

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4981882号
(P4981882)

(45) 発行日 平成24年7月25日(2012.7.25)

(24) 登録日 平成24年4月27日(2012.4.27)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4B 10/18	(2006.01)	HO4B	9/00	M	
HO4B 10/02	(2006.01)	HO4B	9/00	E	
HO4J 14/02	(2006.01)				
HO4J 14/00	(2006.01)				

請求項の数 4 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2009-274264 (P2009-274264)	(73) 特許権者	502101180
(22) 出願日	平成21年12月2日(2009.12.2)		タイコ エレクトロニクス サブシー コ ミュニケーションズ エルエルシー
(62) 分割の表示	特願2007-518313 (P2007-518313) の分割		アメリカ合衆国 07960 ニュージャ ージー州 モリスタウン マウント ケン ブル アヴェニュー 412 スイート 100エス
原出願日	平成17年6月23日(2005.6.23)	(74) 代理人	100073184
(65) 公開番号	特開2010-93836 (P2010-93836A)		弁理士 柳田 征史
(43) 公開日	平成22年4月22日(2010.4.22)	(74) 代理人	100090468
審査請求日	平成22年1月4日(2010.1.4)		弁理士 佐久間 剛
(31) 優先権主張番号	10/877,059	(72) 発明者	ゲオルク ハー モース
(32) 優先日	平成16年6月25日(2004.6.25)		アメリカ合衆国 ニュージャージー州 O 8816 イー ブランズウィック タン グルウッド レイン 21
(33) 優先権主張国	米国 (US)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 雑音装荷光ファイバ伝送システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光増幅伝送経路上でWDM信号を伝送する方法において、
少なくとも1つの不使用チャネル及び少なくとも1つの情報信号を対応する使用チャ
ネル上に含むシステム帯域内のソース信号を送信器内で発生する工程、
前記送信器内で前記ソース信号を減衰させ、且つ該減衰したソース信号を前記送信器内
の光増幅器内で増幅することにより、前記送信器内の前記不使用チャネル上に増幅された
自然放出(ASE)雑音を分与する工程、及び
前記光増幅伝送経路上に前記ソース信号及び前記送信器からの前記不使用チャネル上の
自然放出(ASE)雑音を結合する工程、
を含むことを特徴とする方法。

【請求項2】

前記自然放出(ASE)雑音が前記システム帯域にわたるものであることを特徴とする
請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記増幅が、エルビウムドープファイバ増幅器によって行われるものであることを特徴
とする請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記減衰が、前記少なくとも1つの情報信号に対して所望の光信号帯雑音比(OSNR)
を得るために行われるものであることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は光ファイバ伝送システムに関し、特に、システム性能を改善するための不使用システムチャンネルへの雑音の装荷に関する。

【背景技術】**【0002】**

光ファイバ伝送システムの伝送容量を最大化するため、単一の光ファイバを用いて波長分割多重システム（以降WDMシステム）と称される多重光信号を伝送することができる。最近のWDMシステムは高トラフィック容量、例えば10ギガビット/秒（以降Gb/秒） - 64チャンネルの伝送容量を有する。しかし、光リンクの展開初期時には、リンクは部分的にしか稼働させることができない。初期には、利用可能な総チャンネル数の内の数チャンネルしか情報を伝送するために用いることができない。

【0003】

情報信号が長距離または光ファイバケーブルのリンク間にわたって伝送される場合、信号減衰を補償するために1つまたはそれより多くの増幅器を設けることができる。WDMシステムに用いられる増幅器の中には、容易に改変できず、完全に負荷がかけられたリンク（例えば64チャンネルのそれぞれのチャンネルが10GB/秒で伝送するリンク）をサポートするための容量に初めからつくられていなければならない増幅器がある。チャンネル当りのパワーは増幅器からの増幅された自然放出雑音の存在において十分な信号対雑音比を提供するに十分でなければならず、完全に稼働している大容量システムに対しては大増幅器総出力パワーが必要になる。したがって、増幅器は公称光出力において光出力信号を供給するように構成される。公称出力パワーレベルは増幅器の入力におけるパワーの影響を受けない。増幅器の入力パワーが広い範囲にわたって変化しても出力パワーはこの公称出力パワーレベルを中心にして極めて僅かにしか変化しない。すなわち、光リンクが完全に稼働されると、それぞれのチャンネルは実質的に等しい光パワーまで増幅される。展開されたシステムが初期に数チャンネルしか情報のために用いなければ、増幅器出力パワーの全てがこれらのチャンネルに分け与えられる。さらにチャンネルが追加されるにつれて、チャンネル当りの光出力パワーは減少していく。

【0004】

光通信ネットワークにおいてファイバ媒質は非線形である。この非線形性はファイバの分散と相互作用し、ネットワーク性能を低下させる。（例えばチャンネル当り10mWより大きい）大光パワーにおいて光信号は（チャンネル当り1.0mWより小さい）小光パワーにおけるより大きく歪む。ネットワークの増幅器は実質的に一定の出力パワーレベルを有するから、展開初期時のチャンネル当り光出力は完全に稼働されている光ネットワークにおけるチャンネル当り光出力よりかなり高くなり得る。初期の大きなチャンネル当りパワー及びシステムの非線形性の結果として、初期のネットワークの通信性能はネットワークが完全に稼働されているときの性能より劣ることになり得る。

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

したがって、稼働時に不使用システムチャンネルがある光通信システムの通信性能を改善するためのシステム及び方法が必要とされている。

【図面の簡単な説明】**【0006】**

【図1】本発明にしたがう光通信システムの略図である

【図2】本発明にしたがう例示的なシステムの送信器の略図である

【図3A】図2にしたがう例示的なシステムの動作を示す、例示的なパワー対波長のグラフである

【図3B】図2にしたがう例示的なシステムの動作を示す、例示的なパワー対波長のグラ

10

20

30

40

50

フである

【図 4】図 2 にしたがうシステムを用いた伝送実験についての例示的な伝送スペクトルを示す、パワー対波長のグラフである

【図 5】図 4 の伝送スペクトルに対応する受信信号についての Q 対波長のグラフである

【図 6】本発明にしたがう別の例示的なシステムの送信器の略図である

【図 7 A】図 6 にしたがう例示的なシステムの動作を示す、例示的なパワー対波長のグラフである

【図 7 B】図 6 にしたがう例示的なシステムの動作を示す、例示的なパワー対波長のグラフである

【図 8 - 1】図 8 は本発明にしたがう別の例示的なシステムの略図である

10

【図 8 - 2】図 8 A は本発明にしたがう別の例示的なシステムの略図である

【図 9 A】図 8 にしたがう例示的なシステムの動作を示す、例示的なパワー対波長のグラフである

【図 9 B】図 8 にしたがう例示的なシステムの動作を示す、例示的なパワー対波長のグラフである

【図 9 C】図 8 にしたがう例示的なシステムの動作を示す、例示的なパワー対波長のグラフである

【図 10】本発明にしたがう例示的な受信器の略図である

【図 11】本発明にしたがう例示的な送信器の略図である

【図 12】本発明にしたがう別の例示的なシステムの略図である

20

【図 13 - 1】図 13 は別の代替ループバック経路構成を備える、本発明にしたがう別の例示的なシステムの略図である

【図 13 - 2】図 13 A は別の代替ループバック経路構成を備える、本発明にしたがう別の例示的なシステムの略図である

【図 14】本発明にしたがう別の代替受信器及びループバック経路構成の略図である

【図 15】本発明にしたがう別の代替受信器及びループバック経路構成の略図である

【図 16】本発明にしたがう別の例示的なシステムの略図である

【図 17】雑音負荷ループバック信号に種雑音を付加するための例示的な構成を備える、本発明にしたがう別の例示的なシステムの略図である

【図 18】雑音負荷ループバック信号に種雑音を付加するための、本発明にしたがう例示的な広帯域雑音源の略図である

30

【図 19 A】本発明にしたがう別の例示的なループバック経路構成の略図である

【図 19 B】対応する WDM システムにおける使用チャネル数のアップグレードのための、図 19 A の例示的なループバック経路構成の改変の略図である

【図 19 C】対応する WDM システムにおける使用チャネル数のアップグレードのための、図 19 A の例示的なループバック経路構成の図 19 B に続く改変の略図である

【図 19 D】対応する WDM システムにおける使用チャネル数のアップグレードのための、図 19 A の例示的なループバック経路構成の図 19 C に続く改変の略図である

【発明を実施するための形態】

【0007】

40

同様の参照数字は同様の要素を表す添付図面とともに読まれるべき以下の詳細な説明が参照されるべきである。

【0008】

ここで図 1 を見ると、本発明にしたがう例示的な光通信システム 100 が示されている。当業者であれば、システム 100 が説明を容易にするために極めて簡略化された 2 局間システムとして示されていることに気づくであろう。光通信システム 100 は、光ケーブル 106 に接続された端子 130 を備える。光ケーブル 106 は光信号を伝送するための複数のファイバ対を有することができ、端局 130 と端局 120 の間の光信号の双方向通信のための伝送経路を提供するために複数の（光増幅器を含む）中継器 110 並びに連結光ケーブル 107 及び 108 を介して端局 120 にリンクすることができる。

50

【 0 0 0 9 】

システム 1 0 0 は水 1 0 4 の中を渡すために用いることができる。水中、例えば海洋をまたいで用いられる場合、増幅器 1 1 0 は海洋底 1 0 2 に置くことができ、伝送経路は海岸上陸地点間にまたがることができる。複数の中継器及び光媒体リンクを水面下及び/または陸上に配置できることは理解されるであろう。

【 0 0 1 0 】

システム、例えばシステム 1 0 0 が、WDMシステムとして構成され、展開初期時に不使用チャンネルがあれば、使用チャンネル上の情報信号が中継器、例えば中継器 1 1 0 内のファイバ増幅器のパワーの全てを引き取る。したがって、使用チャンネル上は過剰なチャンネル当りパワーでシステム内を伝搬し、システムの非線形性による受信信号の劣化をもたらす得る。本明細書で用いられるように、「使用チャンネル」はシステム上で情報信号を伝送しているWDMシステムチャンネル位置を指し、「不使用チャンネル」は情報を伝送する信号をもたないWDMシステムチャンネル位置を指す。

10

【 0 0 1 1 】

全般的に、本発明にしたがうシステム及び方法は、送信器における初期情報チャンネルにさらに雑音をシステムに装荷することによって上記問題に対処する。雑音は、広帯域、すなわち使用チャンネル及び不使用チャンネルにまたがることができ、あるいは不使用チャンネル位置だけを含むようにフィルタリングすることができる。いずれの場合も、雑音は情報信号と同様に中継器のパワーを応比例して引き取る。したがって、WDMチャンネルの多くまたは全てが初期運用時から稼動するように見える。

20

【 0 0 1 2 】

図 2 は、本発明にしたがうシステム 2 0 0 の一例示的实施形態を簡略に示す。図示される例示的实施形態において、システム 2 0 0 は、1 つまたはそれより多くの可変光アッテネーター (VOA) のような、パワーレベル調節器 2 0 6 にWDM信号 2 0 4 を伝送するために構成された信号源 2 0 2 を備える。パワー調節器 2 0 6 はWDM信号 2 0 4 の帯域幅にわたって所望の減衰を与え、減衰されたWDM出力信号 2 0 8 を光増幅器 2 1 0、例えば定出力パワーエルビウムドープファイバ増幅器 (EDFA) への入力として与えるように設定することができる。光増幅器は光増幅伝送系路上の伝送のために信号 2 0 8 を増幅するように構成することができる。

【 0 0 1 3 】

当業者には認められるであろうように、増幅器 2 1 0 は入力パワーのレベルに応じた雑音出力を供給する。増幅器 2 1 0 は一定の総出力パワーを供給するように設計され、したがって増幅器利得は入力パワーが下がるにつれて大きくなるから、増幅器 2 1 0 の雑音出力は入力パワーレベルが下がるとともに増幅器の帯域幅にわたって大きくなる。図示される実施形態 2 0 0 はこの特徴を用いて、第 1 の中継器に向かう、情報搬送WDM信号及びシステムの帯域幅にわたる雑音スペクトルを含む出力信号 2 1 2 を確立する。

30

【 0 0 1 4 】

例示的实施形態 2 0 0 の動作が図 3 A 及び 3 B に示される。図 3 A 及び 3 B は、 λ_1 から λ_2 にわたる帯域幅を有し、使用チャンネルを情報信号 3 0 0、3 0 2 を伝送する 2 つしか有していない、WDMシステムを示す。図 3 A に示されるように、2 つの使用チャンネル 3 0 0、3 0 2 は光増幅伝送経路のそれぞれの中継器によって、大きすぎてシステム非線形性による信頼できるデータ伝送を達成できないことがある、初期パワーレベル P_1 で送出され得る。それぞれの中継器における両使用チャンネルについてのチャンネル当り送出パワーが P_2 まで下げられるように、増幅器 2 1 0 への使用チャンネルのパワーをパワー調節器 2 0 6 によって下げることによって、雑音をシステム帯域幅にわたって付加することができる。

40

【 0 0 1 5 】

図 3 B に示されるように、使用チャンネルのパワーが十分に下げられて増幅器への入力に供給されれば、増幅器はチャンネル 3 0 0、3 0 2 及びシステム帯域幅にわたる増幅された自然放出 (ASE) 雑音スペクトルを含む出力を供給する。増幅器出力は伝送WDM信号

50

として伝送システムの光増幅経路に接続することができる。出力スペクトル内の雑音は、中継器パワーがシステムの使用チャンネル及び不使用チャンネルの両者にかけて分け与えられ得るように不使用チャンネルを占める。

【0016】

図4及び5は図2の構成にしたがう例示的システムを用いて行われた伝送実験の結果を示す。実験は約6653kmの全長及び24nmのシステム帯域幅において10Gb/秒-64チャンネルの総容量を有するシステム上で行った。帯域の中心で100GHz間隔の8チャンネルで信号を伝搬させた。チャンネルパワーと増幅器発生雑音の最適バランスが得られるように8チャンネルのそれぞれのパワーを反復して減衰させた。得られた伝送チャンネルパワースペクトル400が図4に示される。

10

【0017】

図5は8チャンネルの全てについて性能を示すQ対波長のグラフである。図5の陰影付ゾーン500は完全稼動(全チャンネルが使用されている)システムについての所望の性能を表す。図示されるように、図2にしたがう構成を用いて伝送される8チャンネルのQ性能は、完全稼動システムについて期待される性能ゾーン内にあった。

【0018】

当業者であれば、パワー調節器206によって設定される最適減衰レベルがシステム特性に依存し、反復によって決定でき、または受信信号を測定し、フィードバックループを介して補正信号を供給することによって確立できることを認めるであろう。さらに、減衰レベルはシステムへのチャンネルの追加または削除に際して修正することができ、システムが完全に稼動される場合にはゼロに設定することができる。減衰レベルが大きくなるにつれて、増幅器発生雑音が大きくなり、伝送光信号帯雑音比(OSNR)が低下することは当然である。

20

【0019】

図6は本発明にしたがうWDMシステムの別の例示的実施形態600を簡略に示す。図示される例示的システム600において、WDMシステムのチャンネル当り光パワーはデータチャンネルから離れた波長にある不使用チャンネルに装荷雑音を供給するための制御された波長選択性光フィードバックレベルを用いて管理される。図示されるように、1つまたはそれより多くのデータ送信器TX1,...,TXNがWDMシステムの個々のチャンネルに対応する波長上に情報信号を供給する。信号は光コンバイナー604によって結合させてWDM信号602にして、第2のコンバイナー606への入力に供給することができる。当業者であれば、光コンバイナーが様々な構成をとることができ、それぞれの入力の一部を結合して共通出力にできるように構成された受動デバイス及び/または能動デバイスを含み得ることを認めるであろう。アッテネーター608はWDM信号602内の情報信号のパワーレベルを調節するために光コンバイナー604と光コンバイナー606の間の経路に設けることができる。

30

【0020】

光コンバイナー606の出力は光増幅器610、例えば定出力エルビウムドープファイバ増幅器(EDFA)の入力に接続することができる。増幅器610の出力は伝送WDM信号として伝送システムの光増幅経路614に接続することができる。当業者であれば、伝送WDM信号が情報信号及びシステム帯域幅にわたる増幅器で発生される雑音を含むことを認めるであろう。

40

【0021】

図示される実施形態において、増幅器610の出力に光カップラ612が設けられる。当業者であれば、光カップラが光増幅器の出力をスペクトルが同じかまたは異なる2つの信号に分けるための手段を提供し、技術上良く知られた様々な構成をとり得ることを認めるであろう。カップラの出力の一方は伝送WDM信号614として供給することができ、出力の他方は波長選択性フィードバック経路616上のフィードバック信号として供給することができる。

【0022】

50

フィードバック経路には、光増幅器 610 への入力と光増幅器出力のフィードバック部分の間の光コヒーレンスを弱めるための、コヒーレンスリデューサー 618、例えば光ファイバのスプールを含めることができる。フィードバック経路 616 におけるレーザ発振作用を回避するため、コヒーレンスリデューサー 618 は、コヒーレンス長がフィードバックループの巡回距離よりかなり短くなるように、構成することができる。

【0023】

フィードバック経路 616 には、データ信号を含むスペクトルの一部分をフィルタリングして取り除くためにフィードバック信号のスペクトルを整形するためのフィルタ 620 またはフィルタ群を設けることもできる。したがって、フィルタ 620 の出力はデータ信号がフィルタリングされて除かれた位置を含むシステム帯域幅にわたって増幅器 610 によって発生された雑音を有する。図示される実施形態においてはフィードバック経路が初めにコヒーレンスリデューサー 616 に接続され、次いでフィルタ 620 に接続されているが、当業者であれば、これらの素子の順序を逆にし得ることを認めるであろう。

10

【0024】

図 7A は、システム帯域幅が f_1 から f_2 にわたり、単一データチャンネルが f_a と f_b の間で伝送される、フィルタ 620 の出力についての簡単な例示的スペクトル 700 を示す。単一チャンネル実施形態においては、図示されるように、伝送される情報信号を含む拒絶帯の外側の全ての信号を通過させる簡単なノッチフィルタとして、フィルタ 620 を構成することができる。複数の使用チャンネルをフィルタリングするためのその他のフィルタ構成は、当業者には明らかであろう。

20

【0025】

フィルタ 620 の出力は、アッテネーター 622 によって減衰させて、コンバイナー 606 に入力として供給することができる。したがって、コンバイナー 606 の出力にはデータ信号及びデータ信号がフィルタリングされた増幅器出力信号のコピーが含まれる。この信号は増幅されて、増幅器出力として供給される。図 7B は図 6 に示されるシステムに対応する例示的出力スペクトルを示す。図示されるように、出力信号には、情報信号 702 及び、フィードバックループから得られた、フィルタリングされた雑音装荷スペクトルが含まれる。雑音装荷量は、増幅器 610 の特性、アッテネーター 608, 622 に対する設定及びフィルタ 620 の特性によって決定することができる。

【0026】

次に図 8 を見れば、本発明にしたがうシステムの別の例示の実施形態 800 が示されている。図示される実施形態において、光伝送線路対の受信方向は伝送信号における不使用帯域幅に装荷するための雑音源として用いられる。図示されるように、受信増幅器 802 は光伝送線路の送信ファイバ 806 と受信ファイバ 804 の対の第 1 のファイバ 804 上の信号を受信する。図 9A は、対応する情報信号 900, 902 を伝送する 2 つの使用チャンネルだけを有するシステムにおける増幅器 802 の出力についての初期の例示的なパワー対波長スペクトルを簡略に示す。図示されるように、増幅器の出力におけるスペクトルには情報信号 900, 902 が、システム帯域幅に、すなわち f_1 から f_2 に、わたる雑音スペクトル 904 とともに含まれる。

30

【0027】

増幅器 802 の出力は、処理のために、対応する受信器端子、例えば $RX1$, $RX2$ に情報信号を分岐するように構成された 1 つまたはそれより多くのフィルタ 801-1, 801-2 を含む一連の 3 点フィルタ 808-1, 808-2, ..., 808-N を有することができる。受信器フィルタ構造に接続することができる。フィルタ数 N は送信または受信される情報チャンネルの数と等しくすることができる。それぞれのチャンネルは送信側の対応する 1 つのフィルタ及び受信側の 1 つのフィルタを有することができる。

40

【0028】

図 9B は 2 つのデータチャンネルが分岐された後の受信信号についての例示的なパワー対波長スペクトルを示す。図示されるように、データチャンネルの位置における雑音スペクトル 906 は受信器フィルタ 808-1, 808-2, ..., 808-N によってフィルタリング

50

されている。

【0029】

信号は、使用チャネルの位置から実質的に全ての雑音を除去するために、受信器端子のフィルタ構造の全体、例えばフィルタ808-1, 808-2, ..., 808-Nを通過することができる。フィルタリングされた雑音信号は次いで雑音装荷ループバック経路810にある送信器にループバックさせ、パワー調節機構812及び既存の送信器フィルタ構造を通過させることができる。パワー調節機構は、例えばVOAまたはダイナミックイコライザとして構成することができる。フィルタリングされた雑音信号にパワーがさらに必要とされる実施形態において、パワー調節器はフィルタリングされた雑音信号を増幅するための光増幅器として構成することができる。

10

【0030】

送信器フィルタ構造も一連の3点光フィルタ814-1, 814-2, ..., 814-N及び使用チャネル上に情報信号を付加するためのデータチャネル送信器、例えばTX1, TX2を有することができる。受信器からの雑音スペクトル及びデータチャネル送信器によって付加された情報信号は送信器の全フィルタ構造を通過し、次いで送信器増幅器816に入ることができる。増幅器816は送信器からの情報信号及び受信器からの雑音スペクトルを増幅することができ、増幅器への入力パワーレベルに依存する雑音をさらに付加することができる。

【0031】

図9Cは送信器増幅器816の出力についての例示的なパワー対波長スペクトルを示す。図示されるように、増幅器816の出力は、不使用帯域幅に雑音を装荷するためのシステム帯域幅にわたる雑音スペクトル912とともに、使用チャネル上に高OSNRの情報信号908, 910を含む。増幅器816の出力は送信ファイバと受信ファイバの対の光増幅送信ファイバ806上に供給することができる。

20

【0032】

図8に示される実施形態は、チャネル分離が3点光フィルタを用いて達成されるシステムにおける雑音装荷を与える。図示される実施形態において、光伝送線路対の受信方向は不使用帯域幅への装荷のための雑音源として用いられる。別の雑音源を用いることができる。例えば、図8Aは、雑音源が独立の広帯域雑音源850, 例えば光増幅器であることを除き、図8に示される構成と同様の構成を示す。広帯域雑音源850の出力は不使用帯域幅に雑音を装荷するために全送信器フィルタ構造を通過することができる。

30

【0033】

図10及び11は、受信信号が雑音源として用いられ、チャネル分離が光インターリーブフィルタを用いて達成される、本発明にしたがう例示的な受信器1000及び送信器1100の構成を示す。本明細書に用いられるように、「光インターリーブフィルタ」は、入力光信号をフィルタリングして複数の離散スペクトル帯域を含む1つまたはそれより多くの出力にするための、1つまたはそれより多くの光フィルタ素子からなるいずれかの構成を指す。様々な光インターリーブフィルタ構成が当業者には既知である。例えば、普通のWDMチャネル分離で1つまたはそれより多くの出力を供給するための広帯域単一コンポーネント光インターリーブフィルタ構成が既知であり、市場で入手できる。当業者であれば、光インターリーブフィルタを個別のフィルタ素子のスタックで構成できることも認めるであろう。

40

【0034】

図10に示される例示的な受信器構成1000は、複数のチャネル分離経路、例えば1004, 1006上に、例えばパワースプリッタ(図示せず)を用いて、接続される出力を有する受信器増幅器1002を有する。図示されるチャネル分離経路はそれぞれ、光フィルタ1008, 1008a, 分散補正ファイバ1010, 1010a、光増幅器1012, 1012a、及び光インターリーブフィルタ1014, 1014aを有することができる。光インターリーブフィルタ1014, 1014aは、受信スペクトルをフィルタリングして、特定のチャネル間隔、例えば50GHz, 66GHz等で現れる信号をもつ個

50

別の出力1016, 1016aを供給するように構成することができる。使用チャンネル上の受信情報信号は、処理のために、フィルタ1014aから分岐させて対応する受信器端子RX1, ..., RXNに接続することができる。不使用チャンネル位置に対応し得る1つまたはそれより多くの出力、例えば出力1018は、送信器への入力として供給することができ、システム帯域幅にわたり、光インターリーブフィルタで確立されたチャンネル間隔によって分離された、雑音信号を含むことができる。

【0035】

図11に示される例示的な送信器1100は、データチャンネル送信器、例えばTX1, ..., TXNからの情報信号を結合してチャンネルサブグループにするための、例えば縦続構成の、複数の光コンバイナー1102-1, ..., 1102-Nを有することができる。それぞれのコンバイナーの出力に与えられるサブグループはDCF1104-1, ..., 1104-N及び増幅器1106-1, ..., 1106-Nに接続され、他のサブグループと結合されて、伝送のためのWDM出力信号1108を光増幅伝送線路上に供給する。図示されるように、受信器からのフィルタ出力、例えば図10の出力1018は、結合してWDM信号にするためのコンバイナーの内の1つへの入力1110として供給することができる。

10

【0036】

この結果、WDM出力信号1108のスペクトルは、使用チャンネル上の情報信号とともに、受信器フィルタ構成によって分離された受信器からの雑音を含む。雑音信号はシステムチャンネル間隔の整数倍で分離されているから、不使用チャンネルにはチャンネル帯域幅にしたがう帯域幅を有する雑音信号が装荷され、受信器から使用チャンネルに雑音は付加されない。これにより、不使用チャンネルには雑音が装荷されるが、使用チャンネル上の情報信号については高OSNRが維持される。

20

【0037】

次に図12を見れば、送信信号の不使用チャンネルに装荷するための雑音源として送信ファイバと受信ファイバの対の受信ファイバ上の受信信号を用いる、本発明にしたがうシステムの別の例示的な実施形態1200が示されている。図示される例示的な実施形態において、使用チャンネル上の情報信号を含むWDM信号1208を発生するために送信器1206が備えられる。WDM信号は送信器増幅器1210に接続され、第1の光増幅送信経路1204, 例えば伝送線路ファイバ対の第1のファイバ上を伝送される。伝送信号は受信器増幅器1212で受信される。受信器増幅器1212の出力は、受信情報信号を使用チャンネル上に分岐させるための受信器端子1218に出力1216を供給する、光インターリーブフィルタ1214の入力に接続することができる。

30

【0038】

フィルタの別の出力は、第2の光増幅伝送経路1202, 例えば逆の伝送方向に対応する伝送線路ファイバ対の第2のファイバに、第2の経路上のいくつかの不使用チャンネルに雑音信号を装荷するために、ループバックさせることができる。図示されるように、光インターリーブフィルタ1214の雑音装荷出力1220は、VOAまたはダイナミック利得イコライザのようなパワー調節器1222を有する、雑音装荷ループバック経路上に供給することができる。光カップラ1224が、送信器1226によって発生された、使用チャンネル及び不使用チャンネルを含む、WDM信号を伝送する経路にパワー調節器1222の出力を結合させることができる。

40

【0039】

フィルタ1214は、WDM信号の不使用チャンネル上に雑音が付加されたWDM信号には雑音が結合されるが、使用チャンネル上には雑音が結合されないように、送信器1226からのWDM信号と結合するための雑音スペクトルを供給するように構成することができる。結合された雑音とWDM信号は送信器増幅器1228への入力に供給される。増幅器1228の出力は第2の光増幅伝送経路1202上を受信器増幅器1230に伝送することができる。受信器増幅器1230の出力は、使用チャンネル上に受信情報信号を分岐させるために受信器端子1234に出力1236を供給する、光インターリーブフィルタ1232の入力に接続することができる。

50

【 0 0 4 0 】

光インターリーブフィルタ 1 2 3 2 の別の出力は、第 1 の光増幅伝送経路 1 2 0 4 上の不使用チャンネルに雑音信号を装荷するために、第 1 の経路にループバックさせることができる。図示されるように、光インターリーブフィルタの雑音装荷出力はパワー調節器 1 2 4 0 を有する雑音装荷ループバック経路 1 2 3 8 上に供給することができる。パワー調節器は雑音波長の帯域幅にわたる減衰を与えるための V O A またはダイナミック利得イコライザーとして構成することができる。パワー調節器はまた、あるいは、1 つまたはそれより多くの特定の雑音波長または雑音波長帯域のパワーレベルを制御するための損失フィルタとして構成することもできる。例えばパワー調節器は一対のアレイ配列導波路回折格子 (A W G) として構成することができる。それぞれの経路上の波長を選択的に減衰させることによりループ利得形状を制御するために対応するアッテネーターに接続された相異なる経路上の雑音波長を一方の A W G で物理的に分離することができる。減衰された雑音波長を他方の A W G で結合して共通の経路に戻すことができる。ループバック経路はまた、あるいは、雑音波長の特性を制御するための、別の波長制御器 1 2 8 0 , 例えば、スペクトルフィルタ、増幅器等、またはこれらの組合せを有することもできる。例えば、波長制御器 1 2 8 0 は、伝送中の雑音波長の広がりを制限するための、1 つまたはそれより多くの、分岐フィルタまたは帯域通過フィルタ、例えば高精細ファブリ - ペロフィルタを有することができる。

10

【 0 0 4 1 】

図示される例示的な実施形態において、光カップラ 1 2 4 2 は、送信器 1 2 0 6 によって発生され、使用チャンネル及び不使用チャンネルを含む、W D M 信号 1 2 0 8 を伝送する経路に波長制御器 1 2 8 0 の出力を結合する。光インターリーブフィルタ 1 2 3 2 は、雑音 W D M 信号の不使用チャンネル上には付加されるが、使用チャンネル上には付加されないで、W D M 信号に雑音が結合されるように、送信器 1 2 0 6 からの W D M 信号と結合させるための雑音スペクトルを供給するように構成することができる。

20

【 0 0 4 2 】

したがって、伝送線路上の両伝送方向における不使用チャンネルには別途に受信された信号からの雑音を装荷することができるが、使用チャンネル上への雑音の付加は回避することができる。これにより、使用チャンネル上の情報信号に対して高 O S N R が維持される。さらに、両伝送方向に対する個別の雑音信号割当てにより雑音伝搬を切り離すことができ、したがってシステムにおける不安定性を抑制できる。それぞれの雑音装荷ループバック経路のパワー調節器 1 2 2 2 , 1 2 4 0 は、受信信号から引き出される雑音を減衰させて、光増幅経路 1 2 0 2 及び 1 2 0 4 を通る伝送中に適切なチャンネル当りパワーレベルを維持するために、調節することができる。パワー調節器によって与えられる減衰レベルは、増幅器構成及び光インターリーブフィルタ構成を含むシステム特性に依存し得る。

30

【 0 0 4 3 】

本発明にしたがう実施形態のいくつかにおいて、雑音装荷ループバック経路を通して巡回する雑音は、特定の波長選択器を多数回通過することができる。この結果、通過帯域狭化による雑音波長の帯域幅の縮小がおり得る。この効果を緩和するため、雑音装荷ループバック経路のフィルタ、すなわち光インターリーブフィルタ 1 2 1 4 及び 1 2 3 4 を平坦通過帯域特性をもつように構成することができる。

40

【 0 0 4 4 】

図 1 3 は、2 つの伝送方向における装荷雑音伝搬が切り離されている、本発明にしたがうシステムの別の例示的な実施形態 1 3 0 0 を示す。図示されるように、経路間の雑音の分離はシステムのいずれかの側の受信端における多段光インターリーブフィルタ構成を用いて達成することができる。図示される例示的な実施形態において、受信器増幅器 1 2 3 0 の出力は、第 2 の光インターリーブフィルタ 1 3 0 4 及び第 3 の光インターリーブフィルタ 1 3 0 6 への入力として供給される出力を有する第 1 の光インターリーブフィルタ 1 3 0 2 に接続することができる。第 2 及び第 3 の光インターリーブフィルタの信号出力 S はそれぞれ、使用チャンネル上の情報信号を分岐させるための受信器端子 1 3 0 8 , 1 3 1

50

0に接続することができる。光インターリーブフィルタ1306の出力A及び光インターリーブフィルタ1304の出力Bは異なるスペクトル位置にある雑音波長を搬送することができる。図示される実施形態において、光インターリーブフィルタ1304の出力Bは終端させることができ、光インターリーブフィルタ1306の出力Aからの雑音装荷波長は、伝送経路上の不使用チャンネルに、例えば上述した態様で、雑音を装荷するために雑音装荷ループバック経路1238に供給することができる。

【0045】

同様の構成を、光インターリーブフィルタ1312, 1314及び1316を用いて、伝送経路の他方の側に設けることができる。光インターリーブフィルタ1312, 1314及び1316はそれぞれ、基本的に光インターリーブフィルタ1302, 1304及び1306の複製とすることができ、よって光インターリーブフィルタ1316の出力Aにおける雑音波長は基本的に光インターリーブフィルタ1306の出力Aにおける雑音波長と同じ位置にあり、光インターリーブフィルタ1314の出力Bにおける雑音波長は基本的に光インターリーブフィルタ1304の出力Bにおける雑音波長と同じ位置にある。図示されるように、増幅器1212の出力は光インターリーブフィルタ1314及び1316への入力として供給される出力を有する光インターリーブフィルタ1312に接続することができる。光インターリーブフィルタ1314及び1316の信号出力Sはそれぞれ、使用チャンネル上の情報信号を分岐させるために受信器端子1318, 1320に接続することができる。伝送システムのこの側では、光インターリーブフィルタ1316の出力Aを終端させることができ、光インターリーブフィルタ1314の出力Bを伝送経路上の不使用チャンネルに雑音を装荷するために雑音装荷ループバック経路1220上に供給することができる。

【0046】

この構成において、合計で局当り2つの光インターリーブフィルタポート、すなわち、光インターリーブフィルタ1306または1316のポートA及び光インターリーブフィルタ1304または1314のポートBは、信号伝送に用いられない。これらのポートは雑音装荷に利用可能なポートである。十分な雑音装荷をそれぞれの局において達成するには1つのポートしか必要ではなく、よって増幅光経路のそれぞれの末端における局は雑音装荷のために異なる光インターリーブフィルタを用いることができる。これにより雑音波長は2つの伝送方向に分離される。単段光インターリーブフィルタ構成を組み込んでいるシステムにおいて、巡回雑音を分離するための多段構成を与えるためには、それぞれの伝送方向について光インターリーブフィルタを、例えば雑音装荷ループバック経路に、さらに付加することができる。

【0047】

巡回雑音波長に対する通過帯域狭化の効果を回避するため、中心周波数を、光インターリーブフィルタ1302の中心周波数から若干ずらして、光インターリーブフィルタ1306を構成することができる。また、当業者であれば、光インターリーブフィルタの多くで通過帯域の中心周波数に温度依存性があることを認めるであろう。温度の変動は光インターリーブフィルタ通過帯域の中心周波数のディザを生じさせ得る。したがって、雑音装荷ループバック経路上の受信器雑音を分離するために温度依存フィルタ、例えば光インターリーブフィルタ1306を設け、フィルタ中心周波数にディザを生じさせるために温度を変調することによって、本発明にしたがう態様でシステム不安定性を抑制することができる。当業者であれば、光インターリーブフィルタに温度変調を与えるための様々な構成を認めるであろう。

【0048】

図13Aは本発明にしたがう別の例示的な実施形態1350を示す。図示される例示的な実施形態において、光インターリーブフィルタの出力A, Bにおける雑音波長は経路の相対するそれぞれの側で終端されず、送信器にループバックされる。図示されるように、光インターリーブフィルタ1304の出力Bからの雑音波長はパワー調節器1354を有する雑音装荷ループバック経路1352に供給される。ループバック経路1352はルー

10

20

30

40

50

バック経路 1 2 3 8 と比べて、例えばパワー調節器 1 3 5 4 を高減衰レベルに設定することにより、比較的高損失の経路とすることができる。光カップラ 1 3 5 6 でパワー調節器 1 3 5 4 の出力を雑音装荷ループバック経路 1 2 3 8 に結合することができる。

【 0 0 4 9 】

伝送経路の反対側では、光インターリーブフィルタ 1 3 1 6 の出力 A からの雑音波長がパワー調節器 1 3 6 0 を有する雑音装荷ループバック経路 1 3 5 8 に供給される。ループバック経路 1 3 5 8 はループバック経路 1 2 2 0 と比べて、例えばパワー調節器 1 3 6 0 を高減衰レベルに設定することにより、比較的高損失の経路とすることができる。光カップラ 1 3 6 2 でパワー調節器 1 3 6 0 の出力を雑音装荷ループバック経路 1 2 2 0 に結合することができる。

10

【 0 0 5 0 】

この構成においては、伝送経路のそれぞれの側における相異なる一組の雑音波長が、より高い光パワーを搬送することができる。例えば、送信器 1 2 0 6 から受信器 1 3 2 0 及び 1 3 1 8 への伝送方向においては、光雑音パワーの大部分を光インターリーブフィルタ 1 3 0 6 の出力 A からの波長で搬送することができ、逆方向においては、光雑音パワーの大部分を光インターリーブフィルタ 1 3 1 4 の出力 B からの波長で搬送することができる。出力 A からの雑音波長の光パワーと出力 B からの雑音波長の光パワーの最大許容比は送信器増幅器 1 2 1 0 , 1 2 2 8 の装荷要件によって決定される。

【 0 0 5 1 】

図 1 4 は本発明にしたがうシステムの別の例示的な実施形態 1 4 0 0 を示す。図示される例示的な実施形態においては、1 つまたはそれより多くの変調器 1 4 0 2 を雑音装荷ループバック経路 1 2 3 8 に配置することができる。変調器 1 4 0 2 は、同じ雑音が 2 つの雑音装荷ループバック経路及び伝送経路を通して無限に巡回することのないように、ループされる雑音についておこり得る巡回の数を減少させるように動作することができる。一実施形態において、変調器 1 4 0 2 は音響光学変調器 (A O M) のような周波数偏移デバイスとすることができる。

20

【 0 0 5 2 】

別の実施形態において、変調器 1 4 0 2 はオン/オフ変調器として構成することができる。変調器 1 4 0 2 については様々な構成が当業者に知られているであろう。いかなるシステム不安定性も、光伝送経路内の増幅器 (例えば中継器 1 1 0) の緩和時間の逆数より高い周波数による雑音 (例えば光インターリーブフィルタ 1 3 2 3 の雑音出力) 波長のオン/オフ変調で抑制することができる。すなわち、準連続波雑音装荷が未使用チャンネルに施されるが、不安定性は断ち切られる。雑音装荷のループ性により、雑音波長の同期オン/オフ変調が有用であり得る。また、変調は連続的または断続的に行うこともできる。

30

【 0 0 5 3 】

図 1 5 は本発明にしたがうシステムの別の例示的な実施形態 1 5 0 0 を示す。図示される実施形態では、データ伝送と干渉することなく雑音波長に時間遅延寄与を付加するために、雑音装荷ループバック経路に多重経路干渉 (M P I) が実施される。図示されるように、パワー調節器 1 2 4 0 の出力を別々の 2 つの経路 1 5 0 2 , 1 5 0 4 に接続することができる。2 つの経路の内の第 1 の経路 1 5 0 4 はファイバセグメント 1 5 0 6 , 例えばファイバスプールを有することができる。2 つの経路の内の第 2 の経路 1 5 0 2 はパワー調節器 1 5 0 8 を有することができる。パワー調節器 1 5 0 8 の出力は、ファイバセグメント 1 5 0 6 からでてくる信号と結合させて、雑音装荷ループバック経路 1 2 3 8 に M P I を確立することができる。

40

【 0 0 5 4 】

図 1 6 は本発明にしたがうシステムの別の例示的な実施形態 1 6 0 0 を示す。図示される例示的な実施形態では、図示されるように、第 1 及び第 2 のファイバ対が雑音装荷ループバック経路を含むように構成される。ファイバ対間にわたる第 1 及び第 2 の雑音装荷ループバック経路によってそれぞれのファイバ対内の雑音のそれぞれの巡回において雑音成分が付加される。

50

【 0 0 5 5 】

詳しくは、受信器経路 1 2 0 2 から送信器経路 1 2 0 4 に第 1 の雑音装荷ループバック経路 1 2 3 8 を設けることができ、受信器経路 1 2 0 2 a から送信器経路 1 2 0 4 a に第 2 の雑音装荷ループバック経路 1 2 3 8 a を設けることができる。カップラ 1 6 0 6 がループバック経路 1 2 3 8 上の雑音信号の一部をループバック経路 1 6 0 2 に結合させ、カップラ 1 6 0 0 がループバック経路 1 6 0 2 上の雑音をループバック経路 1 2 3 8 a に結合させる。また、カップラ 1 6 1 4 がループバック経路 1 2 3 8 a 上の雑音信号の一部をループバック経路 1 6 1 0 に結合させ、カップラ 1 6 0 8 がループバック経路 1 6 1 0 上の雑音をループバック経路 1 2 3 8 に結合させる。ループバック経路 1 2 3 8 , 1 2 3 8 a , 1 6 0 2 , 1 6 1 0 のそれぞれは結合強度を調節するためのパワー調節器 1 6 0 4 , 1 6 1 2 を有することができる。

10

【 0 0 5 6 】

光インターリーブフィルタ 1 2 3 2 , 1 2 3 2 a , 1 2 1 4 , 1 2 1 4 a は、基本的に互いにそれぞれの複製とすることができ、よって光インターリーブフィルタのそれぞれの出力 A における雑音波長は基本的に同じ位置にある。図示されるように、経路 1 6 1 0 及び 1 6 0 2 から経路 1 2 3 8 , 1 2 3 8 a 上にそれぞれ雑音を供給することにより、無限に再巡回する雑音にともなう不安定性が抑制される。

【 0 0 5 7 】

図 1 7 は本発明にしたがうシステムの別の例示的な実施形態 1 7 0 0 を示す。図示される例示的な実施形態では、再巡回雑音にともなう不安定性が種雑音構成を用いて抑制される。図示されるように、広帯域雑音源 1 7 0 2 , 例えば A S E 源の出力が光インターリーブフィルタ 1 7 0 4 の入力に接続される。当業者であれば、低入力パワーを増幅器に供給することによって、E D F A のような、光増幅器を A S E として構成できることを認めるであろう。また、システム内のいかなる不使用ファイバ対も、あるいは安定動作に十分な使用チャンネルをもつファイバ対も、広帯域雑音源として用いることができる。

20

【 0 0 5 8 】

光インターリーブフィルタ 1 7 0 4 は、システムのチャンネル間隔にしたがうチャンネル間隔に広帯域源を分離するように構成することができる。光インターリーブフィルタ 1 7 0 4 の出力 1 7 0 6 は、光インターリーブフィルタ 1 7 0 4 から出力される雑音波長のパワーレベルの調節を可能にするためのパワー調節機構 1 7 0 8 に接続することができる。パワー調節機構 1 7 0 8 の出力はカップラ 1 7 1 0 を介して雑音装荷ループバック経路 1 2 3 8 上に結合させることができる。カップラ 1 7 1 2 の独立出力ポートを別の伝送線路対に対する雑音源として用いることができる。

30

【 0 0 5 9 】

図示される例示的な実施形態では、雑音装荷ループバック経路を巡回する雑音波長が巡回毎に広帯域雑音源 1 7 0 2 から引き出される雑音波長である程度置き換えられる。したがって、不安定性を許容レベルに抑制するに十分な独立雑音が雑音装荷ループバック経路 1 2 3 8 に付加される。不使用チャンネルへの雑音装荷がもはや必要ではないようなレベルまで使用チャンネル数を増加させるためにシステムを再構成する場合には、広帯域雑音源 1 7 0 2 を雑音装荷ループバック経路 1 2 3 8 から完全に切り離すことができる。

40

【 0 0 6 0 】

別の実施形態において、経路 1 2 3 8 上に供給される受信器からの雑音を含まない不使用帯域幅にある雑音を広帯域雑音源によって供給することができる。例えば、受信器経路 1 2 0 2 をループバック経路 1 2 3 8 から完全に切り離すことができ、あるいはパワー調節器 1 2 4 0 を無限大の減衰レベルに設定することができる。そうすることで、雑音波長及び種雑音を広帯域雑音源 1 7 0 2 から得られるであろう。

【 0 0 6 1 】

図 1 7 に関して説明したような種雑音付加を与えるための単一広帯域雑音源 1 7 0 2 は、例えば、伝送ケーブルの全ての対が単一雑音源で雑音供給されるように、複数の線路対に雑音を供給することができる。図 1 8 は本発明にしたがう例示的な雑音源構成 1 8 0

50

0を示す。図示されるように、広帯域雑音源1702の出力は光インターリーブフィルタ1704の入力に接続することができる。光インターリーブフィルタはシステムのチャンネル間隔にしたがうチャンネル間隔に広帯域雑音源を分けるように構成することができる。光インターリーブフィルタの出力1802, 1804は多段フィルタ構造に接続することができる。図示される例示的な実施形態においては、光インターリーブフィルタの出力をそれぞれ第1の初段フィルタ1806及び第2の初段フィルタ1808に接続することができる。初段フィルタ1806, 1808のそれぞれの出力を対応する第2段フィルタ1710, 1812及び1814, 1816にそれぞれ接続することができる。したがって、第2段フィルタは、種雑音を伝える、合せて8つの出力1818を、ケーブルの8つのファイバ対に供給することができる。

10

【0062】

本発明にしたがうシステムが設置されると、雑音装荷ループバック経路を修正して追加使用チャンネルのスペクトル位置から雑音を除去することによって、総システム使用チャンネル数のアップグレードを達成することができる。雑音装荷ループバック経路上に特定の雑音波長を供給している1つまたはそれより多くの光インターリーブフィルタを組み込んでいる構成においては、例えば、ある雑音波長の位置に使用チャンネルが追加される場合、追加使用チャンネルの位置における雑音波長を除去するように雑音装荷ループバック経路を改変することができる。総使用チャンネル数のアップグレードに対する簡単な手法の1つは、雑音装荷ループバック経路を完全に取り除くことであろう。しかしこの手法は、システムアーキテクチャに依存して、全システムチャンネルについて、チャンネルパワーを、例えば約3dB、高める結果になり得る。かなりのチャンネルパワーの増大は、伝送経路の非線形性にとまなう難点を悪化させ得る。したがって、雑音装荷ループバック経路を有するシステムにおける総システム使用チャンネル数のアップグレード時にはチャンネルパワーの増大を最小限に抑えることが有用であり得る。

20

【0063】

図19A~19Dは、チャンネルパワーの大きな増大を生じさせずに総使用チャンネル数をアップグレードするために構成が順次に改変される雑音装荷ループバックの例示的な実施形態を示す。図19Aは雑音装荷ループバック経路にMPIを有するシステム1900の初期構成を表す。図示される例示的な実施形態は図15に示される実施形態と同様であるが、経路1504にパワー調節器1902を有する。

30

【0064】

システム1900の総使用チャンネル数をアップグレードするため、図19Bに示されるように、経路1502または経路1504の一方をカップラ1908から切り離すことができる。図示される実施形態では、経路1504が切り離されている。これにより、光インターリーブフィルタ1232からの全ての雑音波長は、経路1502及びパワー調節器1505を通して、ループバック経路に存在したままになり、図示される実施形態においては伝送チャンネルパワーが1.25dB増大する結果となる。

【0065】

開経路1504においてファイバセグメント1506を取り外すことができ、アップグレードチャンネルに指定されたスペクトル位置にある雑音波長を分岐させるために1つまたはそれより多くのフィルタを経路に付加することができる。説明を明解かつ容易にするため、図示される実施形態は、対応する雑音波長を経路1504から経路1906上に分岐するために構成された単一の3点フィルタ1904を有する。しかし、それぞれが1つまたはそれより多くの雑音波長を分岐させるための、いかなる数のフィルタも設け得ることは当然である。また、フィルタは光経路から1つまたはそれより多くの選択された波長を分岐させるための技術上既知の様々な形態のいずれをとることもできる。

40

【0066】

フィルタ1904(または複数のフィルタ)が装着されると、図19Cに示されるように、経路を再びカップラに接続することができる。次いで、図19Dに示されるように、経路1502をカップラ1908から切り離し、パワー調節器1508を取り除くことが

50

できる。パワー調節器 1902 を、フィルタ 1904 の挿入損失 + パワー調節器 1902 の損失がパワー調節器 1508 及びファイバセグメントの損失 + 3 dB に実質的に等しくなるように、構成することによって、図 19D のアップグレードされたシステムにおける全てのチャンネルのパワーをそれぞれの元のレベルに戻すことができる。

【0067】

以降のチャンネルアップグレードは同様の方策を用いて達成することができる。詳しくは、アップグレードチャンネルの指定されたスペクトル位置にある雑音波長を分岐させるために、開経路、すなわち図 19D の経路 1502 にフィルタを付加することができる。次いで、開経路を再び接続し、先にアップグレードした経路、すなわち図 19D の経路 1504 を切り離すことができる。同じく、アップグレードしたチャンネルのパワーが以前のチャンネルと同じレベルになることが保証されるように、新しくアップグレードした経路によって与えられる損失を設定することができる。

10

【0068】

本明細書に説明した実施形態は本発明を用いるいくつかの実施形態の内のいくつかに過ぎず、限定としてではなく、説明として、ここに述べたものである。本明細書に説明した特定の構成はいずれも、本明細書に説明した 1 つまたはそれより多くの他の構成と組み合わせて、本発明にしたがうシステムを構成することができる。例えば、広帯域雑音を発生するために、送信器増幅器への入力パワーを減少させるためのパワー調節器を有する構成は、雑音波長を付加するための光インターリーブフィルタからのループバック経路と組み合わせることができる。添付される特許請求の範囲に定められるような本発明の精神及び範囲を実質的に逸脱することなく、当業者には容易に明らかであろう、多くの、その他の実施形態がなされ得る。

20

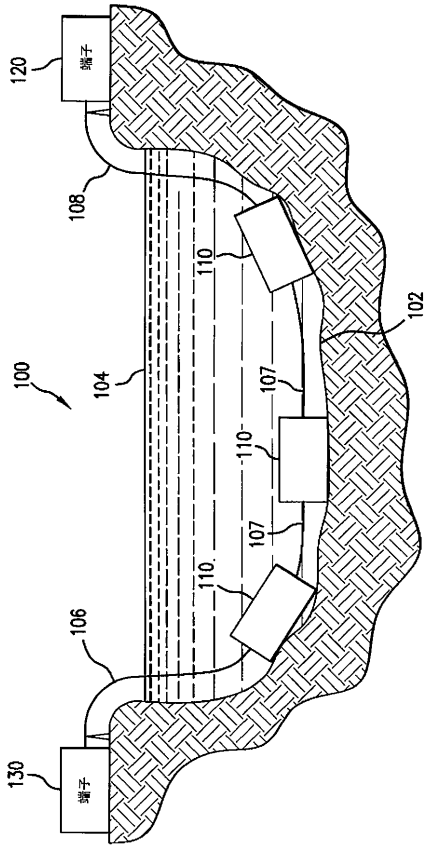
【符号の説明】

【0069】

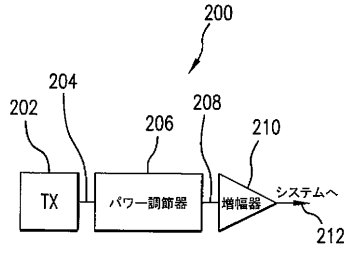
- 100, 200 光通信システム
- 106, 107, 108 光ケーブル
- 110 中継器
- 120, 130 端子
- 202 信号源
- 204 WDM 信号
- 206 パワー調節器
- 208 減衰 WDM 出力信号
- 210 光増幅器
- 212 出力信号

30

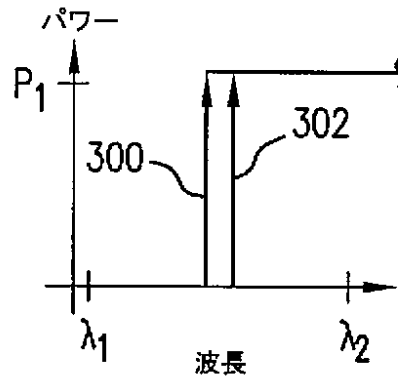
【図1】



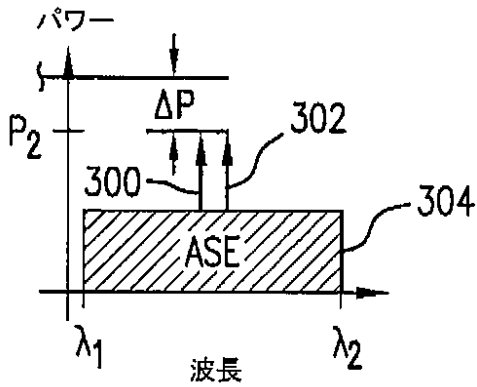
【図2】



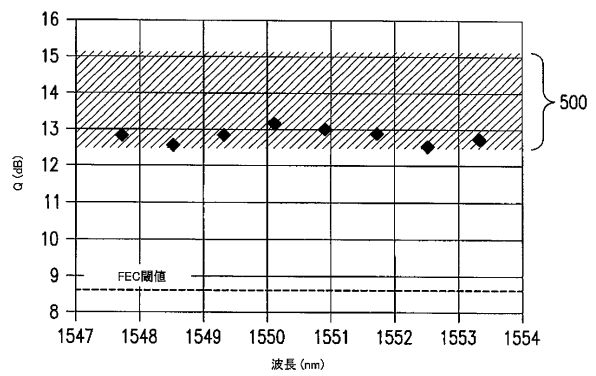
【図3A】



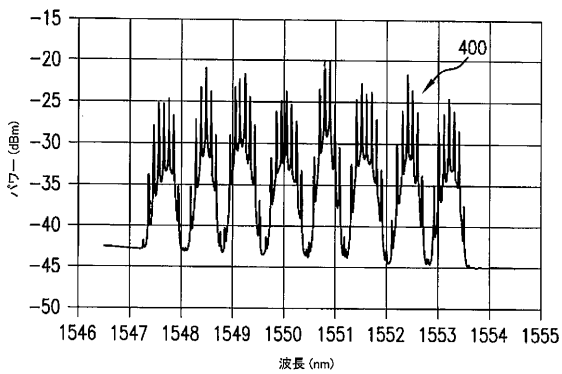
【図3B】



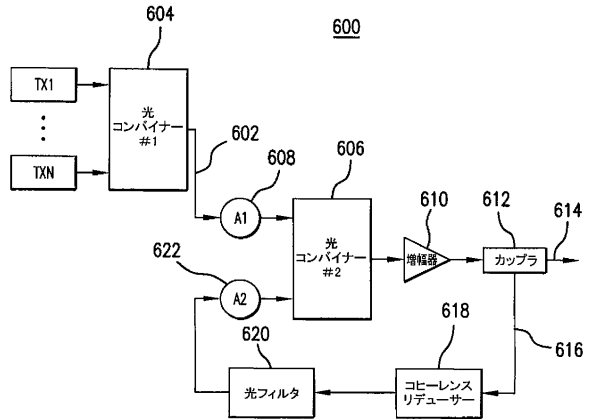
【図5】



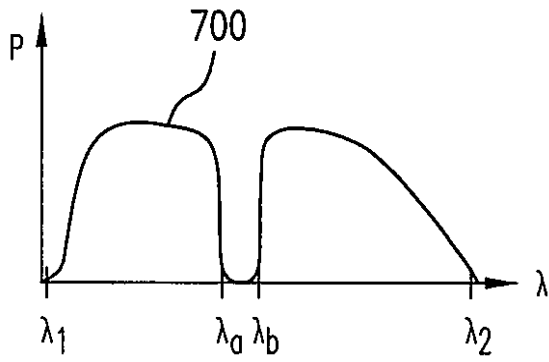
【図4】



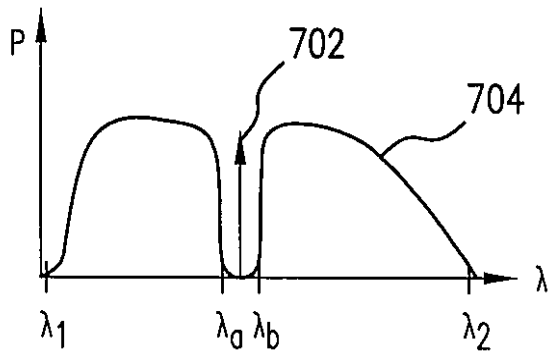
【図6】



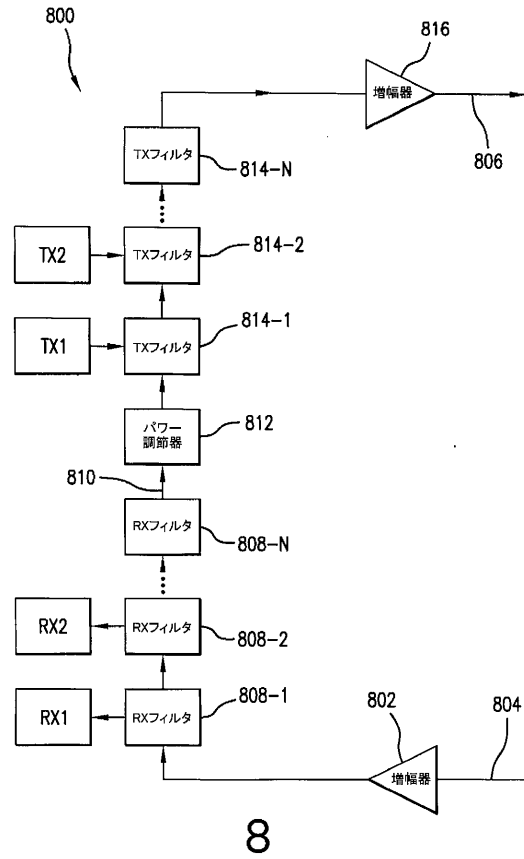
【図7A】



【図7B】

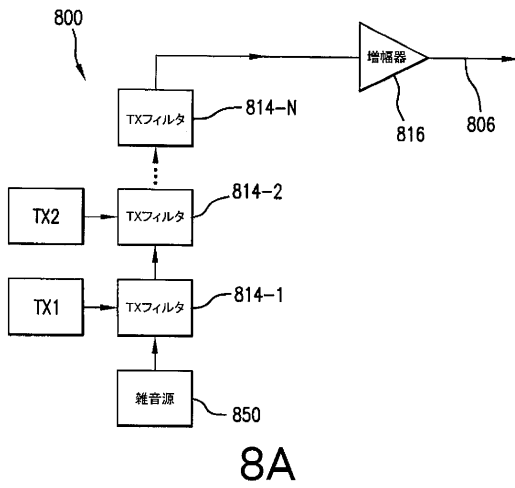


【図8-1】



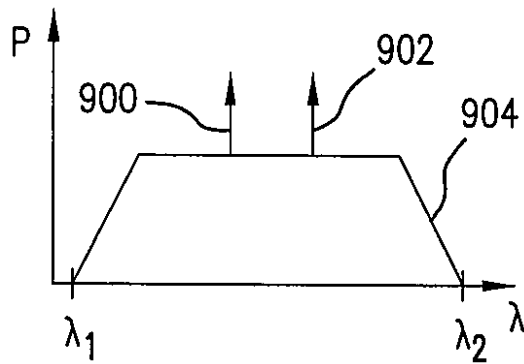
8

【図8-2】

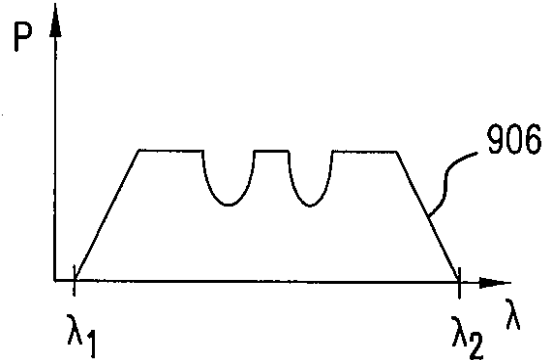


8A

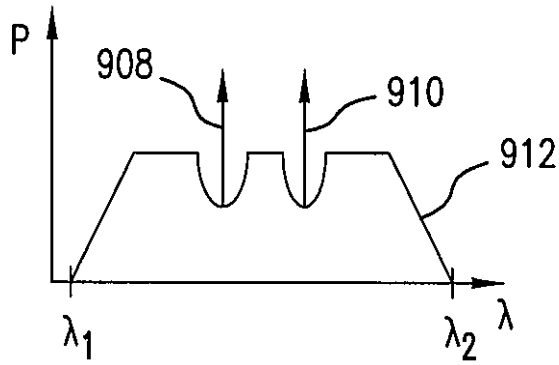
【図9A】



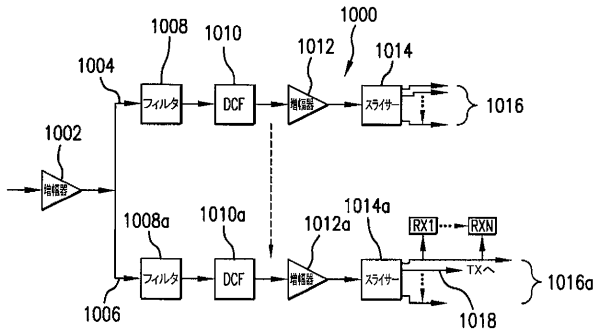
【図9B】



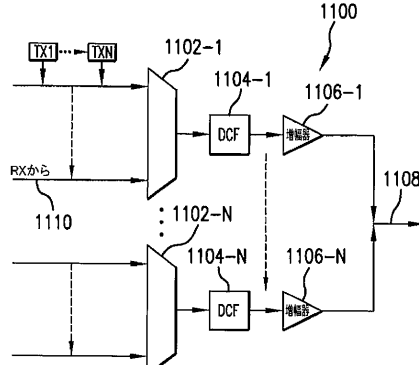
【図9C】



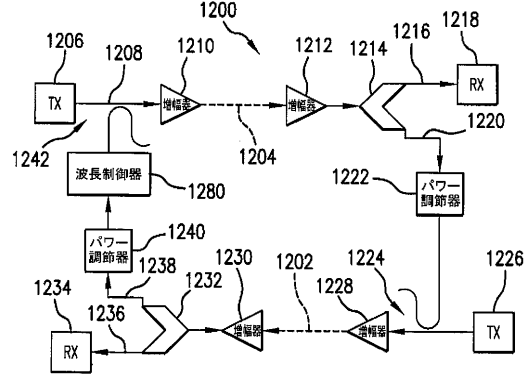
【図10】



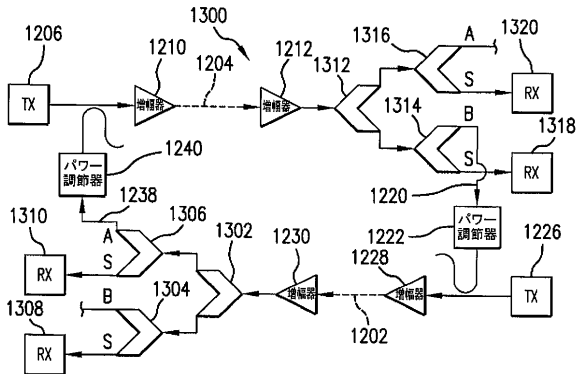
【図11】



【図12】

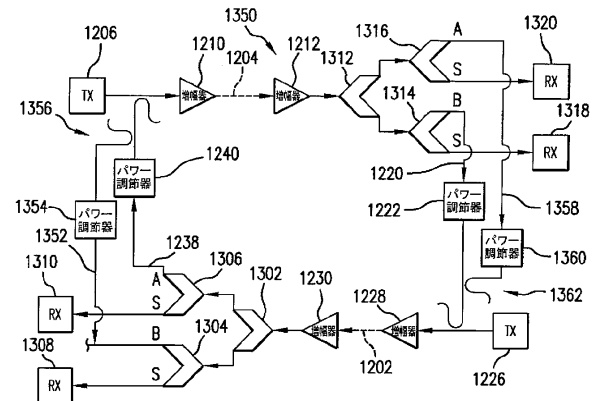


【図13-1】



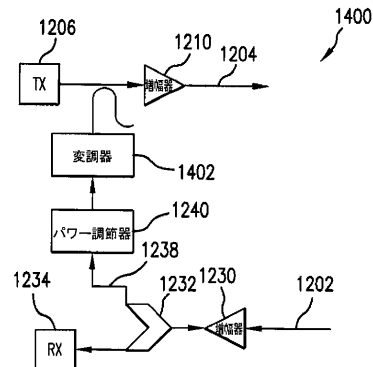
13

【図13-2】

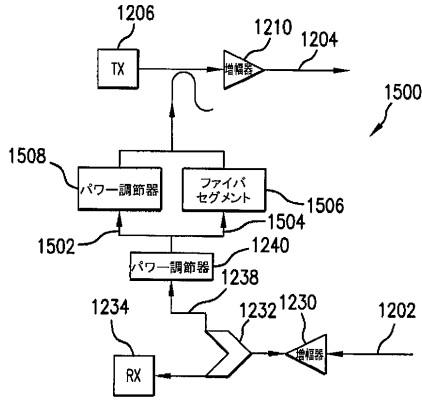


13A

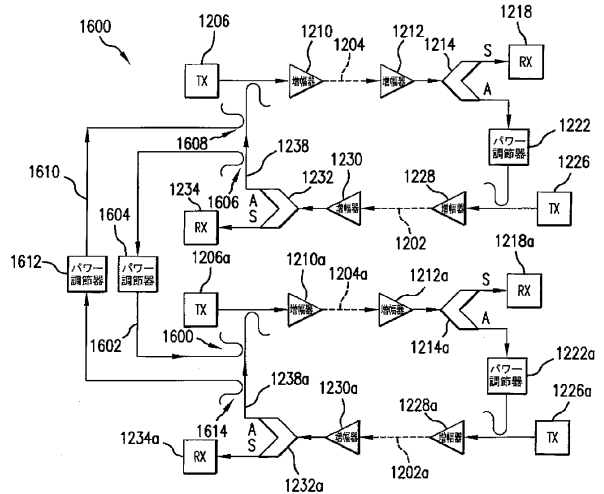
【図14】



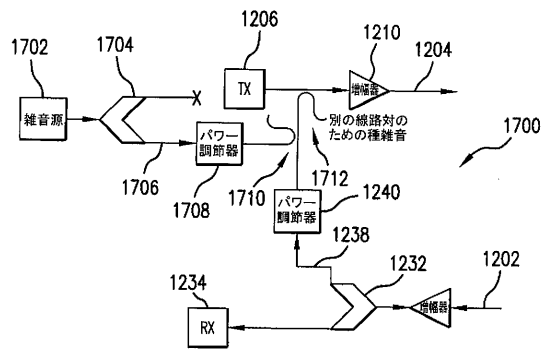
【図15】



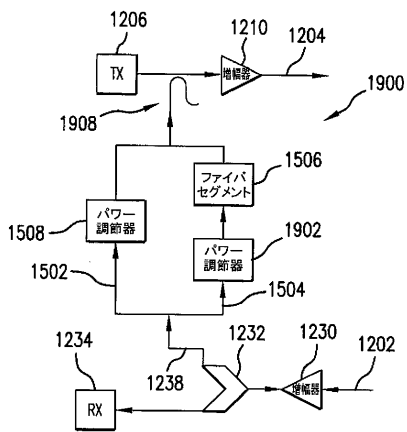
【図16】



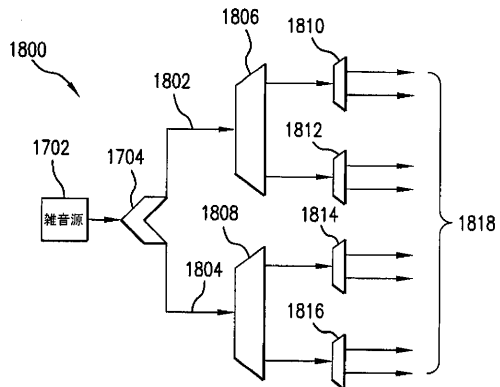
【図17】



【図19A】



【図18】



フロントページの続き

- (72)発明者 スチュアート エム アボット
アメリカ合衆国 ニュージャージー州 07746 マルボロ ロックウェル サークル 28
- (72)発明者 フランクリン ウェブ カーフト
アメリカ合衆国 ニュージャージー州 07701 レッド パンク ジーン テラス 52
- (72)発明者 アール ブライアン ジャンダー
アメリカ合衆国 ニュージャージー州 07728 フリーホールド トゥリー トップ サークル 109
- (72)発明者 モルテン ニソフ
アメリカ合衆国 ニュージャージー州 07712 オーシャン マーク プレイス 6

審査官 後澤 瑞征

- (56)参考文献 国際公開第02/011338(WO, A1)
特開2002-353939(JP, A)
特開2002-51008(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04B10/00-10/28
H04J14/00-14/08