

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6500978号
(P6500978)

(45) 発行日 平成31年4月17日(2019.4.17)

(24) 登録日 平成31年3月29日(2019.3.29)

(51) Int.Cl. F I
 HO 4 B 10/032 (2013.01) HO 4 B 10/032
 HO 4 J 14/02 (2006.01) HO 4 J 14/02 1 O 1

請求項の数 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2017-507489 (P2017-507489)	(73) 特許権者	000004237
(86) (22) 出願日	平成28年3月17日 (2016.3.17)		日本電気株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/001549		東京都港区芝五丁目7番1号
(87) 国際公開番号	W02016/152115	(74) 代理人	100109313
(87) 国際公開日	平成28年9月29日 (2016.9.29)		弁理士 机 昌彦
審査請求日	平成29年8月24日 (2017.8.24)	(74) 代理人	100124154
(31) 優先権主張番号	特願2015-59061 (P2015-59061)		弁理士 下坂 直樹
(32) 優先日	平成27年3月23日 (2015.3.23)	(72) 発明者	河井 元良
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		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】 光合分波装置及び光合分波装置の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力された光信号を波長毎に合波して第1の端局へ出力する第1の波長選択手段と、
入力された光信号を波長毎に合波して前記第1の端局へ出力する第2の波長選択手段と

、
前記第1の波長選択手段と前記第2の波長選択手段とのいずれかを出力先として、第2
の端局から入力された第1の波長多重光信号を選択的に出力可能な第1の切換手段と、
前記出力先に、第3の端局から入力された第2の波長多重光信号を選択的に出力可能な
第2の切換手段と、
 を備える光合分波装置。

10

【請求項2】

前記第1の波長選択手段が故障した場合、前記第1の切換手段及び前記第2の切換手段
は、前記第2の波長選択手段を前記出力先として、入力された波長多重光信号を出力する

、
 請求項1に記載された光合分波装置。

【請求項3】

前記第1の波長選択手段及び前記第2の波長選択手段に電力を供給可能な制御手段を備
え、

前記制御手段は、

前記第1の波長選択手段が故障した場合、前記第2の波長選択手段に電力を供給して

20

前記第 1 の波長選択手段に電力を供給しない、
請求項 2 に記載された光合分波装置。

【請求項 4】

前記第 1 の波長多重光信号及び前記第 2 の波長多重光信号が入力された場合、前記第 1 の波長選択手段及び前記第 2 の波長選択手段は、前記第 1 の波長多重光信号の一部の信号と前記第 2 の波長多重光信号の一部の信号とを合波して前記第 1 の端局へ出力する、
請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載された光合分波装置。

【請求項 5】

前記第 1 の波長多重光信号を分岐して、前記第 1 の切換手段及び前記第 3 の端局に出力する分岐手段を更に備える、
請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載された光合分波装置。

10

【請求項 6】

入力された光信号を波長毎に分波して第 1 の端局及び第 3 の端局へ出力する第 1 の波長選択手段と、

入力された光信号を波長毎に分波して前記第 1 の端局及び前記第 3 の端局へ出力する第 2 の波長選択手段と、

入力された光信号を波長毎に分波して前記第 1 の端局及び前記第 3 の端局へ出力する第 3 の波長選択手段と、

第 2 の端局から入力された第 1 の波長多重光信号を前記第 1 の波長選択手段と前記第 3 の波長選択手段とのいずれかに向けて選択的に出力する第 1 の切換手段と、

20

前記第 3 の端局から入力された第 2 の波長多重光信号を前記第 2 の波長選択手段と前記第 3 の波長選択手段とのいずれかに向けて選択的に出力する第 2 の切換手段と、
を備え、

前記第 1 の波長選択手段が故障したとき、前記第 1 の切換手段は前記第 1 の波長多重光信号を前記第 3 の波長選択手段へ出力し、前記第 2 の切換手段は前記第 2 の波長多重光信号を前記第 2 の波長選択手段へ出力し、

前記第 2 の波長選択手段が故障したとき、前記第 1 の切換手段は前記第 1 の波長多重光信号を前記第 1 の波長選択手段へ出力し、前記第 2 の切換手段は前記第 2 の波長多重光信号を前記第 3 の波長選択手段へ出力する、
光合分波装置。

30

【請求項 7】

前記第 1 の波長選択手段、前記第 2 の波長選択手段及び前記第 3 の波長選択手段に電力を供給可能な制御手段を備え、

前記制御手段は、

前記第 1 の波長選択手段が故障したとき、前記第 2 の波長選択手段及び前記第 3 の波長選択手段に電力を供給し、前記第 1 の波長選択手段に電力を供給せず、

前記第 2 の波長選択手段が故障したとき、前記第 1 の波長選択手段及び前記第 3 の波長選択手段に電力を供給し、前記第 2 の波長選択手段に電力を供給しない、
請求項 6 に記載された光合分波装置。

【請求項 8】

40

前記第 1 の波長選択手段が故障したとき、前記第 3 の波長選択手段は、前記第 1 の波長多重光信号に含まれる第 1 の波長の第 1 の光信号を前記第 1 の端局へ出力し、前記第 1 の波長多重光信号に含まれる第 2 の波長の第 2 の光信号を前記第 3 の端局へ出力し、前記第 2 の波長選択手段は、前記第 2 の波長多重光信号に含まれる前記第 1 の波長の第 3 の光信号を前記第 3 の端局へ出力し、前記第 2 の波長多重光信号に含まれる前記第 2 の波長の第 4 の光信号を前記第 1 の端局へ出力し、

前記第 2 の波長選択手段が故障したとき、前記第 1 の波長選択手段は、前記第 1 の光信号を前記第 1 の端局へ出力し、前記第 2 の光信号を前記第 3 の端局へ出力し、前記第 3 の波長選択手段は、前記第 3 の光信号を前記第 3 の端局へ出力し、前記第 4 の光信号を前記第 1 の端局へ出力する、

50

請求項 6 又は 7 に記載された光合分波装置。

【請求項 9】

第 1 の端局からの第 1 の波長多重光信号を、第 1 の波長選択手段と第 2 の波長選択手段とのいずれかを出力先として選択的に出力し、

第 2 の端局からの第 2 の波長多重光信号を前記出力先に出力し、

前記出力先は、前記第 1 の波長多重光信号及び前記第 2 の波長多重光信号を波長毎に合波して第 1 の端局へ出力する、

光合分波装置の制御方法。

【請求項 10】

前記第 1 の波長選択手段が故障した場合、前記第 2 の波長選択手段を前記出力先として入力された波長多重光信号を出力する、

請求項 9 に記載された光合分波装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光合分波装置及び光合分波装置の制御方法に関し、特に、WSS (wavelength selective switch) を備えた OADM (optical add/drop multiplexing) 装置及びその制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

陸上の光通信ネットワークに導入されている OADM (optical add/drop multiplexing) 装置の、光海底ケーブルシステムへの適用が始まっている。その結果、光海底ケーブルシステムにおいても、多様なネットワーク構成に柔軟に対応することが可能となった。しかし、一般的な光海底ケーブルシステムにおいては、OADM 機能は海底に敷設される分岐装置に設けられる。このため、光海底ケーブルシステムの運用開始後に OADM 機能を変更する場合、分岐装置を海底から陸上に引き上げて、変更後のネットワーク構成に合わせて光フィルタを交換するなどの作業が必要であった。

【0003】

一方、陸上に設置された光通信ネットワークでは、ROADM (reconfigurable optical add/drop multiplexing) 装置が広く用いられるようになった。ROADM 装置は、OADM 装置を交換することなく、運用開始後のネットワーク構成の変更 (再構成) を可能とする。例えば、特許文献 1 には、波長選択スイッチ (wavelength selective switch、WSS) を用いた ROADM 装置が記載されている。WSS は、入力される光信号を波長単位で分離する分波機能、分波した光信号を選択するためのスイッチング機能、及び、選択された光信号の合波機能の 3 つの機能を備える。WSS は、さらに、各波長の光信号レベルの調整を備えることもある。特許文献 2 には、冗長構成を備えた光クロスコネクタ装置が記載されている。一般的な ROADM 装置では、上り回線 (Up 回線) 及び下り回線 (Down 回線) のそれぞれに WSS が配置され、所定の波長の光信号がトランク局とブランチ局に分配される。

【0004】

図 10 は、一般的な光海底ケーブルシステム 90 の構成を示すブロック図である。光海底ケーブルシステム 90 は、ROADM 装置 900 及び陸揚局 101 ~ 103 を備える。ROADM 装置 900 は海底に設置される分岐装置であり、陸上に設置された陸揚局 101 ~ 103 と接続される。陸揚局 101 ~ 103 は、光海底ケーブルを終端する端局である。陸揚局 101 ~ 103 と ROADM 装置 900 との間では、光海底ケーブルを用いて波長多重 (wavelength division multiplexing、WDM) 光信号 (以下、「WDM 信号」という。) の伝送が行われる。

【0005】

陸揚局 101 及び陸揚局 102 が送受信する WDM 信号の一部の波長の光信号は、陸揚局 103 との通信に使用される。陸揚局 101 及び 102 はトランク局とも呼ばれる。陸

10

20

30

40

50

揚局 103 はトランク局間の回線（トランク回線）から分岐した回線（ブランチ回線）を終端する端局であり、ブランチ局とも呼ばれる。本願の各図面では、陸揚局 101、103 から陸揚局 102 の方向及び回線をそれぞれ「Up 方向」及び「Up 回線」と記載し、陸揚局 102、103 から陸揚局 101 の方向及び回線を「Down 方向」及び「Down 回線」と記載する。

【0006】

図 11 は、ROADM 装置 900 で入出力される WDM 信号の波長帯域の例を示す図である。信号 A 及び信号 B は、陸揚局 101 の送信信号であり、信号 D 及び信号 E は陸揚局 102 の送信信号である。信号 A は陸揚局 101 から陸揚局 102 へ伝送される光信号であり、信号 B は陸揚局 101 から陸揚局 103 へ伝送される光信号である。信号 D は陸揚局 102 から陸揚局 101 へ伝送される光信号であり、信号 E は陸揚局 102 から陸揚局 103 へ伝送される光信号である。

10

【0007】

信号 A' 及び信号 B' は陸揚局 103 の Up 回線への送信信号であり、信号 D' 及び信号 E' は陸揚局 103 の Down 回線への送信信号である。信号 B' は陸揚局 103 から陸揚局 102 へ伝送される光信号であり、信号 E' は陸揚局 103 から陸揚局 101 へ伝送される光信号である。信号 A' 及び信号 D' はダミー信号である。ダミー信号は、海底ケーブルの中途に設置される光海底中継器に入力される WDM 信号の光パワーをシステム内で一定の範囲内に収めるために、陸揚局 103 において付加される。ダミー信号は伝送される情報を持たない。

20

【0008】

信号 A、信号 A'、信号 D 及び信号 D' が属する波長帯は同一であり、信号 B、信号 B'、信号 E 及び信号 E' が属する波長帯も同一である。また、信号 A が属する波長帯と信号 B が属する波長帯とは重複しない。信号 A、A'、B、B'、D、D'、E 及び E' は、それぞれ、1 個のキャリア（搬送波）の光信号でもよく、あるいは複数のキャリアの光信号を含んでもよい。以下の説明では、例えば、信号 A 及び信号 B で構成された WDM 信号を信号 AB と記載する。信号 D、信号 E 等の他の光信号で構成された WDM 信号についても同様に、D、E 等の記号を用いて簡略に記載する。また、各ブロック図では、例えば、信号 A を (A)、信号 AB' を (AB') と記載する。

【0009】

図 10 の Up 方向の WDM 信号の伝搬について説明する。陸揚局 101 から送信された信号 AB は、カプラ（coupler、CPL）111 において、陸揚局 102 の方向と陸揚局 103 の方向とに分岐される。一方、陸揚局 103 から送信された、信号 AB と同様の波長帯域を持つ信号 A'B' が、WSS 112 に入力される。WSS 112 は、入力された信号 AB 及び信号 A'B' を合波及び分波して信号 AB' を生成する。生成された信号 AB' は、陸揚局 102 へ送信される。

30

【0010】

ROADM 装置 900 は、WSS 112 及び 122 を制御するための制御回路 950 を備える。WSS 112 を制御して信号 A、B、A' 及び B' の波長帯域幅を変更することで、陸揚局 101 から陸揚局 102 への伝送容量と陸揚局 101 から陸揚局 103 への伝送容量との比率を変更できる。Down 方向についても、カプラ 121 及び WSS 122 を用いて、陸揚局 102 から陸揚局 101 への伝送容量と陸揚局 102 から陸揚局 103 への伝送容量との比率を変更できる。

40

【0011】

図 12 は他の一般的な光海底ケーブルシステム 91 の構成を示すブロック図である。光海底ケーブルシステム 91 は、ROADM 装置 901 及び陸揚局 101～103 を備える。ROADM 装置 901 は海底に設置され、陸上に設置された陸揚局 101～103 と光海底ケーブルで接続される。ROADM 装置 901 は、Up 回線に WSS 131 及び 132、カプラ 133 及び 134 を備える。ROADM 装置 901 は、Down 回線に WSS 141 及び 142、カプラ 143 及び 144 を備える。ROADM 装置 901 は、WSS

50

131及び132、WSS141及び142を制御するための制御回路951を備える。

【0012】

図12を参照して、ROADM装置901の動作を説明する。WSS131は、陸揚局101から受信した信号ABを信号Aと信号Bとに分離して出力する。信号Aはカプラ133へ出力され、信号Bはカプラ134へ出力される。WSS132は、陸揚局103から受信した信号A'B'を信号A'と信号B'とに分離して出力する。信号B'はカプラ133へ出力され、信号A'はカプラ134へ出力される。

【0013】

カプラ133は、信号Aと信号B'とを結合した信号AB'を陸揚局102へ出力する。カプラ134は、信号A'と信号Bとを結合した信号A'Bを陸揚局103へ出力する。

10

【0014】

ROADM装置901の、Down方向の光信号に対する動作も同様である。すなわち、WSS141は、陸揚局102から受信した信号DEを信号Dと信号Eとに分離して出力する。WSS142は、陸揚局103から受信した信号D'E'を信号D'と信号E'とに分離して出力する。カプラ143は、信号Dと信号E'とを結合した信号DE'を陸揚局101へ出力する。カプラ144は、信号D'と信号Eとを結合した信号D'Eを陸揚局103へ出力する。このようにして、ROADM装置901では、信号A'Bと信号D'Eとが陸揚局103に送信される。

【0015】

20

図13は、ROADM装置901で入出力される光信号の波長帯域の例を示す図である。ROADM装置901では、陸揚局103へも、陸揚局102宛の信号A及び陸揚局101宛の信号Dが伝送された。ROADM装置901では、陸揚局103の、Up回線及びDown回線からの受信信号は、それぞれ、信号A'B及び信号D'Eである。これらのWDM信号は、陸揚局102を宛先とする信号A及び陸揚局101を宛先とする信号Dを含まない。このため、ROADM装置901は、信号A及び信号Dが陸揚局103で傍受されることを防止できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0016】

30

【特許文献1】特開2010-098545号公報（[0019]段落、図2）

【特許文献2】特開2011-109173号公報（[0016]段落、図4）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

WSSのような波長選択デバイスは複数の光学部品により構成され、制御回路及び電源が接続されて使用される。光学部品の例として、MEMS（micro electro mechanical systems、微小電気機械システム）、LCOS（liquid crystal on silicon、シリコン上に形成された液晶）、光フィルタ及びレンズがある。MEMSやLCOSは、光路や波長の切り替えを行う波長選択素子である。光フィルタは、特定の波長の光信号を透過させあるいは阻止する。レンズは、波長選択素子及び光フィルタとファイバとの間を光学的に結合する。波長選択素子は、制御回路からの電気信号により制御される。WSSデバイスはこれらのような多種類の部品で構成されている一方で、基幹通信システムへの適用のためには高い信頼性が要求とされる。光海底ケーブルシステムでは、例えば25年という長期にわたって安定して動作できる信頼性が要求されるため、WSSを使用したROADM装置には、特に高い信頼性が求められる。しかしながら、特許文献1及び2には、ROADM装置において、WSSが使用された場合の信頼性を改善するための具体的な構成については記載されていない。

40

【0018】

（発明の目的）

50

本発明は、信頼性が高いROADM装置を実現するための技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明の光合分波装置は、第1の波長多重光信号に含まれる光信号を波長毎に合波して出力する第1の波長選択スイッチと、第2の波長多重光信号に含まれる光信号を波長毎に合波して出力する第2の波長選択スイッチと、前記第1の波長選択スイッチ及び前記第2の波長選択スイッチの状態に基づいて、第1の波長多重信号及び第2の波長多重信号を前記第1の波長選択スイッチ又は前記第2の波長選択スイッチに出力する光スイッチと、前記第1の波長選択スイッチの出力と前記第2の波長選択スイッチの出力とを結合させる第1のカプラと、を備える。

10

【0020】

本発明の光合分波装置は、光信号を結合して出力する、第1のカプラ及び第2のカプラと、第1の波長多重信号に含まれる光信号を波長毎に分波して前記第1及び第2のカプラに出力する第1の波長選択スイッチと、第2の波長多重信号に含まれる光信号を波長毎に分波して前記第1及び第2のカプラに出力する第2の波長選択スイッチと、第3の波長多重信号に含まれる光信号を波長毎に分波して前記第1及び第2のカプラに出力する第3の波長選択スイッチと、前記第1及び第2の波長選択スイッチの状態に基づいて、前記第1の波長多重信号を前記第1の波長選択スイッチに入力し又は前記第3の波長選択スイッチに前記第3の波長多重信号として入力し、前記第2の波長多重信号を前記第2の波長選択スイッチに入力し又は前記第3の波長選択スイッチに前記第3の波長多重信号として入力する、ように制御する光スイッチと、を備える。

20

【0021】

本発明の光合分波装置の制御方法は、第1の波長多重光信号に含まれる光信号を第1の波長選択スイッチによって波長毎に合波して出力し、第2の波長多重光信号に含まれる光信号を第2の波長選択スイッチによって波長毎に合波して出力し、前記第1の波長選択スイッチ及び前記第2の波長選択スイッチの状態に基づいて、第1の波長多重信号及び第2の波長多重信号を前記第1の波長選択スイッチ又は前記第2の波長選択スイッチに出力し、前記第1の波長選択スイッチの出力と前記第2の波長選択スイッチの出力とを結合させる、ことを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0022】

本発明は、信頼性が高いROADM装置を実現できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】第1の実施形態の光海底ケーブルシステム10の構成例を示すブロック図である。

【図2】第1の実施形態のROADM装置100で入出力される光信号の波長帯域の例を示す図である。

【図3】第1の実施形態のROADM装置100の動作手順の例を示すフローチャートである。

40

【図4】第2の実施形態の光海底ケーブルシステム20の構成例を示すブロック図である。

【図5】第2の実施形態のROADM装置200で入出力される光信号の波長帯域の例を示す図である。

【図6】WSS131及び132のいずれもが正常に動作している場合の、ROADM装置200の動作を説明するブロック図である。

【図7】WSS131が故障しており、WSS132が正常に動作している場合の、ROADM装置200の動作を説明するブロック図である。

【図8】WSS132が故障しており、WSS131が正常に動作している場合の、RO

50

A D M装置 2 0 0 の動作を説明するブロック図である。

【図 9】第 2 の実施形態の R O A D M装置 2 0 0 の動作手順の例を示すフローチャートである。

【図 1 0】一般的な光海底ケーブルシステム 9 0 の構成を示すブロック図である。

【図 1 1】R O A D M装置 9 0 0 で入出力される光信号の波長帯域の例を示す図である。

【図 1 2】他の一般的な光海底ケーブルシステム 9 1 の構成を示すブロック図である。

【図 1 3】R O A D M装置 9 0 1 で入出力される光信号の波長帯域の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 4 】

(実施形態の概要)

以下に説明する実施形態では、W S S (wavelength selective switch、波長選択スイッチ)を備える、光海底ケーブルシステムで用いられる R O A D M (reconfigurable optical add/drop multiplexing) 装置に本発明を適用した形態について説明する。各実施形態の R O A D M装置は、予備 W S Sを備える。R O A D M装置は、使用中の W S Sが故障した場合に予備 W S Sを用いることにより、陸揚局との間の通信を維持する。

【 0 0 2 5 】

現用 W S Sが故障した場合には、R O A D M装置は、光スイッチを用いて、故障した W S Sへ入力されていた光信号の経路を予備 W S Sに入力されるように切り替える。切り替え後は、トランク局及びブランチ局へそれぞれ送信される W D M信号が、予備 W S S及びカプラを用いて生成される。制御回路は、使用されていない(すなわち、光信号が入力されていない) W S Sへの電力供給を停止する。

【 0 0 2 6 】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態の光海底ケーブルシステム 1 0 の構成例を示すブロック図である。光海底ケーブルシステム 1 0 は、R O A D M装置 1 0 0 及び陸揚局 1 0 1 ~ 1 0 3 を備える。陸揚局 1 0 1 ~ 1 0 3 と R O A D M装置 1 0 0 とは、光海底ケーブルによって接続される。陸揚局 1 0 1 ~ 1 0 3 は、光海底ケーブルを終端する端局である。陸揚局 1 0 1 及び 1 0 2 はトランク局とも呼ばれる。陸揚局 1 0 3 はブランチ局とも呼ばれる。陸揚局 1 0 1 ~ 1 0 3 と R O A D M装置 1 0 0 との間では、光海底ケーブルを用いて W D M (wavelength division multiplexing) 信号の伝送が行われる。以降の図面の説明では、既出の構成要素には同一の名称及び参照符号を付して、重複する説明は省略する。

【 0 0 2 7 】

R O A D M装置 1 0 0 は、図 1 0 で説明した R O A D M装置 9 0 0 と比較して、さらに、カプラ 1 1 3 及び 1 2 3、光スイッチ 1 1 4、1 1 5、1 2 4 及び 1 2 5、W S S 1 1 6 及び 1 2 6 を備える。光スイッチ 1 1 4 及び 1 1 5、W S S 1 1 6 及びカプラ 1 1 3 は U p 回線に備えられる。光スイッチ 1 2 4 及び 1 2 5、W S S 1 2 6 及びカプラ 1 2 3 は D o w n 回線に備えられる。各光スイッチは 1 x 2 光スイッチであり、入力された光信号を、2 つの出力の一方から出力する。

【 0 0 2 8 】

以下の説明では、R O A D M装置 1 0 0 の U p 方向の構成及び動作について説明する。D o w n 方向のカプラ 1 2 1 及び 1 2 3、W S S 1 2 2 及び 1 2 6、光スイッチ 1 2 4 及び 1 2 5 の構成及び動作は、U p 方向のカプラ 1 1 1 及び 1 1 3、W S S 1 1 2 及び 1 1 6、光スイッチ 1 1 4 及び 1 1 5 と同様に考えることができる。従って、D o w n 方向についての説明は省略する。

【 0 0 2 9 】

カプラ 1 1 1 は、陸揚局 1 0 1 から入力された W D M信号を 2 分岐して、一方を光スイッチ 1 1 4 へ出力し、他方を陸揚局 1 0 3 へ出力する。光スイッチ 1 1 4 は、カプラ 1 1 1 から入力された W D M信号を W S S 1 1 2 又は W S S 1 1 6 へ出力する。光スイッチ 1 1 5 は、陸揚局 1 0 3 から入力された W D M信号を W S S 1 1 2 又は W S S 1 1 6 へ出力する。W S S 1 1 2 には、光スイッチ 1 1 4 の出力の一方と光スイッチ 1 1 5 の出力の

10

20

30

40

50

方とが入力される。WSS 116には、光スイッチ114の出力の他方と光スイッチ115の出力の他方とが入力される。

【0030】

図2は、ROADM装置100で入出力される光信号の波長帯域の例を示す図である。図2の光信号の波長帯域の例は、図11と同様である。すなわち、信号A及び信号Bは、陸揚局101の送信信号であり、信号D及び信号Eは陸揚局102の送信信号である。信号Aは陸揚局101から陸揚局102へ伝送される光信号であり、信号Bは陸揚局101から陸揚局103へ伝送される光信号である。信号Dは陸揚局102から陸揚局101へ伝送される光信号であり、信号Eは陸揚局102から陸揚局103へ伝送される光信号である。

10

【0031】

信号A'及び信号B'は陸揚局103のUp回線への送信信号であり、信号D'及び信号E'は陸揚局103のDown回線への送信信号である。信号B'は陸揚局103から陸揚局102へ伝送される光信号であり、信号E'は陸揚局103から陸揚局101へ伝送される光信号である。信号A'及び信号D'はダミー信号である。ダミー信号は、海底ケーブルの途中に設置される光海底中継器に入力されるWDM信号の光パワーをシステム内で一定の範囲内に収めるために、陸揚局103において付加される。ダミー信号は伝送されるべき情報を持たない。

【0032】

信号A、信号A'、信号D及び信号D'が属する波長帯は同一であり、信号B、信号B'、信号E及び信号E'が属する波長帯も同一である。また、信号Aが属する波長帯と信号Bが属する波長帯とは重複しない。信号A、A'、B、B'、D、D'、E及びE'は、それぞれ、1個のキャリア(搬送波)の光信号でもよく、あるいは複数のキャリアの光信号を含んでもよい。

20

【0033】

続いて、ROADM装置100におけるUp方向のWDM信号の伝搬について図1を参照して説明する。カプラ111には、陸揚局101から信号ABが入力される。カプラ111で2分岐された信号ABの一方は、光スイッチ114に入力される。光スイッチ114は、WSS112が正常に動作している場合には、入力された信号ABをWSS112へ出力する。光スイッチ114は、WSS112が故障した場合には、入力された信号ABをWSS116へ出力する。

30

【0034】

陸揚局103から出力された信号A'B'は、光スイッチ115に入力される。光スイッチ115は、WSS112が正常に動作している場合には、入力された信号A'B'をWSS112へ出力する。光スイッチ115は、WSS112が故障した場合には、入力された信号A'B'をWSS116へ出力する。

【0035】

WSS112は、信号AB及び信号A'B'が入力された場合には、信号A及び信号B'を分波及び合波して、信号AB'としてカプラ113へ出力する。WSS116も、信号AB及び信号A'B'が入力された場合には、信号A及び信号B'を分波及び合波して、信号AB'としてカプラ113へ出力する。

40

【0036】

制御回路500は、光スイッチ114及び115、WSS112及び116の監視及び制御を行う、電気回路である。制御回路500は、WSS112及び116の状態を収集して保持するとともに、WSS112及び116の状態に基づいてWSS112及び116並びに光スイッチ114及び115を制御する。制御回路500は、Down方向の光スイッチ及びWSSについても同様の制御を行う。なお、ROADM装置100は、外部からの遠隔制御によって制御されてもよい。光スイッチ114及び115がWSS112へWDM信号を出力する場合には、制御回路500はWSS112に電力を供給し、WSS116への電力供給を停止する。光スイッチ114及び115がWSS116へWDM

50

信号を出力する場合には、制御回路500はWSS116に電力を供給し、WSS112への電力供給を停止する。Down回線で用いられるWSS122及びWSS126に対しても、制御回路500は同様の電力制御を行う。すなわち、制御回路500は、WDM信号が入力されて動作中のWSSに対してのみ電力を供給する。さらに、制御回路500は、WSS112及びWSS116において、信号AB及びA'B'の波長帯域幅の割合を変更することで、陸揚局102への伝送容量と陸揚局103への伝送容量とを変更できる。

【0037】

カプラ111、113、121及び123は、例えば光方向性結合器である。カプラ113は、WSS112及びWSS116から入力された光信号を結合して、陸揚局102へ出力する。実際には、上述の光スイッチ114及び115の動作により、カプラ113には、WSS112又はWSS116の一方のみから信号AB'が入力される。

10

【0038】

図3は、第1の実施形態のROADM装置100の動作手順の例を示すフローチャートである。陸揚局101から受信した信号ABがカプラ111で2分岐される(図3のステップS01)。WSS112が正常に動作しているかが判断される(S02)。WSS112が正常である場合には(S02:Yes)、信号ABが光スイッチ114からWSS112へ出力され(S03)、信号A'B'が光スイッチ115からWSS112へ出力される(S04)。WSS112において信号A'B'が生成され、生成された信号A'B'は、CPL113へ出力される(S05)。信号A'B'は、カプラ113を通過して陸揚局102へ出力される(S06)。

20

【0039】

WSS112が故障している場合には(S02:No)、信号ABは光スイッチ114からWSS116へ出力され(S07)、信号A'B'は光スイッチ115からWSS116へ出力される(S08)。なお、この場合、WSS116は正常であるとする。そして、WSS116において信号A'B'が生成され、生成された信号A'B'は、CPL113へ出力される(S09)。信号A'B'は、カプラ113を通過して陸揚局102へ出力され(S06)、その後ステップS01~S09は繰り返し実行される。なお、図3の記載はステップS01~S09が同時には1つのみ実行されることを意味しない。図3のフローでは、同時に複数のステップが実行されてもよい。

30

【0040】

このように、ROADM装置100は、WSS112が正常であるか故障しているかにかかわらず、信号A'B'を陸揚局102へ出力する。また、ROADM装置100のDown方向のWDM信号に対する動作は、上述のUp方向の動作と同様に考えることができる。すなわち、図3と同様の手順により、WSS122が正常であるか故障しているかにかかわらず、信号DE'が陸揚局101へ出力される。そして、制御回路500は、WSS122及びWSS126における信号DE及びD'E'の波長帯域幅の割合を変更することで、陸揚局101への伝送容量と陸揚局103への伝送容量とを変更できる。

【0041】

以上説明したように、第1の実施形態のROADM装置100は、Up回線のWSS112又はDown回線のWSS122が故障した場合でも、予備のWSSであるWSS116又はWSS126を用いて通信を継続する。その結果、WSS112又はWSS122の故障に起因する、陸揚局101と陸揚局102との間の通信及び陸揚局101、102と陸揚局103との間の通信の、回線断や信号品質の劣化が防止される。この際、予備のWSSであるWSS116又はWSS126を用いることで、ROADM機能も損なわれない。

40

【0042】

従って、本実施形態のROADM装置100は、WSSが用いられたROADM装置の信頼性の向上、ひいては光海底ケーブルシステムの信頼性の向上を可能とする。また、制御回路500は、使用されないWSSには電力を供給しない。このため、WSSの故障の

50

前後で、ROADM装置100の消費電力は増加しない。すなわち、本実施形態のROADM装置100は、ROADM装置の消費電力の増加を抑制できる。

【0043】

(第1の実施形態の変形例)

第1の実施形態のROADM装置100は、以下の構成を備える光合分波装置としても記述される。図1に対応する要素は括弧内に示される。すなわち、光合分波装置は、第1の波長選択スイッチ(WSS112)と、第2の波長選択スイッチ(WSS116)と、光スイッチ(光スイッチ114及び115)と、第1のカプラ(カプラ113)と、を備える。

【0044】

第1の波長選択スイッチ(WSS112)は、第1の波長多重光信号(信号AB)に含まれる光信号を波長毎に合波して出力する。第2の波長選択スイッチ(WSS116)は、第2の波長多重光信号(信号A'B')に含まれる光信号を波長毎に合波して出力する。

【0045】

光スイッチ(光スイッチ114及び115)は、第1の波長選択スイッチ(WSS112)及び第2の波長選択スイッチ(WSS116)の状態に基づいて、第1の波長多重信号(信号AB)及び第2の波長多重信号(信号A'B')を第1の波長選択スイッチ(WSS112)又は第2の波長選択スイッチ(WSS116)に出力する。第1のカプラ(カプラ113)は、第1の波長選択スイッチ(WSS112)の出力と前記第2の波長選択スイッチ(WSS116)の出力とを結合させる。

【0046】

このような構成を備える第1の実施形態の変形例の光合分波装置も、WSS112が故障した場合にはWSS116を用いてWSS112の機能を代替させることで、WSSが用いられた光合分波装置の信頼性の向上を可能とする。

【0047】

(第2の実施形態)

次に、第2の実施形態について図面を参照して説明する。

【0048】

図4は、本発明の第2の実施形態の光海底ケーブルシステム20の構成例を示すブロック図である。光海底ケーブルシステム20は、ROADM装置200及び陸揚局101~103を備える。陸揚局101~103とROADM装置200とは、光海底ケーブルによって接続される。ROADM装置200は、図12で説明したROADM装置901と比較して、さらに、光スイッチ135~137、光スイッチ145~147、WSS138及び148、カプラ139、140、149及び150、を備える。光スイッチ135~137、WSS138、カプラ139及び140はUp回線に備えられる。光スイッチ145~147、WSS148、カプラ149及び150はDown回線に備えられる。

【0049】

以下の説明では、ROADM装置200のUp方向の構成及び動作について説明する。Down方向の各光部品の配置はUp方向と対称であり波長帯のみ異なる。すなわち、Down方向の光信号に対するROADM装置200の動作は、Up方向と同様に考えることができるため、Down方向についての説明は省略する。

【0050】

光スイッチ135は、入力されたWDM信号をWSS131又は光スイッチ137へ出力する。WSS131は、光スイッチ135から入力されたWDM信号を波長毎に分離してカプラ134及びカプラ139へ出力する。

【0051】

光スイッチ136は、入力されたWDM信号をWSS132又は光スイッチ137へ出力する。WSS132は、光スイッチ136から入力されたWDM信号を波長毎に分離してカプラ133及びカプラ140へ出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

光スイッチ 1 3 7 は、光スイッチ 1 3 5 から入力された WDM 信号及び 1 3 6 から入力された WDM 信号の一方を選択して WSS 1 3 8 に出力する。WSS 1 3 8 は、光スイッチ 1 3 7 から入力された WDM 信号を波長毎に分離して合波し、合波された光信号をカブラ 1 3 9 及びカブラ 1 4 0 へ出力する。

【 0 0 5 3 】

図 4 に示したカブラ 1 3 3 及び 1 3 9 は、1 個の 3 入力 1 出力のカブラ 1 6 1 と記載できる。同様に、カブラ 1 3 4 及び 1 4 0 を 1 個のカブラ 1 6 2 と記載し、カブラ 1 4 3 及び 1 4 9 を 1 個のカブラ 1 7 1 と記載し、カブラ 1 4 4 及び 1 5 0 を 1 個のカブラ 1 7 2 と記載できる。カブラ 1 6 1 は、WSS 1 3 1、1 3 2 及び 1 3 8 から入力される光信号を結合して陸揚局 1 0 2 へ出力する。カブラ 1 6 2 は、WSS 1 3 1、1 3 2 及び 1 3 8 から入力される光信号を結合して陸揚局 1 0 3 へ出力する。すなわち、カブラ 1 3 3 及び 1 3 9 のような、隣接する 2 個のカブラは、1 個のスターカブラに集約されてもよい。

10

【 0 0 5 4 】

制御回路 6 0 0 は、WSS 1 3 1、1 3 2、1 3 8、1 4 1、1 4 2、1 4 8 及び光スイッチ 1 3 5 ~ 1 3 7、1 4 5 ~ 1 4 7 の監視及び制御を行う、電気回路である。制御回路 6 0 0 は、これらの WSS の状態を収集して保持するとともに、これらの WSS の状態に基づいて ROADM 装置 2 0 0 が備える WSS 及び光スイッチを制御する。なお、ROADM 装置 2 0 0 は、外部からの遠隔制御によって制御されてもよい。制御回路 6 0 0 は、使用されている WSS にのみ電力を供給する。すなわち、制御回路 6 0 0 は、使用されていない WSS 及び故障した WSS には電力を供給しない。従って、使用される WSS が切り替わっても、その前後で ROADM 装置 2 0 0 の消費電力は増加しない。

20

【 0 0 5 5 】

図 5 は、ROADM 装置 2 0 0 で入出力される光信号の波長帯域の例を示す図である。図 5 に示される陸揚局 1 0 1 及び 1 0 2 の送信信号、並びに、陸揚局 1 0 3 の Up 回線及び Down 回線への送信信号のそれぞれの構成は、図 1 3 と同様である。

【 0 0 5 6 】

第 1 の実施形態の ROADM 装置 1 0 0 では、陸揚局 1 0 3 へも、陸揚局 1 0 2 宛の信号 A 及び陸揚局 1 0 1 宛の信号 D が伝送された。ROADM 装置 2 0 0 では、陸揚局 1 0 3 の、Up 回線及び Down 回線からの受信信号は、図 5 に示すように、それぞれ信号 A ' B 及び信号 D ' E である。これらの WDM 信号は、陸揚局 1 0 2 を宛先とする信号 A 及び陸揚局 1 0 1 を宛先とする信号 D を含まない。このため、ROADM 装置 2 0 0 は、信号 A 及び信号 D が陸揚局 1 0 3 で傍受されることを防止できる。以下に、ROADM 装置 2 0 0 の Up 方向の具体的な動作について説明する。

30

【 0 0 5 7 】

図 6 は、WSS 1 3 1 及び 1 3 2 のいずれもが正常に動作している場合の、ROADM 装置 2 0 0 の動作を説明するブロック図である。図 6 ~ 図 8 において、光信号の伝送に用いられない光路は破線で示される。図 6 において、光スイッチ 1 3 5 は、陸揚局 1 0 1 から受信した信号 A B を WSS 1 3 1 へ出力する。WSS 1 3 1 は、光スイッチ 1 3 5 から入力された信号 A B を波長毎に分離して、信号 B をカブラ 1 3 4 へ出力し、信号 A をカブラ 1 3 9 へ出力する。光スイッチ 1 3 6 は、陸揚局 1 0 3 から受信した信号 A ' B ' を WSS 1 3 2 へ出力する。WSS 1 3 2 は、光スイッチ 1 3 6 から入力された信号 A ' B ' を波長毎に分離して、信号 B ' をカブラ 1 3 3 へ出力し、信号 A ' をカブラ 1 4 0 へ出力する。

40

【 0 0 5 8 】

WSS 1 3 1 及び 1 3 2 が正常である場合には、WSS 1 3 8 には WDM 信号が入力されないため、WSS 1 3 8 は光信号を出力しない。従って、WSS 1 3 1 から出力された信号 A はそのままカブラ 1 3 9 を通過してカブラ 1 3 3 に入力される。カブラ 1 3 3 は、WSS 1 3 1 から出力された信号 A と WSS 1 3 2 から出力された信号 B ' とを結合して信号 A B ' として陸揚局 1 0 2 へ出力する。また、WSS 1 3 2 から出力された信号 A ' 50

50

はそのままカプラ140を通過してカプラ134に入力される。カプラ134は、WSS131から出力された信号BとWSS132から出力された信号A'とを結合して、信号A'Bとして陸揚局103へ出力する。

【0059】

図7は、WSS131が故障しており、WSS132が正常に動作している場合の、ROADM装置200の動作を説明するブロック図である。図7において、光スイッチ135は、陸揚局101から受信した信号ABを光スイッチ137へ出力する。光スイッチ137は、光スイッチ135から入力される信号ABをWSS138へ出力する。WSS138は信号ABを分離して信号A及び信号Bを生成する。WSS138は信号Aをカプラ139へ出力し、信号Bをカプラ140へ出力する。

10

【0060】

光スイッチ136は、図6と同様に、陸揚局103から受信した信号A'B'を、WSS132へ出力する。WSS132は、光スイッチ136から入力された信号A'B'を波長毎に分離して、信号B'をカプラ133へ出力し、信号A'をカプラ140へ出力する。

【0061】

光スイッチ135の出力は光スイッチ137に接続されるため、故障しているWSS131は光信号を出力しない。従って、カプラ139はWSS138から出力された信号Aをカプラ133に入力する。カプラ133は、カプラ139から入力された信号AとWSS132から出力された信号B'とを結合して信号A'B'を生成して陸揚局102へ出力する。

20

【0062】

WSS132から出力された信号A'はカプラ140に入力される。カプラ140は、WSS138から出力された信号BとWSS132から出力された信号A'とを結合して、信号A'Bを生成して、カプラ134へ出力する。WSS131は光信号を出力しないため、カプラ134は、カプラ140から入力された信号A'Bを陸揚局103へ出力する。

【0063】

図8は、WSS132が故障しており、WSS131が正常に動作している場合の、ROADM装置200の動作を説明するブロック図である。図8において、光スイッチ136は、陸揚局103から受信した信号A'B'を光スイッチ137へ出力する。光スイッチ137は、光スイッチ136から入力される信号A'B'をWSS138へ出力する。WSS138は信号A'B'を分離して信号A'及び信号B'を生成する。WSS138は信号B'をカプラ139へ出力し、信号A'をカプラ140へ出力する。

30

【0064】

光スイッチ135は、図6と同様に、陸揚局101から受信した信号ABを、WSS131へ出力する。WSS131は、光スイッチ135から入力された信号ABを波長毎に分離して、信号Bをカプラ134へ出力し、信号Aをカプラ139へ出力する。

【0065】

光スイッチ136の出力は光スイッチ137に接続されるため、故障しているWSS132は光信号を出力しない。従って、カプラ140はWSS138から出力された信号A'をカプラ134に入力する。カプラ134は、カプラ140から入力された信号A'とWSS131から出力された信号Bとを結合して信号A'Bを生成して陸揚局103へ出力する。

40

【0066】

WSS131から出力された信号Aはカプラ139に入力される。カプラ139は、WSS138から出力された信号B'とWSS131から出力された信号Aとを結合して、信号A'B'を生成して、カプラ133へ出力する。WSS132は光信号を出力しないため、カプラ133は、カプラ139から入力された信号A'B'を陸揚局102へ出力する。

50

【 0 0 6 7 】

以上、図 6 ~ 図 8 を用いて、WSS 1 3 1 及び 1 3 2 のいずれか一方が故障した場合の Up 方向の WDM 信号の伝搬について説明した。このような構成により、ROADM 装置 2 0 0 は、WSS 1 3 1 又は 1 3 2 の一方が故障しても、故障した WSS の機能を WSS 1 3 8 に代替させる。その結果、ROADM 装置 2 0 0 は、WSS 1 3 1 及び 1 3 2 のいずれか一方が故障した場合でも、WSS 1 3 1 及び 1 3 2 のいずれもが正常に動作している場合と同様の光信号を Up 方向に伝送できる。そして、陸揚局 1 0 3 に送信される光信号は陸揚局 1 0 2 を宛先とする信号 A を含まない。すなわち、第 2 の実施形態の ROADM 装置 2 0 0 においては、WSS 1 3 1 及び 1 3 2 のいずれかが故障した場合も、陸揚局 1 0 2 を宛先とする信号 A は秘匿される。

10

【 0 0 6 8 】

図 9 は、第 2 の実施形態の ROADM 装置 2 0 0 の動作手順の例を示すフローチャートである。図 9 では、カプラ 1 3 3 及び 1 3 9 は一体化されたカプラ 1 6 1、カプラ 1 3 4 及び 1 4 0 は一体化されたカプラ 1 6 2 として記載される。

【 0 0 6 9 】

まず、WSS 1 3 1 及び 1 3 2 の状態が確認される（図 9 のステップ S 2 1）。WSS 1 3 1 及び 1 3 2 がいずれも正常である場合は、フローはステップ S 2 2 へ分岐する。陸揚局 1 0 1 から受信した信号 A B は、光スイッチ 1 3 5 から WSS 1 3 1 へ出力される（S 2 2）。信号 A が WSS 1 3 1 からカプラ 1 6 1 へ出力され、信号 B が WSS 1 3 1 からカプラ 1 6 2 へ出力される（S 2 3）。一方、陸揚局 1 0 3 から受信した信号 A ' B ' は、光スイッチ 1 3 6 から WSS 1 3 2 へ出力される（S 2 4）。信号 A ' は WSS 1 3 2 からカプラ 1 6 2 へ出力され、信号 B ' は WSS 1 3 2 からカプラ 1 6 1 へ出力される（S 2 5）。信号 A と信号 B ' とが結合された信号 A B ' は、カプラ 1 6 1 から陸揚局 1 0 2 へ出力され（S 2 6）、信号 B と信号 A ' とが結合された信号 A ' B は、カプラ 1 6 2 から陸揚局 1 0 3 へ出力される（S 2 7）。

20

【 0 0 7 0 】

WSS 1 3 1 が故障しており、WSS 1 3 2 が正常である場合には、フローは S 2 8 へ分岐する。陸揚局 1 0 1 から受信した信号 A B は、光スイッチ 1 3 5 から光スイッチ 1 3 7 へ出力される（S 2 8）。信号 A B は、光スイッチ 1 3 7 から WSS 1 3 8 へ出力される（S 2 9）。信号 A は WSS 1 3 8 からカプラ 1 6 1 へ出力され、信号 B は WSS 1 3 8 からカプラ 1 6 2 へ出力される（S 3 0）。一方、陸揚局 1 0 3 から受信した信号 A ' B ' は、光スイッチ 1 3 6 から WSS 1 3 2 へ出力される（S 3 1）。信号 A ' は WSS 1 3 2 からカプラ 1 6 2 へ出力され、信号 B ' は WSS 1 3 2 からカプラ 1 6 1 へ出力される（S 3 2）。信号 A と信号 B ' とが結合された信号 A B ' は、カプラ 1 6 1 から陸揚局 1 0 2 へ出力され（S 2 6）、信号 B と信号 A ' とが結合された信号 A ' B は、カプラ 1 6 2 から陸揚局 1 0 3 へ出力される（S 2 7）。

30

【 0 0 7 1 】

WSS 1 3 1 が正常であり、WSS 1 3 2 が故障している場合には、フローはステップ S 3 3 へ分岐する。陸揚局 1 0 2 から受信した信号 A ' B ' は、光スイッチ 1 3 5 から光スイッチ 1 3 7 へ出力される（S 3 3）。信号 A ' B ' は、光スイッチ 1 3 7 から WSS 1 3 8 へ出力される（S 3 4）。信号 B ' は WSS 1 3 8 からカプラ 1 6 1 へ出力され、信号 A ' は WSS 1 3 8 からカプラ 1 6 2 へ出力される（S 3 5）。一方、陸揚局 1 0 1 から受信した信号 A B は、光スイッチ 1 3 5 から WSS 1 3 1 へ出力される（S 3 6）。信号 A は WSS 1 3 1 からカプラ 1 6 1 へ出力され、信号 B は WSS 1 3 1 からカプラ 1 6 2 へ出力される（S 3 7）。信号 A と信号 B ' とが結合された信号 A B ' は、カプラ 1 6 1 から陸揚局 1 0 2 へ出力され（S 2 6）、信号 B と信号 A ' とが結合された信号 A ' B は、カプラ 1 6 2 から陸揚局 1 0 3 へ出力される（S 2 7）、その後ステップ S 2 1 ~ S 3 7 が繰り返される。なお、図 9 の記載はステップ S 2 1 ~ S 3 7 が同時には 1 つのみ実行されることを意味しない。図 9 のフローでは、同時に複数のステップが実行されてもよい。

40

50

【 0 0 7 2 】

なお、WSS 131及び132の両方が故障した場合には、光スイッチ135及び136はいずれも光スイッチ137へWDM信号（すなわち、信号AB及び信号A'B'）を出力してもよい。この場合、光スイッチ137は、信号AB及び信号A'B'のうち、予め定められたいずれか一方のWDM信号を選択してWSS 138に出力してもよい。WSS 138は、信号ABを信号Aと信号Bとに分離し、あるいは、信号A'B'を信号A'と信号B'とに分離する。ただし、信号A'はダミー信号である。このような動作により、WSS 131及び132の両方が故障した場合でも、信号A、信号B、信号B'の少なくとも1つをWSS 138から陸揚局102又は103へ伝送できる。

【 0 0 7 3 】

ROADM装置200の構成及び動作はDown方向も同様である。従って、ROADM装置200は、WSS 141又は142の一方が故障しても、故障したWSSの機能をWSS 148において代替することにより、WSS 141及び142のいずれもが正常に動作している場合と同様の光信号がDown方向に伝送される。すなわち、ROADM装置200のDown方向のWDM信号に対しても、Up方向のWDM信号と同様の効果が得られる。

【 0 0 7 4 】

以上説明したように、第2の実施形態のROADM装置200は、Up回線のWSS 131及び132の一方が故障した場合でも、予備のWSSであるWSS 138を用いて通信を継続する。Down回線においても、WSS 141及び142の一方が故障した場合でも、予備のWSSであるWSS 148を用いて通信を継続される。その結果、WSS 131又はWSS 132の故障、及び、WSS 141又は142の故障に起因する、陸揚局101～103の間の通信の回線断や信号品質の劣化が防止される。この際、予備のWSSであるWSS 138及びWSS 148を用いることで、ROADM機能も損なわれない。

【 0 0 7 5 】

従って、本実施形態のROADM装置200は、WSSが用いられたROADM装置の信頼性の向上、ひいては光海底ケーブルシステムの信頼性の向上を可能とする。

【 0 0 7 6 】

また、第1の実施形態と同様に、第2の実施形態のROADM装置200の予備のWSSは、待機状態で冗長化されている。このため、WSSの故障の前後で、ROADM装置200の消費電力は増加しない。すなわち、本実施形態のROADM装置200も、ROADM装置の消費電力の増加を抑制できる。

【 0 0 7 7 】

（第2の実施形態の変形例）

第2の実施形態のROADM装置200は、以下の構成を備える光合分波装置としても記述される。図4に対応する要素は括弧内に示される。すなわち、光合分波装置は、第1及び第2のカプラ（カプラ161、162）と、第1乃至第3の波長選択スイッチ（WSS 131、132、138）と、光スイッチ（光スイッチ135～137）と、を備える。

【 0 0 7 8 】

第1の波長選択スイッチ（WSS 131）は、第1の波長多重信号（信号AB）に含まれる光信号を波長毎に分波して第1及び第2のカプラ（カプラ161、162）に出力する。第2の波長選択スイッチ（WSS 132）は、第2の波長多重信号（信号A'B'）に含まれる光信号を波長毎に分波して第1及び第2のカプラ（カプラ161、162）に出力する。第3の波長選択スイッチ（WSS 138）は、第3の波長多重信号（信号AB又は信号A'B'）に含まれる光信号を波長毎に分波して第1及び第2のカプラ（カプラ161、162）に出力する。第1及び第2のカプラ（カプラ161、162）は、入力された光信号を結合して出力する。

【 0 0 7 9 】

10

20

30

40

50

光スイッチ（光スイッチ 135～137）は、第 1 及び第 2 の波長選択スイッチ（WSS 131 及び 132）の状態に基づいて、第 1 の波長多重信号（信号 A B）を第 1 の波長選択スイッチ（WSS 131）に入力し又は第 3 の波長選択スイッチ（WSS 138）に第 3 の波長多重信号（信号 A B 又は信号 A' B'）として入力する。また、光スイッチ（光スイッチ 135～137）は、第 2 の波長多重信号（信号 A' B'）を第 2 の波長選択スイッチ（WSS 132）に入力し又は第 3 の波長選択スイッチ（WSS 138）に第 3 の波長多重信号（信号 A B 又は信号 A' B'）として入力する。

【0080】

このような構成を備える第 2 の実施形態の変形例の光合分波装置も、WSS 131 又は WSS 132 が故障した場合には WSS 138 を用いて故障した WSS の機能を代替させることで、WSS が用いられた光合分波装置の信頼性の向上を可能とする。

10

【0081】

以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明のスコープ内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

【0082】

第 1 及び第 2 の実施形態で説明した制御回路 500 及び 600 は、CPU（central processing unit、中央処理装置）及びメモリを備えてもよい。メモリは例えば半導体メモリや磁気ディスク装置であり、CPU のプログラムを記録する。CPU は、メモリに記憶されたプログラムを実行することにより、WSS 及び光スイッチを含む ROAD M 装置 100 及び 200 の機能を実現する。

20

【0083】

本発明の実施形態は、以下の付記のようにも記載されうるが、これらには限定されない。

【0084】

（付記 1）

第 1 の波長多重光信号に含まれる光信号を波長毎に合波して出力する第 1 の波長選択スイッチと、

第 2 の波長多重光信号に含まれる光信号を波長毎に合波して出力する第 2 の波長選択スイッチと、

30

前記第 1 の波長選択スイッチ及び前記第 2 の波長選択スイッチの状態に基づいて、第 1 の波長多重信号及び第 2 の波長多重信号を前記第 1 の波長選択スイッチ又は前記第 2 の波長選択スイッチに出力する光スイッチと、

前記第 1 の波長選択スイッチの出力と前記第 2 の波長選択スイッチの出力とを結合させる第 1 のカプラと、
を備える光合分波装置。

【0085】

（付記 2）

前記光スイッチは、

前記第 1 の波長選択スイッチが正常である場合には、前記第 1 及び第 2 の波長多重信号を前記第 1 の波長選択スイッチへ出力し、

40

前記第 1 の波長選択スイッチが故障しており、前記第 2 の波長選択スイッチが正常である場合には、前記第 1 及び第 2 の波長多重信号を前記第 2 の波長選択スイッチへ出力する、

付記 1 に記載された光合分波装置。

【0086】

（付記 3）

第 1 の波長多重光信号は第 1 の波長の第 1 の光信号と第 2 の波長の第 2 の光信号とを含み、

第 2 の波長多重光信号は前記第 1 の波長の第 3 の光信号と前記第 2 の波長の第 4 の光信

50

号とを含み、

前記第 1 及び第 2 の波長選択スイッチは、前記第 1 の光信号と前記第 4 の光信号とを合波した光信号を出力する、

付記 1 又は 2 に記載された光合分波装置。

【 0 0 8 7 】

(付記 4)

前記第 1 及び第 2 の波長多重信号が入力される前記第 1 の波長選択スイッチ又は前記第 2 の波長選択スイッチにのみ電力を供給する制御回路をさらに備える、

付記 1 乃至 3 のいずれかに記載された光合分波装置。

【 0 0 8 8 】

(付記 5)

入力された前記第 1 の波長多重信号を 2 分岐する第 2 のカプラをさらに備え、

前記第 2 のカプラは、分岐された一方の前記第 1 の波長多重信号を前記光スイッチに入力し、分岐された他方の前記第 1 の波長多重信号を出力する、付記 1 乃至 4 のいずれかに記載された光合分波装置。

【 0 0 8 9 】

(付記 6)

付記 5 に記載された光合分波装置と、前記光合分波装置と通信可能に接続された第 1 乃至第 3 の端局と、を備え、

前記第 1 の端局が送信した第 1 の波長多重信号が前記第 2 のカプラに入力され、

前記第 2 のカプラで分岐された前記他方の第 1 の波長多重信号が前記第 3 の端局に出力され、

前記第 1 のカプラの出力が前記第 2 の端局で受信される、
ように構成された光通信システム。

【 0 0 9 0 】

(付記 7)

付記 5 に記載された光合分波装置を第 1 の光合分波装置及び第 2 の光合分波装置として 2 台備え、さらに、前記第 1 及び第 2 の光合分波装置と通信可能に接続された第 1 乃至第 3 の端局と、を備え、

前記第 1 の端局が送信した第 1 の波長多重信号が前記第 1 の光合分波装置の前記第 2 のカプラに入力され、前記第 2 の端局が送信した第 1 の波長多重信号が前記第 2 の光合分波装置の前記第 2 のカプラに入力され、

前記第 1 の光合分波装置の第 2 のカプラで分岐された前記他方の第 1 の波長多重信号が前記第 3 の端局に出力され、前記第 2 の光合分波装置の第 2 のカプラで分岐された前記他方の第 1 の波長多重信号が前記第 3 の端局に出力され、

前記第 1 の光合分波装置の第 1 のカプラの出力が前記第 2 の端局で受信され、前記第 2 の光合分波装置の第 1 のカプラの出力が前記第 1 の端局で受信される、
ように構成された光通信システム。

【 0 0 9 1 】

(付記 8)

光信号を結合して出力する、第 1 のカプラ及び第 2 のカプラと、

第 1 の波長多重信号に含まれる光信号を波長毎に分波して前記第 1 及び第 2 のカプラに出力する第 1 の波長選択スイッチと、

第 2 の波長多重信号に含まれる光信号を波長毎に分波して前記第 1 及び第 2 のカプラに出力する第 2 の波長選択スイッチと、

第 3 の波長多重信号に含まれる光信号を波長毎に分波して前記第 1 及び第 2 のカプラに出力する第 3 の波長選択スイッチと、

前記第 1 及び第 2 の波長選択スイッチの状態に基づいて、前記第 1 の波長多重信号を前記第 1 の波長選択スイッチに入力し又は前記第 3 の波長選択スイッチに前記第 3 の波長多重信号として入力し、前記第 2 の波長多重信号を前記第 2 の波長選択スイッチに入力し又

10

20

30

40

50

は前記第 3 の波長選択スイッチに前記第 3 の波長多重信号として入力する、ように制御する光スイッチと、
を備える光合分波装置。

【 0 0 9 2 】

(付記 9)

記光スイッチは、

前記第 1 の波長選択スイッチ及び前記第 2 の波長選択スイッチがいずれも正常である場合には、前記第 1 の波長多重信号を前記第 1 の波長選択スイッチへ出力するとともに前記第 2 の波長多重信号を前記第 2 の波長選択スイッチへ出力し、

前記第 1 の波長選択スイッチが故障しており、前記第 2 の波長選択スイッチが正常である場合には、前記第 1 の波長多重信号を前記第 3 の波長選択スイッチへ出力するとともに前記第 2 の波長多重信号を前記第 2 の波長選択スイッチへ出力し、

前記第 2 の波長選択スイッチが故障しており、前記第 1 の波長選択スイッチが正常である場合には、前記第 2 の波長多重信号を前記第 3 の波長選択スイッチへ出力するとともに前記第 1 の波長多重信号を前記第 1 の波長選択スイッチへ出力する、

付記 8 に記載された光合分波装置。

【 0 0 9 3 】

(付記 1 0)

第 1 の波長多重光信号は第 1 の波長の第 1 の光信号と第 2 の波長の第 2 の光信号とを含み、

第 2 の波長多重光信号は前記第 1 の波長の第 3 の光信号と前記第 2 の波長の第 4 の光信号とを含み、

前記第 1 の波長選択スイッチは、前記第 1 の光信号を前記第 1 のカプラに出力するとともに前記第 2 の光信号を前記第 2 のカプラに出力し、

前記第 2 の波長選択スイッチは、前記第 3 の光信号を前記第 2 のカプラに出力するとともに前記第 4 の光信号を前記第 1 のカプラに出力し、

前記第 3 の波長選択スイッチは、前記第 1 の光信号又は前記第 4 の光信号を前記第 1 のカプラに出力するとともに前記第 2 の光信号又は前記第 3 の光信号を前記第 2 のカプラに出力する、

付記 8 又は 9 に記載された光合分波装置。

【 0 0 9 4 】

(付記 1 1)

前記第 1 の波長多重信号又は第 2 の波長多重信号が入力される前記第 1 乃至第 3 の波長選択スイッチにのみ電力を供給する制御回路を備える、

付記 8 乃至 1 0 のいずれかに記載された光合分波装置。

【 0 0 9 5 】

(付記 1 2)

付記 8 乃至 1 1 のいずれかに記載された光合分波装置と、前記光合分波装置と通信可能に接続された第 1 乃至第 3 の端局と、を備え、

前記第 1 の端局は第 1 の波長多重信号を前記光スイッチへ送信し、

前記第 2 の端局は前記第 1 のカプラの出力を受信し、

前記第 3 の端局は第 2 の波長多重信号を前記光スイッチへ送信するとともに前記第 2 のカプラの出力を受信する、

ように構成された光通信システム。

【 0 0 9 6 】

(付記 1 3)

付記 8 乃至 1 1 のいずれかに記載された光合分波装置を第 1 の光合分波装置及び第 2 の光合分波装置として 2 台備え、さらに、前記第 1 及び第 2 の光合分波装置と通信可能に接続された第 1 乃至第 3 の端局と、を備え、

前記第 1 の端局は第 1 の波長多重信号を前記第 1 の光合分波装置の前記光スイッチへ送

10

20

30

40

50

信し、前記第 2 の端局は第 1 の波長多重信号を前記第 2 の光合分波装置の前記光スイッチへ送信し、

前記第 2 の端局は前記第 1 の光合分波装置の前記第 1 のカプラの出力を受信し、前記第 1 の端局は前記第 2 の光合分波装置の前記第 1 のカプラの出力を受信し、

前記第 3 の端局は第 2 の波長多重信号を前記第 1 の光合分波装置の前記光スイッチへ送信し、他の第 2 の波長多重信号を前記第 2 の光合分波装置の前記光スイッチへ送信し、前記第 1 の光合分波装置の前記第 2 のカプラの出力及び前記第 2 の光合分波装置の前記第 2 のカプラの出力を受信する、

ように構成された光通信システム。

【 0 0 9 7 】

(付記 1 4)

第 1 の波長多重光信号に含まれる光信号を第 1 の波長選択スイッチによって波長毎に合波して出力し、

第 2 の波長多重光信号に含まれる光信号を第 2 の波長選択スイッチによって波長毎に合波して出力し、

前記第 1 の波長選択スイッチ及び前記第 2 の波長選択スイッチの状態に基づいて、第 1 の波長多重信号及び第 2 の波長多重信号を前記第 1 の波長選択スイッチ又は前記第 2 の波長選択スイッチに出力し、

前記第 1 の波長選択スイッチの出力と前記第 2 の波長選択スイッチの出力とを結合させる、

光合分波装置の制御方法。

【 0 0 9 8 】

(付記 1 5)

第 1 の波長多重信号に含まれる光信号を第 1 の波長選択スイッチによって波長毎に分波して第 1 のカプラ及び第 2 のカプラに出力し、

第 2 の波長多重信号に含まれる光信号を第 2 の波長選択スイッチによって波長毎に分波して前記第 1 及び第 2 のカプラに出力し、

第 3 の波長多重信号に含まれる光信号を第 3 の波長選択スイッチによって波長毎に分波して前記第 1 及び第 2 のカプラに出力し、

前記第 1 及び第 2 の波長選択スイッチの状態に基づいて、前記第 1 の波長多重信号を前記第 1 の波長選択スイッチ又は前記第 3 の波長選択スイッチに入力し、前記第 2 の波長多重信号を前記第 2 の波長選択スイッチ又は前記第 3 の波長選択スイッチに入力するように制御し、

前記第 1 及び第 2 のカプラにおいて、入力される光信号を結合して出力する、

光合分波装置の制御方法。

【 0 0 9 9 】

(付記 1 6)

光合分波装置のコンピュータに、

第 1 の波長多重光信号に含まれる光信号を第 1 の波長選択スイッチによって波長毎に合波して出力する手順、

第 2 の波長多重光信号に含まれる光信号を第 2 の波長選択スイッチによって波長毎に合波して出力する手順、

前記第 1 の波長選択スイッチ及び前記第 2 の波長選択スイッチの状態に基づいて、第 1 の波長多重信号及び第 2 の波長多重信号を前記第 1 の波長選択スイッチ又は前記第 2 の波長選択スイッチに出力する手順、

前記第 1 の波長選択スイッチの出力と前記第 2 の波長選択スイッチの出力とを結合させる手順、

を実行させるための光合分波装置の制御プログラム。

【 0 1 0 0 】

(付記 1 7)

10

20

30

40

50

光合分波装置のコンピュータに、

第1の波長多重信号に含まれる光信号を第1の波長選択スイッチによって波長毎に分波して第1のカプラ及び第2のカプラに出力する手順、

第2の波長多重信号に含まれる光信号を第2の波長選択スイッチによって波長毎に分波して前記第1及び第2のカプラに出力する手順、

第3の波長多重信号に含まれる光信号を第3の波長選択スイッチによって波長毎に分波して前記第1及び第2のカプラに出力する手順、

前記第1及び第2の波長選択スイッチの状態に基づいて、前記第1の波長多重信号を前記第1の波長選択スイッチ又は前記第3の波長選択スイッチに入力し、前記第2の波長多重信号を前記第2の波長選択スイッチ又は前記第3の波長選択スイッチに入力するように制御する手順、

10

前記第1及び第2のカプラにおいて、入力される光信号を結合して出力する手順、
を実行させるための光合分波装置の制御プログラム。

【0101】

この出願は、2015年3月23日に出願された日本出願特願2015-059061を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

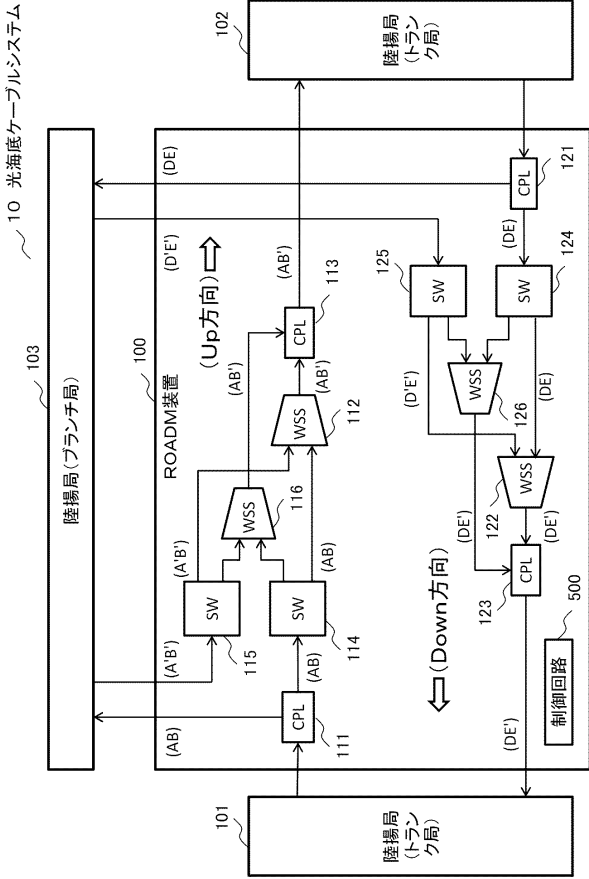
【符号の説明】

【0102】

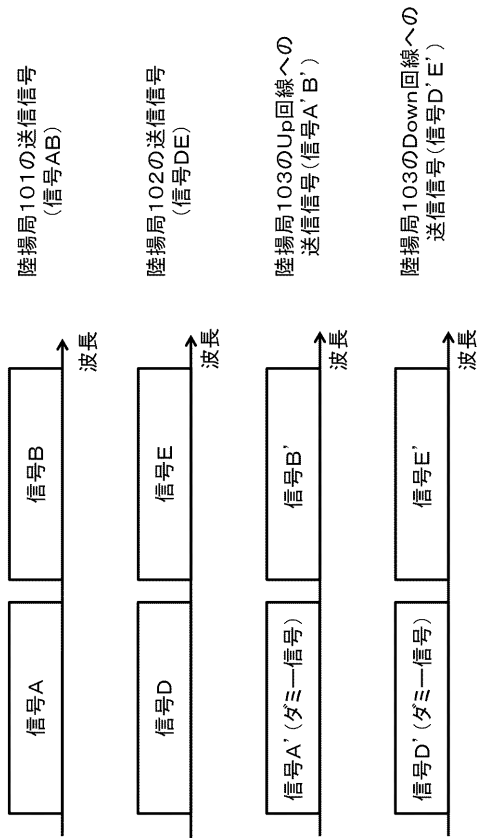
10、20、90、91 光海底ケーブルシステム
 100、200、900、901 ROADM装置
 101、102、103 陸揚局
 111、113、121、123、133、134、139、140、143、144
 、149、150、161、162、171、172 カプラ
 114、115、124、125、135～137、145～147 光スイッチ
 112、116、122、126、131、132、138、141、142、148
 WSS
 500、600、950、951 制御回路

20

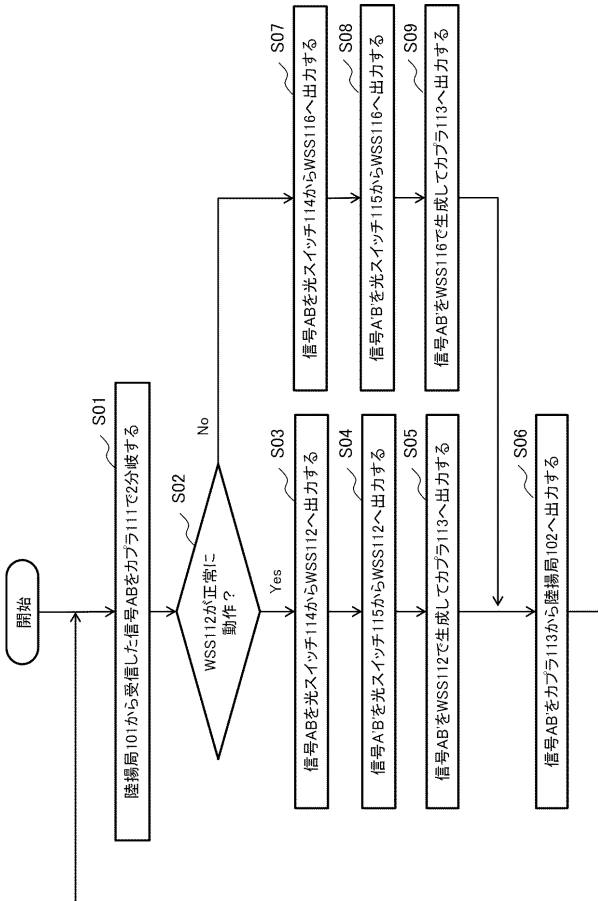
【図1】



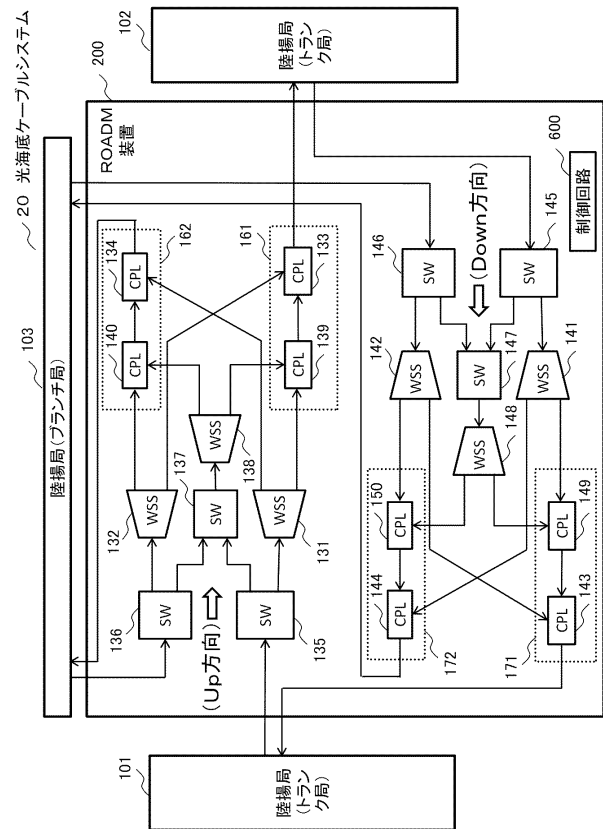
【図2】



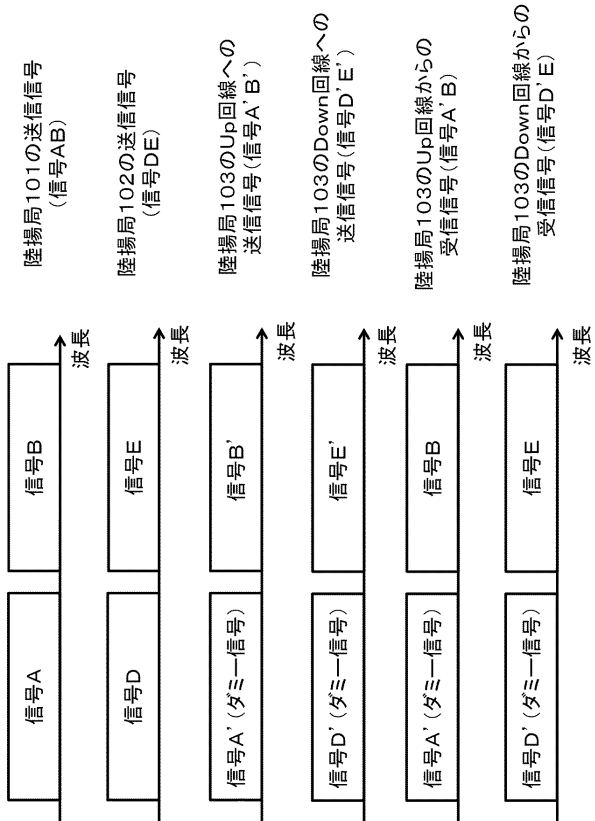
【図3】



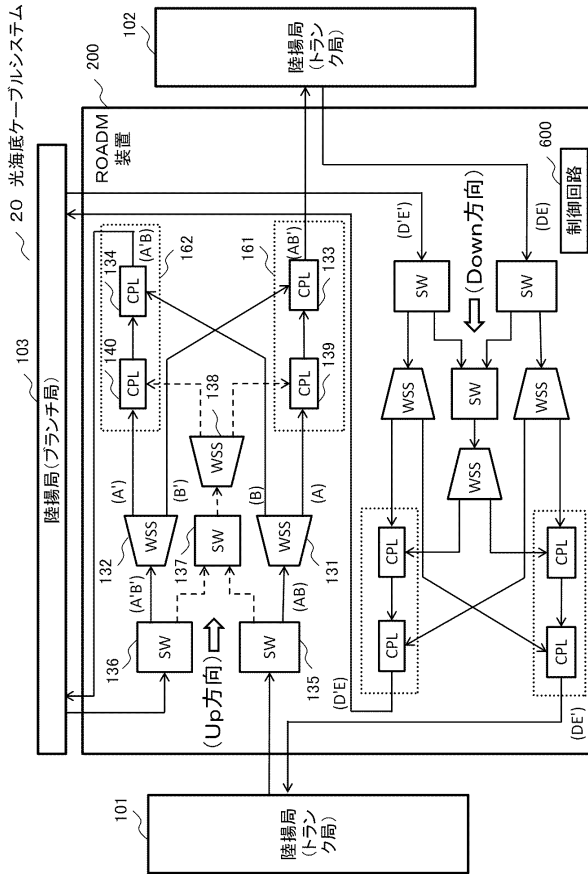
【図4】



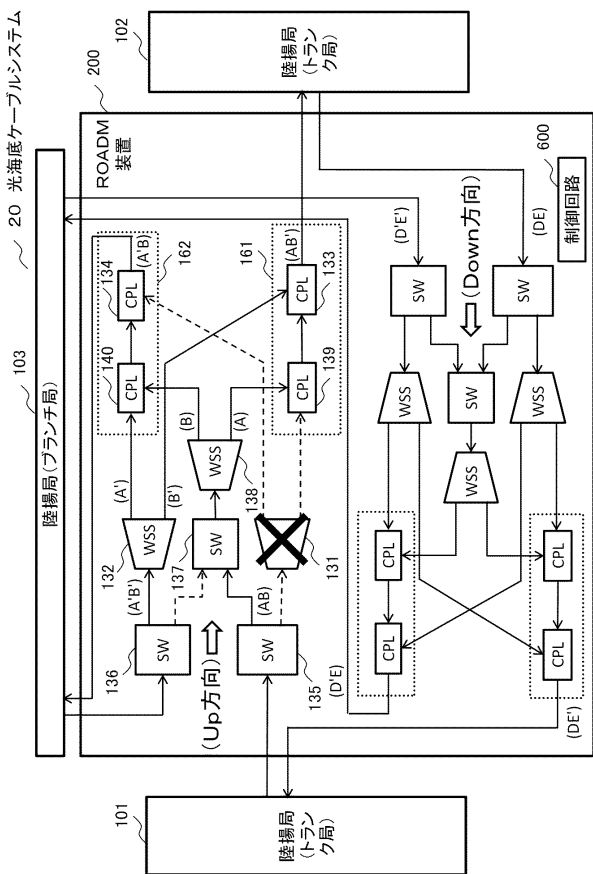
【 図 5 】



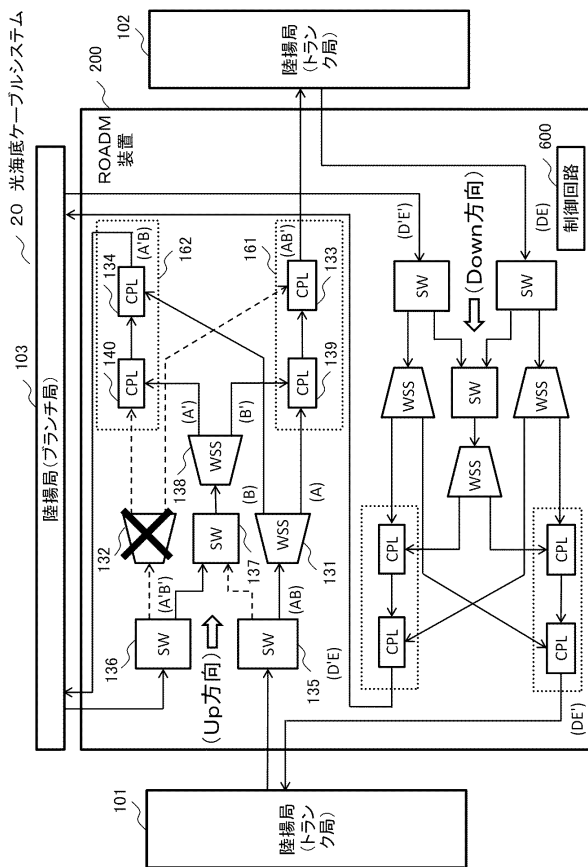
【 図 6 】



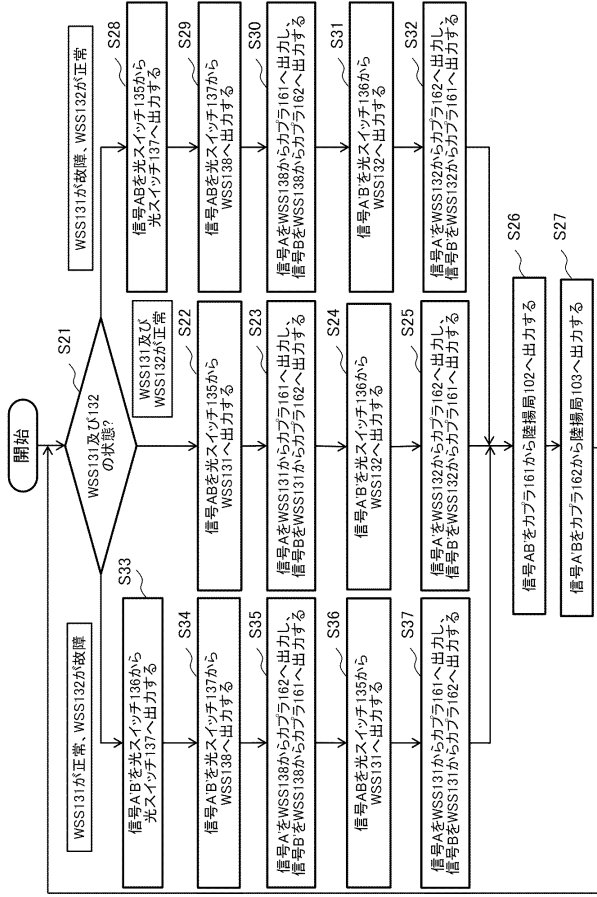
【 図 7 】



【 図 8 】

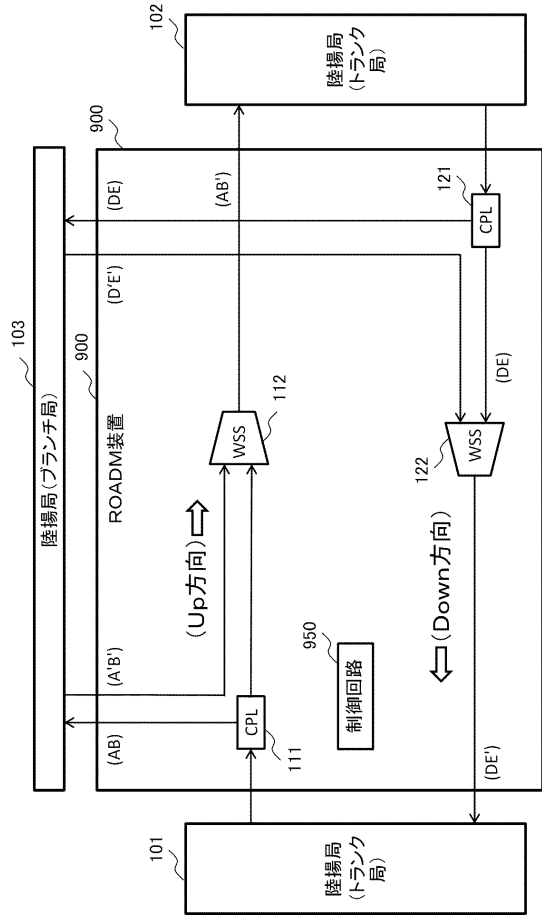


【図9】

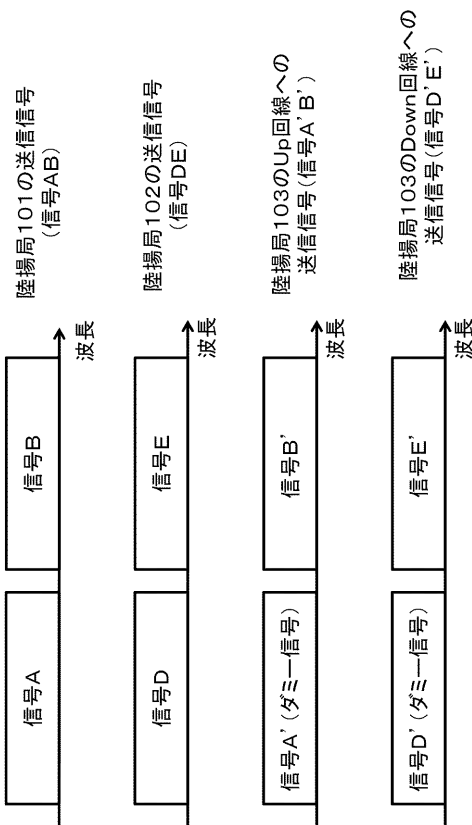


【図10】

90 光海底ケーブルシステム

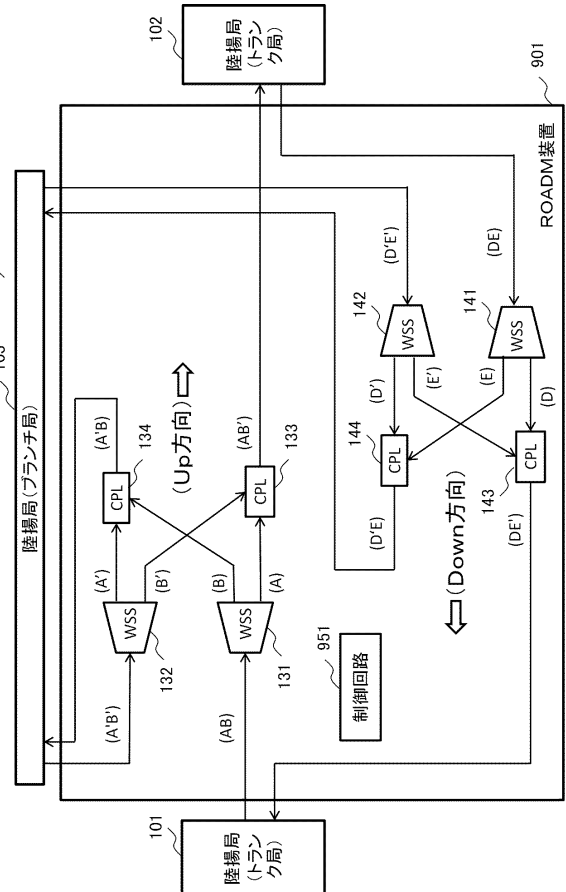


【図11】

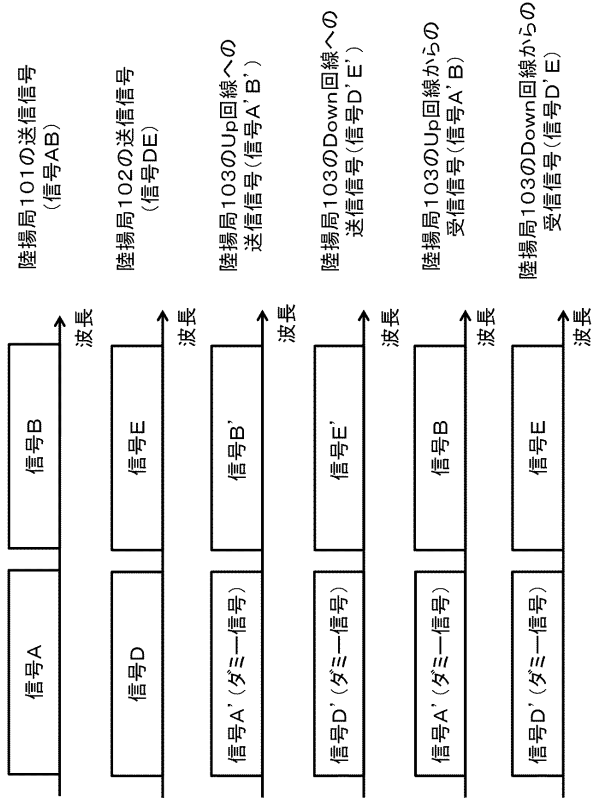


【図12】

91 光海底ケーブルシステム



【 図 1 3 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特表2013-541301(JP,A)
特開2012-004800(JP,A)
特開2011-109173(JP,A)
特開2014-220575(JP,A)