

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3553361号
(P3553361)

(45) 発行日 平成16年8月11日(2004.8.11)

(24) 登録日 平成16年5月14日(2004.5.14)

(51) Int. Cl.⁷

F I

HO 1 S 3/10
HO 1 S 3/094

HO 1 S 3/10 Z
HO 1 S 3/094 Z

請求項の数 1 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平10-80595	(73) 特許権者	596092698
(22) 出願日	平成10年3月27日(1998.3.27)		ルーセント テクノロジーズ インコーポ レーテッド
(65) 公開番号	特開平10-284788		アメリカ合衆国, 07974-0636
(43) 公開日	平成10年10月23日(1998.10.23)		ニュージャージー, マレイ ヒル, マウン テン アヴェニュー 600
審査請求日	平成11年6月28日(1999.6.28)	(74) 代理人	100064447
審査番号	不服2002-5049(P2002-5049/J1)		弁理士 岡部 正夫
審査請求日	平成14年3月25日(2002.3.25)	(74) 代理人	100085176
(31) 優先権主張番号	08/828444		弁理士 加藤 伸晃
(32) 優先日	平成9年3月28日(1997.3.28)	(74) 代理人	100106703
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 産形 和央
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 白井 伸一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光増幅器の動的ゲイン制御システムおよびその方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光増幅器(24)の制御方法であって、ポンプ源(12)からポンプ光を供給し、該ポンプ源(12)からのポンプ光のパワースペクトルを安定化させ、該光増幅器(24)でのポンプ光損失を決定し、そして該ポンプ光損失に関係づけて該ポンプ光を制御する光増幅器の制御方法において、

該ポンプ源を固定されたバイアス電流と温度に固定し、そして外部変調器又は減衰器を用いて該ポンプ源の出力光を変化させることで、該パワースペクトルの安定化が行われることを特徴とする光増幅器の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信システムに関し、特に、光増幅器の動的ゲイン制御システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光通信システムは、情報信号チャンネルに広帯域が利用できるのが望ましい。光送信器および受信器の速度制限によって、単一の波長を使用している間は、この広帯域を十分に活用することが難しくなる。従って、大容量の光送信システムは、概して、高速システムを波長分割多重(WDM)によって単一のファイバ上に結合させることにより、利用可能な帯

域を全て使用することになる。このようなWDM光送信システムは、概して、稀土類ドープファイバ増幅器（例えば、エルビウムやエルビウム-イットルビウムがドープされたもの）が使用され、ファイバリンクや分割損失を補う。増幅器は、特定の条件下において、システムに好ましくないノイズを加える。さらに、稀土類ドープファイバ増幅器は、いくつかの適用において、課題が残されている。

【0003】

増幅器のゲイン過渡は、波長分割多重（WDM）光システムにとって大きな問題である。このシステムでは、ネットワークの再構成あるいは障害によって、チャンネルが追加または減少する。チャンネルの追加により、現在のチャンネルのパワーが弱まり、受信器が感知できなくなる。チャンネルの減少により、残存チャンネルのパワーが非線形効果の閾値を越えるために、好ましくない反射やノイズを引き起こす誘導ブリュアン散乱（SBS）やチャンネル間のクロストークを追加する4光波混合（FWM）など、残存チャンネルにエラーが起こりやすくなる。これらパワー過渡の結果として起こる残存チャンネルあるいは現在チャンネルにおけるエラーバーストは、サービス提供者にとって受け入れられないものである。

10

【0004】

さらに、エルビウムドープファイバ増幅器においては、光波長にわたりゲインが統一されていない。これは、エルビウムドープ増幅器のゲインが、ファイバ内エルビウムイオンの吸収/発散波長スペクトルによって固有に判定されるためである。これは、多重波長が同時に増幅されるWDMシステムにとって重大な問題となる。このため、比較的一定した多チャンネルゲインを有し、WDM重チャネルの数、パワー、波長、変調方法の変化に関わらず、WDMチャンネル間のゲイン変動が少ないエルビウムドープファイバ増幅器（EDFA）が求められる。エルビウムドープファイバ（EDF）には、反転レベルが存在し、このため、多チャンネルゲインに多少の変動が起こる。反転レベルは、ファイバ内の全体のエルビウムイオンのうち、反転あるいは励起したエルビウムイオンの数をいう。理想的なバージョンのEDFAについては、WDMチャンネル間のゲイン変動がゼロである。実際、EDFAのうち多チャンネルゲイン変動が低いものでも、チャンネル間に多少（例えば1dB）のチャンネルゲイン変動が依然として起こり、これを受動光フィルタの使用により減少させ、それによって、比較的平坦で一定したEDFAの多チャンネルゲイン ν と波長スペクトルが、EDFAの作動波長域内で得られる。

20

【0005】

増幅器とその応用についての1996年会議、OAA'96のテクニカルダイジェストであるPostdeadline Paper PDP4のA.K.Srivastava他による「エルビウムドープファイバ増幅器の第一ゲイン制御」によれば、出力パワー制御システムは、チャンネルから出力パワーを量り、フィードバック・ループとともにポンプレーザを駆動させることによって、チャンネルの出力パワーを比較的一定に保っている。しかしながら、このシステムでは、本当のゲイン制御を得ることはできない。なぜならば、ゲイン制御は、一定の入力パワーである時のみ得られるものである。この解決策の短所は、出力パワーの測定に使用されるチャンネルそのものが減少された場合、作動しなくなることである。さらに上述したように、このシステムでは、測定されたチャンネルの入力パワーが変化したときに、多チャンネルゲインおよび多チャンネルゲインスペクトルの非変動が維持できない。

30

40

【0006】

カリフォルニア、サンノゼにおける1993年、光ファイバ通信会議（OFC'93）の論文Tu15（第40～42頁）のK.Motoshima他による「エルビウムドープファイバ増幅器におけるポンプフィードバック制御による過渡ゲイン飽和の動的補完」によれば、システムは、余分のプローブ信号を有しており、その信号の波長はEDFAのゲイン波長域に位置づけられるが、可能な信号波長には存在せず、それによりゲインを測定し安定させている。そして、プローブ信号の入力パワー、出力パワーのいずれもが測定され、実際のゲインが決定される。フィードバック回路を使用して、ポンプレーザダイオード電流とそのパワーを供給することにより、システムは比較的变化のないゲインを生成す

50

る。この技術の短所は、プローブ信号供給のための余分のDFBレーザと、プローブ信号を追加し抽出するための鋭角波長多重器が、全てのEDFAに必要とされることであり、EDFAの製造コストが増加する。

【0007】

光増幅器とその応用についての1996年会議、OAA'96のテクニカルダイジェストであるPaper FB2(第77~80頁)のJ. Massicot他による「全光ゲイン制御のエルビウムドープファイバ増幅器の低ノイズ動作を達成する非対称制御レーザキャビティ」によれば、光ゲインのクランプによる解決策が報告されている。しかし、光ゲインのクランプ使用は、余分な信号波長光反射器が少なくとも2つは必要となる。さらに、ゲインクランプ制御のためのフィルタおよび/または反射器により、信号波長に追加的損失が起こるため、使用可能なポンプパワーでは、ノイズ型を増加させ、増幅器の出力パワーを低下させる。

10

【0008】

したがって、これら従来のシステムの短所を克服し、比較的一定で多チャンネルゲインを有し、WDM入力チャンネル数、パワー、波長および変調方法の変化に独立であるEDFAが求められている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の原理による動的ゲイン制御システムは、ポンプ光損失を判定し、入力チャンネルの変化に対してポンプ光損失を比較的一定に維持するものである。これにより、動的ゲイン制御システムは、光増幅器の反転レベルを維持できる。比較的一定な反転レベルは、すなわち、入力チャンネル数、パワー、波長および/または変調方法の変化に関わらず、チャンネル(多チャンネルゲイン)に対して比較的一定なゲインをもたらす。

20

【0010】

本発明の上記および他の側面を達成するため、動的ゲイン制御システムは、ポンプ光を供給するポンプ源を有する。動的ゲイン制御システムは、光増幅器に流れる入力ポンプ光のある一部分を測定し、光増幅器から発せられるポンプ光のある一部分を測定する。動的ゲイン制御は、入力ポンプ光および出力ポンプ光の測定値に基づきポンプ光の損失を判定する。このポンプ光損失に基づき、動的ゲイン制御システムは、出力ポンプ光を制御するためのフィードバックを供給することにより、入力チャンネルおよびそれに関連するパワー(例えば、50dBmから10dBmの入力チャンネルパワー)に関わらず、ポンプ光損失を比較的一定に(例えば0.1dB)に維持することができる。このように、動的ゲイン制御システムは、光増幅器の入力チャンネルを変化させた結果、多チャンネルゲイン変化を減少させている。いくつかの実施例によれば、広域に及ぶ全体の入力パワー域において、チャンネル間のゲイン変動を少なくするには、多チャンネル波長ゲインスペクトルを、受動光フィルタ技術を使用することで補完している。

30

【0011】

本発明のいくつかの実施例によれば、出力パワーが変化した場合でも、ポンプ源の出力パワースペクトルの型は比較的一定(例えば $\pm 5\%$)している。出力ポンプ光の制御は、例えば、固定バイアス電流と温度を有する980あるいは1480nmのポンプ源を設置し、外部の変調器、減衰器を使用してポンプ源の出力光を変化させることによって達成される。あるいは、ポンプ源を、単一波長低パーセンテージ反射器(例えば、978nmで4%のファイバブラッグ格子反射器)を使用することにより光学的に単一の信号波長に固定し、ポンプ源の駆動電流を制御することにより、ポンプ源の出力パワーを変化させる。動的制御回路は、ゲイン過渡の問題を解決するように、例えば、 μ 秒単位の高速度反応時間を有するように製造される。

40

本発明の他の側面および長所を、図面を参照して以下に詳細に記載する。

【0012】

【発明の実施の形態】

本発明の原理による動的ゲイン制御システムの実施例を、以下に図示的に説明する。動的

50

ゲイン制御システムは、EDFの平均反転を維持あるいは固定することで、多チャネルゲインを有し、入力チャネルの変化、すなわち、WDM入力チャネル数、そのパワー、波長および変調方法に関わらず、EDFAが可能となる。さらに、EDFAのチャネル間ゲインの変動を取り除くためにフィルタ機能が用いられる。これら特徴、および高速負のフィードバックループを使用した動的制御の動的特性によって、ゲイン過渡の問題が解決される。

【0013】

波長の関数であるゲイン $G(\lambda)$ は、エルビウムドープファイバ長 L 、エルビウムイオンの時間および位置平均反転 $\langle N \rangle$ の関数である。すなわち、

$$G(\lambda) L^* [\alpha(\lambda) + g^*(\lambda)] \langle N \rangle - (\alpha(\lambda) + \alpha(\lambda))] \quad 10$$

ここで、 $\alpha(\lambda)$ は、吸収率、 $g^*(\lambda)$ は発散率、 $\alpha(\lambda)$ は、バックグラウンド損失（すべて dB/m ）である。EDFのエルビウムイオンの固定反転によって、固定多チャネルゲインの外郭とポンプ光損失がもたらされる。したがって、この特定の実施例では、異なるWDM入力チャネルパワーに対して、ポンプパワーロス $L_p = P_{\text{pump-in}} / P_{\text{pump-out}}$ を比較的一定に保つことにより、反転レベルを固定することができる。ここで $P_{\text{pump-in}}$ は、EDFAへ入力するポンプパワーであり、 $P_{\text{pump-out}}$ は、EDFAから出力されるポンプパワーである。

【0014】

図1は、本発明の原理による動的ゲイン制御システムの一実施例におけるEDFA10の概略図である。本実施例において、ポンプ源12は980nmポンプレーザであり、駆動電流によって決まるポンプパワーを有するポンプ光を生成する。単一波長低パーセンテージ反射器14は、例えば4%978nmファイバのブラッグ格子反射器であり、ポンプ源12の出力にあり、ポンプパワーのスペクトルを安定させる。

【0015】

光ファイバライン16の入力信号を980/1550nmの信管をとりつけたファイバWDMを用いてポンプパワーと結合させる前に、ポンプパワーの一部（例えば10%）を、タップカップラ22（例えば信管を取り付けた10%980nmファイバのタップカップラ）を使用して、フォトダイオードのような光検出器20に結合する。このように、本実施例では、光検出器20は、EDF24に入力する入力ポンプパワー $P_{\text{pump-in}}$ の測定を行う。EDF24の出力では、出力ポンプパワーの一部（ごく端数については100%）が、高分離でWDM26を使用して、増幅信号パワーから分離される（図1では、2本の信管を取り付けたファイバのWDMカスケードを使用して、例えば、40~50dBの高分離を達成する）。分離されたポンプパワーは、フォトダイオードのような光検出器28に結合され、EDF26の出力ポンプパワー $P_{\text{pump-out}}$ を測定する。

【0016】

処理回路30は、入力ポンプパワーを表示する入力パワー信号 I_{pd1} を光検出器20から、また、出力パワー I_{pd2} を表示する出力パワー信号を光検出器28から受信する。処理回路30は、ポンプパワーロスを示すフィードバック信号を生成する。本実施例において、処理回路は、ツーソン、アリゾナの登録商標であるBurr-Brownログ100集積回路を有し、電圧信号 $V = K \log(I_{pd2} / I_{pd1}) = K \log(C P_{\text{pump-out}} / P_{\text{pump-in}})$ を生成する。ここで K は、集積回路により生成され、一定に設置されており、 C は、 $P_{\text{pump-in}}$ および $P_{\text{pump-out}}$ を実際の入力、出力ポンプパワーとする分数による除算である。フィードバック信号は、非常に高い直流ループゲインを有する負フィードバックループ32により受信される。本実施例では、負フィードバックループ32は、基準電圧源34、抵抗36および38、動作増幅器40およびコンデンサ42からなる。

【0017】

負フィードバックループ32は、出力ポンプパワーを、バイアス電流 I_0 源46の上部で可変ポンプレーザダイオード電流 $I_v = GU$ 源44の駆動することによって制御する。ここで G は一定であり、制御電流源の透過率を判定し、 U は動作増幅器40の出力である。

10

20

30

40

50

このように、電流 $I_v + I_0$ は、ポンプ源 1 2 の駆動電流となり、電圧信号 V を電圧 V_{ref} に等しくなるように維持する。この基準電圧 V_{ref} は、EDFA 2 4 を固定する平均反転を設定する。固定電流 I_0 源 4 6 は、ポンプ源 1 2 をその閾値を越えるように偏向させ、ポンプ光の吸収を測定可能なように保証する。総ポンプレーザー電流 $I_v + I_0$ は、ポンプレーザーに対して最大電流 I_{max} を下回るように維持され、ポンプレーザー 1 2 を破壊しないようにする。ポンプ源は、キックフリーの P - I (Power - Current) 特質を有するものが望ましい。入力チャネルパワーが多いほど、より多くのポンプパワーが反転レベル、すなわち多チャネルゲインを比較的一定に保つために必要とされるために、最大ポンプパワーが高いほど、動的ゲイン制御システムの動的総信号入力域が大きくなる。あるいは、フィードバックループ 3 2 により、フィードバック信号 3 2 を、ポンプ源 1 2 の出力にある変調器 (図示されず) あるいは減衰器 (図示されず) に供給し、ポンプ源 1 2 の出力を制御することも可能である。

10

【0018】

図 2 は、測定 EDFA ゲインを、EDFA に入力する 1550 nm 入力信号パワーの関数として 2 本の曲線を示したものである。曲線 5 0 は、動的制御回路のスイッチがオンのときの EDFA ゲイン v 入力パワー、曲線 5 2 は、ポンプレーザーパワーがその最大値に固定されているときの EDFA ゲイン v 入力パワーを示す。図 2 に示されるように、本発明の原理による動的ゲイン制御システムは、およそ -10 dBm から -35 dBm で変化する入力信号パワーにおいても、EDFA ゲインを比較的一定に維持する。

【0019】

図 3 は、入力パワーを EDFA v ポンプ源電流に対応プロットしたものである。曲線 5 4 は、動的制御回路のスイッチがオフでありポンプ源電流が最大に設定されているときの入力パワー v ポンプ源電流、曲線 5 6 は、動的ゲイン制御回路が作動し、バイアス電流 I_0 が 40 mA に設定されているときの入力パワー v ポンプ源電流を示す。図 3 は、この波長における反転を固定した EDFA の動的レンジが、約 25 dB (-35 ~ -10 dBm) であることを示している。この動的レンジは、最大出力パワーが高いポンプレーザー (本実施例のポンプレーザーについては、出力パワーの最大は、約 70 mW) を用いることで拡張可能である。

20

【0020】

チャネルが追加あるいは減少された時、本実施例の EDFA における動的制御回路の動的挙動の一例を以下に示す。図 4 は、動的ゲイン制御システムの動的挙動検査を行うための測定セットアップを示す。1.55 ミクロンファブリ - ペロレーザー 6 0 は、EDFA 6 6 の入力ポートにおいてレーザー 6 0 のパワーが $P_i = -11.5$ dBm となる。1550.0 nm では、10 Hz 矩形波信号によるレーシングモードの変調はない。矩形波生成器 6 2 は、10 Hz の矩形波信号を生成し、可変レーザー源 6 4 からの 1550.0 nm 信号について、6 チャネルのうち 5 チャネルの追加あるいは減少を誘導し、本実施例の反転を固定した EDFA 6 6 に、パワー $P_i = -17.5$ dBm の可変レーザー 6 4 が入力する。オシロスコープ 6 8 を使用して、総入力パワー (EDFA 6 6 に入力するファブリ - ペロレーザー 6 0 および可変レーザー 6 4 の合計値) および EDFA 6 6 からの 1550 nm での出力パワーを、時間の関数として測定する。1550 nm での出力パワーを測定するには、0.5 nm 帯域フィルタ 7 0 を 1550 nm に調整して使用する。

30

40

【0021】

図 5 は、オシロスコープ 6 8 のチャネル 1 上の総入力パワーのプロット 7 4、および動的制御回路のスイッチがオフの時、オシロスコープ 6 8 のチャネル 2 上の 1550 nm における EDFA 6 6 の出力パワープロット 7 6 を示す (両パワースケールは線形である)。この場合、他のチャネルが時間周期 7 8 の間減少されているとき、1550 nm 信号の出力パワーは、3 dB を越えて上昇する。

【0022】

図 6 は本実施例の動的制御回路のスイッチがオンになっている時の結果を示す。この場合、1550 nm 出力 8 0 は、2 ミリ秒の間元の値に戻り、エクスカージョンピーク 8 2 は

50

、約 1.7 dB まで減少する。このように、図 5 のプロットにより、動的制御回路が、チャンネルの追加 / 減少の間に、本発明の原理によって、EDFA66 (図 4) からの 1550 nm 出力パワー信号に関連するゲインを維持する方法が示された。動的制御回路の反応時間をマイクロ秒に改善することにより、エクスカッションピーク 82 によって示されるゲイン過渡の性能は改善される。

【0023】

このような動的ゲイン制御システムは、従来のシステムの短所を克服し、入力信号に独立であり、比較的一定したスペクトルゲインを有する光増幅器が得られる。上述の制御方法あるいはその変形を実行するにあたり、要素の省略または追加、あるいは異なる要素の使用により、動的ゲイン制御システムの他の構成も可能である。例えば、動的ゲイン制御システムからより高速で、なめらかな反応が得られるように、フィードバックエレクトロニクスを改善することも可能である。さらに、上述の実施例は、エルビウムドープファイバ増幅器の動的ゲイン制御を扱ったが、本発明の動的ゲイン制御システムは、他の光増幅器と共に使用することも可能であり、スペクトルゲインは、ポンプ光損失を測定し、ポンプ源の出力を制御するフィードバックシステムの入力信号としてそれを用いることで維持される。このように、光増幅器は、エルビウムドーププラナ波長増幅器、およびエルビウム-イッテルビウムドープ増幅器のような他の稀土類ドープ増幅器でも可能である。さらに、動的ゲイン制御システムは、入出力ポンプパワーを測定し、その測定値からポンプパワーロスと判定するように記述されたが、ポンプパワーの入出力測定は、実際の入出力ポンプパワーに関連するこれら値、あるいは他のパラメータの分数測定でも達成され、ポンプパワーロスの判定は、ポンプパワーロスに関するこれらあるいは他のパラメータ測定によっても達成される。

【0024】

さらに、動的ゲイン制御システムは、いくつかの単純な要素を含むように記述されたが、動的ゲイン制御システムとその構成要素は、特定用途向け集積回路、ソフトウェア駆動処理回路、または、それぞれの要素の他の配置によって構成されてもよい。以上は、本発明の原理の適用を図示的に記述したものにすぎず、当業者であれば分かるように、ここに図示および記述された例示的な適用に忠実に従うことなく、また、本発明の趣旨から逸脱することなく、本発明にこれらおよび他の変形、構成および方法を施すことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による、ポンプ光損失制御により反転 / ゲインを固定する動的ゲイン制御システムの実施例における EDFA の概略図である。

【図 2】動的ゲイン制御システムのスイッチオン / オフによる、1550 nm における、信号入力パワー関数である EDFA のゲインをプロットしたグラフである。

【図 3】動的ゲイン制御システムのスイッチオン / オフによる、1550 nm における、信号入力パワー関数であるポンプレーザ電流をプロットしたグラフである。

【図 4】動的ゲイン制御システムの実施例における測定セットアップのブロック図である。

【図 5】動的ゲイン制御システムのスイッチがオフの時、EDFA におけるチャンネル 1 での総入力パワー、及び 1550 nm でのチャンネル 2 での出力パワーの測定を示す図である。

【図 6】動的ゲイン制御システムのスイッチがオンの時、EDFA におけるチャンネル 1 での総入力パワー、及び 1550 nm でのチャンネル 2 での出力パワーの測定を示す図である。

【符号の説明】

- 10 エルビウムドープファイバ増幅器 (EDFA)
- 12 ポンプ源
- 14 単一波長低パーセンテージ反射器
- 16 光ファイバライン
- 20 光検出器

10

20

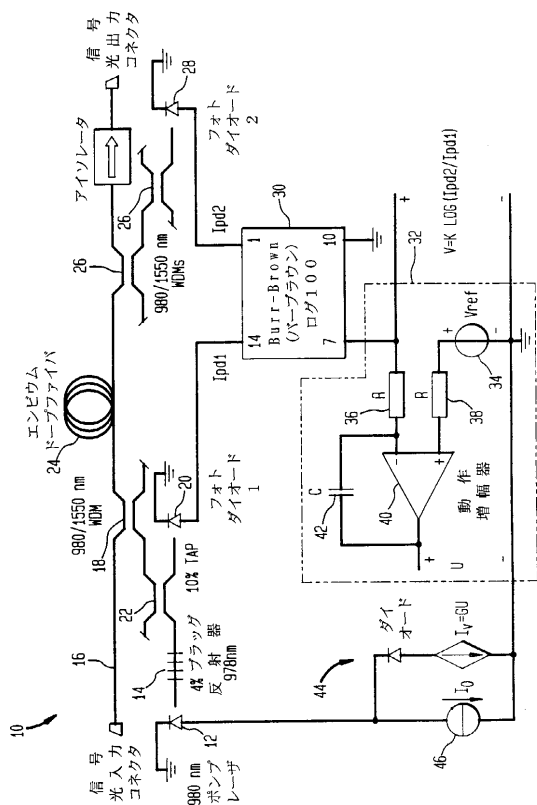
30

40

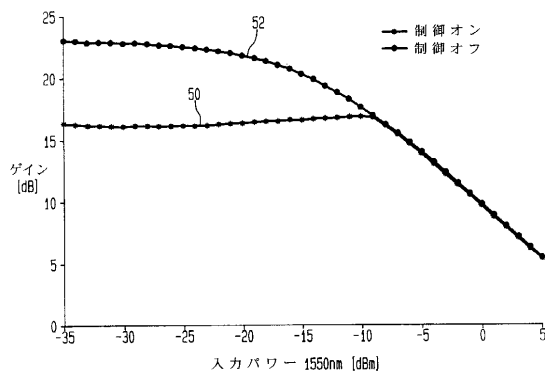
50

- 2 2 タップカプラ
- 2 4 エルビウムドープファイバ (E D F)
- 2 6 波長分割多重 (W D M)
- 2 8 光検出器
- 3 0 処理回路
- 3 2 負フィードバックループ
- 3 4 基準電圧源
- 3 6 , 3 8 抵抗
- 4 0 動作増幅器
- 4 2 コンデンサ
- 4 4 可変ポンプレーザダイオード電流 $I_v = G U$ 源
- 4 6 バイアス電流 I_0 源
- 6 0 ファブリ - ペロレーザ
- 6 2 矩形波生成器
- 6 4 可変レーザ
- 6 6 エルビウムドープファイバ増幅器 (E D F A)
- 6 8 オシロスコープ
- 7 0 帯域フィルタ

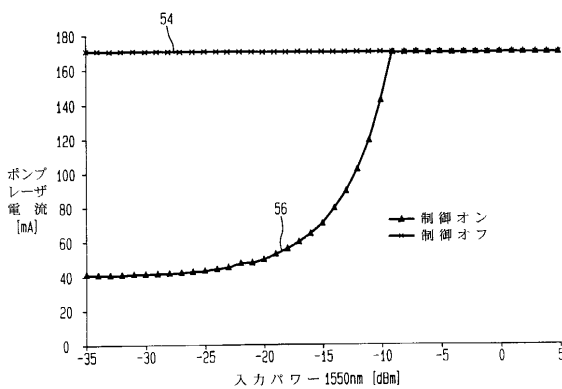
【 図 1 】



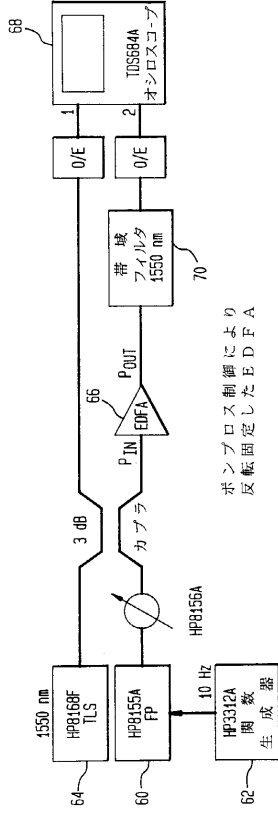
【 図 2 】



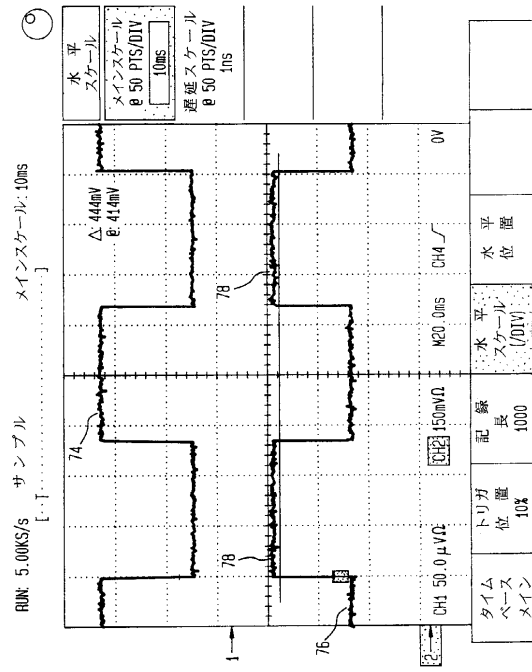
【 図 3 】



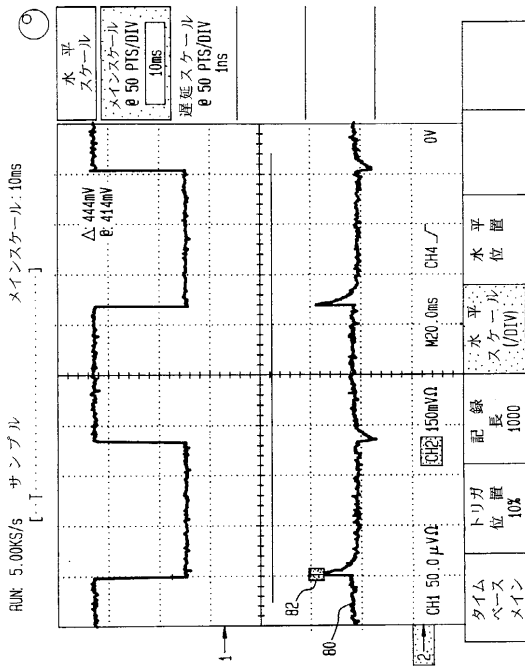
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100091889
弁理士 藤野 育男
- (74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
- (74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
- (74)代理人 100102808
弁理士 高梨 憲通
- (74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
- (74)代理人 100107401
弁理士 高橋 誠一郎
- (74)代理人 100106183
弁理士 吉澤 弘司
- (72)発明者 ヨハネス クリスチャン ヴァン ダー ブラッツ
オランダ国, マーセン, 3 6 0 7 ジェーダブリュ, レイジャースカンブ 8 0 1

合議体

審判長 森 正幸
審判官 稻積 義登
審判官 町田 光信

- (56)参考文献 特開平5 - 2 0 6 5 5 5 (J P , A)
特開平8 - 3 0 4 8 5 6 (J P , A)
特開平7 - 7 4 4 2 0 (J P , A)
欧州公開第4 5 9 6 8 5 (E P , A 1)
C.R.Giles et al., "Simultaneous Wavelength-Stabilization of 980-nm Pump Lasers", IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS AUG., 1994, Vol.6, No.8, pp.907-909

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B名)

H01S 3/00-3/02、3/04-3/0959
H01S 3/098-3/102、3/105-3/131
H01S 3/136-3/20、3/23-3/30