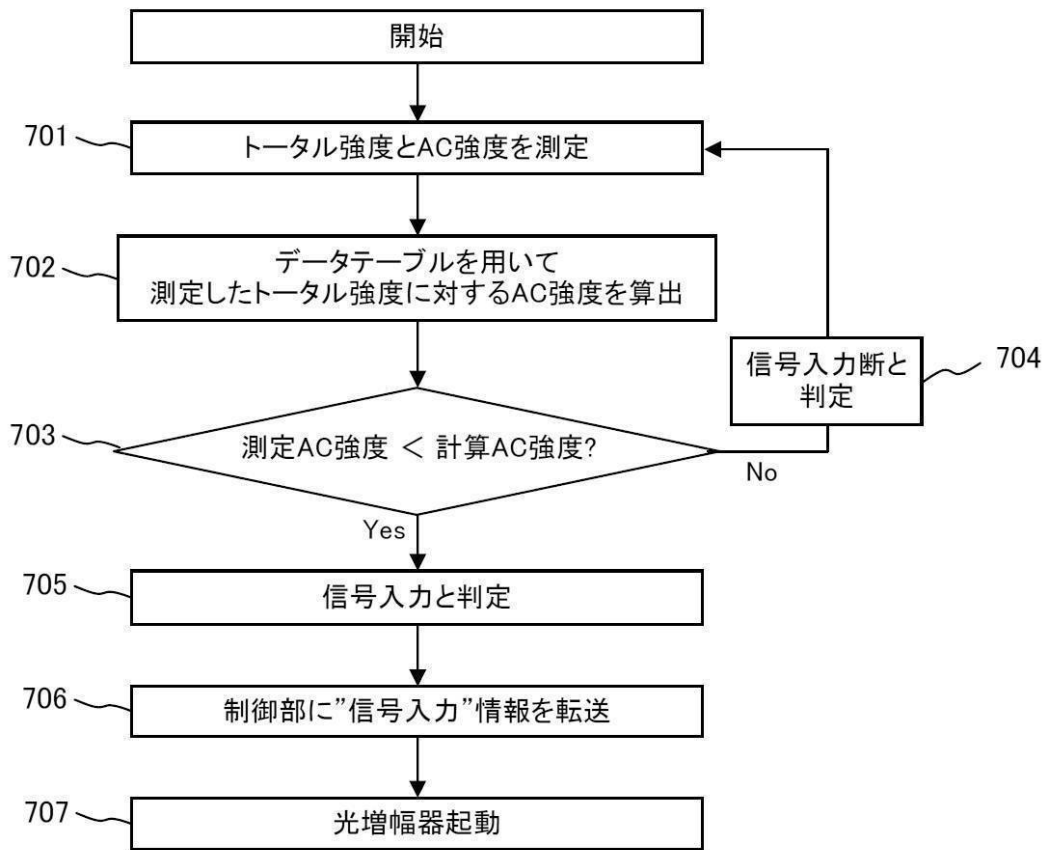
【図6】

第1の光増幅器制御システムの構成図



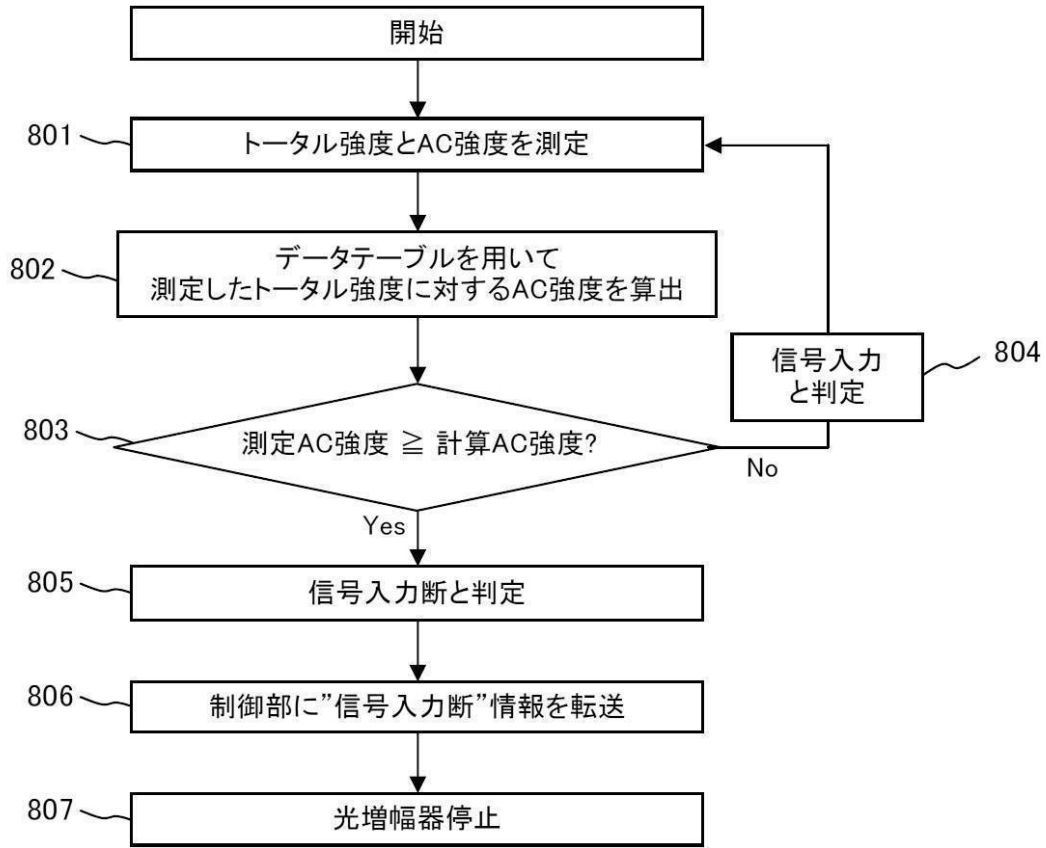
【図7】

第1の光増幅器起動制御のフローチャート



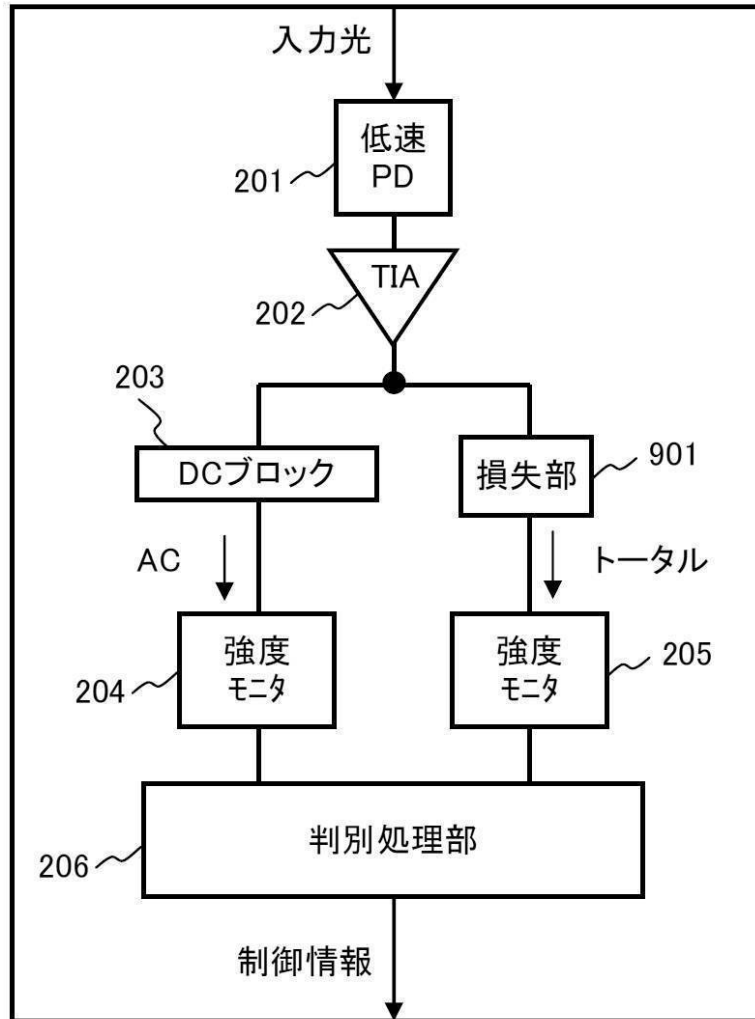
【図8】

第1の光増幅器停止制御のフローチャート



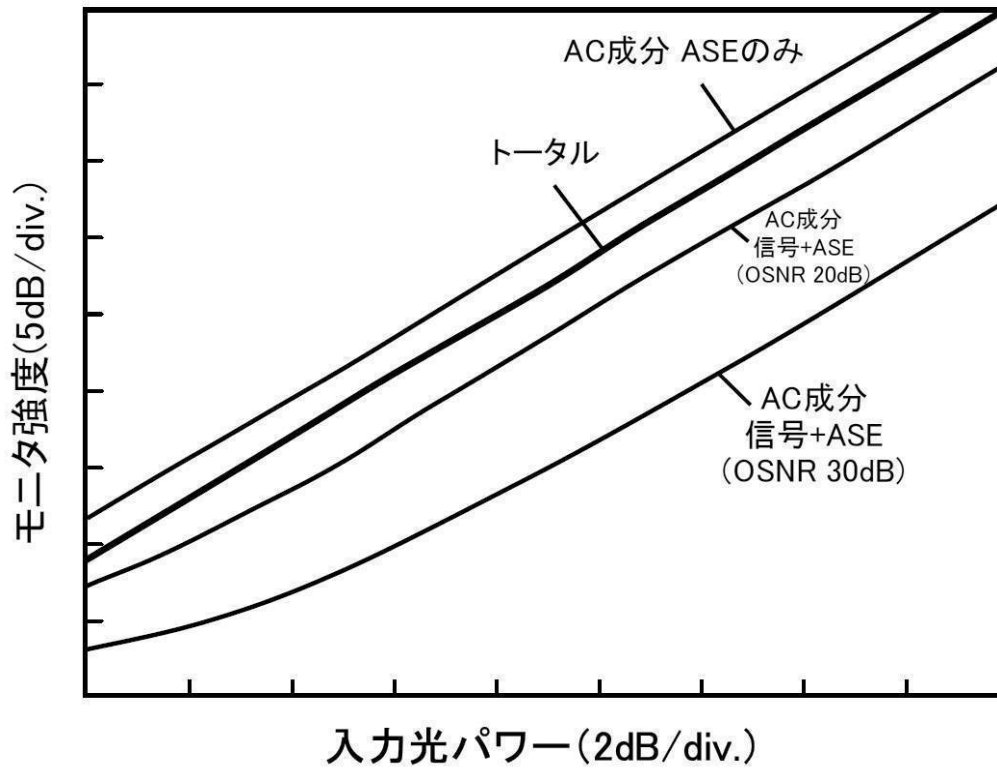
【図9】

第2の信号入力検出装置の構成図



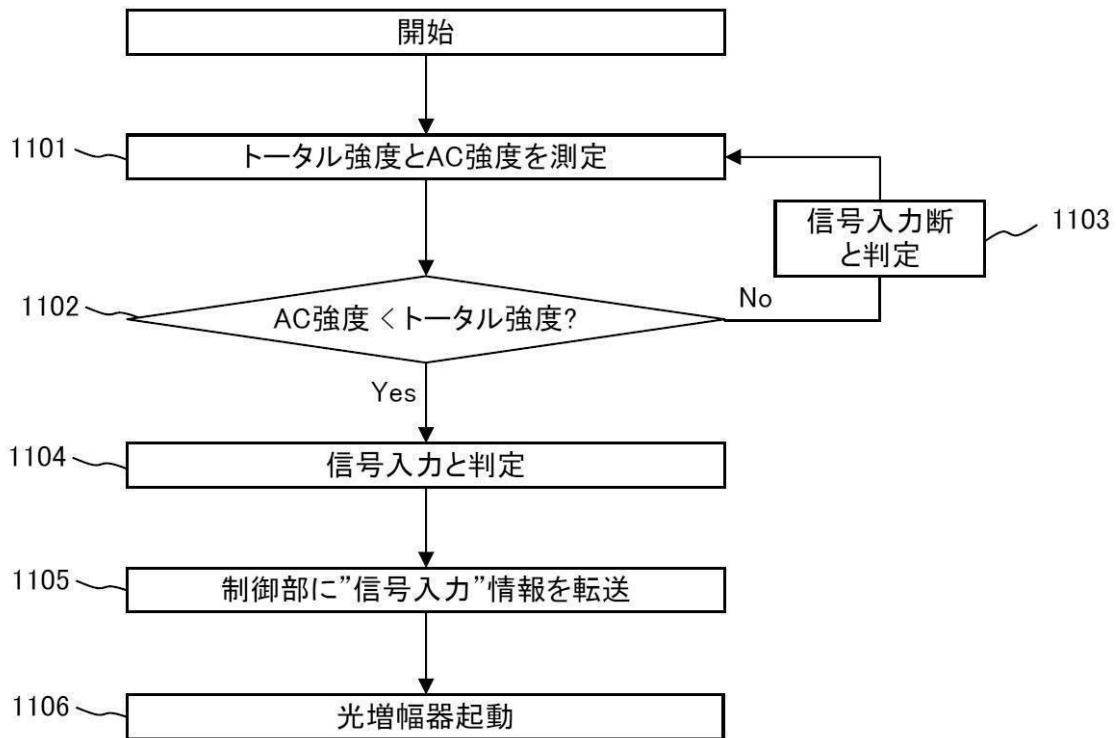
【図 10】

損失部を設けたときのモニタ強度の 入力光パワー依存性を示す図



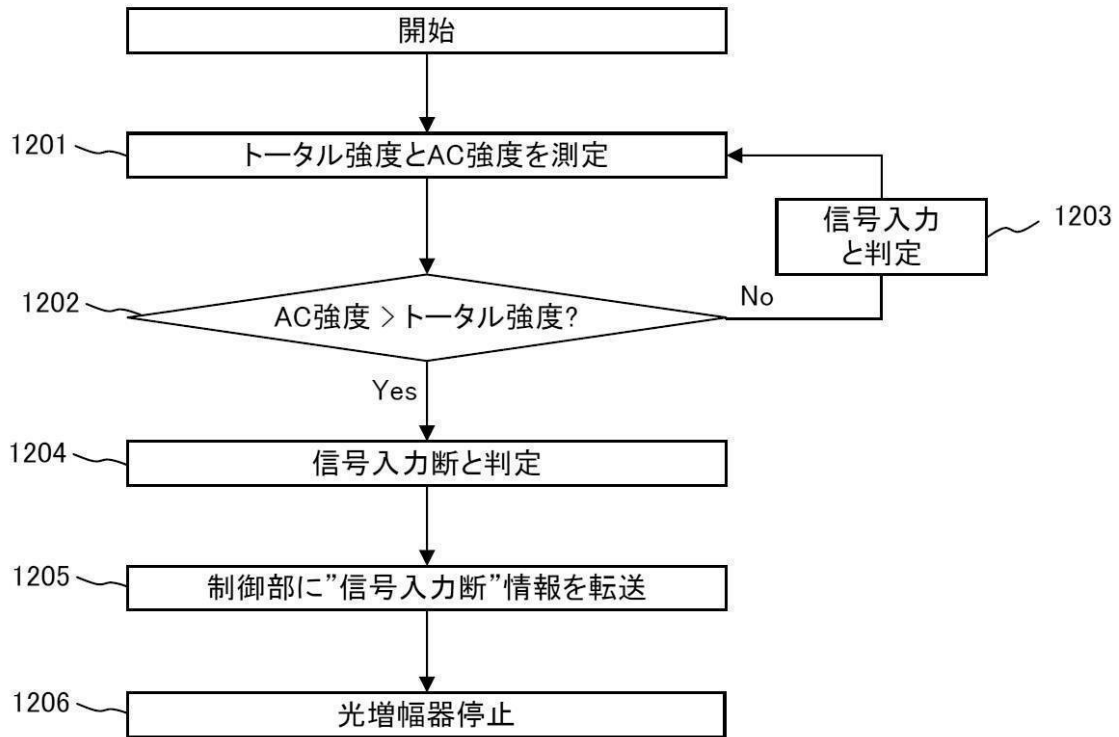
【図 1 1】

第2の光増幅器起動制御のフローチャート



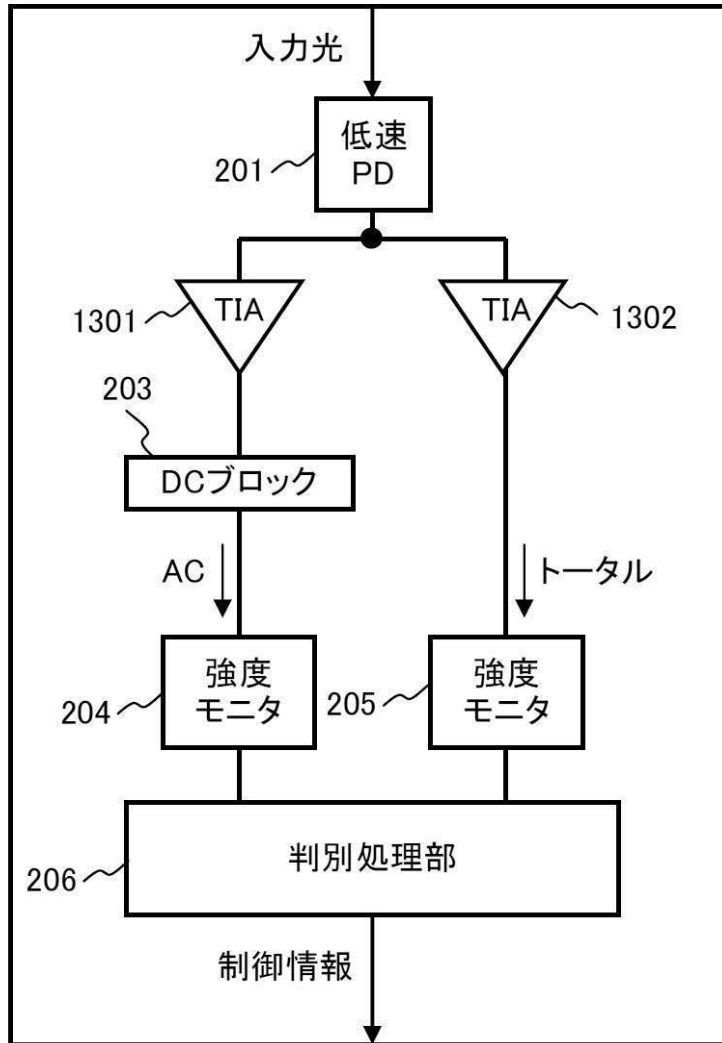
【図 1 2】

第2の光増幅器停止制御のフローチャート



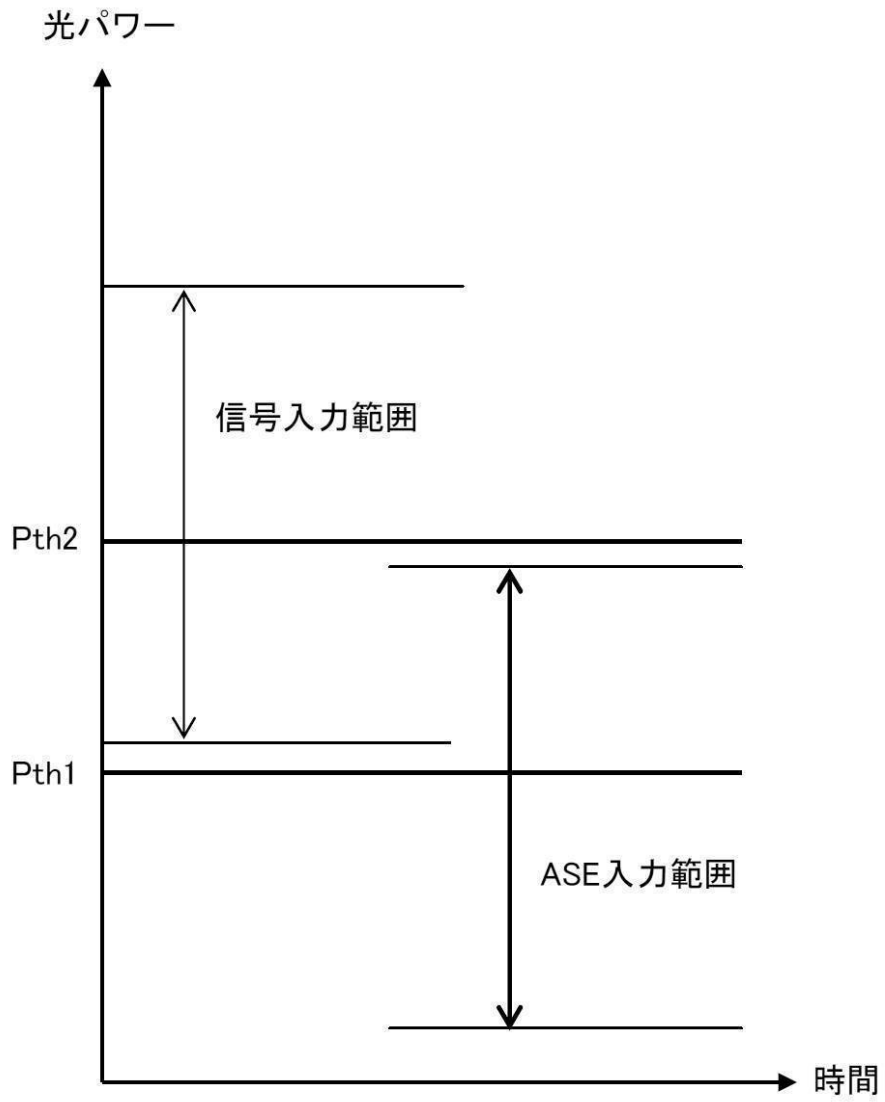
【図13】

第3の信号入力検出装置の構成図



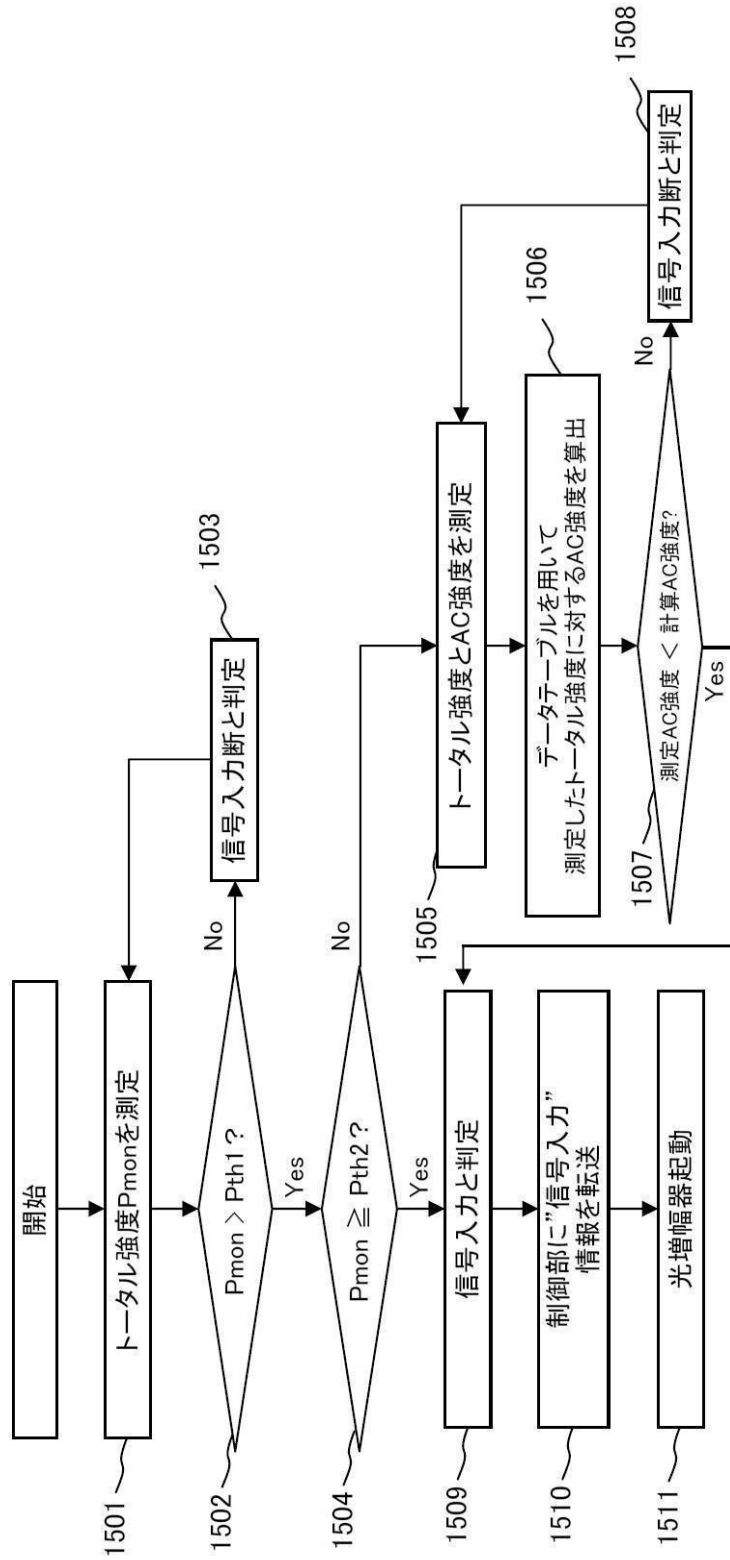
【 図 1 4 】

2つの閾値を示す図



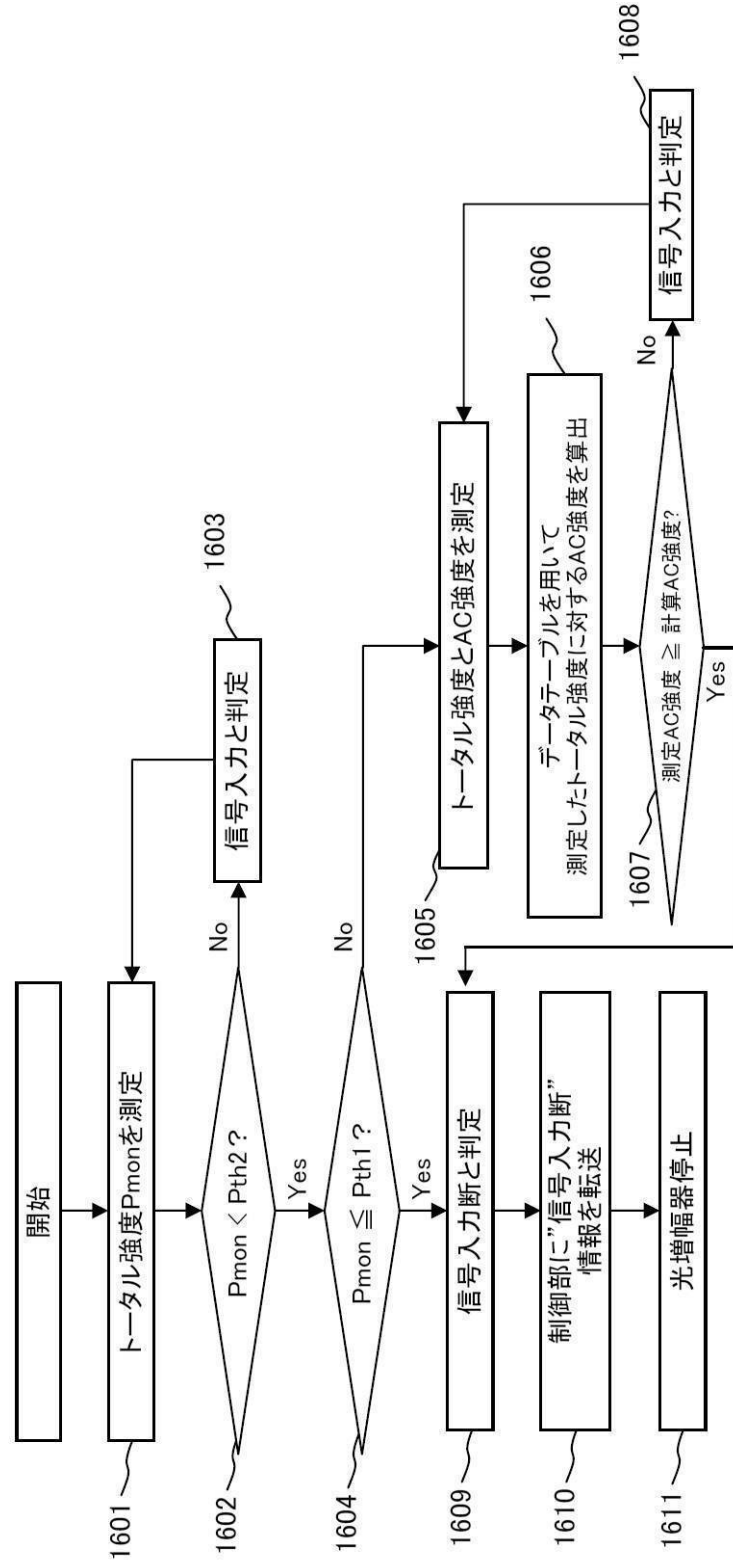
【図 15】

第3の光増幅器起動制御のフローチャート



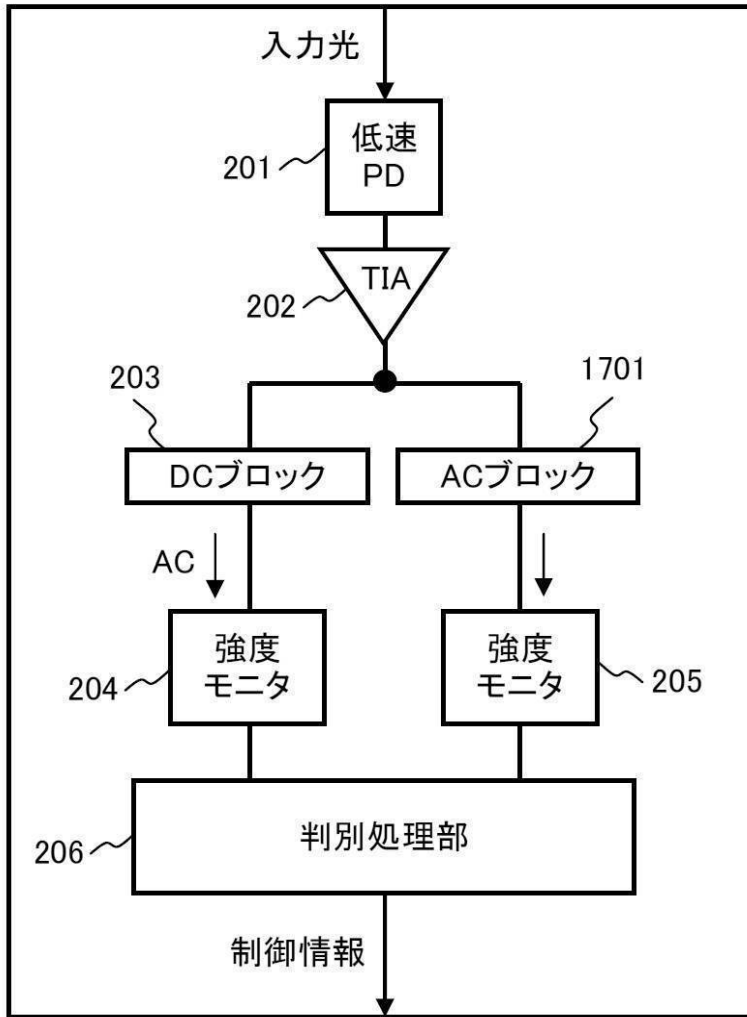
【図16】

第3の光増幅器停止制御のフローチャート



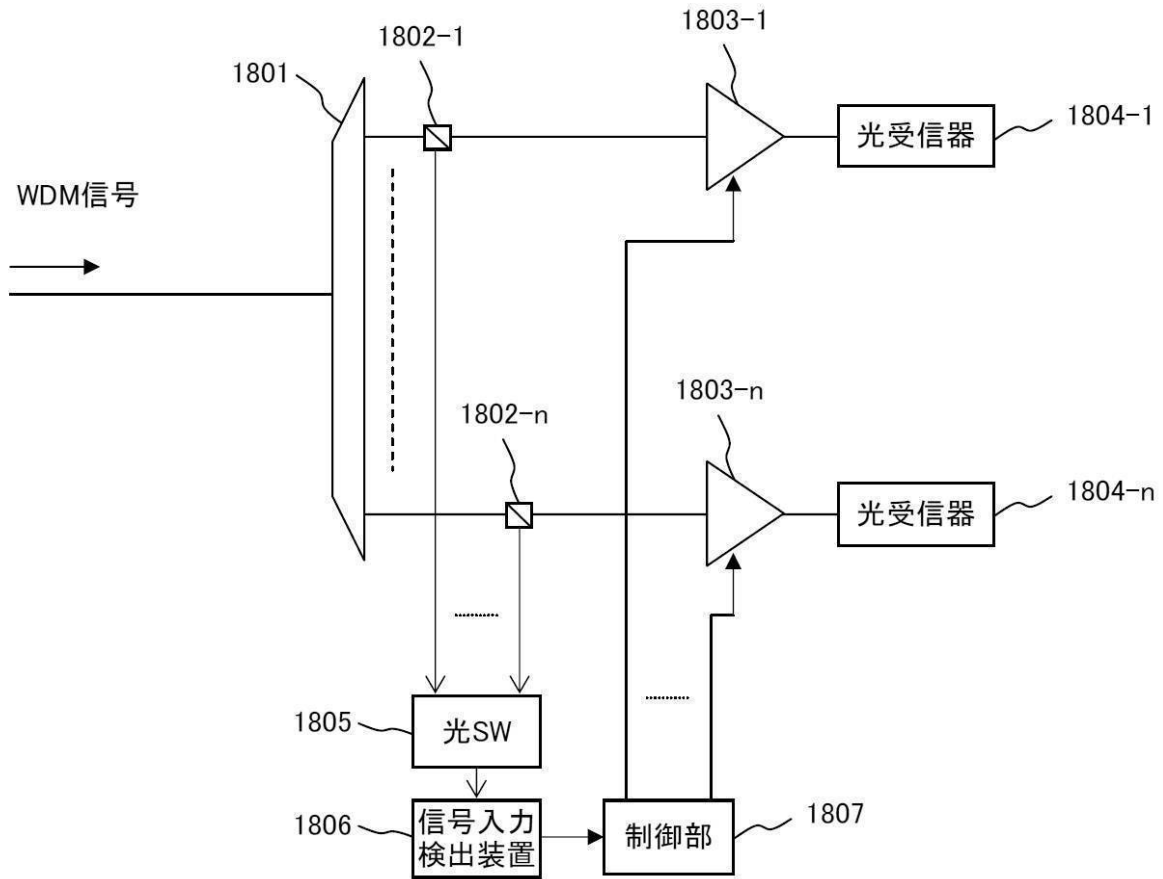
【図17】

第4の信号入力検出装置の構成図



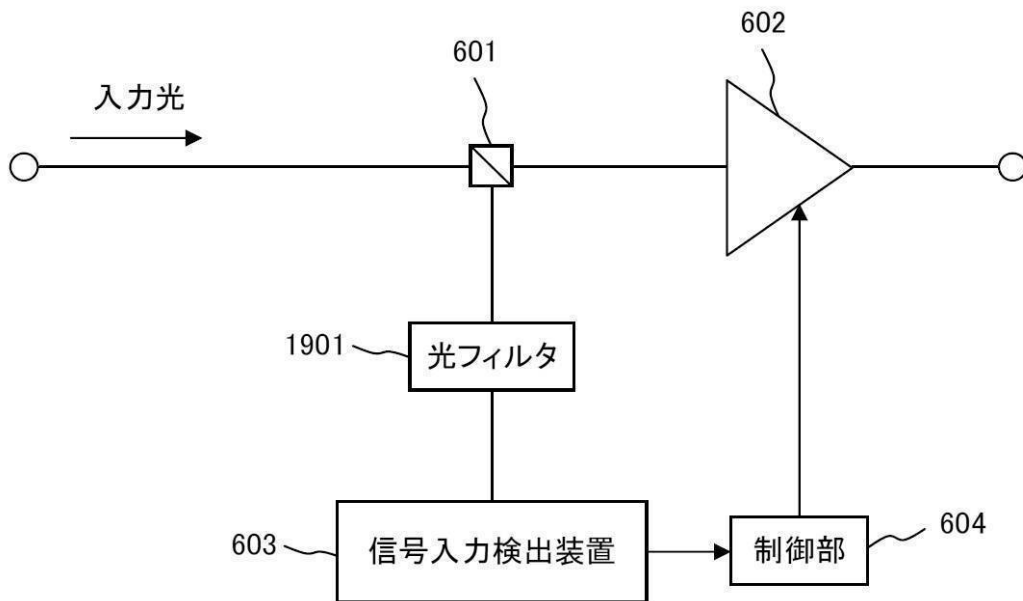
【図18】

第2の光増幅器制御システムの構成図



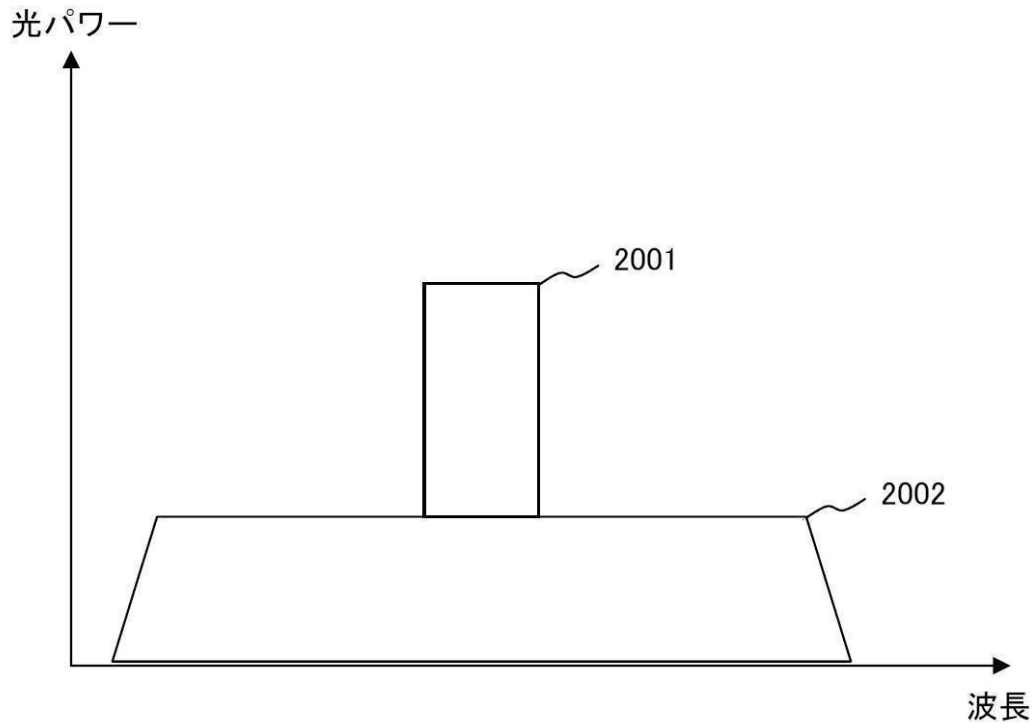
【図19】

第3の光増幅器制御システムの構成図



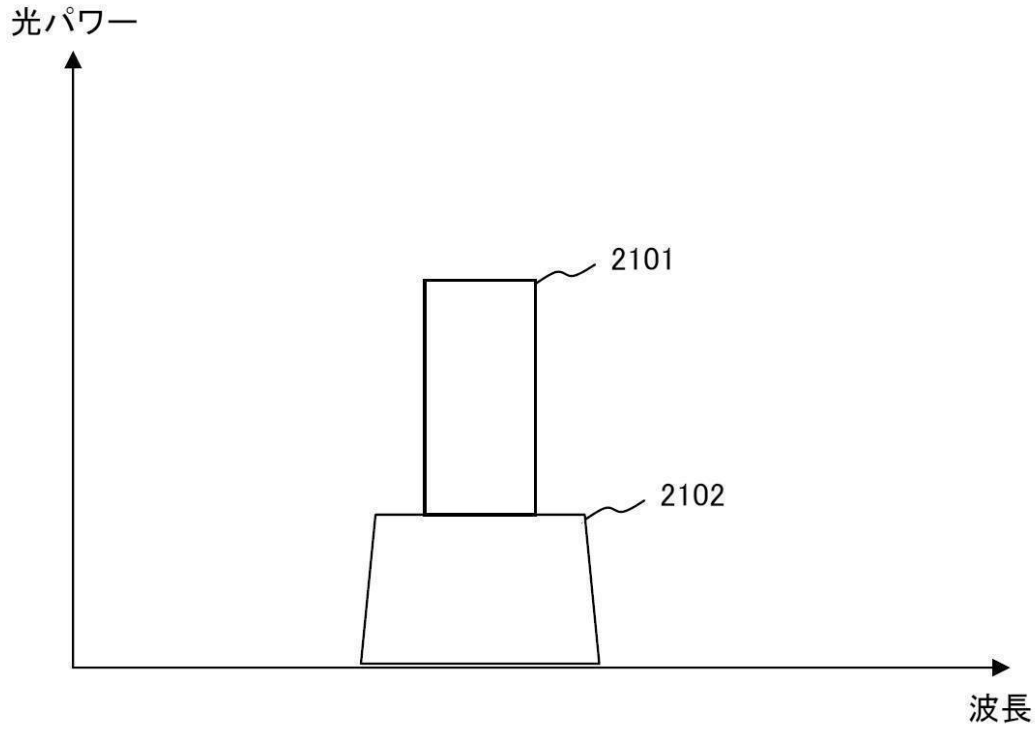
【図20】

光フィルタなしのときの 入力光のスペクトルを示す図



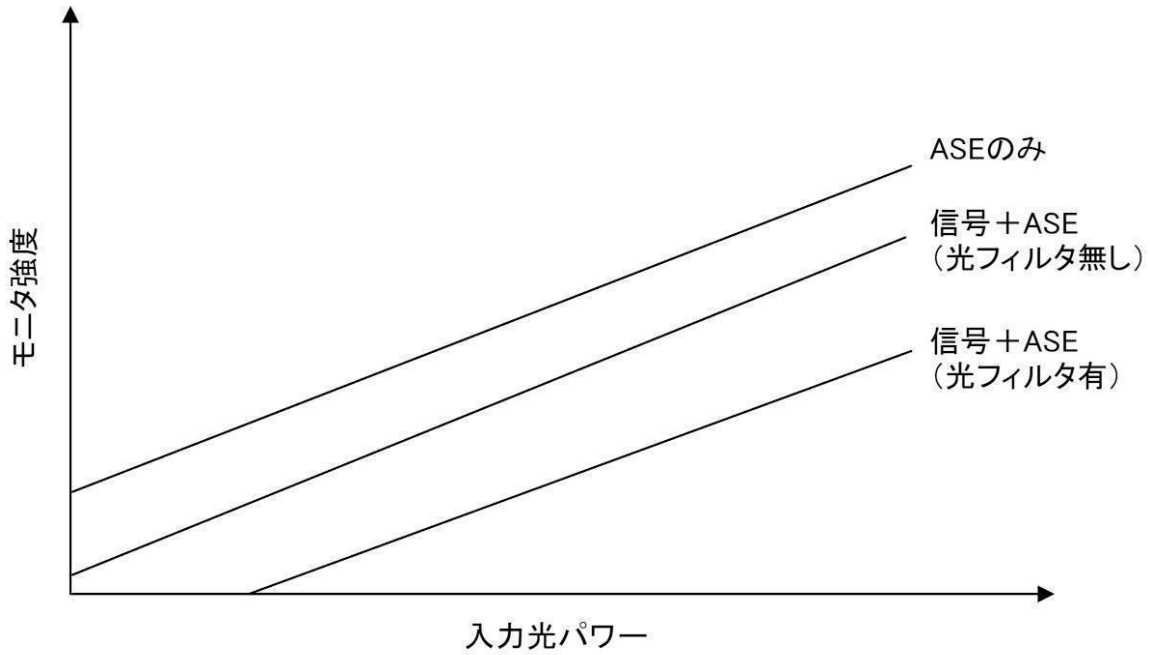
【図 2 1】

光フィルタを設けたときの 入力光のスペクトルを示す図



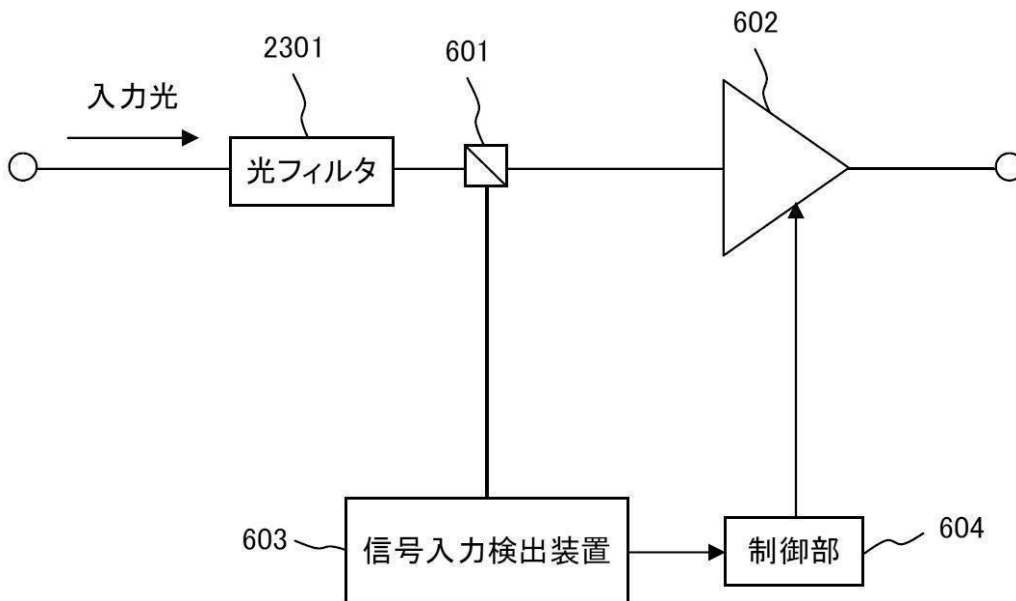
【図 2 2】

光フィルタを設けたときのAC強度の入力光パワー依存性を示す図



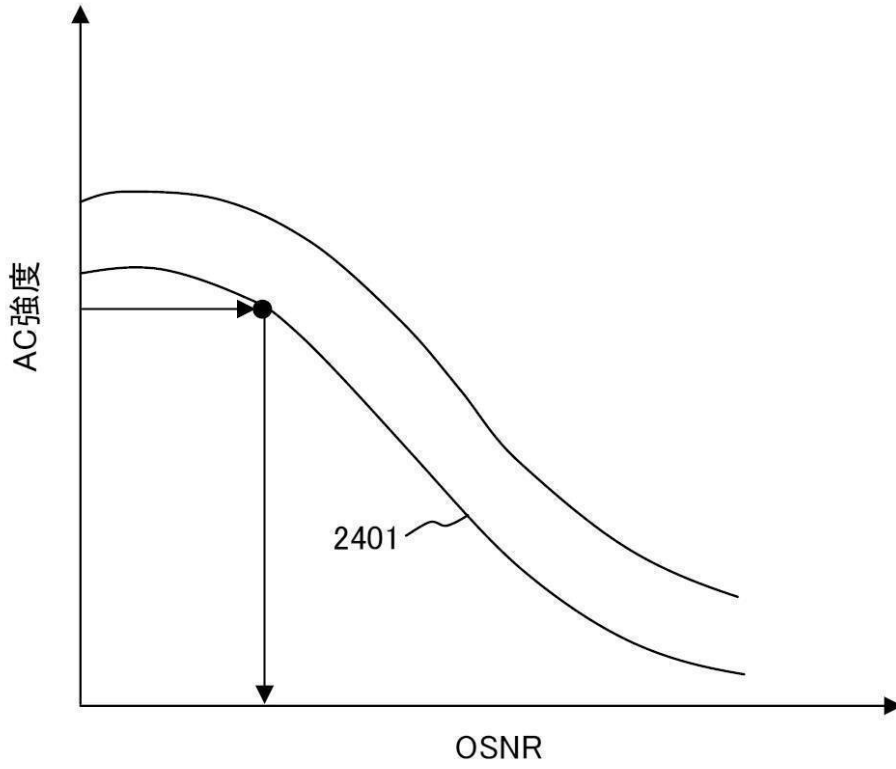
【図 2 3】

第4の光増幅器制御システムの構成図



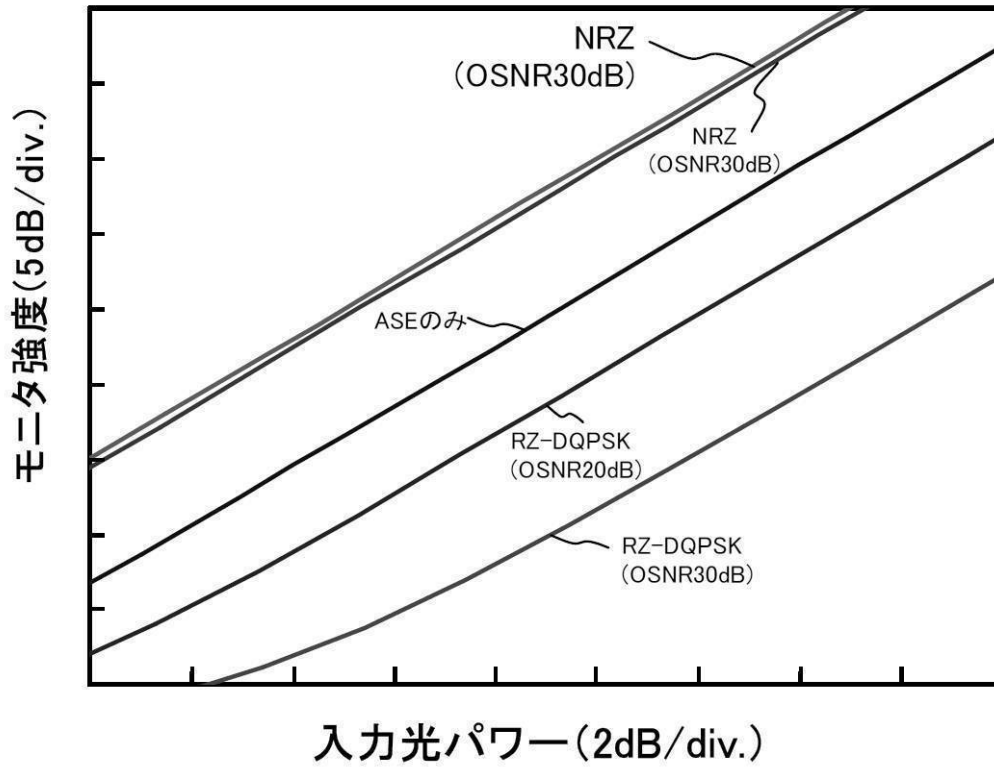
【図 2 4】

AC強度のOSNR依存性を示す図



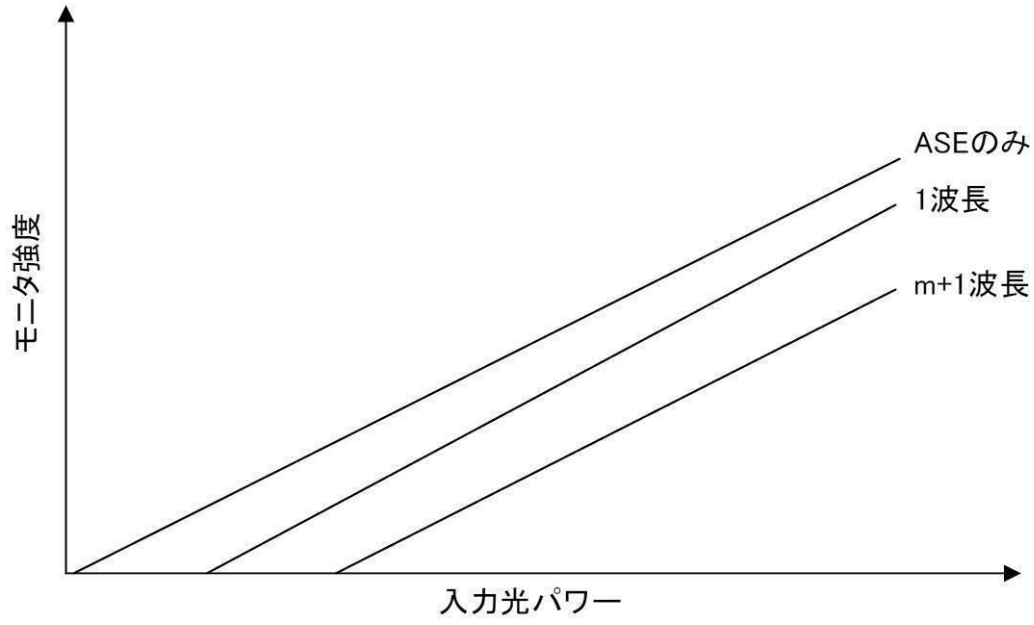
【図 2 5】

変調方式によるAC強度の違いを示す図



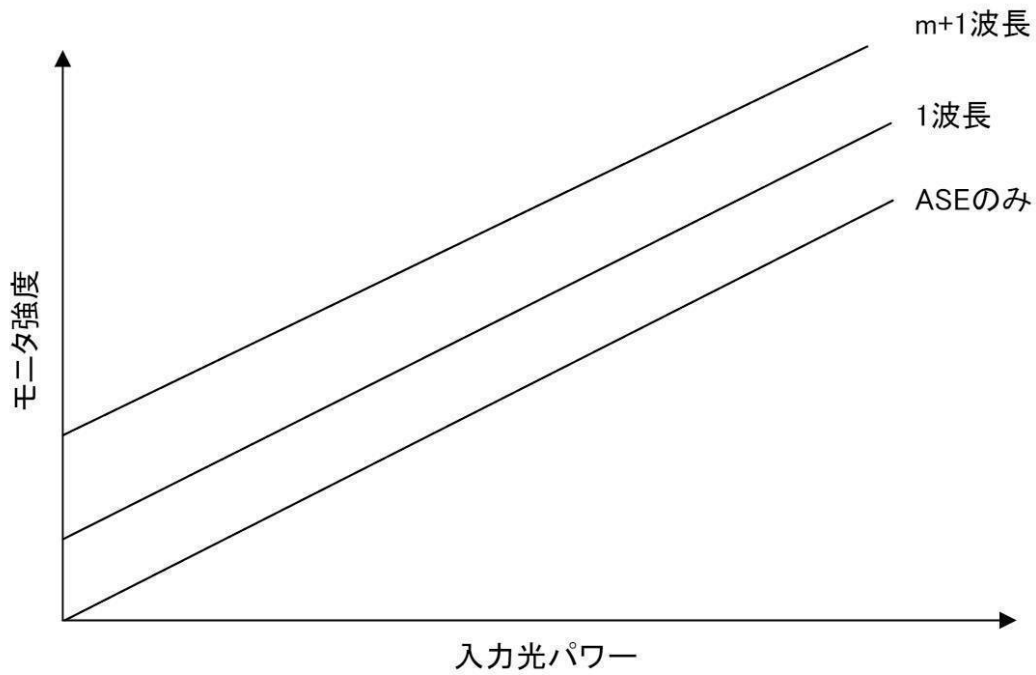
【図 2 6】

位相変調の場合の波長数による AC強度の変化を示す図



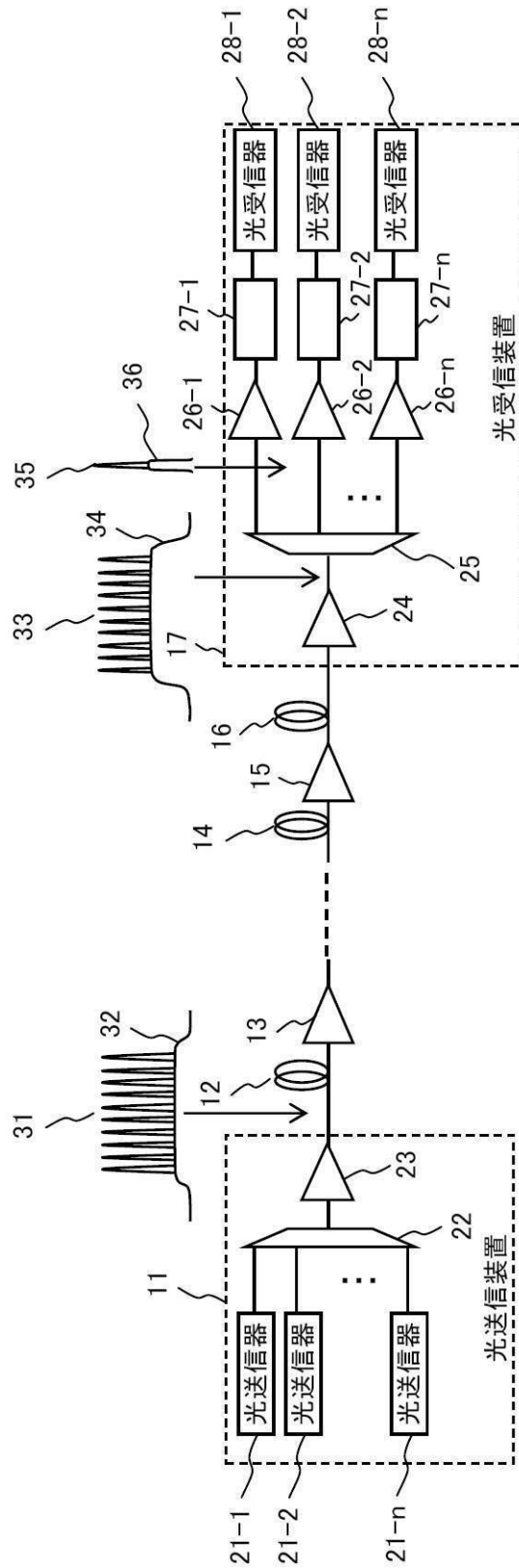
【 図 2 7 】

強度変調の場合の波長数による AC強度の変化を示す図



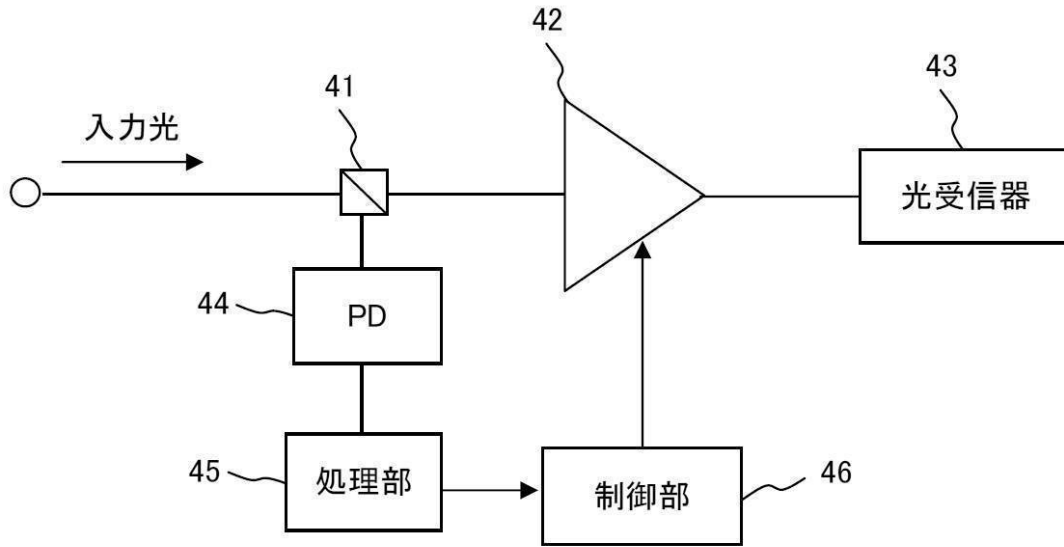
【図 28】

従来の光通信システムの構成図



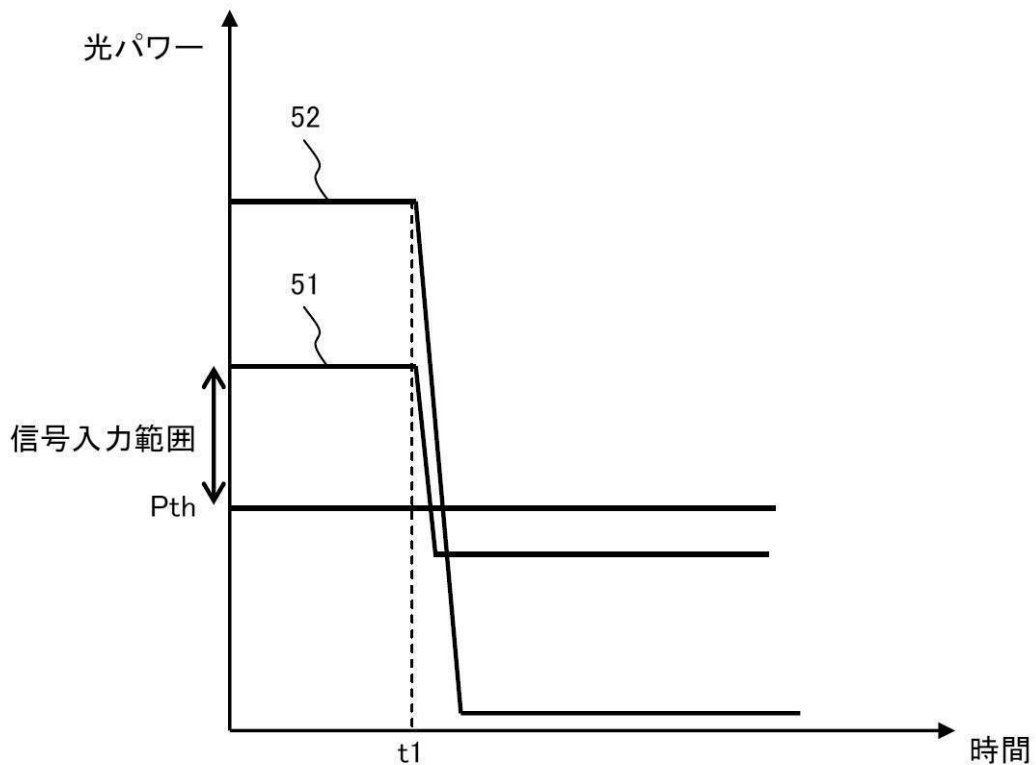
【図29】

従来の光増幅器制御システムの構成図



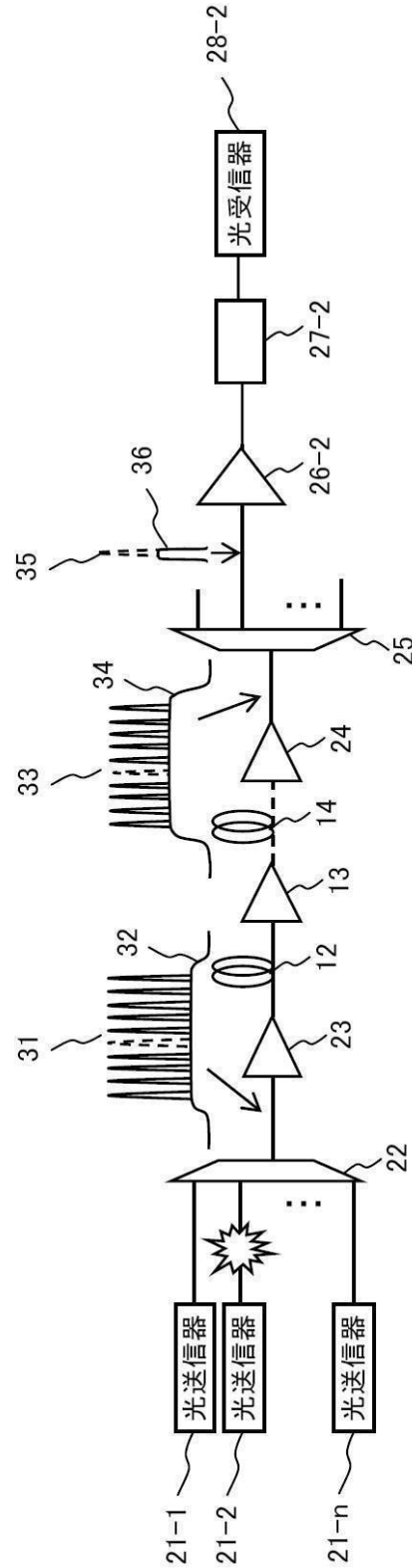
【図30】

従来の光増幅器制御方法を示す図



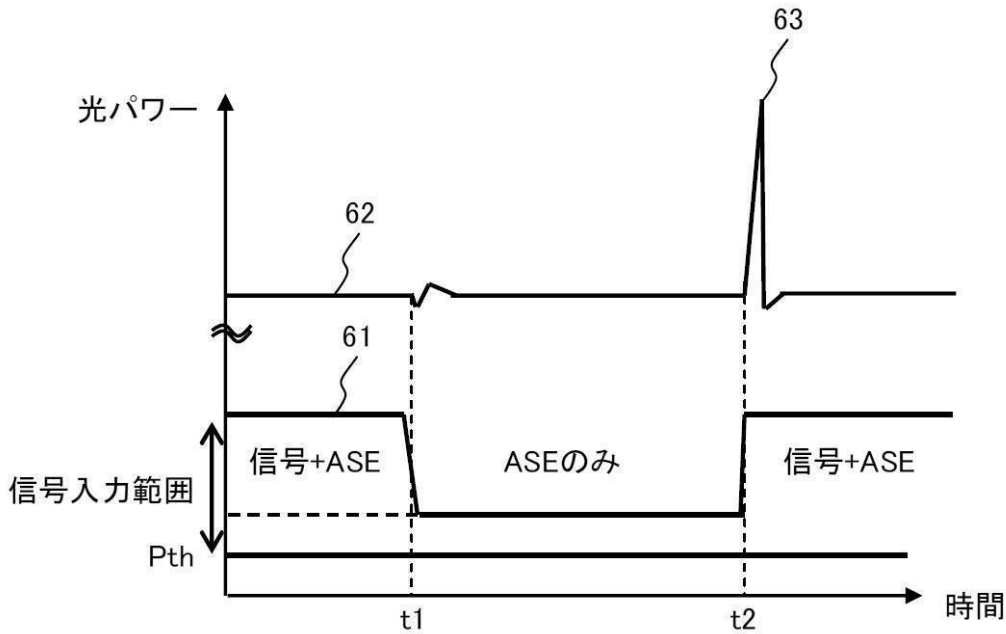
【図 3 1】

1チャンネルの信号が オフになった状態を示す図



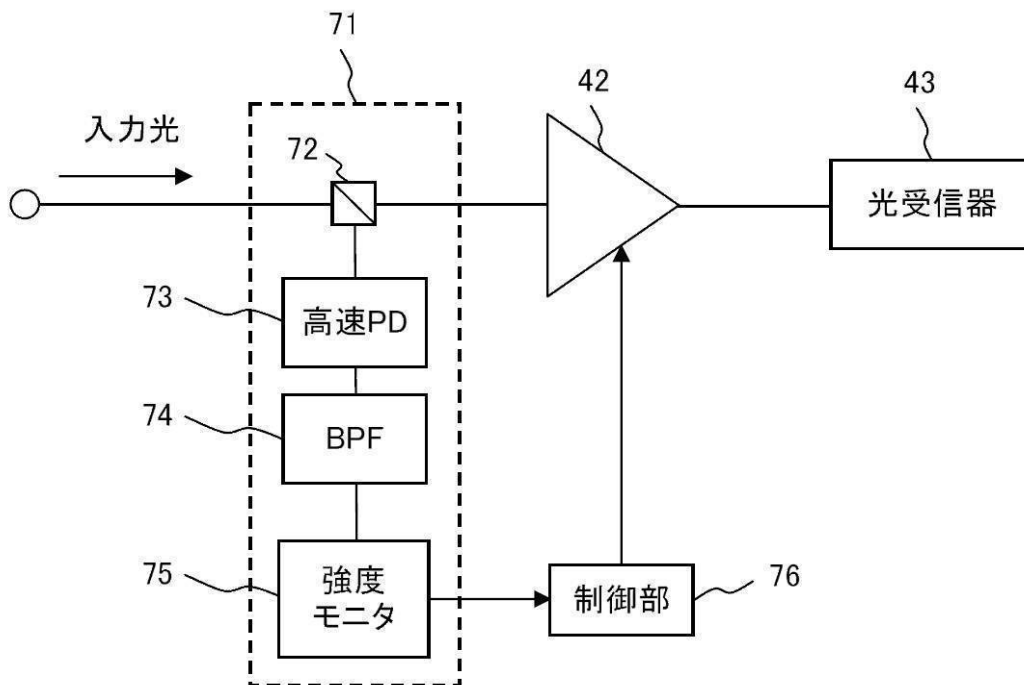
【図32】

光サージの発生を示す図



【図33】

信号入力検出の改善策を示す図



フロントページの続き

Fターム(参考) 5K102 AD01 AH23 AH24 AH26 AH27 MH04 MH14 MH22 MH32 PC12
PC16 PD14 PH11 PH47 PH49 RD02 RD05 RD14 RD15