

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 12 月 12 日(12.12.2013)



(10) 国際公開番号

WO 2013/183146 A1

- (51) 国際特許分類:
G01M 11/00 (2006.01) *H04B 10/08* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/064692
- (22) 国際出願日: 2012 年 6 月 7 日(07.06.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社(FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 坂本 剛 (SAKAMOTO, Takeshi) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 真田 有, 外 (SANADA, Tamotsu et al.); 〒1800004 東京都武蔵野市吉祥寺本町 1 丁目 1 0 番 3 1 号 N O F 吉祥寺本町ビル 5 階 Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

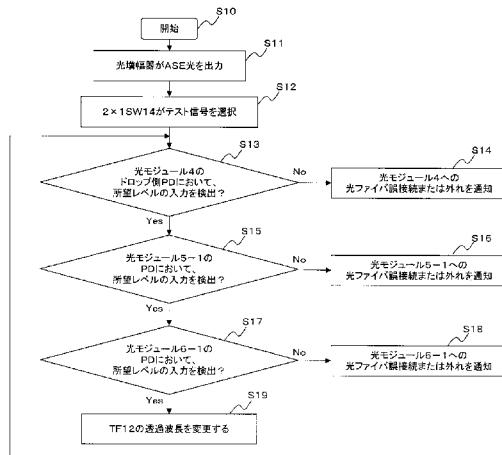
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING OPTICAL FIBER CONNECTION STATE, OPTICAL MODULE FOR DETERMINING OPTICAL FIBER CONNECTION STATE, AND OPTICAL TRANSMISSION DEVICE

(54) 発明の名称: 光ファイバ接続状態判定方法、光ファイバ接続状態判定用光モジュール及び光伝送装置

[図5]



S10 Start
S11 Light amplifier outputs ASE light
S12 2x1 SW14 selects test signal
S13 Is the desired level of input detected at the light module 4 drop side PD?
S14 Notify of optical fiber misconnection or failure at optical module 4
S15 Is the desired level of input detected at the light module 5-1 PD?
S16 Notify of optical fiber misconnection or failure at optical module 5-1
S17 Is the desired level of input detected at the light module 6-1 PD?
S18 Notify of optical fiber misconnection or failure at optical module 6-1
S19 Modify the TF12 transmission wavelength

(57) Abstract: In order to determine the connection state of an optical fiber that connects a transmitting terminal and a plurality of receiving terminals, a test signal having a wave length corresponding to the wave length of an optical signal capable of being received at one of the receiving terminals of the plurality of receiving terminals is generated by way of cutting a portion of amplified spontaneous emission light, the generated test signal is transmitted to the optical fiber, the optical power of the test signal is detected by the one receiving terminal, and the optical fiber connection state is determined on the basis of the detection results for the optical power of the test signal.

(57) 要約: 送信端と複数の受信端との間を接続する光ファイバの接続状態を判定すべく、増幅された自然放光の一部を切り出すことにより、複数の受信端のうちの受信端で受信可能な光信号の波長に対応する波長を有するテスト信号を生成し、生成したテスト信号を光ファイバに伝送させ、上記一の受信端においてテスト信号の光パワーを検出し、テスト信号の光パワーの検出結果に基づき、光ファイバの接続状態を判定する。

WO 2013/183146 A1

明 細 書

発明の名称：

光ファイバ接続状態判定方法、光ファイバ接続状態判定用光モジュール及び光伝送装置

技術分野

[0001] 本発明は、光ファイバ接続状態判定方法、光ファイバ接続状態判定用光モジュール及び光伝送装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、インターネットの普及などによる通信需要の増加に伴い、光増幅器の広帯域性を活かした波長分割多重（WDM：Wavelength Division Multiplexing）システムが普及してきている。

WDMシステムにおいては、全てのまたは一部の光ノードが光分岐挿入装置（OADM：Optical Add-Drop Multiplexer）を備えている。光分岐挿入装置は、光伝送路に波長単位で光信号を挿入し、光伝送路から波長単位で光信号を取り出すことができる。

[0003] 即ち、光分岐挿入装置は、WDM光信号に所望の波長の光信号を挿入する機能（光add機能）と、WDM光信号から所望の波長の光信号を分岐する機能（光drop機能）とを備えている。なお、所望の波長の光信号を挿入および／または分岐する光分岐挿入装置は、ROADM（Reconfigurable OADM）と呼ばれることがある。

ここで、光分岐挿入装置は、波長パスを柔軟に設定または変更できるように、CDC（Colorless, Directionless, and Contentionless）機能を有しているのが好ましい。

[0004] Colorlessとは、光分岐挿入装置の任意のポートに任意の波長を入力でき、任意のポートから任意の波長を出力できる構成または機能を意味する。また、Directionlessとは、光分岐挿入装置が複数の方路を有する構成において、各端局からの光信号を任意の方路に導くことができ、各方路からの光信号を

任意の端局に導くことができる構成または機能を意味する。さらに、Contentionlessとは、光分岐挿入装置内で同一波長の光信号の衝突を回避する構成または機能を意味する。

[0005] なお、下記特許文献1には、CDC機能を有する光分岐挿入装置の一例が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2012-015726号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] このような光分岐挿入装置を含む光伝送装置は、モジュール性 (Modularity) を高めるべく、多数の光デバイスを有している。また、複数の光デバイスは、光ファイバにより相互に接続される。各光デバイスは、それぞれ受信可能な波長の光が異なっている。

光ファイバが誤接続されている場合、光伝送装置が正常に動作しないため、全ての光デバイスが光デバイスと正しく接続されていることを確認する必要がある。しかしながら、検査を行なう光デバイスごとに、検査に使用する光の波長を合わせる必要があり、全ての光デバイスが全て正常に動作していることを確認、判定するためには、多大な労力及び時間を有するという問題がある。

[0008] そこで、本発明は、光ファイバの接続状態を容易に判定する方法を提供することを目的の1つとする。

なお、上記の各目的に限らず、後述する発明を実施するための形態に示す各構成により導かれる作用効果であって、従来の技術によっては得られない作用効果を奏することも本発明の他の目的の1つとして位置付けることができる。

課題を解決するための手段

[0009] (1) 第1の案として、例えば、送信端と複数の受信端との間を接続する光ファイバの接続状態を判定する方法であって、増幅された自然放出光の一部を切り出すことにより、前記複数の受信端のうちの受信端で受信可能な光信号の波長に対応する波長を有するテスト信号を生成し、生成した前記テスト信号を前記光ファイバに伝送させ、前記一の受信端において前記テスト信号の光パワーを検出し、前記テスト信号の光パワーの検出結果に基づき、前記光ファイバの接続状態を判定する、光ファイバ接続状態判定方法を用いることができる。

[0010] (2) また、第2の案として、例えば、送信端と複数の受信端との間を接続する光ファイバの接続状態を判定するための光モジュールであって、増幅された自然放出光の一部を切り出すことにより、前記複数の受信端のうちの受信端で受信可能な光信号の波長に対応する波長を有するテスト信号を生成する波長可変フィルタと、該波長可変フィルタによって生成された前記テスト信号を出力する光出力部とをそなえた、光ファイバ接続状態判定用光モジュールを用いることができる。

[0011] (3) さらに、第3の案として、例えば、複数の光モジュールと、前記複数の光モジュール間を接続する光ファイバと、上記(2)記載の光ファイバ接続状態判定用光モジュールと、前記一の受信端において、前記光ファイバ接続状態判定用光モジュールから出力された前記テスト信号の光パワーを検出する光検出器と、前記光検出器での検出結果に基づき、前記光ファイバの接続状態を判定する処理部とをそなえた、光伝送装置を用いることができる。

発明の効果

[0012] 光ファイバの接続状態を容易に判定することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1] (A) 及び (B) は光システムの構成の一例を示す図である。

[図2] 光伝送装置の構成の一例を示す図である。

[図3] 一実施形態に係る光モジュールの構成の一例を示す図である。

[図4] (A) は A S E 光の一例を示す図であり、(B) はテスト信号の一例を示す図である。

[図5] 一実施形態に係る光ファイバ接続状態判定方法の一例を示す図である。

[図6] 第 1 変形例に係る光モジュールの構成の一例を示す図である。

[図7] 第 2 変形例に係る光モジュールの構成の一例を示す図である。

[図8] 第 3 変形例に係る光伝送装置の構成の一例を示す図である。

[図9] 第 4 変形例に係る光伝送装置の構成の一例を示す図である。

[図10] 第 5 変形例に係る光モジュールの構成の一例を示す図である。

[図11] (A) は A S E 光の一例を示す図であり、(B) は T F によって切り出された光信号の一例を示す図であり、(C) はテスト信号の一例を示す図である。

[図12] 第 5 変形例に係る光モジュールの他の構成の一例を示す図である。

[図13] 第 5 変形例に係る光モジュールの他の構成の一例を示す図である。

[図14] (A) は A S E 光の一例を示す図であり、(B) はテスト信号の一例を示す図であり、(C) は P D での検出結果の一例を示す図である。

[図15] 一実施形態に係る光モジュールの他の構成の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。ただし、以下に示す実施の形態は、あくまでも例示に過ぎず、以下に示す実施形態及び各変形例で明示しない種々の変形や技術の適用を排除する意図はない。即ち、以下に示す実施形態及び各変形例を、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で組み合わせるなどして種々変形して実施できることはいうまでもない。

[0015] [1] 一実施形態について

(1. 1) 光システムの構成の一例

図 1 は、一実施形態に係る光システムの構成の一例を示す図である。光伝送装置の一例である光分岐挿入装置 (O A D M : Optical Add-Drop Multiplexer) は、光ノード内に設けられる。また、光分岐挿入装置は、1 または複数の所望の波長の光信号を W D M 光信号に挿入 (Add) する機能、および W D M

光信号から1または複数の所望の波長の光信号を分岐（Drop）する機能を備える。この光分岐挿入装置は、光モジュール或いは光パッケージとも呼ばれる。

[0016] 図1（A）に示す光システムは、双方向リングネットワークであり、4台の光ノード#1～#4を備えている。即ち、各光ノード間は、1組の時計回り光伝送路および反時計回り光伝送路で接続されている。時計回り光伝送路および反時計回り光伝送路は、それぞれ、WDM光信号を伝送する。各光ノード#1～#4は、それぞれ光分岐挿入装置を備えている。

[0017] 各光ノードまたは各光分岐挿入装置を基準として、ある方向に向かって伸びる光伝送路を「方路」と呼ぶことにする。例えば、光ノード#1（または、光ノード#1の光分岐挿入装置）は、方路#1および方路#2を有している。方路#1は、光ノード#4に接続されている。そして、方路#1には、光ノード#4から光ノード#1へWDM光信号を伝送する光伝送路（入方路）、および光ノード#1から光ノード#4へWDM光信号を伝送する光伝送路（出方路）が設定されている。また、方路#2は、光ノード#2に接続されている。そして、方路#2には、光ノード#2から光ノード#1へWDM光信号を伝送する光伝送路（入方路）、および光ノード#1から光ノード#2へWDM光信号を伝送する光伝送路（出方路）が設定されている。

[0018] 上記構成の光システムにおいて、例えば、端局Aから端局Bへデータを送信する際には、光ノード#1は、端局Aから送信される光信号を、方路#1へ出力する。このとき、端局Aは、例えば、波長 λ_1 を利用してデータを搬送する光信号を送信する。そうすると、光ノード#1の光分岐挿入装置は、端局Aから送信される光信号を、光ノード#2から方路#2、#1を介して光ノード#4へ伝送されるWDM光信号に挿入する。そして、光ノード#4の光分岐挿入装置は、そのWDM光信号から波長 λ_1 の光信号を分岐して端局Bへ導く。これにより、端局Aから送信されるデータは、端局Bにより受信される。

[0019] 端局Cから端局Aへデータを送信する際には、端局Cは、例えば、波長 λ

2を利用してデータを搬送する光信号を送信する。そうすると、光ノード#2の光分岐挿入装置は、端局Cから送信される光信号を、光ノード#3から光ノード#2、方路#2を介して光ノード#1へ伝送されるWDM光信号に挿入する。このWDM光信号は、方路#2から光ノード#1に入力される。そして、光ノード#1の光分岐挿入装置は、そのWDM光信号をから波長 λ_2 の光信号を分岐して端局Aへ導く。これにより、端局Cから送信されるデータは、端局Aにより受信される。

[0020] 図1(A)に示す光システムでは、各光分岐挿入装置は、それぞれ2本の方路を有しているが、より多くの方路を有するようにしてもよい。例えば、図1(B)に示す光システムでは、光ノード#5の光分岐挿入装置は、4本の方路#1～#4を有している。このとき、光ノード#5の光分岐挿入装置は、端局Dから送信される任意の波長の光信号を、任意の方路へ出力することができる。また、光ノード#5の光分岐挿入装置は、任意の方路から任意の波長の光信号を分岐して端局Dへ転送することができる。

[0021] 光分岐挿入装置が備える方路の数は、「Degree」でカウントされることがある。例えば、図1(A)に示す各光分岐挿入装置は、2本の方路を有しているので、2-degreeと呼ばれることがある。また、図1(B)に示す光ノード#5の光分岐挿入装置は、4本の方路を有しているので、4-degreeと呼ばれることがある。

(1. 2) 光伝送装置（光分岐挿入装置）の構成の一例

図2は、光伝送装置の構成の一例を示す図である。なお、以下では、光伝送装置のことを光分岐挿入装置ともいう。

[0022] この図2に示す光分岐挿入装置1は、例示的に、 n (n は2以上の整数)本の方路を有している。 n 本の方路は、例えば、2本の方路(WEST方路(#1)およびEAST方路(# n))と複数の他方路(#2～#($n-1$)))とを有している。各方路は、1組の入方路および出方路を含む。

また、図2に示す光分岐挿入装置1は、例示的に、複数の光デバイス(光素子)を備えた機能ブロックを一つの単位とする光モジュール(パッケージ

) 2-1~2-2, 3-1~3-2, 4, 5-1~5-2 及び 6-1~6-2 と、各光モジュール 2-1~2-2, 3-1~3-2, 4, 5-1~5-2 及び 6-1~6-2 を制御するコントローラ (処理部) 7 とを備える。

[0023] 光モジュール 2-1~2-2 は、それぞれ、複数の光増幅器を備えている。また、光モジュール 3-1~3-2 は、それぞれ、 $1 \times n$ 波長選択光スイッチ (WSS : Wavelength Selective Switch) と、 $1 \times n$ 光スプリッタ (SPL : Splitter) と、光スプリッタ (SPL : Splitter) と、光カプラ (CPL : Coupler) とを備えている。さらに、各光モジュール 4 は、複数の光増幅器と、1組の SPL 及び CPL とを備えている。また、光モジュール 5-1~5-2 は、それぞれ、光クロスコネクタスイッチ (OXC : Optical Cross Connect Switch) と、複数の波長可変フィルタ (TF : Tunable Filter) とを備えている。さらに、光モジュール 6-1~6-2 は、それぞれ、複数のトランスポンダ (TP : Transponder) を備えている。なお、以下では、光モジュール 2-1~2-2 を単に光モジュール 2 と称することがあり、光モジュール 3-1~3-2 を単に光モジュール 3 と称することがある。また、同様に、光モジュール 5-1~5-2 を単に光モジュール 5 と称することがあり、光モジュール 6-1~6-2 を単に光モジュール 6 と称することがある。

[0024] ここで、光モジュール 2-1 は、WEST 方路から入力される WDM 光信号を増幅するとともに、WEST 方路へ出力される WDM 光信号を増幅する。同様に、光モジュール 2-2 は、EAST 方路から入力される WDM 光信号を増幅するとともに、EAST 方路へ出力される WDM 光信号を増幅する。なお、光モジュール 2-1~2-2 内の各光増幅器の利得は、予め計算されてもよいし、コントローラ 7 などによって動的に制御されるようにしてもよい。

[0025] まず、光分岐挿入装置 1 のドロップ機能に着目すると、光モジュール 2-1 と接続された光モジュール 3-1 内の $1 \times n$ SPL は、WEST 方路から入力される WDM 光信号を分岐し、光モジュール 3-2 内の $1 \times n$ WSS,

光モジュール 3-1 内の S P L 及び複数の他方路に導く。同様に、光モジュール 2-2 と接続された光モジュール 3-2 内の $1 \times n$ S P L は、E A S T 方路から入力される W D M 光信号を分岐し、光モジュール 3-1 内の $1 \times n$ W S S、光モジュール 3-2 内の S P L 及び複数の他方路に導く。

[0026] また、光モジュール 3-1 内の S P L は、光モジュール 3-1 内の $1 \times n$ S P L から導かれてくる W D M 光信号を分岐し、光モジュール 4 内の光増幅器に導く。同様に、光モジュール 3-2 内の S P L は、光モジュール 3-2 内の $1 \times n$ S P L から導かれてくる W D M 光信号を分岐し、光モジュール 4 内の光増幅器に導く。

光モジュール 4 内の光増幅器は、光モジュール 3-1 内の S P L から入力された光信号を増幅し、当該光モジュール 4 内の S P L へ出力する。同様に、他の光モジュール 4 内の光増幅器は、光モジュール 3 内の S P L から入力された光信号を増幅し、当該光モジュール 4 内の S P L へ出力する。なお、光モジュール 4 における各光増幅器の利得は、予め計算されてもよいし、コントローラ 7 などによって動的に制御されるようにしてもよい。

[0027] 光モジュール 4 内の S P L は、光モジュール 4 内の光増幅器で増幅された光信号を分岐し、光モジュール 5-1 内の O X C に導く。

各光モジュール 5-1 内の O X C は、入力された光信号を、例えばコントローラ 7 により指定される出力ポートへ導く。また、各光モジュール 5-1 内の T F は、O X C から入力される光信号のうち、例えばコントローラ 7 により指定される波長の光信号のみを通過させる一方、他の波長の光信号を遮断する。

[0028] 光モジュール 6-1 内の T P は、光モジュール 5-1 内の T F から入力された光信号を、対応する端局へ転送する。なお、光モジュール 6-1 内の各 T P から出力される光信号の波長は、互いに同じであってもよいし、互いに異なってもよい。

次に、光分岐挿入装置 1 のアド機能に着目すると、光モジュール 6-2 内の T P は、それぞれ、対応する端局から送信される光信号を、光モジュール

5-2内のTFへ転送する。なお、各端局から送信される光信号の波長は、互いに同じであってもよいし、互いに異なってもよい。また、光モジュール6-2内の各TPから出力される光信号の波長は、特に限定されるものではないが、互いに異なるようにしてもよい。

[0029] 光モジュール5-2内の各TFは、光モジュール6-2内の各TPから入力される光信号のうち、例えばコントローラ7により指定される波長の光信号のみを通過させる一方、他の波長の光信号を遮断する。また、光モジュール5-2内のOXCは、TFから入力された光信号を、例えばコントローラ7により指定される出力ポートへ導く。

また、光モジュール4内のCPLは、光モジュール5-2内のOXCから入力された光信号を合波して出力する。さらに、光モジュール4内の光増幅器は、CPLから入力された光信号を増幅して出力する。なお、光モジュール4における各光増幅器の利得は、予め計算されてもよいし、コントローラ7などによって動的に制御されるようにしてもよい。

[0030] 光モジュール3-1内のCPLは、光モジュール4から入力される光信号を合波して、光モジュール3-1内の1×nWSSへ出力する。同様に、光モジュール3-2内のCPLは、光モジュール4から入力される光信号を合波して、光モジュール3-2内の1×nWSSへ出力する。

光モジュール3-1内の1×nWSSは、例えばコントローラ7による制御に従って、EAST方路から光モジュール3-2内の1×nSPLを介して導かれてくる光信号と光モジュール3-1内のCPLから導かれてくる光信号と複数の他方路から入力される光信号とから、WEST方路へ出力するWDM光信号を生成する。このとき、光モジュール3-1内の1×nWSSは、EAST方路から光モジュール3-2内の1×nSPLを介して導かれてくる光信号と複数の他方路から入力される光信号とから、光分岐挿入装置1を「通過（スルー）」する1または複数の任意の波長を選択する。また、光モジュール3-1内の1×nWSSは、光モジュール3-1内のCPLから導かれてくる光信号から、WDM光信号に「挿入（アド）」する1または

複数の任意の波長を選択する。

[0031] 同様に、光モジュール 3-2 内の $1 \times n$ WSS は、例えばコントローラ 7 による制御に従って、WEST 方路から光モジュール 3-1 内の $1 \times n$ SPL を介して導かれてくる光信号と光モジュール 3-2 内の CPL から導かれてくる光信号と複数の他方路から入力される光信号とから、EAST 方路へ出力する WDM 光信号を生成する。このとき、光モジュール 3-2 内の $1 \times n$ WSS は、WEST 方路から光モジュール 3-1 内の $1 \times n$ SPL を介して導かれてくる光信号と複数の他方路から入力される光信号とから、光分岐挿入装置 1 を「通過（スルー）」する 1 または複数の任意の波長を選択する。また、光モジュール 3-2 内の $1 \times n$ WSS は、光モジュール 3-2 内の CPL から導かれてくる光信号から、WDM 光信号に「挿入（アド）」する 1 または複数の任意の波長を選択する。

[0032] コントローラ 7 は、ユーザまたはネットワーク管理装置（図示省略）からの指示に応じて、各光モジュール 2～6 を制御する。このため、コントローラ 7 は、例えば、プロセッサ及びメモリを備える。メモリには、光分岐挿入装置 1 のアド動作およびドロップ動作を記述したプログラムが格納されるようにしてもよい。この場合、プロセッサは、メモリに格納されているプログラムを実行することにより、光信号のアド動作およびドロップ動作を提供する。また、コントローラ 7 は、ユーザまたはネットワーク管理装置との間のインタフェースを提供してもよい。

[0033] （1. 3）光ファイバの接続状態判定方法について

ここで、図 2 に例示する光分岐挿入装置 1 内の光モジュール 2～6 間を相互に接続する光ファイバが正しく接続されているか否かを判定する方法（光ファイバ接続状態判定方法）の一例について説明する。

光ファイバ接続状態判定方法の一例として、例えば、光信号の送信元において、光ファイバの接続先毎にそれぞれ異なる周波数で光信号を変調し、変調された光信号を、光ファイバの各接続先に配置された光検出器（PD：Photo Diode）で検出する方法がある。

[0034] この方法では、異なる周波数の変調処理が施された光信号を光ファイバの各接続先に配置された光検出器（PD）で検出し、当該検出結果に基づいて、受信した光信号の変調周波数を検出することにより、所望の送信元から正しく光信号が送信されているかどうかを確認することができる。なお、上記方法において、各光信号に施す変調は、例えば、各光信号に重畳されているデータに影響を与えない程度に緩やかであるのが望ましい。

[0035] しかしながら、一般的に、CDC機能を有する光分岐挿入装置1における光ファイバ接続数は非常に多く、例えば、8方路（8-degree）且つ88波の光信号を収容可能な光分岐挿入装置1の場合、数百～数千本の光ファイバが用いられる可能性がある。このため、光分岐挿入装置1に上述したような方法を適用して、光ファイバの接続元全てに変調部を配置するとともに、光ファイバの接続先全てに光検出器を配置すると、光分岐挿入装置1の装置サイズ及び製造コストの肥大化を招く。

[0036] また、CDC機能を有する光分岐挿入装置1において各光信号の方路の接続を誤った場合、波長の衝突が生じ、既存の光信号にエラーを引き起こしたり、間違った方路に光信号を送出してしまったりする可能性がある。このため、光分岐挿入装置1に上述したような方法を適用する場合、光ファイバの接続数に応じた種類の変調周波数を用いることとなるが、変調周波数の種類が非常に多いと、より高感度な光検出器（PD）が要求され、やはり、光分岐挿入装置1の装置サイズ及び製造コストの肥大化を招く。

[0037] そこで、本例では、光ファイバの接続状態を容易に判定する方法を提案する。

具体的には例えば、光分岐挿入装置1内の光増幅器などから放出される増幅された自然放出光（ASE：Amplified Spontaneous Emission）の一部を切り出すことにより光ファイバ接続状態判定用のテスト信号を生成し、生成したテスト信号を、光モジュール間を接続する光ファイバに導通させ、当該テスト信号が受信端（接続先）で正しく検出されるか否かを判定することで、光ファイバの接続状態を判定する。なお、本発明は、図2に例示した光分

岐挿入装置 1 への適用に限定されず、様々な光ファイバ接続形態に適用可能であることはいうまでもない。

[0038] なお、前提として、例えば、光分岐挿入装置 1 内の各光モジュール 3～6 の受信端（光ファイバの接続先）には、入力光の光パワーを検出可能な光検出器（PD）が配置されているものとする（図 2 中の網掛け丸印参照）。

（1. 4）一実施形態に係る光ファイバ接続状態判定用光モジュールの構成例

図 3 は一実施形態に係る光ファイバ接続状態判定用光モジュール（以下、単に光モジュールともいう）の構成の一例を示す図である。

[0039] この図 3 に示す光モジュール 10 は、例示的に、 1×2 光カップラ（CPL）11 と、波長可変フィルタ（TF）12 と、 1×2 光カップラ（CPL）13 と、 2×1 光スイッチ（SW）14 と、光検出器（PD）15 とを備える。

光モジュール 10 は、例えば、図 2 に例示した光分岐挿入装置 1 の光モジュール 2-1 内の光増幅器と光モジュール 3-1 内の $1 \times n$ SPL との間や、光モジュール 2-2 内の光増幅器と光モジュール 3-2 内の $1 \times n$ SPL との間などに配置されるのが望ましい。この場合、光モジュール 10 には、例えば、光モジュール 2-1～2-2 内の光増幅器から放出される ASE 光が入力され得る。また、光モジュール 4 内の光増幅器と光モジュール 3-1 内の CPL との間や、光モジュール 4 内の光増幅器と光モジュール 3-2 内の CPL との間などに光モジュール 10 を配置してもよい。

[0040] ここで、 1×2 CPL 11 は、入力光を分岐し、後段の 2×1 SW 14 と TF 12 とに導く。なお、入力光には、前段の光増幅器から入力される ASE 光と、光システムの運用時に入力される主信号光とが含まれる。

TF 12 は、 1×2 CPL 11 から入力される光信号のうち、所定の波長の光信号のみを通過させる一方、他の波長の光信号を遮断する。なお、TF 12 が通過させる波長は、例えば、コントローラ 7 などにより制御されてもよい。

[0041] 具体的には例えば、光ファイバ接続状態判定処理時において、TF12には、図4（A）に例示するような周波数対光パワー特性を有するASE光が入力される。このとき、TF12は、図4（B）に例示するように、光システムを伝搬する光信号1波分に相当するASE光を切り出すことにより、光ファイバ接続状態判定用のテスト信号を生成する。TF12によって生成された上記テスト信号は、1×2CPL13に出力される。

[0042] 即ち、TF12は、入力されたASE光の一部を切り出すことにより、光ファイバの接続先（複数の受信端）のうち接続先（受信端）で受信可能な光信号の波長に対応する波長を有するテスト信号を生成する波長可変フィルタの一例として機能する。

1×2CPL13は、TF12によって生成された上記テスト信号を分岐し、2×1SW14とPD15とに導く。

[0043] 2×1SW14は、1×2CPL11から入力される光信号と1×2CPL13から入力される光信号とのうちいずれか一方を選択して出力する。2×1SW14は、例えば、光分岐挿入装置1の起動時や新設チャネルの立ち上げ時などの光ファイバ接続状態判定時においては、1×2CPL13から入力される光信号（即ち、上記テスト信号）を選択する一方、光システム、光分岐挿入装置1の実運用時などにおいては、1×2CPL11から入力される光信号（即ち、主信号光）を選択する。なお、2×1SW14の選択動作は、例えば、コントローラ7などにより制御されてもよい。

[0044] 即ち、2×1SW14は、TF12によって生成されたテスト信号を出力する光出力部の一例として機能する。

また、PD15は、1×2CPL13によって分岐入力された、上記テスト信号の光パワーを検出する。当該検出結果は、例えば、コントローラ7などに通知され、光分岐挿入装置1内の光増幅器に対する増幅利得制御や、TF12の通過帯域制御などに用いられる。即ち、上記テスト信号の光パワーは、所望の値に制御され得る。

[0045] 本例では、上記構成を有する光モジュール10によって、ASE光の一部

を切り出すことにより生成した上記テスト信号を、各光モジュール2～6の光ファイバ接続端に備えられた光検出器（PD）で検出し、当該検出結果に基づいて、各光ファイバ接続が妥当であるか否かを判定する。

以下、本例の光ファイバ接続状態判定方法の具体例について説明する。

[0046] （1．5）一実施形態に係る光ファイバ接続状態判定方法

まず、図5に例示するように、光分岐挿入装置1の起動や新設チャンネルの立ち上げなどを契機として、光ファイバ接続状態判定処理が開始されると（ステップS10）、光分岐挿入装置1内の光増幅器からASE光が放出される（ステップS11）。

光分岐挿入装置1内の光増幅器の後段に配置された光モジュール10内の1×2CPL11は、光増幅器から入力されたASE光を分岐し、TF12へ導く。

[0047] TF12は、例えば、光分岐挿入装置1で分岐（ドロップ）される光信号の波長に対応する波長の光信号を、1×2CPL11から入力されたASE光から切り出すことにより、光ファイバ接続状態判定用のテスト信号を生成する。なお、当該テスト信号の光パワーは、PD15での検出結果に基づき、コントローラ7などによって増減制御され得る。

このとき、2×1SW14は、1×2CPL11からの入力と1×2CPL13からの入力とのうち、1×2CPL13からの入力（即ち、テスト信号）を選択して出力する（ステップS12）。なお、光システム、光分岐挿入装置1の実運用時などにおいては、2×1SW14は、1×2CPL11からの入力と1×2CPL13からの入力とのうち、1×2CPL11からの入力（即ち、主信号光）を選択して出力する。

[0048] ここで、光モジュール10を、光モジュール2-1内の光増幅器のうち、WEST方路から入力される光信号を増幅する光増幅器と光モジュール3-1内の1×nSPLとの間に配置した場合を一例として、本例の光ファイバ接続状態判定方法を説明する。

このとき、光モジュール10によって生成及び出力されたテスト信号は、

光モジュール 10 と光モジュール 3-1 との間を接続する光ファイバを介して、光モジュール 3-1 へ入力される。

[0049] そして、当該テスト信号は、光モジュール 3-1 内の $1 \times n$ SPL で分岐された後、光モジュール 3-1 内の SPL で分岐され、光モジュール 3-1 と光モジュール 4 との間を接続する光ファイバを介して、光モジュール 4 へ入力される。

このとき、コントローラ 7 は、光モジュール 4 内の SPL 前段に配置された光増幅器の受信端に配置された光検出器（ドロップ側 PD）において、テスト信号が所望のレベルで検出されたかどうかを判定する（ステップ S 13）。なお、所望のレベルとは、光モジュール 10 内の PD 15 及びコントローラ 7 によって利得制御されたテスト信号の光パワーのことをいう。

[0050] ドロップ側 PD においてテスト信号が所望のレベルで検出された場合（ステップ S 13 の Yes ルート）、コントローラ 7 は、光モジュール 3-1 と光モジュール 4 との間の光ファイバ接続のうち、少なくとも当該テスト信号が伝搬する光ファイバが正しく接続されていると判定することができる。

一方、ドロップ側 PD においてテスト信号を所望のレベルで検出できない場合（ステップ S 13 の No ルート）、コントローラ 7 は、光モジュール 3-1 と光モジュール 4 との間の光ファイバ接続のうち、少なくとも当該テスト信号が伝搬する光ファイバが正しく接続されていないと判定し、当該光ファイバの誤接続または当該光ファイバが外れている旨をネットワーク管理装置などに通知することができる（ステップ S 14）。これにより、当該光ファイバの誤接続または光ファイバ外れは、ネットワーク管理者やユーザなどによって是正されることができる。

[0051] なお、コントローラ 7 は、テスト信号の光パワーの検出結果が所定の閾値よりも小さい場合、光ファイバが誤接続されていると判定する一方、テスト信号の光パワーの検出結果が所定の閾値以上である場合、光ファイバが正しく接続されていると判定してもよい。

光モジュール 3-1 と光モジュール 4 との間の光ファイバ接続のうち、少

なくとも当該テスト信号が伝搬する光ファイバが正しく接続されていれば、次に、コントローラ 7 は、光モジュール 5 - 1 内の O X C の受信端に配置された光検出器 (P D) において、テスト信号が所望のレベルで検出されたかどうかを判定する (ステップ S 1 5) 。

[0052] 光モジュール 5 - 1 内の O X C の受信端に配置された光検出器 (P D) においてテスト信号を所望のレベルで検出した場合 (ステップ S 1 5 の Y e s ルート) 、コントローラ 7 は、光モジュール 4 と光モジュール 5 - 1 との間の光ファイバ接続のうち、少なくとも当該テスト信号が伝搬する光ファイバが正しく接続されていると判定することができる。

一方、光モジュール 5 - 1 内の O X C の受信端に配置された光検出器 (P D) においてテスト信号を所望のレベルで検出できない場合 (ステップ S 1 5 の N o ルート) 、コントローラ 7 は、光モジュール 4 と光モジュール 5 - 1 との間の光ファイバ接続のうち、少なくとも当該テスト信号が伝搬する光ファイバが正しく接続されていないと判定し、当該光ファイバの誤接続または当該光ファイバが外れている旨をネットワーク管理装置などに通知することができる (ステップ S 1 6) 。これにより、当該光ファイバの誤接続または光ファイバ外れは、ネットワーク管理者やユーザなどによって是正されることができる。

[0053] なお、コントローラ 7 は、テスト信号の光パワーの検出結果が所定の閾値よりも小さい場合、光ファイバが誤接続されていると判定する一方、テスト信号の光パワーの検出結果が所定の閾値以上である場合、光ファイバが正しく接続されていると判定してもよい。

光モジュール 4 と光モジュール 5 - 1 との間の光ファイバ接続のうち、少なくとも当該テスト信号が伝搬する光ファイバが正しく接続されていれば、次に、コントローラ 7 は、光モジュール 6 - 1 内の T P の受信端に配置された光検出器 (P D) において、テスト信号が所望のレベルで検出されたかどうかを判定する (ステップ S 1 7) 。

[0054] 光モジュール 6 - 1 内の T P の受信端に配置された光検出器 (P D) にお

いてテスト信号を所望のレベルで検出した場合（ステップS 1 7のY e s ルート）、コントローラ7は、光モジュール5 - 1と光モジュール6 - 1との間の光ファイバ接続のうち、少なくとも当該テスト信号が伝搬する光ファイバが正しく接続されていると判定することができる。また、この場合、光モジュール5 - 1内のT Fの透過波長設定が妥当であることも合わせて確認することができる。

[0055] 一方、光モジュール6 - 1内のT Pの受信端に配置された光検出器（P D）においてテスト信号を所望のレベルで検出できない場合（ステップS 1 7のN o ルート）、コントローラ7は、光モジュール5 - 1と光モジュール6 - 1との間の光ファイバ接続のうち、少なくとも当該テスト信号が伝搬する光ファイバが正しく接続されていないと判定し、当該光ファイバの誤接続または当該光ファイバが外れている旨をネットワーク管理装置などに通知することができる（ステップS 1 8）。これにより、当該光ファイバの誤接続または光ファイバ外れは、ネットワーク管理者やユーザなどによって是正されることができる。

[0056] なお、コントローラ7は、テスト信号の光パワーの検出結果が所定の閾値よりも小さい場合、光ファイバが誤接続されていると判定する一方、テスト信号の光パワーの検出結果が所定の閾値以上である場合、光ファイバが正しく接続されていると判定してもよい。

以上のようにして、上記テスト信号が伝搬する各光ファイバの接続の妥当性が保証されると、次に、コントローラ7は、T F 1 2の透過波長を変更し（ステップS 1 9）、上記ステップS 1 3～S 1 8の処理を繰り返す。例えば、コントローラ7は、光分岐挿入装置1で分岐（ドロップ）される光信号の他の波長を透過するように、T F 1 2の透過波長を変更する。

[0057] これにより、光モジュール3 - 1, 4, 5 - 1及び6 - 1間の他の光ファイバの接続の妥当性を検証、保証することができる。なお、光モジュール3 - 1, 4, 5 - 1及び6 - 1間の全ての光ファイバ接続の妥当性が保証されると、コントローラ7は、光ファイバ判定処理を終了してもよい。なお、光

ファイバ接続の妥当性が確認されている接続部位がある場合、当該接続部位に対応する光ファイバ接続状態判定処理の一部は省略されてもよい。

[0058] 上述した例では、光モジュール10を、光モジュール2-1内の光増幅器のうち、WEST方路から入力される光信号を増幅する光増幅器と光モジュール3-1内の $1 \times n$ SPLとの間に配置し、光モジュール3-1, 4, 5-1及び6-1間のドロップ方向における各光ファイバ接続の妥当性について判定したが、例えば、光モジュール10を、光モジュール2-2内の光増幅器のうち、EAST方路から入力される光信号を増幅する光増幅器と光モジュール3-2内の $1 \times n$ SPLとの間に配置すれば、光モジュール3-2, 4, 5-1及び6-1間のドロップ方向における各光ファイバ接続の妥当性についても同様に判定することができる。

[0059] また、光モジュール10を、光モジュール4内の光増幅器と光モジュール3-1（あるいは3-2）内のCPLとの間に配置すれば、光モジュール4及び3-1（あるいは3-2）間のアド方向における各光ファイバ接続の妥当性についても同様に判定することができる。

以上のように、本例によれば、光ファイバの接続状態を容易に判定することが可能となる。

[0060] [2] 第1変形例

また、図6に例示するような光モジュール10Aを用いてもよい。

光モジュール10Aは、 1×2 CPL11の代わりに、 1×2 SW16を備えている。なお、図6において図3と同一の符号を付した構成要素については、図3に示す構成要素と同様の機能を有するため、その説明を省略する。

[0061] 1×2 SW16は、入力ポートから入力される光信号を、いずれかの出力ポートから選択的に出力する。 1×2 SW16は、例えば、光分岐挿入装置1の起動時や新設チャネルの立ち上げ時などの光ファイバ接続状態判定時においては、入力光をTF12の方路へ出力する一方、光システム、光分岐挿入装置1の実運用時などにおいては、入力光を 2×1 SW14の方路へ出力

する。なお、 1×2 SW 16 の選択動作は、例えば、コントローラ 7 などにより制御されてもよい。

[0062] 光モジュール 10 に代えて、光モジュール 10A を用いることにより、上記実施形態と同様の効果が得られるほか、主信号光の損失を低減することができる。

〔3〕第2変形例

また、図 7 に例示するような光モジュール 20 を用いてもよい。

この図 7 に示す光モジュール 20 は、例示的に、ASE 光源 21 と、TF 22 と、 1×2 CPL 23 と、 2×1 SW 24 と、PD 25 とを備える。

[0063] ASE 光源 21 は、図 4 (A) に例示したような ASE 光を出力する。

TF 22 は、ASE 光源 21 から入力される ASE 光のうち、所定の波長の光信号のみを通過させる一方、他の波長の光信号を遮断する。なお、TF 22 が通過させる波長は、例えば、コントローラ 7 などにより制御されてもよい。

具体的には例えば、光ファイバ接続状態判定処理時において、TF 22 には、図 4 (A) に例示するような周波数対光パワー特性を有する ASE 光が入力される。このとき、TF 22 は、図 4 (B) に例示するように、光システムを伝搬する光信号 1 波分に相当する ASE 光を切り出すことにより、光ファイバ接続状態判定用のテスト信号を生成する。TF 22 によって生成された上記テスト信号は、 1×2 CPL 23 に出力される。

[0064] 1×2 CPL 23 は、TF 22 によって生成された上記テスト信号を分岐し、 2×1 SW 24 と PD 25 とに導く。

2×1 SW 24 は、外部から入力される光信号と 1×2 CPL 23 から入力される光信号とのうちいずれか一方を選択して出力する。 2×1 SW 24 は、例えば、光分岐挿入装置 1 の起動時や新設チャネルの立ち上げ時などの光ファイバ接続状態判定時においては、 1×2 CPL 23 から入力される光信号（即ち、上記テスト信号）を選択する一方、光システム、光分岐挿入装置 1 の実運用時などにおいては、外部から入力される光信号（即ち、主信号

光)を選択する。なお、 2×1 SW 24 の選択動作は、例えば、コントローラ 7 などにより制御されてもよい。

[0065] また、PD 25 は、 1×2 CPL 23 によって分岐入力された、上記テスト信号の光パワーを検出する。当該検出結果は、例えば、コントローラ 7 などに通知され、光分岐挿入装置 1 内の光増幅器に対する増幅利得制御や、TF 22 の通過帯域制御などに用いられる。即ち、上記テスト信号の光パワーは、所望の値に制御され得る。

以上のように構成された光モジュール 20 を、例えば、光モジュール 6-2 内の TP の前段に配置すれば、光モジュール 6-2, 5-2, 4 及び 3-1 (あるいは 3-2) 間のアド方向における各光ファイバ接続の妥当性についても同様に判定することができる。

[0066] [4] 第3変形例

図 8 は、第3変形例に係る光分岐挿入装置 1 A の構成の一例を示す図である。

この図 8 に示す光分岐挿入装置 1 A は、例示的に、複数の光デバイス (光素子) を備えた機能ブロックを一つの単位とする光モジュール (パッケージ) 2 A-1 ~ 2 A-6, 3 A-1 ~ 3 A-2, 4 A, 5 A 及び 6 A-1 ~ 6 A-2 と、各光モジュール 2 A-1 ~ 2 A-6, 3 A-1 ~ 3 A-2, 4 A, 5 A 及び 6 A-1 ~ 6 A-2 を制御するコントローラ 7 A とを備えている。

[0067] また、上述した実施形態及び各変形例と同様に、前提として、例えば、光分岐挿入装置 1 A 内の各光モジュール 2 A-1 ~ 2 A-6, 3 A-1 ~ 3 A-2, 4 A, 5 A 及び 6 A-1 ~ 6 A-2 の受信端 (光ファイバの接続先) には、入力光の光パワーを検出可能な光検出器 (PD) が配置されているものとする (図 8 中の網掛け丸印参照)。

図 8 に例示するような光分岐挿入装置 1 A においても、上述した光モジュール 10, 10 A 及び 20 のうち少なくともいずれかを適切な位置に配置すれば、各光モジュール 2 A-1 ~ 2 A-6, 3 A-1 ~ 3 A-2, 4 A, 5

A及び6A-1～6A-2間の各光ファイバ接続の妥当性を容易に判定することができる。

[0068] また、各WSSにおける波長選択の設定誤りや、各WSS自体の故障等の動作異常についても判定することができる。

〔5〕第4変形例

図9は、第4変形例に係る光分岐挿入装置1Bの構成の一例を示す図である。

この図9に示す光分岐挿入装置1Bは、例示的に、複数の光デバイス（光素子）を備えた機能ブロックを一つの単位とする光モジュール（パッケージ）2B-1～2B-2、3B-1～3B-2、4B、5B、6B、8B、9B及び10B-1～10B-2と、各光モジュール2B-1～2B-2、3B-1～3B-2、4B、5B、6B、8B、9B及び10B-1～10B-2を制御するコントローラ7Bとを備えている。

[0069] また、上述した実施形態及び各変形例と同様に、前提として、例えば、光分岐挿入装置1B内の各光モジュール2B-1～2B-2、3B-1～3B-2、4B、5B、6B、8B、9B及び10B-1～10B-2の受信端（光ファイバの接続先）には、入力光の光パワーを検出可能な光検出器（PD）が配置されているものとする（図9中の網掛け丸印参照）。

[0070] 図9に例示するような光分岐挿入装置1Bにおいても、上述した光モジュール10、10A及び20のうち少なくともいずれかを適切な位置に配置すれば、各光モジュール2B-1～2B-2、3B-1～3B-2、4B、5B、6B、8B、9B及び10B-1～10B-2間の各光ファイバ接続の妥当性を容易に判定することができる。

また、各WSSにおける波長選択の設定誤りや、各WSS自体の故障等の動作異常についても判定することができる。

[0071] 〔6〕第5変形例

また、上記テスト信号に変調を施し、テスト信号のパワーレベル及び変調周波数を合わせて検出することにより、光ファイバ接続の妥当性と各光信号

の方路設定とを判定することができる。即ち、受信端において、受信可能な光信号とは異なる波長の光信号が入力されている場合でも、入力光に施されている変調の変調周波数に基づいて、光ファイバの接続状態を判定することができる。

[0072] 図10は第5変形例に係る光モジュールの構成の一例を示す図である。

この図10に示す光モジュール30は、例示的に、 1×2 C P L 31と、T F 32と、変調器33と、 1×2 C P L 34と、 2×1 S W 35と、P D 36とを備える。

ここで、 1×2 C P L 31は、入力光を分岐し、後段の 2×1 S W 35とT F 32とに導く。なお、入力光には、前段の光増幅器などから入力されるA S E光と、光システムの運用時に入力される主信号光とが含まれる。

[0073] T F 32は、 1×2 C P L 31から入力される光信号のうち、所定の波長の光信号のみを通過させる一方、他の波長の光信号を遮断する。なお、T F 32が通過させる波長は、例えば、コントローラ7などにより制御されてもよい。

具体的には例えば、光ファイバ接続状態判定処理時において、T F 32には、図11(A)に例示するような周波数対光パワー特性を有するA S E光が入力される。このとき、T F 32は、図11(B)に例示するように、光システムを伝搬する光信号1波分に相当するA S E光を切り出す。T F 32によって切り出された光信号は、変調器33に出力される。

[0074] 変調器33は、T F 32によって切り出された光信号について、所定の変調周波数による変調を施す。なお、変調器33によって施される変調についての変調周波数は、例えば、コントローラ7などにより制御されてもよい。変調器33には、例えば、LiNbO₃（リチウムナイオベート）などの強誘電体結晶が用いられてもよい。

具体的には例えば、光ファイバ接続状態判定処理時において、変調器33には、図11(B)に例示するような光信号が入力される。このとき、変調器33は、図11(C)に例示するように、所定の変調周波数を用いて、入

力された光信号に変調を施すことにより光ファイバ接続状態判定用のテスト信号を生成する。変調器 33 によって生成されたテスト信号は、1×2 C P L 34 に出力される。

[0075] 1×2 C P L 34 は、T F 32 及び変調器 33 によって生成された上記テスト信号を分岐し、2×1 S W 35 と P D 36 とに導く。

2×1 S W 35 は、1×2 C P L 31 から入力される光信号と 1×2 C P L 34 から入力される光信号とのうちいずれか一方を選択して出力する。2×1 S W 35 は、例えば、光分岐挿入装置 1 の起動時や新設チャネルの立ち上げ時などの光ファイバ接続状態判定時においては、1×2 C P L 34 から入力される光信号（即ち、上記テスト信号）を選択する一方、光システム、光分岐挿入装置 1 の実運用時などにおいては、1×2 C P L 31 から入力される光信号（即ち、主信号光）を選択する。なお、2×1 S W 35 の選択動作は、例えば、コントローラ 7 などにより制御されてもよい。

[0076] また、P D 36 は、1×2 C P L 34 によって分岐入力された、上記テスト信号の光パワー及び変調周波数を検出する。当該検出結果は、例えば、コントローラ 7 などに通知され、光分岐挿入装置 1 内の光増幅器に対する増幅利得制御や、T F 32 の通過帯域制御や、変調器 33 の変調周波数制御などに用いられる。即ち、上記テスト信号の光パワー及び変調周波数は、それぞれ、所望の値に制御され得る。

[0077] 上記構成を有する光モジュール 30 によって生成した上記テスト信号を、各光モジュール 2～6 の光ファイバ接続端に備えられた光検出器（P D）で検出し、当該検出結果に基づいて、各光ファイバ接続が妥当であるか否かを判定することができる。

具体的には例えば、コントローラ 7 が、上記テスト信号の変調周波数の検出結果が所定の変調周波数と一致し、且つ、テスト信号の光パワーの検出結果が所定の閾値以上である場合は、光ファイバが正しく接続されていると判定する一方、テスト信号の変調周波数の検出結果が所定の変調周波数と一致しない、または、テスト信号の光パワーの検出結果が所定の閾値よりも小さ

い場合は、光ファイバが誤接続されていると判定することができる。

[0078] また、例えば、図2に例示した光分岐挿入装置1において、光モジュール2-1内の光増幅器と光モジュール3-1内の $1 \times n$ SPLとの間に光モジュール30を配置するとともに、光モジュール2-2内の光増幅器と光モジュール3-2内の $1 \times n$ SPLとの間に光モジュール30を配置した場合であっても、各変調器33での変調周波数をそれぞれ異なる値に設定すれば、各PDにおいて各テスト信号がいずれの光モジュール30から送信されたかを識別することができるので、各光信号の方路設定の妥当性についても容易に判定することが可能である。

[0079] また、本例では、図12に例示するような光モジュール30Aを用いてもよい。

光モジュール30Aは、 1×2 CPL 31の代わりに、 1×2 SW 37を備えている。なお、図12において図10と同一の符号を付した構成要素については、図10に示す構成要素と同様の機能を有するため、その説明を省略する。

1×2 SW 37は、入力ポートから入力される光信号を、いずれかの出力ポートから選択的に出力する。 1×2 SW 37は、例えば、光分岐挿入装置1の起動時や新設チャネルの立ち上げ時などの光ファイバ接続状態判定時においては、入力光をTF 32の方路へ出力する一方、光システム、光分岐挿入装置1の実運用時などにおいては、入力光を 2×1 SW 35の方路へ出力する。なお、 1×2 SW 37の選択動作は、例えば、コントローラ7などにより制御されてもよい。

[0080] 光モジュール30Aを用いることにより、上記と同様の効果が得られるほか、主信号光の損失を低減することができる。

さらに、本例では、図13に例示するような光モジュール40を用いてもよい。

この図13に示す光モジュール40は、例示的に、ASE光源41と、TF 42と、変調器43と、 1×2 CPL 44と、 2×1 SW 45と、PD 4

6とを備える。

[0081] ASE光源41は、図11(A)に例示したようなASE光を出力する。

TF42は、ASE光源41から入力されるASE光のうち、所定の波長の光信号のみを通過させる一方、他の波長の光信号を遮断する。なお、TF42が通過させる波長は、例えば、コントローラ7などにより制御されてもよい。

具体的には例えば、光ファイバ接続状態判定処理時において、TF42には、図11(A)に例示するような周波数対光パワー特性を有するASE光が入力される。このとき、TF42は、図11(B)に例示するように、光システムを伝搬する光信号1波分に相当するASE光を切り出す。TF42によって切り出された光信号は、変調器43に出力される。

[0082] 変調器43は、TF42によって切り出された光信号について、所定の変調周波数による変調を施す。なお、変調器43によって施される変調についての変調周波数は、例えば、コントローラ7などにより制御されてもよい。変調器43には、例えば、LiNbO₃(リチウムナイオベート)などの強誘電体結晶が用いられてもよい。

具体的には例えば、光ファイバ接続状態判定処理時において、変調器43には、図11(B)に例示するような光信号が入力される。このとき、変調器43は、図11(C)に例示するように、所定の変調周波数を用いて、入力された光信号に変調を施すことにより光ファイバ接続状態判定用のテスト信号を生成する。変調器43によって生成されたテスト信号は、1×2CPL44に出力される。

[0083] 1×2CPL44は、TF42及び変調器43によって生成された上記テスト信号を分岐し、2×1SW45とPD46とに導く。

2×1SW45は、外部から入力される光信号と1×2CPL44から入力される光信号とのうちいずれか一方を選択して出力する。2×1SW45は、例えば、光分岐挿入装置1の起動時や新設チャネルの立ち上げ時などの光ファイバ接続状態判定時においては、1×2CPL44から入力される光

信号（即ち、上記テスト信号）を選択する一方、光システム、光分岐挿入装置 1 の実運用時などにおいては、外部から入力される光信号（即ち、主信号光）を選択する。なお、 2×1 SW 45 の選択動作は、例えば、コントローラ 7 などにより制御されてもよい。

[0084] また、PD 46 は、 1×2 CPL 44 によって分岐入力された、上記テスト信号の光パワー及び変調周波数を検出する。当該検出結果は、例えば、コントローラ 7 などに通知され、光分岐挿入装置 1 内の光増幅器に対する増幅利得制御や、TF 42 の通過帯域制御や、変調器 43 の変調周波数制御などに用いられる。即ち、上記テスト信号の光パワー及び変調周波数は、それぞれ、所望の値に制御され得る。

[0085] 以上のように構成された光モジュール 40 を、例えば、光モジュール 6-2 内の TP の前段に配置すれば、光モジュール 6-2, 5-2, 4 及び 3-1（あるいは 3-2）間のアド方向における各光ファイバ接続の妥当性についても同様に判定することができる。

また、例えば、図 2 に例示した光分岐挿入装置 1 において、各光モジュール 6-2 内の TP の前段に光モジュール 40 をそれぞれ配置した場合であっても、各変調器 43 での変調周波数をそれぞれ異なる値に設定すれば、各 PD において各テスト信号がいずれの光モジュール 40 から送信されたかを識別することができるので、各光信号の方路設定の妥当性についても容易に判定することが可能である。

[0086] [7] 第 6 変形例

また、各光モジュール 10, 10A, 20, 30, 30A 及び 40 内の TF 12, 22, 32 及び 42 は、ASE 光から切り出すテスト信号の帯域幅を任意に変更することが可能である。この特性を利用し、例えば、400 Gbps、1 Tbps などの高速、広帯域の光信号に相当する擬似信号（テスト信号）を生成することができる。

[0087] 本例では、上記テスト信号を用いることにより、実信号入力前に、各光デバイス（光モジュール）の動作状態などの妥当性を容易に判定してもよい。

例えば、図9に例示した光分岐挿入装置1Bにおいて、光モジュール10を、光モジュール2B-1内の光増幅器のうち、WEST方路から入力される光信号を増幅する光増幅器と光モジュール3B-1内のWSSとの間に配置する。

[0088] そして、光モジュール10が、図14(A)に例示するようなASE光から、図14(B)に例示するような、400Gbps、1Tbpsなどの高速、広帯域の光信号に相当する擬似信号（テスト信号）を切り出すことにより生成する。

次に、各光モジュール4B、6B、9B及び10B-1内の各PDが、上記光モジュール10で生成された上記テスト信号の光パワーを検出する。

[0089] ここで、光モジュール4B、6B、9B及び10B-1のいずれかにおいて、波長帯域に関する設定誤りがあれば、各PDに入力されるテスト信号は、図14(C)に例示するような波形を有していることとなる。

このため、各PDにおいて検出される光パワーが所望のレベルよりも低い場合、各光モジュール4B、6B、9B及び10B-1間を接続する光ファイバに誤接続があるか、あるいは、各光モジュール4B、6B、9B及び10B-1における波長帯域に関する設定誤りがあると判定することができる。

[0090] なお、上述した実施形態及び各変形例に係る光ファイバ接続状態判定方法を用いて、各光モジュール4B、6B、9B及び10B-1間を接続する光ファイバ接続の妥当性を保証した上で、本例に係る方法を用いれば、各PDにおいて検出される光パワーが所望のレベルよりも低い場合、各光モジュール4B、6B、9B及び10B-1における波長帯域に関する設定誤りがあることを容易に判定することができる。

[0091] [8] その他

なお、上述した実施形態における光モジュール10、10A、20、30、30A及び40、並びに、光分岐挿入装置1、1A及び1Bなどの各構成及び各機能は、必要に応じて取捨選択してもよいし、適宜組み合わせ用い

てもよい。即ち、本発明の機能を発揮できるように、上記の各構成及び各機能を取捨選択したり、適宜組み合わせる用いたりしてもよい。

[0092] 例えば、上述した例では、光モジュール10、10A、20、30、30A及び40を光モジュール2-1と光モジュール3-1との間などに介在させたままシステム運用を可能としたが、図15に例示するような構成を有する光モジュール10'を、光ファイバ接続状態判定処理時にのみ光モジュール2-1と光モジュール3-1との間などに介在させてもよい。このような場合、図15に例示するように、光モジュール10'は、少なくとも入力されたASE光の一部を切り出すことにより、複数の受信端のうちの受信端で受信可能な光信号の波長に対応する波長を有するテスト信号を生成するTF12と、TF12によって生成されたテスト信号を出力する出力ポート50とをそなえていればよい。

[0093] また、上述した各例では、コントローラ7、7A及び7Bのいずれかが、各PDでの検出結果に基づき、光ファイバの接続状態を判定する処理部の一例として機能したが、光モジュール10、10A、20、30、30A及び40が同様の処理部を別途有していてもよい。

符号の説明

[0094] 1, 1A, 1B 光分岐挿入装置
2-1, 2-2, 2A-1~2A-6, 2B-1, 2B-2 光モジュール
3-1, 3-2, 3A-1, 3A-2, 3B-1, 3B-2 光モジュール
4, 4A, 4B 光モジュール
5-1, 5-2, 5A, 5B 光モジュール
6-1, 6-2, 6A-1, 6A-2, 6B 光モジュール
7, 7A, 7B コントローラ
8B 光モジュール
9B 光モジュール

- 10, 10A 光モジュール
- 10B-1, 10B-2 光モジュール
- 10' 光モジュール
- 11 1×2CPL
- 12 TF
- 13 1×2CPL
- 14 2×1SW
- 15 PD
- 16 1×2SW
- 20 光モジュール
- 21 ASE光源
- 22 TF
- 23 1×2CPL
- 24 2×1SW
- 25 PD
- 30, 30A 光モジュール
- 31 1×2CPL
- 32 TF
- 33 変調器
- 34 1×2CPL
- 35 2×1SW
- 36 PD
- 37 1×2SW
- 40 光モジュール
- 41 ASE光源
- 42 TF
- 43 変調器
- 44 1×2CPL

4 5 2 × 1 S W

4 6 P D

5 0 出力ポート

請求の範囲

- [請求項1] 送信端と複数の受信端との間を接続する光ファイバの接続状態を判定する方法であって、
- 増幅された自然放出光の一部を切り出すことにより、前記複数の受信端のうち一の受信端で受信可能な光信号の波長に対応する波長を有するテスト信号を生成し、
- 生成した前記テスト信号を前記光ファイバに伝送させ、
- 前記一の受信端において前記テスト信号の光パワーを検出し、
- 前記テスト信号の光パワーの検出結果に基づき、前記光ファイバの接続状態を判定する、
- ことを特徴とする、光ファイバ接続状態判定方法。
- [請求項2] 前記テスト信号の光パワーの検出結果が所定の閾値よりも小さい場合は、前記光ファイバが誤接続されていると判定する一方、
- 前記テスト信号の光パワーの検出結果が前記所定の閾値以上である場合は、前記光ファイバが正しく接続されていると判定する、
- ことを特徴とする、請求項1記載の光ファイバ接続状態判定方法。
- [請求項3] 前記テスト信号を前記光ファイバに伝送させる前に所定の変調周波数で変調し、
- 前記複数の受信端のうち前記光ファイバが接続されている受信端において前記テスト信号の光パワー及び変調周波数を検出し、
- 前記テスト信号の光パワー及び変調周波数の検出結果に基づき、前記光ファイバの接続状態を判定する、
- ことを特徴とする、請求項1記載の光ファイバ接続状態判定方法。
- [請求項4] 前記テスト信号の変調周波数の検出結果が前記所定の変調周波数と一致し、且つ、前記テスト信号の光パワーの検出結果が前記所定の閾値以上である場合は、前記光ファイバが正しく接続されていると判定する一方、
- 前記テスト信号の変調周波数の検出結果が前記所定の変調周波数と

一致しない、または、前記テスト信号の光パワーの検出結果が前記所定の閾値よりも小さい場合は、前記光ファイバが誤接続されていると判定する、

ことを特徴とする、請求項3記載の光ファイバ接続状態判定方法。

[請求項5] 送信端と複数の受信端との間を接続する光ファイバの接続状態を判定するための光モジュールであって、

増幅された自然放出光の一部を切り出すことにより、前記複数の受信端のうち一の受信端で受信可能な光信号の波長に対応する波長を有するテスト信号を生成する波長可変フィルタと、

該波長可変フィルタによって生成された前記テスト信号を出力する光出力部と、をそなえた、

ことを特徴とする、光ファイバ接続状態判定用光モジュール。

[請求項6] 前記波長可変フィルタに前記自然放出光を供給する光源をさらにそなえた、

ことを特徴とする、請求項5記載の光ファイバ接続状態判定用光モジュール。

[請求項7] 前記波長可変フィルタと前記光出力部との間に、所定の変調周波数で前記テスト信号を変調する変調器をさらにそなえた、

ことを特徴とする、請求項5または6に記載の光ファイバ接続状態判定用光モジュール。

[請求項8] 複数の光モジュールと、

前記複数の光モジュール間を接続する光ファイバと、

請求項5～7のいずれか1項に記載の光ファイバ接続状態判定用光モジュールと、

前記一の受信端において、前記光ファイバ接続状態判定用光モジュールから出力された前記テスト信号の光パワーを検出する光検出器と、

前記光検出器での検出結果に基づき、前記光ファイバの接続状態を

判定する処理部と、をそなえた、
ことを特徴とする、光伝送装置。

[請求項9]

前記処理部は、

前記テスト信号の光パワーの検出結果が所定の閾値よりも小さい場合は、前記光ファイバが誤接続されていると判定する一方、

前記テスト信号の光パワーの検出結果が前記所定の閾値以上である場合は、前記光ファイバが正しく接続されていると判定する、
ことを特徴とする、請求項8記載の光伝送装置。

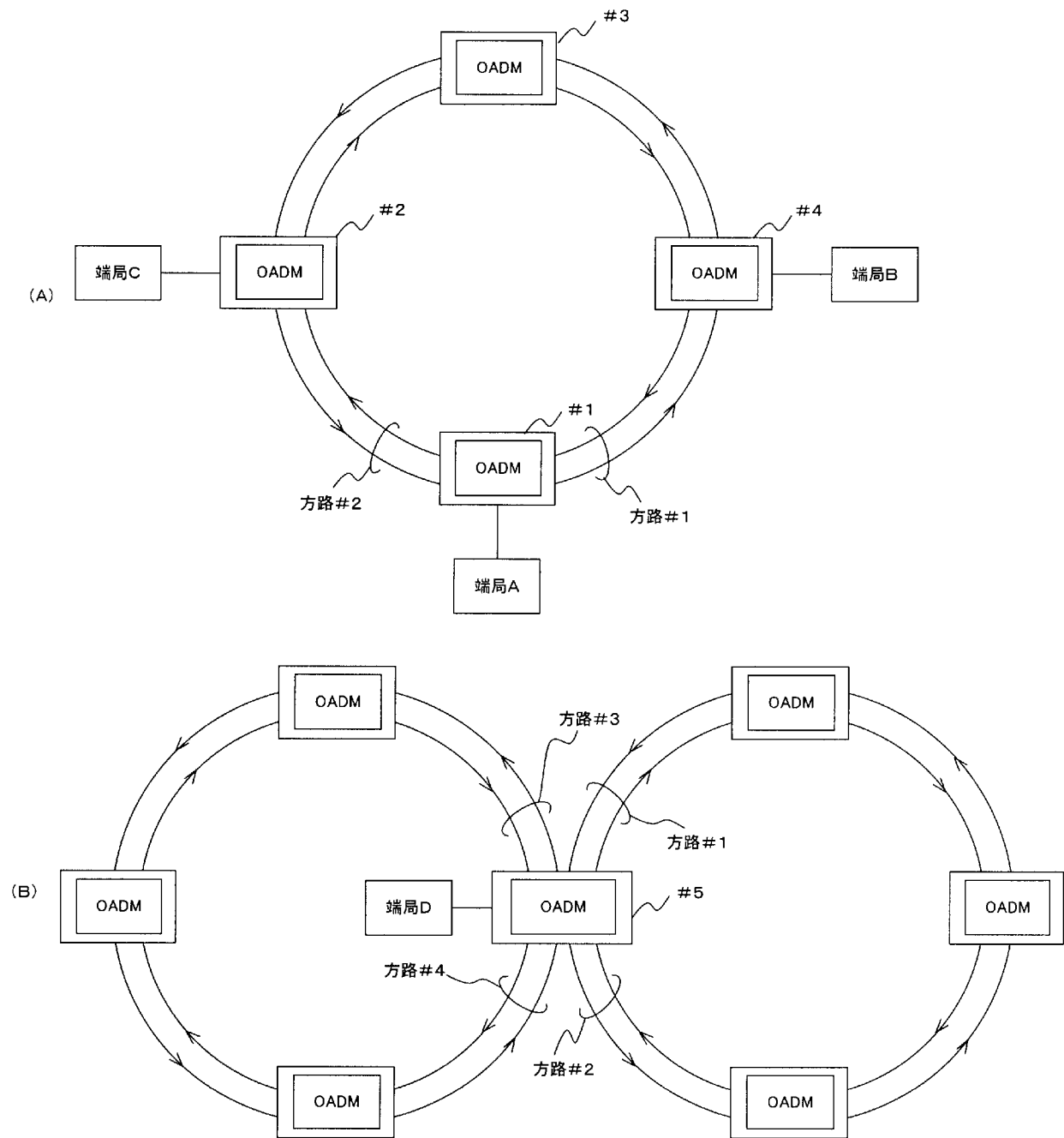
[請求項10]

前記処理部は、

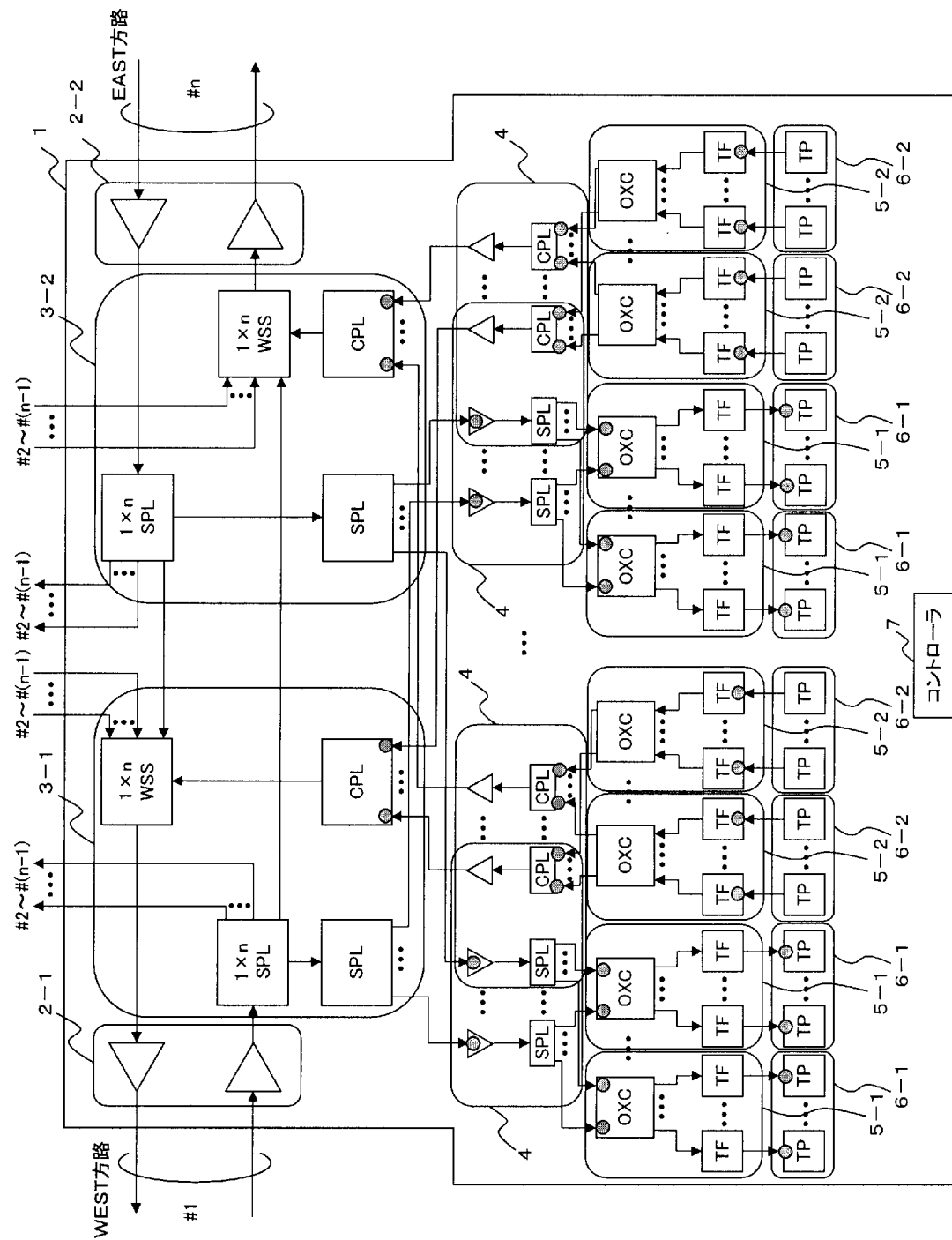
前記複数の受信端のうち前記光ファイバが接続されている受信端において前記テスト信号の光パワー及び変調周波数を検出し、

前記テスト信号の光パワー及び変調周波数の検出結果に基づき、前記光ファイバの接続状態を判定する、
ことを特徴とする、請求項8記載の光伝送装置。

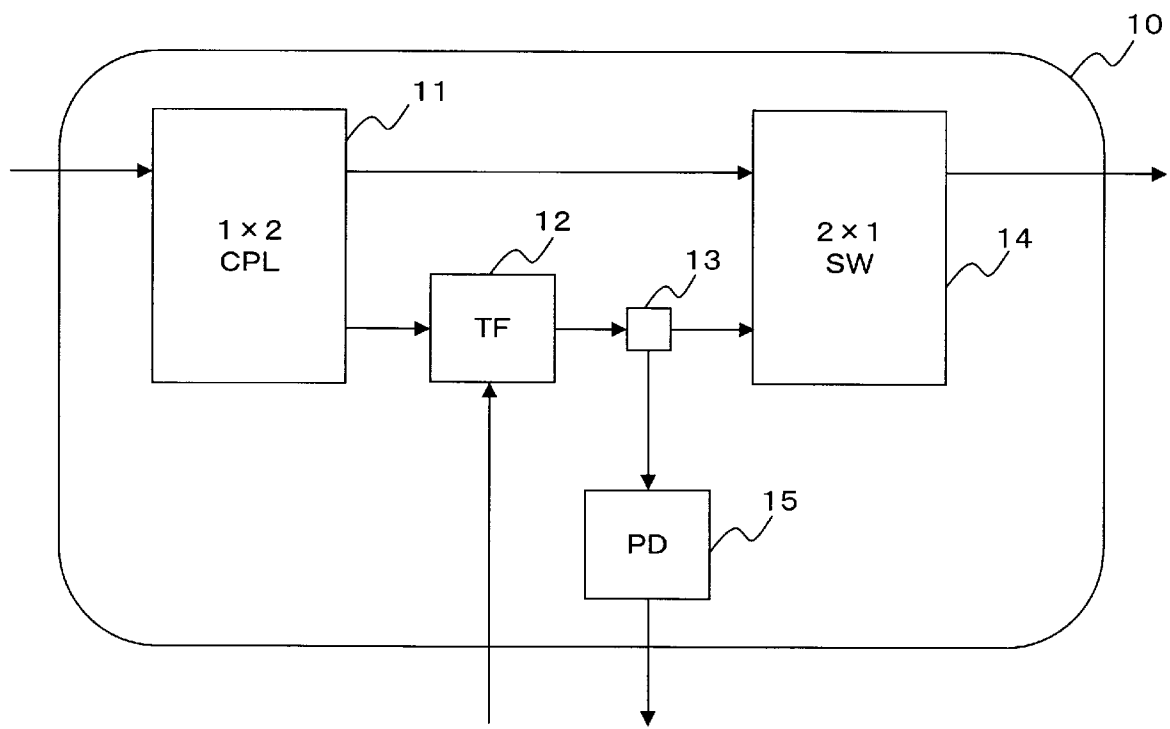
[図1]



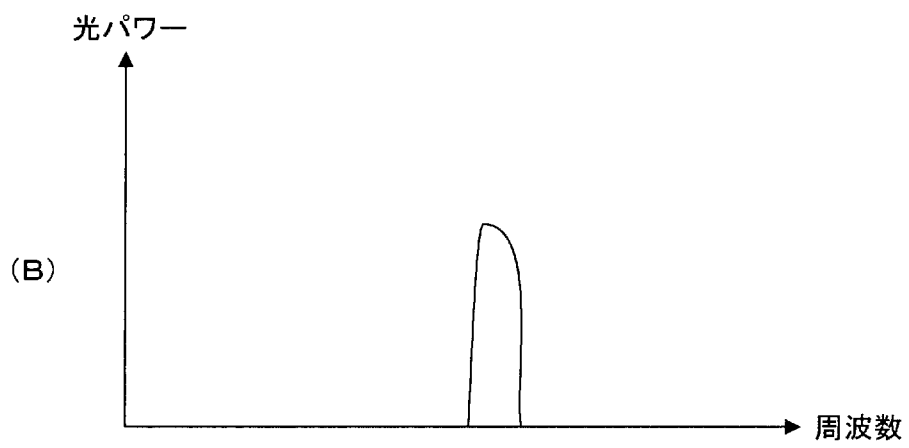
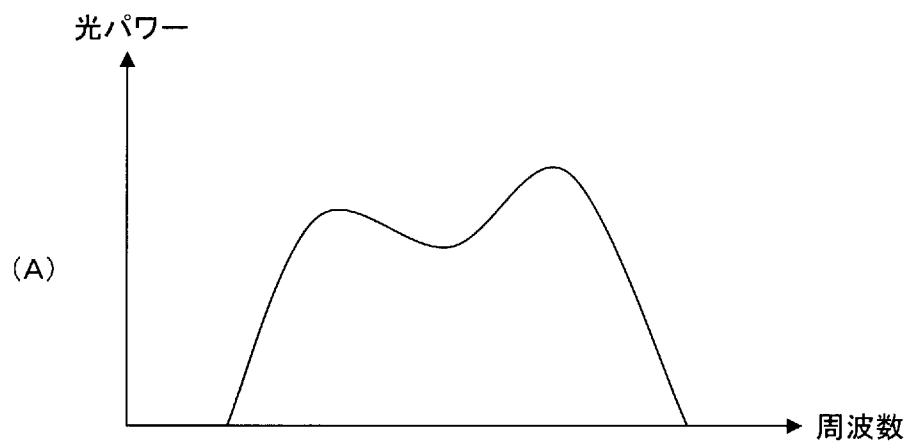
[図2]



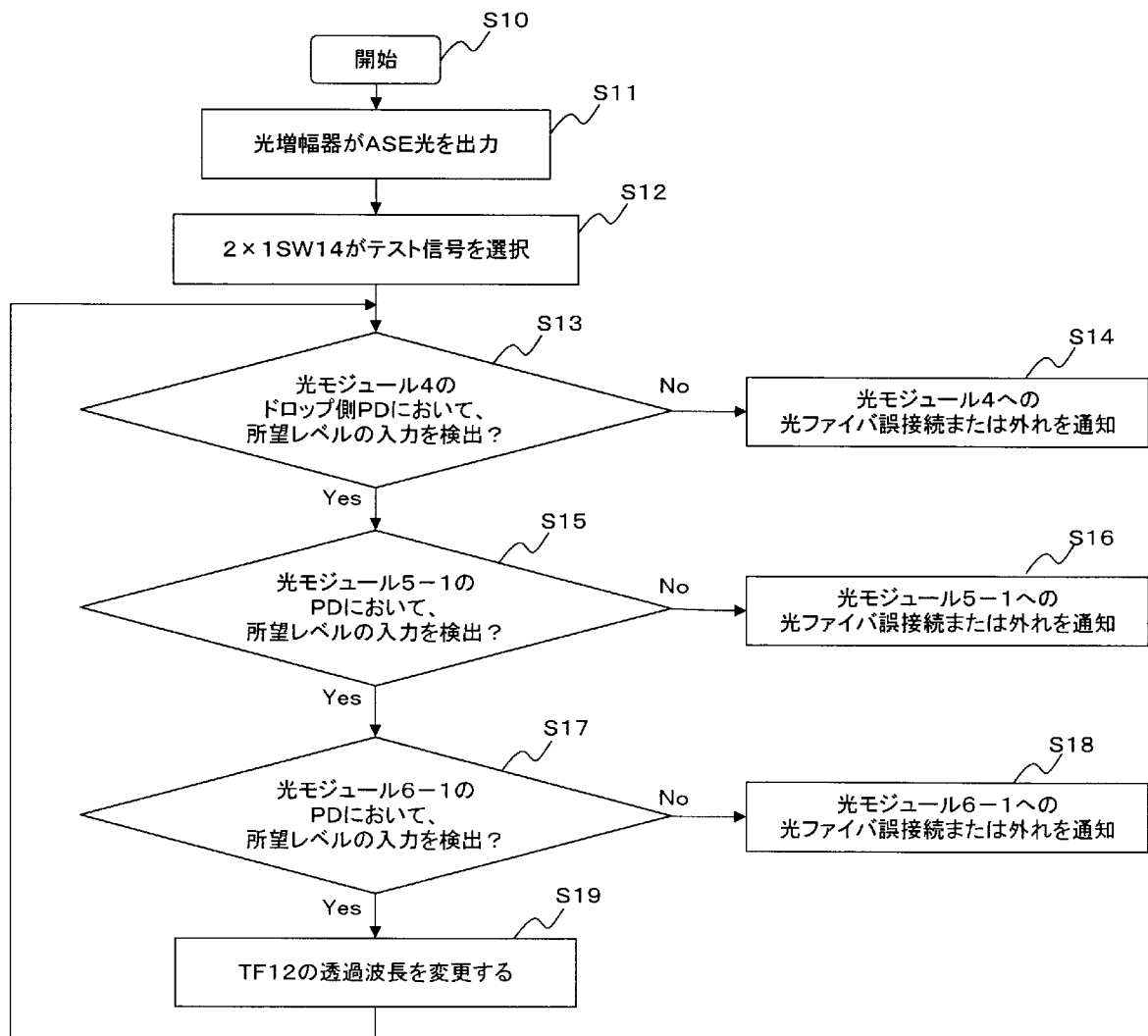
[図3]



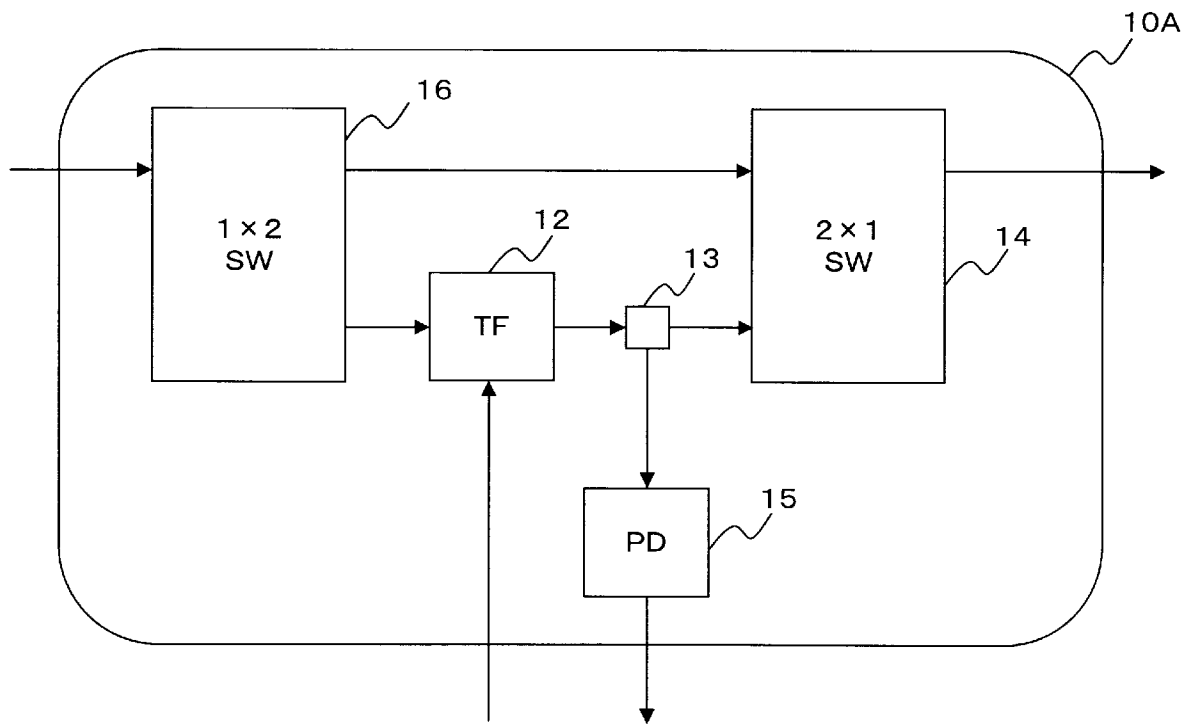
[図4]



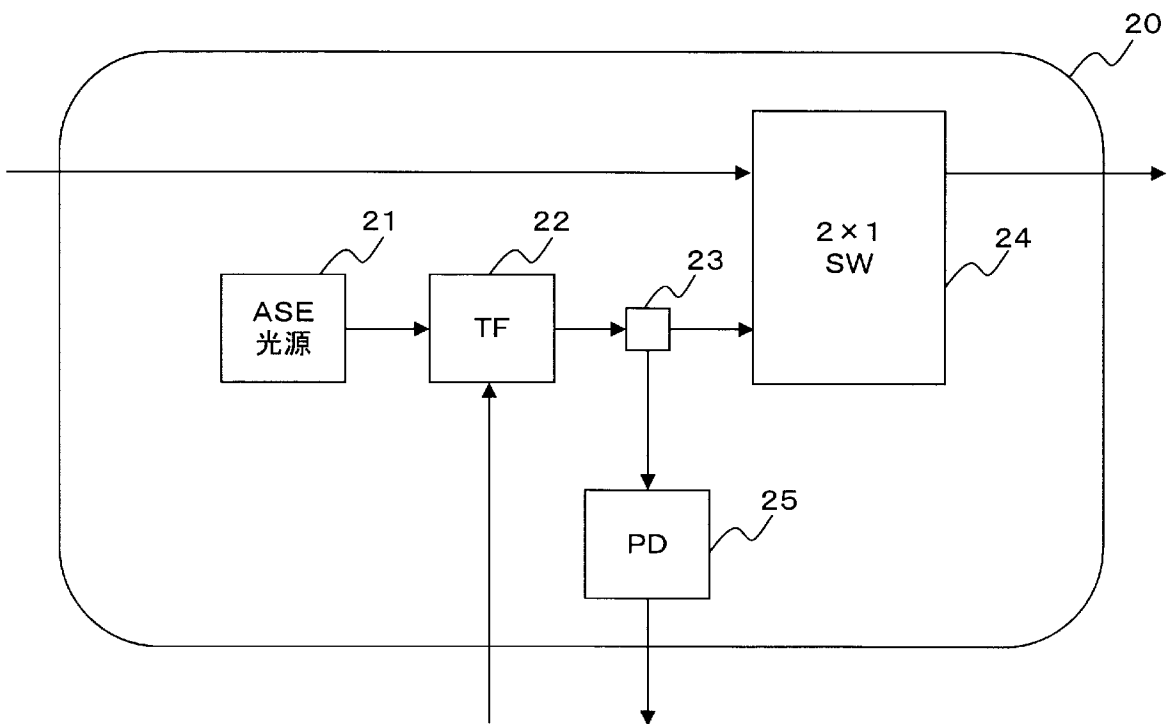
[図5]



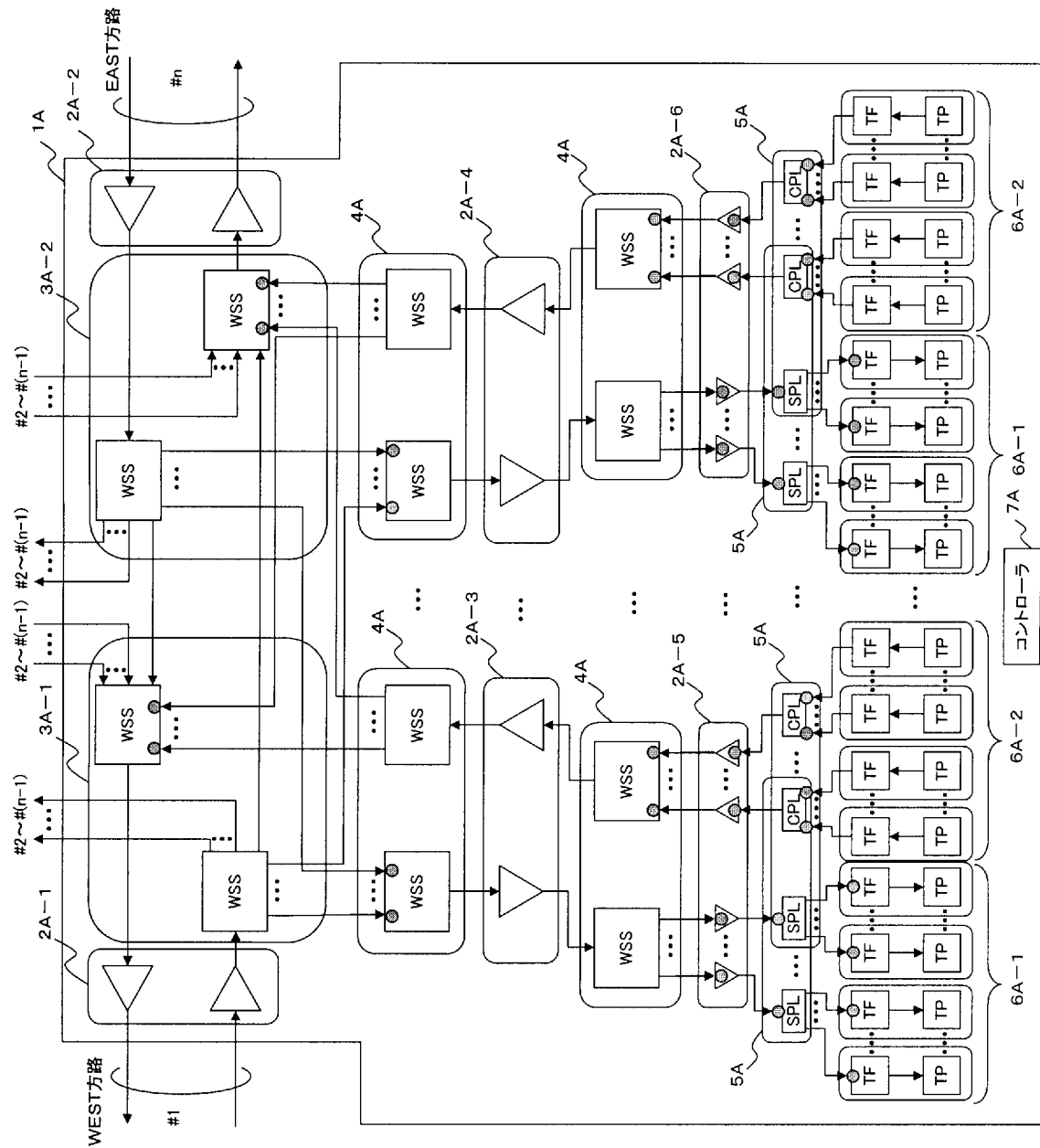
[図6]



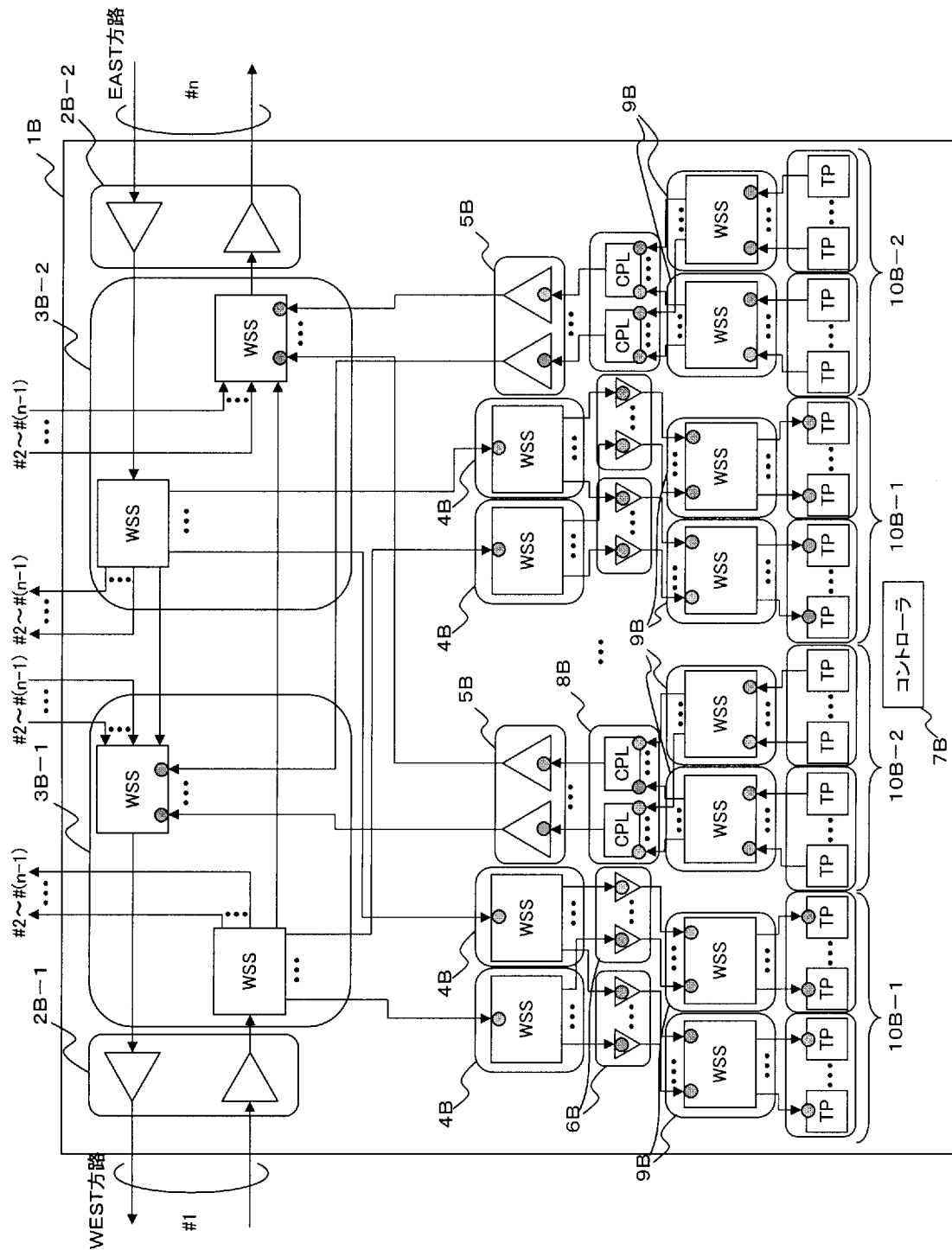
[図7]



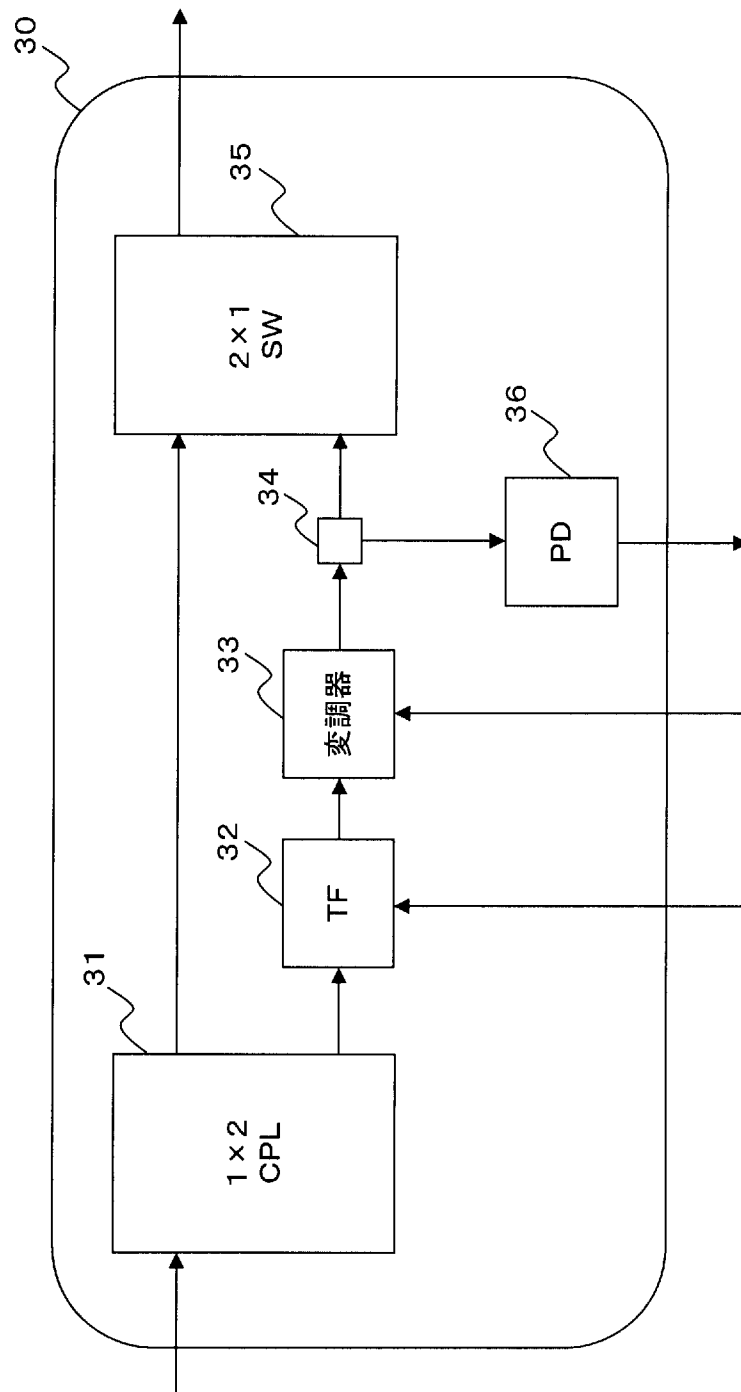
[図8]



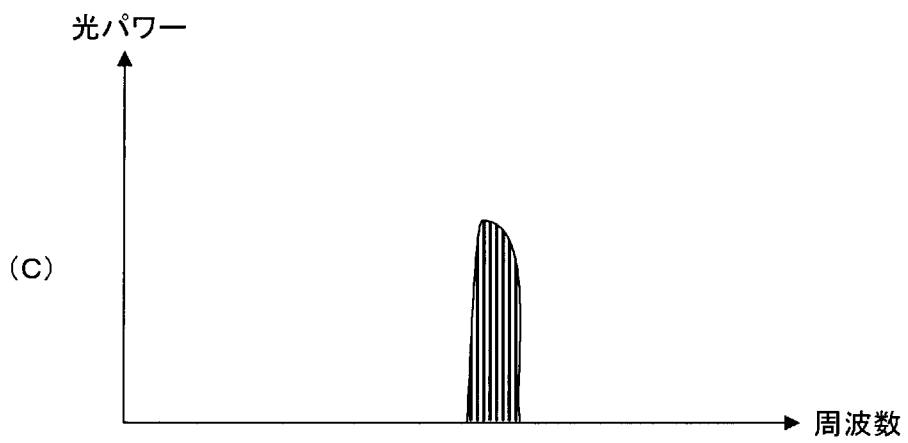
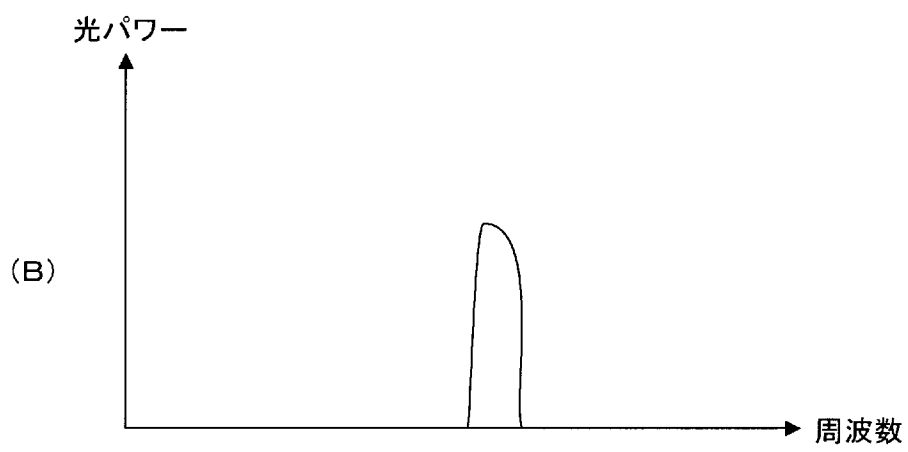
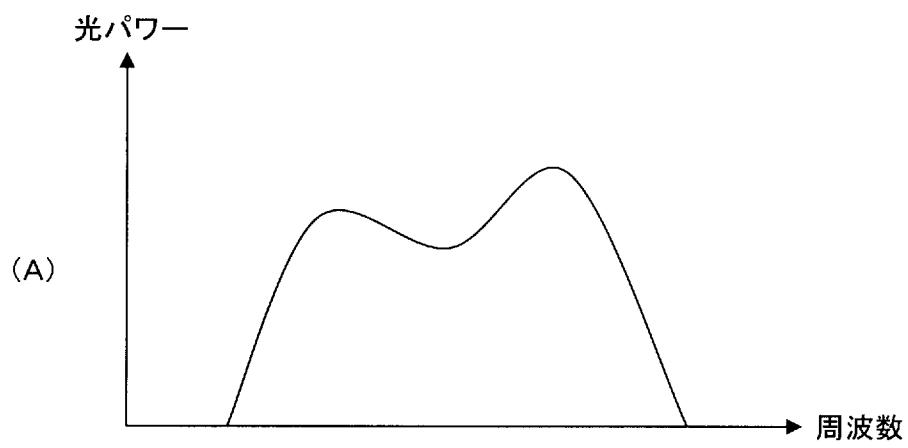
[図9]



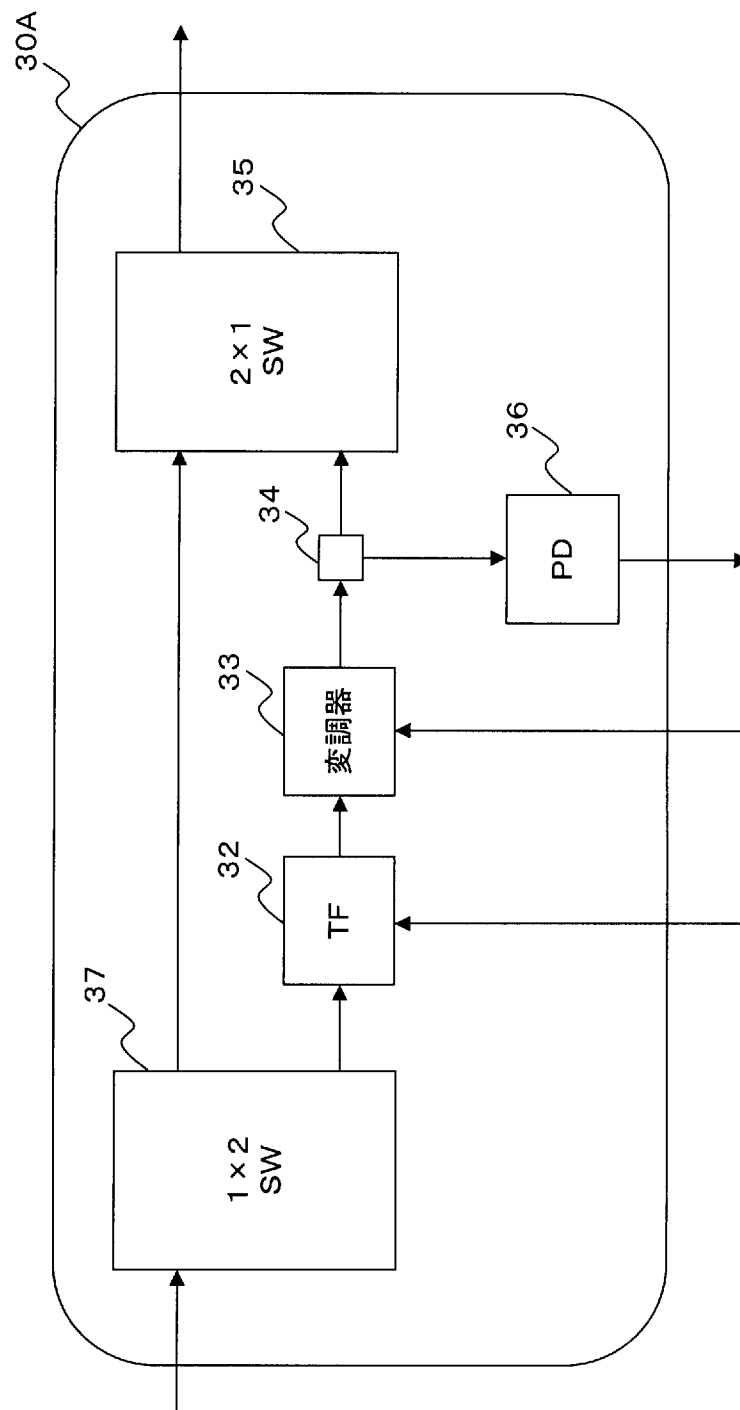
[図10]



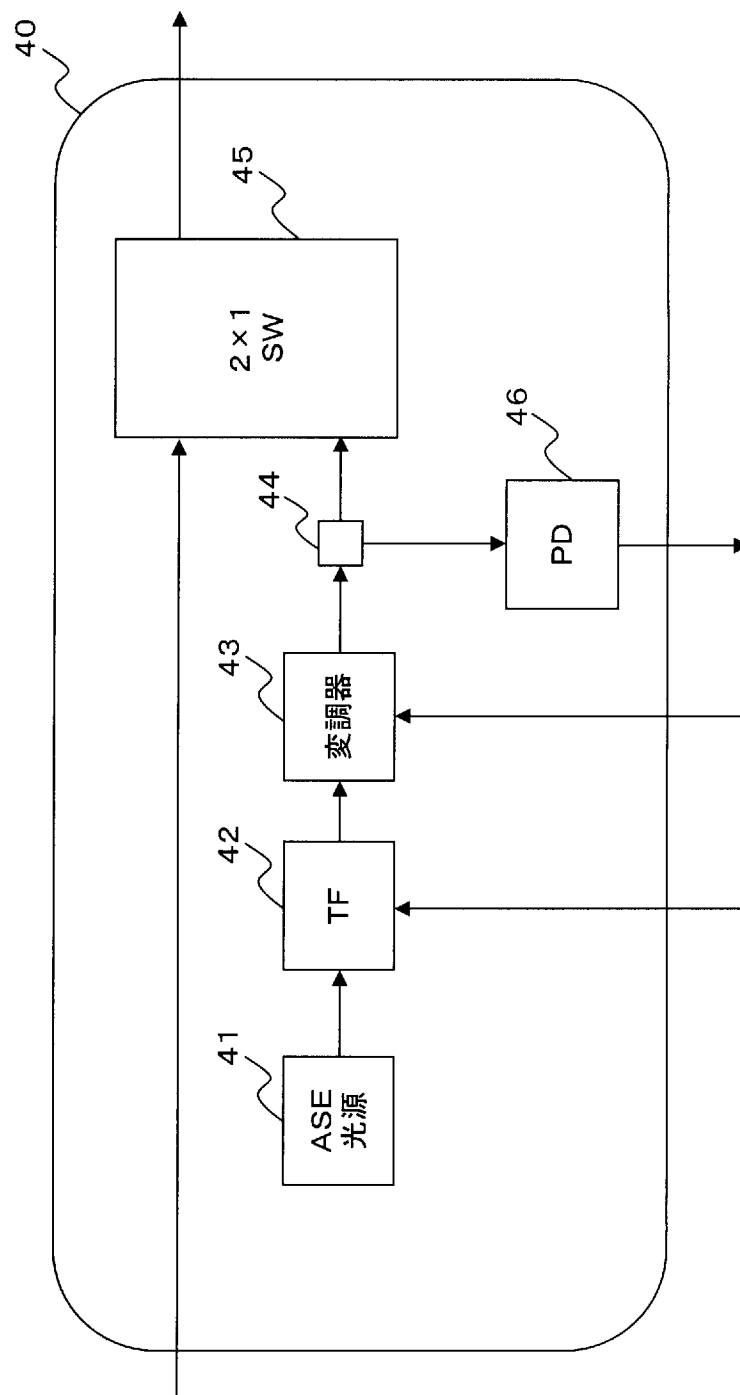
[図11]



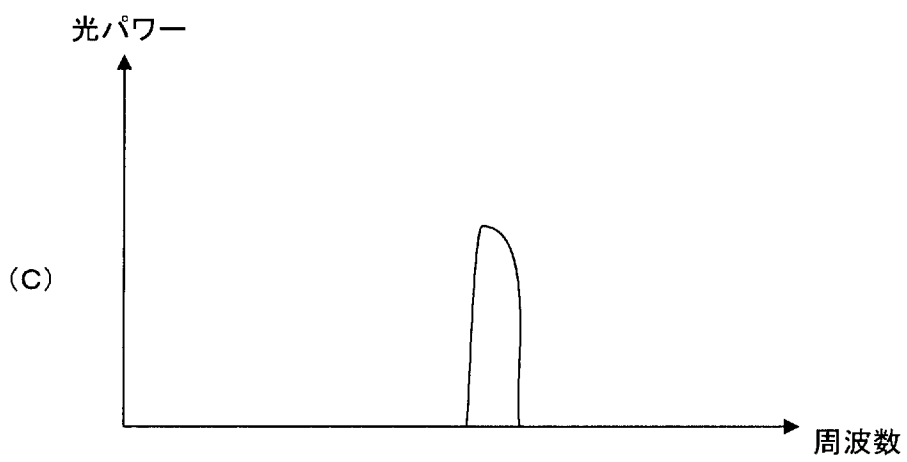
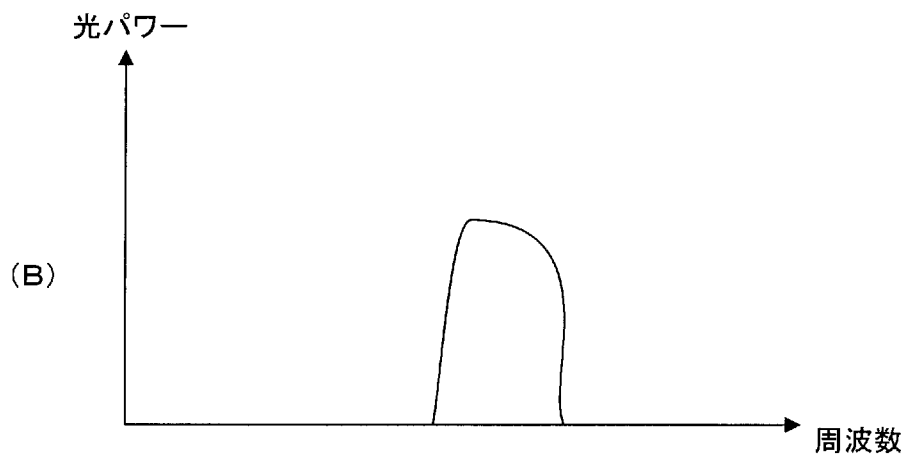
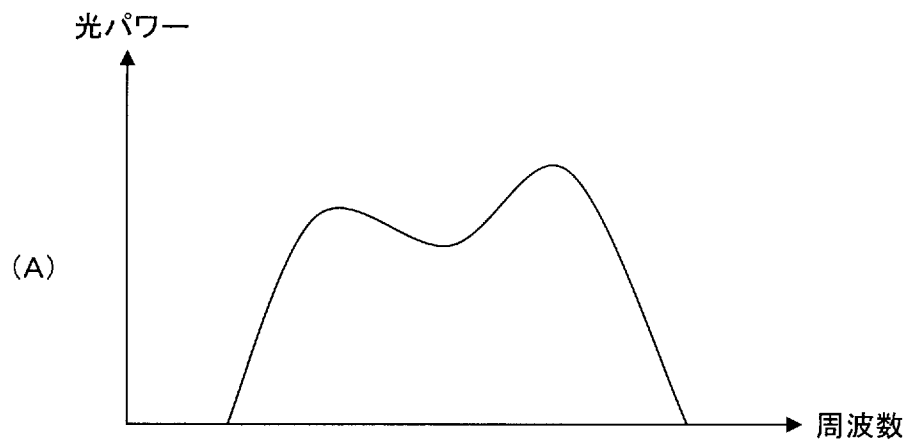
[図12]



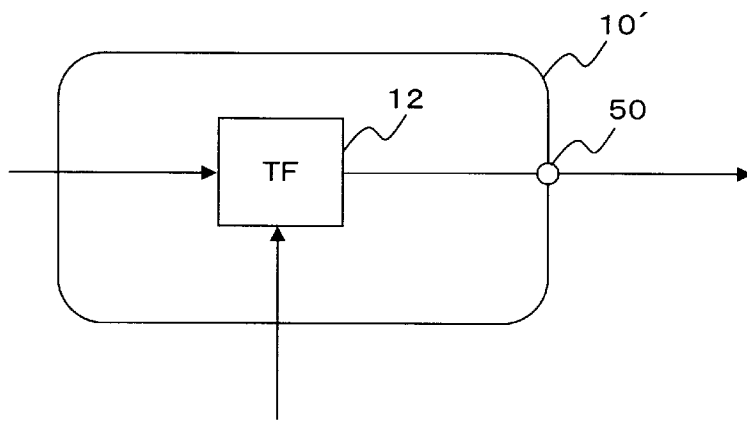
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/064692

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M11/00 (2006.01) i, H04B10/08 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01M11/00-11/08, H04B10/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII), WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-288993 A (Mitsubishi Electric Corp.), 27 November 2008 (27.11.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2006-135651 A (Fujitsu Ltd.), 25 May 2006 (25.05.2006), entire text; all drawings & US 2006/0098270 A1	1-10
A	JP 2005-341529 A (Fujitsu Ltd.), 08 December 2005 (08.12.2005), entire text; all drawings & US 2005/0244161 A1	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 September, 2012 (03.09.12)Date of mailing of the international search report
18 September, 2012 (18.09.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/064692

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-057394 A (Fujitsu Ltd.), 22 February 2002 (22.02.2002), entire text; all drawings & US 2002/0039226 A1	1-10
A	JP 2012-015726 A (Fujitsu Ltd.), 19 January 2012 (19.01.2012), entire text; all drawings & EP 2403172 A2	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. G01M11/00(2006.01)i, H04B10/08(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01M11/00-11/08, H04B10/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII), WPI

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-288993 A（三菱電機株式会社）2008. 11. 27, 全文、全図（ファミリーなし）	1-10
A	JP 2006-135651 A（富士通株式会社）2006. 05. 25, 全文、全図 & US 2006/0098270 A1	1-10
A	JP 2005-341529 A（富士通株式会社）2005. 12. 08, 全文、全図 & US 2005/0244161 A1	1-10

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 3 . 0 9 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 9 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

横尾 雅一

2 W

3 7 1 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2002-057394 A (富士通株式会社) 2002.02.22, 全文、全図 & US 2002/0039226 A1	1-10
A	JP 2012-015726 A (富士通株式会社) 2012.01.19, 全文、全図 & EP 2403172 A2	1-10