

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5193199号

(P5193199)

(45) 発行日 平成25年5月8日(2013.5.8)

(24) 登録日 平成25年2月8日(2013.2.8)

(51) Int. Cl.	F I				
<b>HO 4 J 14/08 (2006.01)</b>	HO 4 B	9/00			D
<b>HO 4 B 10/00 (2013.01)</b>	HO 4 B	9/00			G
<b>HO 4 B 10/27 (2013.01)</b>	HO 4 B	9/00			N
<b>HO 4 B 10/272 (2013.01)</b>	HO 4 B	9/00	2 7 2		

請求項の数 9 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2009-520022 (P2009-520022)	(73) 特許権者	591034154
(86) (22) 出願日	平成19年7月17日(2007.7.17)		フランス・テレコム
(65) 公表番号	特表2009-545197 (P2009-545197A)		フランス・75015・パリ・リュ・オリ
(43) 公表日	平成21年12月17日(2009.12.17)		ヴィエ・ドゥ・セレ・78
(86) 国際出願番号	PCT/FR2007/051673	(74) 代理人	100064908
(87) 国際公開番号	W02008/009849		弁理士 志賀 正武
(87) 国際公開日	平成20年1月24日(2008.1.24)	(74) 代理人	100089037
審査請求日	平成22年7月2日(2010.7.2)		弁理士 渡邊 隆
(31) 優先権主張番号	0653039	(74) 代理人	100108453
(32) 優先日	平成18年7月20日(2006.7.20)		弁理士 村山 靖彦
(33) 優先権主張国	フランス (FR)	(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 増幅光信号のリモート変調を用いた長距離パッシブ光ネットワーク

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

パッシブ増幅媒体を含むネットワークの枝路によって伝送路終端装置に接続された光中央局を具備するパッシブ光ネットワークであって、

前記光中央局は、

第1信号である光データ信号を前記枝路を介して送信/受信する送信/受信手段と、

第2信号である増幅光信号を送信する第1増幅手段と

を具備し、

前記第2信号は、前記パッシブ増幅媒体を励起して、前記第1信号の光出力を増幅し、

前記伝送路終端装置は、

前記枝路から前記第1信号を受信する受信手段と、

前記第2信号を変調して、変調された第2信号を生成する変調手段と、

前記変調された第2信号を前記枝路へ入力する入力手段と

を具備することを特徴とするパッシブ光ネットワーク。

【請求項 2】

前記伝送路終端装置が、

前記第1信号と前記第2信号とを分離させる、前記変調手段の入力に接続された分離手段と、

前記変調された第2信号を増幅する、前記変調手段の出力に接続された増幅手段と

をさらに具備することを特徴とする請求項1に記載のパッシブ光ネットワーク。

10

20

## 【請求項 3】

前記枝路が、第 1 光ファイバを具備し、

前記第 1 増幅手段が、前記第 2 信号を増幅するための第 3 信号である増幅光信号を前記枝路へ送信する送信手段を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のパッシブ光ネットワーク。

## 【請求項 4】

ネットワークの第 1 枝路のそれぞれと、ネットワークの第 2 枝路のそれぞれとによって分配要素にそれぞれ接続された少なくとも 2 つの伝送路終端装置を具備し、前記分配要素は、ネットワークの第 3 枝路によって前記光中央局に接続され、

前記分配要素に接続された第 2 増幅手段をさらに具備し、

前記第 2 増幅手段は、前記分配要素によって処理された光信号の光出力を増幅するように構成されていることを特徴とする請求項 3 に記載のパッシブ光ネットワーク。

10

## 【請求項 5】

前記枝路が、第 1 光ファイバと、第 2 光ファイバとを具備し、

前記第 1 光ファイバは、前記第 1 及び第 2 信号を前記伝送路終端装置に伝送し、

前記第 2 光ファイバは、前記変調された第 2 信号を前記光中央局に伝送することを特徴とする請求項 1 に記載のパッシブ光ネットワーク。

## 【請求項 6】

前記第 1 及び第 2 増幅手段がレーザダイオードであることを特徴とする請求項 4 に記載のパッシブ光ネットワーク。

20

## 【請求項 7】

第 1 信号を受信するように構成されたパッシブ光ネットワークの伝送路終端装置であって、

前記ネットワークから第 1 信号及び第 2 信号を受信する受信手段と、

前記第 1 信号と前記第 2 信号とを分離させる分離手段と、

前記第 2 信号を変調して、変調された第 2 信号を生成する、前記分離手段の出力に接続された変調手段と、

前記変調された第 2 信号を増幅して、変調して増幅された第 2 信号を生成する、前記変調手段の出力に接続された増幅手段と、

前記変調して増幅された第 2 信号を前記ネットワークへ入力する入力手段とを具備し、

30

前記第 2 信号は、前記ネットワークのパッシブ増幅媒体を励起して、前記第 1 信号の光出力を増幅するための信号であることを特徴とする伝送路終端装置。

## 【請求項 8】

前記分離手段がブラッグ格子であり、

前記変調手段が電界吸収型変調器であり、

前記増幅手段が半導体光増幅器であることを特徴とする請求項 7 に記載の伝送路終端装置。

## 【請求項 9】

パッシブ光ネットワークの伝送路終端装置により、第 1 信号及び第 2 信号を受信する段階と、

40

前記第 1 信号と前記第 2 信号とを分離させて、分離された第 1 信号及び分離された第 2 信号を生成する段階と、

前記分離された第 2 信号を変調して、変調された第 2 信号を生成する段階と、

前記変調された第 2 信号を増幅して、変調して増幅された第 2 信号を生成する段階と、

前記変調して増幅された第 2 信号を前記ネットワークへ入力する段階とを有し、

前記第 2 信号は、前記ネットワークのパッシブ増幅媒体を励起して、前記第 1 信号の光出力を増幅するための信号であることを特徴とする方法。

## 【発明の詳細な説明】

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、光アクセスネットワーク、具体的には、パッシブ光ネットワーク（PON）方式のアクセスネットワークに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

標準的なパッシブ光アクセスネットワークは、20キロメートル（km）の有効距離を有する。この距離制限は、パッシブ光ネットワークにおいて、例えば、カブラ、マルチプレクサ、及び光ファイバなどの光コンポーネントが、ネットワークを通過中の信号に光出力を失わせることに起因する。送信される信号は、制限を受けることなく、このような損失を補償するように増幅されることはできない。パッシブ光ネットワークにおいて、ダウンリンク光信号、すなわち、光中央局によってユーザに送信された光信号と、アップリンク光信号、すなわち、ユーザ装置によって光中央局に送信された光信号とは、1本の光ファイバによって伝送される。これは、ネットワークのコストを低減させる。しかしながら、アップリンク及びダウンリンク光信号を伝送するために1本の光ファイバを用いることは、それら光信号が送信される際の出力に対する制約をもたらす。それが、ネットワークの距離制限につながる。

10

## 【0003】

パッシブ光アクセスネットワークの有効距離は、都市部においては充分であるが、これを地方のユーザに適用することはできない。都市部では、ユーザは、光中央局から比較的近い5 kmから10 kmくらいまでの距離に存在する。地方では、ユーザは、多くの場合、地理的に分散しており、それによって、通常、光中央局からの距離は、パッシブ光ネットワークの基準距離よりも長くなる。従って、それらのユーザは、パッシブ光ネットワークによって提供される高い転送ビットレートの恩恵を受けることができず、故に、高ビットレート接続状態が要求されるサービスの提供も受けることができない。

20

## 【0004】

以前、本特許出願の発明者は、本特許出願と同一の出願人による仏国特許出願第06/52705号に記載された長距離パッシブ光ネットワークを構築している。それは、例えば、図1に示したような一対多ネットワークである。光中央局OCは、ネットワークの第1端を構成する。光ファイバ14の第1端は、光中央局OCの出力に接続されている。光ファイバ14の第2端は、光カブラ15の入力に接続されている。光カブラ15は、1つの入力と、N個の出力を有する。ここで、Nは、ネットワークの枝路（branch）の数を表す。光ファイバ14は、ネットワークの幹路（main branch）と称される。光ファイバ16<sub>j</sub>の第1端は、光カブラ15のN個の出力S<sub>j</sub>のうちの1つに接続されている。ここで、j ∈ {1, 2, ..., N}である。光ファイバ16<sub>j</sub>の第2端は、伝送路終端装置17<sub>i</sub>に接続されている。ここで、i ∈ {1, 2, ..., N}である。伝送路終端装置17<sub>i</sub>には、1人以上のユーザが接続されている。光ファイバ16<sub>1</sub>ないし16<sub>N</sub>は、ネットワークの2次側枝路と称される。

30

## 【0005】

光中央局OCは、特定の波長に関連する光信号を生成する第1レーザ10を具備する。ネットワークにおいて、この光信号は、時分割多重化方式に従って、接続されたユーザに向けられたデータを伝送する。また、光中央局は、光データ信号に関連する波長とは異なる特定の波長に関連する増幅光信号を生成する第2レーザダイオード110を具備する。

40

## 【0006】

そのような種類のネットワークでは、エルビウムドープ（erbium-doped）光ファイバセクション18が、メイン光ファイバ14に挿入されている。光ファイバセクション18は、パッシブ増幅媒体として作用する。

## 【0007】

第1レーザダイオード110からの増幅光信号は、光ファイバセクション18中のエルビウム原子を励起する。エルビウム原子が非励起状態に戻るとき、それらは、誘導放出原

50

理に従って、ネットワークを通過中の光データ信号の波長に対応する波長で光子を解放する。これらの光子は、データ信号の光出力を増大させる。増幅媒体 18 はネットワーク中に存在するが、増幅手段、ここではレーザダイオード 110、は光中央局 OC に存在するので、そのような技術はリモート増幅と称される。故に、データ信号 I の光出力を増大させることによって、より長い距離を進むことができるようになる。そのような種類のネットワークは、100 km ほどの有効距離を達成できる。

【0008】

当然ながら、ラマン効果 (Raman effect) 増幅技術のような、その他の媒体及びその他の伝送路内 (in-line) パッシブ増幅技術が存在する。それらは、増幅媒体として光ファイバ 14 を使用する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献 1】 仏国特許出願第 06 / 52705 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、パッシブ増幅媒体の使用がパッシブ光ネットワークのコストを低減させるとはいえ、遠隔通信業者にとっては、パッシブ光アクセスネットワークが高コストであることに変わりはない。このようなパッシブ光ネットワークの終端には、データ信号を生成するレーザ、増幅手段として機能するレーザダイオード、及び伝送路終端装置に配置されたアクティブ送信手段など、電力を消費する多数の高コストなコンポーネントが備えられている。さらに、このようなネットワークは、大勢のユーザを対象とする。このことは、上記コンポーネントの数を増大させ、それによって、ネットワークのコストが増大する。従って、このようなパッシブ光ネットワークの運営コストをさらに削減することへの要求が存在する。

【0011】

本発明は、ネットワークに追加的なコンポーネントを導入することなく、パッシブ光ネットワークの運営コストを削減することへの要求に取り組む。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、パッシブ増幅媒体を含むネットワークの枝路によって伝送路終端装置に接続された光中央局を具備するパッシブ光ネットワークを提供する。上記中央局は、

- ・ 第 1 光データ信号の送信 / 受信手段と、
- ・ 第 2 増幅光信号の送信手段を含む第 1 増幅手段と

を具備する。上記第 2 信号は、増幅媒体を励起して、光信号の光出力を増幅する。上記伝送路終端装置は、

- ・ 第 1 光信号の受信手段と、
- ・ 第 2 増幅光信号の変調手段と、
- ・ 変調された第 2 信号の上記ネットワークへの入力手段と

を具備する。

【0013】

第 2 増幅信号は、本発明のネットワークの枝路中の増幅媒体を励起するために、光中央局の増幅手段の送信手段によって送信された連続的な信号である。一般に、これらの増幅手段の送信手段は、ポンプ (pump) と称される。ポンプの出力における連続的な第 2 増幅光信号は、いかなるデータも伝送しない。本発明は、この信号を、伝送路終端装置において光中央局に向けられたデータを伝送するために、すなわち、アップリンク方向に使用することを提案する。その結果、第 2 光信号は、伝送されるデータによって、伝送路終端装置内で変調される。

【0014】

10

20

30

40

50

故に、本発明に従って、第2光信号は、2つの別個の機能を有する。第1に、第2光信号は、増幅媒体を励起して、ダウンリンクデータ信号の光出力を増大させる。第2に、第2光信号は、アップリンク方向にデータを送信する。

【0015】

各伝送路終端装置の変調手段による第2増幅光信号の変調は、標準的な伝送路終端装置のアクティブ送信手段を除去する。パッシブ光アクセスネットワークに接続可能な多数のユーザが存在する場合、伝送路終端装置のアクティブ送信手段を除去することは、ネットワーク運営コストを著しく削減する。

【0016】

本発明のネットワークの一態様に従って、ネットワークは、

- ・第1及び第2光信号の分離手段と、
- ・上記第2光信号の増幅手段と

を具備する。上記第2光信号の変調手段は、第1及び第2信号の分離手段の出力と、上記第2光信号の増幅手段の入力とに接続されている。

【0017】

本発明の一実施態様において、変調手段は、電界吸収型変調器から成り、第1及び第2信号の分離手段は、ブラッグ格子(Bragg grating)から成り、かつ最後に、増幅手段は、半導体増幅器から成る。これら個々の光コンポーネントは、すべて大量生産品であり、容易に入手できる。故に、この種の本発明の一実施態様に従う伝送路終端装置は、比較的

【0018】

本発明のネットワークの第1実施態様において、ネットワークの枝路は、第1光ファイバを具備し、第1増幅手段は、第2増幅光信号の送信を行う第1手段と、上記第2光信号を増幅するための第3増幅光信号の送信を行う第2手段とを含む。

【0019】

この実施態様において、ダウンリンク及びアップリンク信号は、同一の光ファイバ内を進む。第2増幅信号が送信される際の、また、アップリンク方向でデータを伝送するためにも用いられる光出力は、受信部に害を及ぼすレイリー後方散乱(Rayleigh backscattering)が生じる値を超えてはならない。変調されるために十分な出力で、第2光信号が伝送路終端装置に到達できるようにするためには、その光出力を増大させる必要がある。これが、第1増幅手段が第2送信手段を含む理由である。第2送信手段は、第2ポンプを構成し、その機能は、パッシブ増幅媒体を励起して、第2光信号の光出力を増大させることである。この第2ポンプからの光信号は、第1データ信号の光出力を増幅しない。さらに、第3光信号は、ダウンリンク方向及びアップリンク方向の両方において、第2光信号の光出力を増大させる。

【0020】

本発明のネットワークの第2実施態様において、ネットワークは、ネットワークの第1枝路及び第2枝路のそれぞれによって分配要素にそれぞれ接続された少なくとも2つの伝送路終端装置を具備する。上記分配要素は、ネットワークの第3枝路によって光中央局に接続されている。ネットワークは、上記分配要素に接続された第2増幅手段をさらに具備する。上記第2増幅手段は、上記分配要素によって分配された光信号の光出力を増幅するように構成されている。

【0021】

分配要素近傍に、第3ポンプを構成する第2増幅手段の送信手段を配置することによって、多数の伝送路終端装置間でポンプを共有し、それによって、ネットワークコストを削減できるようになる。

【0022】

本発明のネットワークの別の実施態様において、ネットワークの枝路は、第2光ファイバを具備する。第1光ファイバは、第1及び第2信号を伝送路終端装置に伝送する。第2光ファイバは、変調された第2信号を光中央局に伝送する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 3 】

ダウンリンク方向とアップリンク方向との分離は、光中央局の受信手段による変調された第2信号の受信が伝送路終端装置における第2光信号の一部の反射に起因するレイリー後方散乱によって乱されることを防止する。

## 【 0 0 2 4 】

ダウンリンク及びアップリンク信号が別個の光ファイバを通過することによって、レーザダイオードの出力を増大させることができる。そして、第1データ信号の光出力をさらに増大させることができる。故に、単一の増幅媒体で事足りる。

## 【 0 0 2 5 】

好ましくは、第1及び第2増幅手段の第1及び第2送信手段は、レーザダイオードを具備する。

10

## 【 0 0 2 6 】

このような光コンポーネントは、大量生産品であり、従って、比較的低コストである。

## 【 0 0 2 7 】

最後に、本発明は、第1光データ信号を受信するように構成されたパッシブ光ネットワークの伝送路終端装置を提供する。上記装置は、

- ・第1光信号の受信手段と、
- ・上記第1光信号と第2増幅光信号との分離手段と、
- ・第2増幅光信号の変調手段と、
- ・変調された第2光信号の増幅手段と、
- ・変調された第2信号の上記ネットワークへの入力手段と

20

を具備する。上記変調手段は、第1及び第2信号の分離手段の出力と、増幅手段の入力とに接続されている。

## 【 0 0 2 8 】

本発明の伝送路終端装置の一態様に従って、第1及び第2光信号の分離手段は、ブラッグ格子であり、第2光信号の変調手段は、電界吸収型変調器であり、かつ増幅手段は、半導体光増幅器である。

## 【 0 0 2 9 】

このような光コンポーネントは、それらが広い用途に用いられるため、比較的低コストである。

30

## 【 0 0 3 0 】

本発明のその他の特徴及び利点が、添付の図面の参照によって得られる本発明の好適な実施形態の記載から明らかとなる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 1 】

【 図 1 】 本特許出願の発明者には既知の長距離パッシブ光アクセスネットワークを示す。

【 図 2 】 光ファイバと、増幅媒体としてのエルビウムドープ光ファイバセクションと用いた長距離 TDM パッシブ光ネットワークを示す。

【 図 3 】 本発明の伝送路終端装置を示す。

【 図 4 】 その枝路がアップリンク信号を伝送する光ファイバとダウンリンク信号を伝送する光ファイバとから成る長距離 TDM パッシブ光ネットワークを示す。

40

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 3 2 】

図2は、本発明の第1実施形態に従う長距離 TDM パッシブ光一対多ネットワークを示す。光中央局 OC は、ネットワークの第1端を構成する。光ファイバ 24 の第1端は、光中央局 OC の出力に接続されている。光ファイバ 24 の第2端は、光カプラ 25 の入力に接続されている。光カプラ 25 は、1つの入力と、N個の出力とを具備する。ここで、N は、ネットワークの枝路の数を表す。光ファイバ 24 は、ネットワークの幹路と称される。光ファイバ 26<sub>j</sub> の第1端は、光カプラ 25 のN個の出力 S<sub>j</sub> のうちの1つに接続されている。ここで、j = { 1, 2, ..., N } である。光ファイバ 26<sub>j</sub> の第2端は、伝

50

送路終端装置 27<sub>i</sub> に接続されている。ここで、 $i \in \{1, 2, \dots, N\}$  である。伝送路終端装置 27<sub>i</sub> には、1人以上のユーザが接続されている。光ファイバ 26<sub>1</sub> ないし 26<sub>N</sub> は、ネットワークの 2 次側枝路と称される。

【0033】

光中央局 OC は、特定の波長に関連した第 1 光信号を生成する第 1 レーザ 20 を具備する。ネットワークにおいて、この第 1 光信号は、時分割多重化方式に従って、接続されたさまざまなユーザに送信されるデータを伝送する。また、光中央局は、第 1 光データ信号に関連した波長とは異なる特定の波長に関連した第 2 増幅光信号を生成する第 2 レーザダイオード 210 と、前述の 2 つの波長とは異なる特定の波長に関連した第 3 増幅光信号を生成する第 3 レーザダイオード 21 とを具備する。第 2 及び第 3 増幅光信号は、連続的な信号である。換言すれば、これらは、ダウンリンク方向にデータを伝送しない。

10

【0034】

レーザ 20 及びレーザダイオード 210, 21 の出力は、3 つの入力と 1 つの出力とを有する 3 : 1 光マルチプレクサ 22 の入力にそれぞれ接続されている。また、光中央局 OC は、伝送路終端装置 27<sub>1</sub> ないし 27<sub>N</sub> によって送信された信号を受信するためのモジュール R を具備する。光マルチプレクサ 22 の出力と受信モジュール R の入力とは、3 ポート光サーキュレータ 23 の入力にそれぞれ接続されている。光ファイバ 24 の第 1 端は、光サーキュレータ 23 の第 3 ポートに接続されている。光サーキュレータ 23 は、まず、レーザ 20 及びレーザダイオード 210, 21 によって生成された信号が、伝送路終端装置 27<sub>1</sub> ないし 27<sub>N</sub> に向かってネットワークを通過できるようにし、次に、伝送路終端装置によって送信された信号が、光中央局 OC 及び受信手段 R に向かってネットワークを通過できるようにする。

20

【0035】

ネットワークを構成する光ファイバ 24, 26<sub>1</sub> ないし 26<sub>N</sub> のそれぞれは、ネットワーク内で光信号の双方向性送信を可能にする。換言すれば、同一の光ファイバが、伝送路終端装置から光中央局へのアップリンク信号と、光中央局から伝送路終端装置へのダウンリンク信号とを伝送する。これは、ネットワークの設置コストを削減するとともに、その保守を容易にする。

【0036】

この実施形態において、エルビウムドープ光ファイバセクション 28 が、メイン光ファイバ 24 に挿入される。この光ファイバセクション 28 は、光データ信号に対して、パッシブ増幅媒体として作用する。この増幅媒体は、レーザダイオード 210 によって生成された増幅光信号によって励起され、それによって、光データ信号を増幅する。この増幅技術は、リモート光励起増幅 (remote optical pumped amplification, ROPA) と称される。

30

【0037】

図示されていないが、本発明の一実施形態において、エルビウムドープ光ファイバセクション 28 は、ネットワークの 2 次側枝路 26<sub>1</sub> ないし 26<sub>N</sub> のうちの 1 つ以上に挿入される。

【0038】

ネットワーク運営コストを削減するために、本特許出願の発明者は、標準的な伝送路終端装置に存在する送信手段を除去することを提案する。

40

【0039】

図 3 は、本発明の伝送路終端装置 27<sub>i</sub> を示す。伝送路終端装置 27<sub>i</sub> は、サーキュレータ 23 のそれと同様の動作原理である第 1 光サーキュレータ 30 を具備する。光サーキュレータ 30 の第 1 ポートは、第 2 光サーキュレータ 32 の第 1 入力ポートに接続されている。第 2 光サーキュレータ 32 の第 2 ポートは、ブラッグ格子 33 の入力に接続されている。ブラッグ格子 33 は、ダウンリンク光データ信号を受信するための受信手段 R' に接続されている。ブラッグ格子 33 は、それらが伝送路終端装置 27<sub>i</sub> の入力に達したとき、第 2 増幅光信号から第 1 光データ信号を分離する。ブラッグ格子 33 は、第 2 光信号

50

を反射するとともに、それを介して、第1光データ信号が受信手段R'に進むことを許す。

【0040】

この方法によって反射された第2光信号は、第2サーキュレータ32の第3ポートを介して、光信号を変調するための変調器35の入力に送信される。変調器35は、例えば、光中央局に送信されるデータで第2光信号を変調するように構成された電界吸収型変調器(electro-absorption modulator, EAM)である。電界吸収型変調器は、第2光信号が電気信号の形で変調されることによって、データを受信する。ひとたび第2光信号が光中央局OCに送信されるデータによって変調されてしまえば、それは、半導体光増幅器36の入力に送信される。半導体光増幅器36は、変調された信号の光出力を増幅する。最後に、半導体光増幅器36の出力は、光サーキュレータ30の第2ポートに接続されている。サーキュレータ30の第3ポートは、光ファイバ26<sub>j</sub>に接続され、光中央局に向けて、ネットワークの枝路に変調された信号を入力する。電界吸収型変調器35及び半導体光増幅器36は、増幅信号の変調及び増幅手段Mを構成する。

10

【0041】

この実施形態において、第2レーザダイオード21は、第2増幅光信号が伝送路終端装置27<sub>i</sub>に到達することを確実にする。第2レーザダイオード21は、増幅媒体となる光ファイバ24を励起するために、第3増幅信号を放出する。光ファイバ24を通過するとき、レーザダイオード210によって生成された第2増幅信号の光出力は増大する。この技術は、ラマン効果を使用して、光ファイバの全長にわたって分布した増幅を生じさせる。

20

【0042】

例えば、光データ信号が1550ナノメートル(nm)の波長である場合、レーザダイオード210によって生成された第2光信号は、1480nmの波長でなければならない。レーザダイオード210によって生成された第2増幅信号の光出力を増大させるために、レーザダイオード21によって生成された第3増幅信号は、1380nmの波長でなければならない。

【0043】

最後に、これら2つの信号が同一の波長に関連するので、伝送路終端装置で変調され、かつそれを光中央局に送信するためにネットワークに入力された第2光信号は、レーザダイオード210によって生成された第2増幅信号と同様に、光ファイバ24の通過時に増幅されたその光出力を有する。

30

【0044】

【表 1】

ダウンリンク方向	
1550 nmでのファイバ損失	20 dB (SSMF)
伝送路内光コンポーネント	15 dB (1:32 カプラ); 6 dB (WDM マルチプレクサ+サーキュレータ)
中央局送信部出力	12 dBm
ROPA ゲイン	10 dB
出力バランス	-19 dBm

アップリンク方向	
1480 nmでのラウンドトリップファイバ損失	2×25 dB (SSMF)
伝送路内光コンポーネント	2×15 dB (1:32 カプラ); 2×6 dB (WDM マルチプレクサ+サーキュレータ)
中央局ポンプ出力	23 dBm
1480 nmでの相互伝播 (copropagating) ラマンゲイン (ダウンリンク)	25 dB
1480 nmでの逆伝播 (contrapropagating) ラマンゲイン (アップリンク)	20 dB
SOA ゲイン	20 dB
レイリー後方散乱	-12 dBm
1480 nmにおいて中央局で受信した出力	+1 dBm

10

20

## 【0045】

上記の2つの表は、2つの増幅媒体24, 28を含むネットワークに対するダウンリンク及びアップリンク方向での光出力バランスの例を示す。

## 【0046】

これらの表は、ダウンリンク及びアップリンク送信方向に対する光量がバランスしていることを示す。アップリンク方向では、光中央局OCで受信される光出力は、レイリー後方拡散光信号の出力よりも大きい。従って、光中央局OC内の受信手段Rは、後方拡散信号によって遮られず、かつアップリンク光データコンポーネントの受信は乱されない。

30

## 【0047】

図2には、本発明の第2実施形態が記載されている。この実施形態において、光ファイバは、データ及び増幅光信号に対する唯一の増幅媒体である。

## 【0048】

この実施形態において、レーザダイオード210によって生成された第2増幅光信号は、光ファイバ24を励起して、光データ信号が光ファイバ24を通過する際に、その光出力を増大させる。レーザダイオード21によって生成された第3増幅光信号は、レーザダイオード210によって生成された第2増幅光信号の光出力が増大され、それが光ファイバ24を介して伝わるように、光ファイバ24を励起する。

## 【0049】

例えば、光データ信号が1550nmの波長である場合、レーザダイオード210によって生成された第2光信号は、1450nmの波長でなければならない。レーザダイオード210によって生成された第2増幅信号の光出力を増大させるために、レーザダイオード21によって生成された第3増幅信号は、1350nmの波長でなければならない。

40

## 【0050】

最後に、これら2つの信号が同一の波長に関連するので、伝送路終端装置で変調され、かつそれを光中央局に送信するためにネットワークに入力された第2光信号は、レーザダイオード210によって生成された第2増幅信号と同様に、光ファイバ24の通過時に増幅されたその光出力を有する。

## 【0051】

50

【表 2】

ダウンリンク方向	
1550 nmでのファイバ損失	20 dB (SSMF)
伝送路内光コンポーネント	15 dB (1:32 カプラ); 4 dB (WDM マルチプレクサ+サーキュレータ)
中央局送信部出力	10 dBm
1550 nmでのラマンゲイン	10 dB
出力バランス	-19 dBm

アップリンク方向	
1450 nmでのラウンドトリップファイバ損失	2×25 dB (SSMF)
伝送路内光コンポーネント	2×15 dB (1:32 カプラ); 2×4 dB (WDM マルチプレクサ+サーキュレータ)
1450 nmでの中央局ポンプ出力	27 dBm
1450 nmでのダウンリンクラマンゲイン	21 dB
1450 nmでのアップリンクラマンゲイン	21 dB
SOA ゲイン	20 dB
レイリー後方散乱	-12 dBm
1480 nmにおいて中央局で受信した出力	+1 dBm

10

20

## 【 0 0 5 2 】

上記の2つの表は、1つの増幅媒体24を含むネットワークに対するダウンリンク及びアップリンク方向での光出力バランスの例を示す。

## 【 0 0 5 3 】

これらの表は、ダウンリンク及びアップリンク送信方向に対する光量がバランスしていることを示す。アップリンク方向では、光中央局OCで受信された光出力は、レイリー後方拡散光信号の出力よりも大きい。従って、光中央局OC内の受信手段Rは、後方拡散光信号によって遮られず、かつアップリンク光データコンポーネントの受信は乱されない。

## 【 0 0 5 4 】

再び図2を参照すると、第3レーザダイオード29は、マルチプレクサ31を介して、第4増幅光信号を光カプラ25の入力に送信することができる。レーザダイオード21, 210からの増幅光信号がレーザダイオード29を遮ることを阻止するために、マルチプレクサ31とレーザダイオード29との間に、アイソレータが配置される。この第3レーザダイオード29からの第4増幅光信号は、光カプラ25に入力されて、アップリンク及びダウンリンク光データ信号を増幅する。例えば、レーザダイオード29は、2つの増幅媒体24, 28を具備する本発明の実施形態における1380nmの波長か、又はネットワークがただ1つの増幅媒体を具備する実施形態における1350nmの波長かに関連した増幅光コンポーネントを生成する。

30

## 【 0 0 5 5 】

第3レーザダイオード29を共有することは、標準的な伝送路終端装置内の増幅手段を除去することによって、ネットワークコストを削減する。

40

## 【 0 0 5 6 】

図4は、長距離TDMパッシブ光ネットワークの別の実施形態を示す。先の図に記載された実施形態に共通するネットワークコンポーネントは、同一の参照符号で表され、それらは、改めて説明されない。

## 【 0 0 5 7 】

この実施形態において、ネットワークの枝路は、2本の光ファイバを具備する。これらは、それぞれ、ネットワークを通過中の光信号のうちの一方向専用となる。故に、ネットワークの幹路は、光ファイバ24<sub>1</sub>, 24<sub>2</sub>から成る。光ファイバ24<sub>1</sub>は、レーザ20及びレーザダイオード21によって生成された光信号を伝送する。同じものが、2次側光

50

ファイバ26<sub>1</sub>ないし26<sub>N</sub>に用いられる。メイン光ファイバ24<sub>2</sub>及び2次側光ファイバ26'<sub>1</sub>ないし26'<sub>N</sub>は、変調されたアップリンク光信号を伝送する。

【0058】

この実施形態において、伝送路終端装置27<sub>1</sub>ないし27<sub>N</sub>は、それらを2つの光ファイバを用いたこの構造に適合するように修正される。従って、この装置には、サーキュレータ30が設置され、光ファイバ26<sub>j</sub>は、サーキュレータ32の第1ポートに直接接続される。光ファイバ26'<sub>j</sub>は、半導体光増幅器36の出力に接続されている。それによって、変調された光信号を光中央局OCに送信できる。

【0059】

光ファイバ24<sub>1</sub>、26<sub>1</sub>ないし26<sub>N</sub>がダウンリンク通信方向専用なので、光中央局の受信手段Rを介した変調されたアップリンク光信号の受信を乱すリスク無しに、レーザ20によって生成されたデータ信号の出力に加えて、レーザダイオード21によって生成された第2増幅信号の出力も増大させることができる。ダウンリンク及びアップリンク信号を個別の光ファイバで伝送することは、光信号の受信を乱すレイリー後方散乱効果を除去する。

【0060】

第1実施形態において、パッシブ増幅媒体は、光ファイバ24<sub>1</sub>又は光ファイバ26<sub>j</sub>のうちの1つに配置されたエルビウムドープファイバセクション28である。第2実施形態において、パッシブ増幅媒体は、光ファイバ24<sub>1</sub>、26<sub>1</sub>ないし26<sub>N</sub>から成る。

【0061】

【表3】

ダウンリンク方向	
1550 nmでのファイバ損失	20 dB (SSMF)
伝送路内光コンポーネント	15 dB (1:32 カプラ); 4 dB (WDM マルチプレクサ+サーキュレータ)
中央局送信部出力	10 dBm
ROPA ゲイン	10 dB
出力バランス	-19 dBm

アップリンク方向	
1480 nmでのラウンドトリップファイバ損失	2×25 dB (SSMF)
伝送路内光コンポーネント	2×15 dB (1:32 カプラ); 6 dB (WDM マルチプレクサ+サーキュレータ+アイソレータ)
中央局ポンプ出力	27 dBm
加入者構内 SOA ゲイン	20 dB
中央局前置増幅部ゲイン	20 dB
1480 nmにおいて中央局で受信した出力	-19 dBm

【0062】

上記の2つの表は、その枝路が2本の光ファイバから成るネットワークに対するダウンリンク及びアップリンク方向での光出力バランスの例を示す。2本の光ファイバは、一方がアップリンク方向であり、かつ他方がダウンリンク方向である。その増幅媒体は、エルビウムドープファイバ増幅部セクション28から成る。

【0063】

図示されていないが、一実施形態において、第3レーザダイオードは、マルチプレクサを介して、第3増幅光信号を光カプラ25<sub>2</sub>の入力に送信するように接続できる。レーザダイオード20、210からの増幅光信号が第3レーザダイオードを遮ることを阻止するために、マルチプレクサと第3レーザダイオードとの間に、アイソレータが配置される。この第3レーザダイオードからの第3増幅光信号は、光カプラ25<sub>2</sub>に入力されて、アッ

プリnk光データ信号を増幅する。例えば、光ファイバ $24_2$ から成る単一の増幅媒体を具備する本発明の実施形態において、レーザダイオードは、 $1350\text{nm}$ の波長に関連した増幅光コンポーネントを送信する。

【0064】

第3レーザダイオードを共有することは、標準的な伝送路終端装置に備わった増幅手段を除去することによって、ネットワークコストを削減する。

【0065】

どの実施形態が選択されようとも、ネットワークの枝路がただ1本の光ファイバから成る実施形態でのように、第2増幅信号を増幅する必要はない。何故ならば、増幅信号の光出力は、レイリー後方散乱効果が存在しないために、各枝路に2本以上の光ファイバを備える実施形態でのそれよりも大きいためである。故に、データ光信号のみが増幅される必要がある。

10

【0066】

本発明のすべての実施形態は、一対一光ネットワークに用いられてよい。このような実施形態は、ネットワークの枝路毎の増幅レーザか、又は、単一のレーザ及びそれらをネットワークのすべての枝路が共有できるようにするための手段かのどちらか一方を具備する必要がある。

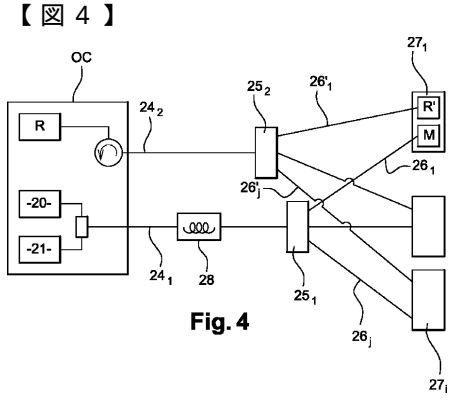
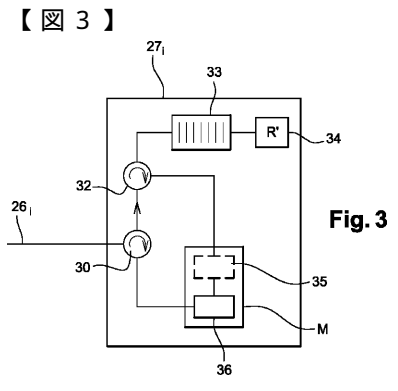
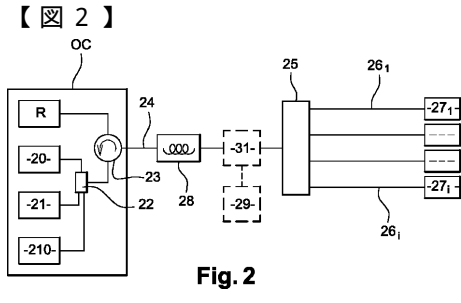
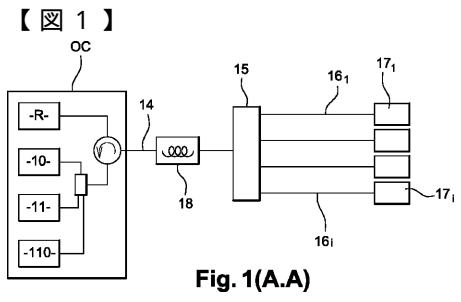
【符号の説明】

【0067】

- 20 第1レーザ
- 210 第2レーザダイオード
- 21 第3レーザダイオード
- 22 3:1光マルチプレクサ
- 23 3ポート光サーキュレータ
- 24 幹路光ファイバ
- 25 光カブラ
- 26<sub>1</sub> ~ 26<sub>i</sub> 2次側枝路光ファイバ
- 27<sub>1</sub> ~ 27<sub>i</sub> 伝送路終端装置
- 28 エルビウムドープ光ファイバセクション
- 29 第3レーザダイオード
- 30 第1光サーキュレータ
- 31 第4増幅光信号マルチプレクサ
- 32 第2光サーキュレータ
- 33 ブラッグ格子
- 35 電界吸収型変調器
- 36 半導体光増幅器
- M 変調及び増幅手段
- OC 光中央局
- R, R' 受信モジュール

20

30



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ナヴィーナ・ゲネー  
フランス・22300・ラニオン・ベグ・レゲール・シュマン・デュ・モウラン・ア・ヴェン・6  
0
- (72)発明者 エルワン・パンスマン  
フランス・22290・ゴムネク'アッシュ・ケルヌヴェ・(番地なし)
- (72)発明者 ベルトラン・ル・グヤデル  
フランス・22660・トレヴォー・トレギネ・リュ・ドゥ・トレストル・42・レジデンス・ド  
ゥ・ラ・プラーゲ・バティマン・ベー

審査官 工藤 一光

- (56)参考文献 特開2004-159328(JP,A)  
特開平09-191294(JP,A)  
米国特許出願公開第2006/0140631(US,A1)  
特開2006-191604(JP,A)  
特開2004-215247(JP,A)  
特開平02-282226(JP,A)  
特開2003-169021(JP,A)  
特表2008-543234(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/28

H04J14/00-14/08