(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3625907号
(P3625907)
(45)発行日　平成17年3月2日(2005.3.2)　(24)登録日　平成16年12月10日(2004.12.10)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
H04B 10/08	H04B	9/00	K
H04B 10/04	H04B	9/00	E
H04B 10/06	H04B	9/00	L
H04B 10/142			
H04B 10/152			

請求項の数 5　(全 11 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願平7-216830
(22)出願日　平成7年8月25日(1995.8.25)
(65)公開番号　特開平8-79173
(43)公開日　平成8年3月22日(1996.3.22)
審査請求日　平成12年3月6日(2000.3.6)
(31)優先権主張番号　08/296305
(32)優先日　平成6年8月25日(1994.8.25)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　390035493
エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション
ＡＴ＆Ｔ　ＣＯＲＰ.
アメリカ合衆国　１００１３－２４１２
ニューヨーク　ニューヨーク　アヴェニュー　オブ　ジ　アメリカズ　３２
(74)代理人　100064447
弁理士　岡部　正夫
(74)代理人　100077919
弁理士　井上　義雄
(74)代理人　100085176
弁理士　加藤　伸晃

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光伝送システムにおける性能の監視と故障探索

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
増幅器の性能監視装置であって、
変調されて該増幅器への入力信号に乗せられているトーンのレベルを検出するトーン検出器と、
増幅器の出力レベルを検出する出力レベル検出器と、
該トーンのレベルと該増幅器の出力レベルの関数として該増幅器の信号-対-ノイズ比を決定する決定手段とを含む光増幅器の性能監視装置。
【請求項２】
複数のチャネルを有する波長分割多重信号を増幅する増幅器の性能を監視する装置であって、該増幅器は、１つの入力ポートと１つの出力ポートとを備え、該装置は、
該波長分割多重信号の複数のチャネルのそれぞれのチャネル上に変調され、異なる周波数を有する複数のトーンの個々のもののレベルを該増幅器の出力ポートにおいて検出するトーン検出器と、
該複数のトーンのレベルの各々を加算し、該増幅器の出力における全体の信号レベルを求める加算手段と、
該増幅器の出力レベルを検出し、該加算した信号と該増幅器の該検出した出力レベルの関数として該増幅器のノイズレベルを求める出力レベル検出器と、
該複数のトーンのレベルと該求めたノイズレベルの関数として該複数のチャネルの各々の信号-対-ノイズ比を決定する決定手段とを含む装置。

【請求項３】
複数の増幅段に配置された複数の増幅器を含む伝送システムの性能を監視する装置であって、
1つのトーンとともに伝送システム上を伝送する信号を変調する変調手段と、
1つの増幅器につき1つのモニタが接続されるように該複数の増幅器に接続され、該複数の増幅段のうちの予め定められた増幅段におけるトーンのレベルを監視し、そして該複数の増幅段のうちの予め定められた増幅段における増幅器の出力レベルを監視する複数のモニタと、
該トーンのレベルと該増幅器の出力レベルの関数として該複数の増幅器の信号-対-ノイズ比を決定し、該複数の増幅段のうちの予め定められた増幅段における信号-対-ノイズ比を決定する決定手段とを含む装置。
【請求項４】
伝送システムであって、
複数の増幅段に配置された複数の増幅器と、
複数のチャネルを有する波長分割多重化信号を発生する発生手段と、
該複数のチャネルの各々を特定のトーンで変調する変調手段と、
該複数の増幅段のうちの予め定められた増幅段におけるトーンのレベルを監視する監視手段と、
該複数の増幅段のうちの予め定められた増幅段における増幅器の出力レベルを監視する監視手段と、
該複数のトーンの各々のレベルと該複数の増幅器の各々の出力レベルの関数として該増幅器の信号-対-ノイズ比を決定し、該複数の増幅段のうちの予め定められた増幅段における信号-対-ノイズ比を決定する決定手段とを含む伝送システム。
【請求項５】
内蔵された性能モニタを有する増幅器であって、
波長分割多重化信号の複数のチャネルのうちの予め定められたチャネル上に変調された複数の特定のトーンのうちの予め定められたトーンのパワーレベルを検出するトーン検出器と、
増幅器の出力レベルを検出する出力レベル検出器と、
複数のトーンの予め定められたトーンのパワーレベルと該増幅器の出力パワーレベルの関数として該増幅器の信号-対-ノイズ比を決定し、該複数のチャネルの予め定められたチャネルの信号-対-ノイズ比を決定する決定手段とを含む増幅器。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は情報の光伝送に関するものである。特に、本発明は、光伝送システムに使用される光増幅器チェーンの性能の監視、および光伝送システムにおける故障探索に関するものである。
【０００２】
【発明の背景】
通信ネットワークにおいて展開される多チャネル光伝送装置は、システムの性能および故障探索が迅速で信頼性高く確かめられる方法で監視されなければならない。典型的には、これは、再生タイプの光伝送システムにおいて電気的に各チャネルをそれぞれの再生サイトにおいて監視することによって達成される。しかしながら、再生タイプの光伝送システムは、光信号をそれがネットワークを越えて進む際に周期的にブーストするためにステージ毎に配置された光増幅器のチェーンを利用するシステムにより置き換えることが期待されている。光信号は一般的にはそれが受信機に到達するまでは電気信号に変換されないので、これらのシステムにおける電気的な監視は非実用的である。
【０００３】
光増幅器のチェーンを使用した伝送システムのための監視技術においては、チェーンにお

けるそれぞれの光増幅器により増幅された個々のチャネルのそれぞれの性能を、増幅の各ステージにおいて決定できることが理想的である。決定するための能力および光信号－対－ノイズ比（「Ｏ－ＳＮＲ」）（重要な性能パラメータ）の指示は特に所望の監視特徴である。また、チェーンにおける特定の光増幅器の特定のチャネルに対する故障を分離できることが望ましい。

【０００４】

いくつかの監視および故障探索の技術では、複雑で高価な測定装置を使用して各増幅ステージにおいてチャネル性能が計測されることが必要となる。他の技術ではネットワーク内の種々の電気的および光学的な要素の複雑な検査の性能を必要とする。

【０００５】

【本件発明の概要】

本発明によれば、増幅器への信号入力で変調されたトーンのレベルを検出し、増幅器の出力レベルを検出し、並びに増幅器の性能の指示を決定するためにトーンのレベルを増幅器の出力レベルに対して比較する装置と方法により、光増幅器の監視が達成される。

【０００６】

本発明の例示的な実施の形態において、多重化された光信号内の個々のチャネルのそれぞれは、特定の低い周波数のトーンにより変調される。変調は光信号の伝送サイトにおいて行われ、また特定のトーン周波数は光信号上で符号化された他のいずれかの情報の低周波カットオフよりも低く選択される。各チャネルのチャネル電極は、ネットワーク内の光増幅器の各ステージの後に、そのそれぞれの特異な低周波数のトーンの電力を低コストのモニタを使用して測定することにより、決定される。光増幅器の全体の光出力電力はモニタにより同様に測定される。ネットワーク内の光増幅の最初のステージ後の光電力と光増幅器の出力電力との間の比が、その後の光増幅ステージのそれぞれにおけるトーン電力／出力電力比と比較される。最初およびその後のトーン電力／出力比の間の変化はネットワーク性能における変化を反映する。トーン電力／出力電力比における変化は光信号－対－ノイズ比における実際の変化と大きな相互関係がある。好ましくは、このようなモニタはネットワーク内のそれぞれの光増幅器内に設けられ、ネットワーク内の他のいずれかの構成要素の複雑な検査を必要としない。それぞれの光増幅器がそれぞれの光チャネルの状態を決定するための専用のモニタを有しているので、ネットワーク内の故障は特定の光増幅器および特定のチャネルに容易且つ迅速に突き止められる。

【０００７】

この説明および以下の各説明および図面では本発明の一例を扱っているにすぎず、本出願から出る特許により与えられる排他的な権利の範囲のいかなる方法における制限と考えられるものではない。このような排他的な権利は本出願の請求の範囲において述べられているものである。

【０００８】

【発明の詳細な記述】

本発明の説明的な例において、λ_1 、λ_2 、λ_3 およびλ_4 を有する４つの個々の光成分信号からなる、波長多重化された光信号は、ソースから伝送ラインを経て受信機に伝送される。これら個々の成分光信号のそれぞれは特定の低周波数トーン、f_1 、f_2 、f_3 、およびf_4 でそれぞれ変調される。この変調は、例えば、４つの個々の成分光信号のそれぞれを振幅または周波数変調することにより行われる。他の適当な技術には、振幅および周波数シフトキーイング、偏波変調、並びにこれらの技術の組み合わせが含まれる。低周波数変調は、デジタルまたはアナログ情報符号化のような、個々の成分光信号の他のいずれかの変調に依存せず、またこれらが加えられる。以下の説明においては、振幅変調についてだけ説明する。光信号を振幅変調するための多くの従来の技術は、個々の成分光信号の低周波数変調を行うために採用される。このような技術の１つでは、例えば、個々の成分光信号を生成するために一般的に使用されるレーザのそれぞれのバイアス電流をディザー（ｄｉｔｈｅｒ）するために、周波数f_1 、f_2 、f_3 、およびf_4 の正弦波形を採用している。種々の低周波数変調技術が使用されるが、デジタル

またはアナログ情報の符号化のために伝送ラインに接続されたいずれかの受信機の低周波数カットオフより低い変調周波数f_1、f_2、f_3、およびf_4が好ましい。これにより、個々の成分光信号によって運ばれるあらゆる情報が低周波数トーンによる変調の結果に干渉されることなく受領されることが確保される。ここで、この説明的な例における４つの成分光信号の選択は任意であり、また本発明の原理は４つの成分以外を有する光信号に容易に適用できるものである。

【０００９】

図１は本発明の説明的な例を組み込んだ光伝送システムの単純化したブロックダイヤグラムである。図示したように、４つのレーザ送信機１１０－１、１１０－２、１１０－３、１１０－４、マルチプレクサ１２０、複数の光増幅器１００、伝送ライン１３０、デマルチプレクサ１４０、並びに４つの受信機１５０－１、１５０－２、１５０－３、１５０－４が本システムに含まれる。各レーザ送信機は、特別な波長を有する個々の成分光信号を出力する。この例では、個々の成分光信号の波長はλ_1、λ_2、λ_3およびλ_4である。この発明を実施する場合にはレーザが好ましくは使用されるが、例えば、光信号を発生するために発光ダイオードや他の非コヒーレントなソースのような光ソースも同様に使用される。

【００１０】

それぞれの個々の成分光信号は、この例ではレーザ送信機に統合されている、情報を運ぶために変調器（図示せず）により変調される。それぞれの個々の成分光信号も上記したように変調されている。レーザ送信機１１０から出力される光信号はマルチプレクサ１２０において多重化され、またこれは４つのチャネルを有した単一の光信号を出力する。４つのチャネルは、レーザ送信機１１０により発生される個々の成分光信号の４つの特異な波長λ_1、λ_2、λ_3、およびλ_4により規定される。マルチプレクサ１２０からの４チャネル光信号は伝送ライン１３０内に出力され、そこから光増幅器１００による増幅後にデマルチプレクサ１４０および受信機に移動する。

【００１１】

上記したように、４チャネル光信号は伝送ライン１３０に沿って移動する際に光増幅器により周期的にブーストされる。図１の説明的な光伝送システムでは、複数の光増幅器１００－１、１００－２、１００－３、・・・、１００－ｋが示されている。当然のことであるが、特定の光伝送システムにおいて使用される光増幅器の数は、当業者に自明な種々の要因に依存しており、またここで示した説明的な光増幅器の数により変化する。後述するように、本発明は、ｋの光増幅器を採用する光通信システムで、ｋは好ましくは少なくとも２であるものに適用される。

【００１２】

図２は本発明による、図１に示した光伝送システムにおいて使用される、光増幅器の単純化したブロックダイヤグラムである。光増幅器１００は、伝送ライン１３０への入力と出力を有する増幅器２１０から構成される（図１）。増幅器２１０は、例えば、エルビウムをドープしたファイバ増幅器のような、希土ドープした光ファイバ増幅器である。光増幅器１００はまた、例えば、増幅器２１０の出力の付近で伝送ライン１３０内に接続された光分波器を使用して、増幅器２０の出力の小さい少数部をタップするモニタ２５０からなる。多くの場合、監視に関連した損失を最小限とするために、増幅器出２１０の出力の約５％ないしそれ以下とすることが好ましい。

【００１３】

図３は図２に示したモニタ２５０において使用される回路の単純化した図式的なグラフである。この回路は２つの部分、電力モニタとトーン検出器に分かれている。電力増幅器３００内では、フォトダイオード３０５は、演算増幅器３２０により増幅される、増幅器２１０（図２）からのタップされた光出力を、電気信号に変換する。フォトダイオード３０５は、約１ＭＨｚの最大帯域幅を備えた低コストのゲルマニウムダイオードから構成される。抵抗３３０とキャパシタ３４０の値は、ＲＣ時定数の逆が２０ＫＨｚより大きいように選択される。演算増幅器３２０の出力における電気信号は、増幅器２１０の全体の光電

力、この説明的な例においては、信号電力成分とノイズ電力成分の両方を含む、P_T ．P_T 、に比例する。

【００１４】

電力モニタ３００はキャパシタ３４５を経てトーン検出器３１０に接続されている。バンドパスフィルタの列が、電力モニタ３００からの信号からその成分の低周波トーンをフィルタするために利用される。よって、バンドパスフィルタ３６０－１、３６０－２、３６０－３、並びに３６０－４はトーン周波数f_1 、f_2 、f_3 、およびf_4 をそれぞれ調整する。好ましくは、各バンドパスフィルタは７５Ｈｚ（Ｑ～１００）の公称帯域幅を、また約１３０ｄＢの中央周波数利得を有する。ピーク検出器３８０－１、３８０－２、３８０－３、並びに３８０－４は図示したようにバンドパスフィルタの後段に位置する。ピーク検出器３８０の出力における電気信号は、ｊ光チャネルのトーン電力、S_{j-tone}にそれぞれ比例する。この例では、上記したように、４つの光チャネルがある。よって、ｊ＝１、２、３、および４である。

【００１５】

ｊチャネル、$S_{jk-tone}$ P_{Tk}を有する光通信システムにおけるｋ番目のトーン電力のとｋ番目の光増幅器の全体の光出力電力との間の比は、

【００１６】

【数１】

$$C_{jk} = 20\log_{10}\frac{S_{jk-tone}}{P_{Tk}} \qquad (1)$$

で与えられ、以下の説明においては説明の便宜上、ｋ番目の光増幅器のｊ番目のチャネルのためのトーン電力と全体の光電力との間の比をC_{jk}と称する。

【００１７】

光信号－対－ノイズ比率（「Ｏ－ＳＮＲ」）は、光伝送システムにおける光増幅の最初のステージ（ｋ＝１）の後は一般的には非常に高い。典型的には、Ｏ－ＳＮＲはシステムにおけるこの時点において３０ｄＢよりも大きい。よって、C_{j1}は略ノイズのない信号を表したものである。本発明の原理によれば、ｋの光増幅器を備えた光伝送システムの性能監視は、光増幅の各ｋ番目のステージの後に各チャネルに対してC_{jk}をC_{j1}で比較することで行われる。光伝送システムにおけるｋ番目の光増幅器の性能における変化は、C_{jk}をC_{j1}で比較した時の変化に反映される。C_{jk}の値における±０．２５ｄＢの変化は図３に示したモニタ回路西ようされる構成要素の公差によるものと考えられる。よって、ｋ番目の光増幅器の出力におけるC_{jk}とC_{j1}のｐ間の±０．２５ｄＢよりも大きい差は、信号あるいはノイズのいずれかにおける変化の結果である。好ましくは、C_{jk}を使用することで、システムにおけるあらゆる構成要素の校正の必要なしに光増幅器の性能監視を行うことができる。

【００１８】

図５から１０は、光伝送システムにおける光増幅器に対する入力信号電力として発生するC_{jk}における変化が減ったことを示す実験結果をグラフ的に説明したものである。図４は図５から１０に示された結果を生じるために使用された実験装置の単純化したブロックダイヤグラムである。図４に示したように、伝送端上においては、４つのレーザ送信機４００－１、４００－２、４００３、並びに４００－４はそれぞれ１５５０．７、１５５４、１５５６．８、並びに１５５９．１ｎｍの波長を有する光信号を発生し、これらは外部のデータソース（図示せず）からの信号に応答してデータを運搬するために変調器（図示せず）により変調される。各レーザ送信機４００は上記したように特定の低周波数で変調される。レーザ送信機からの光信号はマルチプレクサ４１０内で単一の波長－多重化された光信号に結合される。波長－多重化された光信号は可変の光減衰器を通って光増幅器４２０－１に移動する。光増幅器４２０－１は、図示したように、５つに光増幅器と伝送ライン４３０を備えた、連接態様で配置されている。伝送ライン４３０はこの例では５１６

．５ｋｍの全体の長さを有している。光増幅器４２０－１、４２０－３、並びに４２０－６には、図２に示したように、モニタが設けられている。受信端においては、光分波器４４０は光増幅器４２０－１からの出力の１０％を光スペクトル分析器４５０に、また９０％をビット－エラー速度試験セット４６０に向ける。

【００１９】

図５は、光スペクトル分析器４５０による測定された、図４に示した６つの光増幅器による増幅後の波長－多重化された光信号の光電力利得プロファイルを示したものである。この例では光増幅器４２０－１への入力電力は約－１５．８ｄＢである。図示したように、光増幅の６ステージ後の利得プロファイルは、光増幅器の連鎖における増幅された誘発放出（「ＡＳＥ」）ノイズのために、光スペクトルを均一に分配されて横切ってはいない。よって、より低い波長を有するチャネルは、より高い波長を有するチャネルに比べて、増幅は低く、また信号－対－ノイズ比がより低くなる。図６は、上記したように本発明にしたがって決定される－１５．８ｄＢの入力電力での、ｋ＝１、３、６およびｊ＝１、２、３、４におけるC_{jk}値のグラフ的な表示を示したものである。図６に示したように、光増幅の最初のステージの後（つまり、ｋ＝１）、C_{jk}に反映されたチャネル電力は均一である。ｋ＝３とｋ＝６に対しては、チャネル１と２が劣化したことは自明である。光増幅器の利得ピーク付近のチャネルはより低い波長を有するチャネルと比べて改良された信号－対－ノイズ比を有することから、この観測は図５の利得ファイルと一致している。チャネル３と４は、$C_{3,3}$、$C_{3,6}$、$C_{4,3}$および$C_{4,6}$に対するより高い値により反映された実質的な劣化がないことを示している。チャネル３と４のＯ－ＳＮＲは、光スペクトル分析器４５０（図４）により測定されたように約２３．５ｄＢである。

【００２０】

図７は、光増幅器４２０－１に対して約－２２．８ｄＢｍ低減された入力電力の光増幅の６つのステージの後の、図４に示した光伝送システムの測定された利得プロファイルを示したものである。入力電力におけるこの低減は、可変の光減衰器４８０（図４）を調節することにより達成される。図８は、低減された入力電力によるＯ－ＳＮＲの劣化に対応するこの例における全てのｊチャネルのための約３－５ｄＢのC_{j1}値における下降を示したものである。チャネル４に対するこの測定されたＯ－ＳＮＲは約１９ｄＢであり、ビットエラー速度試験セット４６０により測定されたように約4.8×10^{-10}のビットエラー速度となる。

【００２１】

図９は、光増幅器４２０－１に対して約－２６．３ｄＢｍの低減された入力電力を備えた光増幅の６つのステージの後の図４における光伝送システムの測定された利得プロファイルを示したものである。図１０は、低減された入力電力のためのＯ－ＳＮＲにおける劣化に対応したこの例での全てのｊチャネルに対する約７－９ｄＢのC_{j1}値における実質的な下降を示したものである。チャネル４に対して測定されたＯ－ＳＮＲは約１５．９ｄＢであり、測定されたビットエラー速度が約9×10^{-7}となる。

【００２２】

上記した実験的な結果は、C_{jk}値が、光増幅器の連鎖のいずれかで導入された信号劣化を監視するために非常に容易に利用されることを実証している。さらに、ｊチャネルのそれぞれの状態が光伝送システムにおけるｋ光増幅器のそれぞれにおいて知られることから、故障の探索が非常に容易に行える。低コストで効率の容易故障探索システムを実施するために、C_{jk}値は遠隔測定器または他のネットワーク手段を経て好都合に伝送される。

【００２３】

光信号の実際のＯ－ＳＮＲは、好ましくは、上記したように本発明により決定されるC_{jk}値に強く相互関連している。当業者には明らかなように、Ｏ－ＳＮＲは重要な性能パラメータであり、よって、複雑な校正あるいは測定装置なしにＯ－ＳＮＲを決定する能力は本発明の特に有利な特徴である。

【００２４】

図１１は、光増幅の１つのステージの後の１つの光チャネルに対するＯ－ＳＮＲの関数としてのC_{11}のグラフを示したものであり、Ｏ－ＳＮＲは０．１ｎｍの帯域幅を備えた光スペクトル分析器により測定される。図示したように、C_{11}値はＯ－ＳＮＲの２５ｄＢより上で飽和している。C_{11}曲線は２５ｄＢ以下の値では約２であり、２５ｄｂより上では０になっている。変調の量を変えた２つより多い光チャネルにおいて同じ結果が得られた。図１１において飽和はC_{11}が、高い信号－対－ノイズ比では１である、信号の信号＋ノイズの対する比に比例しているためであることは明らかである。この傾斜は、電気信号は２乗装置で測定され、また電力は２乗された光電流に比例するという観測から得られたものである。

【００２５】

測定されたトーン電力と光チャネル信号の間の関係は知られているので、ここで「ＲＦ－ＳＮＲ」と称する、Ｏ－ＳＮＲにより強く相互関連するパラメータが決定される。よって、ＲＦ－ＳＮＲ（ｋ番目の光増幅器におけるｉ番目のチャネルの信号－対－ノイズ比）は下式で得られる。

【００２６】

【数２】

$$(RF-SNR)_{jk}=\frac{S_{jk}}{noise}=\frac{<S_{jk}>}{P_{T_k}-\sum_{i=1}^{4}<S_{jk}>} \qquad (2)$$

ここで、平均信号$<S_{jk}>$はモニタ２５０（図２）により測定されたトーン電力$S_{jk-tone}$の用語で下式のように表現される。

【００２７】

【数３】

$$<S_{jk}>=\sqrt{2}\frac{S_{jk-tone}}{m_j G_j D_j}. \qquad (3)$$

【００２８】

式（２）において、ノイズは全光電力P_Tから全信号

【００２９】

【数４】

$$\sum_{i=1}^{4}<S_{jk}>$$

を減算することにより得られる。式（３）において、m_jはレーザ送信機１１０（図１）の変調の指数であり、G_jはモニタ２５０（図２）におけるバンドパスフィルタのフィルタ利得であり、またD_jは検出器３８０（図３）のピークの利得である。

【００３０】

$(RF-SNF)_{11}$をＯ－ＳＮＲに関連させるためには、ＲＦ－ＳＮＲ値を２つに分割する必要がある。加えて、図１１に示したように、$(RF-SNF)_{11}$／Ｏ－ＳＮＲの傾斜はＯ－ＳＮＲが３０ｄＢを越えるときに２を越える。式（２）におけるノミネータ（ｎｏｍｉｎａｔｏｒ）がＯ－ＳＮＲの高い値に対して零に近付くために、この効果が生じる。この効果は、「訂正された」ＲＦ－ＳＮＲを得るために式（２）において約１ｄＢだけ$<S_{jk}>$を減じることにより顕著に小さくなる。図１２は、２つの変調された光チャネルおよび２つの異なる変調指示に対するＯ－ＳＮＲの関数としての、Ｏ－ＳＮＲ測定（

光スペクトル分析器による測定した）の０．１ｎｍの帯域幅に対するＲＦ－ＳＮＲ測定の５０ｎｍのノイズ帯域幅を考慮するために２７ｄＢに訂正されたＲＦ－ＳＮＲのグラフを示したものである。図示したように、訂正されたＲＦ－ＳＮＲは、３３ｄＢを越えるＯ－ＳＮＲに対しても、測定されたＯ－ＳＮＲに強く相互関連している。

【００３１】

上記説明した特定の技術は本発明の原理の説明にすぎず、当業者には請求の範囲により限定される本発明の範囲と技術思想を逸脱することなしに種々の変更を行うことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の説明的な例を組み込んだ光伝送システムの単純化されたブロックダイヤグラムである。

【図２】図１に示した光伝送システムで使用される、本発明による、光増幅器の単純化されたブロックダイヤグラムである。

【図３】本発明による、モニタ回路の単純化されたブロックダイヤグラムである。

【図４】本発明の種々の原理を説明するために使用される実験的な結果を生じるために使用された装置の単純化されたブロックダイヤグラムである。

【図５】図１に示された最初の光増幅器への入力信号電力が減じる際に発生する全体の信号電力に対するトーンの比における変化を示した実験結果のグラフ的な説明図である。

【図６】図１に示された最初の光増幅器への入力信号電力が減じる際に発生する全体の信号電力に対するトーンの比における変化を示した実験結果のグラフ的な説明図である。

【図７】図１に示された最初の光増幅器への入力信号電力が減じる際に発生する全体の信号電力に対するトーンの比における変化を示した実験結果のグラフ的な説明図である。

【図８】図１に示された最初の光増幅器への入力信号電力が減じる際に発生する全体の信号電力に対するトーンの比における変化を示した実験結果のグラフ的な説明図である。

【図９】図１に示された最初の光増幅器への入力信号電力が減じる際に発生する全体の信号電力に対するトーンの比における変化を示した実験結果のグラフ的な説明図である。

【図１０】図１に示された最初の光増幅器への入力信号電力が減じる際に発生する全体の信号電力に対するトーンの比における変化を示した実験結果のグラフ的な説明図である。

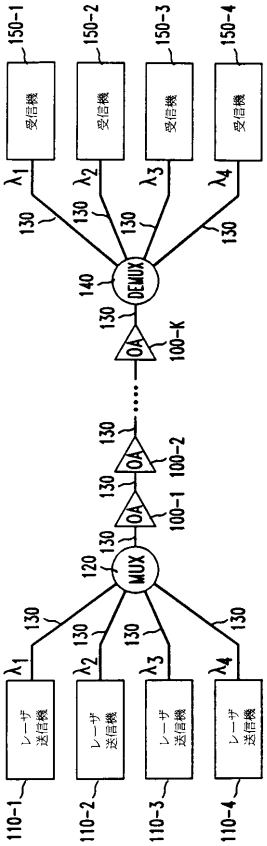
【図１１】単一の光チャネルのためのＯ－ＳＮＲの関数としてのＲＦ－ＳＮＦのグラフを示した説明図である。

【図１２】２つの変調された光チャネルおよび２つの異なる変調指数の光チャネルのためのＯ－ＳＮＲの関数としての訂正されたＲＦ－ＳＮＦのグラフを示した説明図である。

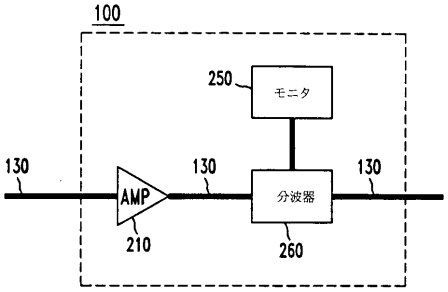
【符号の説明】

１００　光増幅器
１１０　レーザ送信機
１２０　マルチプレクサ
１３０　伝送ライン
１４０　デマルチプレクサ
１５０　受信機

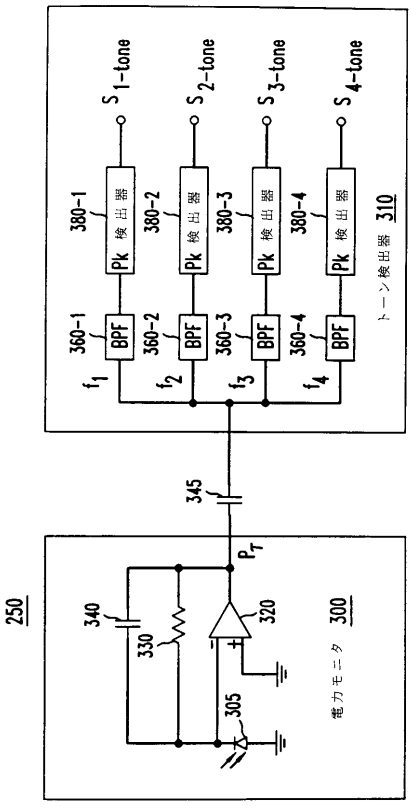
【図１】


150-1
150-2
150-3
150-4
受信機
λ1
λ2
λ3
λ4
130
140
DEMUX
OA
100-K
100-2
100-1
120
MUX
レーザ送信機
110-1
110-2
110-3
110-4

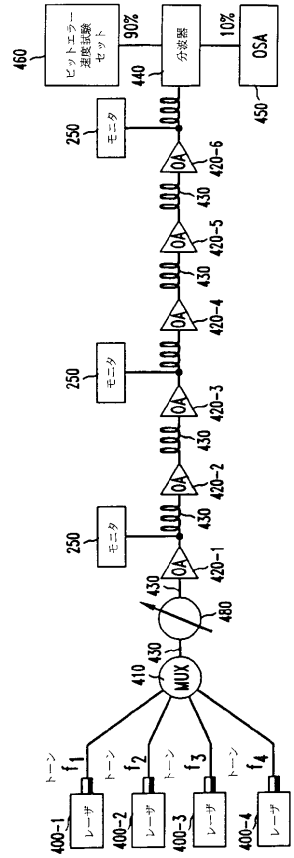
【図２】


100
250
モニタ
130
AMP
210
分波器
260

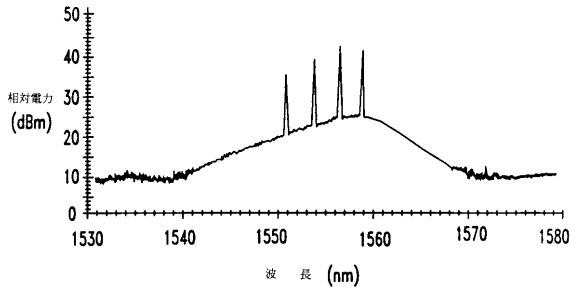
【図３】


S1-tone
S2-tone
S3-tone
S4-tone
380-1
380-2
380-3
380-4
Pk 検出器
360-1
360-2
360-3
360-4
BPF
f1
f2
f3
f4
トーン検出器 310
345
PT
250
340
330
320
305
電力モニタ 300

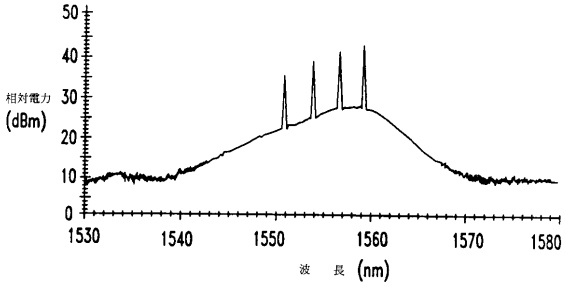
【図４】


460
ビットエラー速度試験セット
90%
10%
分波器
OSA
440
450
250
モニタ
OA
420-6
420-5
420-4
420-3
420-2
420-1
430
480
410
MUX
トーン
f1
f2
f3
f4
400-1
400-2
400-3
400-4
レーザ

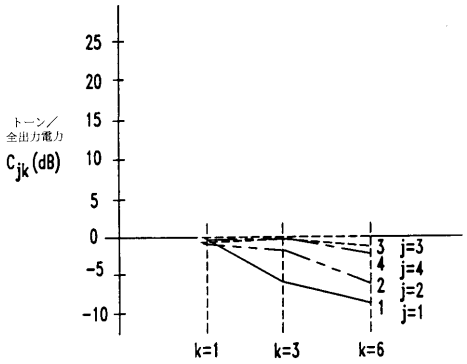
【図５】



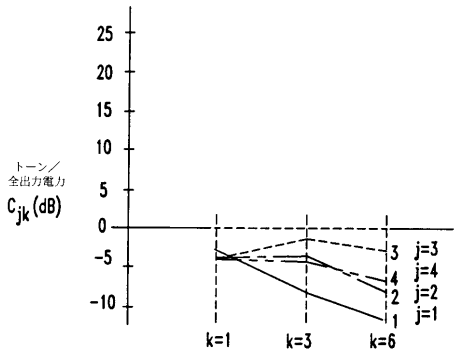
【図７】



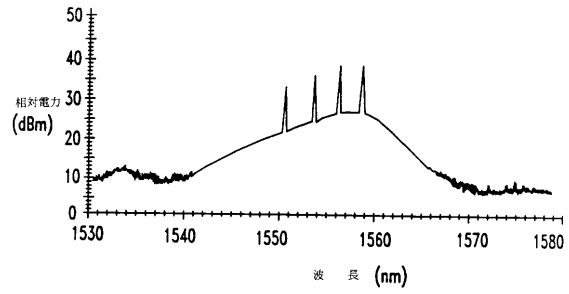
【図６】



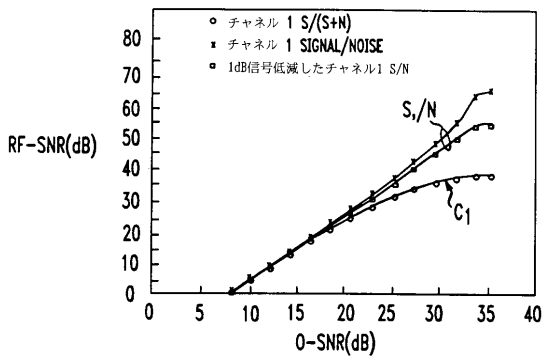
【図８】



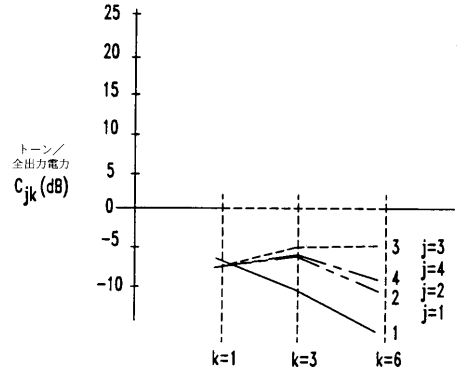
【図９】



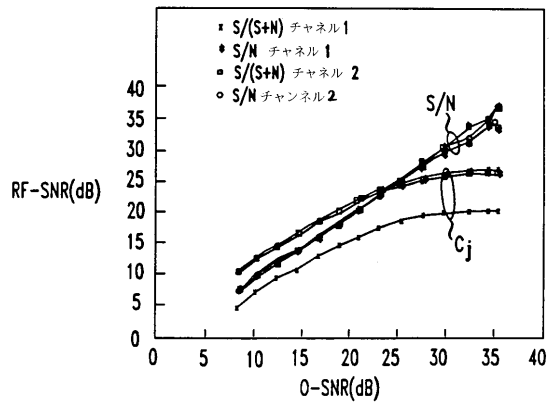
【図１１】



【図１０】



【図１２】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.[7] FI
H04J 14/00
H04J 14/02

(72)発明者 ダニエル エー. フィッシュマン
アメリカ合衆国 ０８７０１ ニュージャーシィ，レイクウッド，レイク ドライヴ テラス ３００

審査官 前田 典之

(56)参考文献 特開平０４－２９８１３１（ＪＰ，Ａ）
特開昭５７－０４４３５８（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－３５６８２９（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０２１８９７（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－００９６２６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
H04B 10/00 - 10/28
H04J 14/00 - 14/08