

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6024634号
(P6024634)

(45) 発行日 平成28年11月16日(2016.11.16)

(24) 登録日 平成28年10月21日(2016.10.21)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4B	10/071	(2013.01)	HO4B	9/00	171
HO4J	14/00	(2006.01)	HO4B	9/00	E
HO4J	14/02	(2006.01)	HO4B	9/00	272
HO4B	10/272	(2013.01)			

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-201081 (P2013-201081)	(73) 特許権者	000004237
(22) 出願日	平成25年9月27日 (2013.9.27)		日本電気株式会社
(65) 公開番号	特開2015-70358 (P2015-70358A)		東京都港区芝五丁目7番1号
(43) 公開日	平成27年4月13日 (2015.4.13)	(74) 代理人	100109313
審査請求日	平成27年5月18日 (2015.5.18)		弁理士 机 昌彦
		(74) 代理人	100124154
			弁理士 下坂 直樹
		(72) 発明者	種田 泰久
			東京都港区芝五丁目7番1号
			日本電気株式会社内
		審査官	前田 典之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光線路障害検知装置および光線路障害検知方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

WDM - PONシステムに用いられる信号光の波長をすべて含む広帯域光パルスを生じさせる広帯域光パルス発生手段と、

前記広帯域光パルスから前記信号光の波長に対応する波長成分を除去した広帯域検査光を出力する第1の波長選択器と、

前記広帯域検査光を前記WDM - PONシステムに導入する光分岐器と、

前記広帯域検査光と前記信号光とを含む前記WDM - PONシステムからの戻り光から前記信号光を除去し、戻り検査光として出力する第2の波長選択器と、

前記戻り検査光を電気信号に変換し、前記電気信号と基準電気信号とを比較する戻り検査光処理部

とを有し、

前記第1の波長選択器は、前記波長成分を検査帯域幅で除去し、前記検査帯域幅は、前記WDM - PONシステムに用いられる固定波長分岐器の帯域幅よりも狭い

ことを特徴とする光線路障害検知装置。

【請求項2】

前記第1の波長選択器は、

前記信号光を全て全反射する第1のファイバグレーティングと、

前記第1のファイバグレーティングの反射光を遮断する第1の光アイソレータ

とを備える

請求項 1 に記載した光線路障害検知装置。

【請求項 3】

前記第 2 の波長選択器は、前記信号光を全て全反射する第 2 のファイバグレーティングと、

前記第 2 のファイバグレーティングの反射光を遮断する第 2 の光アイソレータとを備える

請求項 1 又は 2 に記載した光線路障害検知装置。

【請求項 4】

前記戻り検査光処理部は、前記戻り検査光の光強度に応じた電圧を出力する受光器と、

前記電圧をデジタル電圧信号に変換するアナログ/デジタル変換器と、

前記広帯域光パルスが前記 WDM - PON システムに入射してから所定時間が経過するまでの間、前記デジタル電圧信号の時間変化を取得する時間波形取得手段と、

前記基準電気信号の波形である基準波形を記憶する基準波形記憶手段と、

前記デジタル電圧信号の時間変化と前記基準波形とを比較する障害検知手段

とを備える

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載した光線路障害検知装置。

【請求項 5】

前記基準波形記憶手段は、前記障害検知手段が前記電圧の時間変化と前記基準波形とを比較した結果、略同一と判断した前記電圧の時間変化を前記基準波形として記憶する請求項 4 に記載した光線路障害検知装置。

【請求項 6】

局側光回線終端装置と、光ファイバ線路と、固定波長分岐器と、加入者側光回線終端装置と、狭帯域透過光フィルタとを備えた WDM - PON システムと、

前記 WDM - PON システムに用いられる信号光の波長をすべて含む広帯域光パルスを発生させる広帯域パルス発生手段と、前記広帯域光パルスから前記信号光の波長に対応する波長成分を除去した広帯域検査光を出力する第 1 の波長選択器と、前記広帯域検査光を前記 WDM - PON システムに導入する光分岐器と、前記広帯域検査光と前記信号光とを含む前記 WDM - PON システムからの戻り光から前記信号光を除去し、戻り検査光として出力する第 2 の波長選択器と、前記戻り検査光を電気信号に変換し、前記電気信号と基準電気信号とを比較する戻り検査光処理部とを有する光線路障害検知装置

とを有し、

前記狭帯域透過光フィルタは、前記加入者側光回線終端装置の前段に配置し、前記信号光を透過させ、前記広帯域検査光を遮断するとともに、

前記第 1 の波長選択器は、前記波長成分を検査帯域幅で除去し、前記検査帯域幅は、前記 WDM - PON システムに用いられる固定波長分岐器の帯域幅よりも狭いことを特徴とする光線路障害検知システム。

【請求項 7】

WDM - PON システムに用いられる信号光の波長をすべて含む広帯域光パルスを発生させ、

前記広帯域光パルスから前記信号光の波長に対応する波長成分を除去した広帯域検査光を生成し、

前記広帯域検査光を前記 WDM - PON システムに導入し、

前記広帯域検査光と前記信号光とを含む前記 WDM - PON システムからの戻り光から前記信号光を除去した戻り検査光を生成し、

前記戻り検査光を電気信号に変換し、前記電気信号と基準電気信号とを比較する、光線路障害検知方法であって、

前記広帯域検査光の生成において、前記波長成分を検査帯域幅で除去し、前記検査帯域幅は、前記 WDM - PON システムに用いられる固定波長分岐器の帯域幅よりも狭いことを特徴とする光線路障害検知方法。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

前記戻り検査光の光強度に応じた電圧を生成し
 前記広帯域光パルスが前記WDM - PONシステムに入射してから所定時間が経過するまでの間、前記電圧の時間変化を取得し、
 前記基準電気信号の波形である基準波形を記憶し、
 前記電圧の時間変化と前記基準波形とを比較するステップを有し、
 前記比較した結果、前記電圧の時間変化と前記基準波形とが略同一である場合、前記電圧の時間変化を基準波形として記憶する
請求項7に記載した光線路障害検知方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、光線路障害検知装置および光線路障害検知方法に関し、特に、加入者系システムにおいて、OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) 試験方式を利用した、WDM - PON (Wavelength Division Multiplexing - Passive Optical Network) システムの光線路障害検知装置および光線路障害検知方法に関する。

【背景技術】

【0002】

有線通信である光通信システムの高速度大容量化と低コスト化を実現する技術にWDM - PON (Wavelength Division Multiplex - Passive Optical Network) がある。これはユーザ側の光回線終端装置であるONU (Optical Network Unit) のそれぞれに異なる光波長を割り当てることによって、1ユーザに10Gbps以上の高速通信を提供可能としている。さらに、ONUと通信事業者側の終端装置であるOLT (Optical Line Terminal) 間に分岐器 (波長分割多重通信(WDM)装置) を適用することによって、光ファイバの収容効率を高めることができる。

20

【0003】

このようなWDM - PONの品質、信頼性を維持管理するために、光ファイバの線路障害を検知する光線路障害検知装置が特許文献1に記載されている。

【0004】

30

特許文献1に記載された光線路障害検知装置は、WDM - PONシステムの光線路の障害を検知する光線路障害検知装置である。WDM - PONシステムは、図8に示すように、電話局側光回線終端装置(10)と、固定波長分波型の分岐器(15)と、加入者側光回線終端装置(161~16n)とを有する。

【0005】

電話局側光回線終端装置(10)は、異なる複数の波長の信号光を合波して共通光ファイバ線路(17)の一端に入射し、一方、共通光ファイバ線路を介して送られてくる光をその波長毎に分離して受信する。固定波長分波型の分岐器(15)は共通光ファイバ線路の他端側に接続され、電話局側光回線終端装置(10)から送られてくる信号光を受けて、その波長に応じて分離し、波長毎に異なる長さで個別に設けられた個別光ファイバ線路(181~18n)の一端へ入射させる。一方、分岐器(15)は、各個別光ファイバ線路を介して送られてくる信号光を合波して共通光ファイバ線路へ出射する。加入者側光回線終端装置(161~16n)は、個別光ファイバ線路の他端側にそれぞれ接続される。

40

【0006】

特許文献1に記載された光線路障害検知装置(20)は、線路カブラ(21)と、広帯域光パルス発生手段(22)と、カブラ(23)と、受光器(25)と、時間波形取得手段(27)と、基準波形記憶手段(28)と、障害検知手段(29)とを備える。

【0007】

線路カブラ(21)は、共通光ファイバ線路に接続されている。広帯域光パルス発生手段(22)は、共通光ファイバ線路を伝送する全ての信号光の波長を含む広帯域光パルス

50

を発生する。また、広帯域光パルス発生手段(22)は、WDM-PONシステムの通信停止期間中に広帯域光パルスを入射させる。カプラ(23)は、広帯域光パルスを第1光路で受けて第2光路から出射し、線路カプラ(21)を介してWDM-PONシステムに入射させる。また、広帯域光パルスの入射に対してWDM-PONシステムから線路カプラに戻ってきた戻り光を第2光路で受けて第3光路に出射する。受光器(25)は、カプラの第3光路から出射された戻り光を受けてその強度に応じた振幅をもつ電気信号に変換する。時間波形取得手段(27)は、広帯域光パルスをWDM-PONシステムに入射したタイミングから所定時間が経過するまでの間、受光器から出力された信号の時間波形を取得する。基準波形記憶手段(28)は、WDM-PONシステムが正常運転しているときに予め取得された時間波形を基準波形として記憶する。障害検知手段(29)は、時間波形取得手段で新規に取得された時間波形と基準波形とを比較して、WDM-PONシステムの障害の探索を行う。

10

【0008】

このような構成としたことにより、WDM-PONシステムの分岐数が膨大であっても、1線路分の測定時間で短時間に障害検知を行うことができる、としている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0009】**

【特許文献1】特開2011-035598号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】**【0010】**

上述した関連する光線路障害検知装置においては、広帯域光源の波長帯域が電話局側光回線終端装置(10)が備える送受信器の送信波長と重複している。従って、広帯域パルスのうちの、同一波長成分が送受信機に対してノイズとなり、WDM-PONシステムにおける通信を阻害する。

【0011】

このため、特許文献1では、広帯域光パルスを用いた障害検知試験は、WDM-PONシステムの通信停止期間中に行うこととしている。しかしながら、加入者数が増え、加入者側光回線終端装置が増えると、通信停止期間が短くなり、障害検知試験を行う時間帯を確保するのが困難である、という問題があった。

30

【0012】

このように、関連する光線路障害検知装置においては、WDM-PONシステムの構成にかかわらず、全帯域について一括して障害検知試験を行うことが困難である、という問題があった。

【0013】

本発明の目的は、上述した課題である、関連する光線路障害検知装置においては、WDM-PONシステムの構成にかかわらず、全帯域について一括して障害検知試験を行うことが困難である、という課題を解決する光線路障害検知装置および光線路障害検知方法を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】**【0014】**

本発明の光線路障害検知装置は、WDM-PONシステムに用いられる信号光の波長をすべて含む広帯域光パルスを発生させる広帯域パルス発生手段と、広帯域光パルスから信号光の波長に対応する波長成分を除去した広帯域検査光を出力する第1の波長選択器と、広帯域検査光をWDM-PONシステムに導入する光分岐器と、広帯域検査光と信号光とを含むWDM-PONシステムからの戻り光から信号光を除去し、戻り検査光として出力する第2の波長選択器と、戻り検査光を電気信号に変換し、電気信号と基準電気信号とを比較する戻り検査光処理部とを有する。

【0015】

50

本発明の光線路障害検知システムは、局側光回線終端装置と、光ファイバ線路と、固定波長分岐器と、加入者側光回線終端装置と、狭帯域透過光フィルタとを備えたWDM - PONシステムと、WDM - PONシステムに用いられる信号光の波長をすべて含む広帯域光パルスを発生させる広帯域パルス発生手段と、広帯域光パルスから信号光の波長に対応する波長成分を除去した広帯域検査光を出力する第1の波長選択器と、広帯域検査光をWDM - PONシステムに導入する光分岐器と、広帯域検査光と信号光とを含むWDM - PONシステムからの戻り光から信号光を除去し、戻り検査光として出力する第2の波長選択器と、戻り検査光を電気信号に変換し、電気信号と基準電気信号とを比較する戻り検査光処理部とを有する光線路障害検知装置とを有し、狭帯域透過光フィルタは、加入者側光回線終端装置の前段に配置し、信号光を透過させ、広帯域検査光を遮断する。

10

【0016】

本発明の光線路障害検知方法は、WDM - PONシステムに用いられる信号光の波長をすべて含む広帯域光パルスを発生させ、広帯域光パルスから前記信号光の波長に対応する波長成分を除去した広帯域検査光を生成し、広帯域検査光をWDM - PONシステムに導入し、広帯域検査光と信号光とを含むWDM - PONシステムからの戻り光から信号光を除去した戻り検査光を生成し、戻り検査光を電気信号に変換し、電気信号と基準電気信号とを比較する。

【発明の効果】

【0017】

本発明の光線路障害検知装置によれば、WDM - PONシステムの構成にかかわらず、全帯域について一括して障害検知試験を行うことができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の実施形態による光線路障害検知装置の構成を示すブロック図である。

【図2】信号光波長に対するFBGの反射スペクトラムを示す図である。

【図3】(a)広帯域光パルス発生手段22から出射される広帯域光パルスPwの波長スペクトラムを示す図である。(b)第1のFBG101w透過後の信号波長kが欠損した広帯域光パルスPw'の波長スペクトラムを示す図である。(c)固定波長分岐器15への入射光Pw''の波長スペクトラムを示す図である。

【図4】固定波長分岐器15への入射光Pw''の波長スペクトラムの波長i(i=1~n)近傍の拡大図である。

30

【図5】(a)分岐器15を透過後の波長スペクトラムを光ファイバ線路18k(k=1~n)毎に示した図である。(b)WDM - PONシステム1からの戻り光Prの波長スペクトラムを示す図である。

【図6】第2のFBG101r透過後の戻り光Pr'波長スペクトラムを示す図である。

【図7】時間波形取得手段が取得する時間波形を示す図であり、(a)は光ファイバ線路ごとの時間波形を示す図であり、(b)は最終的な時間波形を示す図である。

【図8】関連する光線路障害検知装置の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下に、図面を参照しながら、本発明の実施形態による光線路障害検知装置について詳細に説明する。

40

【0020】

図1は本発明の実施形態によるWDM - PONシステムに用いる光線路障害検知装置20の構成を示すブロック図である。

本発明の実施形態による光線路障害検知装置は、広帯域光パルス発生手段と、第1の波長選択器と、光分岐器と、第2の波長選択器と、戻り検査光処理部を有する。

広帯域光パルス発生手段は、WDM - PONシステムに用いられる信号光の波長をすべて含む広帯域光パルスを発生させる。第1の波長選択器は、広帯域光パルスから信号光の波長に対応する波長成分を除去した広帯域検査光を出力する。第2の波長選択器は、広帯域

50

検査光をWDM - PONシステムに導入する光分岐器と、広帯域検査光と信号光とを含むWDM - PONシステムからの戻り光から信号光を除去し、戻り検査光として出力する。戻り検査光処理部は、戻り検査光を電気信号に変換し、電気信号と基準電気信号とを比較する。

【0021】

また、本発明の実施形態による光線路障害検知装置は、戻り検査光処理部が、受光器と、アナログ/デジタル変換器と、時間波形取得手段と、基準波形記憶手段と、障害検知手段とを備える。

【0022】

受光器は、戻り検査光の光強度に応じた電圧を出力する。アナログ/デジタル変換器は、電圧をデジタル電圧信号に変換する。時間波形取得手段は、広帯域光パルスがWDM - PONシステムに入射してから所定時間が経過するまでの間、デジタル電圧信号の時間変化を取得する基準電気信号の波形である基準波形を記憶する。障害検知手段は、デジタル電圧信号の時間変化と基準波形とを比較する。

10

【0023】

また、本発明の光線路障害検知装置前記基準波形記憶手段は、障害検知手段が電圧の時間変化と基準波形とを比較した結果、略同一と判断した電圧の時間変化を基準波形として記憶する。

【0024】

WDM - PONシステム1における、OLT(局側光回線終端装置)10から発信される信号光の波長数 n は、例えば24程度である。信号光波長 k ($k = 1 \sim n$)は $1 = 1530.33 \text{ nm}$ 、 $2 = 1531.90 \text{ nm}$ 、 \dots 、 $24 = 1567.13 \text{ nm}$ で、Cバンド帯、Lバンド帯に及んでいる。波長間隔は約 1.6 nm (周波数間隔 200 GHz)である。また、信号光は、通信分野の標準であるITU - Tグリッドに準拠している。

20

【0025】

広帯域光パルス発生手段22から出射した、信号光波長 k を含む広帯域光パルス P_w は第1の波長選択器102wに入射する。第1の波長選択器102wは第1の光アイソレータ100wおよび第1のFBG(Fiber Bragg Grating,ファイバグレーティング)101wかを備える。

30

【0026】

第1の波長選択器102wに入射した広帯域光パルス P_w は、光アイソレータ100wを通過し、第1のFBG101wに入射にする。第1のFBG101wは光ファイバの長手方向に屈折率が周期的に変化する構造を持ち、このグレーティング周期間隔幅に応じて特定波長を全反射するものである。第1のFBG101wでは全ての信号光波長 k ($k = 1 \sim n$)をそれぞれ全反射するように構成されている。このため、FBG101w透過後の広帯域光パルスは信号光波長 k が欠損した広帯域光パルス P_w' となる。第1の光アイソレータ100wは第1のFBG101wによる反射光を遮断する。これにより、反射光が広帯域光パルス発生手段22に入射し、光学的に悪影響を及ぼすことを防ぐことができる。

40

【0027】

第1のFBG101wを透過後の波長 k が欠損した広帯域光パルス P_w' は光カプラ(optical coupler)である光サーキュレータ23に入射する。光サーキュレータ23は、第1光路、第2光路、第3光路と接続する。

【0028】

第1のFBG101wを透過後の信号光波長 k が欠損した広帯域光パルス P_w' は光サーキュレータ23の第1光路に入射し、WDM - PONシステム1に接続する光サーキュレータ23の第2光路から出射する。

【0029】

光サーキュレータ23の第2光路から出射した広帯域光パルス P_w' は光カプラである

50

光分岐器 2 1 を経由して WDM - P O N システム 1 に入射する。また、それとは別に、局側光回線終端装置 1 0 から発信される信号光も光分岐器 2 1 に入射する。WDM - P O N システム 1 は、O L T (局側光回線終端装置) 1 0 と、光ファイバ線路 1 8 1 ~ 1 8 n と、固定波長分岐器 1 5 と、O N U (加入者側光回線終端装置) 1 6 1 ~ 1 6 n と、狭帯域透過光フィルタとを備える。

【 0 0 3 0 】

WDM - P O N システム 1 に入射した広帯域光パルス P_w および WDM - P O N システム 1 の信号光は、固定波長分岐器 1 5 へ入射する。固定波長分岐器 1 5 は n 個のポート 1 ~ n を備える。固定波長分岐器 1 5 では、入射光が波長ごとに分離されて対応するポート 1 ~ n から出射する。ポート 1 ~ n から出射した分離された広帯域光パルスおよび信号光はそれぞれ対応する光ファイバ線路 1 8 1 ~ 1 8 n を通って O N U 1 6 へ入射する。

10

【 0 0 3 1 】

なお、O N U 1 6 k の入力部には、O N U 1 6 k にノイズ成分となる広帯域光パルスが入力しないように遮断する狭帯域透過光フィルタを備えることができる。狭帯域透過光フィルタは、信号光波長 k のみを透過するフィルタである。このような構成とすることにより、広帯域光パルスが O L T 1 0 と O N U 1 6 1 ~ 1 6 n 間の通信を阻害することを防ぐことができる。

【 0 0 3 2 】

O N U 1 6 1 ~ 1 6 n に分離された広帯域光パルスおよび信号光が到達すると、反射光としての戻り光が逆方向に伝搬する。O N U 1 6 1 ~ 1 6 n それぞれからの戻り光は対応する光ファイバ線路 1 8 1 ~ 1 8 n を通ってポート 1 ~ n から固定波長分岐器 1 5 へ入射する。固定波長分岐器 1 5 では戻り光が一つに合波されて戻り光 P_r として伝搬する。また、分岐器 1 5 や共通光ファイバ線路 1 7 等の接続点や破断点で、広帯域光パルスや信号光がフレネル反射することによっても戻り光が生じる。これらもその発生場所で一つに合波して戻り光 P_r となる。

20

【 0 0 3 3 】

戻り光 P_r は光分岐器 2 1 を経由して光サーキュレータ 2 3 の第 2 光路へ入射する。光サーキュレータ 2 3 の第 2 光路へ入射した戻り光 P_r は光サーキュレータ 2 3 の第 3 光路から出射する。

【 0 0 3 4 】

光サーキュレータ 2 3 の第 3 光路から出射した戻り光 P_r は、第 2 の波長選択器 1 0 2 r へ入射する。第 2 の波長選択器 1 0 2 r は第 2 の光アイソレータ 1 0 0 r および第 2 の F B G 1 0 1 r からなる。

30

【 0 0 3 5 】

第 2 の波長選択器 1 0 2 r へ入射した戻り光 P_r は、第 2 の光アイソレータ 1 0 0 r を通過し、第 2 の F B G 1 0 1 r に入射する。第 2 の F B G 1 0 1 r は、第 1 の F B G 1 0 1 w と同様に全ての信号光波長 k ($k = 1 \sim n$) をそれぞれ全反射するように構成されている。第 2 の F B G 1 0 1 r は、局側光回線終端装置 1 0 から出射した信号光に対する戻り光 (波長 k) を除去する。第 2 の光アイソレータ 1 0 0 r は第 2 の F B G 1 0 1 r による反射光を遮断する。これにより、反射光が広帯域光パルス発生手段 2 2 に光学的な悪影響を及ぼすことを防ぐことができる。

40

【 0 0 3 6 】

第 2 の F B G 1 0 1 r を透過後の波長 k が欠損した戻り検査光 P_r' は戻り検査光処理部 2 0 0 に入射する。戻り検査光処理部 2 0 0 は、戻り検査光の光強度に応じた電圧を出力する受光器 2 5 と、アナログ電圧信号をデジタル電圧信号に変換するアナログ / デジタル変換器 2 6 と、広帯域光パルスが WDM - P O N システム 1 に入射してから所定時間が経過するまでの間、電圧の時間変化を取得する時間波形取得手段 2 7 と、基準電気信号の波形である基準波形を記憶する基準波形記憶手段 2 8 と、電圧の時間変化と前記基準波形とを比較する障害検知手段 2 9 とを備える。

【 0 0 3 7 】

50

図2は一つの信号光波長 k に対するFBGの反射スペクトラムを示す図である。縦軸は反射光パワー、横軸は波長 (nm) である。

【0038】

図2に示すように、FBGは信号光波長 k 近傍では全反射により高い反射光強度を示し、波長 k から離れた波長帯域は反射量0でありすべて透過する反射スペクトラムとなっている。信号光波長 k のみを全反射させるため、反射スペクトラムは急峻であることが望ましい。一方で、OLT10内の送受信器からの信号光波長 k は温度等の環境条件によって $k \pm 0.1$ nm程度変動する。そのため、FBGの反射波長帯域幅(半値全幅)を例えば0.3 nm ($k \pm 0.15$ nm)とする。このような構成とすることで、共通光ファイバ線路17内で信号光と広帯域光パルスが重畳しないようにすることができる。

10

【0039】

図3~図6は図1の各主要点における波長スペクトラムを示しており、縦軸の光強度は任意であり、各構成品の通過損失を考慮せずに記載している。

【0040】

図3(a)は広帯域光パルス発生手段22から出射される広帯域光パルス P_w の波長スペクトラムを示す図である。図3(b)は第1のFBG101wを透過後の信号波長 k が欠損した広帯域光パルス P_w' の波長スペクトラムを示す図である。図3(c)は固定波長分岐器15への入射光 P_w'' の波長スペクトラムを示す図である。いずれも縦軸は光強度、横軸は波長である。

20

【0041】

図3(b)に示す広帯域光パルス P_w' は光分岐器21を介してWDM-PONシステム1に入射する。図3(c)に示す固定波長分岐器15への入射光 P_w'' は、広帯域光パルス P_w' と信号光とが合波したものである。広帯域光パルス P_w' が、第1のFBG101wによって信号波長 k が欠損させられていることから、信号光は広帯域光パルス P_w' の欠損部分に位置することになる。つまり、広帯域光パルス P_w' と信号光とが重なることはない。

【0042】

図3(c)に示す点線は、固定波長分岐器15が備える n 個のポート1~ n の透過波長帯域である。固定波長分岐器15としてはAWG(Arrayed Waveguide Grating)を用いている。AWGには低損失で多数の信号光を波長多重分離することができるという特徴がある。固定波長分岐器15の透過波長は信号光と同じ24波、またITU-Tグリッドに準拠し、通過損失は4dB以下である。

30

【0043】

図4は固定波長分岐器15への入射光 P_w'' の波長スペクトラムの波長 i ($i = 1 \sim n$) 近傍の拡大図である。縦軸は光強度、横軸は波長である。

【0044】

図4に示す点線は、固定波長分岐器15が備えるポート i の透過波長帯域である。固定波長分岐器15の波長分離後の透過波長帯域幅を半値全幅で1 nm ($i \pm 0.5$ nm)、隣接波長 ($i - 1$ 、 $i + 1$) のクロストークを25 dB以上確保することにより、隣接信号光(波長 $i - 1$ 、 $i + 1$) を遮断し、信号光波長 i とその近傍の広帯域光パルスのみを光ファイバ線路18 i へ透過する。なお、光ファイバ線路18 i を伝播する光信号の波長スペクトラムは、点線で示す固定波長分岐器15が備えるポート i の透過波長帯域で制限されて、個別信号光波長 i の両側にピークを持つ形状となる(点線内側)。

40

【0045】

図5(a)は分岐器15を透過後の波長スペクトラムを光ファイバ線路18 k ($k = 1 \sim n$) 毎に示した図である。

【0046】

図5(a)に示すように、光ファイバ線路18 k ($k = 1 \sim n$) には、それぞれに対応

50

する信号光（波長 k ）と広帯域光パルスの一部（波長 k 近傍）の両方が伝播する。このため、OLT 10とONU 161～16n間の通信を維持しつつ、個別光ファイバ線路 18kの障害検知を行うことが可能である。

【0047】

図5(b)はWDM-PONシステム1からの戻り光Prの波長スペクトラムである。縦軸は光強度、横軸は波長である。

【0048】

図6は第2のFBG101r透過後の戻り検査光Pr'波長スペクトラムを示す図である。縦軸は光強度、横軸は波長である。

【0049】

信号光波長 k の戻り光は広帯域光パルス発生手段22と非同期であり、後段の時間波形取得手段27で時間波形を検出する妨げとなる。このため、FBG101rで信号光波長の戻り光（波長 k ）を除去する。

【0050】

以上、図1の主要点における波長スペクトラムを説明したが、時間軸で見れば、広帯域光パルス発生手段22から発生した広帯域光パルスPwが、接続点や破断点でフレネル反射して戻り光となり、戻り検査光処理部200に受光器25に到達する時間（距離）と受光パワーの関係が時間波形として時間波形取得手段27で取得される。戻り検査光処理部200に到達する戻り光Pr'は、図6に示すように信号光波長 k ($k=1\sim n$)近傍に2つの光強度ピークを持つ光パルスとなる。

【0051】

図7は時間は軽酒盗手段が取得する時間波形を示す図であり、(a)は光ファイバ線路ごとの時間波形を示す図である。縦軸は光強度、横軸は波長である。

【0052】

図7(a)に示すように、戻り光が戻り検査光処理部200へ到達するまでの時間は波長によって異なる。これは、共通光ファイバ線路17と個別光ファイバ線路181～18nが持つ波長分散によるものである。共通光ファイバ線路17と個別光ファイバ線路181～18nの分散値は 18 ps/nm/km であり、2つの光パルスの波長間隔は約 1.0 nm 、伝送距離は数 km であるから、2つの光パルスの到達時間差は数十ピコ秒オーダーと極短である。このため、光線路障害検知装置20は、この2つの光パルスを識別することなく、接続点、破断点の位置を誤検出することなく、最終的には図7(b)に示すような時間波形を取得する。この後の戻り検査光処理部200における処理は、特許文献1と同様である。

【0053】

このように、本実施形態では、WDM-PONシステム1を伝播する信号光と広帯域光パルスが重畳しない。このため、障害検知試験を行う上で、WDM-PONシステム1の通信停止を行う必要がない。つまり、WDM-PONシステムの構成にかかわらず、全帯域について一括して障害検知試験を行うことができる。

【0054】

本発明は上記実施形態に限定されることなく、特許請求の範囲に記載した発明の範囲内で、種々の変形が可能であり、それらも本発明の範囲内に含まれるものであることはいうまでもない。

【符号の説明】

【0055】

- 1 WDM-PONシステム
- 10 OLT
- 15 固定波長分岐器
- 17 共通光ファイバ線路
- 22 広帯域光パルス発生手段
- 23 光サーキュレータ

10

20

30

40

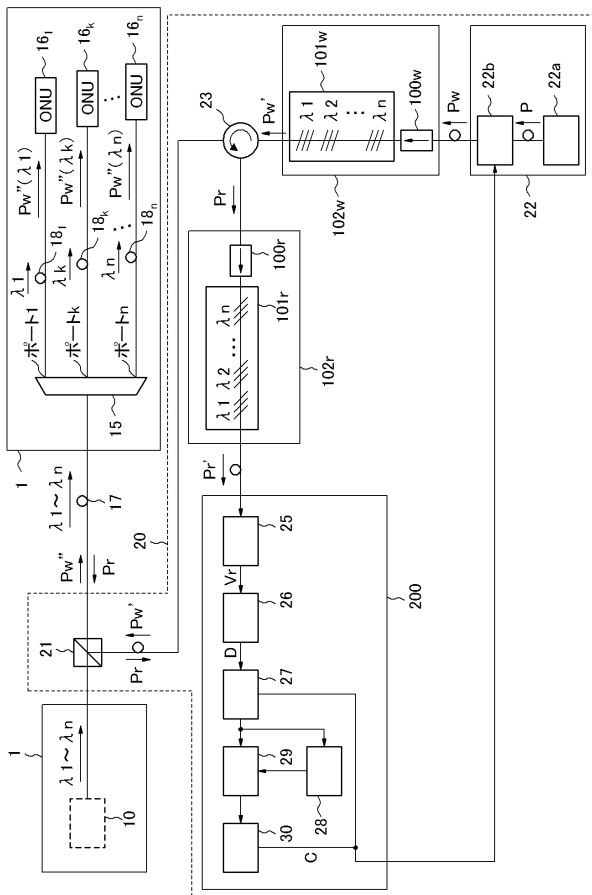
50

- 2 5 受光器
- 2 6 アナログ / デジタル変換器
- 2 7 時間波形取得手段
- 2 8 基準波形記憶手段
- 2 9 障害検知手段
- 1 0 0 w 第 1 の光アイソレータ
- 1 0 1 w 第 1 の F B G
- 1 0 2 w 第 1 の波長選択器
- 1 0 0 r 第 2 の光アイソレータ
- 1 0 1 r 第 2 の F B G
- 1 0 2 r 第 2 の波長選択器
- 1 6 1 ~ 1 6 n ONU
- 1 8 1 ~ 1 8 n 光ファイバ線路
- 2 0 0 戻り検査光処理部
- P w 広帯域光パルス
- P w ' 第 1 の波長選択器透過後の広帯域光パルス
- P w ' ' 固定波長分岐器 1 5 への入射光
- P r 固定波長分岐器透過後の戻り光
- P r ' 第 2 の F B G 透過後の戻り光
- k 信号光波長

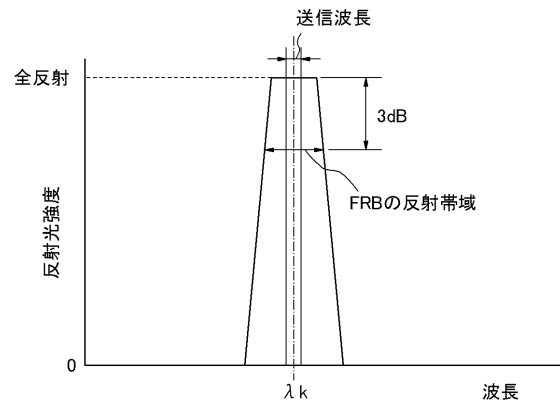
10

20

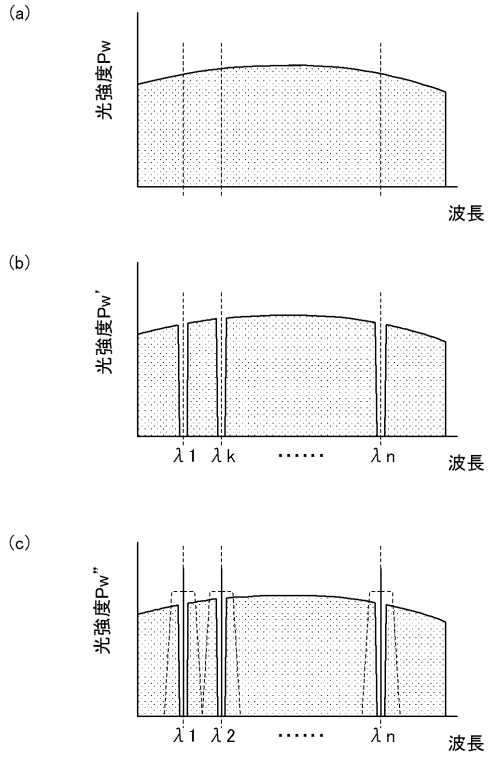
【 図 1 】



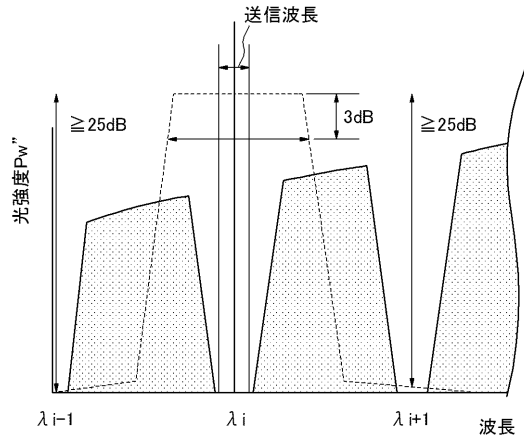
【 図 2 】



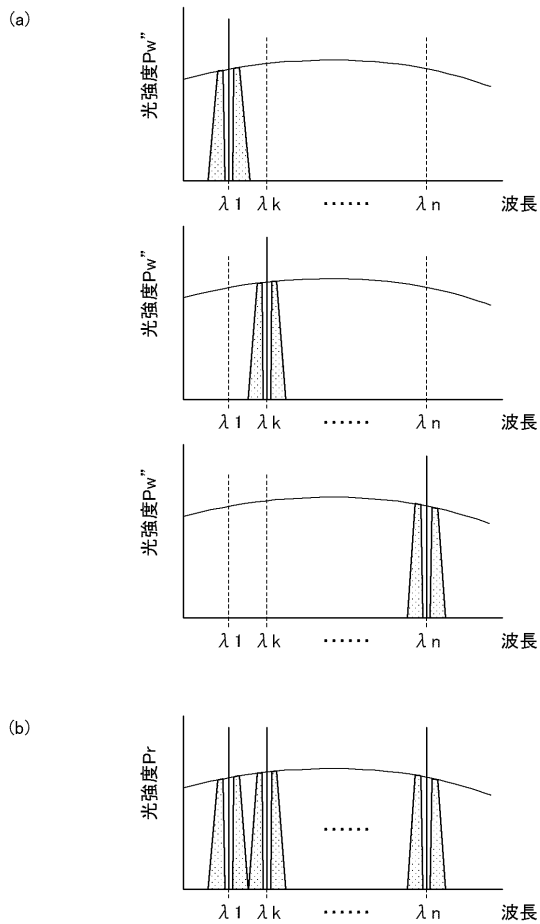
【 図 3 】



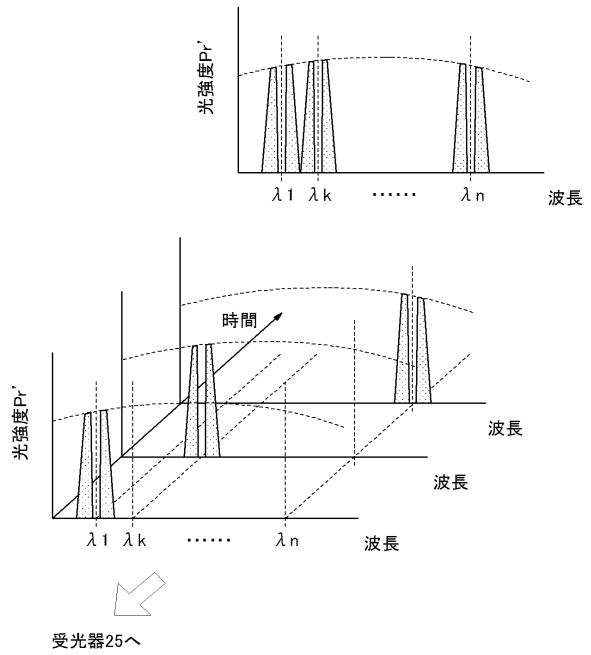
【 図 4 】



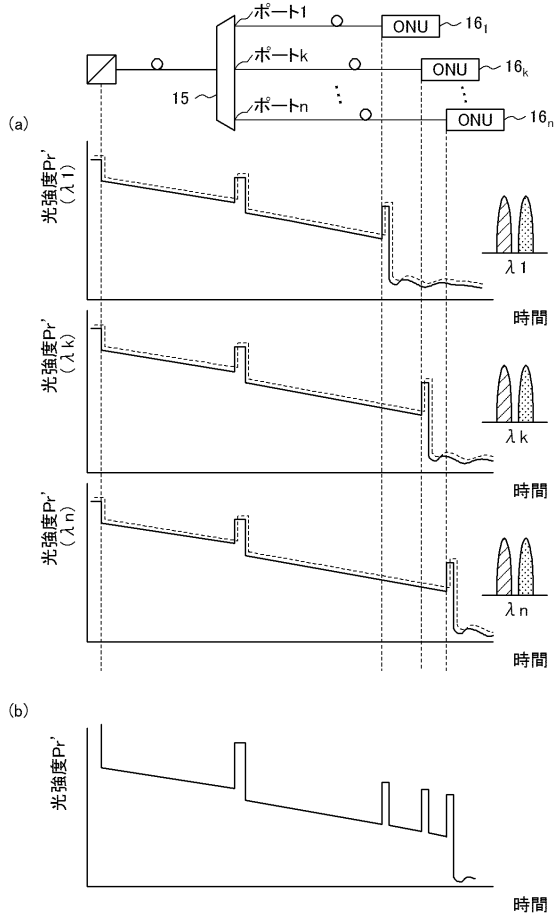
【 図 5 】



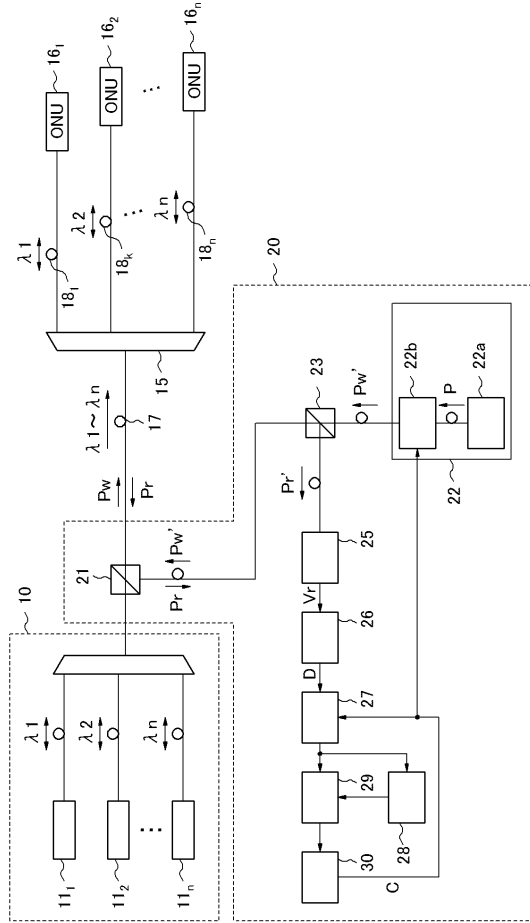
【 図 6 】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 1 1 - 0 6 8 6 6 3 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 0 2 4 0 9 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 B 1 0 / 0 7 1

H 0 4 B 1 0 / 2 7 2

H 0 4 J 1 4 / 0 0

H 0 4 J 1 4 / 0 2