

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6060648号
(P6060648)

(45) 発行日 平成29年1月18日(2017.1.18)

(24) 登録日 平成28年12月22日(2016.12.22)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4B	10/27	(2013.01)	HO4B	9/00	270
HO4J	14/00	(2006.01)	HO4B	9/00	E
HO4J	14/02	(2006.01)	HO4B	9/00	610
HO4B	10/61	(2013.01)			

請求項の数 15 (全 42 頁)

(21) 出願番号	特願2012-259434 (P2012-259434)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成24年11月28日(2012.11.28)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2014-107709 (P2014-107709A)		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26年6月9日(2014.6.9)	(74) 代理人	100092978
審査請求日	平成27年7月6日(2015.7.6)		弁理士 真田 有
		(74) 代理人	100112678
			弁理士 山本 雅久
		(72) 発明者	松川 由暢
			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
		審査官	川口 貴裕

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ドロップ装置、光アド装置および光アド／ドロップ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の方路を有し、N波長(Nは2以上の整数)の光信号を同時受信可能なコヒーレントトランスポンダを収容する光ドロップ装置であって、

1方路の波長多重光信号をN波長ずつのM個(Mは2以上の整数であってN×M=前記波長多重光信号の波長多重数を満たす整数)の波長群に分割する、方路毎の波長分離部と

、異なる前記波長分離部で分割された複数の波長群を入力とし、入力された波長群に含まれるいずれか1又は複数の波長の光信号をN個のコヒーレントトランスポンダへ出力する、M個の波長分離ブロックと、を備え、

前記M個の波長分離ブロックの一部又は全部は、異なる前記波長分離部で分割された波長群を入力とする光カプラと、前記光カプラの出力を前記N個のコヒーレントトランスポンダへ出力する光スプリッタと、を備えた、光ドロップ装置。

【請求項2】

前記波長分離ブロックが、前記複数の波長群を合波し、合波した光信号を前記N個のコヒーレントトランスポンダへN分岐するCD(Color less and Direction less)ブロックである、請求項1に記載の光ドロップ装置。

【請求項3】

前記波長分離ブロックが、前記複数の波長群のいずれかを選択して、前記コヒーレントトランスポンダへ出力するCDC(Color less, Direction less and Contention less)

ブロックである、請求項 1 に記載の光ドロップ装置。

【請求項 4】

前記波長分離ブロックの一部が、前記複数の波長群を合波し、合波した光信号を前記 N 個のコヒーレントトランスポンダへ N 分岐する C D (Color less and Direction less) ブロックであり、

前記波長分離ブロックの残りが、前記複数の波長群のいずれかを選択して、前記コヒーレントトランスポンダへ出力する C D C (Color less, Direction less and Contention less) ブロックである、請求項 1 に記載の光ドロップ装置。

【請求項 5】

前記波長多重光信号のいずれかの波長の光信号を異なる方路へ選択的にスルーするとともに、前記波長多重光信号の他のいずれかの波長の光信号を選択的に前記波長分離部に入力する波長選択スイッチを備えた、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の光ドロップ装置。

10

【請求項 6】

前記波長分離ブロックが、異なる方路から冗長的に入力される光信号を選択的に出力する、O U P S R (Optical Unidirectional Path Switched Ring) のスイッチ機能を有する、請求項 1 に記載の光ドロップ装置。

【請求項 7】

複数の方路を有し、N 波長 (N は 2 以上の整数) の光信号を同時受信可能なコヒーレントトランスポンダを収容する光ドロップ装置であって、

20

1 方路の波長多重光信号を M 分岐 (M は 2 以上の整数であって $N \times M =$ 前記波長多重光信号の波長多重数を満たす整数) する、方路毎の波長分離部と、

異なる前記波長分離部で分岐された光信号を入力とし、入力された光信号を N 波長ずつの M 個の波長群単位で選択的に N 個のコヒーレントトランスポンダへ出力する、M 個の波長分離ブロックと、を備え、

前記 M 個の波長分離ブロックの一部又は全部は、異なる前記波長分離部で分割された波長群を入力とする光カプラと、前記光カプラの出力を前記 N 個のコヒーレントトランスポンダへ出力する光スプリッタと、を備えた、光ドロップ装置。

【請求項 8】

30

複数の方路を有する光アド装置であって、

N 個 (N は 2 以上の整数) のコヒーレントトランスポンダから送信された光信号を波長多重する、M 個 (M は 2 以上の整数であって $N \times M =$ 1 方路の波長多重光信号の波長多重数を満たす整数) の波長多重ブロックと、

方路毎に設けられ、異なる波長多重ブロックから送信された波長多重光信号を波長単位で選択的に対応する方路へ出力する波長選択スイッチと、を備え、

前記 M 個の波長多重ブロックの一部又は全部は、前記コヒーレントトランスポンダから送信された光信号を波長多重する光カプラと、前記光カプラの出力を前記波長選択スイッチに出力する光スプリッタと、を備えた、光アド装置。

【請求項 9】

40

前記波長多重ブロックが、前記 N 個のコヒーレントトランスポンダからの光信号を合波し、合波した光信号を異なる波長選択スイッチへ分岐する C D (Color less and Direction less) ブロックである、請求項 8 に記載の光アド装置。

【請求項 10】

前記波長多重ブロックが、前記 N 個のコヒーレントトランスポンダからの光信号を複数 (最大 N) 選択して合波し、選択的に異なる方路の波長選択スイッチへ切り替え出力する C D C (Color less, Direction less and Contention less) ブロックである、請求項 8 に記載の光アド装置。

【請求項 11】

前記波長多重ブロックの一部が、前記 N 個のコヒーレントトランスポンダからの光信号

50

を合波し、合波した光信号を異なる波長選択スイッチへ分岐する C D (Color less and Direction less) ブロックであり、

前記波長多重ブロックの残りが、前記 N 個のコヒーレントトランスポンダからの光信号を複数 (最大 N) 選択して合波し、選択的に異なる方路の波長選択スイッチへ切り替え出力する C D C (Color less, Direction less and Contention less) ブロックである、請求項 8 に記載の光アド装置。

【請求項 1 2】

前記波長選択スイッチから入力される光信号であって特定の方路へ出力すべき光信号と、他の異なる方路からスルー入力される光信号とを選択的に前記特定の方路へ出力する第 2 の波長選択スイッチを備えた、請求項 8 ~ 1 1 のいずれか 1 項に記載の光アド装置。

10

【請求項 1 3】

前記波長多重ブロックが、異なる方路へ冗長的に出力すべき光信号を分岐する、O U P S R (Optical Unidirectional Path Switched Ring) のブリッジ機能を有する、請求項 8 に記載の光アド装置。

【請求項 1 4】

複数の方路を有する光アド装置であって、方路毎に設けられ、入力光信号を合波して対応する方路へ出力する波長合波部と、N 個 (N は 2 以上の整数) のコヒーレントトランスポンダから送信された光信号を N 波長ずつの M 個 (M は 2 以上の整数であって $N \times M = 1$ 方路の波長多重光信号の波長多重数を満たす整数) の波長群単位で選択的に異なる方路の前記波長合波部へ出力する、M 個の波長多重ブロックと、を備え、

20

前記 M 個の波長多重ブロックの一部又は全部は、前記コヒーレントトランスポンダから送信された光信号を波長多重する光カプラと、前記光カプラの出力を前記波長合波部に出力する光スプリッタと、を備えた、光アド装置。

【請求項 1 5】

複数の方路を有し、N 波長 (N は 2 以上の整数) の光信号を同時受信可能なコヒーレントトランスポンダを収容する光アド/ドロップ装置であって、

1 方路の波長多重光信号を N 波長ずつの M 個 (M は 2 以上の整数であって $N \times M =$ 前記波長多重光信号の波長多重数を満たす整数) の波長群に分割する、方路毎の波長分離部と、

30

異なる前記波長分離部で分割された複数の波長群を入力とし、入力された波長群に含まれるいずれか 1 又は複数の波長の光信号を N 個のコヒーレントトランスポンダへ出力する、M 個の波長分離ブロックと、

別の N 個のコヒーレントトランスポンダから送信された光信号を波長多重する、M 個の波長多重ブロックと、

方路毎に設けられ、異なる波長多重ブロックから送信された波長多重光信号を波長単位で選択的に対応する方路へ出力する波長選択スイッチと、を備え、

前記 M 個の波長分離ブロックの一部又は全部は、異なる前記波長分離部で分割された波長群を入力とする第 1 光カプラと、前記第 1 光カプラの出力を前記 N 個のコヒーレントトランスポンダへ出力する第 1 光スプリッタと、を備え、

40

前記 M 個の波長多重ブロックの一部又は全部は、前記コヒーレントトランスポンダから送信された光信号を波長多重する第 2 光カプラと、前記第 2 光カプラの出力を前記波長選択スイッチへ出力する第 2 光スプリッタと、を備えた、光アド/ドロップ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明の一態様は、光ドロップ装置、光アド装置および光アド/ドロップ装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

50

ネットワーク上の情報量が増大し、Wavelength Division Multiplexing (WDM) システムが普及してきている。WDMは、複数の波長を利用して複数の光信号を多重化して送信する。このため、WDMシステムにおいては、波長多重数を増やすことにより、伝送容量は増加する。

【0003】

WDMシステムにおいては、全てのまたは一部の光ノードがOptical Add-Drop Multiplexer (OADM: 光分岐挿入装置) を備えている。OADMは、光伝送路に波長単位で光信号を挿入し、また、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。

【0004】

WDM光信号に所望の波長の光信号を挿入する機能あるいは装置を光アド機能(あるいは光アド装置)と呼ぶ。また、WDM光信号から所望の波長の光信号を分岐する機能あるいは装置を光ドロップ機能(あるいは光ドロップ装置)と呼ぶ。なお、所望の波長の光信号を挿入および/または分岐するOADMは、Reconfigurable Optical ADM (ROADM) と呼ばれることがある。

【0005】

ROADMを有するネットワークにおいては、Color less (波長依存性レス)、Direction less (方向性依存性レス)、及び、Contention less (同波長衝突レス) の3つの機能が重要視されている。

【0006】

ここで、Color lessとは、OADMの任意のポートに任意の波長を入力し、光伝送路のWDM信号に挿入することができ、任意のポートから任意の波長を光伝送路のWDM信号から分岐して、出力できる構成または機能を意味する。また、Direction lessは、OADMが複数の光伝送路(Degree)を有する構成において、任意のポートから入力した光信号を任意の方路に挿入でき、任意の方路からの光信号を分岐して、任意のポートに出力できる構成または機能を意味する。さらに、Contention lessは、OADM内の挿入機能部及び分岐機能部において、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。

【0007】

上記3つの構成あるいは機能を有するOADMをCDC OADMと呼び、Color lessとDirection lessの2つの機能を有するOADMをCD OADMと呼ぶことがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2012-015726号公報

【特許文献2】特開2012-114640号公報

【特許文献3】特開2012-182665号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

CD機能は、光波長をアド/ドロップするブロックの接続ポートの波長依存性及び方路依存性を解消することにより、ファイバ接続変更作業無しに遠隔制御で波長ルートを変更することが可能である。したがって、運用コストを削減できる効果を有する。

【0010】

しかし、ROADMの方路(Degree)数が多数存在するケースにおいては、Contention (同一波長衝突) が発生し易くなるため、Contention less機能が重要となる。例えば、ROADMを用いてリングネットワークを構成する場合には、使用する方路(Degree)数は2つ程度であり、Contentionは、それほど問題とはならない。

【0011】

これに対し、メッシュネットワークやマルチリング構成の場合には、1つのROADMが収容する方路数は、多数(3や4以上)となるため、複数の方路に、同一波長を接続するケースが増加する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

ここで、CD機能のみでは、Contention（同一波長衝突）が生じ易くなるため、保守者が、光ファイバを接続する箇所（ブロック）がContentionするかしないかを調べてから、接続しなくてはならなくなる。Contention less機能によれば、自由に、光ファイバを任意のブロックに接続することが可能となるので、保守、運用コストを抑えることができる。

【 0 0 1 3 】

また、波長を入出力するトランスポンダ（TPあるいはTRPN）には、コヒーレント送受信器を使用することがある。コヒーレント送受信器を用いる場合、大容量伝送（例えば、400G/1T）のために波長配置を密に収容すべく、Grid less（グリッドレス）と呼ばれる、波長配置位置をフレキシブルにする技術が導入されることもある。

10

【 0 0 1 4 】

当該技術によれば、従来の固定帯域幅（50GHzや100GHz）ではなく、帯域幅を可変にすることが可能となる。これにより、1つのWDM光信号に収容可能な波長数を格段に増加できる。これに伴い、同一波長の使用頻度も増加する。

【 0 0 1 5 】

しかし、Contention less機能を実現するためには、CD機能に比べて、回路構成が大きくなり、高価となる。例えば、CDC機能を有するROADMは、Contention lessを実現するために、ノンブロッキングなスイッチブロックを有する必要がある。

【 0 0 1 6 】

そのため、大規模なN×M波長選択スイッチ（WSS：Wavelength Selective Switch）やN×M光クロスコネクタスイッチ（OXC）等を使用したり、多数の光デバイスを組合せたりする必要がある。結果として、ROADMの高コスト化及びサイズ増大化につながる。これは、ROADMを初期導入する段階では、設備投資コストが高すぎる結果となる。

20

【 0 0 1 7 】

そこで、初期導入段階では、低コストの光デバイスを少ない数用いて実現できるCD機能をROADMに導入するケースが多い。しかし、運用後、波長を多数増設していき、方路も増設していくと、同一波長を増設するケースが増えることになる。その際に、波長を光ファイバによって接続可能なブロックを、その都度、判断するのは、非常に不便であり、運用コストの増加にもなる。

30

【 0 0 1 8 】

すなわち、方路数の増設やアド/ドロップする波長数の増設に伴い、Contention less機能を含むCDC機能の必要性が強くなってくる。

【 0 0 1 9 】

そこで、当初は、CD機能を導入するが、方路の増設・増設波長数の増加に伴い、CDC機能を追加できるような機能が求められている。

【 0 0 2 0 】

しかし、現状のCD機能構成は、途中からCDC機能をOADMに組み込むためには、装置構成ブロックを大きく取り替えねばならない。そのため、運用中（インサービス）の光信号への影響無しに、CDC機能をOADMにおいて増設することができなかった。

40

【 0 0 2 1 】

本発明の目的の1つは、波長分離ブロック及び/又は波長多重ブロックの単位で波長増設や方路増設に柔軟に対応できるようにすることにある。

【 0 0 2 2 】

なお、前記目的に限らず、後述する発明を実施するための最良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一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 】

【 0 0 2 3 】

50

光ドロップ装置の一態様は、複数の方路を有し、 N 波長 (N は2以上の整数)の光信号を同時受信可能なコヒーレントトランスポンダを収容する光ドロップ装置であって、1方路の波長多重光信号を N 波長ずつの M 個 (M は $N \times M =$ 前記波長多重光信号の波長多重数を満たす整数)の波長群に分割する、方路毎の波長分離部と、異なる前記波長分離部で分割された複数の波長群を入力とし、入力された波長群に含まれるいずれか1又は複数の波長の光信号を N 個のコヒーレントトランスポンダへ出力する、 M 個の波長分離ブロックと、を備える。

【0024】

また、光ドロップ装置の他の一態様は、複数の方路を有し、 N 波長 (N は2以上の整数)の光信号を同時受信可能なコヒーレントトランスポンダを収容する光ドロップ装置であって、1方路の波長多重光信号を M 分岐 (M は $N \times M =$ 前記波長多重光信号の波長多重数を満たす整数)する、方路毎の波長分離部と、異なる前記波長分離部で分岐された光信号を入力とし、入力された光信号を N 波長ずつの M 個の波長群単位で選択的に N 個のコヒーレントトランスポンダへ出力する、 M 個の波長分離ブロックと、を備える。

10

【0025】

さらに、光アド装置の一態様は、複数の方路を有する光アド装置であって、 N 個 (N は2以上の整数)のコヒーレントトランスポンダから送信された光信号を波長多重する、 M 個 (M は $N \times M =$ 1方路の波長多重光信号の波長多重数を満たす整数)の波長多重ブロックと、方路毎に設けられ、異なる波長多重ブロックから送信された波長多重光信号を波長単位で選択的に対応する方路へ出力する波長選択スイッチと、を備える。

20

【0026】

また、光アド装置の他の一態様は、複数の方路を有する光アド装置であって、方路毎に設けられ、入力光信号を合波して対応する方路へ出力する波長合波部と、 N 個 (N は2以上の整数)のコヒーレントトランスポンダから送信された光信号を N 波長ずつの M 個 (M は $N \times M =$ 1方路の波長多重光信号の波長多重数を満たす整数)の波長群単位で選択的に異なる方路の前記波長合波部へ出力する、 M 個の波長多重ブロックと、を備える。

【0027】

さらに、光アド/ドロップ装置の一態様は、複数の方路を有し、 N 波長 (N は2以上の整数)の光信号を同時受信可能なコヒーレントトランスポンダを収容する光アド/ドロップ装置であって、1方路の波長多重光信号を N 波長ずつの M 個 (M は $N \times M =$ 前記波長多重光信号の波長多重数を満たす整数)の波長群に分割する、方路毎の波長分離部と、異なる前記波長分離部で分割された複数の波長群を入力とし、入力された波長群に含まれるいずれか1又は複数の波長の光信号を N 個のコヒーレントトランスポンダへ出力する、 M 個の波長分離ブロックと、別の N 個のコヒーレントトランスポンダから送信された光信号を波長多重する、 M 個の波長多重ブロックと、方路毎に設けられ、異なる波長多重ブロックから送信された波長多重光信号を波長単位で選択的に対応する方路へ出力する波長選択スイッチと、を備える。

30

【発明の効果】

【0028】

上述した装置の一態様によれば、波長分離ブロック及び/又は波長多重ブロックの単位で波長増設や方路増設に柔軟に対応できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】関連技術の一例であるCDC ROADMの構成例を示す図である。

【図2】図1に例示するROADMにおける光クロスコネクットの構成例を示す図である。

【図3】関連技術の他の一例であるCD ROADMの構成例を示す図である。

【図4】図3に例示するROADMにおける光クロスコネクットの構成例を示す図である。

【図5】関連技術の他の一例であるCD ROADMの構成例を示す図である。

【図6】図5に例示した関連技術の構成を機能ブロック構成に簡易表現した構成例(2 Degree構成)を示す図である。

50

【図7】図6に例示した構成から同一波長を増設するケースを説明する図である。

【図8】図7に例示した構成を N Degree に増設した場合の構成例を示す図である。

【図9】実施形態のCD構成 (2 Degree ケース) のROADMの一例を示す図である。

【図10】図9に例示するROADMにおけるCD DMUX部の構成例を示す図である。

【図11】図9に例示するROADMにおけるCD MUX部の構成例を示す図である。

【図12】図9に例示するROADMにおいてドロップ側の各Degreeの波長が振り分けられるルートの一例を示す。

10

【図13】図9に例示するROADMにおいてアド側の各Degreeの波長が挿入されるルートの一例を示す。

【図14】図9に例示するROADMにおいてアド/ドロップする波長数が1WDM光信号の最大波長数を越えた際の増設ブロックの例を示す図である。

【図15】Degree数が N の場合のROADMの構成例を示す図である。

【図16】図15に例示するROADMのCDC DMUX/MUX部の構成例を示す図である。

【図17】図15及び図16に例示するCDC DMUX部の動作例を示す図である。

【図18】図15及び図16に例示するCDC MUX部の動作例を示す図である。

【図19】図9に例示したCD ROADM (2 Degree) の詳細構成例を示す図である。

20

【図20】図15に例示したCD/CDC混在構成 (2 Degree) の詳細構成例を示す図である。

【図21】図20に例示するCDC DMUX/MUX部の構成例を示す図である。

【図22】図19に例示した構成をDegree数 N に一般化した場合の詳細構成例を示す図である。

【図23】図21に例示した詳細構成例においてCD機能とCDC機能とを混在させた例を示す図である。

【図24】図23に例示したCDC DMUX/MUX部の構成例を示す図である。

【図25】8 DegreeフルCD構成のROADMの詳細構成例を示す図である。

30

【図26】8 DegreeフルCDC構成のROADMの詳細構成例を示す図である。

【図27】8 DegreeフルCD/CDC混在構成のROADMの詳細構成例を示す図である。

【図28】図25に例示した8 DegreeフルCD構成のROADMの詳細構成例の変形例を示す図である。

【図29】図28に例示した構成におけるドロップ経路及びアド経路の一例を示す図である。

【図30】図28に例示した構成において、DMUX/MUXブロックそれぞれを、CDC機能を有するブロックに置き換えた構成例を示す

【図31】図30に例示した構成におけるドロップ経路及びアド経路の一例を示す図である。

40

【図32】図28に例示した構成において、DMUX/MUXブロックの一部を、CDC機能を有するブロックに置き換えた構成例を示す図である。

【図33】図30に例示した8 DegreeフルCDCのROADMの変形例を示す図である。

【図34】図28に例示した8 DegreeフルCDのROADMの変形例を示す図である。

【図35】8 DegreeフルCD/CDC混在 with ブリッジ/スイッチ for OUPSRの構成例を示す図である。

【図36】図32に例示した8 DegreeフルCD/CDC混在構成のROADMの変

50

形例を示す図である。

【図37】図32に例示した8 DegreeフルCD / CDC混在構成のROADMの変形例を示す図である。

【図38】図32に例示した8 DegreeフルCD / CDC混在構成のROADMの変形例を示す図である。

【図39】図32に例示した8 DegreeフルCD / CDC混在構成のROADMの変形例を示す図である。

【図40】図28に例示した8 DegreeフルCDのROADMの変形例を示す図である。

【図41】図32に例示したCD / CDC混在構成のROADMの変形例(12 Degree)を示す図である。 10

【図42】図32に例示したCD / CDC混在構成のROADMの変形例(14 Degree)を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

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、以下に説明する実施形態は、あくまでも例示であり、以下に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。なお、以下の実施形態で用いる図面において、同一符号を付した部分は、特に断らない限り、同一若しくは同様の部分を表す。

【0031】 20

(関連技術1)

図1は、関連技術の一例であるCDC ROADMの構成例を示す図である。図1に示す例では、CDC ROADMは、2本の方路(例えば、Degree #1およびDegree #2)を有している。Degree #1は、1組の入方路および出方路を含む。同様に、Degree #2も、1組の入方路および出方路を含む。

【0032】

光アンプ511 #1は、Degree #1から入力されるWDM光信号を増幅し、Degree #2へ出力されるWDM光信号を増幅する。同様に、光アンプ511 #2は、Degree #2から入力されるWDM光信号を増幅し、Degree #1へ出力されるWDM光信号を増幅する。なお、各Degree #1及び#2のWDM光信号の最大波長多重数Lは、任意であるが、例示的に、128を想定する。 30

【0033】

(ドロップ機能)

光スプリッタ(SPL)512 #1は、Degree #1から入力されるWDM光信号を分岐し、波長選択スイッチ(WSS)513 #2およびドロップ用WSS514 #1に導く。同様に、光スプリッタ(SPL)512 #2は、Degree #2から入力されるWDM光信号を分岐し、WSS513 #1およびドロップ用WSS514 #2に導く。

【0034】

ドロップ用WSS514 #1は、光スプリッタ512 #1から導かれてくるWDM光信号から、図示を省略した波長パス制御部により指定される1または複数の波長の光信号を選択する。同様に、ドロップ用WSS514 #2は、光スプリッタ512 #2から導かれてくるWDM光信号から、波長パス制御部により指定される1または複数の波長の光信号を選択する。ドロップ用WSS514 #1が選択する波長、およびドロップ用WSS514 #2が選択する波長は、互いに異なっていてもよいし、互いに同じであってもよいし、互いに一部が重複していてもよい。 40

【0035】

光スプリッタ(SPL)515 #1-1及び515 #1-2は、それぞれ、ドロップ用WSS514 #1により選択された光信号をM分岐(例えば16分岐)する。同様に、光スプリッタ(SPL)515 #2-1及び515 #2-2は、それぞれ、ドロップ用WSS514 #2により選択された光信号をM分岐する。 50

【 0 0 3 6 】

M分岐された光信号は、それぞれM個の異なる $N \times N$ （例えば 8×8 ）光クロスコネクタ（OXC：Optical Cross Connect）5 1 6に入力される。別言すると、光クロスコネクタ5 1 6のそれぞれには、異なるDegree # 1及び# 2のWDM光信号に含まれる光信号が入力される。

【 0 0 3 7 】

よって、OADMにおいては、特定の波長の光信号を出力する方路（Degree）を切り替える際に、光デバイス間の光ファイバの接続を変更する必要はない。したがって、Direction lessを実現できる。Direction lessを実現する、SPL 5 1 5 # 1 - 1、5 1 5 # 1 - 2、5 1 5 # 2 - 1及び5 1 5 # 2 - 2と各光クロスコネクタ5 1 6との間の光ファイバ接続を「Direction less用配線」と呼ぶことがある。

10

【 0 0 3 8 】

また、SPL 5 1 5 # 1 - 1及び5 1 5 # 1 - 2、並びに、SPL 5 1 5 # 2 - 1及び5 1 5 # 2 - 2の出力ポートは、波長依存性を有していない。すなわち、SPL 5 1 5 # 1 - 1及び5 1 5 # 1 - 2、並びに、SPL 5 1 5 # 2 - 1及び5 1 5 # 2 - 2は、それぞれ「各出力ポートからは、それぞれ予め決められた特定の波長の光信号が出力されなければならない」という構成ではない。

【 0 0 3 9 】

よって、波長の異なる複数の光信号が、SPL 5 1 5 # 1 - 1及び5 1 5 # 1 - 2、並びに、SPL 5 1 5 # 2 - 1及び5 1 5 # 2 - 2からクロスコネクタ5 1 6に導かれる場合、各光信号は、それぞれ任意のクロスコネクタ5 1 6の入力ポートに入力することができる。すなわち、この構成によれば、Color lessが実現される。

20

【 0 0 4 0 】

光クロスコネクタ5 1 6は、それぞれ、各入力光信号を、それぞれ波長パス制御部によって指定される出力ポートへ導く。光クロスコネクタ5 1 6は、それぞれ、例えば図2に示すように、 N 個の $N \times 1$ カプラ（CPL）と、 N 個の $1 \times N$ スイッチ（SW）と、 N 個のチューナブルフィルタを組み合わせて構成することができる。なお、アド機能の光クロスコネクタ2 2についても光クロスコネクタ5 1 6と同様の構成でよい。

【 0 0 4 1 】

$1 \times N$ スイッチを用いることで、複数の同じ波長の光信号を異なる経路で入出力することができる。従って、上述したColor less、Direction lessに加えてContention lessも実現できる。すなわち、CDC構成が実現できる。なお、後述するアド機能は、光学的にドロップ機能と可逆の動作となるので、アド機能についてもCDC構成が実現できる。

30

【 0 0 4 2 】

$N \times M$ 個のTFは、それぞれ、光クロスコネクタ5 1 6の対応する出力ポートから出力される光信号をフィルタリングする。ここで、TFは、それぞれ、指定された波長以外の波長成分を除去する。TFの通過波長は、特に限定されるものではないが、互いに異ならせることができる。ただし、TFは、互いに重複する通過波長を含んでもよい。また、TF 1 7の通過波長は、波長パス制御部によって指定されてもよい。

【 0 0 4 3 】

$N \times M$ 個のトランスポンダ（TP）5 3 1は、それぞれ、対応するTFから出力される光信号を、対応する端局へ転送する。このとき、TP 5 3 1は、必要に応じて、光信号の波長を変換する。なお、TP 5 3 1から出力される光信号の波長は、互いに同じでもよいし、互いに異なってもよい。

40

【 0 0 4 4 】

（アド機能）

$N \times M$ 個のTP 5 3 2は、それぞれ、対応する端局から送信される光信号を、対応する光クロスコネクタ5 2 2の $N \times M$ 個のTF（図2参照）へ転送する。このとき、TP 5 3 2は、必要に応じて、光信号の波長を変換する。なお、各端局から送信される光信号の波長は、互いに同じでもよいし、互いに異なってもよい。また、TP 5 3 2から出力される

50

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。

【 0 0 4 5 】

光クロスコネクタ 5 2 2 において、TF は、対応するトランスポンダ 5 3 2 から出力される光信号をフィルタリングする。ここで、TF は、それぞれ、指定された波長以外の波長成分を除去する。TF の通過波長は、例えば、互いに異なるように設定することができる。ただし、TF は、互いに重複する通過波長を含んでもよい。また、TF の通過波長は、波長パス制御部によって指定されてもよい。

【 0 0 4 6 】

光クロスコネクタ 5 2 2 は、各入力光信号を、それぞれ波長パス制御部により指定される出力ポートへ導く。

10

【 0 0 4 7 】

光カプラ (CPL) 5 2 3 # 1 - 1 及び 5 2 3 # 1 - 2 は、それぞれ異なる光クロスコネクタ 2 2 の出力ポートから出力される光信号を合波する。また、光カプラ (CPL) 5 2 3 # 2 - 1 及び 5 2 3 # 2 - 2 は、異なる光クロスコネクタ 5 2 2 の他の出力ポートから出力される光信号を合波する。

【 0 0 4 8 】

アド用 WSS 5 2 4 # 1 は、光カプラ 5 2 3 # 1 - 1 及び 5 2 3 # 1 - 2 から導かれてくる光信号から、波長パス制御部により指定される 1 または複数の波長の光信号を選択する。同様に、アド用 WSS 5 2 4 # 2 は、光カプラ 5 2 3 # 2 - 1 及び 5 2 3 # 2 - 2 から導かれてくる光信号から、波長パス制御部により指定される 1 または複数の波長の光信号を選択する。アド用 WSS 5 2 4 # 1 が選択する波長、およびアド用 WSS 5 2 4 # 2 が選択する波長は、互いに異なっていてもよいし、互いに同じであってもよいし、互いに一部が重複してもよい。

20

【 0 0 4 9 】

WSS 5 1 3 # 1 は、波長パス制御部による制御に従って、Degree # 2 から光スプリッタ 5 1 2 # 2 を介して導かれてくる光信号およびアド用 WSS 5 2 4 # 1 から導かれてくる光信号から、Degree # 1 へ出力する WDM 光信号を生成する。

【 0 0 5 0 】

このとき、WSS 5 1 3 # 1 は、Degree # 2 から光スプリッタ 5 1 2 # 2 を介して導かれてくる光信号から、OADM 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、WSS 5 1 3 # 1 は、アド用 WSS 5 2 4 # 1 から導かれてくる光信号から、WDM 光信号に「挿入」する 1 または複数の任意の波長を選択する。

30

【 0 0 5 1 】

同様に、WSS 5 1 3 # 2 は、波長パス制御部による制御に従って、Degree # 1 から光スプリッタ 5 1 2 # 1 を介して導かれてくる光信号およびアド用 WSS 5 2 4 # 2 から導かれてくる光信号から、Degree # 2 へ出力する WDM 光信号を生成する。

【 0 0 5 2 】

このとき、WSS 5 1 3 # 2 は、Degree # 1 から光スプリッタ 5 1 2 # 1 を介して導かれてくる光信号から、OADM を「通過」する 1 または複数の任意の波長を選択する。また、WSS 5 1 3 # 2 は、アド用 WSS 5 2 4 # 2 から導かれてくる光信号から、WDM 光信号に「挿入」する 1 または複数の任意の波長を選択する。

40

【 0 0 5 3 】

(関連技術 2)

図 3 は、関連技術の他の一例である CD ROAD M の構成例を示す図である。図 3 に例示する CD ROAD M は、図 1 に例示した構成に比して、ドロップ機能において、SPL 5 1 5 # 1 - 1、5 1 5 # 1 - 2、5 1 5 # 2 - 1、5 1 5 # 2 - 2 及び光クロスコネクタ 5 1 6 に代えて、光カプラ (CPL) 5 2 5 # 1、5 2 5 # 2、DMUX (AWG : Arrayed Waveguide Grating) 5 2 6 # 1、5 2 6 # 2、及び、TF 付きの L x L (例えば 1 2 8 x 1 2 8) 光クロスコネクタ 5 2 7 を備える点が異なる。また、図 3 に例示する CD ROAD M は、図 1 に例示した構成に比して、アド機能において、CPL 5 2 3

50

1 - 1、5 2 3 # 1 - 2、5 2 3 # 2 - 1、5 2 3 # 2 - 2 及び光クロスコネク 5 2 2 に代えて、光スプリッタ (S P L) 5 3 0 # 1、5 3 0 # 2、M U X (A W G) 5 2 9 # 1、5 2 9 # 2、及び、T F 付きの L × L (例えば 1 2 8 × 1 2 8) 光クロスコネク 5 2 8 を備える点が異なる。

【 0 0 5 4 】

ドロップ機能において、C P L 5 2 5 # 1 及び 5 2 5 # 2 には、それぞれ、異なる D e g r e e # 1 及び # 2 から W S S 5 1 4 # 1 及び 5 1 4 # 2 に入力され、当該 W S S 5 1 4 # 1 及び 5 1 4 # 2 でそれぞれ選択された波長を含む光信号が入力される。別言すると、W S S 5 1 4 # 1 及び 5 1 4 # 2 と C P L 5 2 5 # 1 及び 5 2 5 # 2 との間に D i r e c t i o n l e s s 配線が設けられる。C P L 5 2 5 # 1 及び 5 2 5 # 2 は、それぞれ、入力光信号を合波する。

10

【 0 0 5 5 】

A W G 5 2 6 # 1 及び 5 2 6 # 2 には、対応する C P L 5 2 5 # 1 及び 5 2 5 # 2 で合波された光信号が入力される。A W G 5 2 6 # 1 及び 5 2 6 # 2 は、それぞれ、入力光信号を波長毎に分離して、分離した光信号を予め決められた出力ポートから出力する。別言すると、A W G 5 2 6 # 1 及び 5 2 6 # 2 は、出力ポート毎に出力波長が固定されている。そのため、同じ A W G から複数の同一波長の光信号を出力することはできない。したがって、ドロップ経路に A W G を用いることで、Contention less 機能は実現されない。また、A W G を利用しているため、グリッドレス (波長帯域幅可変) に対応することはできず、制約がある。

20

【 0 0 5 6 】

2 個の 1 2 8 × 1 2 8 光クロスコネク 5 2 7 のそれぞれは、例えば図 4 に示すように、1 2 8 個の 1 2 8 × 1 光カプラ (C P L) と、1 2 8 個の 1 × 1 2 8 スイッチ (S W) と、1 2 8 個の T F とを組み合わせて構成される。光クロスコネク 5 2 7 は、対応する A W G 5 2 6 # 1 及び 5 2 6 # 2 からいずれかの入力ポートに入力された光信号をいずれかの出力ポート (T P 5 3 1) に選択的に出力することができる。

【 0 0 5 7 】

このとき、1 2 8 × 1 光カプラ (C P L) に入力された任意の波長の光信号は、各 1 × 1 2 8 スイッチに入力され、個々の 1 × 1 2 8 スイッチで選択出力されるので、任意の波長の光信号を任意の出力ポート (T P 5 3 1) へ出力することが可能である。別言すると、Color less を実現できる。なお、アド機能の光クロスコネク 5 2 8 についてもドロップ機能の光クロスコネクと同様の構成でよい。

30

【 0 0 5 8 】

アド機能において、2 個の光クロスコネク 5 2 8 のそれぞれは、いずれかの T P 5 3 2 から入力された光信号をいずれかの出力ポートへ選択的に出力する。このとき、光クロスコネク 5 3 2 は、異なる 1 × 1 2 8 スイッチの出力を 1 2 8 × 1 C P L にて合波する構成なので、任意の波長の光信号を任意の出力ポートへ出力することが可能である。別言すると、Color less を実現できる。

【 0 0 5 9 】

A W G 5 2 9 # 1 及び 5 2 9 # 2 は、対応する光クロスコネク 5 2 8 から出力される光信号を合波する。A W G 5 2 9 # 1 及び 5 2 9 # 2 は、入力ポート毎に波長が固定されている。そのため、複数の同一波長の光信号を同じ入力ポートに入力できない。したがって、アド経路に A W G を用いることで、Contention less 機能は実現されない。また、A W G を利用しているため、グリッドレスに対応することはできず、制約がある。

40

【 0 0 6 0 】

S P L 5 3 0 # 1 及び 5 3 0 # 2 は、対応する A W G 5 2 9 # 1 及び 5 2 9 # 2 から入力される光信号を各方路の W S S 5 2 4 # 1 及び 5 2 4 # 2 に分岐する。別言すると、W S S 5 2 4 # 1 及び 5 2 4 # 2 と S P L 5 3 0 # 1 及び 5 3 0 # 2 との間に D i r e c t i o n l e s s 配線が設けられる。

【 0 0 6 1 】

50

(関連技術3)

図5は、関連技術の他の一例であるCD ROAD Mの構成例を示す図である。図5に例示するCD ROAD Mは、図3に例示した構成において、ドロップ機能におけるAWG 5 2 6 # 1 (5 2 6 # 2) 及び光クロスコネク 5 2 7 から成るブロックの機能を、 $1 \times M$ WSS 5 4 1 # 1 (5 4 1 # 2) 及びM個の $1 \times N$ 光スプリッタ (SPL) 5 4 2 を用いて実現した構成を具備する。また、図5に例示するCD ROAD Mは、図3に例示した構成において、アド機能における光クロスコネク 5 2 8 及びAWG 5 2 9 # 1 (5 2 9 # 2) から成るブロックの機能を、M個の $N \times 1$ 光カプラ (CPL) 5 4 3 及び $M \times 1$ 光カプラ (CPL) 5 4 4 # 1 (5 4 4 # 2) を用いて実現した構成を具備する。

【0062】

図5に例示するCD構成では、ドロップ側は、各方路 (Degree) からのWDM光信号がSPL 5 1 5 # 1 及び5 1 5 # 2 で2分岐して、それぞれを方路 # 1 及び # 2 別のWSS 5 1 4 # 1 及び5 1 4 # 2 に入力する。

【0063】

WSS 5 1 4 # 1 及び5 1 4 # 2 は、異なる方路のSPL 5 1 5 # 1 及び5 1 5 # 2 から導かれてくる光信号を波長単位で選択的に合波する。

【0064】

WSS 5 1 4 # 1 及び5 1 4 # 2 でそれぞれ合波された波長群は、対応する $1 \times M$ WSS 5 4 1 # 1 及び5 4 1 # 2 にて、TP 5 3 1 (コヒーレント受信器) が同時に受信できる波長数 (N) に制限 (M 分割) される。なお、M と N とは、 $M \times N = 1 \text{ Degree}$ あたりの最大波長数 (例えば128) の関係にある。

【0065】

M分割されてそれぞれ波長数をNに制限された光信号は、 $1 \times N$ 光スプリッタ542にてN分岐されて、対応するTP 5 3 1 (コヒーレント受信器) に分配される。コヒーレント受信器が、同時に複数の波長を受信することをマルチチャネル受信と呼び、本機能により、関連技術1及び2で使用していたTFを取り除くことが可能となる。

【0066】

一方、アド側では、TP 5 3 2 のコヒーレント送信器から出力された波長の光信号を $N \times 1$ 光カプラ543で合波し、更に、 1 Degree 分の波長群に $M \times 1$ 光カプラ544 # 1 及び5 4 4 # 2 で合波する。

【0067】

$M \times 1$ 光カプラ544 # 1 及び5 4 4 # 2 でそれぞれ合波された 1 Degree 分の波長群は、対応する光スプリッタ530 # 1 及び5 3 0 # 2 で分岐され、それぞれ異なる方路のWSS 5 2 4 # 1 及び5 2 4 # 2 に入力される。別言すると、光スプリッタ530 # 1 及び5 3 0 # 2 とWSS 5 2 4 # 1 及び5 2 4 # 2 との間は、Direction less用のファイバ配線で接続されている。

【0068】

WSS 5 2 4 # 1 は、Degree # 1 へ出力すべき波長を選択してWSS 5 1 3 # 1 へ出力する。WSS 5 2 4 # 2 は、Degree # 2 へ出力すべき波長を選択してWSS 5 1 3 # 2 へ出力する。

【0069】

図5に例示する構成は、コヒーレントTPのマルチチャネル受信を利用した安価なCD機能の代表例である。安価な理由は、光カプラ及び光スプリッタという合波機能、分波機能を提供する安価なデバイスを使用することにより、関連技術1及び2に例示した光クロスコネク (OXC) 機能を削除したことにある。

【0070】

しかしながら、CDC機能 (特に、Contention less機能) を追加するためには、現在の技術では、光クロスコネク (OXC) に相当する機能が必須である。図5に例示する構成に、Contention less機能を追加するためには、関連技術1 (図1及び図2) に例示した構成へ変更する必要がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 1 】

この変更を実現するには、WDM信号をアド/ドロップする上部のブロックから下のブロックを全て交換する必要がある。そのため、既にインサービス中の波長を一度落とさねばならず、運用中からのCDC機能増設はできない。

【 0 0 7 2 】

図6に、図5に例示した関連技術3の構成を機能ブロック構成に簡易表現した構成例(2 Degree構成)を示す。

【 0 0 7 3 】

(ドロップ側)

ドロップ側の波長分配部#1及び#2は、それぞれDegree#1及び#2に接続されるブロックであり、図5に示したSPL515#1及び515#2に相当する。また、ドロップ側の波長合波部#1は、図5に示したWSS514#1及び514#2に相当する。

【 0 0 7 4 】

これらの波長分配部#1及び#2と波長合波部#1との間は、Direction less用のファイバ配線で接続されている。CD DMUX部#1は、図5に示した1xMWS541#1及び541#2とM個の1xN光スプリッタ542とを合わせたブロックに相当する。CD DMUX部#1は、図6の矢印Aに示すように、簡易的(機能的)に、1xN光スプリッタ(SPL)として表せる。

【 0 0 7 5 】

CD DMUX部#1に接続されたTP(コヒーレントトランスポンダ)は、同一波長が無い限りは、任意のポートに接続可能となり(Color less)、また、波長分配部#1、#2と波長合波部#1との間のファイバ配線を介して、Degree#1及び#2のどちらからもドロップ可能(Direction less)となる。

【 0 0 7 6 】

(アド側)

アド側の波長合波部#1及び#2は、それぞれDegree#1及び#2に接続されるブロックであり、図5に示したWSS524#1及び524#2に相当する。また、アド側の波長分配部#1は、図5に示したSPL530#1及び530#2に相当する。

【 0 0 7 7 】

これらの波長合波部#1及び#2と波長分配部#1との間は、Direction less用のファイバ配線で接続されている。CD MUX部#1は、図5に示したMx1光カプラ544#1及び544#2とM個のNx1光カプラ543とを合わせたブロックに相当する。CD MUX部#1は、図6の矢印Bに示すように、簡易的(機能的)に、1xN光カプラ(CPL)として表せる。

【 0 0 7 8 】

CD MUX部#1に接続されたTP(コヒーレントトランスポンダ)は、同一波長が無い限りは、任意のポートに接続可能となり(Color less)、また、波長合波部#1及び#2と波長分配部#1との間のファイバ配線を介して、Degree#1及び#2のどちらにもアド可能(Direction less)となる。

【 0 0 7 9 】

次に、図7に、図6に例示した構成から、同一波長を増設するケースを示す。

図7は、CD DMUX部#1及びCD MUX部#1に、TP-1によりDegree#1の波長1を接続している状態を表している。この状態で、増設TP-1によりDegree#2の波長1を接続しようとした場合を考える。

【 0 0 8 0 】

ここで、CD DMUX部#1及びCD MUX部#1は、CD機能は具備するがContention less機能を具備していない。すなわち、図5に例示したように、CD DMUX部#1及びCD MUX部#1は、いずれも光カプラと光スプリッタに相当する光デバイスを用いて構成されるため、同一波長1は、衝突してしまう。

10

20

30

40

50

【0081】

そのため、増設TP-11は、CD DMUX部#1及びCD MUX部#1に接続することはできない。また、CD DMUX部#1及びCD MUX部#1の内部において、TP-1が接続されているブロック（光カプラ及び光スプリッタ）とは異なるブロックであっても、増設TP-11をCD DMUX部#1及びCD MUX部#1に接続することはできない。

【0082】

TP-11の1を接続するには、新たに、ドロップ側は、波長合波部#2とCD DMUX部#2とを追加し、アド側は、波長分配部#2とCD MUX部#2とを追加しなくてはならない。

10

【0083】

次に、図8に、図7に例示した構成をNd Degree（Ndは3以上の整数）に増設した場合の構成例を示す。本例では、TP-11にDegreeの1、TP-12にDegree#3の1、TP-1NdにDegree#Ndの1を増設する例を示している。

【0084】

この際にも、図7で示した例と同様に、ドロップ側は、波長合波部#3...#NdとCD DMUX部#3...#Ndとを増設し、アド側は、波長分配部#3...#NdとCD MUX部#3...#Ndとを増設しなくてはならなくなる。

20

【0085】

このように、上述したCD構成においては、同一波長を増設する際に、Degree単位に必要となる大きなブロックを増設しなければ、Contention（同一波長衝突）を回避することができない。また、CD機能に加えてContention less機能を追加するためには、波長合波部、波長分配部を含んだ大きなブロックを交換せねばならないため、CDC機能をインサーブスで追加することができない。

【0086】

そこで、本実施形態では、CD構成におけるContentionを回避するための増設ブロックを最小限のブロックに抑えるとともに、その最小限のブロックをインサーブスで、完全なContention lessを提供するCDC機能部として増設することを可能とする。

【0087】

（実施形態）

図9に、実施形態のCD構成（2 Degreeケース）のROADMの一例を示す。

30

【0088】

図9に例示するCD ROADMは、2本の方路（例えば、Degree#1及び#2）を有している。Degree#1は、1組の入方路および出方路を含む。同様に、Degree#2も、1組の入方路および出方路を含む。

【0089】

光アンプ11#1は、Degree#1から入力されるWDM光信号を増幅し、Degree#2へ出力されるWDM光信号を増幅する。同様に、光アンプ11#2は、Degree#2から入力されるWDM光信号を増幅し、Degree#1へ出力されるWDM光信号を増幅する。なお、各Degree#1及び#2のWDM光信号の最大波長多重数Lは、任意であるが、例示的に、128を想定する。

40

【0090】

光スプリッタ（SPL）12#1は、Degree#1から入力されるWDM光信号を分岐し、波長選択スイッチ（WSS）13#2（スルー接続）および波長分離部#1に導く。同様に、光スプリッタ（SPL）12#2は、Degree#2から入力されるWDM光信号を分岐し、WSS13#1（スルー接続）およびドロップ用WSS514#2に導く。なお、図9において、符号100で示す点線は、Degree#1及び#2間にスルー接続が存在していることを表している。

【0091】

50

波長分離部 14 # 1 及び 14 # 2 は、対応する光スプリッタ 12 # 1 及び 12 # 2 から導かれてくる WDM 光信号を分岐する。波長分離部 14 # 1 及び # 2 には、波長分岐機能を有する WSS もしくは $1 \times N$ 光スプリッタ (SPL) を用いることができる。

【0092】

波長分離部 14 # 1 及び 14 # 2 の配下には、波長分離部 15 - 1 # 1 及び 15 - 1 # 2 が備えられる。波長分離部 15 - 1 # 1 及び 15 - 1 # 2 は、1 Degree からドロップされる 1 つの WDM 光信号が収容する最大波長数を最大マルチチャネル受信数に絞る機能を有する。最大マルチチャネル受信数は、TP (コヒーレントトランスポンダ) の受信器が同時に受信できる最大波長数を意味する。

【0093】

したがって、波長分離部 15 - 1 # 1 及び 15 - 1 # 2 は、ドロップされてくる WDM 光信号の波長数を、波長分離ブロックの一例である CD DMUX 部 16 # 1 ~ 16 # M に到達するまでに、最大マルチチャネル受信数に絞ることが可能である。波長分離部 15 - 1 # 1 及び 15 - 1 # 2 には、WSS 等の波長数制限が可能な波長選択スイッチを用いることができる。

【0094】

ここで、コヒーレントトランスポンダのマルチチャネル受信数は、トータル最大受信パワーの制限が支配的な要因で決定される。波長数が多いほど、トータルパワーは増加するため、受信できなくなる最大波長数が決まってくる。現状では、最大 16 波長程度が目安となるが、N としておく。

【0095】

波長分離部 15 - 1 # 1 及び 15 - 1 # 2 のそれぞれにドロップされる波長数は、1 Degree の 1 本の WDM 光信号に収容される波長数であり、1 本の WDM 光信号に収容される波長数を L (例えば 128) とすると、波長分離部 15 - 1 # 1 及び 15 - 1 # 2 のそれぞれは、 $L (= 128)$ 波長を N 波長単位で分割した出力本数 M を有する。

【0096】

ここで、N、M、L の関係は以下のとおりである。

$$N \times M = L \text{ (1 Degree あたりの WDM 光信号の最大波長数)}$$

【0097】

波長分離部 15 - 1 # 1 及び 15 - 1 # 2 の配下には、M 個の CD DMUX 部 16 # 1 ~ 16 # M (以下、区別しない場合には「CD DMUX 部 16」と表記することがある。) を接続することができる。CD DMUX 部 16 # 1 ~ 16 # M のそれぞれは、例えば図 10 に示すように、 $n \times 1$ 光カプラ (CPL) と $1 \times N$ 光スプリッタ (SPL) とを用いて構成できる。なお、n はサポートする Degree 数を表し、N は最大マルチチャネル受信数を表す。

【0098】

CD DMUX 部 16 # 1 ~ 16 # M のそれぞれは、最大 N 個のコヒーレントトランスポンダの受信器と接続可能な最小ブロックとする。最小ブロックが接続、収容できる波長数 (TP 数) は、TP のコヒーレント受信器が、同時に受信できるマルチチャネル波長数 N によって、決定する。最小ブロックに分割することにより、後述するように部分的に CD 機能に置き換えることを可能とし、装置保守の自由度向上を図る。

【0099】

そして、波長分離部 15 - 1 # 1 及び 15 - 1 # 2 と CD DMUX 部 16 # 1 ~ 16 # M との間に Direction less 用ファイバ配線を設けることにより、CD 機能のドロップ側の機能を実現することが可能となる。すなわち、M 個の CD DMUX 部 16 # 1 ~ 16 # M のそれぞれには、Direction less 用ファイバ配線により、異なる波長分離部 15 - 1 # 1 及び 15 - 1 # 2 の出力が入力される。

【0100】

図 12 にドロップ側の各 Degree の波長が、振り分けられるルートの一例を示す。

図 12 には、Degree # 1 からは 1、2、及び 3 の 3 波長がドロップされ、

10

20

30

40

50

Degree # 2からは 1、 4、及び 5の3波長がドロップされる様子を例示している。

【0101】

波長分離部14#1及び14#2では、入力波長をそのまま分岐する。次に、波長分離部15-1#1では、コヒーレントトランスポンダTP-1及びTP-2が、CD DMUX部16#1に接続され、コヒーレントトランスポンダTP-3がCD DMUX部16#2に接続されていることを判断する。

【0102】

そして、例えば、CD DMUX部16#1に 1及び 2が振り分けられ(ドロップされ)、CD DMUX部16#2に 3が振り分けられる(ドロップされる)。

10

【0103】

波長分離部15-1#2でも同様に、コヒーレントトランスポンダTP-4、TP-5及びTP-6が接続されているCD DMUX部16#1及び16#2を判断する。そして、例えば、 4はCD DMUX部16#1にドロップされ、 1及び 5はCD DMUX部16#2にドロップされる。

【0104】

CD DMUX部16#1では、Degree # 1の 1及び 2とDegree # 2の 4がドロップされてくるので、 $n \times 1$ 光カプラと $1 \times N$ 光スプリッタとで、 1、 2及び 4を合波して分岐する。これにより、コヒーレントトランスポンダTP-1、TP-2及びTP-4には、そのままマルチチャンネル波長で、Degree # 1の 1及び 2とDegree # 2の 4とが受信される。コヒーレントトランスポンダTP-1、TP-2及びTP-4は、それぞれ、コヒーレント受信器により、所望の波長を選択受信することができる。

20

【0105】

同様に、CD DMUX部16#2においても、同様に、Degree # 1の 3とDegree # 2の 1及び 5をコヒーレントトランスポンダTP-3、TP-5及びTP-6で受信することができる。このとき、コヒーレントトランスポンダTP-1及びTP-6は、それぞれ同一波長 1を受信するが、異なるCD DMUX部16#1及び16#2に接続されているため、Contentionを回避できる。

30

【0106】

次に、図9のアド側においては、コヒーレントトランスポンダの送信器と接続するM個のCD MUX部21#1~21#M(以下、区別しない場合には「CD MUX部21」と表記することがある。)を有する。Mは、ドロップ側と対象性をもつことにより、保守ブロックを送信受信にて同数にする(アド側及びドロップ側を同じブロック数にする)ために、同じMとするが、必ずしも同じでなくともよい。

【0107】

M個のCD MUX部21#1~21#Mのそれぞれは、波長多重ブロックの一例であり、N個のコヒーレントトランスポンダと接続可能なポートを有する。CD MUX部21#1~21#Mのそれぞれは、例えば図11に示すように、 $1 \times N$ 光カプラ(CPL)と $n \times 1$ 光スプリッタ(SPL)とを用いて構成できる。

40

【0108】

CD MUX部21#1~21#Mの出力先には、波長合波部22-1#1及び22-1#2を有する。波長合波部22-1#1及び22-1#2には、WSS等の波長選択スイッチを用いることができる。波長合波部22-1#1及び22-1#2とCD MUX部21#1~21#Mとの間に、Direction less用ファイバ配線を設けることにより、CD機能のアド側の機能が実現できる。すなわち、波長合波部22-1#1及び22-1#2のそれぞれには、Direction less用ファイバ配線により、異なるCD MUX部21#1~21#Mから導かれる光信号が入力される。

【0109】

50

波長合波部 22 - 1 # 1 の出力は、Degree # 1 の波長合波部 23 # 1 に入力される。波長合波部 22 - 1 # 2 の出力は、Degree # 2 の波長合波部 23 # 2 に入力される。波長合波部 23 # 1 は、波長合波部 22 # 1 の出力を合波して Degree # 1 の WSS 13 # 1 に出力する。波長合波部 23 # 2 は、波長合波部 22 # 2 の出力を合波して Degree # 2 の WSS 13 # 2 に出力する。

【0110】

アド側の波長合波部 22 - 1 # 1 及び 22 - 1 # 2 には、入力光信号を波長単位で選択的に出力可能な WSS を用いるとよい。WSS を用いることで、M 個の CD MUX 21 # 1 ~ 21 # M から波長が単純分配されて各出力間に同一波長が存在しても Contention (同一波長衝突) を回避することが可能になる。すなわち、CD MUX 21 # 1 ~ 21 # M 間を Contention less にすることができる。

10

【0111】

波長合波部 23 # 1 及び 23 # 2 は、波長合波部 22 - 1 # 1 及び 22 - 1 # 2 にて Contention が既に回避された波長群を合波する。そのため、波長合波部 23 # 1 及び 23 # 2 には、WSS を用いてもよいし CPL を用いてもよい。

【0112】

図 13 に、アド側の各 Degree # 1 及び # 2 の波長についての挿入ルートの一例を示す。図 13 には、Degree # 1 に 1、2 及び 3 の 3 波長がアドされ、Degree # 2 に 1、4 及び 5 の 3 がアドされる様子を例示している。

【0113】

20

図 13 に例示するように、コヒーレントトランスポンダ TP - 1、TP - 2、・・・、TP - 16 のうち、コヒーレントトランスポンダ TP - 1、TP - 2 及び TP - 4 が CD MUX 部 21 # 1 に接続され、コヒーレントトランスポンダ TP - 3、TP - 5 及び TP - 6 が CD MUX 部 21 # 2 に接続されている。

【0114】

CD MUX 部 21 # 1 では、1 × N 光カプラと n × 1 光スプリッタとにより、1、2 及び 4 の 3 波長が合波されてから分岐される。したがって、CD MUX 部 21 # 1 からは、Degree # 1 の 1 及び 2 と Degree # 2 の 4 が分岐、出力される。

【0115】

30

CD MUX 部 21 # 2 では、1 × N 光カプラと n × 1 光スプリッタとにより、1、3 及び 5 の 3 波長が合波されてから分岐される。したがって、CD MUX 部 21 # 2 からは、Degree # 1 の 3 と Degree # 2 の 1 及び 5 が分岐、出力される。

【0116】

波長合波部 22 - 1 # 1 には、Direction less 用ファイバ配線を介して、Degree # 1 の 1 及び 2 と Degree # 2 の 4 との波長群と、Degree # 1 の 3 と Degree # 2 の 1 及び 5 との波長群と、が入力される。

【0117】

波長合波部 22 - 1 # 1 は、WSS 相当の波長選択スイッチ機能により、Degree # 1 にアドする Degree # 1 の 1、2 及び 3 を選択して出力することにより、Degree # 1 に 1、2 及び 3 をアドすることができる。同様に、波長合波部 22 - 1 # 2 でも、Degree # 2 の 1、4 及び 5 を選択して出力することにより、Degree # 2 に 1、4 及び 5 をアドすることができる。このとき、波長合波部 22 - 1 # 1 及び 22 - 1 # 2 のそれぞれには、Degree # 1 と Degree # 2 の同一波長 1 が入力されるが、WSS 相当の波長選択スイッチ機能により、Contention を回避することが可能となる。

40

【0118】

さて、図 9 に例示した構成を有する CD ROADM において、コヒーレントトランスポンダ TP - 1 の 1 (Degree # 1 用) は、CD DMUX 部 16 # 1 と CD M

50

UX部21#1とに接続されている。この状態で、コヒーレントトランスポンダTP-2の1(Degree#2用)を増設する場合を想定する。

【0119】

CD DMUX部16#1及びCD MUX部21#1のポート間には、同一波長1がContentionするため、コヒーレントトランスポンダTP-2の1(Degree#2用)を接続できない。しかし、別のCD DMUX部16#2~16#Mのいずれか及びCD MUX部21#2~21#Mのいずれかには、コヒーレントトランスポンダTP-2の1(Degree#2用)を接続可能である。

【0120】

別言すると、CD DMUX部16#1~16#M及びCD MUX部21#1~21#Mという最小ブロックのみをCD機能にすることが可能となり、CD DMUX部16#1~16#M間及びCD MUX部21#1~21#M間はContention less化することができる。

10

【0121】

次に、図14に、アド/ドロップする波長数が、1WDM光信号の最大波長数を越えた際の増設ブロックの例を示す。増設する波長数が1Degree分を超えた場合は、増設波長数に応じたブロックを追加することで対応できる。

【0122】

図14の例では、ドロップ側は、波長分離部15-2#1及び15-2#2が増設されるとともに、CD DMUX部16#M+1...が増設される様子を示している。また、アド側は、波長合波部22-2#1及び22-2#2が増設されるとともに、CD MUX部21#M+1...が増設される様子を示している。

20

【0123】

次に、図15に、Nd Degreeのケースを例示する。図15に例示するROADMでは、ドロップ側にDegree数Ndに応じた数の波長分離部14#1~14#Ndが備えられるとともに、波長分離部14#1~14#Ndそれぞれの配下に、波長分離部15-1#1~15-Nd#1、15-1#2~15-Nd#2、...、15-1#Nd~15-Nd#Ndが備えられる。

【0124】

波長分離部15-1#1~15-Nd#1、15-1#2~15-Nd#2、...、15-1#Nd~15-Nd#Ndと、CD DMUX部16#1~16#M、16#M+1、... (以下、区別しない場合には、「CD DMUX部16」と表記することがある。)又はCDC DMUX部31と、の間は、Direction less用配線により接続されている。

30

【0125】

すなわち、CD DMUX部16又はCDC DMUX部31には、それぞれ、Nd個の異なる方路の波長分離部15-1#1~15-Nd#1、15-1#2~15-Nd、...、15-1#Nd~15-Nd#Ndの出力が入力される。例えば、CD DMUX部16#1に着目すると、当該DMUX部16のNd個の入力ポートには、Nd個の波長分離部15-1#1、15-1#2、...、15-1#Ndの出力ポートが1つずつ接続される。

40

【0126】

一方、アド側には、Degree数Ndに応じた数の波長合波部23#1~23#Ndが備えられるとともに、波長合波部23#1~23#Ndそれぞれの配下に、波長合波部22-1#1~22-Nd#1、22-1#2~22-Nd、...、22-1#Nd~22-Nd#Ndが備えられる。

【0127】

波長合波部22-1#1~22-Nd#1、22-1#2~22-Nd#2、...、22-1#Nd~22-Nd#Ndと、CD MUX部21#1~21#M、21#M+1、... (以下、区別しない場合には、「CD MUX部21」と表記することがある。)又はCDC MUX部41と、の間は、Direction less用配線により接続されている。

50

【0128】

CD MUX部21又はCDC MUX部41のそれぞれは、Nd個の異なる方路の波長合波部22-1#1~22-Nd#1、22-1#2~22-Nd#2、...、22-1#Nd~22-Nd#Ndへ光信号を分岐出力する。例えば、CD MUX部21#1に着目すると、当該MUX部21のNd個の出力ポートは、Nd個の波長合波部22-1#1、22-1#2、...、22-1#Ndの入力ポートに1つずつ接続される。

【0129】

また、図15では、更に、ドロップ側のCD DMUX部16#1~16#Mのうちのいずれか1つをCDC DMUX部31に置き換え、アド側のCD MUX部21#1~21#M1のいずれか1つをCDC MUX部41に置き換えた例を示している。

10

【0130】

CDC DMUX部31及びCDC MUX部41は、いずれも、例えば図16に示すように、N個の1×N光スイッチ(SW)とNd個のN×1光カプラ(CPL)とを組み合わせ構成できる。当該構成は、N×M光クロスコネクタ(OXC)と同様の構成であり、CDC機能を実現する。

【0131】

図17に、CDC DMUX部31の動作例を示す。

ドロップ側において、Degree#1、#2、...、#Ndから、同一波長λがドロップされたケースにおいて、それぞれのDegree#1~#Ndの波長λが、波長分離部14#1~14#Ndにより選択されて、CDC DMUX部31に接続される。

20

【0132】

CDC DMUX部31は、図16に例示したようにN×1光カプラと1×Nd光スイッチとを組み合わせ構成であり、N×1光カプラにより、各λの光信号は、N個の1×Nd光スイッチに分岐される。1×Nd光スイッチでは、接続されているコヒーレントトランスポンダの受信波長を判断して、所望のDegree#1~#Ndのλを選択することにより、Contention lessを可能とする。

【0133】

一方、図18に、CDC MUX部41の動作例を示す。

アド側において、コヒーレントトランスポンダTP-1、TP-2、...、TP-Ndからそれぞれ同波長λをDegree#1、#2、...、#Ndにアドするケースを想定する。

30

【0134】

CDC MUX部41は、1×Nd光スイッチとN×1光カプラとを組み合わせ構成(図16参照)であり、1×Nd光スイッチにより、接続されたコヒーレントトランスポンダTP-1~TP-Ndの出力先のDegree#1~#Ndを判断して、該当するDegree#1~#Ndの波長合波部22-1#1、22-1#2、...、22-1#Ndの出力側を選択する。これにより、各Degree#1~#NdのλをContentionすることなく、アド接続することが可能となる。

【0135】

以上のようなCDC DMUX部31及び/又はCDC MUX部41を、CD DMUX部16及び/又はCDC MUX部21の代わりに、増設することができる。これにより、図15に示すコヒーレントトランスポンダTP-2、TP-3、TP-4、...、TP-Ndのλを増設する際に、新たに別のCD DMUX部16及び/又はCDC MUX部21増設することなく、同一波長λを1組のCDC DMUX部31及び/又はCDC MUX部41に全て接続することが可能となる。

40

【0136】

また、ドロップ及び/又はアド側のコヒーレントトランスポンダと接続するDMUX部及び/又はMUX部を全てCD DMUX部31及び/又はCD MUX部41にすることで、最小ブロックとなるCD DMUX部16及び/又はCD MUX部21がもつポート間でのみContentionが起きるCD ROADMを構成できる。

50

【 0 1 3 7 】

そして、波長増設や方路増設時に必要に応じて、CDC DMUX部31及び/又はCDC MUX部41を追加することで、そのブロックはContention less (CDC機能)化することが可能となる。その際に、CD DMUX部16及び/又はCD MUX部21や、CDC DMUX部31及び/又はCDC DMUX部41の単位でブロックの交換や増設が可能である。すなわち、その他のブロック(波長分離部や波長合波部)は、そのままでもよい。インサービスでのCDC機能追加が可能となる。

【 0 1 3 8 】

また、CD DMUX部16及び/又はCD MUX部21の全てをCDC DMUX部31及び/又はCDC MUX部41とすることで、完全な任意ポートのCDC ROADM (Full CDC ROADM)を実現することも可能となる。

10

【 0 1 3 9 】

以上のように、上述した実施形態によれば、大規模なブロック交換を必要としたCD機能からCDC機能の追加が、インサービスで可能となり、運用コスト削減を図ることができる。したがって、安価なCD機能を初期導入することで、設備投資コストを抑えることができる。

【 0 1 4 0 】

また、波長増設や方路増設等を行なう際には、必要に応じて、CDC機能ブロックを増設することで、柔軟にContention less化を実現することが可能となり、運用コストを抑えることが可能となる。

20

【 0 1 4 1 】

さらに、最小ブロックがCD/CDC機能互換のため、CDからCDCへのアップグレード等も最小限のブロック交換にて実現することが可能となる。

【 0 1 4 2 】

(CD構成詳細ブロック: 2 Degree)

次に、図19は、図9に例示したCD ROADM (2 Degree)の詳細構成例を示す図である。図19に例示する構成では、ドロップ側の波長分離部14#1及び14#2にそれぞれWSS51を用いている。また、ドロップ側の分離部15-1#1及び15-1#2には、それぞれ2つの1xMWS52を用いている。

【 0 1 4 3 】

WSS51は、それぞれSPL12#1又は12#2から導かれてくるWDM光信号を波長単位に選択的に出力することができ、ここでは、入力WDM光信号を2分岐して、2つの1xMWS52に入力する。

30

【 0 1 4 4 】

1xMWS52のそれぞれは、入力WDM光信号(例えば、L=128波長)をN本(波長)単位に分割した出力本数Mを有する。M本の出力ポートは、それぞれM個の異なるCD DMUX部16の入力ポートに接続されている。

【 0 1 4 5 】

CD DMUX部16は、例示的に、2x1光カプラ(CPL)と1xN光スプリッタ(SPL)とを組み合わせる構成できる。CD DMUX部16は、異なる方路から導かれる光信号を2x1光カプラで合波した後、1xN光スプリッタでN分岐する。N分岐された光信号は、それぞれN個のコヒーレントトランスポンダTPに入力される。

40

【 0 1 4 6 】

一方、アド側のCD MUX部21は、例示的に、Nx1光カプラ(CPL)と1x2光スプリッタ(SPL)とを組み合わせる構成できる。CD MUX部21は、N個のコヒーレントトランスポンダTPから送信された光信号をNx1光カプラで合波した後、1x2光スプリッタで2分岐する。2分岐された光信号は、それぞれ異なる方路の波長合波部22-1#1及び22-1#2に入力される。

【 0 1 4 7 】

波長合波部22-1#1及び22-1#2のそれぞれは、例示的に、2つのMx1W

50

SS62を用いて構成される。 $M \times 1$ WSS62は、 M 個の入力ポートを有し、 M 個の異なるCD MUX部21から出力された光信号を波長単位に選択的に該当方路#1又は#2の波長合波部23#1又は23#2に出力する。

【0148】

波長合波部23#1及び23#2は、それぞれ、WSS61を用いて構成できる。WSS61は、それぞれ2つの $M \times 1$ WSS62から導かれてくる光信号を波長単位に選択的にWSS13#1又は13#2に出力する。

【0149】

(CD/CDC混在構成詳細ブロック：2 Degree)

次に、図20は、図15に例示したCD/CDC混在構成(2 Degree)の詳細構成例を示す図である。図20において、図19と同一符号を付した部分は、図19により上述した部分と同一若しくは同様の部分である。本例は、Degree数 $N_d = 2$ の場合であり、CD DMUX部31及びCD MUX部41は、いずれも例えば図21に示すように、2つの $N \times 1$ 光カプラ(CPL)と N 個の 1×2 光スイッチ(SW)とを組み合わせる。

10

【0150】

(CD構成詳細ブロック： N_d Degree)

図22は、図19に例示した構成をDegree数 N_d に一般化した場合の詳細構成例を示す図である。

【0151】

本例の場合、ドロップ側のWSS51がDegree数 N_d に対応して N_d 個設けられる。また、 N_d 個のWSS51のそれぞれに対して、 M 個の $1 \times M$ WSS52が設けられる。

20

【0152】

アド側のWSS61も、Degree数 N_d に対応して N_d 個設けられ、 N_d 個のWSS61のそれぞれに対して、 M 個の $M \times 1$ WSS62が設けられる。

【0153】

さらに、CD DMUX部16は、それぞれ、 $N_d \times 1$ 光カプラ(CPL)と $1 \times N$ 光スプリッタ(SPL)とを組み合わせる。CD DMUX部16は、 N_d 個の異なる方路からドロップされてくる光信号を $N_d \times 1$ 光カプラで合波した後、 $1 \times N$ 光スプリッタで N 分岐する。 N 分岐された光信号は、それぞれ N 個のコヒーレントトランスポンダに入力される。

30

【0154】

一方、アド側のCD MUX部21は、 $N \times 1$ 光カプラ(CPL)と $1 \times N_d$ 光スプリッタ(SPL)とを組み合わせる。CD MUX部21は、 N 個のコヒーレントトランスポンダTPから送信された光信号を $N \times 1$ 光カプラで合波した後、 $1 \times N_d$ 光スプリッタで N_d 分岐する。 N_d 分岐された光信号は、それぞれ異なる方路#1～# N_d の $M \times 1$ WSS62に入力される。

【0155】

$M \times 1$ WSS62は、 M 個の入力ポートを有し、 M 個の異なるCD MUX部21から出力された光信号を波長単位に選択的に該当方路#1又は#2のWSS61に出力する。

40

【0156】

N_d 個のWSS61は、それぞれ、 N_d 個の $M \times 1$ WSS62から導かれてくる光信号を波長単位に選択的にWSS13#1又は13#2に出力する。

【0157】

(CD/CDC混在構成詳細ブロック： N_d Degree)

次に、図23は、図21に例示した詳細構成例において、CD機能とCDC機能とを混在させた例を示す。本例の場合、CDC DMUX部31及びCDC MUX部41は、それぞれ、例えば図24に示すように、 N_d 個の $N \times 1$ 光カプラ(CPL)と N 個の $1 \times$

50

N d光スプリッタ (S P L) とを組み合わせる構成できる。

【 0 1 5 8 】

C D C D M U X 部 3 1 の場合は、N d 個の異なる方路の $1 \times M W S S 5 2$ から N d 個の入力ポートに導かれてくる光信号を合波した後、 $1 \times N d$ 光スイッチでドロップ波長を選択し N 個の出力ポートから出力する。

【 0 1 5 9 】

C D C M U X 部 4 1 の場合は、N 個のコヒーレントトランスポンダ T P から送信された光信号を $1 \times N d$ 光スイッチで出力先方路選択 (方路切り替え) した後、N d 個の $N \times 1$ 光カプラで合波する。合波された N d 本の光信号は、それぞれ異なる方路 # 1 ~ # N d の $M \times 1 W S S 6 2$ に入力される。

【 0 1 6 0 】

(8 D e g r e e フル C D)

次に、図 2 5 に、8 D e g r e e フル C D 構成の R O A D M の詳細構成例を示す。図 2 5 には、コヒーレントトランスポンダ T P それぞれの最大マルチチャネル受信数を $N = 1 6$ とし、1 W D M 光信号の最大波長数を $L = 1 2 8$ とした場合の実施例を示している。

【 0 1 6 1 】

図 2 5 に例示する R O A D M は、D e g r e e # 1 ~ # 8 のそれぞれについて、光アンプ 1 1 # 1 ~ 1 1 # 8、 1×8 光スプリッタ (S P L) 1 2 0 # 1 ~ 1 2 0 # 8 及び 1×8 波長選択スイッチ (W S S) 1 3 0 # 1 ~ 1 3 0 # 8 を備える。ただし、図 2 5 においては、光アンプ 1 1 # 2 ~ 1 1 # 7、 1×8 S P L 1 2 0 # 2 ~ 1 2 0 # 7 及び 1×8 W S S 1 3 0 # 2 ~ 1 3 0 # 7 の図示は省略している。

【 0 1 6 2 】

1×8 光スプリッタ (S P L) 1 2 0 # j (j = 1 ~ N d (= 8) のいずれか) は、D e g r e e # j の光アンプ 1 1 # 1 で増幅されて入力される W D M 光信号を 8 分岐する。8 分岐された W D M 光信号のうちの 1 つは対応する D e g r e e # j のアド/ドロップブロック 7 0 # j に入力される。

【 0 1 6 3 】

8 分岐された W D M 光信号のうちの残りの 7 つの W D M 光信号は、それぞれ他の D e g r e e # k (k = 1 ~ 8 のいずれかで、k ≠ j) の 1×8 W S S 1 3 0 # k に入力 (スルー接続) される。例えば、D e g r e e # 8 についての W D M 光信号は、D e g r e e # 8 の 1×8 W S S 1 3 0 # 8 に入力される。D e g r e e # 1 についての W D M 光信号は、D e g r e e # 1 の 1×8 W S S 1 3 0 # 1 に入力される。

【 0 1 6 4 】

1×8 W S S 1 3 0 # j は、対応するアド/ドロップブロック 7 0 # j からのアド波長を含む光信号と他の D e g r e e # k からスルーされてくる W D M 光信号とを波長単位に選択的に光アンプ 1 1 # j へ出力する。

【 0 1 6 5 】

アド/ドロップブロック 7 0 # j は、例示的に、ドロップ機能の一例として、光アンプ 7 1 と 1×8 光スプリッタ (S P L) 7 2 とを備え、アド機能の一例として、 8×1 光カプラ 7 3 と光アンプ 7 4 とを備える。なお、光アンプ 7 1 及び 7 4 の一方又は双方は、入力光信号が十分な信号レベル及び信号品質を確保できる場合であれば、無くてもよい。

【 0 1 6 6 】

ドロップ側の 1×8 S P L 7 2 は、図 2 2 に例示した W S S 5 1 と同等の機能を果たす。 1×8 S P L 7 2 は、D e g r e e # j からドロップされてくる光信号を 8 分岐し、それぞれを、D e g r e e # j のアド/ドロップブロック 8 0 # j を成す異なる 8 つのアド/ドロップブロック 8 1 ~ 8 8 に入力する。

【 0 1 6 7 】

アド側の 8×1 C P L 7 3 は、図 2 2 に例示した W S S 6 1 と同等の機能を果たす。 8×1 C P L 7 3 は、D e g r e e # j のアド/ドロップブロック 8 0 # j を成す異なる 8 つのアド/ドロップブロック 8 1 ~ 8 8 から導かれる光信号を合波する。

10

20

30

40

50

【 0 1 6 8 】

アド/ドロップブロック 8 1 ~ 8 8 のそれぞれは、ドロップ側の波長分離部の一例として 1 × 8 W S S 8 0 3 を備え、アド側の波長合波部の一例として 8 × 1 W S S 8 0 4 を備える。

【 0 1 6 9 】

ドロップ側の 1 × 8 W S S 8 0 3 は、図 2 2 に例示したドロップ側の W S S 5 2 に相当し、入力光信号を T P (コヒーレント受信器) が同時に受信できる波長数 N (例えば 1 6) に制限 (例えば 8 分割) する。

【 0 1 7 0 】

8 分割された光信号のそれぞれは、D M U X / M U X ブロック 9 0 # 1 ~ 9 0 # 6 4 (以下、区別しない場合には、「D M U X / M U X ブロック 9 0」と表記することがある。) のうち異なる 8 つの D M U X / M U X ブロックに入力される。D M U X / M U X ブロック 9 0 は、8 つの D e g r e e # 1 ~ # 8 に対してそれぞれ 8 ブロックずつの合計 6 4 ブロック設けられている。

10

【 0 1 7 1 】

アド側の 8 × 1 W S S 8 0 4 は、図 2 2 に例示したアド側の W S S 6 2 に相当し、D M U X / M U X ブロック 9 0 # 1 ~ 9 0 # 6 4 のうち異なる 8 つの D M U X / M U X ブロックから導かれる光信号を波長単位に選択的に出力する。

【 0 1 7 2 】

D M U X / M U X ブロック 9 0 のそれぞれは、C D D M U X 部 9 1 と C D M U X 部 9 2 とを備える。C D D M U X 部 9 1 は、図 2 2 に例示した C D D M U X 部 1 6 に相当し、C D M U X 部 9 2 は、図 2 2 に例示した C D M U X 部 2 1 に相当する。

20

【 0 1 7 3 】

なお、図 2 5 においては、C D D M U X 部 9 1 及び C D M U X 部 9 2 のそれぞれに光アンプが備えられているが、一方又は双方の光アンプは、入力光信号が十分な信号レベル及び信号品質を確保できる場合であれば、無くてもよい (以降において、同様)。

【 0 1 7 4 】

以上の構成により、8 D e g r e e フル C D 構成の R O A D M を実現できる。

【 0 1 7 5 】

(8 D e g r e e フル C D C)

30

図 2 6 は、8 D e g r e e フル C D C 構成の R O A D M の詳細構成例を示す図である。図 2 6 に例示する構成は、図 2 5 に例示した構成において、C D D M U X 部 9 1 を C D C D M U X 部 9 3 に置き換え、C D M U X 部 9 2 を C D C M U X 部 9 4 に置き換えた構成に相当する。

【 0 1 7 6 】

C D C D M U X 部 9 3 は、図 2 3 及び図 2 4 に例示した C D C D M U X 部 3 1 に相当し、C D C M U X 部 9 4 は、図 2 3 及び図 2 4 に例示した C D C M U X 部 4 1 に相当する。

【 0 1 7 7 】

図 2 6 においては、C D C D M U X 部 9 3 及び C D C M U X 部 9 4 のそれぞれに光アンプが備えられているが、一方又は双方の光アンプは、入力光信号が十分な信号レベル及び信号品質を確保できる場合であれば、無くてもよい (以降において、同様)。

40

【 0 1 7 8 】

以上の構成により、8 D e g r e e フル C D C 構成の R O A D M が実現される。

【 0 1 7 9 】

(8 D e g r e e フル C D / C D C 混在 R O A D M)

図 2 7 は、8 D e g r e e フル C D / C D C 混在構成の R O A D M の詳細構成例を示す図である。図 2 7 に例示する構成は、図 2 5 に例示した構成において、D M U X / M U X ブロック 9 0 の一部 (例えばブロック 9 0 # 2) の C D D M U X 部 9 1 を C D C D M U X 部 9 3 に置き換え、C D M U X 部 9 2 を C D C M U X 部 9 4 に置き換えた構成に

50

相当する。

【0180】

図27に例示する構成によれば、CD機能とCDC機能とが混在した、8 DegreeフルROADMが実現される。

【0181】

(8 DegreeフルCD)

図28は、図25に例示した8 DegreeフルCD構成のROADMの詳細構成例の変形例を示す図である。

【0182】

図28に例示する構成は、図25に例示した構成において、 $1 \times 8 \text{ SPL } 120 \# j$ 及び $1 \times 8 \text{ SPL } 72$ の機能を 1×2 光プラ(CPL)及び $1 \times 14 \text{ WSS}$ によって実現した構成に相当する。また、図28に例示する構成は、図25に例示した構成において、 $8 \times 1 \text{ CPL } 73$ 及び $1 \times 8 \text{ WSS } 130 \# j$ の機能を $1 \times 15 \text{ WSS}$ によって実現した構成に相当する。

10

【0183】

別言すると、各 Degree # j の光アンプ $11 \# j$ と接続するコア部分に関して、ドロップ側を $1 \times 2 \text{ CPL } 121 \# j$ と $1 \times 14 \text{ WSS } 122 \# j$ とで構成し、アド側を $1 \times 15 \text{ WSS } 131 \# j$ で構成している。これは、図15に例示した波長分離部 $14 \# j$ の機能を $1 \times 14 \text{ WSS } 122 \# j$ に組み込み、図15に例示した波長合波部 $23 \# j$ の機能を $1 \times 15 \text{ WSS } 131 \# j$ に組み込んだ構成に相当する。

20

【0184】

なお、 $1 \times 15 \text{ WSS } 131 \# j$ 及び $1 \times 14 \text{ WSS } 122 \# j$ は、両方とも $1 \times 20 \text{ WSS}$ を用いて、空きポートを未使用としてもよい。また、コア部分のドロップ側の $1 \times 2 \text{ CPL } 121 \# j$ 及び $1 \times 14 \text{ WSS } 122 \# j$ の機能は、例えば図40に示すように、一つの $1 \times 15 \text{ WSS } 123 \# j$ (又は、 $1 \times 20 \text{ WSS}$) によって実現してもよい。この場合、部品点数を減らせるほか、CPL $121 \# j$ による挿入損失を削減できる。

【0185】

図29に、図28に例示した構成におけるドロップ経路及びアド経路の一例を示す。図29には、Degree # 1及びDegree # 8の波長 1のドロップ経路を太実線矢印200及び300でそれぞれ示し、Degree # 1及びDegree # 8の波長 1のアド経路を太実線矢印400及び500で示している。

30

【0186】

ドロップ経路200及び300に例示するように、ドロップ波長 1は、最小ブロックである異なるDMUX/MUXブロック90 # 1及び90 # 2に接続される限りにおいて衝突が発生しない(Contention less)。なお、太点線矢印301で示すドロップ経路は、同一DMUX/MUXブロック90 # 1内ではCD DMUX部91の $1 \times 8 \text{ CPL}$ で同一ドロップ波長 1の衝突が生じる様子を示している。

【0187】

一方、アド経路400及び500に例示するように、アド波長 1は、最小ブロックである異なるDMUX/MUXブロック90 # 1及び90 # 2に接続される限りにおいて衝突が発生しない(Contention less)。なお、太点線矢印501で示すアド経路は、同一DMUX/MUXブロック90 # 1内ではCD MUX部92の $1 \times 16 \text{ CPL}$ で同一アド波長 1の衝突が生じる様子を示している。

40

【0188】

このように、最小ブロックであるDMUX/MUXブロック90 # m ($m = 1 \sim 64$ のいずれか)内では同一波長衝突を許容するが、異なるDMUX/MUXブロック90 # m間では同一波長衝突が生じない。したがって、TPの光ファイバ接続先制限の少ない(別言すると、自由度の高い)CD ROADMを実現できる。

【0189】

50

(8 DegreeフルCDC)

次に、図30に、図28に例示した構成において、DMUX/MUXブロック90#mのそれぞれを、CDC機能を有するブロックに置き換えた構成例を示す。すなわち、図30に例示するDMUX/MUXブロック90#mのそれぞれは、図26に例示したCDC DMUX部93及びCDC MUX部94を備える。

【0190】

別言すると、図30に例示する構成は、図26に例示した構成において、図28に例示した構成と同様に、各Degree#jの光アンプ11#jと接続するコア部分に関して、ドロップ側を1x2CPL121#jと1x14WSS122#jとで構成し、アド側を1x15WSS131#jで構成したものに相当する。

10

【0191】

図31に、図30に例示した構成におけるドロップ経路及びアド経路の一例を示す。図31には、Degree#1及びDegree#8の波長1のドロップ経路を太実線矢印200及び300でそれぞれ示し、Degree#1及びDegree#8の波長1のアド経路を太実線矢印400及び500で示している。

【0192】

ドロップ経路200及び300に例示するように、Degree#1及び#8の各ドロップ波長1は、最小ブロックである同じDMUX/MUXブロック90#1に接続されても、CDC DMUX部93において同一波長衝突は発生しない(Contention less)

20

【0193】

一方、アド経路400及び500に例示するように、Degree#1及び#8のアド波長1についても、最小ブロックである同じDMUX/MUXブロック90#1に接続されても、CDC MUX部94において同一波長衝突は発生しない(Contention less)。

【0194】

このように、最小ブロックであるDMUX/MUXブロック90#m間のみならず同一DMUX/MUXブロック90#m内においても同一波長衝突の発生を回避できる。したがって、どのDMUX/MUXブロック90#mの任意のポートに同一波長を接続でき、TPの光ファイバ接続先制限の無いCDC ROADMを実現できる。

30

【0195】

(8 DegreeフルCD/CDC混在ROADM)

次に、図32は、図28に例示した構成において、DMUX/MUXブロック90#mの一部を、CDC機能を有するブロックに置き換えた構成例を示す。例えば図32には、DMUX/MUXブロック90#mのうち、DMUX/MUXブロック90#2のみを、CDC DMUX部93及びCDC MUX部94を具備するCDCブロックに置き換えた例を示している。

【0196】

CDブロックとCDCブロックとを混在させることが可能であるため、当初は、安価なCD構成でROADMを運用し、TPを増設してゆく過程でContention less機能(CDCブロック)を必要に応じて増設することで、設備投資コストを低減できる。

40

【0197】

また、Contention less機能により、保守者が、光ファイバを接続する箇所(ブロック)がContentionするかしなないかを調べる必要がなくなる。したがって、Contention less機能によれば、自由に、光ファイバを任意のブロックに接続することが可能となり、保守、運用コストを抑えることができる。

【0198】

さらに、CDブロックとCDCブロックとの混在化を可能とすることで、CD機能及びCDC機能のROADMを用途に応じて柔軟に実現することができる。

50

【 0 1 9 9 】

(8 DegreeフルCDC withブリッジ/スイッチ for OUPSR)

次に、図33に、図30に例示した8 DegreeフルCDCのROADMにおいて、アド側のCDC MUX部94内の8×1SWを8×1CPLに置き換え、1×16CPLを1×16WSSに置き換えた例を示す。なお、CDC DMUX部93の構成は、図30に例示した構成と同様である。

【 0 2 0 0 】

上記置き換えを行なうことで、Optical Unidirectional Path Switched Ring (OUPSR) 切り替え用のブリッジ/スイッチ機能を実現できる。すなわち、CDC MUX部94内の8×1CPLにて同一波長の光信号を2分岐することができるので、異なるDegree (例えば、Degree # 1及び# 8) に同一波長の光信号を冗長的にアドすることができる (太実線矢印410及び510参照)。したがって、OUPSRのブリッジ機能を実現できる。

10

【 0 2 0 1 】

一方、CDC DMUX部93内では、異なるDegree (例えば、Degree # 1及び# 8) から冗長的にドロップされてくる光信号 (太実線矢印210及び310参照) を8×1SWで選択出力することができる。したがって、OUPSRのスイッチ機能を実現できる。

【 0 2 0 2 】

(8 DegreeフルCD withブリッジ/スイッチ for OUPSR)

次に、図34に、図28に例示した8 DegreeフルCDのROADMにおいて、ドロップ側のCD DMUX部91内の1×8CPLを1×8WSSに置き換えた例を示す。なお、アド側のCD MUX部92の構成は、図28に例示した構成と同様である。

20

【 0 2 0 3 】

上記置き換えを行なうことで、OUPSR切り替え用のブリッジ/スイッチ機能を実現できる。すなわち、CD DMUX部91内の1×8WSSにて、異なるDegree (例えば、Degree # 1及び# 8) から冗長的にドロップされてくる光信号 (太実線矢印210及び310参照) を選択出力することができる。したがって、OUPSRのスイッチ機能を実現できる。

【 0 2 0 4 】

一方、CD MUX部92では、1×8CPLにて同一波長の光信号を2分岐することができるので、異なるDegree (例えば、Degree # 1及び# 8) に同一波長の光信号を冗長的にアドすることができる (太実線矢印410及び510参照)。したがって、OUPSRのブリッジ機能を実現できる。

30

【 0 2 0 5 】

(8 DegreeフルCD / CDC混在 withブリッジ/スイッチ for OUPSR)

なお、図33及び図34に例示した構成は、例えば図35に示すように組み合わせてもよい。別言すると、図32に例示した構成において、ドロップ側のCD DMUX部91内の1×8CPLを1×8WSSに置き換え、アド側のCDC MUX部94内の8×1SWを8×1CPLに置き換え、1×16CPLを1×16WSSに置き換える。

40

【 0 2 0 6 】

これにより、CDブロックとCDCブロックとの混在化を可能としたROADMに、OUPSR切り替え用のブリッジ/スイッチ機能を組み込むことが可能となる。

【 0 2 0 7 】

(8 DegreeフルCD / CDC混在ROADM)

図36は、図32に例示した8 DegreeフルCD / CDC混在構成のROADMの変形例を示す図である。図36に例示する構成は、図32に例示した構成において、アド側のCD MUX部92の1×8CPLを1×8WSSに置き換え、アド/ドロップブロック81～88のアド側の8×1WSS 804を8×1CPL 805に置き換えた構成に

50

相当する。

【0208】

CD MUX部92の1×8CPLを1×8WSSに置き換えることで、DMUX/MUXブロック90間でContentionが発生することを回避できる。別言すると、図36に例示する構成でも、図32に例示した8DegreeCD/CDC混在構成のROADMを実現できる。

【0209】

図37は、図32に例示した8DegreeフルCD/CDC混在構成のROADMの変形例を示す図である。図37に例示する構成では、図32に例示した構成において、ドロップ側のCD MUX部91の1×8CPLを1×8WSSに置き換え、ドロップ側のCDC MUX部93の8×1SWを8×1WSSに置き換えている。また、アド/ドロップブロック81～88のドロップ側の1×8WSS803が、1×8CPL806に置き換えられている。

10

【0210】

CD MUX部91の1×8CPLを1×8WSSに置き換え、当該1×8WSSにおいて、1Degreeからドロップされる1つのWDM光信号が収容する最大波長数を最大マルチチャネル受信数に絞ることができる。

【0211】

同様に、ドロップ側のCDC MUX部93の8×1SWを8×1WSSに置き換えることで、当該8×1WSSにおいて、1Degreeからドロップされる1つのWDM光信号が収容する最大波長数を最大マルチチャネル受信数に絞ることができる。

20

【0212】

別言すると、図37に例示する構成でも、図32に例示した8DegreeCD/CDC混在構成のROADMを実現できる。

【0213】

図38は、図32に例示した8DegreeフルCD/CDC混在構成のROADMの変形例を示す図である。図38に例示する構成は、図36に例示した構成と図37に例示した構成とを組み合わせた構成に相当する。

【0214】

すなわち、図38に例示する構成では、図32に例示した構成において、アド側のCD MUX部92の1×8CPLが1×8WSSに置き換えられ、アド/ドロップブロック81～88のアド側の8×1WSS804が8×1CPL805に置き換えられる。また、ドロップ側のCD MUX部91の1×8CPLが1×8WSSに置き換えられ、ドロップ側のCDC MUX部93の8×1SWが8×1WSSに置き換えられる。さらに、アド/ドロップブロック81～88のドロップ側の1×8WSS803が1×8CPL806に置き換えられる。

30

【0215】

この構成によっても、図32に例示した8DegreeCD/CDC混在構成のROADMを実現できる。

【0216】

図39は、図32に例示した8DegreeフルCD/CDC混在構成のROADMの変形例を示す図である。図39に例示する構成は、図38に例示した構成において、ドロップ側のCDC MUX部93の8×1WSSを8×1SWに置き換え、当該CDC MUX部93の1×16CPLを1×16WSSに置き換えた構成に相当する。

40

【0217】

CDC MUX部93の1×16CPLを1×16WSSに置き換えることで、当該1×16WSSにおいて、1Degreeからドロップされる1つのWDM光信号が収容する最大波長数を最大マルチチャネル受信数に絞ることができる。

【0218】

この構成によっても、図32に例示した8DegreeCD/CDC混在構成のROADM

50

DMを実現できる。

【0219】

(12 DegreeフルCD/CDC混在ROADM)

次に、図41は、図32に例示したCD/CDC混在構成のROADMの変形例を示す図である。図41には、Degree数NdをNd = 12にした場合の構成を例示している。

【0220】

Degree数Ndの増加に伴い、光アンプ11#j (j = 1 ~ Ndのいずれか) に接続するコア部分に関し、図32に例示したドロップ側の1x2CPL121#j及び1x14WSS122#j (あるいは図40に例示した1x15WSS123#j) が1x17WSS124#jに置き換えられている。アド側については、1x15WSS131#jが1x17WSS132#jに置き換えられる。

10

【0221】

ドロップ側の1x17WSS124#jは、6本のドロップ出力と11本の他のDegreeへのスルー出力とを有する。アド側の1x17WSS132#jは、6本のアド入力と11本のほかのDegreeからのスルー入力とを有する。

【0222】

Degree#jに対応する1x17WSS124#jの6本のドロップ出力は、Degree#jに対応するアド/ドロップブロック80#jを成す異なる8つのアド/ドロップブロック81~86に入力する。

20

【0223】

アド/ドロップブロック81~86のそれぞれは、ドロップ側の波長分離部の一例として1x16WSS811を備え、アド側の波長合波部の一例として16x1WSS812を備える。1x17WSS124#jの6本のドロップ出力は、それぞれ異なる6個の1x16WSS811に入力される。

【0224】

1x16WSS811は、1x17WSS124#1からの入力光信号をTP(コヒーレント受信器)が同時に受信できる波長数N(例えば16)に制限(例えば16分割)する。

30

【0225】

16分割された光信号のそれぞれは、DMUX/MUXブロック90#1~90#96のうち異なる16個のDMUX/MUXブロックに入力される。DMUX/MUXブロック90は、1Degree#jあたり6個のアド/ドロップブロック81~86に対して16ブロックずつの合計96ブロック設けられている。

【0226】

アド側の16x1WSS812は、DMUX/MUXブロック90#1~90#96のうち異なる16個のDMUX/MUXブロックから導かれる光信号を波長単位に選択的に出力する。

【0227】

図41では、DMUX/MUXブロック90#1~90#96のうち、DMUX/MUXブロック90#2が、CDC DMUX部93及びCDC MUX部94を備える。残りのDMUX/MUXブロック90は、それぞれCD DMUX部91及びCD MUX部92を備える。

40

【0228】

CD DMUX部91は、Degree数の増加(Nd = 12)に伴い、図32に例示した構成に比して、1x8CPLが1x12CPLに置き換えられている点異なる。当該1x12CPLは、12本の異なるDegree#jからのドロップ波長を合波する。CD MUX部92も、Degree数の増加に伴い、当該CD DMUX部91と同様の構成を有する。

50

【0229】

CDC DMUX部93は、Degree数の増加に伴い、図32に例示した構成に比して、8個の1×16CPLが12個の1×16CPLに置き換えられるとともに、16個の8×1SWのそれぞれが12×1SWに置き換えられている点が異なる。12本のドロップ出力を16分岐し、16個の12×1SWでドロップ波長を選択する構成である。CDC MUX部93も、Degree数の増加に伴い、当該CDC DMUX部93と同様の構成を有する。

【0230】

以上により、12DegreeフルCD/CDC混在構成のROADMを実現できる。

【0231】

(14DegreeフルCD/CDC混在ROADM)

図42は、図32に例示したCD/CDC混在構成のROADMの変形例を示す図である。図42には、Degree数NdをNd=14にした場合の構成を例示している。

【0232】

Degree数Ndの増加に伴い、光アンプ11#j(j=1~Ndのいずれか)に接続するコア部分に関し、図32に例示したドロップ側の1×2CPL121#j及び1×14WSS122#j(あるいは図40に例示した1×15WSS123#j)が1×20WSS125#jに置き換えられている。アド側については、1×15WSS131#jが1×20WSS133#jに置き換えられる。

【0233】

ドロップ側の1×20WSS125#jは、7本のドロップ出力と13本の他のDegreeへのスルー出力とを有する。アド側の1×20WSS133#jは、7本のアド入力と13本のほかのDegreeからのスルー入力とを有する。

【0234】

Degree#jに対応する1×20WSS125#jの7本のドロップ出力は、Degree#jに対応するアド/ドロップブロック80#jを成す異なる7つのアド/ドロップブロック81~87に入力する。

【0235】

アド/ドロップブロック81~87のそれぞれは、ドロップ側の波長分離部の一例として1×16WSS811を備え、アド側の波長合波部の一例として16×1WSS812を備える。1×20WSS124#jの6本のドロップ出力は、それぞれ異なる7個の1×16WSS811に入力される。

【0236】

1×16WSS811は、1×20WSS125#1からの入力光信号をTP(コヒーレント受信器)が同時に受信できる波長数N(例えば16)に制限(例えば16分割)する。

【0237】

16分割された光信号のそれぞれは、DMUX/MUXブロック90#1~90#112のうち異なる16個のDMUX/MUXブロックに入力される。DMUX/MUXブロック90は、1Degree#jあたり7個のアド/ドロップブロック81~86に対して16ブロックずつの合計112ブロック設けられている。

【0238】

アド側の16×1WSS812は、DMUX/MUXブロック90#1~90#112のうち異なる16個のDMUX/MUXブロックから導かれる光信号を波長単位に選択的に出力する。

【0239】

図42では、DMUX/MUXブロック90#1~90#112のうち、DMUX/MUXブロック90#2が、CDC DMUX部93及びCDC MUX部94を備える。残りのDMUX/MUXブロック90は、それぞれCD DMUX部91及びCD MUX部92を備える。

10

20

30

40

50

【0240】

CD DMUX部91は、Degree数の増加($N_d = 14$)に伴い、図32に例示した構成に比して、 1×8 CPLが 1×14 CPLに置き換えられている点異なる。当該 1×14 CPLは、14本の異なるDegree # jからのドロップ波長を合波する。CD MUX部92も、Degree数の増加に伴い、当該CD DMUX部91と同様の構成を有する。

【0241】

CDC DMUX部93は、Degree数の増加に伴い、図32に例示した構成に比して、8個の 1×16 CPLが14個の 1×16 CPLに置き換えられるとともに、16個の 8×1 SWのそれぞれが 14×1 SWに置き換えられている点異なる。14本のドロップ出力を16分岐し、16個の 14×1 SWでドロップ波長を選択する構成である。CDC MUX部93も、Degree数の増加に伴い、当該CDC DMUX部93と同様の構成を有する。

【0242】

以上により、14 DegreeフルCD / CDC混在構成のROADMを実現できる。

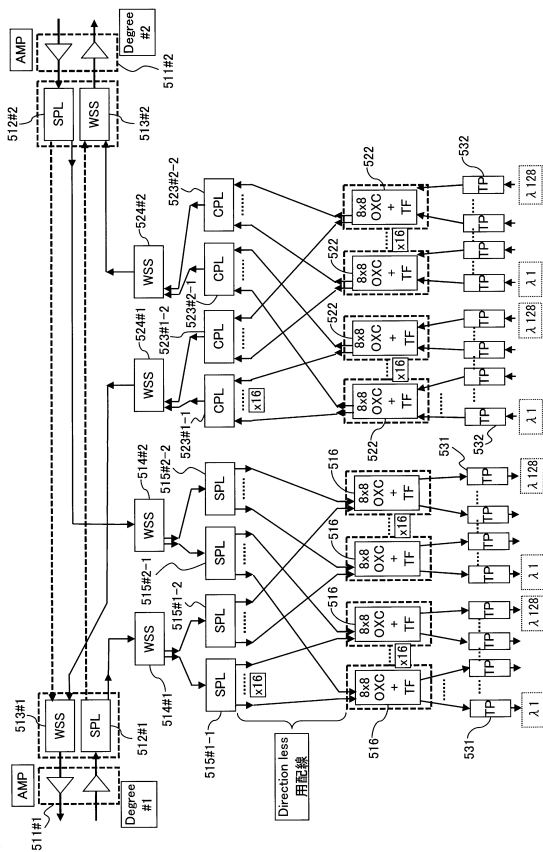
【符号の説明】

【0243】

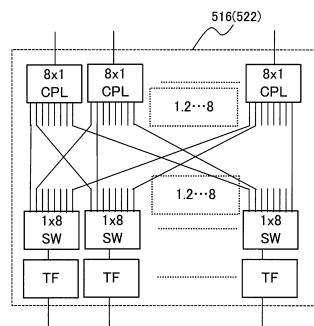
11 # 1 ~ 11 # N_d , 71 , 74	光アンプ	
12 # 1 ~ 12 # N_d	光スプリッタ (SPL)	
13 # 1 ~ 13 # N_d , 51 , 61	波長選択スイッチ (WSS)	20
14 # 1 ~ 14 # N_d	波長分離部	
15 - 1 # 1 , ... , 15 - N_d # 1 , 15 - 1 # 2 , ... , 15 - N_d # 2 , 15 - 1 # N_d , ... , 15 - N_d # N_d	波長分離部	
16 # 1 ~ 16 # M , 16 # $M + 1$...	CD DMUX部	
21 # 1 ~ 21 # M , 21 # $M + 1$...	CD MUX部	
22 - 1 # 1 , ... , 22 - N_d # 1 , 22 - 1 # 2 , ... , 22 - N_d # 2 , 22 - 1 # N_d , ... , 22 - N_d # N_d	波長合波部	
23 # 1 ~ 23 # N_d	波長合波部	
31	CDC DMUX部	
41	CDC MUX部	30
52	$1 \times M$ 波長選択スイッチ (WSS)	
62	$M \times 1$ 波長選択スイッチ (WSS)	
70 # 1 ~ 70 # 8 , 80 # 1 ~ 80 # 8 , 81 ~ 88	アド/ドロップブロック	
72 , 120 # 1 ~ 120 # 8	1×8 光スプリッタ (SPL)	
73 , 805	8×1 光カプラ (CPL)	
90 # 1 ~ 90 # 112	DMUX / MUXブロック	
91	CD DMUX部	
92	CD MUX部	
93	CDC DMUX部	
94	CDC MUX部	40
121 # 1 ~ 121 # 8	1×2 光カプラ (CPL)	
122 # 1 ~ 122 # 8	1×14 WSS	
123 # 1 ~ 123 # 8	1×15 WSS	
124 # 1 ~ 124 # 12 , 132 # 1 ~ 132 # 12	1×17 WSS	
125 # 1 ~ 125 # 14 , 133 # 1 ~ 133 # 14	1×20 WSS	
130 # 1 ~ 130 # 8 , 803	1×8 WSS	
131 # 1 ~ 131 # 8	1×15 WSS	
804	8×1 WSS	
806	1×8 CPL	
811	1×16 WSS	50

8 1 2 1 6 × 1 W S S

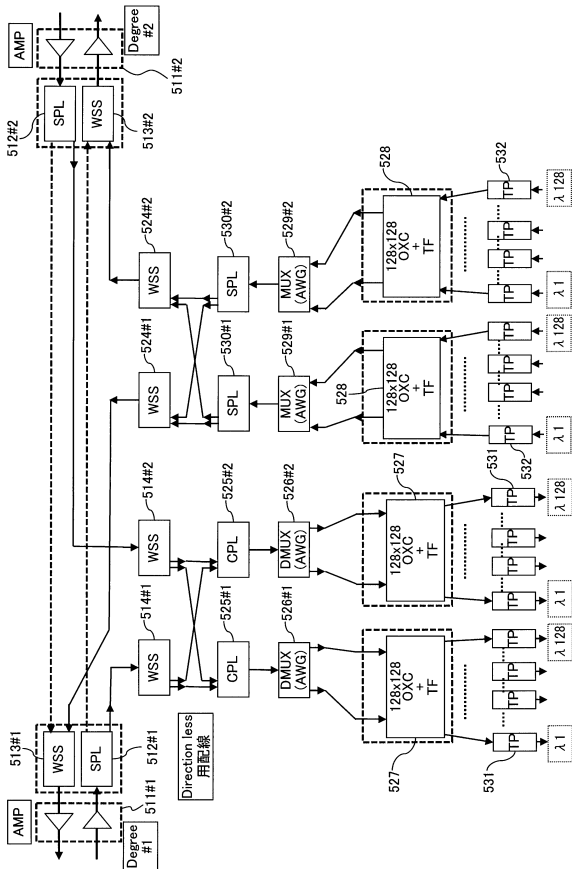
【図 1】



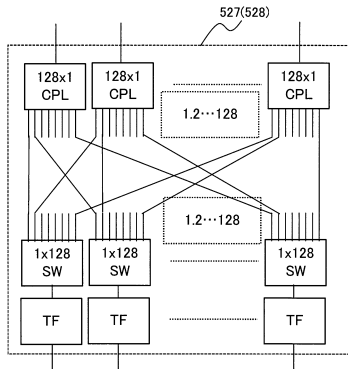
【図 2】



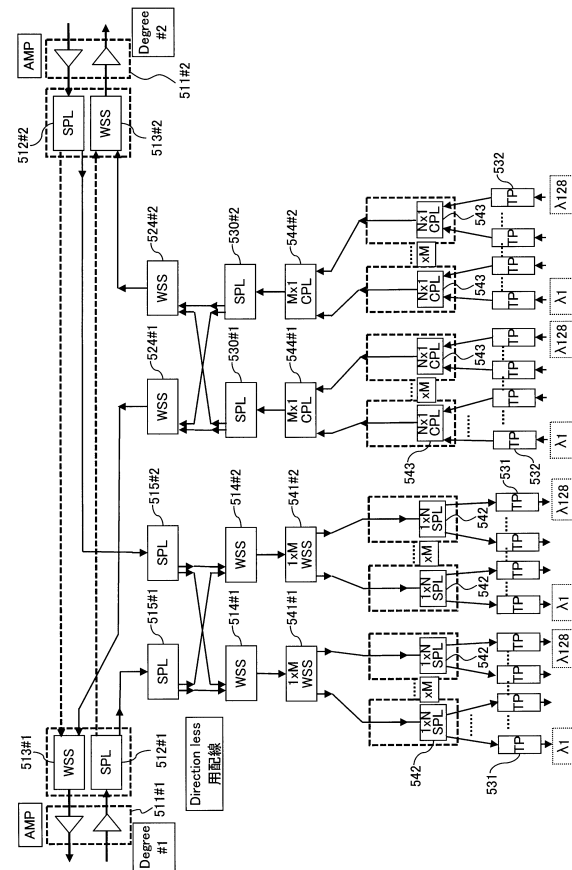
【 図 3 】



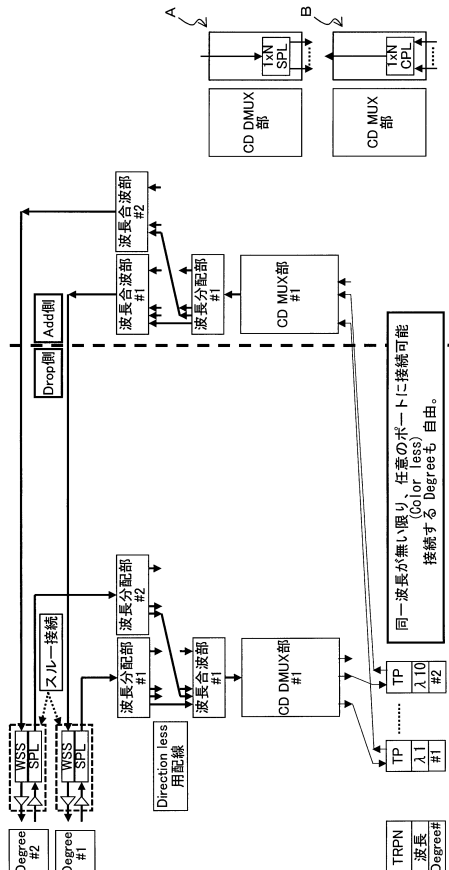
【 図 4 】



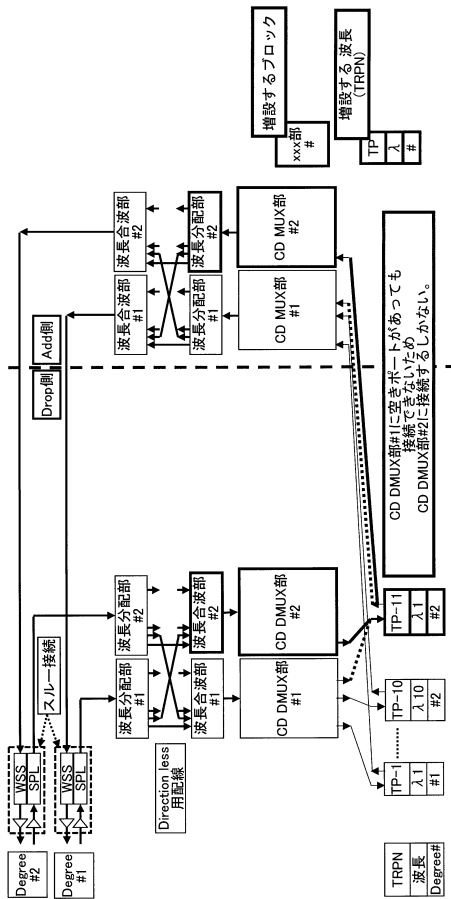
【 図 5 】



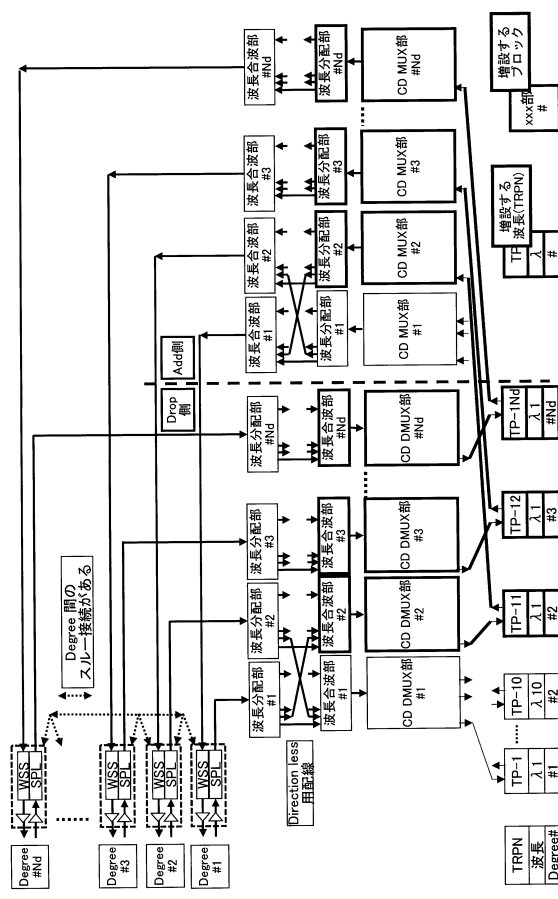
【 図 6 】



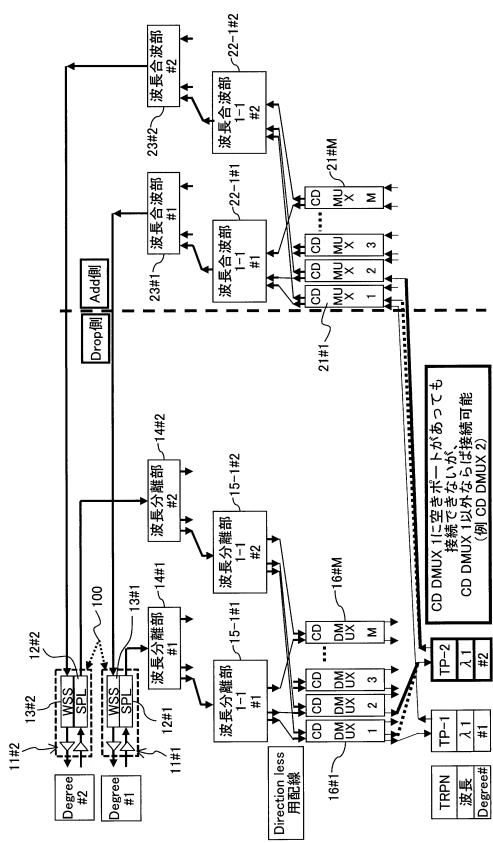
【図 7】



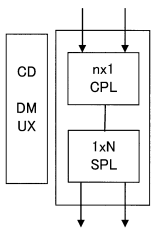
【図 8】



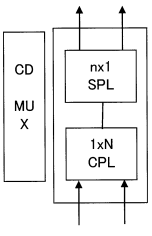
【図 9】



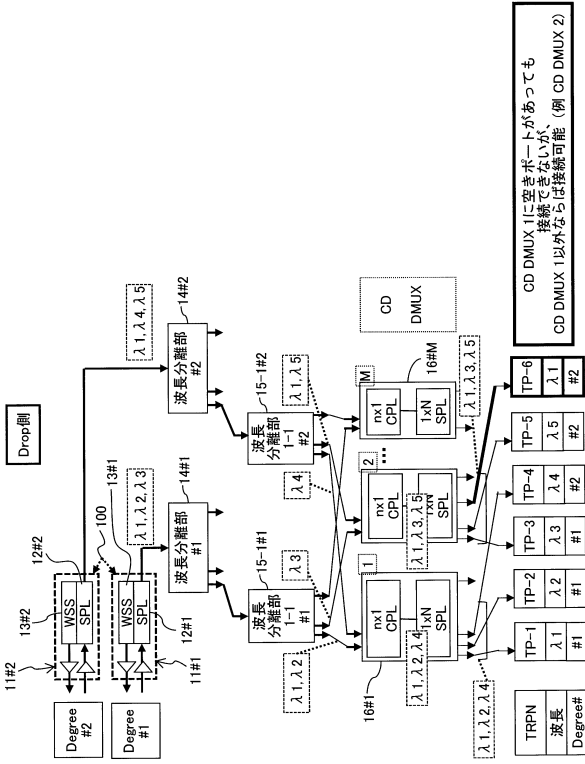
【図 10】



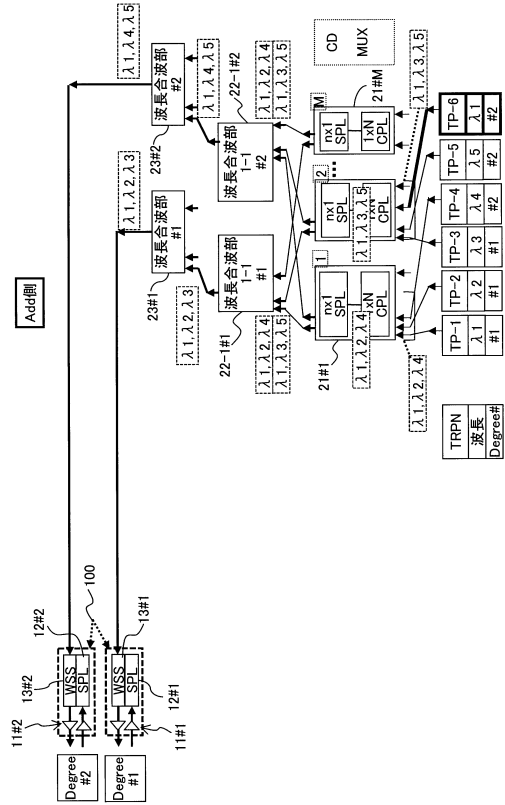
【図 11】



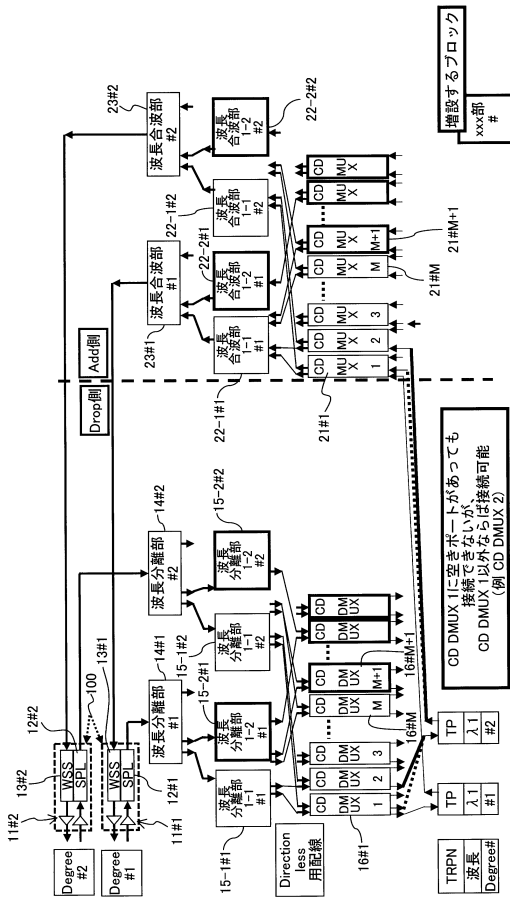
【図 1 2】



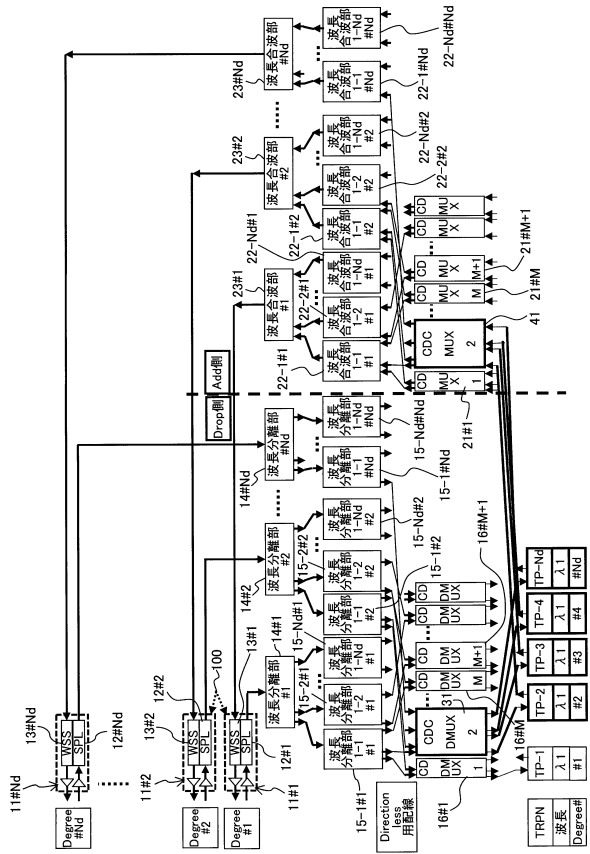
【図 1 3】



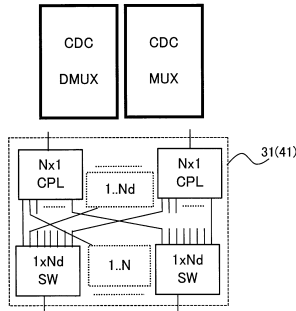
【図 1 4】



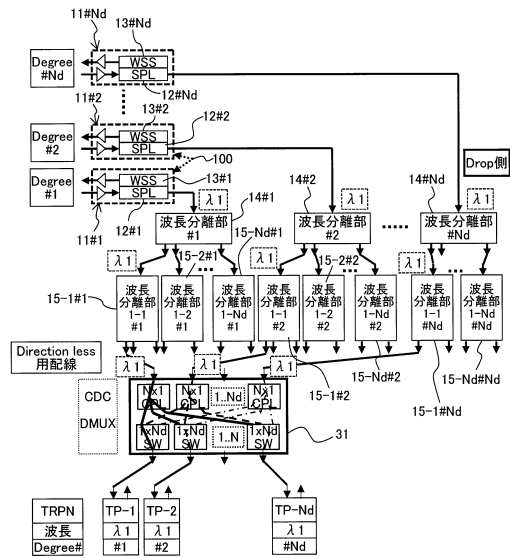
【図 1 5】



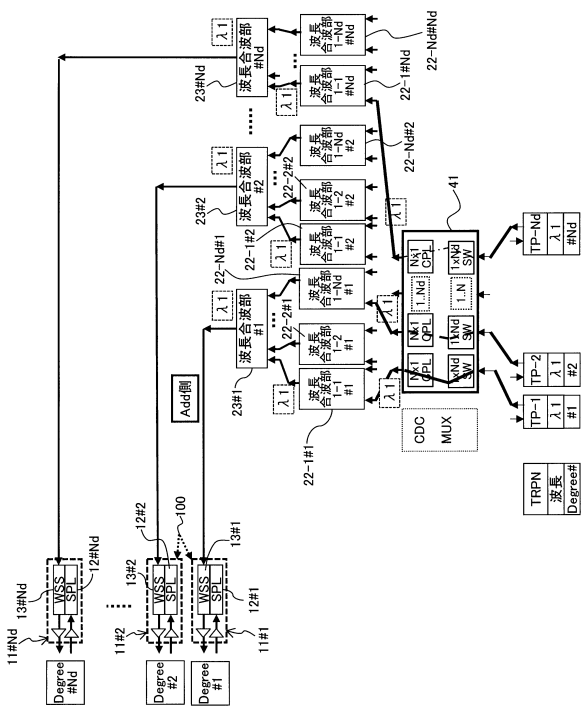
【図16】



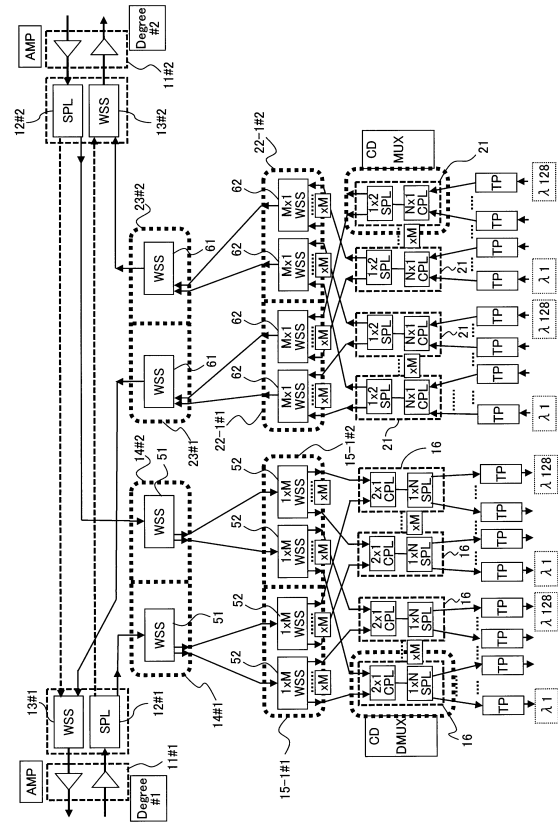
【図17】



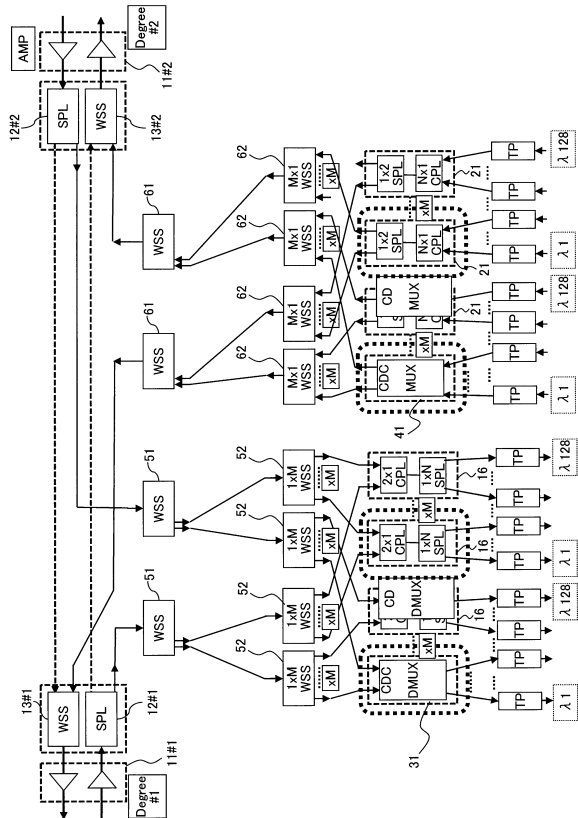
【図18】



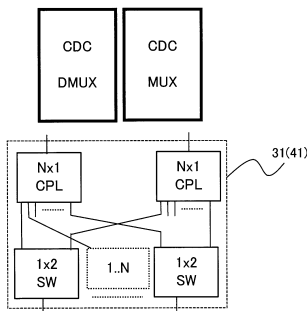
【図19】



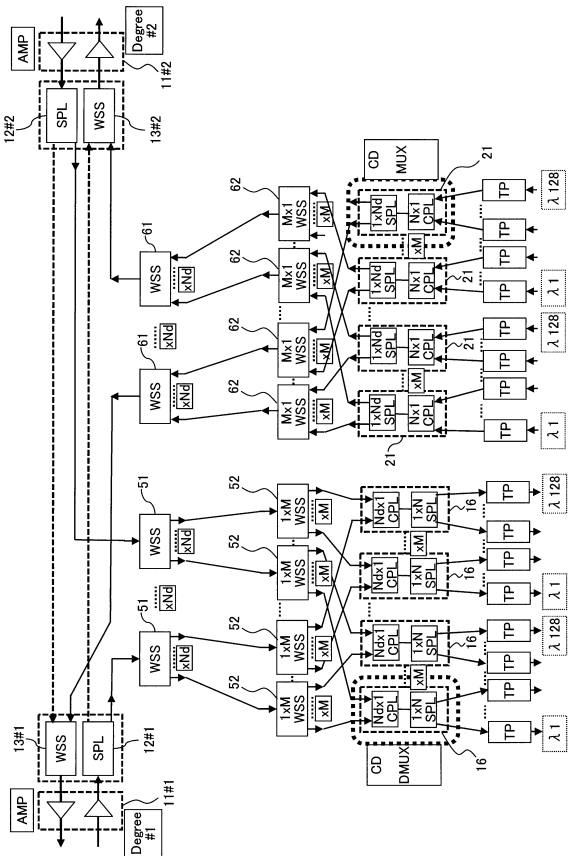
【 20 】



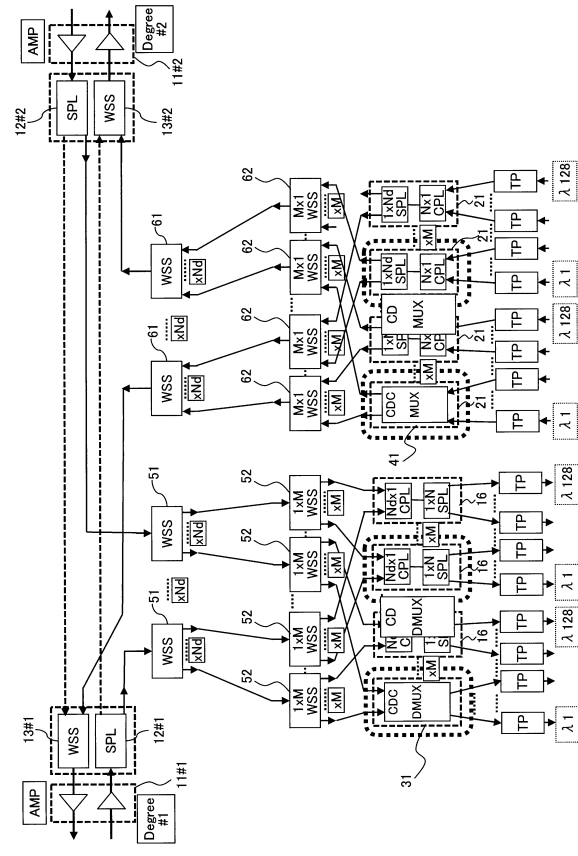
【 21 】



【 22 】



【 23 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-039659(JP,A)
特開2001-285323(JP,A)
特開2012-114640(JP,A)
特開2012-015726(JP,A)
国際公開第2011/126943(WO,A2)
国際公開第2012/108549(WO,A1)
Winston I. Way, Optimum Architecture for M×N Multicast Switch-Based Colorless, Directionless, Contentionless, and Flexible-Grid ROADM, OFC/NFOEC 2012 Technical Digest, 2012年 3月
Steven Gringeri et al., Flexible Architectures for Optical Transport Nodes and Networks, IEEE Communications Magazine, 2010年 7月, Volume 48, Issue 7, pp.40-50
Maurice O'Sullivan, Expanding network applications with coherent detection, OFC/NFOEC 2008, 2008年 2月

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 10/00 - 10/90
H04J 14/00 - 14/08