

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4607892号
(P4607892)

(45) 発行日 平成23年1月5日 (2011.1.5)

(24) 登録日 平成22年10月15日 (2010.10.15)

(51) Int. Cl.

F I

HO 4 J 14/00 (2006.01)
 HO 4 J 14/02 (2006.01)
 HO 4 B 10/16 (2006.01)
 HO 4 B 10/17 (2006.01)
 HO 4 B 10/08 (2006.01)

HO 4 B 9/00 E
 HO 4 B 9/00 J
 HO 4 B 9/00 K
 HO 4 B 9/00 N

請求項の数 8 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-536097 (P2006-536097)
 (86) (22) 出願日 平成16年10月22日 (2004.10.22)
 (65) 公表番号 特表2007-509555 (P2007-509555A)
 (43) 公表日 平成19年4月12日 (2007.4.12)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2004/052641
 (87) 国際公開番号 W02005/041451
 (87) 国際公開日 平成17年5月6日 (2005.5.6)
 審査請求日 平成19年10月15日 (2007.10.15)
 (31) 優先権主張番号 10349891.5
 (32) 優先日 平成15年10月25日 (2003.10.25)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 507002756
 エリクソン エービー
 スウェーデン国 ストックホルム エスイ
 ー 1 6 4 8 0
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康徳
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ネットワーク、及び光ネットワークの増幅器ノード

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プリアンプ 8 へ供給される光波長分割多重信号を受信するための少なくとも一つの入力ポートと、統合されたデマルチプレクサーおよびマルチプレクサーを備える連続的で波長選択的な反射構造部 1 8 と、増幅器 1 1 と、分散補償器 2 3 と、ポストアンプ 1 3 とを有する光ネットワークの増幅器ノードであって、

前記デマルチプレクサーは、受信された光波長分割多重信号を少なくともペイロードチャンネルと監視チャンネルに分離し、

前記マルチプレクサーは、少なくとも前記ペイロードチャンネルと前記監視チャンネルとから伝送対象の光波長分割多重信号を生成し、

前記連続的で波長選択的な反射構造部 1 8 は、4つのゲートを有し、そのうちの第1のゲート 1 9 では、前記光波長分割多重信号が前記プリアンプ 8 から受信され、第2のゲート 2 0 では、前記監視チャンネルが前記増幅器 1 1 へ出力され、第3のゲート 2 1 では、前記監視チャンネルが前記増幅器 1 1 から受信され、第4のゲートでは再結合された監視チャンネルとペイロードチャンネルが前記分散補償器 2 3 を介して前記ポストアンプ 1 3 へ供給され、

前記連続的で波長選択的な反射構造部 1 8 は、前記監視チャンネルとして、波長を分離して挿入し、

前記入力ポートと前記増幅器 1 1 との間における前記光波長多重分割信号の減衰量は、前記プリアンプ 8 とポストアンプ 1 3 がポンプされた状態とポンプされていない状態で同

10

20

一であることを特徴とする光ネットワークの増幅器ノード。

【請求項 2】

前記プリアンプ 8 と前記ポストアンプ 13 は、エルビウム添加光ファイバー増幅器であり、

前記監視チャンネルの波長は、1600～1650nmで、より望ましくは1610～1650nmであることを特徴とする請求項 1 に記載の光ネットワークの増幅器ノード。

【請求項 3】

前記プリアンプ 8 と前記ポストアンプ 13 は、直列に接続された活性媒体と等化フィルターとを含み、前記等化フィルターは、ペイロードチャンネルの波長帯域において活性媒体の利得を等化し、かつ、前記監視チャンネルに対してトランスペアレントであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光ネットワークの増幅器ノード。

10

【請求項 4】

前記プリアンプ 8 内において、前記活性媒体は前記等化フィルターの前段に配置されていることを特徴とする請求項 3 に記載の光ネットワークの増幅器ノード。

【請求項 5】

前記プリアンプ 8 内において、前記活性媒体は前記等化フィルターの後段に配置されていることを特徴とする請求項 3 に記載の光ネットワークの増幅器ノード。

【請求項 6】

ペイロードチャンネルと監視チャンネルを備える光波長分割多重信号を送信するための送信ノード 1、受信ノード 4、及び光ファイバー 3 を含む光ネットワークであって、

20

少なくとも一つの入力ポートと、

統合されたデマルチプレクサーおよびマルチプレクサーを備える連続的で波長選択的な反射構造部 18 と

を備え、

前記少なくとも一つの入力ポートは、プリアンプ 8 へ供給される光波長分割多重信号を受信するものであり、

前記デマルチプレクサーは、受信された光波長分割多重信号を少なくともペイロードチャンネルと監視チャンネルに分離するものであり、

前記マルチプレクサーは、少なくとも前記ペイロードチャンネルと前記監視チャンネルから伝送対象となる光波長分割多重信号を生成するものであり、

30

さらに、前記光ネットワークは、

増幅器 11、分散補償器 23 及びポストアンプ 13 を有し、

前記連続的で波長選択的な反射構造 18 は、4つのゲートを有し、そのうちの第1のゲート 19 では、前記光波長分割多重信号が前記プリアンプ 8 から受信され、第2のゲート 20 では、前記監視チャンネルが前記増幅器 11 へ出力され、第3のゲート 21 では、前記監視チャンネルが前記増幅器 11 から受信され、第4のゲートでは、再結合された監視チャンネルとペイロードチャンネルが前記分散補償器 23 を介して前記ポストアンプ 13 へ供給されるように構成されており、

前記受信ノード 4 は、前記監視チャンネルのための受信装置 16 と、光波長分割多重信号を前記監視チャンネルと前記ペイロードチャンネルに分離するデマルチプレクサー 14 とを備え、

40

前記マルチプレクサー 12 は、光波長分割多重信号へ前記監視チャンネルとしての波長を挿入し、前記マルチプレクサー 14 は、光波長分割多重信号から前記監視チャンネルとしての波長を抽出し、

前記増幅器 11 と前記受信装置 16 との間における前記光波長分割多重信号の減衰量は、前記プリアンプ 8 と前記ポストアンプ 13 がポンプされた状態とポンプされていない状態で同一であることを特徴とする光ネットワーク。

【請求項 7】

前記プリアンプ 8 および前記ポストアンプ 13 は、エルビウム添加光ファイバー増幅器であり、

50

前記監視チャンネルの波長は、1600～1650nmであり、より望ましくは1610～1650nmであることを特徴とする請求項6に記載の光ネットワーク。

【請求項8】

前記プリアンプ8および前記ポストアンプ13は、ペイロードチャンネルの利得を等化するための等化フィルターと、該等化フィルターに直列に接続された活性媒体とを含み、

前記等化フィルターは、前記監視チャンネルに対してトランスペアレントであることを特徴とする請求項6または7に記載の光ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、通信のための光ネットワーク、及びこのような光ネットワークに使われる増幅器ノードに関する。とりわけ、本発明は、光波長分割多重伝送のための光ネットワークおよび光ネットワークノードに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、このような光ネットワークは通信信号が光波長分割多重で伝送される光ファイバーによって接続されて形成される。光波長分割多重では、伝播波長の異なる複数の搬送波により変調が施され、各波長の信号は光ファイバー内を同時に伝播する。

【0003】

搬送波の減衰のため、長距離にわたって伝送されるべき通信信号は所定の区間毎に再増幅されなければならない。このような再増幅は二つの光ファイバー区間の間に、この再増幅のために特別に設けられたノードで行われる。なお、このノードが多くの光ファイバー区間を互いに接続してスイッチング機能を行う場合もありうる。即ち、このノードは入力される光波長分割多重信号を波長の異なる他の搬送波に対応するペイロードチャンネルへ分離し、これらを様々な出力側の光ファイバー区間に転送することもありうる。

20

【0004】

本発明は二つの形態の増幅器ノードに関するものである。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

ペイロードチャンネルだけでなく、いわゆる監視チャンネル（SC：Supervisory Channel）を光ファイバー上で伝送するのが一般的である。ペイロードチャンネルは、光ネットワークのターミナル間でペイロードデータを伝送する搬送波のことである。また、監視チャンネルは、ペイロードチャンネルとペイロードチャンネルにより伝送される情報を制御するために必要とされる情報を光ネットワークノード内で搬送するものである。

【0006】

監視チャンネルにより伝送される情報は、光ネットワーク内における純粋な内部情報である。すなわち、当該情報は、光ネットワークに接続されたターミナルへは伝送されることはなく、また、ペイロードチャンネルとは異なる伝送フォーマットを採用することもあり、したがって、光ネットワークノードのペイロードチャンネルとは独立的に処理される。

40

【0007】

光波長分割多重での伝送する大部分の従来のネットワークでは、入力される光波長分割多重信号をペイロードチャンネルと監視チャンネルとに多重分離するためのデマルチプレクサーが、光ネットワークノードの入力ポートのすぐ直後に設けられる。光ネットワークノードのペイロードチャンネルの処理と監視チャンネルの処理は、光ネットワークノードの出力ポートのすぐ直前に設けられたマルチプレクサーに到達する前に、互いに完全に分離されて実行される。

【0008】

このような従来設計の短所は、デマルチプレクサー及びマルチプレクサーを使用するこ

50

とによって発生する挿入損失である。これらは、光波長分割多重信号の伝送路において光波長分割多重信号の強度が一番弱くなる位置で、さらに光波長分割多重信号を減衰させてしまう。また、光波長分割多重信号が伝送光ファイバーに入力される前であるにもかかわらず、これを減衰させてしまうのである。挿入損失を補償し、デマルチプレクサーの出力でさらなる処理をするための十分な信号電力を確保するために、光ファイバーに供給される光信号の伝送電力を増加させることが考えられる。しかしながら、大部分の光ネットワークは既に相当高い伝送電力を使っているので、これ以上伝送電力を高めることは信号の劣化を引き起こすような非線形効果がかなり増加してしまう可能性があり、これは大部分の場合で許容されないであろう。よって、唯一の可能性は、二つの増幅器ノード間の距離を減らすことである。

10

【0009】

米国特許第6、411、407号の独立項に記載された前半の特徴部によると、増幅器ノードと光ネットワークがそれぞれ提案されている。このような増幅器ノードにおいては、入力ポートとデマルチプレクサーとの間にプリアンプが設けられている。また、マルチプレクサーと出力ポートの間にポストアンプが設けられている。これらはそれぞれデマルチプレクサーとマルチプレクサーの挿入損失を過度に補償する。ペイロードチャンネルの搬送波長は、この技術分野において一般的であるように、1530～1560nmの波長範囲に分布する。これらの波長領域は、エルビウム添加光ファイバー増幅器の増幅処理が依存しないような波長に対応している。監視チャンネルは、エルビウム添加光ファイバー増幅器の増幅度がより小さいか、ほとんどゼロとなるような波長に配置されており、これは、上記の波長領域の外側に位置している。プリアンプを通過した後、デマルチプレクサーで分岐され、光ネットワークノードで終端され、光ネットワークノードの出力側でまた生成される監視チャンネルは、マルチプレクサー内で出力対象のペイロードチャンネルと結合され、このペイロードチャンネルと一緒にポストアンプを通過して出力側の光ファイバーへと送信される。このプリアンプを使用することで、十分な電力で入力された光波長分割多重信号をデマルチプレクサーに供給することが可能となる。したがって、デマルチプレクサーの出力側でさらなる処理のための十分な信号電力が得られることになる。また、マルチプレクサーの後段にポストアンプを置くことで、ポストアンプからの出力電力は損失なく出力光ファイバーに供給されことになる。しかしながら、このためには、信頼性の低下を甘受しなければならない。伝送光ファイバーのスタートとエンドに配置された増幅器のいずれか一つが故障すれば、ペイロードチャンネルの伝送が妨げられるだけでなく、受信ノードで監視チャンネルの有効電力が減少してしまう。そのため、もはや信頼性のある処理を実行できなくなり、この故障の検出やこの故障の復旧は不可能であるか非常に難しくなる。

20

30

【0010】

本発明の目的はこのような問題を解決するためになされたものである。
この発明の解決方法は、監視チャンネルの波長を適切に選択することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一つの態様によれば、請求項1に記載されているように光ネットワークの増幅器ノードが提供される。

40

【0012】

増幅器ノードの受信側を考慮してみると、監視チャンネルとしてデマルチプレクサーによって光波長分割多重信号から分岐される波長は、入力ポートと監視チャンネルを受信する受信装置（シンク）との間における波長の減衰量が、増幅器のポンプされた状態とポンプされていない状態で本質的に同一となるように選択されなければならない。

【0013】

増幅器ノードの出力側を考慮してみると、監視チャンネルの波長に対する基準は、監視チャンネルのソースと出力ポートとの間における波長の減衰量が、増幅器のポンプされた状態とポンプされていない状態で本質的に同一ではなければならないことである。

50

【0014】

この波長は、増幅器単体での減衰量が、増幅器のポンプされた状態とポンプされていない状態で同一となる波長からは少し差があってもよい。これは、入力ポートとシンクとの間の光信号パスと、光源（ソース）と出力ポートとの間の光信号パスとのいずれかに、曲率を有する導波管などの波長依存の減衰特性を有する部品が配置されうるからである。送信側と受信側とで光ネットワークノードの設計が充分に対称的であれば、監視チャンネルについて上述した2つの波長の基準は同等となる。

【0015】

本発明の一つの態様によれば、請求項6に記載されているように光ネットワークが提供される。

10

【0016】

孤立した増幅器ノードだけでなく、送信ノードと増幅器ノードが光ファイバーによって接続された完全な光ネットワークを考慮してみると、この光ファイバーもまた監視チャンネルに対する最適波長に影響を及ぼす波長依存の減衰特性を有する可能性がある。この場合、ソースからシンクへの経路の途中で監視チャンネルが受ける全体の減衰量がその経路に沿って配置されている増幅器がポンプされているかポンプされていないかには依存することがないように、監視チャンネルの波長が選択されなければならない。

【0017】

増幅器がエルビウムドーピングされた増幅器であれば、監視チャンネルの波長は望ましくは1600～1650nmになるように、より好ましくは1610～1650nmになるように選択されなければならない。

20

【0018】

波長分割多重のペイロードチャンネルのために使用されうる波長帯域を、増幅器の活性媒体だけによる波長非依存の増幅範囲よりも広くするために、等化フィルターが直列に活性媒体へと結合されてもよい。そのため、この等価フィルターは監視チャンネルの波長を抑圧しないように監視チャンネルの波長に関してはトランスペアレントでなければならない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

本発明の特徴及び長所は添付された図面を参照する後述の実施例から明らかになる。

30

図1Aは、本発明を適用することができる二つの増幅器ノードを有する光ネットワークとこれらのノードを接続する光ファイバーを概略的に示す図である。図1Bは、図1Aの一つの変形例を示す図である。

【0020】

図2は、異なるポンプ電力値に対する波長の関数としてエルビウム添加増幅器の減衰及び増幅をそれぞれ示す。

【0021】

図3は、波長の関数としてポンプされた状態とポンプされていない状態での増幅器の出力電力の差を示す。

【0022】

40

図4は、光ネットワークノードの望ましい一つの実施例を示す。

図1Aは、光ネットワークの一部区間を概略的に示す図である。当該光ネットワークは、光ネットワークノード1と光ネットワークノード4を含む。光ネットワークノード1は、増幅器として排他的に機能するノードであり、光ファイバー2を介して到達し、かつ、光ファイバーにおいて減衰された光波長分割多重信号を増幅し、これを他の光ファイバー3に出力する。一方、光ネットワークノード4は、増幅器機能に加え、スイッチング機能を備え、光ファイバー3からだけでなく少なくとも他の一つの光ファイバー5から光波長分割多重信号を受信してこれを光ファイバー6、7へ出力する。

【0023】

上述した説明では、この図で左側から右側へとただ単方向伝送の場合だけ考慮したが、

50

光ネットワークノード１、４において、対応するデバイスをそれぞれ用意することで両方向伝送をさらに実現できることも理解されるべきである。

【００２４】

光ファイバー２、３、５、６、７を循環する光波長分割多重信号は、約１５３０～１５６０の波長領域における複数のペイロードチャンネルと、少なくとも１６００nmの波長を有する監視チャンネルとで形成される。

【００２５】

光ネットワークノード１で、光ファイバー２を介して光ネットワークノード２に到達する光波長分割多重信号はまずプリアンプ８を通過する。

【００２６】

このプリアンプは、約１５２７～１５６５nmの波長領域で光波長分割多重信号を増幅する。そのため、ダイオードレーザのようなポンプ光源９によってポンプされるエルビウム添加光ファイバーによりプリアンプを実現することができる。また、増幅器は、図１Ｂに示されているように、エルビウム添加光ファイバー２５の下流に配置された利得等化フィルターを含んでもよい。エルビウム添加光ファイバーのようなある活性媒体向けの特定の利得等化フィルターは、次のような伝送特性を有している。すなわち、活性媒体の増幅度が最大となるところで伝送が最小となり、波長帯域の外側に吸収の最小となる波長が存在し、活性媒体における波長と増幅度との特性を反転させたような特性である。なお、当該波長帯域では、利得の波長依存性が内在的に小さくなっている。よって、プリアンプ８の全体を通しての全般的な波長利得特性は、波長依存性のほとんどない帯域を有し、この帯域は活性媒体自らの帯域よりも広い。それゆえ、より多くのペイロードチャンネルを伝送することができる。この利得等化フィルターは、監視チャンネルの波長でトランスペアレントとなっている。さらに、この利得等化フィルターは、この波長帯域において吸収最小波長を有していることが望ましい。

【００２７】

従って、プリアンプ８で光波長分割多重信号は、デマルチプレクサー１０を通過する。その際に、光監視チャンネルは、プリアンプ８内で増幅されることがなく、かつ、プリアンプ８内で実質的に減衰されることもなく、プリアンプ８を通過する。また、デマルチプレクサー１０は、監視チャンネルとペイロードチャンネルとを分岐させ、監視チャンネルをその波長に適合した増幅器へと導く。ペイロードチャンネルは、デマルチプレクサー１０からマルチプレクサー１２へと直線的に誘導され、マルチプレクサー１２において、増幅器１１で増幅された監視チャンネルと再結合される。また、一体となった光波長分割多重信号は、ポストアンプ１３を通過する。また、この増幅器は、図１Ａに示したように、ポンプ光源９によってポンプされる活性媒体として単純なエルビウム添加光ファイバーにより構成されてもよいし、あるいは、図１Ｂに示したように、プリアンプ８について前記した利得等化フィルター２４を有するように構成されてもよい。ポストアンプの場合、利得等化フィルター２４は活性媒体を飽和させることなく、ポストアンプ１３において可能なもっとも高い出力電力を達成するように活性媒体の上流、即ち光ファイバー２５に配置される。

【００２８】

光波長分割多重信号は、ポストアンプ１３を通過した後、光ネットワークノード４へ誘導するための光ファイバー３へ出力される。

【００２９】

光ネットワークノード４、プリアンプ８、及び光ネットワークノード４の下流において、デマルチプレクサー１４は、光ファイバー３、５の各入力ポートに配置される。ただ光ネットワークノード１のデマルチプレクサー１０は、ペイロードチャンネルと監視チャンネルの二つの成分へと光波長分割多重信号を分離しなければならない。一方で、デマルチプレクサー１４は、個々のペイロードチャンネルを互いに分離し、これらをスイッチング構成部１５へ供給する。デマルチプレクサー１４で分岐された監視チャンネルは、スイッチング構成部１５の入力と出力の間で切り換えられるコネクションを制御する制御ユニッ

10

20

30

40

50

トにおいて終端される。また、制御ユニット16は、新しい監視チャンネルを生成する。この監視チャンネルは、新しい光波長分割多重信号を形成するためにマルチプレクサー17のスイッチング構成部15で切り換えられたペイロードチャンネルと結合される。

【0030】

図2は、0 mW、40 mW、80 mW、及び200 mWのポンプ電力で増幅された波長の関数として利得等化フィルターを備えていない典型的なエルビウム添加光ファイバーの利得を示す。正のポンプ電力に対する利得曲線は、ペイロードチャンネルの伝送のために使用された帯域に該当する1530～1560 nmにおいて、平坦な特性となった。この波長帯域の前後では増幅度が、より小さくなるものの、相変わらず実質的な利得が正となる領域が存在している。一方で、このような波長領域において、増幅器光ファイバーは、ポンプ電力が0 mWとなってしまうと、即ち、増幅器のポンプ光源9が故障すれば、無視することができない吸収が発生してしまう。

10

【0031】

図3は、波長の関数としてポンプ電力をフルにしたときと0 mWとしたときの増幅器の利得レベルの差を示す。例えば、ペイロードチャンネルに使用される波長領域から遠く離れた1580 nmの波長では、この差は相変わらず7.3 dBである。一方、1615 nmでは、この差は相変わらず3 dB以下である。また、1620 nmでは、この差が約2 dBである。ただ、約1630 nm以上では、この差は実質的にない。

【0032】

一見すると、監視チャンネルの電力レベルが増幅器8、13の動作から独立となるようにするためには、監視チャンネルについて少なくとも1630 nmの波長を選択しなければならないように思われるかもしれない。しかしながら、適用された光物質の伝送特性には波長依存性があり、光波長分割多重信号が伝播する導波管の曲率によっても、波長が長くなるにつれてより大きな減衰が生じることも考慮されなければならない。よって、例えば、光ネットワークノードのシンクとの間で、監視チャンネルが受ける固有の減衰量が大きいほど、波長はもっと長くなる。これは、入力ポートから増幅器11又は制御ユニット16の入力であるかもしれないし、また、光源（ソース）から、即ち増幅器11の出力又は制御ユニット16から、光ネットワークノードの出力への経路にある光ネットワークノードであるかもしれないし、あるいは、ソースと光ファイバー3のような光ファイバーによって接続された部分であるかもしれない。

20

30

【0033】

この影響を考慮するとともに、現在において入手可能な光部品にとって、シンクまたは光ネットワークノード1、4の出力ポートにおける光監視チャンネルの信号パワーが、増幅器8、13の動作状態から実質的にそれぞれ独立となるようにするために、監視チャンネルの波長は、ポンプ状態における増幅器での利得依存性が小さいものの正確に0ではない波長領域から選択されなければならない。確かにこのような波長は、光ネットワークノードの設計及び光ネットワークに使われる物質に依存するので、結局光ファイバーの物質に依存することになる。ここで、1600 nmから、特に1610～1650 nmの領域、及び、特に、1620～1630 nmの領域が適正なことが明かされた。結局、他の活性媒体と組み合わせて利得等化フィルターを使用した場合には、他の限界波長が適正となることも明かであろう。

40

【0034】

図4は、排他的に増幅器として機能する光ネットワークノード1の他の設計構造を示すブロック図である。ここで、図1のデマルチプレクサー10とマルチプレクサー12は、4個のゲートを有するとともに、連続的で波長選択的な反射構造18に統合されている。第1のゲート19でプリアンプ8からの入力光波長分割多重信号を受信し、第2のゲート20でその監視チャンネルを増幅器11へ出力し、第3のゲート21でこの増幅された監視チャンネルを受信してこれを出力し、第4のゲートでポストアンプ13に対する分散補償器23を介してペイロードチャンネルと再結合する。このような4個のゲートは、例えば、監視チャンネルを反射し、ペイロードチャンネルを伝送するように選択された格子定

50

数を有する統合型ブラッグ格子によって容易に作成できる。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1A】図1Aは、本発明を適用することができる二つの増幅器ノードを有する光ネットワークとこれらのノードを接続する光ファイバーを概略的に示す図である。

【図1B】図1Bは、図1Aの一つの変形例を示す図である。

【図2】図2は、異なるポンプ電力値に対する波長の関数としてエルビウム添加増幅器の減衰及び増幅をそれぞれ示す。

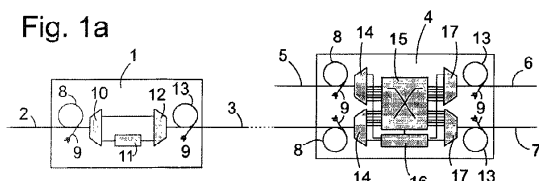
【図3】図3は、波長の関数としてポンプされた状態とポンプされていない状態での増幅器の出力電力の差を示す。

【図4】図4は、光ネットワークノードの望ましい一つの実施例を示す。

10

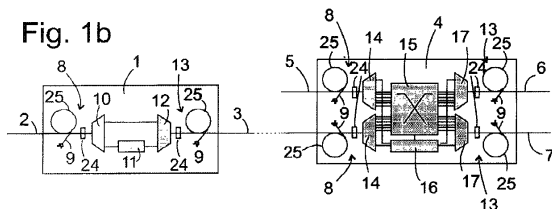
【図1A】

Fig. 1a



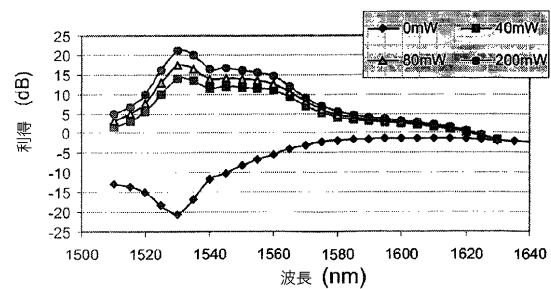
【図1B】

Fig. 1b



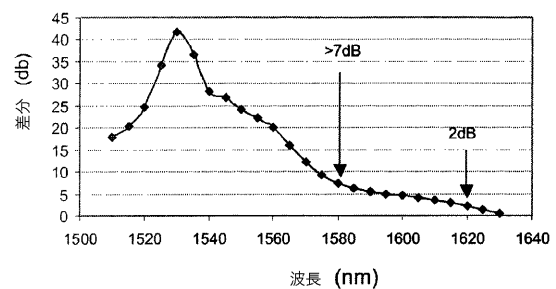
【図2】

Fig. 2



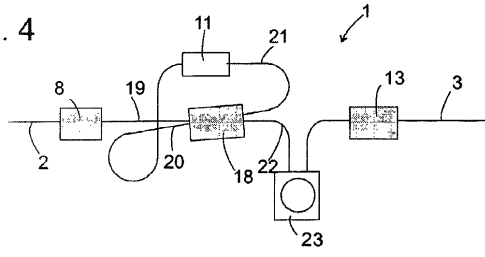
【図3】

Fig. 3



【図 4】

Fig. 4



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

H04B 10/20 (2006.01)

(72)発明者 ペグ, スティーブン
イギリス国 ノーザンプトン ノーザンプトンシャー エヌエヌ4 8ジーエフ, ヘンリー バ
ード コート 2

審査官 工藤 一光

(56)参考文献 特開2000-269902 (JP, A)
米国特許第06623185 (US, B1)
特開平09-120090 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/28

H04J14/00-14/08

H01S3/07-3/10