(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4279433号
(P4279433)

(45)発行日　平成21年6月17日(2009.6.17)　(24)登録日　平成21年3月19日(2009.3.19)

(51)Int.Cl.			F I		
H01S	3/06	(2006.01)	H01S	3/06	B
G02F	1/35	(2006.01)	G02F	1/35	501
H01S	3/10	(2006.01)	H01S	3/10	Z
H04J	14/00	(2006.01)	H04B	9/00	E
H04J	14/02	(2006.01)	H04B	9/00	J

請求項の数 16　(全 12 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2000-63059(P2000-63059)
(22)出願日　平成12年3月8日(2000.3.8)
(65)公開番号　特開2000-277834(P2000-277834A)
(43)公開日　平成12年10月6日(2000.10.6)
審査請求日　平成13年6月11日(2001.6.11)
審判番号　不服2006-22226(P2006-22226/J1)
審判請求日　平成18年10月3日(2006.10.3)
(31)優先権主張番号　09/265943
(32)優先日　平成11年3月8日(1999.3.8)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　596092698
アルカテル－ルーセント　ユーエスエー　インコーポレーテッド
アメリカ合衆国　０７９７４　ニュージャーシィ，マレイ　ヒル，マウンテン　アヴェニュー　６００－７００
(74)代理人　100064447
弁理士　岡部　正夫
(74)代理人　100085176
弁理士　加藤　伸晃
(74)代理人　100096943
弁理士　臼井　伸一
(74)代理人　100101498
弁理士　越智　隆夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ラーマン利得をオフセットするように整えられた光増幅器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

光増幅器であって、

該光増幅器の入力部から、それぞれの波長からなる複数の光信号から形成された光信号を受信する装置、及び

増幅される信号がラマン利得をオフセットするようにプリエンファシスされるように該受信された光信号を増幅し、次に、該増幅された信号を、ラマン利得が発生する光伝送リンクに接続された出力部に供給する装置からなり、

該増幅する装置が、（ｉ）前記プリエンファシスを提供するように異なる反転レベルで動作する出力増幅段、及び（ｉｉ）異なる反転レベルのうちの特定の反転レベルに該出力増幅段を置くように動的に調整される可変減衰装置を含み、

該光増幅器はさらに、

該光伝送リンクに供給される信号電力の一部をサンプリングし、プリエンファシスのレベル及び該増幅された信号の電力のレベルを判定する光モニタ、及び

該光モニタからの該判定の結果を受信し、プリエンファシスの所望のレベルと該光モニタによって判定された該プリエンファシスのレベルとの差に関連して該可変減衰装置を調整するコントローラからなる光増幅器。

【請求項２】

請求項１記載の光増幅器において、該出力増幅段はエルビウムドープ式増幅器である光増幅器。

【請求項３】
請求項１記載の光増幅器において、該光モニタが光学的スペクトルアナライザからなる光増幅器。
【請求項４】
請求項１記載の光増幅器において、該可変減衰装置は電気的に制御される光学的減衰装置である光増幅器。
【請求項５】
光増幅器であって、
それぞれの波長からなる複数の成分光信号から形成される帯域幅を有する光信号を受信する入力段、及び
光出力信号を生成するために傾斜値に従って該光信号の成分を増幅する出力段であって、低い方の波長を有する信号成分の電力レベルが高い方の波長を有する信号成分の電力レベルよりも大きく、該光出力信号が伝送される光伝送リンクにおけるラマン利得をオフセットするように該傾斜値が選択される出力段からなり、
該出力段が該傾斜値を提供するように特定の反転レベルで動作するものであり、
該光増幅器はさらに、
該特定の反転レベルに該出力段を置くように動的に調整される可変減衰装置、
該光伝送リンクに供給される信号の一部分をサンプリングし、該出力信号の傾斜を判定する光モニタ、及び
該光モニタから該判定の結果を受信し、該受信された判定の結果に基づいて該可変減衰装置を調整することによって所望の傾斜を生成するように該光増幅器を設定するコントローラからなる光増幅器。
【請求項６】
請求項５記載の光増幅器において、該出力段がエルビウムドープ式増幅器である光増幅器。
【請求項７】
請求項５記載の光増幅器において、該光モニタが光スペクトルアナライザからなる光増幅器。
【請求項８】
請求項５記載の光増幅器において、該可変減衰装置が電気的に制御される光学的減衰装置である光増幅器。
【請求項９】
請求項１記載の光増幅器であって、さらに、
該受信する装置と可変減衰装置との間に結合された入力増幅段、及び、
該入力及び出力増幅段との間に結合された光フィルタであって、該光フィルタが実質的に該入力及び出力増幅段の合成スペクトル応答を反転したスペクトル応答を有する光フィルタを含む光増幅器。
【請求項１０】
請求項５記載の光増幅器であって、さらに、該入力及び出力段との間に結合された光フィルタを含み、該光フィルタが実質的に該入力及び出力段の合成スペクトル応答を反転したスペクトル応答を有する光増幅器。
【請求項１１】
異なる波長の複数の成分を有する光信号を伝送するための方法であって、該方法は、
（Ａ）入力光信号を受信するステップ、
（Ｂ）該入力光信号を調整するステップであって、該調整された信号が伝送リンクにおけるラマン利得をオフセットするようにプリエンファシスされるステップ、及び
（Ｃ）該調整された信号を伝送リンクに印加するステップであって、該ラマン利得が発生するステップからなる方法において、
該ステップ（Ｂ）が、
（Ｂ１）ラマン利得に対応する傾斜値を選択するステップ、及び

（Ｂ２）波長が増加するに従って該成分の相対電力が減少するように、該入力光信号を調整するステップからなり、

前記ステップ（Ｂ２）は、該入力光信号を前置増幅し、該前置増幅された信号を減衰し、そして該減衰された信号を増幅してその増幅量から該選択された傾斜値を生じさせるよう減衰量を選択しており、

前記ステップ（Ｂ２）は、実際の傾斜値を判定するために該調整された信号をモニタし、そして、該実際の傾斜値の該選択された傾斜値からの偏差に基づいて該入力信号を調整しており、

該ラマン利得が該成分間の電力の差を減らしている方法。

【請求項１２】

請求項１１記載の方法において、該ステップ（Ｂ１）について、該選択された傾斜値及びラマン利得によって該相対電力が該伝送リンクの遠隔端において実質的に等しくなる方法。

【請求項１３】

請求項１１記載の方法において、該ステップ（Ｂ２）が、さらに、該前置増幅と該減衰の後の増幅合成スペクトル応答を実質的に反転したスペクトル応答に基づいて、該減衰された信号をフィルタリングするステップを含む方法。

【請求項１４】

異なる波長の複数の成分を有する光信号を伝送するための通信システムであって、該システムは、伝送リンクによって結合された送信機及び受信器からなり、該送信機が、入力光信号を受信し、

該入力光信号を、調整された信号が伝送リンクにおけるラマン利得をオフセットするようにプリエンファシスされるように調整し、及び

該調整された信号を、該伝送リンクを介して該受信器へ送信し、ここにおいてラマン利得が発生するように適合されたシステムにおいて、

該送信機が、該ラマン利得に対応する傾斜値を選択し、波長が増加するに従って該成分の相対電力が減少するように、該入力光信号を調整するよう適合されており、

前記送信機が、該入力光信号を前置増幅する第１の増幅段、該前置増幅された信号を減衰する可変減衰装置、及び該減衰された信号を増幅する第２の増幅段を含み、該第２の増幅段を該選択された傾斜値を生じさせる動作条件にするよう該可変減衰装置の減衰量が調整可能となっており、

前記送信機が更に、該調整された信号をモニタして実際の傾斜値を判定する光モニタ、及び該可変減衰装置の減衰量を該実際の傾斜値の該選択された傾斜値からの偏差に基づいて制御するコントローラを含み、

該ラマン利得が該成分間の電力の差を減らしているシステム。

【請求項１５】

請求項１４記載のシステムにおいて、該選択された傾斜値によって該送信される信号が該受信器に到達する時に該相対電力が実質的に等しくなるシステム。

【請求項１６】

請求項１４記載のシステムにおいて、該送信機が、さらに、該第１及び第２の増幅段の合成スペクトル応答を実質的に反転したスペクトル応答を有する光フィルタを含み、該光フィルタが該可変減衰装置と該第２の増幅段との間に結合されたシステム。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光伝送システムに関し、特に、光伝送増幅器に関する。

【０００２】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

光伝送システムは、そのうちの１つが一般にラーマン利得と呼ばれている、多くの異なる光ファイバ非直線性と争う必要がある。ラーマン利得は、最長波長チャンネルの電力（ｄ

Ｂ）と最短波長チャンネルの電力（ｄＢ）の差として（ｄＢで）定義されている。ラーマン利得または効果は、波長のある範囲にわたって分散した適当なレベルの光電力が、光ファイバをポンプした時に、特に厄介なものになる。この場合には、ラーマン利得は、長い方の波長を有するチャンネルのために傾けられる。図１のグラフに示されるように、ラーマン効果は、低い方の波長の光チャンネルから高い方の波長の光チャンネルへ電力をシフトすることによって、前者のチャンネルの電力レベルを減衰させ、後者のチャンネルの電力レベルを増加させる。したがって、ラーマン利得は、低いほうの波長のチャンネルにおける信号の信号対雑音比（ＳＮＲ）を劣化させ、それにより性能をひどく劣化させる。実験は、３２ｎｍの波長範囲にわたるラーマン利得が、全長８０キロメートルにわたって標準的な単一モード光ファイバのための伝送ファイバに入射された２２ｄＢｍ全電力において＞２．０ｄＢになることを示している。

【０００３】

ラーマン利得／傾斜は、狭い占有信号帯域幅を有する低電力光システムにおいては、ファイバに入射される全電力が同様に低いので、ある程度の光減損を発生することがある。しかしながら、それは、比較的広い占有信号帯域幅を有する高電力光システムのケースではない。これに関する理由は、光信号／チャンネルは、典型的に、光信号が下流の受信機に到達した時に有利なＳＮＲを有することを確保するために、たとえば＞０ｄＢの電力レベルで光ファイバにより伝送されることである。各光チャンネルの電力レベルは漸増するので、８０チャンネルシステムでは、光増幅器の出力において光ファイバに入射された全電力は２０ｄＢｍ以上になる。

【０００４】

【課題を解決するための手段】

ラーマン利得／傾斜の有害な効果を処理するための最良の方法は、光ファイバの全長にわたる信号の伝送に先だって、光信号を予備調整することであることがわかった。本発明の一実施例では、ラーマン傾斜に対抗して予め傾斜した利得を発生させ、この傾斜した利得を、光ファイバで伝送されることになる光信号のスペクトルに適用することにより、ラーマン効果を補償している。

【０００５】

本発明の一態様によれば、上記の予備調整は、受信した複合光信号に含まれるチャンネル数と、各チャンネルの電力レベルとの関数として動的に発生する。

本発明の他の実施例では、ラーマン傾斜／利得は、信号が光増幅器の出力から次の光ファイバスパンへ再伝送される前に、受信した光信号から除去される。

本発明のこれらおよび他の特徴は、以下の詳細な説明と添付図面から容易にわかるだろう。

【０００６】

【発明の実施の形態】

本発明の原理を具体化した光伝送システムの一例は、簡略化した形態で図２に示される。この光システムは、より詳細には、複数のレーザ送信機１１０－１乃至１１０－Ｎと、マルチプレクサ１２０と、光伝送路１３０に沿って配置された複数の光増幅器と、デマルチプレクサ１４０と、光受信機１５０－１乃至１５０－ｍとを含む。各送信機は、唯一の波長λ_iを有する各情報伝達光信号を出力する。ここでは、特定の光信号は、受信機１５０－１乃至１５０－Ｍの中の１つの受信機を宛て先とすると仮定される。この説明のため、光伝送システムは、Ｎ個の光チャンネルを有し、ここでは、Ｎ＞１であり、たとえば８０チャンネルであると仮定される。光チャンネルは、それぞれ、送信機１１０－１乃至１１０－Ｎと関連している。Ｎ個のチャンネルは、各波長λ_1，λ_2，λ_3，．．．λ_Nで識別される。各波長は、隣接チャンネルの信号が互いに干渉しないように互いに十分に離れている。この間隔は、たとえば２００ＧＨｚまたはそれ以下とすることができる。送信機１１０－１乃至１１０－Ｎが出力する信号は、ＭＵＸ１２０で合成（多重化）され、光増幅器１００－１を介して光伝送線１３０に出力される。合成された光信号は、増幅器１００－２乃至１００－ｋ－１と光ケーブル１３０を介して運ばれ、光増幅器１００－ｋを介して

ＤＥＭＵＸ１４０まで運ばれる。ＤＥＭＵＸ１４０は、合成信号を互いに分離し、分離した信号を受信機１５０－１乃至１５０－Ｍのなかの各受信機に供給する。ここで、ＭはＮに等しい。

【０００７】

上述のように、いわゆるラーマン利得／傾斜は、比較的少ない数、たとえば３２個以下、のチャンネルを使用する光伝送システムにおいては許容される。しかしながら、それは、比較的多い数の光チャンネル、たとえば８０チャンネルを使用する光伝送システムのケースではない。本発明の一実施例においては、図３ａ，３ｂおよび３ｃに示されるように、ラーマン傾斜に対抗して予め傾斜した利得を発生させ、傾斜した利得を、光ファイバで送信されることになる光信号のスペクトルに適用することによって、ラーマン効果を相殺している。特に、図３ａは、光信号が光増幅器１００－ｉ、たとえば１００－１（図２）の出力から伝送されるときの光信号の電力レベル分布のグラフであり、利得は、スペクトルのローエンドで光信号のために傾斜している。図３ｂは、伝送される信号が、光増幅器１００－１および１００－２の間の光伝送路で運ばれるときに経験するラーマン効果に起因する傾斜の程度の一例である。しかしながら、光信号の予備傾斜が、ラーマン傾斜に起因する電力シフトを相殺するため、光信号の電力レベルは、理想的なケースとして図３ｃのグラフに示されるように、ファイバ伝送スパンの端部で多少フラットになる。

【０００８】

次いで、受信する光増幅器、たとえば増幅器１００－２は、受信した信号を増幅し、もう一度、発信光伝送路１３０において生じるラーマン傾斜に対抗して光信号の電力レベルを予備傾斜（プリエンファシス）させるように処理する

【０００９】

光増幅器１００－ｉの詳細なブロック図は、図４に示される。増幅器１００－ｉは、図２の増幅器１００－１乃至１００－ｋの各々に相当し、光伝送路１３０、従来の信号カップラ１および従来の光アイソレータデバイス５を介して光信号を受信する。アイソレータ５は、受信した信号を希土類元素ドープ式ファイバ１０のほうへ伝播させ、また、入力ファイバ１３０に戻って流れることから希土類元素ドープ式ファイバ１０に沿って発生することがある反射およびどんな任意の雑音も防ぐ。希土類元素ドープ式ファイバは、たとえば、エルビウムドープ式ファイバとすることができ、ポンプレーザ５５－１より従来の波長分割多重装置（ＷＤＭ）１５を介して供給される光電力で“ポンプされる"時に光利得を供給する・ポンプレーザ５５より供給される電力は、ドープ式ファイバ中のイオンを励起する。到来信号の光子は励起されたイオンと衝突し、到来する光子と同等の光子を解放せしめる。次いで、解放された光子は、到来した光子と合体して、増幅された信号としてアイソレータ２０の方へ伝播する。アイソレータ２０は、アイソレータ５、ドープ式ファイバ１０およびＷＤＭ１５からなる入力段で生じる増幅作用との干渉から雑音および／またはＷＤＭ１５の方へ進む反射信号を防止する。

【００１０】

次いで、増幅器１００－ｉで増幅された光信号は、従来のアイソレータ２０を介して可変減衰装置（ＶＡＵ）３０に供給される。可変減衰装置３０は、減衰装置３０を通過する光信号のレベルを、バス７６によりコントローラ７５から受信される制御信号の関数として制御する。

【００１１】

本発明の一実施例において、可変減衰装置３０は、たとえば、その光伝送が透明から光学的に不伝導性へ漸増的に変化できる回転ガラス板でも良い。したがって、ＶＡＵ３０を通過する光信号のレベルは、以下に詳細に説明されるように、ガラス板のどの部分がＶＡＵ３０を通る伝送路内に位置しているかの関数となる。

【００１２】

次いで、ＶＡＵ３０より出力された減衰した（調整された）光信号は、“利得フラット化"フィルタ３５に供給され、増幅器１００－ｉの出力段の応答が不動的に適応される電力レベルを提供する。すなわち、利得は、エルビウムドープ式ファイバ４５の利得、すなわ

ちその反転レベルを変えることにより傾斜する。これは、ＶＡＵ３０を通過する光信号のレベルを変えることにより行なわれる。全利得は、入力電力レベルと飽和した出力電力レベルとによって決まっている。

【００１３】

フィルタ３５は、より詳細には、上述の調整された信号のレベルに対応する信号レベルに対する増幅器１００－ｉの入力段および出力段の利得スペクトルの逆数である応答を有する。出力段は、ＷＤＭ４０、希土類元素ドープ式ファイバ４５（たとえば、エルビウムドープ式ファイバ）およびアイソレータ５０からなる。ＷＤＭ４０は、ろ波された信号を、ファイバ５５－２を介して受信したポンプ電力と合成し、合成信号をドープ式ファイバ４５に供給する。そこで、信号の光増幅が上述のように起こる。次いで、増幅された信号は、アイソレータ５０と従来の信号分割器８０を介して出力光ファイバ１３０に供給される。信号分割器８０は、出力された光信号のわずかな部分を分割器８１を介して光モニター７０へそらせる（供給する）。本発明の一実施例において、モニター７０は、たとえば、光学スペクトルアナライザ、好適には、ルーセント　テクノロジー社から市販されているＣｏｍｃｏｄｅ２００８９９５４０で知られる光学スペクトルアナライザとすることができる。

【００１４】

光モニター（スペクトルアナライザ）７０は、より詳細には、分割器８１を介して受信した光信号のスペクトルを分析し、出力光信号を形成する成分光信号の波長と電力レベルを判定する。次いで、光モニター７０は、その判定結果をコントローラ７５に供給する。このような供給の例は図５に示され、モニター７０は、検出した各波長の電力レベルを測定し、データ（x_i，y_i）をコントローラ７５に供給する。本発明の一実施例において、コントローラ７５は、エルビウムドープ式ファイバ４５に供給された光の量を、モニター７０から受信するデータにしたがって、その減衰量を増減するように可変減衰装置３０を動的に調整して、コントローラ７５は、出力光信号の望ましいプリエンファシスが達成されるまで調整し続ける。周知のように、ファイバ４５の応答は、図６に示されるように、ファイバ４５に供給される光の量を増減することにより異なる反転レベル間で動的に変更することができる。

【００１５】

図４から、分割器８１は、受信した信号を光モニター７０と光検出器８５間で分割していることがわかる。光検出器８５は、より詳細には、光信号を電気信号に変換してアナログ／デジタル（Ａ／Ｄ）コンバータ９０に供給する。Ａ／Ｄコンバータ９０は、受信した電気信号のレベルをデジタル値に変換し、コントローラ７５に供給する。コントローラ７５に供給されたデジタル信号は、伝送路１３０に出力された信号の電力レベルP_oを表す。同様に、光検出器２５およびＡ／Ｄコンバータ６０は、受信信号の電力レベルP_iを表すデジタル値をコントローラ７５に供給する。以下に説明されるように、コントローラ７５は、発信信号に望ましい傾斜の決定時、デジタル値P_iおよびP_oを使用する。

【００１６】

コントローラ７５において本発明の原理を実行するプログラムは、図９に示されるように配置される図７および８にフローチャート形式で示される。特に、このプログラムは、多くの異なる“トリガ"イベントのうちの１つに応じてブロック７０１から入る。これらのイベントは、なかんずく、（ａ）たとえば４０から６０へのチャンネル（波長）数の増加等のシステム品質改善、（ｂ）ＯＡ１００で検出された入力電力の変化、（ｃ）周期的に、たとえば１０分ごとに、または（ｄ）ＯＡが下流ＯＡの場合、ＯＡが、上流ＱＡがそのコントローラ７５プログラムを走らせていることを示すメッセージを受信することなどを含む。このように入った場合、プログラムは、ブロック７０２に進み、カウンタn_{cycle}およびタイマーt_{adj}を初期化する。次に、プログラム（ブロック７０３）は、光モニター７０からデータを得る。本発明の一実施例によれば、このデータは、出力信号に含まれるＯＣ４８チャンネル数（即ち、光キャリアレベルが「４８」である光信号のチャネルの数）n_{48}およびＯＣ１９２チャンネル数（即ち、光キャリアレベルが「１９２

」である光信号のチャネルの数）n_{192}と、出力信号の帯域幅（Δν）を含む。また、このデータは、出力信号のＴＩＬＴも含む。

【００１７】

プログラムは、要求されているデータを受け取った場合、出力信号の帯域幅の値Δνを最小値$\Delta\nu_{min}$、たとえば１５の隣接チャンネルから形成された信号を表す値と比較する（ブロック７０４）。Δνの値が最小値以下の場合は、プログラム（ブロック７０４－１）は、可変減衰装置（ＶＡＵ）３０を、n_{48}および数n_{192}の値の関数、および到来光信号の電力レベルの関数として決定される公称値にセットする（回転させる）。次に、プログラムは、ブロック７０４－２を介して出る。Δνの値が$\Delta\nu_{min}$より大きいことが見出された場合は、プログラム（ブロック７０５）は、カウンタn_{cycle}をインクリメントし、次に、出力電力P_oのレベルと、信号帯域幅Δνと、関連光増幅器１００の出力に接続されたファイバのタイプとの関数として予備傾斜値を決定する（ブロック７０６）。

【００１８】

本発明の一実施例において、プログラムは、出力ファイバに入射された電力値を使用して、予備傾斜値テーブルを間接的に指示し、入射された電力値に適する予備傾斜値を読み出す。次に、プログラムは、テーブルから読み出された予備傾斜値値と光モニターから得られた予備傾斜値の差を判定する。次に、プログラムは、その差の関数としてＶＡＵを調整して、出力信号の望ましい予備傾斜を得る。詳細には、ブロック７０７で、プログラムは、前のランがＶＡＵを首尾良く調整したと判定した場合にブロック７０８に進み、出力信号が望ましい予備傾斜値のウインドウ、たとえば±１／２ｄＢ内に予備傾斜するように設定する。（このウインドウは、ここでは内側ウインドウと呼ばれることに注意されたい。）予備傾斜が、内側ウインドウ内になるようにセットされると、プログラムは、その後、設定をチェックして、予備傾斜がここでは外側ウインドウと呼ばれるより粗いウインドウ内にいまだあるかどうかを判定する。

【００１９】

前のランが、行なわれていないかまたは終わっていなかった場合は、プログラムは、望ましい予備傾斜値が内側ウインドウ内にあるかどうかを知るためにチェックする（ブロック７０９）。もしそうならば、プログラムは、ブロック７０９－１に進み、カウンタ$n_{tilt,ok}$をインクリメントする。次に、プログラム（ブロック７０９－２）は、インクリメントされたカウンタの値が予め決められた値$n_{tilt,ok,min}$を越えているかどうかを知るためにチェックする。もしそうならば、プログラムは、ブロック７０９－３を介して出る。さもなければ、プログラムは、ブロック７０５に戻る。出力信号の予備傾斜が、ブロック７０６で決定された望ましい予備傾斜の内側ウインドウ内になければ、プログラムはブロック７１０に進む。同様に、ブロック７０８における出力信号の予備傾斜が、ブロック７０６で決定された望ましい予備傾斜の外側ウインドウ内にないことが見出された場合は、プログラムは、同様にブロック７１０に進む。次に、プログラム（ブロック７１０）は、大きなステップ…たとえば、少なくとも５つの公称ステップ…で設定するＶＡＵを動かすことができるかどうかを知るためにチェックする。プログラムは、一連のＯＡのうちの最初のＯＡである場合、または一連のなかの下流のＯＡであって、かつ最初のＯＡが現在そのＶＡＵを調整していない場合、それを行うことができる。ブロック７１０における決定が、大きなステップがＶＡＵを調整するのに使用することができることを示している場合は、プログラムはブロック７１１に進み、ここで、出力信号の傾斜が目標値（すなわち、上述のテーブルから読み出された値）に近いかどうかを知るためにチェックする。もしそうであれば、プログラム（ブロック７１１－１）は、１ステップサイズ指示子を小さなステップサイズに等しく設定し、次にブロック７１３に進む。もしそうでなければ、プログラム（ブロック７１２）は、指示子を大きなステップサイズに等しく設定する。

【００２０】

プログラムは、減衰レベルがシステム限界に達したことを見出した場合（ブロック７１３）、またはハードウェア（ＨＷ）限界に達した場合（ブロック７１４）は、適当なアラ

ームを出力し（それぞれ、ブロック７１３－１または７１４－１）、次にブロック７１９－２を介して出て、ブロック７０１を介する次の入場を待機する。さもなければ、プログラム（ブロック７１５）は、このケースができるように、大きなまたは小さなステップに対応して多くの信号パルスをＶＡＵに送ることにより、ＶＡＵ減衰のレベルを調整する。このような信号パルスは各々、ＶＡＵに、予め決められたステップサイズ、たとえば０．１ｄＢにしたがって減衰レベルを増加（または減少）せしめる。次に、プログラム（ブロック７１６）は、ＶＡＵにより挿入された現在の減衰レベルを表す電圧ベルを、ＶＡＵから得る。次に、プログラム（ブロック７１７）は、現在の減衰レベルを前の減衰レベルと比較し、ＶＡＵが信号パルスに応答したかどうかを判定する。もしそうでなければ、プログラム（ブロック７１７－１）は、再び信号パルスをＶＡＵに送り、減衰レベルが変化したかどうかを判定する（ブロック７１７－２）。もし変化していなければ、プログラム（ブロック７１７－３）はアラームを出力し、次にブロック７１９－２に進む。もし変化していれば、プログラム（ブロック７１８）は、カウンタ$n_{tilt,ok}$をインクリメントし、次に、望ましい予備傾斜を達成するためにＶＡＵを調整するように割り当てられた試みの時間／数の大きさのどちらが終了したか動かを判定するようにチェックする（ブロック７１９）。

【００２１】

プログラムは、タイマーt_{adj}とカウンタn_{cycle}の内容とを各最大値と比較することによりこれを実行する。割り当てられたサイクルの時間または数のどちらかが終了した場合、プログラム（７１９－１）はアラームを出力し、次にブロック７１９－２に進む。さもなければ、プログラムはブロック７１３に戻る。

【００２２】

光モニター７０９で本発明の原理を実行する例示のプログラムは、図１０に示される。詳細には、ブロック９０１に入ったとき、プログラム（ブロック９０２）は、タップ８０（図４）を介して受信した光信号をスキャンする。次に、光モニターは、従来の仕方で、スキャンされた信号に含まれるＯＣ４８チャンネルの数n_{48}とＯＣ１９２チャンネルの数n_{192}を決定する。また、光モニターは、チャンネルの電力Ｐｊばかりでなく、スキャンされた信号の帯域幅νも決定する。次に、プログラムは、連続するスキャン数、たとえば５スキャンにわたってこれらの結果の値を平均する。次に、プログラム（ブロック９０３）は、スキャンされた信号の勾配ｄＰ／ｄｖを決定し、次に、図示のように、出力信号が示されている傾斜のレベルを決定する（ブロック９０４）。次に、プログラムは、スキャンされた結果と、決定された傾斜とをコントローラ７５に供給する。次に、プログラムは９０６を出て、ブロック９０１に再入場する。

【００２３】

図１１は、コントローラメモリを、コントローラプログラムが図７のブロック７０６でアクセスする予備傾斜テーブルに適合するように整えることができる方法の一例を示す。

【００２４】

したがって、ここで示された発明は、特定の実施例に関して説明されているが、当業者は、ここでは明確に示されまたは説明されていないにもかかわらず、本発明の原理を具体化し、その性信と範囲内にある多くの他の配置を工夫することができることがわかる。たとえば、信号が、光増幅器の出力から次の光ファイバスパンにより再伝送される前に、受信した光信号からラーマン利得を除去するのに適するフィルタを、光増幅器に付加することができる。他の例として、ＶＡＵ３０は手動調整することができる。

【図面の簡単な説明】

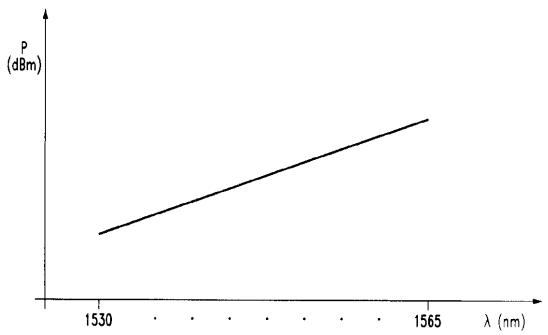
【図１】ラーマン効果の一例である。

【図２】本発明の原理を実施することができる光伝送システムの一般的なブロック図である。

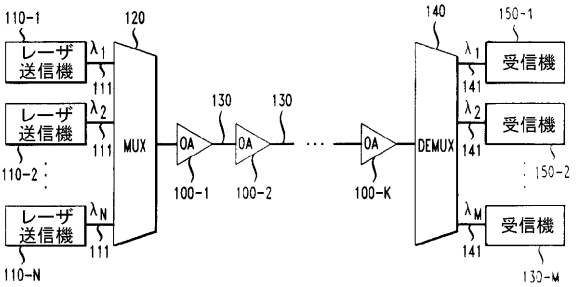
【図３】Ａは、利得がスペクトルのローエンドで光信号のために傾いている、図２の光増幅器１００－ｉの出力から伝送されるときの光信号の電力レベル分布のグラフである。Ｂは、送信信号が、光増幅器、たとえば図２の増幅器１００－１および１００－２の間の光

伝送路で運ばれるときに経験するラーマン効果に起因する傾斜の程度の一例である。Ｃは、図３Ａの利得が図３Ｂのラーマン利得を相殺する方法を示すグラフである。
【図４】図２の増幅器１００の一般的なブロック図である。
【図５】図４の光モニター７０が、図４の増幅器より出力される信号において検出する各波長の電力レベルを測定する方法の一例を示す図である。
【図６】図４の光増幅器の出力増幅段に関する異なる飽和状態を示す図である。
【図７】図４のコントローラにおいて本発明の原理を実行するプログラム例をフローチャート形式で示す図である。
【図８】図４のコントローラにおいて本発明の原理を実行するプログラム例をフローチャート形式で示す図である。
【図９】図７および図８が互いに関して配置されるべき方法を示す図である。
【図１０】図４の光モニターにおいて本発明の原理を実行するプログラム例をフローチャート形式で示す図である。
【図１１】傾斜値テーブルを記憶するメモリのレイアウト例を示す図である。

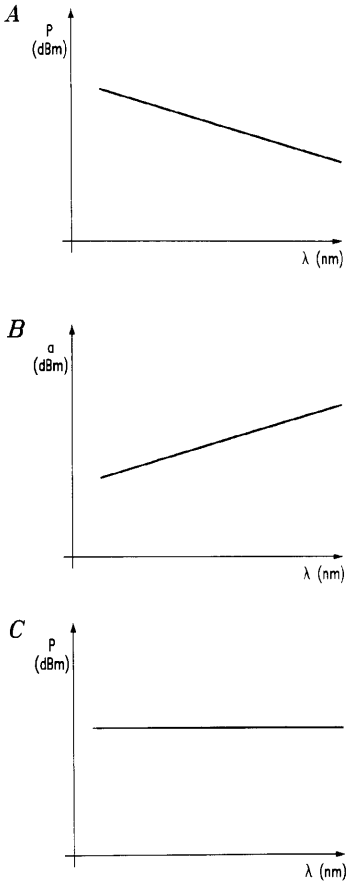
【図１】



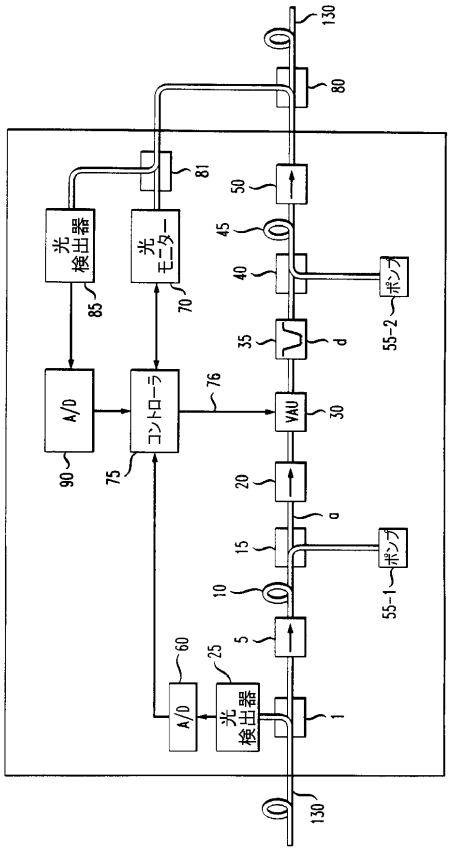
【図２】



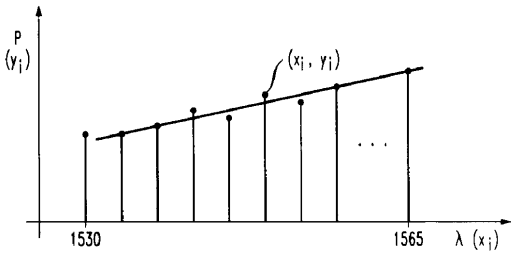
【図３】



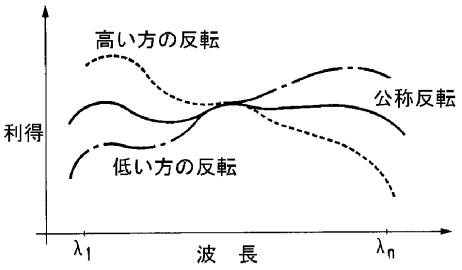
【図４】


光検出器
光モニター
A/D
コントローラ
VAU
ポンプ
ポンプ
A/D
光検出器
130
80
81
50
45
40
35
30
20
15
10
5
1
60
25
85
70
76
75
90
55-2
55-1
d
a

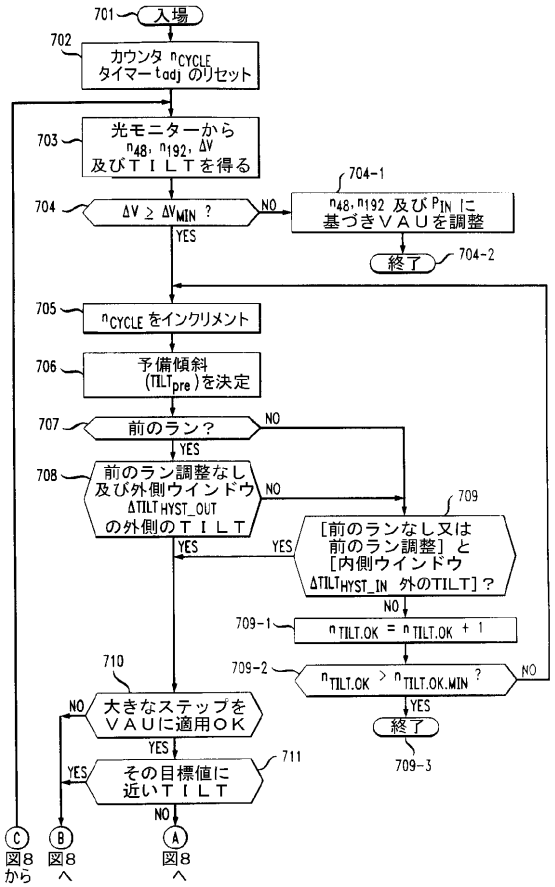
【図５】


P
(yi)
(xi, yi)
1530
1565
λ (xi)

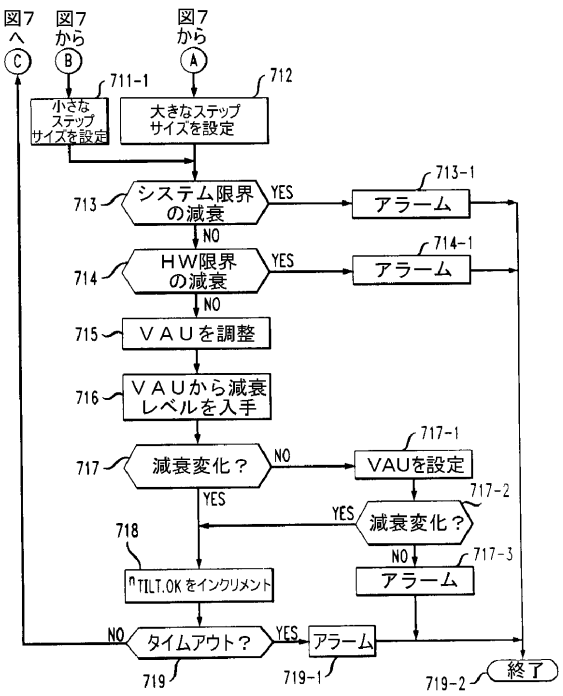
【図６】


高い方の反転
公称反転
利得
低い方の反転
λ1
波 長
λn

【図７】


701 入場
702 カウンタ nCYCLE タイマー tadj のリセット
703 光モニターから n48, n192, ΔV 及びＴＩＬＴを得る
704 ΔV ≥ ΔVMIN ?
NO
704-1 n48, n192 及び PIN に基づきＶＡＵを調整
704-2 終了
YES
705 nCYCLE をインクリメント
706 予備傾斜 (TILTpre) を決定
707 前のラン？
NO
YES
708 前のラン調整なし及び外側ウインドウ ΔTILTHYST_OUT の外側のＴＩＬＴ
NO
YES
709 [前のランなし又は前のラン調整] と [内側ウインドウ ΔTILTHYST_IN 外のTILT]？
YES
NO
709-1 nTILT.OK = nTILT.OK + 1
709-2 nTILT.OK > nTILT.OK.MIN ?
NO
YES
709-3 終了
710 大きなステップをＶＡＵに適用ＯＫ
NO
YES
711 その目標値に近いＴＩＬＴ
YES
NO
C 図8から
B 図8へ
A 図8へ

【図８】

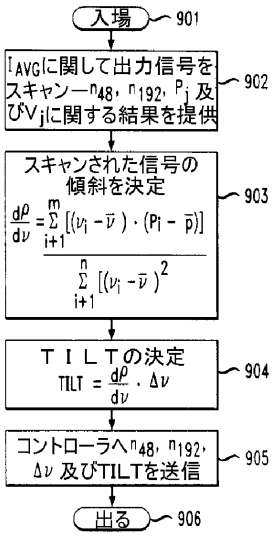

図7へ C
図7から B
図7から A
711-1 小さなステップサイズを設定
712 大きなステップサイズを設定
713 システム限界の減衰
YES
713-1 アラーム
NO
714 HW限界の減衰
YES
714-1 アラーム
NO
715 ＶＡＵを調整
716 ＶＡＵから減衰レベルを入手
717 減衰変化？
NO
717-1 VAUを設定
YES
717-2 減衰変化？
YES
NO
717-3 アラーム
718 nTILT.OK をインクリメント
NO
719 タイムアウト？
YES
719-1 アラーム
719-2 終了

【図９】

FIG. 7

FIG. 8

【図１０】



【図１１】

コントローラメモリ	
予備傾斜0	予備傾斜1
予備傾斜2	予備傾斜3
予備傾斜40	予備傾斜4
⋮	⋮
予備傾斜N−1	予備傾斜N

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H04B 10/16 (2006.01) H04B 9/00 M
H04B 10/17 (2006.01)
H04B 10/02 (2006.01)
H04B 10/18 (2006.01)

(74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
(74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
(72)発明者 マットヒアス ベルガー
ドイツ国 ９０５５９ ブルグトハン，リングストラッセ ２０
(72)発明者 ダーク ボード
ドイツ国 ９０４６１ ヌーレンベルグ，ハーラーヒュエッテンストラッセ １２
(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
(72)発明者 ガブリエラ リヴェスキュ
アメリカ合衆国 ０７７４６ ニュージャーシィ，マールボロ，モンロー ドライヴ １７
(72)発明者 クリスティアン ラッベ
アメリカ合衆国 ０７７２４ ニュージャーシィ，ティントン フォールズ，プリークネス コート ２
(72)発明者 ファティマ シェハデ
アメリカ合衆国 ０７７１２ ニュージャーシィ，オーシャン，カッツウルド サークル ７７
(72)発明者 ジアンヒュイ ズホウ
アメリカ合衆国 ０７７２８ ニュージャーシィ，フリーホールド，ケンタッキー ウェイ １１９
(72)発明者 マーティン ジルンギブル
アメリカ合衆国 ０７７４８ ニュージャーシィ，ミドルタウン，ハンターズポイント ロード ３０

合議体
審判長 服部 秀男
審判官 三橋 健二
審判官 稲積 義登

(56)参考文献 特開平１０－２４２９１７（ＪＰ，Ａ）
特開平９－２１１５０７（ＪＰ，Ａ）
ＩＥＥＥ Ｐｈｏｔｏｎｉｃｓ Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙ Ｌｅｔｔｅｒｓ、Ｖｏｌ．８、Ｎｏ．１、ｐ．１３９－１４１
Ｏｐｔｉｃａｌ Ｆｉｂｅｒ Ｃｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎ Ｃｏｎｆｅｒｅｎｃｅ（２１－２６ Ｆｅｂｒｕａｒｙ １９９９）Ｔｅｃｈｎｉｃａｌ Ｄｉｇｅｓｔ、ＦＣ２－１－ＦＣ２－３、ｐ５３－５５

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01S3/00-3/40
G02F1/35