

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5526389号
(P5526389)

(45) 発行日 平成26年6月18日(2014.6.18)

(24) 登録日 平成26年4月25日(2014.4.25)

(51) Int. Cl.		F I			
HO4Q	3/52	(2006.01)	HO4Q	3/52	B
HO4J	14/00	(2006.01)	HO4B	9/00	E
HO4J	14/02	(2006.01)			

請求項の数 5 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2010-184477 (P2010-184477)	(73) 特許権者	504139662
(22) 出願日	平成22年8月19日 (2010.8.19)		国立大学法人名古屋大学
(65) 公開番号	特開2012-44485 (P2012-44485A)		愛知県名古屋市千種区不老町1番
(43) 公開日	平成24年3月1日 (2012.3.1)	(74) 代理人	100085361
審査請求日	平成25年8月12日 (2013.8.12)		弁理士 池田 治幸
		(74) 代理人	100147669
			弁理士 池田 光治郎
		(72) 発明者	佐藤 健一
			愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大 学法人名古屋大学内
		(72) 発明者	長谷川 浩
			愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大 学法人名古屋大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光パスネットワークの階層化光パスクロスコネクト装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の入力側波長群パスを介してそれぞれ入力された複数の波長群を波長群単位でルーティングを行って複数の出力側波長群パスへ出力する波長群パスクロスコネクト部と、該複数の入力側波長群パスを介して伝送された複数組の波長群のうちの所定割合のドロップ波長群をそれぞれ構成する複数の波長を波長単位でルーティングを行って所定割合の加入波長群を構成する波長パスクロスコネクト部とを有する階層化光パスクロスコネクト装置であって、

前記波長パスクロスコネクト部は、

前記ドロップ波長群毎にそれを構成する波長に分波する複数の入力側波長分波器と、
該複数の入力側波長分波器によりそれぞれ分波される波長毎に設けられ、入力された1つの波長を前記複数の出力側波長群パスに対応する出力ポートから択一的にそれぞれ出力する複数群の波長方路切換用光スイッチと、

該複数群の波長方路切換用光スイッチに対応して複数設けられ、該複数群の波長方路切換用光スイッチのうちの1群の波長方路切換用光スイッチから出力される波長をそれぞれ合波したアド波長群を、前記波長群パスクロスコネクト部を経由しないで前記複数の出力側波長群パスへそれぞれ直接的に出力する出力側波長合波器と、

を、含むことを特徴とする光パスネットワークの階層化光パスクロスコネクト装置。

【請求項2】

前記複数の出力側波長群パスの入力側に複数の光カブラがそれぞれ設けられ、

10

20

前記複数の出力側波長合波器から出力されたアド波長群と前記波長群パスクロスコネク
ト部から出力された複数の波長群は、該複数の光カプラを介して前記複数の出力側波長群
パスへそれぞれ入力されることを特徴とする請求項1の光パスネットワークの階層化光パ
スクロスコネク装置。

【請求項3】

前記複数群の波長方路切換用光スイッチは、前記入力側波長分波器の複数の出力ポート
に対応した複数の1×K光スイッチで1群を構成し、該1群の1×K光スイッチを該入力
側波長分波器の数に対応した群数備えたものであり、

前記複数の入力側波長分波器と前記複数群の波長方路切換用光スイッチとの間には、ド
ロップ波長を電気レベルヘッドロップさせるためのドロップ波長用光スイッチと、該電気レ
ベルから入力される信号を表わすアド波長を加入させるアド波長用光スイッチとが、それ
ぞれ介挿されていることを特徴とする請求項1または2の光パスネットワークの階層化光
パスクロスコネク装置。

10

【請求項4】

前記複数組の波長群をそれぞれ構成する複数群の波長は、長さ順に連続配置された複数
の波長から、長さが互いに連続する複数の波長で1群を構成するように順次選択された連
続配置型波長群であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1の光パスネットワー
クの階層化光パスクロスコネク装置。

【請求項5】

前記複数組の波長群をそれぞれ構成する複数群の波長は、長さが不連続となるように配
置された複数の波長から、互いに不連続な複数の波長で1群を構成するように順次選択さ
れた分散配置型波長群であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1の光パスネット
ワークの階層化光パスクロスコネク装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光パスネットワークの中継ノードとして機能する階層化光パスクロスコネク
ト装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

階層化光パスネットワークでは、所定の通信波長帯のたとえば100GHz毎に分割さ
れた複数の波長チャネル(wave channel or light path)にそれぞれ対応する複数の波長
の光が合波された波長分割多重(WDM:Wavelength Division Multiplexing)光すなわ
ち波長群が、複数本のパス(光ファイバ)を介して複数並列に伝送される。上記光パスネ
ットワークの各中継ノードでは、光ファイバなどにより伝送された上記波長群がそのまま
所定の伝送方向の光ファイバへ切り換えられるとともに、その波長群に含まれる波長(チ
ャネル)が必要に応じて分離され且つ再合波された波長群が、所定の伝送方向の光ファイ
バへ切り換えられる。特許文献1に示される光パスクロスコネク装置はその一例である

30

【0003】

近年では、通信容量の増加により上記中継ノードを構成する光パスクロスコネク装置
において、入力側の複数の伝送路から入力された複数の波長群或いは波長を出力側の伝送
路のうちの所定の伝送路へ直接的にルーティングする方路切換や、入力された複数の波長
群或いは波長の一部をドロップさせて所定の方路の他の波長群へ加える(アド)のための
切り換えに用いられるマトリックススイッチの規模が増大しており、装置の規模や価格の
観点から、そのマトリックススイッチの規模を可及的に小さくすることが求められている

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

50

【特許文献1】特開2008-252664号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、たとえば図12に示すように、K本の入力側光ファイバを介してそれぞれK個の波長群が入力され、バンド（波長群）パスクロスコネクタ部においてその波長群単位でK本の出力側光ファイバへルーティングするとともに、所定のadd/drop率yで、波長単位でルーティングを行うための波長群を波長パスクロスコネクタ部へadd/dropさせる一方で、波長パスクロスコネクタ部においてその1つの波長群に含まれるN個の波長を分解して波長単位でルーティングを行うとともに、ルータ等が設けられて電氣的信号と波長単位の光信号との間の信号変換を行うための電気レイヤ（電気レベル）ELへ波長を所定のadd/drop率zでadd/dropさせるように構成した階層化光パスクロスコネクタ装置が提案されている。

10

【0006】

上記階層化光パスクロスコネクタ装置を構成する上で、波長群レベルWBLから波長レベルWLLへ複数の波長群から波長パスへadd/dropさせる割合すなわちadd/drop率を制約する方法としては、複数本のファイバで伝送される複数群の波長群内にそれぞれ含まれる所定の波長群の範囲内で所定のadd/drop率でadd/drop波長群数をそれぞれ制限する波長群毎の制約と、全波長群の総数内で所定のadd/drop率でadd/drop波長群数を制限する波長群総数に対する制約とが提案されている。後者の制約の方がネットワーク設計上の自由度が得られる点で望ましいが、それを実現する構成におけるスイッチ規模が極めて大きいという欠点があった。その主たる原因は、波長群を波長パスに分波、或いは逆に波長パスを波長群へ合波するための光合波分波器を、その波長群に対応してそれぞれ設ける必要があり、異なる波長群で共用することが困難であったからである。そのため、従来は、波長群の総数に対する制約を実現するために、波長群パスクロスコネクタ部と波長パスクロスコネクタ部との間でadd/dropさせる波長群を選択するための1対の制限器を必要とするとともに、波長パスクロスコネクタ部には、単一のマトリクススイッチを設ける必要があった。

20

【0007】

上記波長群パスクロスコネクタ部と波長パスクロスコネクタ部との間に設けられる一対の制限器は、 $KM \times y KM$ のマトリクススイッチから構成され、上記波長パスクロスコネクタ部に設けられる単一のマトリクススイッチは、 $(1+z)yKMN \times (1+z)yKMN$ のマトリクススイッチから構成される必要がある。このため、その規模が、伝送路を構成する光ファイバ数、1本の光ファイバに含まれる波長群数、1つの波長群に含まれる波長数の増加に伴ってマトリクススイッチの規模が大きくなり、装置の規模が大きく、価格が高くなるという欠点があった。

30

【0008】

これに対して、本発明者等は、上記従来の階層化光パスクロスコネクタ装置において、波長群とそれを構成する波長との間で分波或いは合波に用いられる波長群光合波分波器を、波長群分波側（入力側）では異なる波長群が入力されると、その入力される波長群によらず同じ組の出力ポートから出力されるようにし、波長群合波側（出力側）では異なる波長群に属する波長が同一の組の入力ポート群に入力されると、その波長群に対応する加入波長群毎に異なる出力ポートから出力されるように構成すると、異なる波長群内における順序の等しい波長毎に分割したマトリクススイッチにより、波長パスクロスコネクタ部の波長方路切換用マトリクススイッチを構成することができ、その波長パスクロスコネクタ部のマトリクススイッチの規模およびそれに用いられる光スイッチ数を大幅に低減することができる事実を見出し、特願2009-063674号として出願した。この出願は未公開であり、その発明者および出願人は本願と共通している。

40

【0009】

上記の出願に係る発明の光パスネットワークの階層化光パスクロスコネクタ装置によれ

50

ば、前記波長パスクロスコネクト部は、前記所定割合のドロップ波長群がそれぞれ入力される入力ポートを有し、入力された該所定割合のドロップ波長群をそれぞれ構成する波長を分波し、該波長を該ドロップ波長群によらず予め定められた同じ位置の出力ポートから出力する入力側光合波分波器と、前記異なるドロップ波長群に属する波長が予め定められた同じ位置に入力される入力ポートを有し、該波長を異なる加入波長群毎に異なる出力ポートから出力する出力側光合波分波器とを、備えることから、入力側光合波分波器と出力側光合波分波器との間では、波長毎に分割したマトリックススイッチにより波長方路切換用マトリックススイッチを構成することができ、波長パスクロスコネクト部のマトリックススイッチの規模およびそれに用いられる光スイッチ数を大幅に低減することができ、従来と比較してマトリックススイッチの規模を大幅に小さくすることができる光パスネットワークの階層化光パスクロスコネクト装置が得られる。

10

【0010】

しかしながら、上記の階層化光パスクロスコネクト装置でも、未だ方路切換のためのマトリックススイッチの規模が大きいことから、装置が大型且つ高価であるため、その普及の障害となっていた。

【0011】

たとえば、上記波長パスクロスコネクト部において入力側光合波分波器と出力側光合波分波器との間に設けられた波長方路切換用マトリックススイッチは、ドロップ波長群から分波された波長から所望の組合せの波長群へ組み換えるための方路切換機能と、電気レベルからの加入波長を加入させ且つ電気レベルへ落とすドロップ波長を選択するドロップノアド機能とを有するものであるため、不必要な経路切換機能を含む構成となっており、不要にスイッチ規模が大きくなっていった。すなわち、上記ドロップ波長群から分波された波長および上記電気レベルからの加入波長を入力させる複数の入力ポート列と、上記所望の組合せの波長群とするための波長および上記ドロップ波長を出力する複数の出力ポート列との間のマトリックス状の切換領域のうち使用しない領域すなわち加入波長を入力させる複数のポートとドロップ波長を出力させる複数のポートとの間の領域が存在する。

20

【0012】

また、上記波長パスクロスコネクト部から波長群パスクロスコネクト部へ加入（アド）波長群を戻して組み直すための波長群加入用マトリックススイッチを必要とするので、その波長群加入用マトリックススイッチを備えるために大きさが $y \times K \times M$ （但し、 y ：アド/ドロップ率、 K ：ファイバ（数波長群パス数）、 M ：1ファイバ（1パス内の波長群数））となる比較的大きなスイッチ規模を必要とし、これによってもスイッチ規模が大きくなっていった。

30

【0013】

本発明は以上の事情を背景として為されたものであり、その目的とするところは、マトリックススイッチの規模を一層小さくすることができる光パスネットワークの階層化光パスクロスコネクト装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】**【0014】**

上記目的を達成するための請求項1に係る発明の要旨とするところは、（a）複数の入力側波長群パスを介してそれぞれ入力された複数の波長群を波長群単位でルーティングを行って複数の出力側波長群パスへ出力する波長群パスクロスコネクト部と、該複数の入力側波長群パスを介して伝送された複数組の波長群のうちの所定割合のドロップ波長群をそれぞれ構成する複数の波長を波長単位でルーティングを行って所定割合の加入波長群を構成する波長パスクロスコネクト部とを有する階層化光パスクロスコネクト装置であって、（b）前記波長パスクロスコネクト部は、（b-1）前記ドロップ波長群毎にそれを構成する波長に分波する複数の入力側波長分波器と、（b-2）該複数の入力側波長分波器によりそれぞれ分波される波長毎に設けられ、入力された1つの波長を前記複数の出力側波長群パスに対応する出力ポートから択一的にそれぞれ出力する複数群の波長方路切換用光スイッチと、（b-3）該複数群の波長方路切換用光スイッチに対応して複数設けられ、

40

50

該複数群の波長方路切換用光スイッチのうちの1群の波長方路切換用光スイッチから出力される波長をそれぞれ合波したアド波長群を、前記波長群パスクロスコネクト部を經由しないで前記複数の出力側波長群パスへそれぞれ直接的に出力する出力側波長合波器とを、含むことにある。

【0015】

また、請求項2に係る発明の要旨とするところは、請求項1に係る発明において、(c)前記複数の出力側波長群パスの入力側に複数の光カブラがそれぞれ設けられ、(d)前記複数の出力側波長合波器から出力されたアド波長群と前記波長群パスクロスコネクト部から出力された複数の波長群は、該複数の光カブラを介して前記複数の出力側波長群パスへそれぞれ入力されることにある。

10

【0016】

また、請求項3に係る発明の要旨とするところは、請求項1または2に係る発明において、(e)前記複数群の波長方路切換用光スイッチは、前記入力側波長分波器の複数の出力ポートに対応した複数の $1 \times K$ 光スイッチで1群を構成し、該1群の $1 \times K$ 光スイッチを該入力側波長分波器の数に対応した群数備えたものであり、(f)前記複数の入力側波長分波器と前記複数群の波長方路切換用光スイッチとの間には、ドロップ波長を電気レベルへドロップさせるためのドロップ波長用光スイッチと、該電気レベルから入力される信号を表わすアド波長を加入させるアド波長用光スイッチとが、それぞれ介挿されていることにある。

【0017】

また、請求項4に係る発明の要旨とするところは、請求項1乃至3のいずれか1の発明において、(g)前記複数組の波長群をそれぞれ構成する複数群の波長は、長さ順に連続配置された複数の波長から、長さが互いに連続する複数の波長で1群を構成するように順次選択された連続配置型波長群であることにある。

20

【0018】

また、請求項5に係る発明の要旨とするところは、請求項1乃至3のいずれか1の発明において、(h)前記複数の入力側波長群パスを介してそれぞれ入力された複数の波長群は、該波長群を構成する波長が該波長群内および該波長群間で不連続的に相違する波長により構成されている分散配置型波長群であることにある。

【発明の効果】

30

【0019】

請求項1に係る発明によれば、波長パスクロスコネクト部において、複数群の波長方路切換用光スイッチは、入力側波長分波器と出力側波長合波器との間において、その複数の入力側波長分波器によりそれぞれ分波される波長毎に設けられて、入力された1つの波長を前記複数の出力側波長群パスに対応する出力ポートから択一的にそれぞれ出力し、出力側波長合波器は、1群の波長方路切換用光スイッチから出力される波長をそれぞれ合波したアド波長群を、前記波長群パスクロスコネクト部を經由しないで前記複数の出力側波長群パスへそれぞれ直接的に出力するので、波長方路切換用光スイッチは、波長毎にその方路を切り換える $1 \times$ ファイバ数(K :入力側波長群パス数、出力側波長群パス数)のスイッチを、ドロップ波長群を構成する波長数 $y \times K \times M$ (1波長群パス内の波長群数) $\times N$ (1波長群内の波長数)で決まる個数で構成することができ、使用しない領域を含まないように構成される。従って、波長方路切換用光スイッチの規模が小さくなり、光パスネットワークの階層化光パスクロスコネクト装置が小型且つ安価となる。

40

【0020】

請求項2に係る発明によれば、前記複数の出力側波長群パスの入力側に複数の光カブラがそれぞれ設けられ、前記複数の出力側波長合波器から出力されたアド波長群と前記波長群パスクロスコネクト部から出力された複数の波長群は、該複数の光カブラを介して前記複数の出力側波長群パスへそれぞれ入力されることから、波長群パスクロスコネクト部を經由しないで前記複数の出力側波長群パスへそれぞれ入力されるので、波長群パスクロスコネクト部内に、波長パスクロスコネクト部から波長群パスクロスコネクト部へ加入(ア

50

ド) 波長群を戻して組み直すための比較的スイッチ規模の大きい波長群加入用マトリックススイッチを必要とせず、光パスネットワークの階層化光パスクロスコネクタ装置が小型且つ安価となる。

【0021】

また、請求項3に係る発明によれば、前記複数群の波長方路切換用光スイッチは、前記入力側波長分波器の複数の出力ポートに対応した複数の $1 \times K$ 光スイッチで1群を構成し、該1群の $1 \times K$ 光スイッチを該入力側波長分波器の数に対応した群数備えたものであり、前記複数の入力側波長分波器と前記複数群の波長方路切換用光スイッチとの間には、ドロップ波長を電気レベルへドロップさせるためのドロップ波長用光スイッチと、該電気レベルから入力される信号を表わすアド波長を加入させるアド波長用光スイッチとが、それぞれ介挿されていることから、その後段の波長方路切換用光スイッチでは、ドロップ波長を選択するための切換領域(光スイッチ数)が不要となるので、一層スイッチ規模が小さくなる利点がある。

10

【0022】

また、請求項4に係る発明の要旨とするところは、前記複数組の波長群をそれぞれ構成する複数群の波長は、長さ順に連続配置された複数の波長から、長さが互いに連続する複数の波長で1群を構成するように順次選択された連続配置型波長群であることから、連続配置型波長群に対するクロスコネクタが可能となる。

【0023】

また、請求項5に係る発明の要旨とするところは、前記複数の入力側波長群パスを介してそれぞれ入力された複数の波長群は、該波長群を構成する波長が該波長群内および該波長群間で不連続的に相違する波長により構成されている分散配置型波長群であることから、分散配置型波長群に対するクロスコネクタが可能となる。

20

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の一実施例の光パスネットワークの光パスクロスコネクタ装置の要部構成を説明するための概念図である。

【図2】図1の光パスクロスコネクタ装置に入力される複数の波長群のうち、1つの波長群を構成する複数の波長の波長軸上の配置を示す連続配置型の波長群を説明する図である。

30

【図3】図1の光合波分波器に含まれる光パスクロスコネクタ装置に入力される複数の波長群のうち、1つの波長群を構成する複数の波長の波長軸上の配置を示す分散配置型の波長群を説明する図である。

【図4】図1の光パスクロスコネクタ装置において、光合波分波器に含まれるアレイ導波路格子の構成を説明する斜視図である。

【図5】図4のアレイ導波路格子の通常の入出力作動を説明する図である。

【図6】図4のアレイ導波路格子が周回性アレイ導波路格子である場合の入出力作動を説明する図である。

【図7】図1の光パスクロスコネクタ装置において、入力側光合波分波器に含まれるアレイ導波路格子に入力された波長群からそれを構成する波長に分波する作動を、連続配置型の3つの波長群を用いて模式的に説明する図である。

40

【図8】図1の光パスクロスコネクタ装置において、出力側光合波分波器に含まれるアレイ導波路格子に入力された波長から波長群に合波する作動を、連続配置型の3つの波長群を用いて模式的に説明する図である。

【図9】図1の光パスクロスコネクタ装置において、入力側光合波分波器に入力された波長群からそれを構成する波長に分波して波長方路切換用マトリックススイッチへ分配する作動を説明する図である。

【図10】図1の光パスクロスコネクタ装置のマトリックススイッチのクロスポイントに用いられる光スイッチの構成の一例を説明する図である。

【図11】図1の実施例における光パスクロスコネクタ装置の入力ファイバ数に対するの

50

クロスポイント数の関係を示す実線を、従来の光パスクロスコネク装置の入力ファイバ数に対するのクロスポイント数の関係を示す破線と対比して示す図である。

【図12】未公開先願の光パスクロスコネク装置の構成を説明する図である。

【図13】本発明の実施例2の光パスクロスコネク装置の要部構成を説明するための概念図である。

【図14】本発明の実施例3の光パスクロスコネク装置の要部構成を説明するための概念図である。

【図15】本発明の実施例4の光パスクロスコネク装置の要部構成を説明するための概念図である。

【図16】本発明の実施例5の光パスクロスコネク装置の要部構成を説明するための概念図である。

【図17】図16の実施例において、波長パスクロスコネク部の入力側光合波分波器および出力側光合波分波器を構成するAWGの構成を説明する図である。

【図18】本発明の実施例6の光パスクロスコネク装置の要部構成を説明するための概念図である。

【図19】本発明の実施例7の光パスクロスコネク装置の要部構成を説明するための概念図である。

【図20】図19の実施例において、波長パスクロスコネク部の入力側光合波分波器および出力側光合波分波器を構成する周回性AWGの構成を説明する図である。また、実施例8の出力側光合波分波器を構成する周回性AWGの構成を説明する図でもある。

【図21】本発明の実施例8の光パスクロスコネク装置の要部構成を説明するための概念図である。

【図22】図21の実施例において、波長パスクロスコネク部の入力側光合波分波器を構成する周回性AWGの構成を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【実施例1】

【0025】

図1は、本発明の一実施例の階層化光パスクロスコネク装置（以下、光パスクロスコネク装置という）10であって、波長群レベルWBLにおいて波長群単位でルーティングするとともに波長レベルWLLにおいて波長単位でルーティングし且つルータ等が設けられて電氣的信号と波長単位の光信号との間の信号変換を行うための電気レイヤELとの間の予め設定したadd/drop率zで光信号を授受する2階構成の階層化光パスクロスコネク装置である。この光パスクロスコネク装置10は、光パスネットワークの中継ノードとして配置されるものであり、入力波長群パスとして機能するK本の入力側光ファイバFi1、Fi2、・・・FiKを介してそれぞれ1組ずつ入力されたK群（K組）の波長群WB11～WB1M、WB21～WB2M、・・・WBK1～WBKMを、波長群単位でルーティングを行ってK本の出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKへそれぞれ1組ずつ出力すると共に、それら入力されたK群の波長群WB11～WB1M、WB21～WB2M、・・・WBK1～WBKMのうちの所定数すなわち予め設定されたadd/drop率y（0～1の任意数）でドロップ波長群を波長パスクロスコネク部WXCへドロップさせる波長群パスクロスコネク部BXCと、予め設定されたadd/drop率y（0～1の任意数）でドロップされた所定割合の波長群をそれぞれ構成する複数の波長を波長単位で所定のadd/drop率z（0～1の任意数）で電気レベル（電気レイヤ）ELとの間で切り換えるとともにルーティングを行って所定割合の加入波長群を構成して出力する波長パスクロスコネク部WXCと、上記波長群パスクロスコネク部BXCにより方位切換されてK本の出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKへそれぞれ1組ずつ出力するためのK群の波長群と波長パスクロスコネク部WXCにより組み直された加入波長群とを合波してK本の出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKへそれぞれ入力させる波長群合波器BCとを、備えている。

【0026】

10

20

30

40

50

本実施例では、所定の通信波長帯のたとえば100GHz毎に分割された複数の波長チャネル(wave channel or light path)にそれぞれ対応するN個の複数波長の光が合波されることにより1つの波長分割多重(WDM:Wavelength Division Multiplexing)光すなわち1つの波長群WBが構成され、その波長群WBがM個(M組)ずつ各1本の波長群伝送パスすなわち1本の光ファイバ毎に伝送される。すなわち、WB11~WB1M、WB21~WB2M、・・・WBK1~WBKMが、入力側光ファイバFi1、Fi2、・・・FiKをそれぞれ介して並列に入力され、ルーティングされた新たな波長群WB11~WB1M、WB21~WB2M、・・・WBK1~WBKMが、出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKをそれぞれ介して並列に出力される。上記K、M、Nは整数であり、たとえば、K=8、M=8、N=12である。

10

【0027】

ここで、たとえば波長群B11に含まれる波長チャネルの波長は111~11N、波長群B12に含まれる波長チャネルの波長は121~12N、波長群B1Mに含まれる波長チャネルの波長は1M1~1MN、波長群BKMに含まれる波長チャネルの波長はKM1~KMNとなるが、それらの波長たとえば121~12Nは、相互に順次連続的に増加するものであってもよいし、分散的なものであってもよい。図2および図3は、各波長群を構成する波長の構成例を示している。図2は連続配置型波長群の例を示しており、連続する波長のうちから選択された互いに連続する16波長毎に1群を構成するように順次選択された複数の波長群が設定されている。図3は分散配置型波長群の例を示しており、連続する波長のうちから分散的に選択された16波長から1つの波長群が設定されることで、波長群を構成する波長が該波長群内および該波長群間で不連続的に相違する波長により構成されるように波長群内および該波長群間で不連続的に相違する波長により1群が構成されている。

20

【0028】

上記波長群パスクロスコネクタ部BXCは、波長群レベルWBLにおいて、各入力側光ファイバFi1、Fi2、・・・FiKを介してそれぞれ入力された各1群の波長群たとえば波長群WB11~WB1Mから波長群単位でWB11、WB12、・・・WB1Mへ分波するK個の入力側光合波分波器AB1~ABKと、複数すなわちK本の入力側光ファイバFi1、Fi2、・・・FiKと所定数すなわち予め設定されたadd/drop率yで波長レベルWLLへドロップさせられる所定割合のyKM個のドロップ波長群のパスとの間で切り換えを行うM個の波長群ドロップ用マトリックススイッチ(ドロップ波長群選択器)BMS1と、複数すなわちK本の入力側光ファイバFi1、Fi2、・・・FiKと複数すなわちK本の出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKとの間で切り換えを行うM個の波長群方路切換用マトリックススイッチ(波長方路切換器)BMS2と、その波長群方路切換用マトリックススイッチBMS2からそれぞれ出力された波長群をM個ずつ合波したK群(組)の波長群を各出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKへ出力するK個の出力側光合波分波器BB1~BBKとを、順次備えている。ここで、本実施例の波長群パスクロスコネクタ部BXCは、未公開先願(特願2009-063654号)の図1に記載された波長群パスクロスコネクタ部BXCと比較して、予め設定されたadd/drop率yで波長レベルWLLから加入される所定割合のyKM個の加入波長群と出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKとの間で切り換えを行うM個の波長群加入用マトリックススイッチ(加入波長群加入器)BMS3を備えていない。

30

40

【0029】

上記K個の入力側光合波分波器AB1~ABKの出力端子(出力パス)数、および上記K個の出力側光合波分波器BB1~BBKの入力端子(入力パス)数は、波長群ドロップ用マトリックススイッチBMS1の数、および波長群方路切換用マトリックススイッチBMS2の数と同じであり、M個である。

【0030】

上記入力側光合波分波器AB1~ABKは可逆的に使用可能な一般的なアレイ導波路格子AWGから構成され、出力側光合波分波器BB1~BBKは可逆的に使用可能な一般的

50

な周回性のアレイ導波路格子AWGから構成されている。各入力側光合波分波器AB1～ABKは、たとえば良く知られたアレイ導波路格子AWGから構成され、各入力側光ファイバFi1、Fi2、・・・FiKを介して入力された波長群WB11～WB1M、WB21～WB2M、・・・WBK1～WBKMを波長群単位でM個ずつに分波する。M個の出力端子およびパスから、M個の波長群ドロップ用マトリックススイッチBMS1を通してM個の波長群方路切換用マトリックススイッチBMS2へそれぞれ出力する。

【0031】

上記M個の波長群ドロップ用マトリックススイッチBMS1は、ドロップ波長群選択装置として機能するものであって、K個の入力とyKM個の出力とを有するマトリックススイッチから成るものであり、KM×yKM個のクロスポイント毎にKM×yKM個の光スイッチPSをそれぞれ備え、ある瞬間には1つのドロップ波長群を順次送出するように構成されている。上記M個の波長群方路切換用マトリックススイッチBMS2は、K個の入力とK個の出力とを有するマトリックススイッチから成るものであり、K×K個のクロスポイント毎にK×K個の光スイッチPSをそれぞれ備えている。上記M個の波長群加入用マトリックススイッチBMS3は、yKM個の入力とK個の出力とを有するマトリックススイッチから成るものであり、yKM×KM個のクロスポイント毎にyKM×KM個の光スイッチPSをそれぞれ備えている。このM個の波長群ドロップ用マトリックススイッチBMS1によって、総数(最大数)yKM個のドロップ波長群が抽出される。

【0032】

上記波長パスクロスコネクタ部WXCは、波長レベルWLLにおいて、波長群パスクロスコネクタ部BXCから波長パスクロスコネクタ部WXCへadd/drop率yでドロップされた所定数すなわちyKM個のドロップ波長群をyKMN個の波長へ波長単位で分波する所定割合のyKM個の入力側光合波分波器AW1～AWyKMと、分波されたyKMN個の波長のパスと電気レイヤELへadd/drop率zでドロップさせる所定数すなわちyzKMN個のドロップ波長のパスとの間で切り換えを行うために波長毎に設けられた所定割合のyKM×波長数N個の1×2の光スイッチから成る波長ドロップ用マトリックススイッチWMS1と、電気レイヤELからのyzKMN個の加入波長のパスと前記所定割合の加入波長群を構成する波長のパスとの間で切り換えを行うyKMN個の1×2の波長加入用マトリックススイッチWMS3と、それら波長ドロップ用マトリックススイッチWMS1および波長加入用マトリックススイッチWMS3を通過したことでドロップ波長が除かれ且つ新たな加入波長が加入されたyKMN個の各波長から新たな波長群を組み立てるための方路切換をそれぞれ行うyKM群且つ1群でN個の1×Kのマトリックススイッチから成る波長方路切換用マトリックススイッチWMS2と、それらの波長方路切換用マトリックススイッチWMS2からある瞬間にそれぞれ出力された波長をN個ずつ合波した加入波長群を順次構成するためのyKM群且つ1群でK個の出力側光合波分波器BW1～BWKとを、順次備えている。

【0033】

波長群合波器BCは、たとえばK個の(yKM+1)×1光カプラPC1、PC2、・・・PCKを備え、波長群パスクロスコネクタ部BXCにより方路切換されてK本の出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKへそれぞれ1組ずつ出力するためのK群の波長群と、波長パスクロスコネクタ部WXCにより組み直されてK本の出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKのいずれかへ出力するための加入波長群とを合波してK本の出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKへそれぞれ入力させる。

【0034】

上記入力側光合波分波器AW1～AWyKMは、ドロップ波長群をそれぞれ構成する複数の波長を、波長毎の群として分割可能に出力するようにたとえばアレイ導波路格子AWGから構成されている。このようにドロップ波長群をそれぞれ構成する複数の波長が波長毎の群として分割可能に出力されることで、順序の等しい波長毎に分割した波長毎の波長方路切換用マトリックススイッチWMS2を簡単に構成することを可能とし、その波長方路切換用マトリックススイッチWMS2の規模およびそれに用いられる光スイッチ数をyK

10

20

30

40

50

MN個全体として大幅に低減することを可能としている。マトリックススイッチの規模は、入力数×出力数であるから、波長毎に分割することで、yKMN個の1×Kマトリックススイッチを用意することで全体としての規模およびそれに用いられる光スイッチ数を大幅に低減することができる。

【0035】

上記アレイ導波路格子AWGは、たとえば図4に示す良く知られたものであり、相互に光路長差を有する複数本のアレイ導波路20と、入力ポート16をそれぞれ有する複数本の入力側導波路22と、その入力側導波路22とアレイ導波路20との間に設けられ、入力ポート16に入力された波長分割多重(WDM)光を拡散により分配して複数本のアレイ導波路20の入力側端部にそれぞれ入力させる入力レンズ導波路24と、光接続路18にそれぞれ接続された複数本の出力側導波路26と、その出力側導波路26とアレイ導波路20との間に設けられ、複数本のアレイ導波路20の出力側端部から出力された波長分割多重光に含まれる複数の波長チャンネル(たとえば100GHzずつ相違する中心波長位置が相違する互いに異なる波長の複数の光信号)を複数本のアレイ導波路20の相互の光路長差に基づく回折により波長毎に個別に分光するとともに出力側導波路26の端部に集光させることにより予め設定された出力側導波路26へそれぞれ分波し、別々の分波により1つの出力側導波路26の端部に集光された光を合波して出力させる出力レンズ導波路28とを備えている。

【0036】

上記アレイ導波路格子AWGは、一般に、共通の光ファイバ(波長群パス)で伝送される複数の波長群(波長多重光)WBを十分な信号強度で波長群単位で分波するようにアレイ導波路20および出力レンズ導波路28等が設定されており、他方のアレイ導波路格子AWG2では、使用される波長チャンネル1乃至Kを十分な信号強度で個別に分光できる十分な分解能を備えるように、アレイ導波路20および出力レンズ導波路28等が設計されている。上記アレイ導波路格子AWGは、波長分割多重光が少なくとも波長チャンネル毎の合波分波に必要な波長の分解能で分波および合波を可能とする性能を有するとともに、図5に示すように、1個の入力ポートに対して入力される波長分割多重光に含まれる複数の波長チャンネル1～16を波長毎に分離する波長分離機能と、複数の入力ポートに対して入力位置が1つずらしてその入力ポートに入力される波長分割多重光に含まれる複数の波長チャンネル2～17を入力させることで、同じ波長が現れる出力ポートの位置が順次1つずつずれて出力する特性(機能)とを有する。

【0037】

また、出力側光合波分波器BW1～BWKは、たとえば図6に示すように所定の入力ポート1に入力される波長分割多重光に含まれる複数の波長チャンネル1～16のうちの1～8が出力ポート1から出力ポート8まで順次出力され、次の波長9～16が再び出力ポート1から出力ポート8まで順次出力されるように構成されるように波長周期性を有する第2アレイ導波路格子AWG2から構成される。このような波長周期性を有する場合でも、入力と出力との関係が可逆的に成立するので、光の伝播方向を逆にすれば波長群光分波器としても機能できる。

【0038】

本実施例の入力側光合波分波器AW1～AWyKMは、図7に例示されるように連続配置波長群分波器として作動する第1アレイ導波路格子AWG1に代表されるようにそれぞれ構成される。簡単に説明するために図7では、ドロップ波長群としてたとえば図2に示す連続配置型の3つの波長群WB1(=5、6、7)、WB2(=8、9、10)、WB3(=11、12、13)を用いて、それら波長群WB1、WB2、WB3を構成する複数の波長5～7、8～10、11～13が分波される一方の作動が示されている。すなわち、第1アレイ導波路格子AWG1の入力ポート(入力端子)のうちの相互に2つ置きに離れた互いに異なる入力ポートにそれぞれ入力されると、その出力ポートのうちのその波長群をそれぞれ構成する波長数に対応する数(図7では各3波長)の予め定められた互いに隣接する共通の1組の出力ポートから、その波長群W

10

20

30

40

50

B 1、W B 2、W B 3 をそれぞれ構成する波長の組 5 ~ 7、8 ~ 10、11 ~ 13 が並列的に出力される。このように1組を構成する3つの出力ポートのうちの第1の出力ポートから5、8、11が出力され、第2の出力ポートから6、9、12が出力され、第3の出力ポートから7、10、13が出力されると、たとえば図5に示すように作動する第2アレイ導波路格子A W G 2 が用いられて、1つの出力ポートから1個の波長が出力される。結局、入力側光合波分波器A W 1 ~ A W y K M から y K M × N 個の出力ポートから波長出力が行われ、各波長毎に対応して分割されたN個の波長方路切換用マトリックススイッチW M S 2 へそれぞれ入力される。

【0039】

また、図8は、出力側光合波分波器B W 1 ~ B W K の作動を、それに含まれる連続配置波長群分波器として作動する第1アレイ導波路格子A W G 1 に代表させて、図7と同様に簡単に説明するために、共通の組を構成する3つの入力端子から入力された3組の波長5 ~ 7、8 ~ 10、11 ~ 13 から、3つの波長群W B 1 (= 5、6、7)、W B 2 (= 8、9、10)、W B 3 (= 11、12、13) を合波して異なる出力ポートから出力する作動が示されている。上記入力ポートに入力される3組の波長5 ~ 7、8 ~ 10、11 ~ 13 は、たとえば図5に示すように作動と逆方向に作動する第2アレイ導波路格子A W G 2 が用いられて、異なる入力ポートにそれぞれ入力された5、8、11、6、9、12、7、10、13が合波されて1組の共通の3出力ポートから(5、8、11)、(6、9、12)、(7、10、13)がそれぞれ出力される。

【0040】

図9は、光パスクロスコネクタ装置10において、入力側光合波分波器A W 1 ~ A W y K M のうち入力側光合波分波器A W 1 を代表させてその入出力作動および局部的パスを説明する図である。入力側光合波分波器A W 1 は、複数のドロップ波長群W B 1、W B 2、・・・W B M が択一的に入力されると、それらにそれぞれ含まれる波長1、波長2、・・・Nが分波されて、第1波長用の方路切換用マトリックススイッチW M S 2、第2波長用の方路切換用マトリックススイッチW M S 2、・・・第N波長用の方路切換用マトリックススイッチW M S 2 へそれぞれ分配する。

【0041】

本実施例では、add/drop率zが仮に1と設定されており、波長ドロップ用マトリックススイッチW M S 1、および波長加入用マトリックススイッチW M S 3 は、波長毎に分割されることによりy K M N 個の1 × 2のマトリックススイッチおよび2 × 1のマトリックススイッチすなわち1 × 2および2 × 1の光スイッチP S からそれぞれ構成されている。したがって、本実施例の波長ドロップ用マトリックススイッチW M S 1 および波長加入用マトリックススイッチW M S 3 は、合計で、2 y K M N 個のクロスポイント数すなわち光スイッチP S を備えている。また、波長方路切換用マトリックススイッチW M S 2 は、y K M N 個の1 × Kのマトリックススイッチすなわち1 × Kの光スイッチP S から構成されている。すなわち、波長方路切換用マトリックススイッチW M S 2 は、個々には、1 × Kのマトリックススイッチすなわち1 × Kの光スイッチP S から構成されているが、全体として、1群でN個の1 × Kのマトリックススイッチすなわち1 × Kの光スイッチP S がy K M 群で構成されている。

【0042】

ここで、上記光スイッチP S は、たとえば図10に示すように、第1ポートP 1 から第3ポートP 3 に至る第1アーム導波路36と、第2ポートP 2 から第4ポートP 4 に至る第2アーム導波路38と、それら第1アーム導波路36および第2アーム導波路38が相互に接近させられることにより構成された1対の3 dB方向性結合器40および42と、それら1対の3 dB方向性結合器40および42の間において第1アーム導波路36および第2アーム導波路38上に設けられた薄膜ヒータ44および46とを備えることにより基本的に構成されている。この光スイッチP S では、上記第1アーム導波路36および第2アーム導波路38によってマッハツェンダ干渉計が基本的に構成されており、第1アーム

10

20

30

40

50

△導波路36および第2アーム導波路38の光路長差 L が零であるときは、入力光は第1ポートP1から第4ポートP4へ、或いは第2ポートP2から第3ポートP3へのクロス経路を経て出力されるが、光路長差 L が半波長であるときは入力光は第1ポートP1から第3ポートP3へ、或いは第2ポートP2から第4ポートP4へのバー経路を経て出力される性質があるので、光路差変更器として機能する上記薄膜ヒータ44および46で発生させる熱による熱光学効果を用いて行路長差 L を制御することにより、入力信号を第3ポートP3または第4ポートP4のいずれかから出力されるように制御できるようになっている。すなわち、1入力2出力或いは2入力1出力の光スイッチ(1×2SW)或いは(2×1SW)が構成される。

【0043】

上記光スイッチPSは、それを含むマトリックススイッチWMS1、WMS2、WMS3を構成する光導波路、入力側光合波分波器AW1～AWKおよび出力側光合波分波器BW1～BWKを構成する複数のアレイ導波路格子AWGおよびそれらアレイ導波路格子AWGを相互に接続する光導波路(パス)、マトリックススイッチBMS1、BMS2、BMS3の相互間、それらと入力側光合波分波器AB1～ABKおよび出力側光合波分波器BB1～BBKとの間を接続する光導波路(パス)と共に、たとえば石英若しくはシリコン製の1乃至複数個の基板上において石英系プレーナ光波回路(PLC)により一体的なモノリシック構造とされ得る。この場合には、光パスクロスコネクタ装置10が大幅に小型化される。

【0044】

以上のように構成された本実施例の光パスクロスコネクタ装置10では、波長パスクロスコネクタ部WXCにおいて、複数(yKM)群の波長方路切替用マトリックススイッチ(波長方路切替用光スイッチ)WMS2は、yKM個の入力側光合波分波器(入力側波長分波器)AW1～AWyKMとK個の出力側光合波分波器(出力側波長合波器)BW1～BWKとの間において、そのyKM個の入力側光合波分波器AW1～AWyKMによりそれぞれ分波される波長毎に設けられて、入力された1つの波長を複数の出力側波長群パスとして機能するK本の出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKに対応する出力ポートから択一的にそれぞれ出力し、出力側光合波分波器BW1～BWKは、1群の波長方路切替用マトリックススイッチWMS2から出力される波長をそれぞれ合波したアド波長群を、前記波長群パスクロスコネクタ部BXCを経由しないで上記複数の出力側波長群パスとして機能するK本の出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKへそれぞれ直接的に出力するので、波長方路切替用マトリックススイッチWMS2は、波長毎にその方路を切り換える1×ファイバ数(K:入力側波長群パス数、出力側波長群パス数)のスイッチを、ドロップ波長群を構成する波長数y×K×M(1波長群パス内の波長群数)×N(1波長群内の波長数)で決まる個数で構成することができ、使用しない領域を含まないように構成される。従って、波長方路切替用マトリックススイッチWMS2の規模が小さくなり、光パスネットワークの階層化光パスクロスコネクタ装置10が小型且つ安価となる。

【0045】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置10では、複数の出力側波長群パスとして機能するK本の出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKの入力側に、波長群合波器BCを構成する複数個の光カプラPC1～PCKがそれぞれ設けられ、複数(K個)の出力側光合波分波器BW1～BWKから出力されたアド波長群と前記波長群パスクロスコネクタ部BXCから出力された複数の波長群は、それら複数の光カプラPC1～PCKを介して複数の出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKへそれぞれ入力されることから、波長群パスクロスコネクタ部BXCを経由しないでK本の出力側光ファイバFo1、Fo2、・・・FoKへそれぞれ入力されるので、波長群パスクロスコネクタ部BXC内に、波長パスクロスコネクタ部WXCから波長群パスクロスコネクタ部BXCへ加入(アド)波長群を戻して組み直すための比較的スイッチ規模の大きい波長群加入用マトリックススイッチを必要とせず、光パスネットワークの階層化光パスクロスコネクタ装置10が小型且つ安価となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置 10 では、複数 ($y \times K \times M$) 群の波長方路切
換用マトリックススイッチ $WMS2$ は、入力側光合波分波器 $AW1 \sim AWyKM$ の複数の出
力ポートに対応した複数 (N 個) の $1 \times K$ 光スイッチで 1 群を構成し、該 1 群の $1 \times K$ 光
スイッチを入力側光合波分波器 $AW1 \sim AWyKM$ の数 $y \times K \times M$ に対応した $y \times K \times M$ 群備えたも
のであり、複数 ($y \times K \times M$) 個の入力側光合波分波器 $AW1 \sim AWyKM$ と $y \times K \times M$ 群の波長方
路切換用マトリックススイッチ $WMS2$ との間には、ドロップ波長を電気レベルへドロ
ップさせるための波長ドロップ用マトリックススイッチ $WMS1$ と、その電気レベルから入
力される信号を表わすアド波長を加入させる波長加入用マトリックススイッチ $WMS3$ と
が、それぞれ介挿されていることから、その後段の波長方路切換用マトリックススイッチ
 $WMS2$ では、ドロップ波長を選択するための切換領域 (光スイッチ数) が不要となるの
で、一層スイッチ規模が小さくなる利点がある。

10

【 0 0 4 7 】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置 10 では、複数組の波長群をそれぞれ構成
する複数群の波長は、長さ順に連続配置された複数の波長から、長さが互いに連続する複
数の波長で 1 群を構成するように順次選択された図 2 の連続配置型波長群が用いられる利
点がある。

【 0 0 4 8 】

図 11 は、本実施例の光パスクロスコネクタ装置 10 におけるマトリックススイッチの
減縮効果を、ファイバ本数 $K = 8$ 、1 ファイバ内の波長群数 $M = 8$ 、1 波長群内の波長数
 $N = 8$ とした場合において説明する図である。図 11 では、波長レベル WLL の波長パ
スクロスコネクタ部 WXC における、波長ドロップ用マトリックススイッチ $WMS1$ および
波長加入用マトリックススイッチ $WMS3$ と、それらの後段に設けられた $1 \times K$ マトリ
ックススイッチである波長方路切換用マトリックススイッチ $WMS2$ が 1 波長群内の波長数
 N 個であって $y \times K \times M$ 群 (1 群で M 個) 設けられ、且つ、 K 個の出力側光合波分波器 (出力
側波長合波器) $BW1 \sim BWK$ から出力されたアド波長群と前記波長群パスクロスコネ
クト部 BXC から出力された複数の波長群とが、複数の光カプラ $PC1 \sim PCN$ を介して複
数の出力側波長群パスへそれぞれ入力されることで、アド波長群が波長群パスクロスコ
ネクタ部 BXC を経由しないで K 本の出力側光ファイバ $Fo1, Fo2, \dots, FoK$ へそれぞれ
入力される形式の本実施例 1 に示される光パスクロスコネクタ装置 10 の場合を実線で示
し、それと同じルーティング条件下で図 12 に示す未公開先願の光パスクロスコネクタ装
置 100 を用いた場合を破線で示している。図 11 において、入力ファイバの本数と光パ
スクロスコネクタ装置の全体としてのマトリックススイッチのクロスポイント数との関係
が示されているが、実線で示される実施例の光パスクロスコネクタ装置は、図 12 の従来
の光パスクロスコネクタ装置と比較して、約 60% も削減される。

20

30

【 0 0 4 9 】

図 12 は、上記未公開先願の光パスクロスコネクタ装置 100 の構成を説明する図 1 に
相当する図である。図 12 の光パスクロスコネクタ装置 100 には、図 1 に示す光パスク
ロスコネクタ装置 10 と同様の機能である部分の符号と同じ符号を付してあるが、(a)
波長パスクロスコネクタ部 WXC において、 $y \times K \times M \times y \times K \times M$ マトリックススイッチから構
成される N 個の波長方路切換用マトリックススイッチ $WMS2$ が設けられる点、(b) y
 $\times K \times M$ 個設けられた出力側光合波分波器 $BW1 \sim BWyKM$ から波長群パスクロスコネク
タ部 BXC 内に設けられた M 個の波長群加入用マトリックススイッチ $BMS3$ に加入波長群が
入力され、そこで波長群方路切換用マトリックススイッチ $BMS2$ において波長群単位で
方路切換が行われた波長群と合波される点で、主に相違する。上記相違点 (a) につ
いては、 $y \times K \times M \times y \times K \times M$ マトリックススイッチから構成される N 個の波長方路切換用マトリ
ックススイッチ $WMS2$ は、ドロップ入力ポート \times アド出力ポートという使用しないクロス
ポイント領域 (マトリックス領域) を有することから不要な経路選択のための光スイ
ッチを多く含むので、クロスポイントが不要に多くなっていた。また、上記相違点 (b) につ
いては、 M 個の波長群加入用マトリックススイッチ $BMS3$ はそれぞれ $K \times y \times K \times M$ という

40

50

規模の大きい構成のものが用いられていた。

【0050】

本実施例の光パスクロスコネクタ装置10によれば、前述のように、 $y \times K \times M$ マトリックススイッチから構成されるN個の波長方路切替用マトリックススイッチWMS2に替えて、不要な経路選択のための機能を除去し、波長毎に対応するN個の $1 \times K$ のマトリックススイッチを $y \times K \times M$ 個設けることで、波長レベルの方路切替を少ない規模で実現している。また、波長群パスクロスコネクタ部BXC内のM個の波長群加入用マトリックススイッチBMS3を除去する代わりに、低コストの光カプラPC1~PCKから成る波長群結合器BCを設けることで、スイッチ規模を大幅に削減している。

【実施例2】

【0051】

次に、本発明の他の実施例を説明する。なお、以下の説明において実施例相互間に共通する機能部分には同一の符号を付して説明を省略する。

【0052】

図13に示す光パスクロスコネクタ装置12は、実施例1の光パスクロスコネクタ装置10と比較して、(a)波長パスクロスコネクタ部WXCの入力側光合波分波器AW1~AWyKMが、前述の図6で例示されたサイクリックAWGによって構成され、(b)波長群パスクロスコネクタ部BXCの波長群ドロップ用マトリックススイッチBMS1が、 $y \times K \times M$ 本の出力ポートを共通に備え、入力側光ファイバFi1、Fi2、...、FiKを介して伝送された連続配置型の波長群WB11~WB1M、WB21~WB2M、...、WBK1~WBKMから抽出したドロップ波長群を、上記サイクリック(波長周回性)AWGによって構成された入力側光合波分波器AW1~AWyKMへそれぞれ並列的に出力する点で、相違するが、他は同様に構成される。

【0053】

本実施例においても、上記サイクリックAWGから成る入力側光合波分波器AW1~AWyKMによってドロップ波長群が実施例1と同様に分波されて波長方路切替用マトリックススイッチWMS2へ入力されるので、その実施例1と同様の効果が得られる。また、本実施例2では、波長群ドロップ用マトリックススイッチBMS1は $y \times K \times M$ 本の出力ポートを共通に備えているので、ドロップ波長群を波長群パスクロスコネクタ部BXCから波長パスクロスコネクタ部WXCへ伝送するための伝送路の本数が大幅に少なくされる。

【実施例3】

【0054】

図14に示す光パスクロスコネクタ装置14は、実施例2の光パスクロスコネクタ装置12と比較して、(a)波長群パスクロスコネクタ部BXC内のドロップ波長群選択器として機能する波長群ドロップ用マトリックススイッチBMS1が除去されるとともに、それに替えて、波長群パスクロスコネクタ部BXCと波長パスクロスコネクタ部WXCとの間にドロップ波長群選択器DBSが設けられ、(b)波長パスクロスコネクタ部WXCにそのドロップ波長群選択器DBSから受けたドロップ波長群を構成する波長を合波する連続配置波長群合波器CBW1~CBWyKMが設けられている点で、相違するが、他は同様に構成される。

【0055】

上記のドロップ波長群選択器DBSは、入力側光ファイバFi1、Fi2、...、FiKと波長群パスクロスコネクタ部BXCとの間の伝送路にそれぞれ設けられて、それぞれ伝送されて来た複数群(K組)の連続配置型の波長群を伝送路毎にそれぞれ分岐する 1×2 カプラと、それら 1×2 カプラによりそれぞれ分岐されたK組の波長群を分岐するための $1 \times y \times K \times M$ カプラと、それら $1 \times y \times K \times M$ カプラから分岐された波長群をそれぞれ受けて、ドロップさせる波長群を出力する $y \times K \times M$ 個の $K \times 1$ マトリックススイッチと、その $K \times 1$ マトリックススイッチから出力されたドロップ波長群を分波する、 $y \times K \times M$ 個の連続配置波長群分波器CWW1~CWWyKMと、それら連続配置波長群分波器CWW1~CWWyKMから出力されるドロップ波長群からある瞬間に1つのドロップ波長群を連続配置波長群合波器

10

20

30

40

50

C B W1 ~ C B WyKM へ通過させる、y K M組であって1組がN個のオンオフ光スイッチ O / F S1 ~ O / F SN とを備えている。

【 0 0 5 6 】

本実施例においても、上記ドロップ波長群選択器 D B S によってドロップ波長群が実施例 1 と同様に分波されて波長バスクロスコネクタ部 W X C へ入力されるので、その実施例 1 と同様の効果が得られる。また、本実施例 3 では、波長群ドロップ用マトリックススイッチ B M S 1 に替えて、安価な 1 x 2 カプラ、1 x y K M カプラ、および規模の小さい y K M 個の K x 1 マトリックススイッチ、オンオフ光スイッチ O / F S が用いられるので、クロスポイントがさらに少なくされる利点がある。

【実施例 4】

【 0 0 5 7 】

図 1 5 に示す光バスクロスコネクタ装置 1 6 は、実施例 3 の光バスクロスコネクタ装置 1 4 に比較して、(a) 波長バスクロスコネクタ部 W X C 内の連続配置波長群合波器 C B W1 ~ C B WyKM が除去されるとともに、サイクリック A W G によって構成された入力側光合波分波器 A W1 ~ A WyKM が実施例 1 のものと同様の連続配置波長群分波器から構成される点で、相違しているが、他は同様に構成される。

【 0 0 5 8 】

本実施例においても、上記ドロップ波長群選択器 D B S によってドロップ波長群が実施例 1 と同様に分波されて波長バスクロスコネクタ部 W X C へ入力されるので、その実施例 3 と同様の効果が得られる。また、本実施例 4 では、連続配置波長群合波器 C B W1 ~ C B WyKM が除去される利点がある。

【実施例 5】

【 0 0 5 9 】

図 1 6 に示す光バスクロスコネクタ装置 1 8 は、実施例 1 の光バスクロスコネクタ装置 1 0 に比較して、(a) 波長バスクロスコネクタ部 W X C において、y K M 個の連続配置型の入力側光合波分波器 A W1 ~ A WyKM が分散配置型とされ、(b) y K M 群且つ 1 群で K 個の出力側光合波分波器 B W1 ~ B WK が、y K M 群且つ 1 群で K 個の分散配置型の出力側波長合波器 C W1 ~ C WK および出力側波長群合波器 D W1 ~ D WK が、設けられている点で、相違するが、他は同様に構成される。

【 0 0 6 0 】

上記入力側光合波分波器 A W1 ~ A WyKM では、図 1 7 に示す分散配置型用の A W G 2 で例示されるように、分散配置された波長 1、4、7 から成る波長群 W B 1、分散配置された波長 2、5、8 から成る波長群 W B 2、分散配置された波長 3、6、9 から成る波長群 W B 3 が複数の入力ポートにそれぞれ入力されると、それら波長群 W B 1、W B 2、W B 3 が分波されて、連続した波長 1、2、3、連続した波長 4、5、6、連続した波長 7、8、9 が複数の出力ポートからそれぞれ出力される。

【 0 0 6 1 】

上記分散配置型の出力側波長合波器 C W1 ~ C WK および出力側波長群合波器 D W1 ~ D WK において、出力側波長合波器 C W1 ~ C WK は波長方路切換用マトリックススイッチ W M S 2 から出力された波長 を波長群毎にまとめ、出力側波長群合波器 D W1 ~ D WK は出力側波長合波器 C W1 ~ C WK によってまとめられた波長を合波し、1つの加入波長群として1つの出力ポートから K 本の出力側光ファイバ F o1、F o2、・・・F oK のうちの 1 つへ送出する。

【 0 0 6 2 】

本実施例においても、分散配置型波長群であっても、上記分散配置型の入力側光合波分波器 A W1 ~ A WyKM によってドロップ波長群が実施例 1 と同様に分波されて波長バスクロスコネクタ部 W X C へ入力され、上記出力側波長合波器 C W1 ~ C WK および出力側波長群合波器 D W1 ~ D WK によって加入波長群が合波されるので、伝送される波長群が分散配置型であっても、実施例 1 と同様の効果が得られる。

10

20

30

40

50

【実施例 6】

【0063】

図18に示す光パスクロスコネクタ装置20は、実施例5の光パスクロスコネクタ装置18と比較して、(a)波長群パスクロスコネクタ部BXC内のドロップ波長群選択器として機能する波長群ドロップ用マトリックススイッチBMS1が除去されるとともに、それに替えて、波長群パスクロスコネクタ部BXCと波長パスクロスコネクタ部WXCとの間に図15(実施例4)と同様のドロップ波長群選択器DBSが設けられる点で、相違するが、他は同様に構成される。

【0064】

上記のドロップ波長群選択器DBSは、入力側光ファイバFi1、Fi2、・・・FiKと波長群パスクロスコネクタ部BXCとの間の伝送路にそれぞれ設けられて、それぞれ伝送されて来た複数群(K組)の連続配置型の波長群を伝送路毎にそれぞれ分岐する1×2カプラと、それら1×2によりそれぞれ分岐されたK組の波長群を分岐するための1×yKMカプラと、それら1×yKMカプラから分岐された波長群をそれぞれ受けて、ドロップさせる波長群を出力するyKM個のK×1マトリックススイッチと、そのK×1マトリックススイッチから出力されたドロップ波長群を分波する、yKM個の分散配置型の波長群分波器CWW1～CWWyKMと、それら連続配置波長群分波器CWW1～CWWyKMから出力されるドロップ波長群からある瞬間に1つのドロップ波長群を連続配置型の入力側光合波分波器AW1～AWyKMへ通過させる、yKM組であって1組がN個のオンオフ光スイッチO/FS1～O/FSNとを備えている。実施例3では、波長群分波器CWW1～CWWyKMが連続配置型であったのに対して本実施例6では分散配置型である点で相違している。

【0065】

本実施例においても、分散配置型波長群であっても、上記ドロップ波長群選択器DBSによってドロップ波長群が実施例1と同様に分波されて波長パスクロスコネクタ部WXCへ入力されるので、その実施例5と同様の効果が得られる。また、本実施例6では、波長群ドロップ用マトリックススイッチBMS1に替えて、安価な1×2カプラ、1×yKMカプラ、および規模の小さいyKM個のK×1マトリックススイッチ、オンオフ光スイッチO/FSが用いられるので、クロスポイントがさらに少なくされる利点がある。

【実施例 7】

【0066】

図19に示す光パスクロスコネクタ装置22は、実施例2の光パスクロスコネクタ装置12と比較して、図面上の差はないが、(a)波長パスクロスコネクタ部WXCにおいて、yKM個の連続配置型の入力側光合波分波器AW1～AWyKMが分散配置型であって図20に示す周回性AWGから構成され、(b)yKM群且つ1群でK個の出力側光合波分波器BW1～BWKも、分散配置型であって図20に示す周回性AWGから構成されている点で、相違するが、他は同様に構成される。

【0067】

図20は、仮に、1群内の波長数Nが8、群数Mが10である波長群WB1～WB10が1×(=9)の周回性AWGに択一的に入力されたときの出力を示している。この場合の周回性AWGのサイズは、出力ポート数Nであって、波長群数M(=10)と出力ポート数とが互いに素(共通の約数を持たない)となるように設定されている。

【0068】

本実施例においても、上記サイクリックAWGから成る入力側光合波分波器AW1～AWyKMによってドロップ波長群が実施例1と同様に分波されて波長方路切換用マトリックススイッチWMS2へ入力されるので、その実施例1と同様の効果が得られる。また、本実施例7では、実施例2と同様に、波長群ドロップ用マトリックススイッチBMS1はyKM本の出力ポートを共通に備えているので、ドロップ波長群を波長群パスクロスコネクタ部BXCから波長パスクロスコネクタ部WXCへ伝送するための伝送路の本数が大幅に少なくされる。

10

20

30

40

50

【実施例 8】

【0069】

図 2 1 に示す光パスクロスコネクタ装置 2 4 は、実施例 1 の光パスクロスコネクタ装置 1 0 に比較して、図面上の差はないが、(a) 波長パスクロスコネクタ部 W X C において、 y K M 個の連続配置型の入力側光合波分波器 A W 1 ~ A W y K M が分散配置型であって図 2 2 に示す周回性 A W G から構成され、(b) y K M 群且つ 1 群で K 個の出力側光合波分波器 B W 1 ~ B W K も、分散配置型であって図 2 0 に示す周回性 A W G から構成されている点で、相違するが、他は同様に構成される。

【0070】

図 2 2 は、仮に、1 群内の波長数 N が 8、群数 M が 1 0 である波長群 W B 1 ~ W B 1 0 が図 2 0 に示すものと同様の分散配置された波長から構成されている場合に、それら波長群 W B 1 ~ W B 1 0 を $9 1 \times 9 1$ の周回性 A W G に入力されたときの出力を示している。この場合の周回性 A W G は、波長群数 M と波長数 N とが互いに素 (共通の約数を持たない) となるように設定されている。なお、図 2 2 において、例えば、1 - 2 という記号は波長群 1 の第二波長 (1 1) を表すものである。

10

【0071】

本実施例においても、上記サイクリック A W G から成る入力側光合波分波器 A W 1 ~ A W y K M によってドロップ波長群が実施例 1 と同様に分波されて波長方路切換用マトリックススイッチ W M S 2 へ入力されるので、その実施例 1 と同様の効果が得られる。

【0072】

以上、本発明の一実施例を図面に基づいて説明したが、本発明はその他の態様においても適用される。

20

【0073】

たとえば、前述の実施例の光パスクロスコネクタ装置 1 0 は、波長群レベル W B L および波長レベル W L L で波長群単位および波長単位でそれぞれクロスコネクタを行う階層化 (2 階層) 構成の光パスクロスコネクタ装置であったが、3 階層以上に構成されたものであっても適用される。

【0074】

また、前述の光パスクロスコネクタ装置 1 0 において、入力側光ファイバ $F i 1$ 、 $F i 2$ 、 \dots $F i K$ および出力側光ファイバ $F o 1$ 、 $F o 2$ 、 \dots $F o K$ の本数 K 、1 本の光ファイバにより伝送される波長群数 M 、1 個の波長群に含まれる波長数 N 、波長群レベル W B L と波長レベル W L L との間の $a d d / d r o p$ 率 y 、波長レベル W L L と電気レベル E L との間の $a d d / d r o p$ 率 z は、必要に応じて種々変更され得るものである。

30

【0075】

また、光パスクロスコネクタ装置 1 0 には、波長群パスクロスコネクタ部 B X C から波長パスクロスコネクタ部 W X C へドロップさせられる複数のドロップ波長群を入力側光合波分波器 A W 1 ~ A W y K M の数に制限するドロップ波長群数制限器 D B R、および、波長パスクロスコネクタ部 W X C から波長群パスクロスコネクタ部 B X C へ加入する加入波長群数制限器 A B R の少なくとも一方が、必要に応じて備えられてもよい。これらドロップ波長群数制限器 D B R および加入波長群数制限器 A B R は、 N 個の 1×2 光スイッチ P S から構成されてもよいが、たとえば y K M \times y K M のマトリックススイッチ或いは K M \times y K M のマトリックススイッチ、 y K M N 個の入力と y z K M N 個の出力とを有するマトリックススイッチなどにより必要に応じて構成される。

40

【0076】

その他、一々例示はしないが、本発明はその趣旨を逸脱しない範囲で種々変更を加え得るものである。

【符号の説明】

【0077】

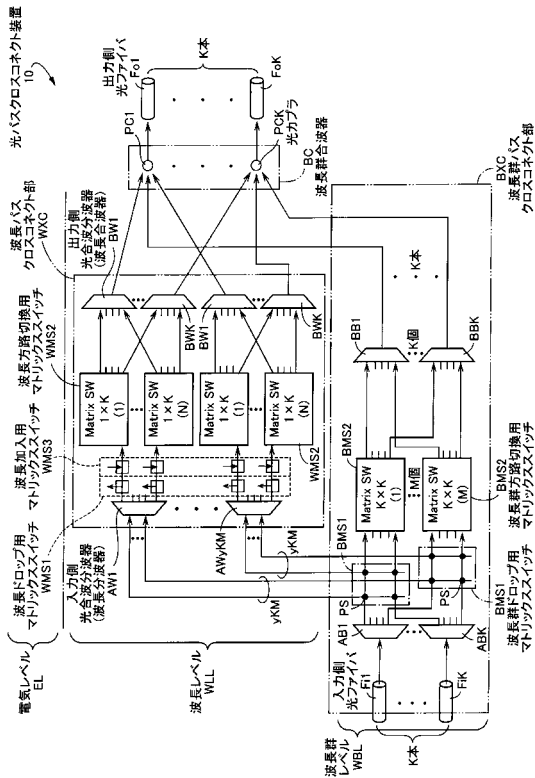
1 0 : 光パスクロスコネクタ装置 (階層化光パスクロスコネクタ装置)

$F i 1$ 、 $F i 2$ 、 \dots $F i K$: 入力側光ファイバ (入力側波長群パス)

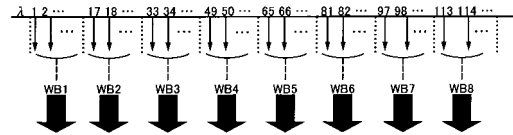
50

- F o1、F o2、・・・F oK：出力側光ファイバ（出力側波長群パス）
- B X C：波長群パスクロスコネクト部
- W X C：波長パスクロスコネクト部
- A W1 ~ A WyKM：入力側光合波分波器（入力側波長分波器）
- B W1 ~ BWK：出力側光合波分波器（出力側波長合波器）
- WMS 1：波長ドロップ用マトリックススイッチ（ドロップ波長用光スイッチ）
- WMS 2：波長方路切換用マトリックススイッチ（波長方路切換用光スイッチ）
- WMS 3：波長加入用マトリックススイッチ（アド波長用光スイッチ）
- B C：波長群結合器（光カプラ）
- P S：光スイッチ
- A W G：アレイ導波路格子

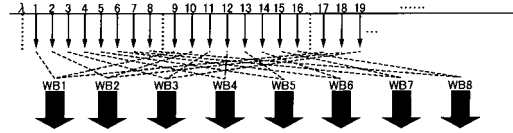
【 図 1 】



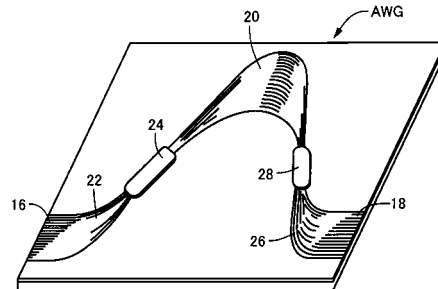
【 図 2 】



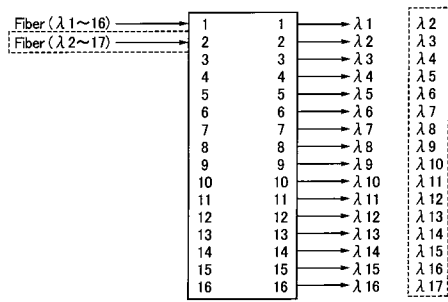
【 図 3 】



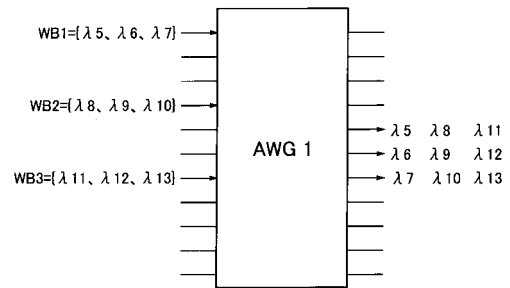
【 図 4 】



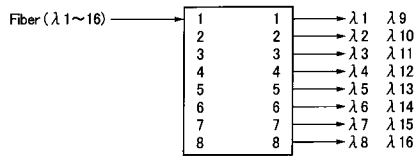
【図5】



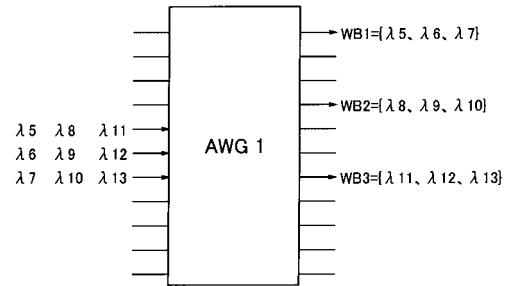
【図7】



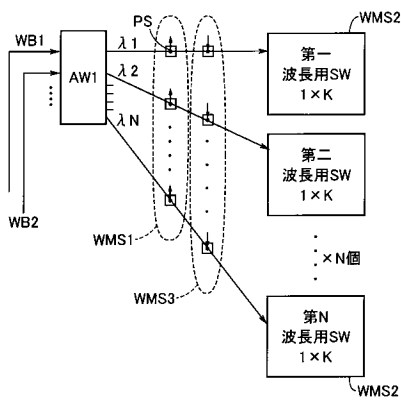
【図6】



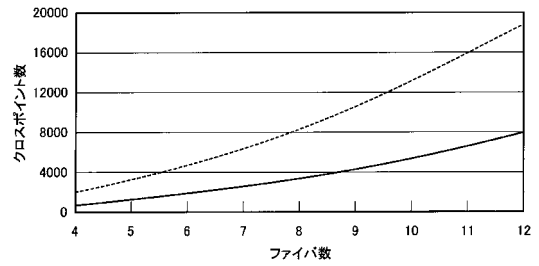
【図8】



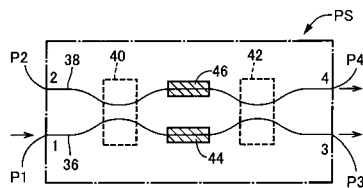
【図9】



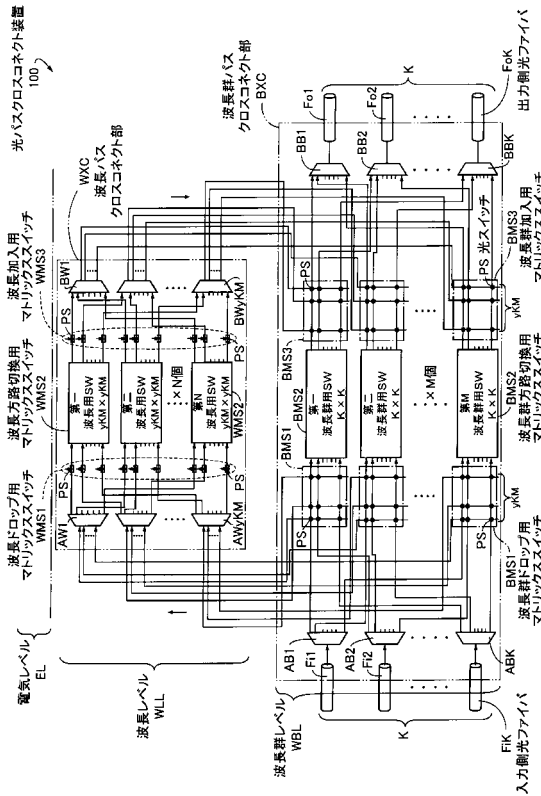
【図11】



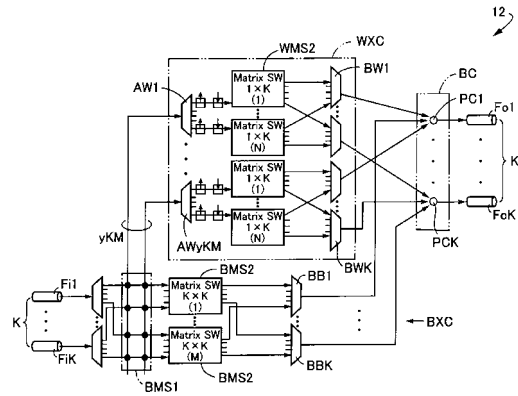
【図10】



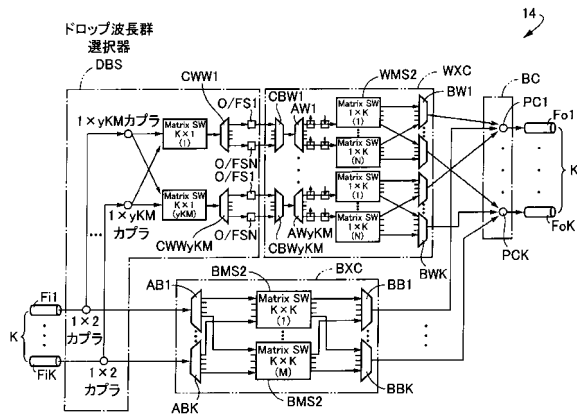
【 図 1 2 】



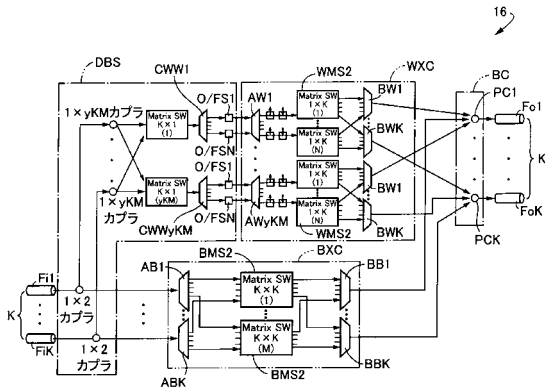
【 図 1 3 】



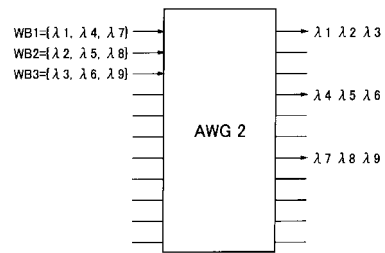
【 図 1 4 】



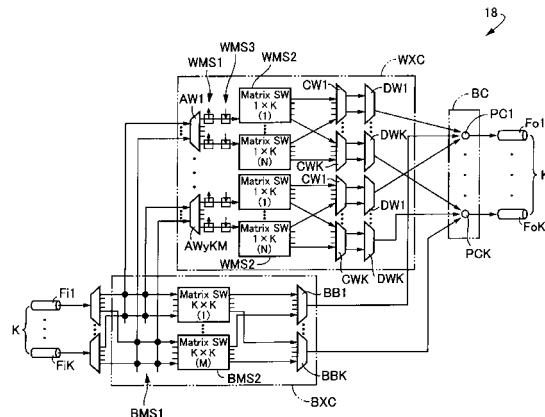
【 図 1 5 】



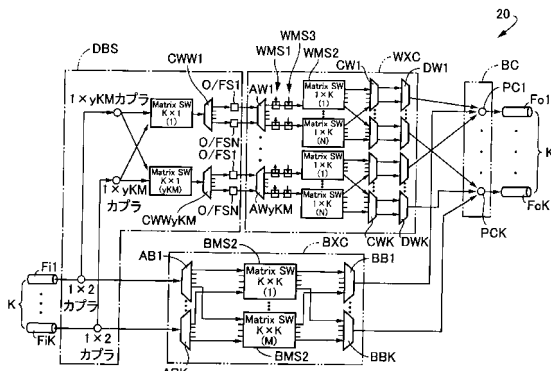
【 図 1 7 】



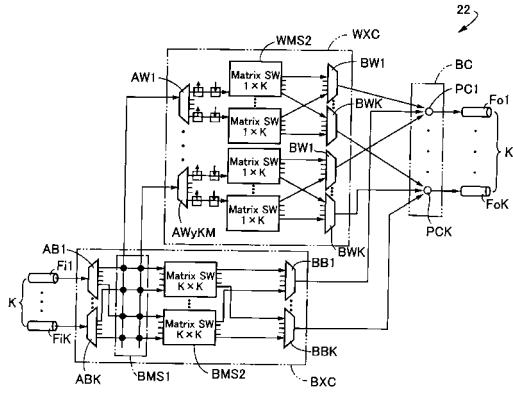
【 図 1 6 】



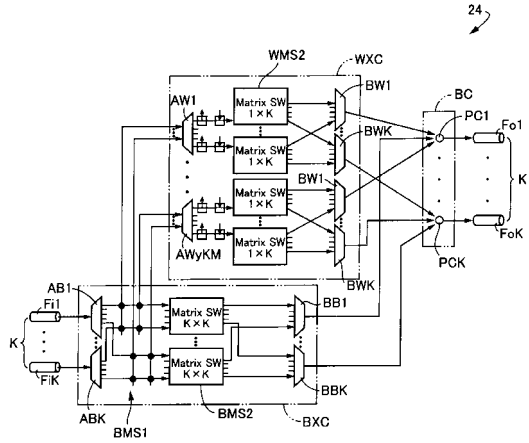
【 図 1 8 】



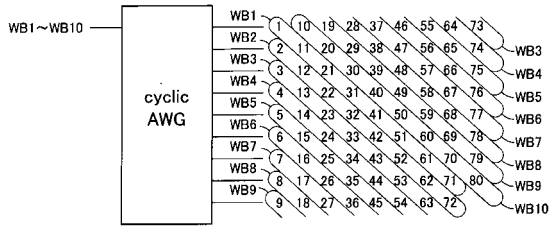
【 図 19 】



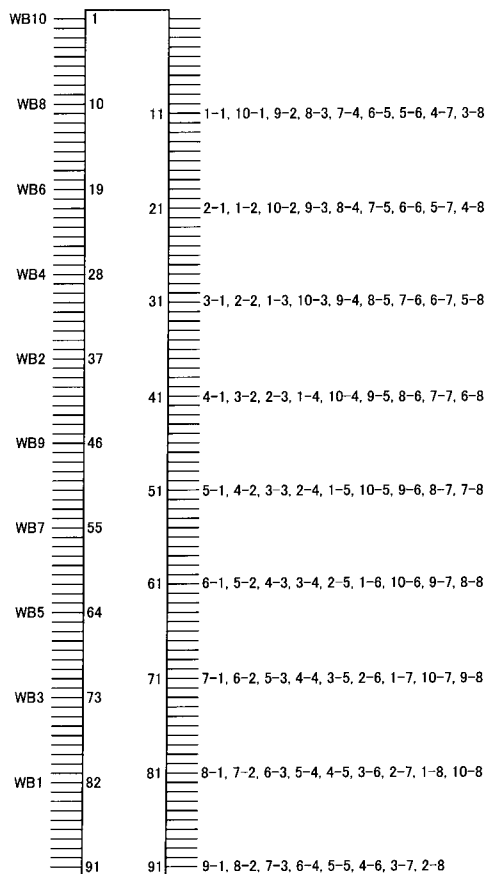
【 図 21 】



【 図 20 】



【 図 22 】



フロントページの続き

- (72)発明者 平光 亮介
愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 石井 紀代
愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内

審査官 戸次 一夫

- (56)参考文献 特開2006-042012(JP,A)
特開2003-198485(JP,A)
特開2003-338790(JP,A)
平光 亮介、外3名、全波長群パスに対するadd/drop率を制約可能な多階層光パスクロスコネクトノード構成及び光スイッチ規模の評価、電子情報通信学会2009年総合大会講演論文集、日本、社団法人電子情報通信学会、2009年3月4日、通信2、463頁
鈴木 基志、外3名、階層型光ネットワークにおける波長変換の導入部分及びそのコスト削減効果、電子情報通信学会論文誌. B, 通信 J88-B(8)、日本、社団法人電子情報通信学会、2005年8月1日、Vol.J88-B No.8、1411-1421頁

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/90、
H04J14/00-14/08、
H04Q 3/52、
11/00-11/08