

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3961973号
(P3961973)

(45) 発行日 平成19年8月22日(2007.8.22)

(24) 登録日 平成19年5月25日(2007.5.25)

(51) Int. Cl.	F I	
HO4B 10/08 (2006.01)	HO4B 9/00	K
GO1M 11/02 (2006.01)	GO1M 11/02	J
HO4J 14/00 (2006.01)	HO4B 9/00	E
HO4J 14/02 (2006.01)	HO4B 17/00	T
HO4B 17/00 (2006.01)	HO4B 9/00	G

請求項の数 7 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-70318 (P2003-70318)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成15年3月14日(2003.3.14)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2004-282363 (P2004-282363A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成16年10月7日(2004.10.7)	(73) 特許権者	000004226
審査請求日	平成17年2月22日(2005.2.22)		日本電信電話株式会社
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号
		(74) 代理人	100070150
			弁理士 伊東 忠彦
		(72) 発明者	前原 崇行
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	原沢 伸一朗
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 OTDRによる測定方法及び端局装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の端局と第2の端局とを有する光伝送システムにおいてOTDRによる測定を行う方法であって、

第1の端局に備えられたOTDR装置から第2の端局に向けて送出されるOTDR用信号光を、前記光伝送システムにおける主信号光を励起光として用いてラマン増幅し、OTDRによる測定を行うことを特徴とする方法。

【請求項2】

前記OTDR用信号光を、第2の端局から出力される主信号光を用いてラマン増幅する請求項1に記載の方法。

【請求項3】

第2の端局から第1の端局に送信される主信号光をラマン増幅するための第1の端局から出力される励起光を用いて、前記OTDR用信号光の励起光として用いられる前記主信号光をラマン増幅する請求項1又は2に記載の方法。

【請求項4】

前記光伝送システムにおける主信号光の波長帯は1550nm帯であり、前記OTDR用信号光の波長帯は1650nm帯である請求項1ないし3のうちいずれか1項に記載の方法。

【請求項5】

第1の端局と第2の端局とを有する光伝送システムにおいてOTDRによる測定を行う

方法であって、

第1の端局に備えられたOTDR装置から第2の端局に向けて送出されるOTDR用信号光を、第2の端局から第1の端局に送信される主信号光をラマン増幅するための第1の端局から出力される励起光を用いてラマン増幅し、OTDRによる測定を行うことを特徴とする方法。

【請求項6】

第2の端局から第1の端局に送信される主信号光をラマン増幅するための前記励起光の波長帯は1450nm帯であり、前記OTDR用信号光の波長帯は1550nm帯である請求項5に記載の方法。

【請求項7】

主信号光を第1の光伝送路に送出する送信装置と、主信号光を第2の光伝送路から受信する受信装置とを有する光伝送システムにおける端局装置であって、

前記光伝送システムにおける他の端局装置のOTDR装置から第2の光伝送路上に送信されるOTDR用信号光をラマン増幅するために、前記送信装置から出力された主信号光を励起光として第2の光伝送路に送出する手段を備えたことを特徴とする端局装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、OTDR (Optical Time Domain Reflectometry: 時間領域光反射測定法) を用いて光伝送システムにおける伝送路長手方向の損失分布の測定を行う技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバの試験技術として、光パルスを入射させて、後方散乱光の強度を時間的に観測することにより、光ファイバの伝搬損失の距離分布や障害点を検出するOTDR (Optical Time Domain Reflectometry: 時間領域光反射測定法) がある。

【0003】

さて、光ファイバを用いた伝送系には、両端局間を結ぶ伝送路上に一定間隔で中継器を設置して通信を行う有中継方式と、両端局間を結ぶ伝送路上に中継器を設置しないで通信を行う無中継方式とがあるが、有中継方式では、各中継器でEDF (エルビウムドープ光ファイバ) による光増幅を行うことにより長距離の光伝送システムを構成することが可能である。また、有中継方式ではコヒーレント検波を行うC-OTDRを用いることにより中継器を跨ぐ長距離の測定を行うことが可能である。

【0004】

一方、無中継方式は安価なシステムを構成できる反面、中継伝送をしないため、ラマン増幅を利用しても伝送可能な距離に制約があると同時に、OTDR用の信号光の伝送可能な距離にも制約があり、OTDR装置を設置した端局からの測定可能な距離に制約がある。また、無中継方式の一形態として、端局から所定の距離の伝送路上にEDFを用いたりモートアンプを挿入し、伝送可能距離を延ばす遠隔励起システムが用いられている。しかし、OTDRによる測定という面からこの方式を見ると、OTDR光として一般的に用いられている1550nm帯の波長はEDFによる吸収損失が大きいため、OTDRを行う端局から見てEDF以遠の損失分布を測定することは困難だった。また、EDFを透過する帯域である1650nm帯を用いたとしても、1650nm帯は光ファイバによる損失が大きいため、S/N比が悪くなり長距離の損失分布を測定することが困難である。

【0005】

【非特許文献1】

Huai H. Kee et al. "Extended-range optical time domain-reflectometry system at 1.65 μm based on delayed Raman amplification", Optical Letters Vol.23, No.5 March 1, 1998, pp.249-351

【0006】

【非特許文献2】

10

20

30

40

50

E.Cottino et al. " DYNAMIC RANGE INCREASE OF 1625 nm MONITORING SYSTEMS " , International Wire & Cable Symposium Proceedings 1995, pp.654-661

【 0 0 0 7 】

【 発明が解決しようとする課題 】

上記のように、無中継方式の光伝送システムではOTDRによる長距離スパンの光伝送路の損失分布などの測定ができないという問題があった。

【 0 0 0 8 】

本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、光伝送システムにおいてOTDRによる長距離スパンの測定を行う技術を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

【 課題を解決するための手段 】

本発明は上記の課題を、第1の端局と第2の端局とを有する光伝送システムにおいて、第1の端局に備えられたOTDR装置から第2の端局に向けて送出されるOTDR用信号光を、前記光伝送システムにおける主信号光を励起光として用いてラマン増幅することにより解決する。

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、主信号光をOTDR用信号光の励起光として用いることができるので、新たにOTDR用信号光用の励起光源を備えることなく、OTDR用信号光がラマン増幅されてダイナミックレンジが拡大し光伝送路の長距離スパンの測定が可能となる。

【 0 0 1 1 】

上記の励起光として用いる主信号光として、第1の端局から出力される主信号光を用いてもよいし、第2の端局から出力される主信号光を用いてもよい。更に、両方の主信号光を用いて双方向励起を行うこともできる。これにより、ラマン増幅の効果を一層高めることができる。

【 0 0 1 2 】

また、主信号光をラマン増幅するために用いる励起光を用いて、前記OTDR用信号光の励起光として用いられる主信号光をラマン増幅することにより、更にラマン増幅の効果を高めることができ、長距離スパンの測定が可能となる。前記光伝送システムにおける主信号光の波長帯として1550nm帯を用いると、前記OTDR用信号光の波長帯を1650nm帯とすることにより、効果的なラマン増幅を実現できる。また、1650nm帯のOTDR用信号光を用いることにより、EDFが含まれる光伝送システムでも、EDF以遠の光伝送路測定を行うことが可能となる。

【 0 0 1 3 】

また、本発明は上記の課題を、第1の端局に備えられたOTDR装置から第2の端局に向けて送出されるOTDR用信号光を、前記光伝送システムにおける主信号光の励起光を用いてラマン増幅または遠隔励起増幅することによっても解決できる。この場合、OTDR用信号光の波長帯として主信号光と同じ1550nm帯を用いる。

【 0 0 1 4 】

上記光伝送システムを構成する端局装置は、主信号光を第1の光伝送路に送出する送信装置と、主信号光を第2の光伝送路から受信する受信装置とを有し、送信装置から出力された主信号光を第2の光伝送路に送出する手段を備える。

【 0 0 1 5 】

このような構成により、主信号光を、対向する端局から送出されたOTDR用信号光の励起光として使用できる。

【 0 0 1 6 】

また、前記受信装置側に備えられた主信号光のラマン励起用光源から出力された光を前記第1の光伝送路に送出する手段を有することにより、ラマン励起用光源から出力された光をOTDR用信号光の励起光として用いられる主信号光の励起光として使用することができる。

【 0 0 1 7 】

10

20

30

40

50

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。本発明の実施の形態では、1550nm帯(C-band)の主信号光や主信号光の励起光などを励起光として用いることによりOTDR信号光のラマン増幅または遠隔励起増幅を行う。

【0018】

なお、本実施の形態における測定の方法は、C-OTDRに対しても、C-OTDRでないOTDRと同様に適用することができる。本明細書では、特に区別しない限りOTDRの用語はC-OTDRを含むものとして使用する。

【0019】

まず、本発明の実施の形態における光伝送システムの構成について図1を用いて説明する。 10

【0020】

図1に示す光伝送システムは、A局1とB局2とを両端局とする無中継の光伝送システムである。図中のA方向に着目すると、主信号光がA局1からB局2に送出されるとともに、その主信号光をラマン励起するため対向のB局2からラマン励起光または遠隔励起光が送出される。A局1からOTDRによる光伝送路の測定を行うために、A局1はOTDR装置101を備えている。なお、A局とB局間にEDF3、EDF4を用いたりモートアンプが挿入され遠隔励起光増幅システムを構成するが、本発明はEDF3が挿入されていないラマン増幅のみのシステムにも遠隔励起光増幅システムと同様に適用可能である。

【0021】

次に、A局1における装置構成を説明する。図1に示すように、B局2への光送信のための装置として、主信号の光源であるレーザダイオード(LD102)、LD102からの光を波長多重する波長分割多重装置(WDM103)、WDM103からの光を増幅する増幅器(AMP104)、及び本発明における方法を用いてOTDRによる測定を行うために用いる合分波手段105を備えている。更に、OTDRにより測定を行うためのOTDR装置101と、光フィルタ106と、OTDR信号光を他の光と合波してA方向の伝送路に送出するためのWDMカプラ107とを備えている。 20

【0022】

B局2からの主信号光を受信するための装置としては、本発明の方法を用いてOTDRによる測定を行うために用いる合分波手段108と、B局2からの光を波長分割するための波長分割多重装置(WDM109)と、波長分割された光を受光するためのフォトダイオード(PD110)を備えている。更に、B局2からの主信号光をラマン増幅または遠隔励起増幅するためのラマン、遠隔励起用光源111と、WDMカプラ112とを有している。 30

【0023】

B局2における装置構成もA局1と同様であるが、図1に示す形態ではB局2はOTDR装置を有しない。すなわち、B局2は、A局1への光送信のための装置として、レーザダイオード(LD202)、波長分割多重装置(WDM203)、増幅器(AMP204)、合分波手段205を備えている。A局1からの主信号光を受信するための装置としては、合分波手段208と、波長分割多重装置(WDM209)と、フォトダイオード(PD210)を備えている。更に、A局1からの主信号光をラマン増幅または遠隔励起増幅するためのラマン、遠隔励起用光源211と、WDMカプラ212とを有している。 40

【0024】

なお、図1に示す各合分波手段は、光スイッチ、WDMカプラ、局内での光ファイバの繋ぎ替え手段などのうちの1つ又は複数を組み合わせた手段であり、以下で説明する実施の形態に応じた構成をとるものである。図1に示すいずれかの合分波手段は実施の形態によってはなくてもよい。また、A局とB局のような光伝送システムを構成する端局における装置を端局装置と称する。

【0025】

次に、上記の構成を有する光伝送システムにおけるOTDRによる測定の方法について、 50

第1～第8の実施の形態を用いて説明する。以下の各実施の形態の説明において、同一の機能を有する装置部分には同一の符号を付するものとする。なお、第1～第8の実施の形態はA回線を測定する場合の例であり、第9～第15の実施の形態はB回線を測定する場合の例である。

【0026】

(第1の実施の形態)

図2は本発明の第1の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。図2に示すように、本実施の形態では合分波手段105、108を備えていない。

【0027】

図2に示す第1の実施の形態ではOTDR信号光として1650nm帯(b)の光を用いる。なお、OTDR信号光の適用可能な波長範囲は1600～1700nmである。また、A局1からのC-bandの主信号光(a:1550nm帯信号)を励起光として用い、OTDR装置101からのOTDR信号光(b:1650nm帯信号)をラマン増幅することによりダイナミックレンジを拡大する。すなわち、図3に示すように、1650nm帯の光は1550nm帯の光によりラマン増幅することが可能なので、主信号の光源から送出される光をOTDR信号光のラマン励起光として用いることができる。なお、図3において1450nm帯の光が1550nm帯の光をラマン増幅する形態については後述する。

【0028】

このように、1550nm帯の主信号光によりラマン増幅が可能な波長帯域である1650nm帯の光をOTDR信号光として用いることにより、OTDR信号光用にラマン励起用の光源を新たに設けることなく、主信号用の光源を用いて、長手方向の損失分布測定距離を大幅に伸ばすことが可能となる。また、1650nm帯の光はEDFを含む系により吸収されにくいので、EDFが含まれる光伝送システムでも長距離の測定が可能となる。

【0029】

(第2の実施の形態)

図4は本発明の第2の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【0030】

第2の実施の形態では、OTDR信号光として主信号と同じ1550nm帯(a)の光を用い、B方向の信号光をラマン増幅するためのラマン励起用光源111から送出される励起光(c:1450nm帯信号)を用いてOTDR信号光をラマン増幅してOTDR測定の高距離化を行っている。なお、本実施の形態ではOTDR信号光の適用可能な波長範囲は1500～1600nmである。

【0031】

本実施の形態では、図1に示した合分波手段105、108は、図4に示す光スイッチ12、13として機能する。光スイッチ12は、OTDRによる測定をしていないときにはA局光源からの主信号光(AMP104から出力される光)をA回線に送出し、OTDRによる測定時には、A局光源からの主信号光を切断し、代わりに光スイッチ13からの励起光をA回線に向けて送出する。この励起光はWDMカプラ107によりOTDR信号光に合波される。

【0032】

光スイッチ13は、OTDRによる測定をしていないときにはA局のラマン励起用光源111からの励起光をB回線に向けて送出し、OTDRによる測定時には、ラマン励起用光源111からの励起光をB回線ではなく光スイッチ12の方向へ送出する。

【0033】

本実施の形態によれば、主信号光(a:1550nm帯信号)と同じ波長帯をOTDR信号光として用いるので、図3に示したように、主信号光をラマン増幅するための励起光(c:1450nm帯信号)をOTDR信号光の励起光として用いることができ、OT

10

20

30

40

50

D R 信号光がラマン増幅される結果、長手方向の損失分布測定距離を大幅に伸ばすことが可能となる。

【0034】

(第3の実施の形態)

図5は本発明の第3の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【0035】

第3の実施の形態では、OTDR信号光として1650nm帯(b)の光を用いる。なお、OTDR信号光の適用可能な波長範囲は1600~1700nmである。そして、A局光源からの主信号光(a:1550nm帯信号)を用いてOTDR装置101からのOTDR信号光(b:1650nm)をラマン増幅する。更に、ラマン励起用光源111からの励起光(c:1450nm帯信号)を用いてOTDR信号光の増幅のために用いる主信号光(a:1550nm帯信号)をラマン増幅する。すなわち、cの1次のストークス波を利用しaを励起し、aの元々のパワーを1次ストークス波として利用し、cにより励起されたaのパワーを2次ストークス波として利用し、bを励起する。これによりOTDR信号光を増幅し、ダイナミックレンジを拡大させてOTDR測定の長距離化を行っている。

10

【0036】

本実施の形態では、図1に示したA回線側の合分波手段105が図5に示すWDMカプラ14として機能する。また、合分波手段108が図5に示す光スイッチ13として機能する。

20

【0037】

WDMカプラ14は、A局光源からの主信号光と光スイッチ13からの励起光とを合波してA方向に送出する。光スイッチ13は、OTDRによる測定時に、A局ラマン励起用光源111からの励起光をB回線ではなくWDMカプラ14の方向へ送出する。

【0038】

本実施の形態によれば、主信号光(a:1550nm帯信号)をOTDR信号光(b:1650nm)の励起光として用いる。更に、本来はB回線における主信号の励起光(c:1450nm帯信号)として使用される励起光を、A回線における主信号光の励起光として使用して主信号光のラマン増幅を行う。そして、その主信号光をOTDR信号光の励起光として用いるので、長手方向の損失分布測定距離を大幅に伸ばすことが可能となる。また、OTDR信号光として1650nmを用いるので、EDFが含まれる系でも長距離の調査が可能となる。

30

【0039】

(第4の実施の形態)

図6は本発明の第4の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【0040】

第4の実施の形態では、OTDR信号光として1650nm帯(b)を用いる。なお、OTDR信号光の適用可能な波長範囲は1600~1700nmである。そして、A局光源からの主信号光(a:1550nm帯信号)を用いてOTDR装置101からのOTDR信号光をラマン増幅することに加えて、B局光源からの主信号光(a:1550nm帯信号)を励起光として用いることによりOTDR信号光をラマン増幅する。すなわち、両方向の主信号光をラマン増幅用の双方向励起光として用いる。

40

【0041】

第4の実施の形態では、図1に示したB局2におけるB回線側の合分波手段205が図6に示す光スイッチ16として機能する。光スイッチ16は、OTDRによる測定をしていないときにはB局光源からの主信号光(AMP204から出力される光)をB回線に送出し、OTDRによる測定時には、B局光源からの主信号光をA回線側のWDMカプラ17に送出するように切り替わる。

50

【0042】

また、B局2におけるA回線側の合分波手段208が図6に示すWDMカプラ17として機能する。このWDMカプラ17は、光スイッチ16から送出されるB局光源からの主信号光をA回線上でA局1に向かう方向に送出する。

【0043】

第4の実施の形態では、両方向の主信号光（a：1550nm帯信号）をOTDR信号光（b：1650nm帯信号）に対する双方向励起光として用いることにより、長手方向の損失分布測定距離を大幅に伸ばすことが可能となり、長距離の調査が可能となる。また、1650nm帯をOTDR信号光として用いることにより、EDFが含まれるシステムでもOTDRによる測定を行うことが可能となる。

10

【0044】

（第5の実施の形態）

図7は本発明の第5の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【0045】

第5の実施の形態では、OTDR信号光として1650nm帯（b）の光を用いる。なお、OTDR信号光の適用可能な波長範囲は1600～1700nmである。そして、A局光源からの主信号光（a：1550nm帯信号）を用いてOTDR装置101からのOTDR信号光（b：1650nm）をラマン増幅する。更に、B方向の信号光をラマン増幅するためのラマン励起用光源111からの励起光（c：1450nm帯信号）を用いてOTDR信号光の増幅のために用いる主信号光をラマン増幅することにより、OTDR信号光を増幅する。これに加えて、B局光源からの主信号光（a：1550nm帯信号）も励起光として用いてOTDR信号光をラマン増幅する。

20

【0046】

本実施の形態では、図1に示したA回線側の合分波手段105が、図7に示すWDMカプラ14として機能する。このWDMカプラ14は、A局光源からの主信号光と光スイッチ13からの励起光とを合波してA方向に送出する。また、光スイッチ13は、OTDRによる測定時に、A局のラマン励起用光源111からの励起光をB回線ではなくWDMカプラ14の方向へ送出する。

【0047】

また、B局におけるB回線側の合分波手段205は図7に示す光スイッチ16として機能する。この光スイッチ16は、OTDRによる測定時に、B局光源からの主信号光をA回線側のWDMカプラ17に送出する。更に、B局におけるA回線側の合分波手段208は図7に示すWDMカプラ17として機能する。このWDMカプラ17は、光スイッチ16により切り替えられたB局光源からの主信号光をA回線上でA局に向かう方向に送出する。

30

【0048】

本実施の形態によれば、主信号（a：1550nm帯信号）をOTDR信号光（b：1650nm）の励起光として用いてOTDR信号光をラマン増幅する。更に、B方向の主信号の励起光（c：1450nm帯信号）として使用される励起光を、上記主信号の励起光として使用し、主信号光をラマン増幅するので、OTDR信号光を更に増幅することができる。これに加えて、B方向の主信号光（a：1550nm帯信号）をOTDR信号光の励起光として用いるのでOTDR信号光を更に増幅することができ、長手方向の損失分布測定距離を大幅に伸ばすことが可能となる。また、OTDR信号光として1650nmを用いるので、EDFが含まれる光伝送システムでも長距離の調査が可能となる。

40

【0049】

（第6の実施の形態）

図8は本発明の第6の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

50

【0050】

第6の実施の形態では、OTDR信号光として1650nm帯（b）を用いる。なお、OTDR信号光の適用可能な波長範囲は1600～1700nmである。そして、A局光源からの主信号光（a：1550nm帯信号）を用いてOTDR装置101からのOTDR信号光をラマン増幅することに加えて、B局光源からの主信号光（a：1550nm帯信号）をOTDR信号光の励起光として用いることによりOTDR信号光をラマン増幅する。更に、B局のラマン励起用光源211からのラマン励起光を双方向の主信号光（a：1550nm帯信号）の励起光として用いることにより、主信号光をラマン増幅して、OTDR信号光を一層ラマン増幅することによりOTDRによる測定の長距離化を行う。

10

【0051】

第6の実施の形態では、B局2におけるB回線側の合分波手段205が図8に示す光スイッチ16として機能する。この光スイッチ16は、OTDRによる測定時に、B局光源からの主信号光をA回線側のWDMカプラ17に送出するように切り替わる。また、B局2におけるA回線側の合分波手段208は図8に示すWDMカプラ17として機能する。このWDMカプラ17は、光スイッチ16から送出されるB局光源からの主信号光をラマン励起用光源211からの励起光（c：1450nm帯信号）と合波し、A回線上でB方向に送出する。

【0052】

第6の実施の形態では、両方向の主信号光をOTDR信号光に対する双方向の励起光として用い、更にB局のラマン励起用光源211からの励起光（c：1450nm帯信号）を双方向の主信号の励起光として用いることにより、OTDRにおける長手方向の損失分布測定距離を大幅に伸ばすことが可能となり、長距離の調査が可能となる。また、1650nm帯信号をOTDR信号光として用いることにより、EDFが含まれるシステムでも長距離の調査が可能となる。

20

【0053】

（第7の実施の形態）

図9は本発明の第7の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【0054】

第7の実施の形態では、OTDR信号光として1650nm帯（b）の光を用いる。なお、OTDR信号光の適用可能な波長範囲は1600～1700nmである。そして、A局光源からの主信号光（a：1550nm帯信号）を用いてOTDR装置101からのOTDR信号光（b：1650nm帯信号）をラマン増幅する。更に、B方向の主信号光をラマン増幅するためのラマン励起用光源111からの励起光（c：1450nm帯信号）を用いてOTDR信号光の増幅のために用いる主信号光をラマン増幅することにより、OTDR信号光を更に増幅する。これに加えて、B局光源からの主信号光（a：1550nm帯信号）もOTDR信号光の励起光として用いるとともに、B局のラマン励起用光源211からの主信号用励起光（c：1450nm帯信号）を上記主信号のラマン励起用に用いる。

30

40

【0055】

本実施の形態では、図1に示したA局1におけるA回線側の合分波手段105が、図9に示すWDMカプラ14として機能する。このWDMカプラ14は、A局光源からの主信号光と光スイッチ13からの励起光（c：1450nm帯信号）とを合波してA方向に送出する。また、合分波手段108は光スイッチ13として機能し、この光スイッチ13は、OTDRによる測定時に、A局のラマン励起用光源111からの励起光をB回線ではなくWDMカプラ14の方向へ送出する。

【0056】

また、B局2におけるB回線側の合分波手段205は図9に示す光スイッチ16として機能する。この光スイッチ16は、OTDRによる測定時に、B局光源からの主信号光をA

50

回線側のWDMカプラ17に送出する。更に、B局2におけるA回線側の合分波手段208は図9に示すWDMカプラ17として機能し、このWDMカプラ17は、光スイッチ16から送出されるB局光源からの主信号光を、B局のラマン励起用光源211からの主信号用励起光(c:1450nm帯信号)と結合してA回線上でB方向に送出する。

【0057】

本実施の形態によれば、主信号(a:1550nm帯信号)をOTDR信号光(b:1650nm)の双方向の励起光として用いてOTDR信号光を増幅する。これに加えて、主信号用の双方向の励起光(c:1450nm帯信号)により、上記の主信号光をラマン増幅することにより、OTDR信号光を増幅し、長手方向の損失分布測定距離を大幅に伸ばすことが可能となる。また、OTDR信号光として1650nmを用いるので、EDFが含まれる光伝送システムでも長距離の調査が可能となる。

10

【0058】

(第8の実施の形態)

上記の各実施の形態ではA局側からOTDRによる測定をする例を示したが、各実施の形態においてB局側にもOTDR装置を備え、A局側からのOTDRに加えて、B局側からOTDRを行うようにしてもよい。双方向の主信号光によりOTDR信号光のラマン励起を行う第4の実施の形態の構成を例にとり、A、Bの両局からOTDRを行う構成を図10に示す。

【0059】

図11は両局からOTDRを行う場合における効果を示す図である。図11に示すように、光伝送路の両端局間の距離が長くて片側だけからのOTDRでは光伝送システムの全スパンを測定できない場合でも、両局からOTDRを行うことにより、EDFを含むシステムにおいても全スパンを測定できる。

20

【0060】

(第9の実施の形態)

図12は本発明の第9の実施の形態におけるOTDRによる測定方法を説明するための図である。第9~第15の実施の形態では、OTDR装置101をB回線側に備えることによりB回線の測定を行う。

【0061】

第9の実施の形態では、OTDR信号光として1650nm帯(b)の光を用いる。なお、OTDR信号光の適用可能な波長範囲は1600~1700nmである。そして、A局光源から主信号光(a:1550nm帯信号)を用いてOTDR装置101からのOTDR信号光(b:1650nm)をラマン増幅する。

30

【0062】

本実施の形態では、図1に示した合分波手段105、108は図12に示す光スイッチ21、22として機能する。光スイッチ21は、OTDRによる測定をしていない時にはA局光源からの主信号光をA回線に送出し、OTDRによる測定時にはA局光源からの主信号光を光スイッチ22の方向に送出する。光スイッチ22は、OTDRによる測定をしていない時にはA局のラマン励起用光源111からの励起光をB回線に送出し、OTDRによる測定時には光スイッチ21からのA局主信号光をB回線に向けて送出する。

40

【0063】

本実施の形態によれば、第1の実施の形態における効果と同様の効果をB回線において得ることができる。

【0064】

(第10の実施の形態)

図13は本発明の第10の実施の形態におけるOTDRによる測定方法を説明するための図である。

【0065】

第10の実施の形態では、OTDR信号光として主信号と同じ1550nm帯(a)の光を用い、B方向の信号光をラマン増幅するためのラマン励起用光源111から送出され

50

る励起光（ $c : 1450 \text{ nm}$ 帯）を用いてOTDR信号光をラマン増幅してOTDRの長距離化を行っている。なお、本実施の形態ではOTDR信号光の適用可能な波長範囲は $1500 \sim 1600 \text{ nm}$ である。本実施形態では合分波手段を備えなくとも良い。

【0066】

本実施の形態によれば、第2の実施の形態における効果と同様の効果をB回線において得ることができる。

（第11の実施の形態）

図14は本発明の第11の実施の形態におけるOTDRによる測定方法を説明するための図である。

【0067】

第11の実施の形態では、OTDR信号光として 1650 nm 帯（ b ）の光を用いる。なお、OTDR信号光の適用可能な波長範囲は $1600 \sim 1700 \text{ nm}$ である。そして、A局光源から主信号光（ $a : 1550 \text{ nm}$ 帯信号）を用いてOTDR装置101からのOTDR信号光（ $b : 1650 \text{ nm}$ 帯）をラマン増幅する。更にラマン励起用光源111からの励起光（ $c : 1450 \text{ nm}$ 帯信号）を用いてOTDR信号光の増幅のために用いる主信号光（ $a : 1550 \text{ nm}$ 帯信号）をラマン増幅する。すなわち、 c の1次のストークス波を利用し a を励起し、 a の元々パワーを1次ストークス波として利用し、 c により励起された a のパワーを2次ストークス波として利用し、 b を励起する。これによりOTDR信号光を増幅し、ダイナミックレンジを拡大させてOTDR測定の長距離化を行っている。

【0068】

本実施の形態では、図1に示した合分波手段105が図14に示す光スイッチ21として機能する。また、合分波手段108が図14に示すWDMカプラ23として機能する。

【0069】

光スイッチ21はOTDRによる測定時にA局光源からの主信号光をA回線ではなくWDMカプラ23の方向へ送出する。WDMカプラ23はA局ラマン励起用光源からの励起光を上記主信号光と合波してB回線のA方向に送出する。

【0070】

本実施の形態によれば、第3の実施の形態における効果と同様の効果をB回線において得ることができる。

（第12の実施の形態）

図15は本発明の第12の実施の形態におけるOTDRによる測定方法を説明するための図である。

【0071】

第11の実施の形態では、OTDR信号光として 1650 nm 帯（ b ）の光を用いる。なお、OTDR信号光の適用可能な波長範囲は $1600 \sim 1700 \text{ nm}$ である。そして、A局光源から主信号光（ $a : 1550 \text{ nm}$ 帯信号）を用いてOTDR装置101からのOTDR信号光（ $b : 1650 \text{ nm}$ 帯）をラマン増幅する。更にB局光源からの主信号を励起光として用いることによりOTDR信号光をラマン増幅する。すなわち、両方向の主信号光をラマン増幅用の双方向励起光として用いる。

【0072】

本実施の形態では、図1に示した合分波手段105が図15に示す光スイッチ21として機能する。また、合分波手段108が図15に示すWDMカプラ23として機能する。光スイッチ21はOTDRによる測定時にA局光源からの主信号光をA回線ではなくWDMカプラ23の方向へ送出する。WDMカプラ23は上記主信号光をB回線のA方向に送出する。

【0073】

本実施の形態によれば、第4の実施の形態における効果と同様の効果をB回線において得ることができる。

【0074】

10

20

30

40

50

(第13の実施の形態)

図16は本発明の第13の実施の形態におけるOTDRによる測定方法を説明するための図である。

【0075】

第13の実施の形態では、OTDR信号光として1650nm帯(b)の光を用いる。なお、OTDR信号光の適用可能な波長範囲は1600~1700nmである。そして、A局光源から主信号光(a:1550nm帯信号)を用いてOTDR装置101からのOTDR信号光(b:1650nm帯)をラマン増幅する。更にラマン励起用光源111からの励起光(c:1450nm帯信号)を用いてOTDR信号光の増幅のために用いる主信号光(a:1550nm帯信号)をラマン増幅する。更にB局光源からの主信号を励起光として用いることによりOTDR信号光をラマン増幅する。すなわち、両方向の主信号光をラマン増幅用の双方向励起光として用い、更にラマン励起用光源111からの励起光(c:1450nm帯信号)を用いてOTDR信号光の増幅のために用いる主信号光(a:1550nm帯信号)をラマン増幅する。

10

【0076】

本実施の形態では、図1に示した合分波手段105が図12に示す光スイッチ21として機能する。また、合分波手段108が図12に示すWDMカプラ23として機能する。光スイッチ21はOTDRによる測定時にA局光源からの主信号光をA回線ではなくWDMカプラ23の方向へ送出する。WDMカプラ23はA局光源からの主信号光をラマン励起用光源111からの励起光と合波してB回線のA方向に送出する。

20

【0077】

本実施の形態によれば、第5の実施の形態における効果と同様の効果をB回線において得ることができる。

【0078】

(第14の実施の形態)

図17は本発明の第14の実施の形態におけるOTDRによる測定方法を説明するための図である。

【0079】

第14の実施の形態では、OTDR信号光として1650nm帯(b)の光を用いる。なお、OTDR信号光の適用可能な波長範囲は1600~1700nmである。そして、A局光源から主信号光(a:1550nm帯信号)を用いてOTDR装置101からのOTDR信号光(b:1650nm帯)をラマン増幅する。更にB局光源からの主信号を励起光として用いることによりOTDR信号光をラマン増幅する。更にB局からラマン励起用光源211からの励起光(c:1450nm帯信号)を用いてOTDR信号光の増幅のために用いる主信号光(a:1550nm帯信号)をラマン増幅する。すなわち、両方向の主信号光をラマン増幅用の双方向励起光として用い、更にB局ラマン励起用光源211からの励起光(c:1450nm帯信号)を用いてOTDR信号光の増幅のために用いる主信号光(a:1550nm帯信号)をラマン増幅する。

30

【0080】

本実施の形態では、図1に示した合分波手段105が図17に示す光スイッチ21として機能する。また、合分波手段108が図17に示すWDMカプラ23として機能する。光スイッチ21、WDMカプラ23の機能は第12の実施の形態で説明した通りである。

40

【0081】

また、B局におけるB回線側の合分波手段208は図17に示す光スイッチ24として機能する。この光スイッチ24はOTDRによる測定時に、B局のラマン励起用光源211からの励起光をB回線側のWDMカプラ25に送出する。更に、B回線側の合分波手段205は図17に示すWDMカプラ25として機能する。このWDMカプラ25は、光スイッチ24により切り替えられたラマン励起用光をB局光源からの主信号光と合波してB回線上でA局に向かう方向に送出する。

【0082】

50

本実施の形態によれば、第6の実施の形態における効果と同様の効果をB回線において得ることができる。

【0083】

(第15の実施の形態)

図18は本発明の第15の実施の形態におけるOTDRによる測定方法を説明するための図である。

【0084】

第15の実施の形態では、OTDR信号光として1650nm帯(b)の光を用いる。なお、OTDR信号光の適用可能な波長範囲は1600~1700nmである。そして、A局光源から主信号光(a:1550nm帯信号)を用いてOTDR装置101からのOTDR信号光(b:1650nm帯)をラマン増幅する。更にA局のラマン励起用光源111からの励起光(c:1450nm帯信号)を用いてOTDR信号光の増幅のために用いる主信号光(a:1550nm帯信号)をラマン増幅する。更にB局光源からの主信号を励起光として用いることによりOTDR信号光をラマン増幅する。更にB局のラマン励起用光源211からの励起光(c:1450nm帯信号)を用いてOTDR信号光の増幅のために用いる主信号光(a:1550nm帯信号)をラマン増幅する。すなわち、両方向の主信号光をラマン増幅用の双方向励起光として用い、更にA、B両局のラマン励起用光源からの励起光(c:1450nm帯信号)を用いてOTDR信号光の増幅のために用いる主信号光(a:1550nm帯信号)をラマン増幅する。

【0085】

本実施の形態では、図1に示した合分波手段105が図18に示す光スイッチ21として機能する。また、合分波手段108が図18に示すWDMカプラ23として機能する。光スイッチ21、WDMカプラ23の機能は第13の実施の形態で説明した通りである。

【0086】

また、B局におけるB回線側の合分波手段208は図18に示す光スイッチ24として機能する。更に、B回線側の合分波手段205は図18に示すWDMカプラ25として機能する。光スイッチ24、WDMカプラ25の機能は第14の実施の形態で説明した通りである。

【0087】

本実施の形態によれば、第7の実施の形態における効果と同様の効果をB回線において得ることができる。

【0088】

(第16の実施の形態)

図19は本発明の第16の実施の形態におけるOTDRによる測定方法を説明するための図である。

【0089】

第16の実施の形態では、OTDR信号光として主信号と同じ1550nm帯(a)の光を用い、B方向の信号光を遠隔励起増幅するための遠隔励起用光源111から送出される励起光(c:1480nm帯)を用いてOTDR信号光を遠隔励起してOTDRの長距離化を行っている。なお、本実施の形態ではOTDR信号光の適用可能な範囲は1500~1600nmである。また、本実施の形態では合分波手段を備えなくとも良い。

【0090】

本発明は、上記の実施例に限定されることなく、特許請求の範囲内において、種々変更・応用が可能である。

【0091】

(付記1) 第1の端局と第2の端局とを有する光伝送システムにおいてOTDRによる測定を行う方法であって、

第1の端局に備えられたOTDR装置から第2の端局に向けて送出されるOTDR用信号光を、前記光伝送システムにおける主信号光を励起光として用いてラマン増幅し、OTDRによる測定を行うことを特徴とする方法。

10

20

30

40

50

(付記2) 前記OTDR用信号光を、第1の端局から出力される主信号光を用いてラマン増幅する付記1に記載の方法。

【0092】

(付記3) 前記OTDR用信号光を、第2の端局から出力される主信号光を用いてラマン増幅する付記1又は2に記載の方法。

(付記4) 第2の端局から第1の端局に送信される主信号光をラマン増幅するための第1の端局から出力される励起光を用いて、前記OTDR用信号光の励起光として用いられる主信号光をラマン増幅する付記1ないし3のうちいずれか1項に記載の方法。

(付記5) 第1の端局から第2の端局に送信される主信号光をラマン増幅するための第2の端局から出力される励起光を用いて、前記OTDR用信号光の励起光として用いられる主信号光をラマン増幅する付記1ないし4のうちいずれか1項に記載の方法。

10

【0093】

(付記6) 前記光伝送システムにおける主信号光の波長帯は1550nm帯であり、前記OTDR用信号光の波長帯は1650nm帯である付記1ないし5のうちいずれか1項に記載の方法。

(付記7) 第1の端局と第2の端局とを有する光伝送システムにおいてOTDRによる測定を行う方法であって、

第1の端局に備えられたOTDR装置から第2の端局に向けて送出されるOTDR用信号光を、前記光伝送システムにおける主信号光の励起光を用いてラマン増幅し、OTDRによる測定を行う方法。

20

【0094】

(付記8) 前記光伝送システムにおける主信号光の励起光の波長帯は1450nm帯または1480nm帯であり、前記OTDR用信号光の波長帯は1550nm帯である付記7に記載の方法。

【0095】

(付記9) 第1の端局と第2の端局とを有する光伝送システムにおいてOTDRによる測定を行う方法であって、

第1の端局に備えられたOTDR装置から第2の端局に向けて送出されるOTDR用信号光を、第1の端局から出力される遠隔励起光増幅用の励起光を用いて遠隔励起増幅およびラマン増幅し、OTDRによる測定を行うことを特徴とする方法。

30

【0096】

(付記10) 前記光伝送システムにおける主信号光の波長帯及びOTDR用信号光の波長帯は1550nm帯である付記9に記載の方法。

【0097】

(付記11) 主信号光を第1の光伝送路に送出する送信装置と、主信号光を第2の光伝送路から受信する受信装置とを有する光伝送システムにおける端局装置であって、前記送信装置から出力された主信号光を第2の光伝送路に送出する手段を備えたことを特徴とする端局装置。

(付記12) 前記送出する手段は、前記送信装置側に備えられた光スイッチと、前記受信装置側に備えられたカプラとを有する付記11に記載の端局装置。

40

【0098】

(付記13) 主信号光を第1の光伝送路に送出する送信装置と、主信号光を第2の光伝送路から受信する受信装置とを有する光伝送システムにおける端局装置であって、前記受信装置側に備えられた主信号光のラマン励起用光源から出力された光を前記第1の光伝送路に送出する手段を有することを特徴とする端局装置。

【0099】

(付記14) 前記送出する手段は、前記受信装置側に備えられた光スイッチと、前記送信装置側に備えられたカプラとを有する付記13に記載の端局装置。

【0100】

(付記15) 主信号光を第1の光伝送路に送出する送信装置と主信号光を第2の光伝送

50

路から受信する受信装置とを有する第1の端局装置と、主信号光を第2の光伝送路に送出する送信装置と主信号光を第1の光伝送路から受信する受信装置とを有する第2の端局装置とを有する光伝送システムであって、
第1の端局装置における送信装置から出力された主信号光を第2の光伝送路に送出する手段を備えたことを特徴とする光伝送システム。

【0101】

(付記16) 前記送出する手段は、前記第1の端局装置における送信装置側に備えられた光スイッチと、前記第1の端局装置における受信装置側に備えられたカプラとを有する付記15に記載の光伝送システム。

【0102】

(付記17) 主信号光を第1の光伝送路に送出する送信装置と主信号光を第2の光伝送路から受信する受信装置とを有する第1の端局装置と、主信号光を第2の光伝送路に送出する送信装置と主信号光を第1の光伝送路から受信する受信装置とを有する第2の端局装置とを有する光伝送システムであって、
第1の端局装置における受信装置側に設けられた主信号のラマン励起用光源から出力された光を第1の光伝送路に送出する手段を備えたことを特徴とする光伝送システム。

【0103】

(付記18) 前記送出する手段は、前記第1の端局装置における受信装置側に備えられた光スイッチと、前記第1の端局装置における送信装置側に備えられたカプラとを有する付記17に記載の光伝送システム。

【0104】

【発明の効果】

本発明によれば、主信号光をOTDR用信号光の励起光として用いることができるので、新たにOTDR用信号光用の励起光源を備えることなく、OTDR用信号光がラマン増幅されることにより無中継光伝送路の長距離スパンの測定が可能となる。また、主信号光用の励起光を、OTDR用信号光の励起光として用いられる主信号光の励起光として用いることにより、OTDR用信号光が更にラマン増幅され、光伝送路の長距離スパンの測定が可能となる。また、OTDR用信号光として1650nm帯を用いる方法と、1480nm帯の励起光を用いる方法により、EDFが含まれる光伝送路システムにおいても、EDF以遠の光伝送路の測定が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態における光伝送システムの構成図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図3】OTDR信号光をラマン増幅することを説明するための図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図6】本発明の第4の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図7】本発明の第5の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図8】本発明の第6の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図9】本発明の第7の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図10】本発明の第8の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図11】両局からOTDRを行う場合における効果を示す図である。

10

20

30

40

50

【図12】本発明の第9の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図13】本発明の第10の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図14】本発明の第11の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図15】本発明の第12の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図16】本発明の第13の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

10

【図17】本発明の第14の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図18】本発明の第15の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【図19】本発明の第16の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図である。

【符号の説明】

1 A局

2 B局

101、201 OTDR装置（又はC-OTDR装置）

20

102、202 LD

103、203、109、209 WDM

104、204 AMP

105、108、205、208 合分波手段

110、210 PD

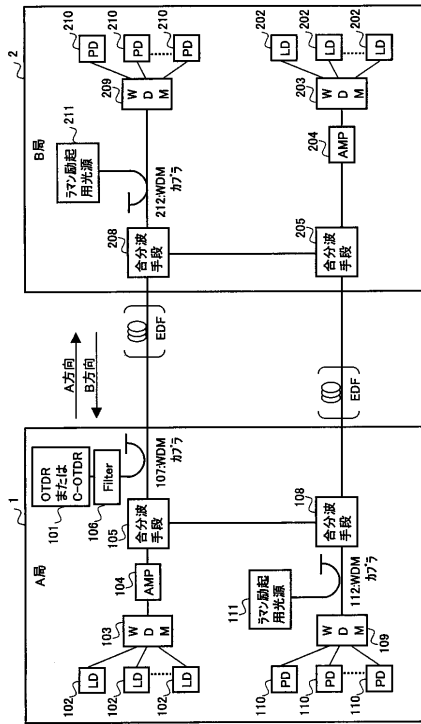
111、211 ラマンおよび遠隔励起用光源

17、14、23、25、107、207、112、212 WDMカプラ

12、13、16、21、22、24 光スイッチ

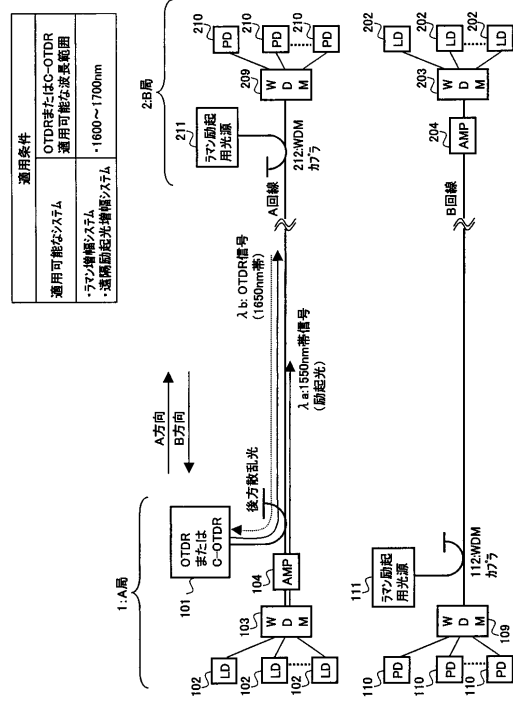
【 図 1 】

本発明の実施の形態における光伝送システムの構成図



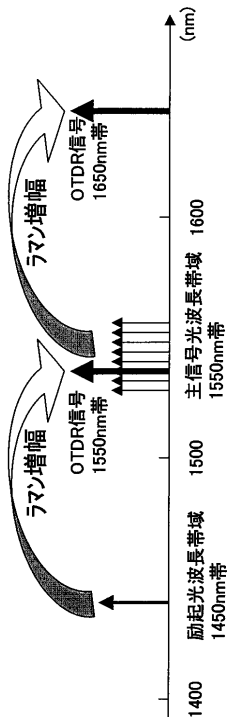
【 図 2 】

本発明の第1の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



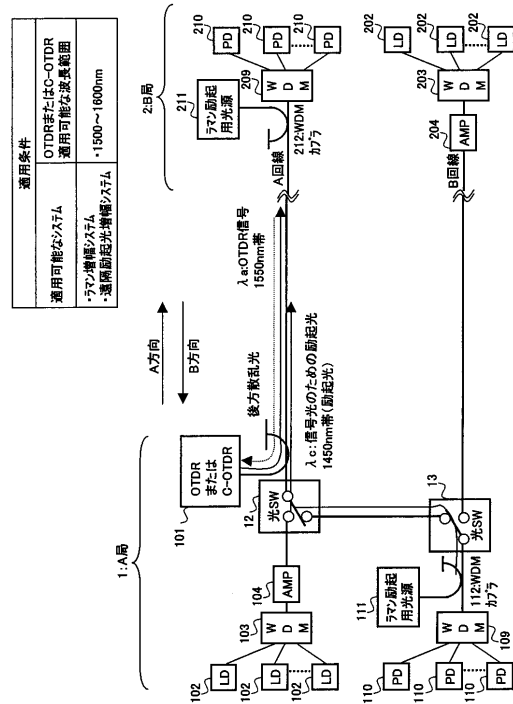
【 図 3 】

OTDR信号光をラマン増幅することを説明するための図



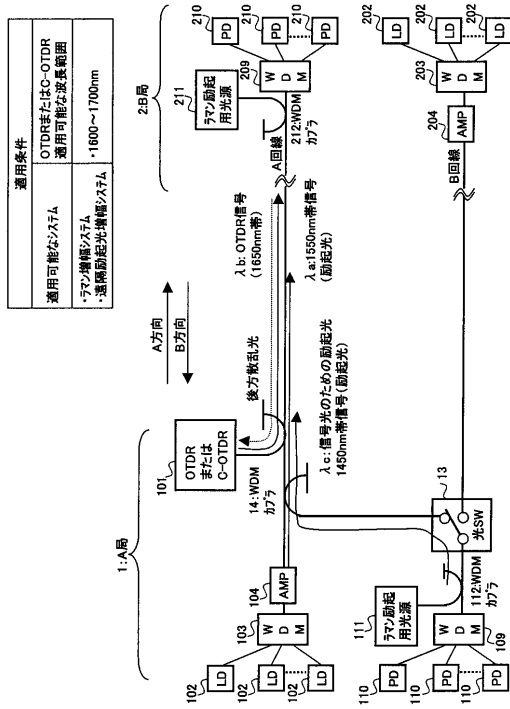
【 図 4 】

本発明の第2の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



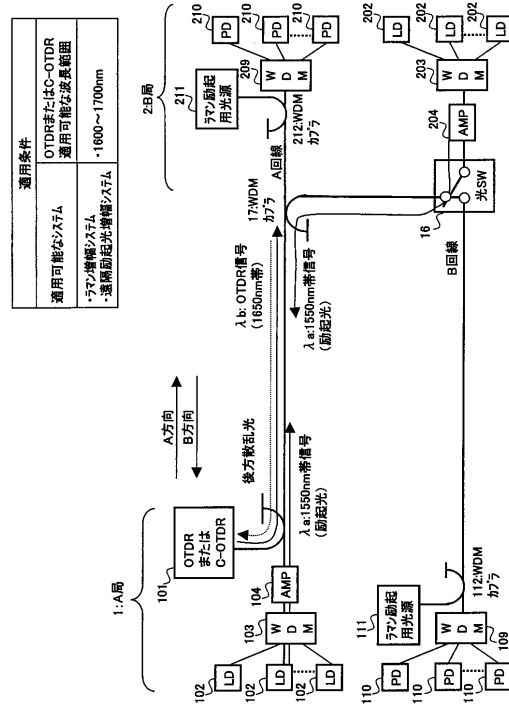
【 図 5 】

本発明の第3の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



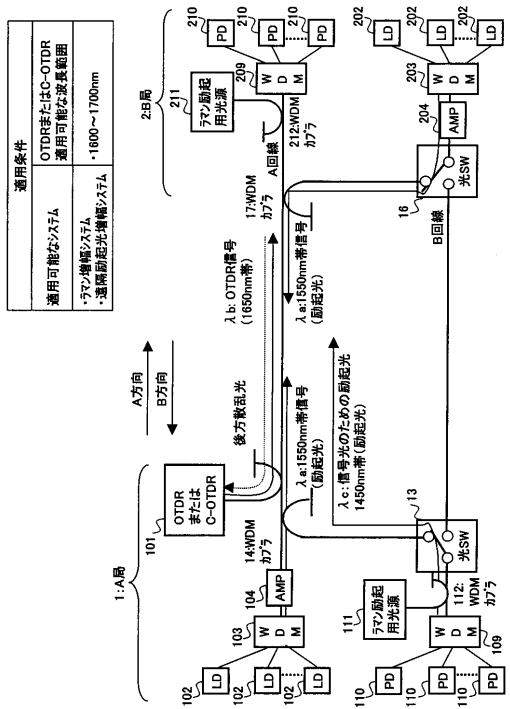
【 図 6 】

本発明の第4の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



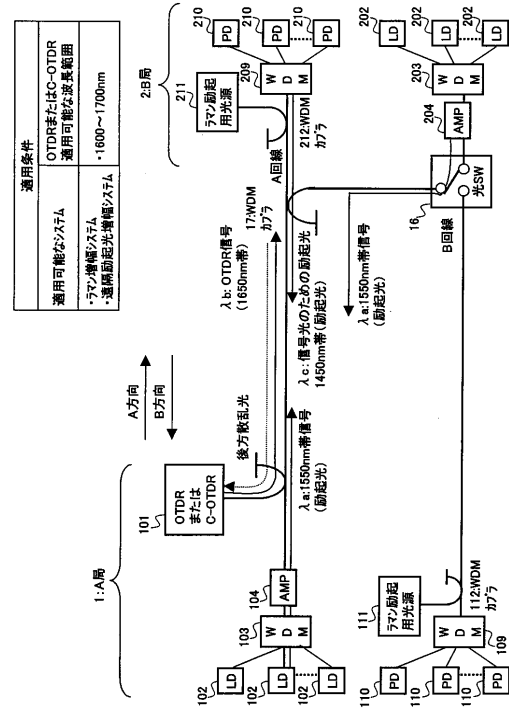
【 図 7 】

本発明の第5の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



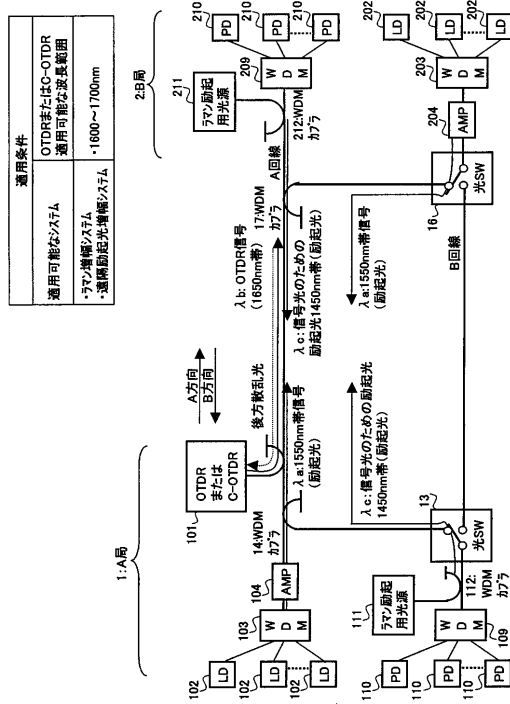
【 図 8 】

本発明の第6の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



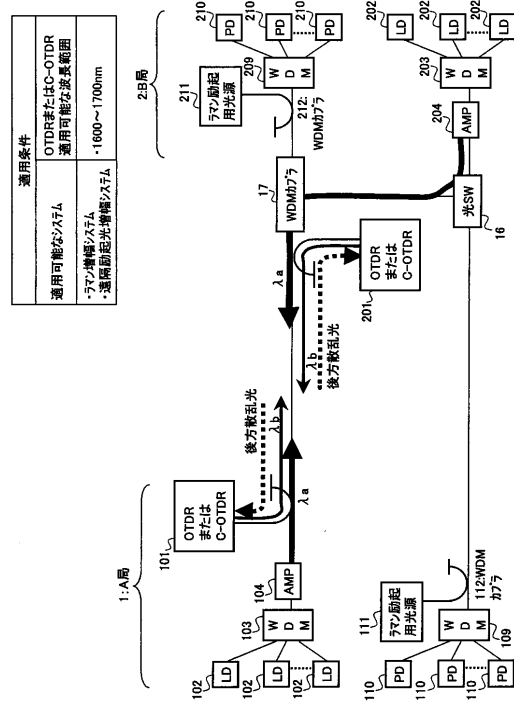
【 図 9 】

本発明の第7の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



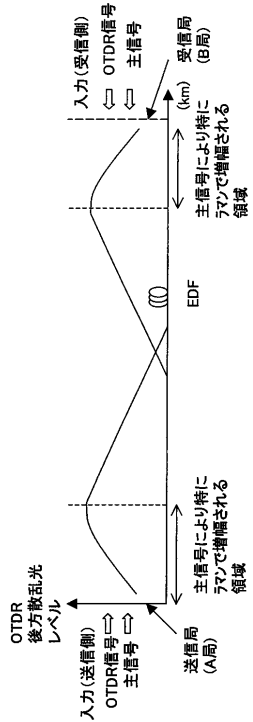
【 図 10 】

本発明の第8の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



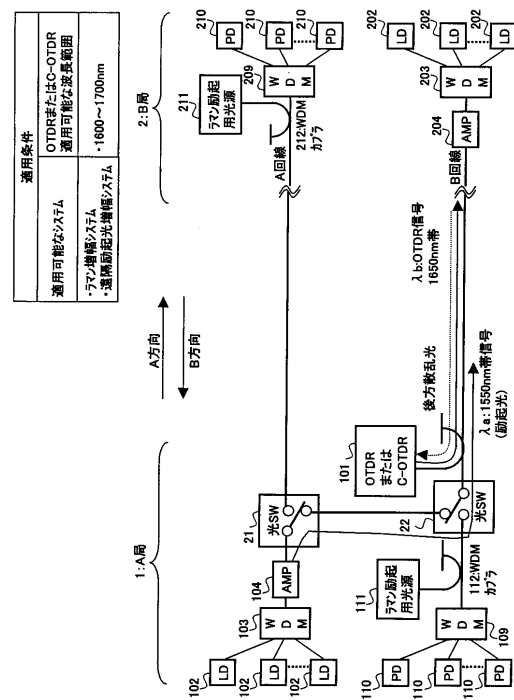
【 図 11 】

両局からOTDRを行う場合における効果を示す図



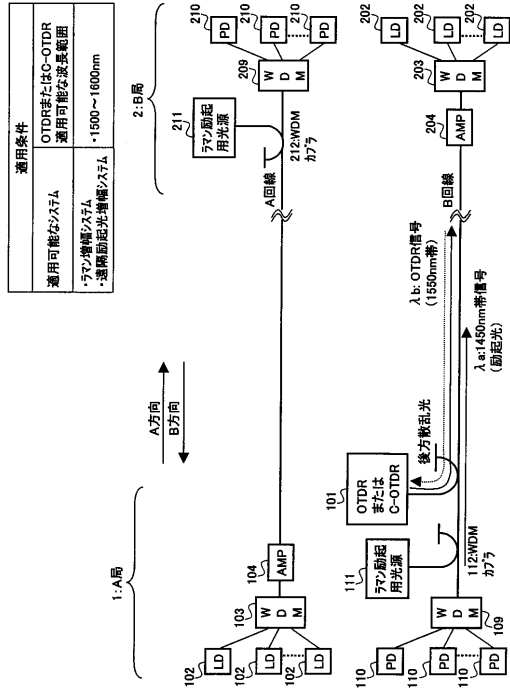
【 図 12 】

本発明の第9の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



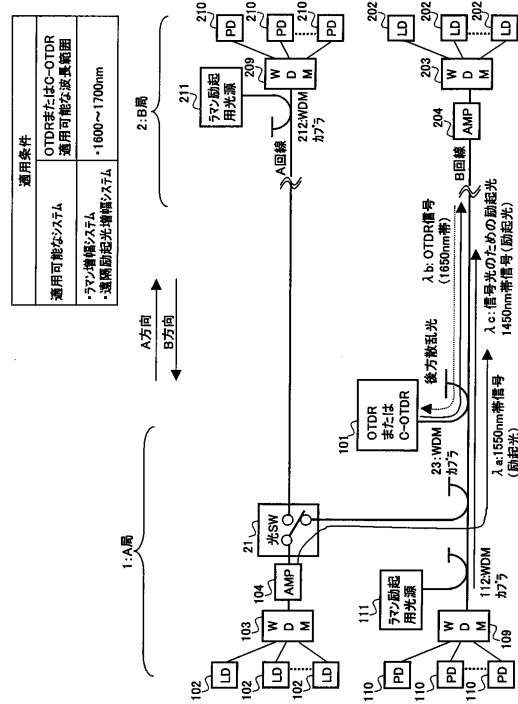
【 図 1 3 】

本発明の第10の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



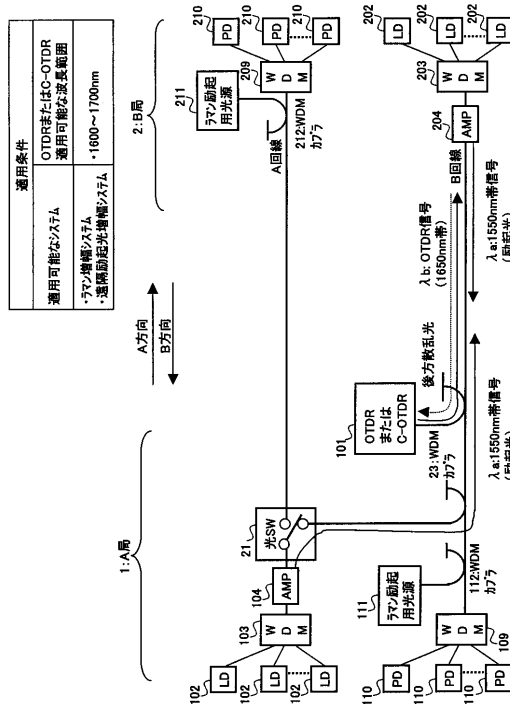
【 図 1 4 】

本発明の第11の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



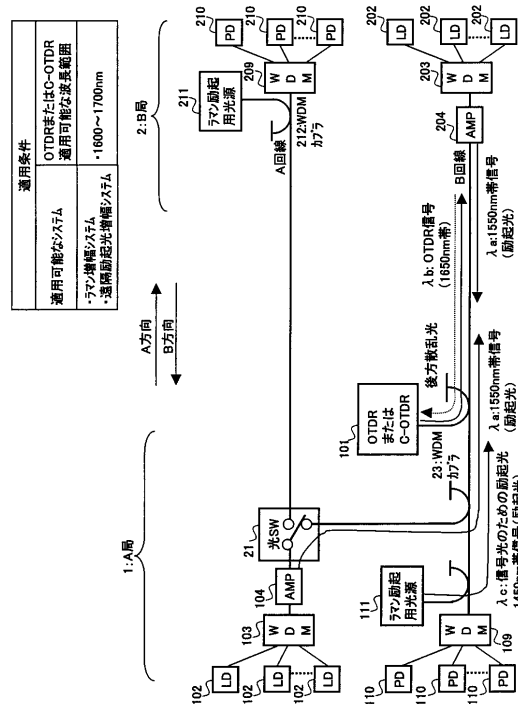
【 図 1 5 】

本発明の第12の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



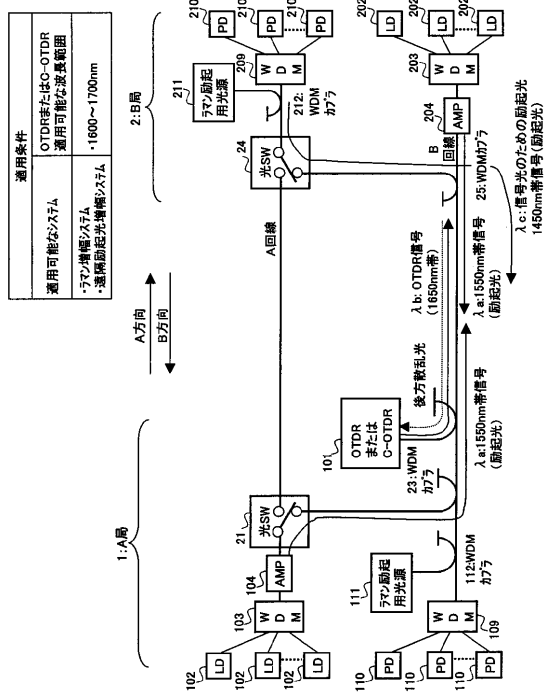
【 図 1 6 】

本発明の第13の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



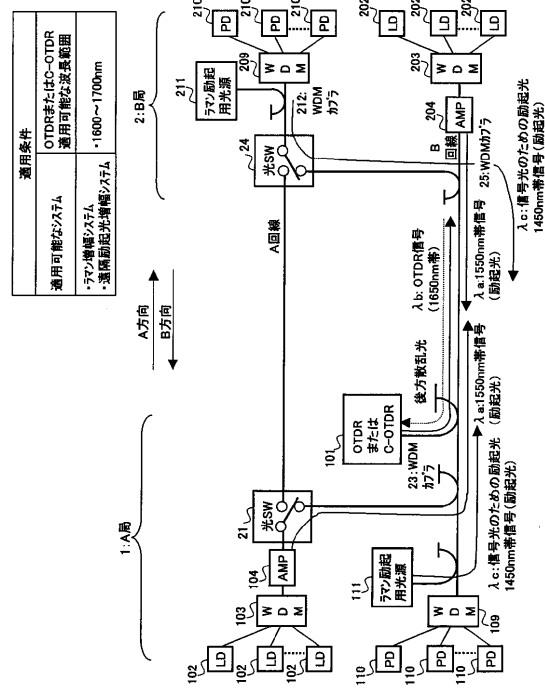
【 図 17 】

本発明の第14の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



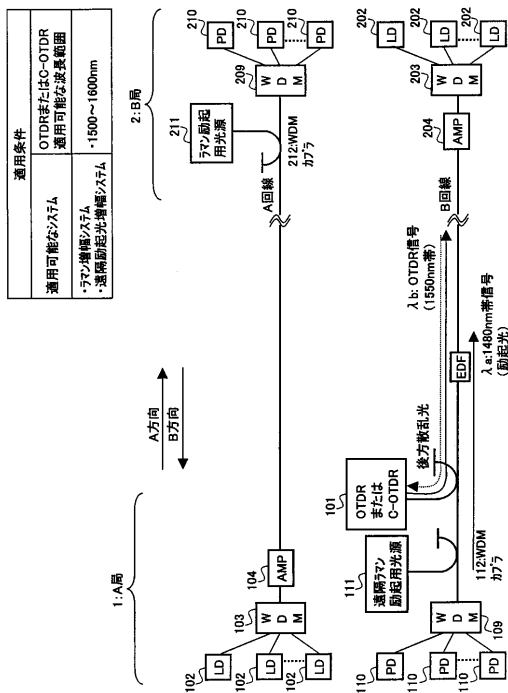
【 図 18 】

本発明の第15の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



【 図 19 】

本発明の第16の実施の形態におけるOTDRによる測定の方法を説明するための図



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I

H 0 4 B 10/24 (2006.01)

(72)発明者 船津 玄太郎
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 前田 英樹
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 那賀 明
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 佐藤 聡史

(56)参考文献 特開平09-261187(JP,A)
特開平09-179152(JP,A)
特開2002-372728(JP,A)
特開2002-344046(JP,A)
特開平03-013836(JP,A)
特開平02-244919(JP,A)
特開平02-251729(JP,A)
特開昭63-131043(JP,A)
特開平08-179386(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

IPC第8版 H04B10/00-10/28

H04J14/00-14/08