

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5467323号
(P5467323)

(45) 発行日 平成26年4月9日(2014.4.9)

(24) 登録日 平成26年2月7日(2014.2.7)

(51) Int. Cl.		F I			
HO4Q	3/52	(2006.01)	HO4Q	3/52	C
HO4B	10/27	(2013.01)	HO4B	9/00	T
HO4J	14/00	(2006.01)	HO4B	9/00	E
HO4J	14/02	(2006.01)			

請求項の数 6 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2010-204978 (P2010-204978)	(73) 特許権者	504139662
(22) 出願日	平成22年9月13日 (2010.9.13)		国立大学法人名古屋大学
(65) 公開番号	特開2012-60622 (P2012-60622A)		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22日 (2012.3.22)	(74) 代理人	100085361
審査請求日	平成25年3月12日 (2013.3.12)		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光終端装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光パスネットワークにおいて、複数の光ファイバを介してそれぞれ中継ノードへ並列的に伝送されてきた複数の波長分割多重光中から選択された1つの波長分割多重光から、それに含まれる複数の波長群のいずれかを構成する所定の波長パスの光信号を選択して電気レイヤへドロップさせる可変フィルタを備えた光パスネットワークの光信号終端装置であって、

前記可変フィルタは、

前記1つの波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波し、該複数の波長群から1つの波長群を選択し、該選択された1つの波長群を構成する複数の波長から1つの波長を選択して前記電気レイヤに含まれる複数の受信器のうちの1つへドロップさせるものである

ことを特徴とする光パスネットワークの光信号終端装置。

【請求項2】

前記複数の光ファイバから前記波長分割多重光を分岐する複数個の光分岐装置と、該複数の光分岐装置からそれぞれ分岐された複数の波長分割多重光のうちの1つを選択し、前記複数の可変フィルタのうちの1つへ出力する複数のマトリクス光スイッチとを含む、ことを特徴とする請求項1の光パスネットワークの光信号終端装置。

【請求項3】

前記可変フィルタは、

前記波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波する波長群分波器と、
該波長群分波器により分波された複数の波長群から1つの波長群を選択する波長群選択器と、

該波長群選択器により選択された1つの波長群からそれを構成する波長に分波する波長分波器と、

該波長分波器により分波された複数の波長から1つの波長を選択して前記電気レイヤに含まれる複数の受信器のうちの1つへドロップさせるドロップ波長選択器と

を、含むことを特徴とする請求項1または2の光パズネットワークの光信号終端装置。

【請求項4】

前記波長分割多重光は、それを構成する複数の波長群をそれぞれ構成する波長が、波長の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の光パズネットワークの光信号終端装置。

10

【請求項5】

前記波長分割多重光は、それを構成する複数の波長群をそれぞれ構成する複数の波長は、波長の長さ順に連続配置された複数の波長から長さが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の光パズネットワークの光信号終端装置。

【請求項6】

前記光信号終端装置は、前記電気レイヤから加入された波長パスの光信号を選択し、該選択された波長から波長群を合波するアド側可変フィルタと、該合波された波長群から波長分割多重光を合波して、光ファイバへ転送するアド側分岐装置とを有するものである請求項1の光信号終端装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数本たとえばK本の光ファイバを介して、複数個たとえばN個の波長チャネルを有する1つの波長群がたとえばM個からなる波長分割多重光が並列的にそれぞれ伝送される光パズネットワークにおいて、その波長群単位で方路切換し或いは波長単位で方路切換を行う中継ノードにおいて、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に対して、上記K本の光ファイバを介して伝送されてきた波長群中に含まれるKMN個の波長チャネルから所定の波長を抽出してドロップさせ、或いは、電気信号から波長チャネルに変換して所定の光ファイバ内の波長分割多重光へ加入（アド）する光終端装置に関するものである。

30

【背景技術】

【0002】

所定の通信波長帯のたとえば100GHz毎に分割された複数個（N個）の波長チャネル（wave channel or light path）にそれぞれ対応する複数Nの波長の光が合波された1群の波長群が複数群（M群）含む波長分割多重（WDM：Wavelength Division Multiplexing）光が、複数本（K本）の光ファイバを介して並列的に伝送される光パズネットワークが知られている。このような光パズネットワークの各中継ノードでは、K本の光ファイバによりそれぞれ伝送された波長分割多重光が、波長群単位で或いは波長分割多重光群単位でそのまま所定の伝送方向の光ファイバへ方路切換されるとともに、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て電気レイヤへドロップ（出力）し、或いは、その電気レイヤから加入（アド入力）された信号を光に変換した波長チャネルを含む波長分割多重光に再合波した波長群が、所定の伝送方向の光ファイバへ方路切換される。たとえば、特許文献1に示される光パズクロスコネクタ装置はその一例である。

40

【0003】

ところで、上記光パズネットワークの中継ノードにおける光信号終端処理に際して、光パスで伝送される波長レベルと電気レベルとの間において、どの入力ファイバ内の波長分

50

割多重光内のどの波長チャンネルでも任意の電気レイヤ（電気レベル）ELへの接続ポートへドロップでき、アドされた波長チャンネルは任意の波長分割多重光の波長群内へ割り当てができる機能、すなわちカラーレス（colorless）且つディレクションレス（directionless）且つコンテンションレス（contentionless）機能が望まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2008-252664号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の中継ノードでは、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス（contentionless）機能を実現しようとする、巨大な多入力多出力の光スイッチが必要となり、技術面やコスト面で問題があった。たとえば、N個の波長チャンネルの光が合波された1群の波長群をM群含む波長分割多重光がK本の光ファイバでそれぞれ並列的に伝送される場合に、光ルータ等によって電気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へのドロップ或いはその電気レイヤからのアドの割合が所定のadd/drop率zであるとすると、たとえば図46の従来構成（1）に示すように、ドロップ側では、光ファイバからの波長分割多重光を波長単位に分波するためのK個の波長分波器（たとえばアレイ型導波路格子AWG）とzKMN個の波長チャンネルを電気信号へ変換可能な電気レイヤとの間に、KMN×zKMNという大規模の光スイッチを設ける必要があった。同時に、アド側においても、アドされた波長からいずれかの光ファイバへの波長分割多重光を合波するためのK個の波長合波器（たとえばアレイ型導波路格子AWG）とzKMN個の電気信号を波長チャンネルへ変換可能な電気レイヤとの間に、zKMN×KMNという大規模の光スイッチを設ける必要があった。

20

【0006】

これに対して、上記巨大な多入力多出力の光スイッチを使用せずに、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス（contentionless）機能するために、たとえば図47および図48の従来構成（2）に示すように、ドロップ側では、ドロップさせたい波長チャンネルが含まれるファイバを選択するためのzKMN個の1×K光スイッチとzKMN個の波長チャンネルを電気信号へ変換可能な電気レイヤ内のzKMN個の光受信機との間に、zKMN個の可変フィルタ（tunable filter）を設けるといふ提案が考えられる。この提案は未公知である。この可変フィルタは、上記1×K光スイッチにより選択された1群の波長分割多重光から波長単位に分波する1×MN規模の波長分波器（たとえばアレイ型導波路格子AWG）とMN×1規模の波長合波器（たとえばアレイ型導波路格子AWG）との間に、MN個のオンオフ光スイッチを設けて、可変フィルタを構成したものである。このため、合計では、zKMN×MN個という大量のオンオフ光スイッチを必要とするので、コスト面の問題があった。同時に、アド側においても、アドされた波長からいずれかの光ファイバへの波長分割多重光を合波するためのK個のK×1光スイッチとzKMN個の電気信号から波長チャンネルへ変換可能な電気レイヤとの間に、上記同様のzKMN個の可変フィルタが設けられることから、上記同様に、合計では、zKMN×MN個という大量のオンオフ光スイッチを必要とするので、コスト面の問題があった。

30

40

【0007】

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、マトリックス光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中継ノードにおける光終端装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

50

【0008】

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、光パスネットワークにおいて、複数の光ファイバを介してそれぞれ中継ノードへ並列的に伝送されてきた複数の波長分割多重光中から選択された1つの波長分割多重光から、それに含まれる複数の波長群のいずれかを構成する所定の波長パスの光信号を選択して電気レイヤヘドロップさせる可変フィルタを備えた光パスネットワークの光信号終端装置であって、前記可変フィルタは、前記1つの波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波し、該複数の波長群から1つの波長群を選択し、該選択された1つの波長群を構成する複数の波長から1つの波長を選択して前記電気レイヤに含まれる複数の受信器のうちの1つヘドロップさせるものであることにある。

10

【0009】

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の光信号終端装置は、(a)前記複数の光ファイバから前記波長分割多重光をそれぞれ分岐する光分岐装置と、(b)該光分岐装置からそれぞれ分岐された複数の波長分割多重光のうちの1つを選択し、前記複数の可変フィルタのうちの1つへ出力する複数のマトリックス光スイッチとを含むことにある。

【0010】

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の前記可変フィルタは、(1)前記波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波する波長群分波器と、(2)該波長群分波器により分波された複数の波長群から1つの波長群を選択する波長群選択器と、(3)該波長群選択器により選択された1つの波長群からそれを構成する波長に分波する波長分波器と、(4)該波長分波器により分波された複数の波長から1つの波長を選択して前記電気レイヤに含まれる複数の受信器のうちの1つヘドロップさせるドロップ波長選択器とを、含むことにある。

20

【0011】

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において、前記波長分割多重光は、それを構成する複数の波長群をそれぞれ構成する波長が、波長の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。

【0012】

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において、前記波長分割多重光は、それを構成する複数の波長群をそれぞれ構成する複数の波長は、波長の長さが不連続(とびとびの波長チャンネル)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にある。

30

【0013】

また、請求項6に係る発明の要旨とするところは、請求項1の前記光信号終端装置は、前記電気レイヤから加入された波長パスの光信号を選択し、該選択された波長から波長群を合波するアド側可変フィルタと、該合波された波長群から波長分割多重光を合波して、光ファイバへ転送するアド側分岐装置とを有するものであることにある。

40

【発明の効果】

【0014】

請求項1に係る発明によれば、光パスネットワークにおいて、複数の光ファイバを介してそれぞれ中継ノードへ並列的に伝送されてきた複数の波長分割多重光中から選択された1つの波長分割多重光から、それに含まれる複数の波長群のいずれかを構成する所定の波長パスの光信号を選択して電気レイヤヘドロップさせる可変フィルタを備えた光パスネットワークの光信号終端装置において、前記可変フィルタは、前記1つの波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波し、該複数の波長群から1つの波長群を選択し、該選択された1つの波長群を構成する複数の波長から1つの波長を選択して前記電気レイヤに含まれる複数の受信器のうちの1つヘドロップさせるものであることから、各波長分割

50

多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群から必要なものとして選択された1つの波長群をそれを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、上記波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトな光スイッチを組み合わせることで構成されて、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス (contentionless) 機能を実現することができ、終端装置の規模が大幅に削減される。

【0015】

請求項2に係る発明によれば、請求項1の光終端装置は、(a)前記複数の光ファイバから前記波長分割多重光をそれぞれ分岐する光分岐装置と、(b)該光分岐装置からそれぞれ分岐された複数の波長分割多重光のうちの1つを選択し、前記複数の可変フィルタのうちの1つへ出力する複数のマトリックス光スイッチとを含むことから、複数の光ファイバによりそれぞれ伝送された波長分割多重光が複数のマトリックス光スイッチへそれぞれ供給されるので、そのマトリックス光スイッチは、ドロップさせる波長が含まれる波長分割多重光を選択して前記可変フィルタへ供給することができる。

10

【0016】

また、請求項3に係る発明によれば、前記可変フィルタは、(1)前記波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波する波長群分波器と、(2)該波長群分波器により分波された複数の波長群から1つの波長群を選択する波長群選択器と、(3)該波長群選択器により選択された1つの波長群からそれを構成する波長に分波する波長分波器と、(4)該波長分波器により分波された複数の波長から1つの波長を選択して前記電気レイヤに含まれる複数の受信器のうちの1つへドロップさせるドロップ波長選択器とを、含むことから、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群から必要なものとして選択された1つの波長群をそれを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、コンパクトな光スイッチを組み合わせることで、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス (contentionless) 機能を実現することができ、終端装置の規模が大幅に削減される。

20

【0017】

また、請求項4に係る発明によれば、前記波長分割多重光は、それを構成する複数の波長群をそれぞれ構成する波長が、波長の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、その連続配置型波長群に含まれる所定の波長をドロップさせることが可能となる。

30

【0018】

また、請求項5に係る発明によれば、前記波長分割多重光は、それを構成する複数の波長群をそれぞれ構成する複数の波長は、波長の長さが不連続(とびとびの波長チャンネル)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から、その分散配置型波長群に含まれる所定の波長をドロップさせることが可能となる。

【0019】

また、請求項6に係る発明によれば、前記光信号終端装置は、前記電気レイヤから加入された波長パスの光信号を選択し、該選択された波長から波長群を合波するアド側可変フィルタと、該合波された波長群から波長分割多重光を合波して、光ファイバへ転送するアド側分岐装置とを有することから、アドされた波長から複数の波長チャンネルを選択し、その複数の波長チャンネルが合波されて波長群が構成され、複数のそのような波長群が合波されて各波長分割多重光が構成されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトな光スイッチを組み合わせることで構成されて、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス (contentionless) 機能を実現することができ、終端装置の規模が大幅に削減される。

40

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 2 0 】

【図 1】本発明の一実施例の光信号終端装置を含む光パスネットワークの中継ノードの要部構成を説明するための概念図である。

【図 2】図 1 の光パスネットワークにおいて伝送される波長分割多重光のうち、連続配置型の構成を説明する図である。

【図 3】図 1 の光パスネットワークにおいて伝送される波長分割多重光のうち、分散配置型の要部構成を説明する概略図である。

【図 4】図 1 の中継ノードに含まれる光パスクロスコネクタ装置の構成例を説明する図である。

【図 5】図 1 の中継ノードにおいて用いられるマトリックス光スイッチの構成および機能を説明する図である。

10

【図 6】図 1 の中継ノードにおいて用いられる 1×3 光カブラの構成および機能を説明する図である。

【図 7】図 1 の中継ノードにおいて用いられる 3×1 光カブラの構成および機能を説明する図である。

【図 8】図 1 の中継ノードにおいて用いられるアレイ型導波路格子 A W G の構成および機能を説明する図である。

【図 9】図 8 のアレイ型導波路格子 A W G の分波作動を説明する図である。

【図 10】図 8 のアレイ型導波路格子 A W G の周回性分波作動を説明する図である。

【図 11】図 1 の中継ノードにおいて、ドロップ側光終端装置に含まれる可変フィルタの要部構成を説明する図である。

20

【図 12】図 11 の可変フィルタにおいて、波長群分波器 B S を構成する、相互に接続された周回性アレイ型導波路格子および多入力多出力アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 13】図 11 の可変フィルタにおいて、波長群選択器 B E および波長選択器 W E をそれぞれ構成する、ツリー型に接続された $A \times 1$ 光スイッチを示す図である。

【図 14】図 11 の可変フィルタにおいて、波長分波器 W S を構成する 1×4 周回性アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 15】図 11 の実施例 1 における可変フィルタの機能を説明するフローチャートである。

30

【図 16】本発明の他の実施例（実施例 2）の可変フィルタの要部構成を説明するための概念図である。

【図 17】図 16 の可変フィルタにおいて、波長群分波器 B S を構成する、相互に接続されたアレイ型導波路格子 A W G 1 およびアレイ型導波路格子 A W G 2 を説明する図である。

【図 18】図 16 の可変フィルタにおいて、波長群選択器 B E を構成する $A \times 1$ アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 19】図 16 の可変フィルタにおいて、波長選択装置を構成する折返型 2×8 周回性アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 20】本発明の他の実施例（実施例 3）の可変フィルタにおいて、波長群分波器 B S を構成する 1×4 周回性アレイ型導波路格子を説明する図である。

40

【図 21】実施例 3 の可変フィルタにおいて、波長分波器 W S を構成する 1×5 周回性アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 22】本発明の他の実施例（実施例 4）の可変フィルタの要部構成を説明するための概念図である。

【図 23】図 22 の可変フィルタにおいて、波長群分波器 B S を構成する 16×16 折り返し導波路付アレイ型導波路格子の構成を説明する図である。

【図 24】本発明の他の実施例（実施例 5）の可変フィルタにおいて、波長群分波器 B S を構成する相互に接続された一対のアレイ型導波路格子 A W G 1 および A W G 2 を説明する図である。

50

【図 25】図 24 の実施例 5 の可変フィルタにおいて、波長群選択器 B E を構成する $A \times 1$ 光カプラおよびその入力側に設けられたオンオフ光スイッチを説明する図である。

【図 26】本発明の他の実施例（実施例 7）の可変フィルタの要部構成を説明するための概念図である。

【図 27】図 26 の可変フィルタにおいて、波長群分波器 B S 1 を構成する 1×8 周回性アレイ型導波路格子および 8×2 多入力多出力アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 28】図 26 の可変フィルタにおいて、波長群分波器 B S 2 を構成する 1×4 アレイ型導波路格子および 4×2 多入力多出力アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 29】図 26 の可変フィルタにおいて、波長群選択器 B E 1、波長群選択器 B E 2、波長選択器 W E を構成する格子型光スイッチを説明する図である。

10

【図 30】図 26 に示す実施例 7 の可変フィルタの機能を説明するフローチャートである。

【図 31】本発明の他の実施例（実施例 8）の可変フィルタの要部構成を説明するための概念図である。

【図 32】図 31 の可変フィルタにおいて、波長群分波器 B S 3 を構成する 1×2 周回性アレイ型導波路格子および 2×2 多入力多出力アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 33】図 31 の可変フィルタにおいて、波長分波器 W E 1 を構成する 1×2 周回性アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 34】本発明の他の実施例（実施例 9）の可変フィルタの要部構成を説明するための概念図である。

20

【図 35】本発明の他の実施例（実施例 10）の可変フィルタの要部構成を説明するための概念図である。

【図 36】本発明の他の実施例（実施例 11）の可変フィルタの要部構成を説明するための概念図である。

【図 37】図 36 の可変フィルタにおいて、波長分波器 W S を構成する 16×16 多入力多出力アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 38】本発明の他の実施例（実施例 12）の可変フィルタにおいて、波長分波器 W S を構成する 16×16 多入力多出力アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 39】本発明の他の実施例（実施例 13）の可変フィルタの要部構成を説明するための概念図である。

30

【図 40】本発明の他の実施例（実施例 14）の可変フィルタにおいて、波長選択器 W E を構成する 4×4 多入力多出力アレイ型導波路格子および 4×1 周回性アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 41】本発明の他の実施例（実施例 15）の可変フィルタにおいて、波長群分波器 B S を構成する 1×8 周回性アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 42】本発明の他の実施例（実施例 15）の可変フィルタにおいて、波長分波器 W S を構成する 91×91 多入力多出力アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 43】本発明の他の実施例（実施例 15）の可変フィルタにおいて、波長選択器 W E を構成する 1×8 周回性アレイ型導波路格子を説明する図である。

【図 44】本発明の他の実施例（実施例 16）の可変フィルタの要部構成を説明するための概念図である。

40

【図 45】本発明の他の実施例（実施例 18）における可変フィルタの構成を説明する図である。

【図 46】従来構成（1）のドロップ側光終端装置の構成を説明する図である。

【図 47】従来構成（2）のドロップ側光終端装置の構成を説明する図である。

【図 48】図 47 の従来構成（2）のドロップ側光終端装置に含まれる可変フィルタの構成を説明する図である。

【図 49】 $add/drop$ 率 z の変化に関連して、従来構成（1）および（2）と図 11 の実施例との間の光終端装置のスイッチ規模を対比して示す図である。

【図 50】 N を一定の値として固定したとき、1ファイバ中の波長群数 M または 1ファイ

50

パ中の波長数 MN の変化に関連して、従来構成 (2) と実施例 1 とを対比して可変フィルタ 1 個当たりのスイッチ規模を対比して示す図である。

【発明を実施するための形態】

【実施例 1】

【0021】

図 1 は、複数本たとえば K 本の光ファイバ $F_1 \sim F_K$ から構成された光ファイバ束で網状に接続された光パズネットワークの中継ノード R_N の構成の要部を示す略図である。この中継ノード R_N は、波長群パスとして機能する K 本の入力側光ファイバ F_{i1} 、 F_{i2} 、 \dots 、 F_{iK} と、 K 本の出力側光ファイバ F_{o1} 、 F_{o2} 、 \dots 、 F_{oK} との間に設けられ、光パズクロスコネクタ装置 OXC と光信号終端装置 10 とを備えている。

10

【0022】

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 つの波長群 WB が構成され、その波長群 WB が M 個 (M 組) 合波されて 1 つの波長分割多重 (WDM : Wavelength Division Multiplexing) 光が構成され、その波長分割多重光が 1 本の光ファイバ毎に伝送される。すなわち、波長群 $WB_{11} \sim WB_{1M}$ 、 $WB_{21} \sim WB_{2M}$ 、 \dots 、 $WB_{K1} \sim WB_{KM}$ が、光ファイバとして機能する入力側光ファイバ F_{i1} 、 F_{i2} 、 \dots 、 F_{iK} 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 $WB_{11} \sim WB_{1M}$ 、 $WB_{21} \sim WB_{2M}$ 、 \dots 、 $WB_{K1} \sim WB_{KM}$ が、光パズの経路として機能する出力側光ファイバ F_{o1} 、 F_{o2} 、 \dots 、 F_{oK} 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、 $K = 8$ 、 $M = 8$ 、 $N = 12$ に設定される。

20

【0023】

ここで、たとえば波長群 B_{11} に含まれる波長チャネルの波長は $111 \sim 11N$ 、波長群 B_{12} に含まれる波長チャネルの波長は $121 \sim 12N$ 、波長群 B_{1M} に含まれる波長チャネルの波長は $1M1 \sim 1MN$ 、波長群 B_{KM} に含まれる波長チャネルの波長は $KM1 \sim KMN$ となるが、それらの波長たとえば $121 \sim 12N$ 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。

30

【0024】

光パズクロスコネクタ装置 OXC は、 K 本の入力側光ファイバ F_{i1} 、 F_{i2} 、 \dots 、 F_{iK} を介してそれぞれ入力された波長分割多重光に含まれる所定の波長を抽出して所望の他の波長分割多重光に組み入れて所望のファイバを介して伝送する。この光パズクロスコネクタ装置 OXC は、たとえば、波長群レベル WBL において波長群単位でルーティング (方路切換) 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 (方路切換) する図 4 に示す階層型光パズクロスコネクタ装置である。この光パズクロスコネクタ装置 OXC は、 K 本の入力側光ファイバ F_{i1} 、 F_{i2} 、 \dots 、 F_{iK} を介してそれぞれ入力された波長分割多重光すなわち K 群 (K 組) の波長群 $WB_{11} \sim WB_{1M}$ 、 $WB_{21} \sim WB_{2M}$ 、 \dots 、 $WB_{K1} \sim WB_{KM}$ 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 F_{o1} 、 F_{o2} 、 \dots 、 F_{oK} 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 $WB_{11} \sim WB_{1M}$ 、 $WB_{21} \sim WB_{2M}$ 、 \dots 、 $WB_{K1} \sim WB_{KM}$ のうちの所定数すなわち予め設定された $add/drop$ 率 y ($0 \sim 1$ の任意数) でドロップ波長群を波長パズクロスコネクタ部 WXC へドロップさせる波長群パズクロスコネクタ部 BXC と、予め設定された $add/drop$ 率 y ($0 \sim 1$ 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

40

50

る波長パスクロスコネクト部 $W \times C$ と、上記波長群パスクロスコネクト部 $B \times C$ により方位切換されて K 本の出力側光ファイバ F_{o1} 、 F_{o2} 、 \dots 、 F_{oK} 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ト部 $W \times C$ 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 F_{o1} 、 F_{o2} 、 \dots 、 F_{oK} へそれぞれ入力させる波長群合波器 $B \times C$ とを、備えている。なお、光パスクロスコネクト装置 $O \times C$ は、上述の様に階層型光パスクロスコネクト装置構成ではなく、1 階層の光パスクロスコネクト装置でも良い。

【0025】

光信号終端装置 10 は、光ファイバとして機能する K 本の入力側光ファイバ F_{i1} 、 F_{i2} 、 \dots 、 F_{iK} を介してそれぞれ入力された波長分割多重光すなわち K 群 (K 組) の波長群 $WB_{11} \sim WB_{1M}$ 、 $WB_{21} \sim WB_{2M}$ 、 \dots 、 $WB_{K1} \sim WB_{KM}$ から所定 (任意) のドロップ波長を選択して、ルータ等が設けられて電気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 内の複数の受信器 PI のうちの所定 (任意) の受信器へドロップさせるドロップ側光信号終端装置 10d と、電気レイヤ EL 内の複数の送信器 PO のうちの所定 (任意) の送信器から加入 (アド) された光信号すなわちアド波長を必要とされる所定の波長群に加入するとともにさらにその所定の波長群を必要とされるいずれか所定の波長分割多重信号に加入してその所定の波長分割多重信号が伝送される出力側光ファイバ F_{o1} 、 F_{o2} 、 \dots 、 F_{oK} のいずれかから伝送させるアド側光信号終端装置 10a とを備えている。

【0026】

図 1 に戻って、上記ドロップ側光信号終端装置 10d およびアド側光信号終端装置 10a は、その大半は光の方向が異なるだけで、入出力の双方向で可逆的な性質を有する光学部品から相互に同様に構成されている。たとえば一方では分波器として称されるものが他方では合波器として称されたとしても、同じ構成の光学部品である。従って、以下において、アド側光信号終端装置 10a の構成の説明は、ドロップ側光信号終端装置 10d の構成の説明に替えて省略する。なお、アド側光信号終端装置 10a のアド側可変フィルタ TFa は、アド側光源の性質により、省略可能な構成も有る。

【0027】

ドロップ側光信号終端装置 10d は、光パスクロスコネクト装置 $O \times C$ の入力側に接続された K 本の入力側光ファイバ F_{i1} 、 F_{i2} 、 \dots 、 F_{iK} を介してそれぞれ伝送されてきた K 本の波長分割多重信号毎に、総波長チャネル数 KMN に電気レイヤ EL との間 $add/drop$ 率 z を乗算した数 $zKMN$ に分岐する光分岐装置 12d と、光分岐装置 12d により各ファイバからそれぞれ分岐された K 本の波長分割多重信号をそれぞれ受けて、ドロップさせたい波長を含む 1 本の波長分割多重信号を選択する $zKMN$ 本の $1 \times K$ マトリックス光スイッチ MS と、それら $zKMN$ 本の $1 \times K$ マトリックス光スイッチ MS により選択された波長分割多重信号からドロップさせたいドロップ波長を選択して、電気レイヤ EL に設けられた $zKMN$ 本の受信機 PI のうちの所望の受信器へ所望の入力ファイバを伝送されて来た所望の波長を出力する可変フィルタ TFd とを備えている。

【0028】

上記光分岐装置 12d は、入力側光ファイバ F_{i1} 、 F_{i2} 、 \dots 、 F_{iK} に設けられた K 本の 1×2 光カプラと、その 1×2 光カプラによってそれぞれ分岐された波長分割多重信号をそれぞれ増幅する K 本の光増幅器 OA と、その光増幅器 OA によって増幅された波長分割多重光を $zKMN$ 本の $1 \times K$ マトリックス光スイッチ MS へそれぞれ分岐する $1 \times zKMN$ 光カプラとを備えている。 $1 \times zKMN$ 光カプラは、それよりも分岐数の小さい光カプラを多段接続することにより構成されることもできる。また、光カプラの分岐機能は、 WSS (波長選択スイッチ) や VBF (可変波長フィルタ) によっても構成され得る。また、光増幅器 OA は、たとえば光ファイバアンプや、半導体光増幅器 SOA によっても構成されるが、必ずしも設けられていなくてもよい。

【0029】

ここで、本実施例での使用デバイスについて説明する。マトリックス光スイッチ MS は

10

20

30

40

50

、たとえば図5に示すように、複数の入力ポートにそれぞれ入力された波長群或いは波長単位の光信号を任意の配列順序で複数の出力ポートからそれぞれ出力させるものであり、MEMS技術を利用して複数本の入力ファイバおよび複数本の出力ファイバとの間の光路をコリメートレンズおよび1軸または2軸の微小可動ミラー(MEMSミラー)で選択的に形成する、或いはPLC(Planar Lightwave Circuit)技術を利用してガラス導波路とMZI(Mach-Zehnder interferometer)により構成されたマトリックス光スイッチである。このマトリックス光スイッチMSは、入力ポート数と出力ポート数との積に比例して構造が複雑となって高価となる。また、上記光カプラは、たとえば複数本の光ファイバのコアの一部が相互に溶融結合されることにより構成されたものであり、図6に示すように1本の入力ポートに対して複数本の出力ポートを有するものでは、波長群1~4がそのまま複数の出力ポートから出力されるとともに、その光信号強度は各々出力ポート数分の1となる。また、図7に示すように複数本の入力ポートに対して1本の出力ポートを有するものでは、波長2、1および4、3がそれぞれ入力された場合には、入力された光信号の全部の波長1~4が1本の出力ポートから出力されるとともに、その各々の波長の光信号強度は入力信号強度の入力ポート数分の1となる。このように構成された光カプラは、上記マトリックス光スイッチMSに比較して数百分の1のコストとなる。

【0030】

アレイ型導波路格子AWGは、たとえば図8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型導波路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とアレイ型導波路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光WDMを拡散により分配して複数本のアレイ型導波路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とアレイ型導波路20との間に設けられ、複数本のアレイ型導波路20の出力側端部から出力された波長分割多重光WDM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)を複数本のアレイ型導波路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。

【0031】

上記アレイ型導波路格子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型導波路20および出力レンズ導波路28等が設定されており、他方のアレイ型導波路格子AWG2では、使用される波長チャンネル1乃至MN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、アレイ型導波路20および出力レンズ導波路28等が設計されている。上記アレイ型導波路格子AWGは、波長分割多重光WDM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9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WDM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WDM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。

【0032】

図9の16×16アレイ型導波路格子AWGの場合では、入力ポート1に波長群1~16が入力されると、それが分波されて16個の出力ポートから波長1~16が並列的に出力される。逆に、16個の出力ポートから波長1~16が並列的に入力されると、入力ポートからそれらが合波されて波長群1~16が出力される。また、入力ポート2に波長群2~17が入力されると、それが分波されて16個の出力ポートから波長2~17が並列的に出力される。逆に、16個の出力ポートから波長2~

10

20

30

40

50

17が並列的に入力されると、入力ポートからそれらが合波されて波長群 2 ~ 17が出力される。波長数よりも少ない出力ポート数を有する図10の8×8周回性アレイ型導波路格子AWGの場合では、入力ポート1に波長群 1 ~ 16が入力されると、それが分波されて8個の出力ポート1 ~ 8からは波長 1 ~ 8が並列的に出力されると同時に、残りの波長は出力ポート1に周回して波長 9 ~ 16が並列的に出力される。

【0033】

図11は、上記可変フィルタTFdの構成例を示している。アド側終端装置10aの可変フィルタTFaも、光の方向が異なるだけで、入出力の双方向で可逆的な性質を有する光学部品から相互に同様に構成されている。以下において、アド側の可変フィルタTFaの構成の説明は、ドロップ側の可変フィルタTFdの構成の説明に替えて省略する。

10

【0034】

図11において、可変フィルタTFdは、 z KMN個の $1 \times K$ マトリックス光スイッチMSからの波長分割多重光が入力されるための z KMN個の入力ポートSと、電気レイヤELに設けられた z KMN個の受信機PIへドロップ波長を出力するための z KMN個の出力ポートTと、一対の入力ポートSおよび出力ポートT間に直列にそれぞれ介挿された、波長分割多重光から複数の波長群を分離し且つ分離された波長群中からドロップ波長を含む波長群を分離選択する波長群分離選択器30、および、その波長群から波長を分離し且つ分離された波長からドロップ波長を選択する波長分離選択器32とを、備えている。

【0035】

波長群分離選択器30は、入力側光ファイバFi1、Fi2、・・・FiKから $1 \times K$ マトリックス光スイッチMSにより選択された1つの入力側光ファイバから分岐された波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波する波長群分波器BSと、その波長群分波器BSにより分波された複数の波長群からドロップ波長を含む1つの波長群を選択する波長群選択器BEとから構成されている。また、波長分離選択器32は、上記波長群選択器BEにより選択された1つの波長群からそれを構成する波長に分波する波長分波器WSと、その波長分波器WSにより分波された複数の波長から1つのドロップ波長を選択して電気レイヤELに含まれる複数の受信器PIのうちの1つへドロップさせる波長選択器WEとから構成されている。

20

【0036】

上記波長群分波器BSは、たとえば図12に示す周回性の $1 \times N(4)$ アレイ型導波路格子(AWG)と $N(4) \times M(4)$ 多入力多出力アレイ型導波路格子(AWG)とから構成される。以下、多入力多出力アレイ型導波路格子とは、異なる波長群を異なるポートに入力することにより、波長群番号に依存せず共通のポートの組に分波した波長を出力することが可能である合分波器を言う。図12では、 $N=4$ 、 $M=4$ の場合において1 ~ 16を有する連続配置型の波長分割多重光が入力された場合に、周回性のアレイ型導波路格子によって分散配置波長群に分波され、多入力多出力アレイ型導波路格子によりその分散配置波長群から連続配置波長群に変換されることによって、1 ~ 4の波長群1、5 ~ 8の波長群2、9 ~ 12の波長群3、13 ~ 16の波長群4に分波される例が示されている。

30

【0037】

上記波長群選択器BEおよび波長選択器WEは、たとえば図13に示すツリー型の $A \times 1(4 \times 1)$ 光スイッチからそれぞれ構成される。このツリー型の 4×1 光スイッチは、複数(本実施例では3個)の 1×2 光スイッチがツリー状に接続されることにより構成され、4個の入力波長群又は入力波長から1個の波長群又は波長を抽出する機能を備えている。このツリー型の $A \times 1$ 光スイッチは、入力から出力までに経由する 1×2 光スイッチの数が同じであるため、出力される波長群又は波長の間において損失の差が解消される利点がある。

40

【0038】

上記波長分波器WSは、たとえば図14に示す周回性のアレイ型導波路格子(AWG)により構成される。図14では、1つの波長群、たとえば1 ~ 4の波長群1或いは

50

5 ~ 8の波長群2が入力されたときに、4つの出力ポートから分離された波長 1、2、3、4 或いは 5、6、7、8がそれぞれ出力される例が示されている。

【0039】

以上のようにして構成されたドロップ側光信号終端装置10dは、図15に示される機能を備えている。すなわち、マトリックス光スイッチMSにより、K本の入力側光ファイバFi1、Fi2、・・・FiKから任意のドロップ波長を含む波長分割多重光を伝送するファイバを選択し、波長群分波器BSにより波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波し、波長群選択器BEによりその複数の波長群からドロップ波長を含む1つの波長群を選択し、波長分波器WSによりその1つの波長群を構成する複数の波長に分波し、波長分波器WSによりその複数の波長からドロップ波長を選択する機能を備えている。

10

【0040】

本実施例のドロップ側光信号終端装置10dによれば、光パズネットワークにおいて、K本の入力側光ファイバFi1、Fi2、・・・FiKを介してそれぞれ中継ノードRNへ並列的にそれぞれ伝送されてきたK個の波長分割多重光中から選択された1つの波長分割多重光から、それに含まれる複数の波長群のいずれかを構成する所定の波長パス(ドロップ波長)の光信号を選択して電気レイヤヘドロップさせるに際して、可変フィルタTFdは、ドロップ波長を含む1つの波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波し、その複数の波長群からドロップ波長を含む1つの波長群を選択し、選択された1つの波長群からそれを構成する複数の波長へ分波し、分波された波長から1つのドロップ波長を選択して電気レイヤELに含まれる複数の受信器PIのうちの1つヘドロップさせる。このため、所定の波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群からドロップ波長を含む波長群が選択され、その1つの波長群からそれを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、上記波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトな光スイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置10の規模が大幅に削減される。このようなドロップ側の可変フィルタTFdに関する効果は、以下に述べるものも含み、アド側の可変フィルタTFaにおいても同様に得られる。

20

【0041】

また、本実施例の中継ノードRNにおいて、ドロップ側光信号終端装置10dは、(a)前記複数の光ファイバから前記波長分割多重光をそれぞれ分岐する光分岐装置12dと、(b)その光分岐装置12dからそれぞれ分岐された複数の波長分割多重光のうちの1つを選択し、前記複数の可変フィルタのうちの1つへ出力する複数のマトリックス光スイッチMSとを含むことから、複数の光ファイバによりそれぞれ伝送された波長分割多重光が複数のマトリックス光スイッチMSへそれぞれ供給されるので、そのマトリックス光スイッチMSは、ドロップさせるドロップ波長が含まれる波長分割多重光を選択して前記可変フィルタTFdへ供給することができる。

30

【0042】

また、本実施例において、可変フィルタTFdは、(1)前記波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波する波長群分波器BSと、(2)その波長群分波器BSにより分波された複数の波長群から1つの波長群を選択する波長群選択器BEと、(3)その波長群選択器BEにより選択された1つの波長群からそれを構成する波長に分波する波長分波器WSと、(4)その波長分波器WSにより分波された複数の波長から1つの波長を選択して前記電気レイヤELに含まれる複数の受信器のうちの1つヘドロップさせる波長選択器WEとを、含むことから、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群から必要なものとして選択された1つの波長群をそれを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、コンパクトなスイッチを組み合わせることで、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置10の規模が大幅に削減される。

40

50

【 0 0 4 3 】

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に共通する部分には同一の符号を付して説明を省略する。

【 実施例 2 】

【 0 0 4 4 】

図 1 6 は、本発明の他の実施例の可変フィルタ T F d を示している。この可変フィルタ T F d の波長群分離選択器 3 0 は、図 1 1 に示す実施例 1 と同様に、入力側光ファイバ F i 1、F i 2、 \dots F i K から $1 \times K$ マトリックス光スイッチ M S により選択された 1 つの入力側光ファイバから分岐された波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波する波長群分波器 B S と、その波長群分波器 B S により分波された複数の波長群からドロップ波長を含む 1 つの波長群を選択する波長群選択器 B E とから構成されている。また、この可変フィルタ T F d の波長分離選択器 3 2 は、図 1 1 に示す実施例 1 と同様に、上記波長群選択器 B E により選択された 1 つの波長群からそれを構成する波長に分波する波長分波器 W S、および、その波長分波器 W S により分波された複数の波長から 1 つのドロップ波長を選択して電気レイヤ E L に含まれる複数の受信器 P I のうちの 1 つへドロップさせる波長選択器 W E として機能する。

10

【 0 0 4 5 】

上記波長群分波器 B S は、たとえば図 1 7 に示すアレイ型導波路格子 A W G 1 とアレイ型導波路格子 A W G 2 とから構成される。N = 4、M = 4 の場合において 1 ~ 1 6 を有する連続配置型の波長分割多重光がアレイ型導波路格子 A W G 1 の入力ポート 1、5、9、1 3 に並列的に入力されると、そのアレイ型導波路格子 A W G 1 の出力ポート 1 ~ 1 6 から波長 1 ~ 1 6 がそれぞれ出力され、それらの波長のうち、1 ~ 4、5 ~ 8、9 ~ 1 2、1 3 ~ 1 6 がアレイ型導波路格子 A W G 2 の入力ポート 1 ~ 4、6 ~ 9、1 1 ~ 1 4、1 6 ~ 1 9 に入力されると、アレイ型導波路格子 A W G 2 の出力ポート 1、6、1 1、1 6 から波長群 1 が、出力ポート 5、1 0、1 5、2 0 から波長群 2 が、出力ポート 4、9、1 4、1 9 から波長群 3 が、出力ポート 3、8、1 3、1 8 から波長群 4 が出力される。この場合、たとえば複数 (B 個たとえば 4 個) の波長群分波器 B S が 1 個の集積デバイスで構成されることができるので、1 つのデバイスに複数本のファイバを接続でき、一層小型化且つ低コストとなる利点がある。

20

【 0 0 4 6 】

上記波長群選択器 B E は、たとえば図 1 8 に示す A W G 型の $A \times 1$ (たとえば A = N) スイッチからそれぞれ構成される。この A W G 型の $A \times 1$ スイッチは、 $A \times 1$ 合波器として機能するアレイ型導波路格子 A W G と、その A 個の入力ファイバにそれぞれ設けられた A 個のオンオフ光スイッチとから構成され、A 個の入力波長群のうちの不必要なものの入力をそのオンオフ光スイッチにより遮断する機能を備えている。

30

【 0 0 4 7 】

波長分離選択器 3 2 は、たとえば図 1 9 に示す周回性のアレイ型導波路格子 (A W G) と、その周回性のアレイ型導波路格子の出力側に設けられた 4 つオンオフスイッチとから構成される。図 1 9 では、周回性のアレイ型導波路格子は波長チャネルの波長間隔 (1 0 0 GHz) の半分の間隔 5 0 H z を想定して構成されたものである。1 0 0 H z 間隔の連続配置型の 1 つの波長群、たとえば 1 ~ 4 の波長群 1 或いは 5 ~ 8 の波長群 2 が周回性のアレイ型導波路格子の 1 つの入力ポートから入力されたときに、4 つの出力ポートから波長分離された波長 1、2、3、4 或いは 5、6、7、8 がそれぞれ出力され、その 4 つの出力ポートから他の 4 つの出力ポートへそれら波長 1、2、3、4 或いは 5、6、7、8 が再入力されるパスに上記 4 つオンオフ光スイッチがそれぞれ設けられている。この場合、出力側において波長 1 が再入力されるパスに設けられたオンオフスイッチが開かれると、所定の入力ポートから波長 1 が出力され、出力側において波長 6 が再入力されるパスに設けられたオンオフ光スイッチが開かれると、上記所定の入力ポートから波長 6 が出力される例が示されている。

40

【 0 0 4 8 】

50

本実施例のドロップ側光信号終端装置 10 d によれば、前述の実施例 1 の図 15 に示される機能と同じ機能を備えているので、実施例 1 と同様の効果が得られる。

【実施例 3】

【0049】

本実施例の変フィルタ T F d は、図 11 に示す実施例 1 のドロップ側光信号終端装置 10 d の変フィルタと同様であるが、波長群分波器 B S および波長分波器 W S において相違している。本実施例の波長群分波器 B S は、図 20 に示すように、 $1 \times M(4)$ 周回性のアレイ型導波路格子 (A W G) から構成される。N = 4、M = 4 の場合において 1 ~ 16 を有する連続配置型の波長分割多重光が 1 つの入力ポートに入力された場合に、周回性のアレイ型導波路格子によって分散配置波長群に分波され、1、5、9、13 の波長群 1、2、6、10、14 の波長群 2、3、7、11、15 の波長群 3、4、8、12、16 の波長群 4 に分波される。また、本実施例の波長分波器 W S は、図 21 に示すように、周回性のアレイ型導波路格子 (A W G) から構成される。たとえば上記波長群 1 又は波長群 2 が入力されると波長単位で分波され、波長群 1 又は波長群 2 を構成する 1、5、9、13 または 2、6、10、14 が出力ポートからそれぞれ出力される。このように本実施例の波長群分波器 B S および波長分波器 W S においても波長群単位で分波されるとともに波長単位で分波されるので、前述の実施例 1 と同様の効果が得られる。

【実施例 4】

【0050】

図 22 に示す本実施例の変フィルタ T F d は、実施例 3 に示されるドロップ側光信号終端装置 10 d の変フィルタと同様であるが、波長群分波器 B S において相違している。本実施例の波長群分波器 B S は、図 23 に示すように、16 個の入力ポートおよび出力ポートを備え、出力信号を折り返すために出力ポート 1 と 4、2 と 3、5 と 8、6 と 7、9 と 12、10 と 11、13 と 16、14 と 15 が相互に接続されたアレイ型導波路格子 A W G が用いられる。連続配置型の波長分割多重光 1 ~ 16 を入力ポート 1、2、9、10 に入力すると、分散配置型の 1、5、9、13 の波長群 1 が入力ポート 5、6、13、14 から出力され、2、6、10、14 の波長群 2 が入力ポート 7、8、15、16 から出力され、3、7、11、15 の波長群 3 が入力ポート 1、2、9、10 から出力され、4、8、12、16 の波長群 4 が入力ポート 3、4、11、12 から出力される。このように分波された波長群 1、2、3、4 から波長群選択器 B E によってドロップ波長を含む 1 つの波長群が選択されるので、前述の実施例 3 と同様の効果が得られる。また、この場合、たとえば図 22 に一点鎖線で示すように複数 (B 個たとえば 4 個) の波長群分波器 B S が 1 個の集積デバイスで構成されることのできるため、1 つのデバイスに複数本のファイバを接続でき、一層小型化且つ低コスト化の利点がある。

【実施例 5】

【0051】

本実施例の変フィルタ T F d は、図 11 に示す実施例 1 のドロップ側光信号終端装置 10 d の変フィルタと同様であるが、波長群分波器 B S、波長群選択器 B E、波長分波器 W S、および波長選択器 W E の構成において相違している。波長群分波器 B S は、図 24 に示すように、一方の出力ポート 1、2、3、4 が他方の入力ポート 4、3、2、1 と、一方の出力ポート 5、6、7、8 が他方の入力ポート 8、7、6、5 と、一方の出力ポート 9、10、11、12 が他方の入力ポート 12、11、10、9 と、一方の出力ポート 13、14、15、16 が他方の入力ポート 16、15、14、13 とそれぞれ接続された 2 つのアレイ型導波路格子 A W G 1 および A W G 2 から波長群分波器 B S が構成されている。連続配置型の波長分割多重光 1 ~ 16 がアレイ型導波路格子 A W G 1 の入力ポート 1、2、9、10 に入力されると、分散配置型の 1、5、9、13 の波長群 1 がアレイ型導波路格子 A W G 2 の出力ポート 5、6、13、14 から出力され、2、6、10、14 の波長群 2 が出力ポート 7、8、15、16 から出力され、3

、 7、 11、 15の波長群3が出力ポート1、2、9、10から出力され、4、8、12、16の波長群4が出力ポート3、4、11、12から出力される。この場合、たとえば複数(B個たとえば4個)の波長群分波器BSが1個の集積デバイスで構成されることができるので、1つのデバイスに複数本のファイバを接続でき、一層、小型化且つ低コスト化ができる利点がある。

【0052】

波長分波器WSは、前述の図21に示すように構成される。波長群選択器BEおよび波長選択器WEは、図25に示すカプラ型の $A \times 1$ 光スイッチからそれぞれ構成される。このカプラ型の $A \times 1$ 光スイッチは、合波器として機能する $A \times 1$ 光カプラと、そのA本の入力ファイバにそれぞれ設けられたA個のオンオフ光スイッチとから構成され、A個の入力波長群(入力波長)のうちの不必要なものの入力をオンオフ光スイッチにより遮断する機能を備えている。このように本実施例の波長群分波器BS、波長群選択器BE、波長分波器WS、および波長選択器WEの構成は、前述の実施例1と同様の機能を備えているので、前述の実施例1と同様の効果が得られる。

【実施例6】

【0053】

本実施例の可変フィルタTFdは、図11の実施例1におけるドロップ側光信号終端装置10dの可変フィルタと同様であるが、波長群分波器BS、波長群選択器BE、波長分波器WS、および波長選択器WEの構成において相違している。波長群分波器BS、波長群選択器BE、波長分波器WS、および波長選択器WEは、前述の図20、図18、図21、図18に示すように構成される。本実施例の波長群分波器BS、波長群選択器BE、波長分波器WS、および波長選択器WEの構成は、前述の実施例1と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群から必要なものとして選択された1つの波長群をそれを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、前述の実施例1と同様の効果が得られる。

【実施例7】

【0054】

図26に示す可変フィルタTFdは、波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波し、それら複数の波長群からドロップ波長を含む1つの波長群を選択する機能を有する波長群分波選択器30と、そのドロップ波長を含む1つの波長群からそれを構成する複数の波長に分波し、それら複数の波長からドロップ波長を選択する機能を有する波長分波選択器32とを備えている点では上述のものと同様である。本実施例の波長群分波選択器30は、波長群分波器BS1および波長群選択器BE1と波長群分波器BS2および波長群選択器BE2とを有する2段構成となっている。波長群分波器BS1は、たとえば図27に示すような $1 \times (MN \div) (8)$ 周回性アレイ型導波路格子AWGと $(MN \div) \times$ 多入力多出力アレイ型導波路格子AWGとから構成される。波長群分波器BS2は、たとえば図28に示すような $1 \times (MN \div) (4)$ 周回性アレイ型導波路格子AWGと $(MN \div) \times$ 多入力多出力アレイ型導波路格子AWGとから構成される。上記波長群選択器BE1および波長群選択器BE2は、たとえば図29に示すような格子型の 2×1 スイッチが直列接続されたものから構成される。また、上記波長分波選択器32は、たとえば図14に示す $1 \times (4)$ 周回性アレイ型導波路格子AWGから構成された波長分波器WSと、たとえば図29に示す格子型のA個の 2×1 光スイッチにより構成された波長選択器WEとから構成される。ただし、 $、$ 、 $、$ はMN未満の自然数であり、 \times \times $M \times N$ を満たすものとする。

【0055】

以上のようにして構成された本実施例の可変フィルタTFdでは、図30に示される機能を備えている。すなわち、マトリックス光スイッチMSにより、K本の入力側光ファイバFi1、Fi2、 \dots FiKから任意のドロップ波長を含む波長分割多重光を伝送するファイバを選択し、波長群分波器BS1により波長分割多重光からそれを構成する複数の波長

10

20

30

40

50

群に分波し、波長群選択器 B E 1 によりその複数の波長群からドロップ波長を含む複数の波長群を選択し、波長群分波器 B S 2 によりその複数の波長群からそれを構成する複数の波長群に分波し、波長群選択器 B E 2 によりその複数の波長群からドロップ波長を含む 1 つの波長群を選択し、波長分波器 W S によりその 1 つの波長群を構成する複数の波長に分波し、波長分波器 W S によりその複数の波長からドロップ波長を選択する機能を備えている。

【 0 0 5 6 】

本実施例のドロップ側可変フィルタ T F d によれば、前述の実施例と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群から必要なものとして選択された 1 つの波長群をそれを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトなスイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置 1 0 の規模が大幅に削減される。

【実施例 8】

【 0 0 5 7 】

図 3 1 に示す可変フィルタ T F d は、波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波し、それら複数の波長群からドロップ波長を含む 1 つの波長群を選択する機能を有する波長群分波選択器 3 0 と、そのドロップ波長を含む 1 つの波長群からそれを構成する複数の波長に分波し、それら複数の波長からドロップ波長を選択する機能を有する波長分波選択器 3 2 とを備えている点では上述のものと同様である。本実施例の波長群分波選択器 3 0 は、波長群分波器 B S 1 および波長群選択器 B E 1 と波長群分波器 B S 2 および波長群選択器 B E 2 と波長群分波器 B S 3 および波長群選択器 B E 3 とを有する 3 段構成となっている。波長群分波器 B S 1 および波長群分波器 B S 2 は、たとえば図 2 7 および図 2 8 に示すような 1×2 (8) および $1 \times$ (4) 周回性アレイ型導波路格子 A W G と 8×2 および 4×2 多入力多出力アレイ型導波路格子 A W G とから構成される。波長群分波器 B S 3 は、たとえば図 3 2 に示すような $1 \times$ 周回性アレイ型導波路格子 A W G から構成される。上記波長群選択器 B E 1、波長群選択器 B E 2 および波長群選択器 B E 3 は、たとえば図 1 3 に示すようなツリー型の $A \times 1$ (2×1) 光スイッチから構成される。また、上記波長分波選択器 3 2 は、たとえば図 3 3 に示す $1 \times$ (2) 周回性アレイ型導波路格子 A W G から構成された波長分波器 W S と、たとえば図 1 3 に示すように構成された波長選択器 W E とから構成される。ここで、 M 、 N は $M N$ 未満の自然数であり、 $M \times N$ を満たすものとする。また、上述のものから実施例 8 に拡張したように、可変フィルタ部分を 4 段以上にも拡張することができる。以降の実施例においても同様のことが言えるため、説明は省略する。

【 0 0 5 8 】

以上のようにして構成された本実施例の可変フィルタ T F d によれば、前述の実施例と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群から必要なものとして選択された 1 つの波長群をそれを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトな光スイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置 1 0 の規模が大幅に削減される。

【実施例 9】

【 0 0 5 9 】

図 3 4 に示す可変フィルタ T F d は、図 1 6 の実施例 2 の可変フィルタに比較して、波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波し、それら複数の波長群からドロップ波長を含む 1 つの波長群を選択する機能を有する波長群分波選択器 3 0 が、波長群分波器 B S 1 および波長群選択器 B E 1 と波長群分波器 B S 2 および波長群選択器 B E 2 とを有する 2 段構成となっている点で相違し、他は同様に構成されている。上記波長群分波器

BS1および波長群分波器BS2は、たとえば図27および図28に示すような $1 \times (MN \div)$ (8)および $1 \times (MN \div)$ (4)周回性アレイ型導波路格子AWGと $8 \times (2)$ および $4 \times (2)$ 多入力多出力アレイ型導波路格子AWGとから構成される。上記波長群選択器BE1および波長群選択器BE2は、たとえば図29に示すような 1×2 光スイッチが直列接続された格子型スイッチから構成される。また、上記波長分波選択器32は、たとえば図19に示す 2×2 (8)周回性アレイ型導波路格子AWGおよびオンオフ光スイッチから構成される。ただし、 $、$ 、 $、$ はMN未満の自然数であり、 \times
 \times $M \times N$ を満たすものとする。

【0060】

以上のようにして構成された本実施例の可変フィルタTFdによれば、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群から必要なものとして選択された1つの波長群をそれを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、前述の実施例と同様に、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトなスイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置10の規模が大幅に削減される。

【実施例10】

【0061】

図35に示す可変フィルタTFdは、図34の実施例9の可変フィルタに比較して、波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波し、それら複数の波長群からドロップ波長を含む1つの波長群を選択する機能を有する2段構成の波長群分波選択器30と、そのドロップ波長を含む1つの波長群からそれを構成する複数の波長に分波し、それら複数の波長からドロップ波長を選択する機能を有する波長分波選択器32とを備えている点では同様であるが、本実施例の波長群分波選択器30は、図33に示す 1×2 周回性アレイ型導波路格子AWGからなる波長群分波器BS1、図20に示す 1×4 周回性アレイ型導波路格子AWGからなる波長群分波器BS2と、図29に示す格子型のA個の 2×1 光スイッチからなるBE2とから構成され、本実施例の波長分波選択器32は、図21に示す 1×5 周回性アレイ型導波路格子AWGからなる波長分波器WSと、図29に示す格子型の 5×1 光スイッチとから構成されている点で相違する。

【0062】

以上のようにして構成された本実施例の可変フィルタTFdにおいても、前述の実施例と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群から必要なものとして選択された1つの波長群を構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトなスイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置10の規模が大幅に削減される。

【実施例11】

【0063】

図36に示す可変フィルタTFdは、波長分割多重光からそれを構成する複数の波長群に分波し、それら複数の波長群からドロップ波長を含む1つの波長群を選択する機能を有する波長群分波選択器30と、そのドロップ波長を含む1つの波長群からそれを構成する複数の波長に分波し、それら複数の波長からドロップ波長を選択する機能を有する波長分波選択器32とを備えている点では上述のものと同様である。本実施例の波長群分波選択器30は、図17に示すアレイ型導波路格子AWG1およびアレイ型導波路格子AWG2からなる波長群分波器BSと、その波長群分波器BSの各出力側ファイバにそれぞれ直列に介そうされた複数のオンオフ光スイッチとからなる波長群分波器BEとから構成されている。また、本実施例の波長分波選択器32は、図37に示す多入力多出力アレイ型導波路格子AWGからなる波長分波器WSと、図13に示すツリー型の 4×1 光スイッチからなる波長選択器WEとから構成されている。

【 0 0 6 4 】

以上のようにして構成された本実施例の可変フィルタ T F d では、前述の実施例と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群から必要なものとして選択された 1 つの波長群をそれを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトな光スイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置 1 0 の規模が大幅に削減される。また、本実施例の波長群分波器 B S によれば、図 1 7 に示すように 1 つのデバイスに複数本のファイバを接続でき、図 3 6 に一点鎖線で示すように複数 (4 個) の波長群分波器 B S が 1 個の集積デバイスで構成される利点がある。

10

【実施例 1 2】

【 0 0 6 5 】

本実施例の可変フィルタ T F d は、図 3 6 に示す実施例 1 1 の可変フィルタに対して、波長群分波器 B S が図 2 4 に示すアレイ型導波路格子 A W G 1 およびアレイ型導波路格子 A W G 2 からなる点、波長分波器 W S が図 3 8 に示す多入力多出力アレイ型導波路格子 A W G からなる点、波長選択器 W E が図 2 9 に示す格子型の 4 × 1 光スイッチからなる点で相違し、その他は同様に構成されている。

【 0 0 6 6 】

以上のようにして構成された本実施例の可変フィルタ T F d では、前述の実施例と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群から必要なものとして選択された 1 つの波長群をそれを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトな光スイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置 1 0 の規模が大幅に削減される。また、本実施例の波長群分波器 B S によれば、図 2 4 に示すように 1 つのデバイスに複数本のファイバを接続でき、図 3 6 に一点鎖線で示すように複数 (4 個) の波長群分波器 B S が 1 個の集積デバイスで構成される利点がある。

20

【実施例 1 3】

【 0 0 6 7 】

図 3 9 の可変フィルタ T F d は、図 3 6 に示す実施例 1 2 の可変フィルタに対して、波長選択器 W E が図 1 4 に示す周回性アレイ型導波路格子 A W G とその周回性アレイ型導波路格子 A W G の各入力側ファイバに設けられた複数のオンオフ光スイッチとからなる点で相違し、その他は同様に構成されている。このようにして構成された本実施例の可変フィルタ T F d では、前述の実施例と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群から必要なものとして選択された 1 つの波長群をそれを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトな光スイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置 1 0 の規模が大幅に削減される。また、本実施例の波長群分波器 B S によれば、図 2 4 に示すように 1 つのデバイスに複数本のファイバを接続でき、たとえば図 3 9 に一点鎖線で示すように複数 (4 個) の波長群分波器 B S が 1 個の集積デバイスで構成される利点がある。

30

40

【実施例 1 4】

【 0 0 6 8 】

本実施例の可変フィルタ T F d は、図 3 9 に示す可変フィルタに対して、波長群分波器 B S が図 2 4 に示すアレイ型導波路格子 A W G 1 およびアレイ型導波路格子 A W G 2 からなる点、波長分波器 W S が図 3 8 に示す多入力多出力アレイ型導波路格子 A W G からなる点、波長選択器 W E が図 4 0 に示す多入力多出力アレイ型導波路格子 A W G および周回性

50

アレイ型導波路格子AWGからなる点で相違し、その他は同様に構成されている。

【0069】

以上のようにして構成された本実施例の可変フィルタTFdでは、前述の実施例と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群から必要なものとして選択された1つの波長群をそれを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトなスイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置10の規模が大幅に削減される。また、本実施例の波長群分波器BSによれば、図24に示すように1つのデバイスに複数本のファイバを接続でき、図39に一点鎖線で示すように複数(4個)の波長群分波器BSが1個の集積デバイスで構成される利点がある。

10

【実施例15】

【0070】

本実施例の可変フィルタTFdは、図39の実施例13に示す可変フィルタに対して、波長群分波器BSが図41に示す周回性アレイ型導波路格子AWGからなる点、波長分波器WSが図42に示す多入力多出力アレイ型導波路格子AWGからなる点、波長選択器WEが図43に示す周回性アレイ型導波路格子AWGからなる点で相違し、その他は同様に構成されている。上記図41に示す周回性アレイ型導波路格子AWG、図42に示す多入力多出力アレイ型導波路格子AWG、図43に示す周回性アレイ型導波路格子AWGは、8波10群の各波長分割多重光が入力された場合の作動を示している。

20

【0071】

以上のようにして構成された本実施例の可変フィルタTFdでは、前述の実施例と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その複数の波長群から必要なものとして選択された1つの波長群をそれを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトな光スイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置10の規模が大幅に削減される。

【実施例16】

30

【0072】

図44の可変フィルタTFdは、図39の実施例13に示す可変フィルタに対して、波長群分波選択器30が3段階に構成されている点、波長分波選択器32のオンオフ光スイッチが備えられていない点で相違しており、その他は同様である。波長群分波選択器30は、波長群分波器BS1および波長群選択器BE1と波長群分波器BS2および波長群選択器BE2と波長群分波器BS3およびオンオフ光スイッチとを有する3段構成となっている。波長群分波器BS1および波長群分波器BS2は、たとえば図27および図28に示すような $1 \times (MN \div) (8)$ および $1 \times (MN \div) (4)$ 周回性アレイ型導波路格子AWGと $(MN \div) \times$ および $(MN \div) \times$ 多入力多出力アレイ型導波路格子AWGとから構成される。上記波長群分波器BS3は図12に示す $1 \times (4)$ 周回性アレイ型導波路格子AWGと多入力多出力アレイ型導波路格子AWGとから構成されてその各出力側のファイバにオンオフスイッチが設けられている。波長群選択器BE1、波長群選択器BE2は、図29に示す格子型 2×1 光スイッチから構成されているが、必ずしも 2×1 光スイッチでない場合がある。波長分波器WSは図37に示すアレイ型導波路格子AWGから構成され、波長選択器WEが図29に示す格子型 4×1 光スイッチから構成されている。ただし、 $、$ 、 $、$ はMN未満の自然数であり、 $\times \times M \times N$ を満たすものとする。

40

【0073】

以上のようにして構成された本実施例の可変フィルタTFdでは、前述の実施例と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その波長群がさ

50

らに小波長群に分波され、その複数の小波長群からドロップ波長を含む1つの波長群が選択され、それを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトなスイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置10の規模が大幅に削減される。

【実施例17】

【0074】

本実施例の可変フィルタTFdは、図44に示す実施例16の可変フィルタに対して、波長群分波器BS1および波長群分波器BS2が図33に示す1×2周回性アレイ型導波路格子AWGから構成され、波長群分波器BS3が図20に示す1×4周回性アレイ型導波路格子AWGから構成され、波長分波器WSが図38に示すアレイ型導波路格子AWGから構成される点で相違しているが、他は同様である。

10

【0075】

本実施例の可変フィルタTFdでも、前述の実施例と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その波長群がさらに小波長群に分波され、その複数の小波長群からドロップ波長を含む1つの波長群が選択され、それを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトなスイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置10の規模が大幅に削減される。

20

【実施例18】

【0076】

図45に示す可変フィルタTFdは、図44の実施例16に示すの可変フィルタに対して、波長選択器WEが図20に示す周回性アレイ型導波路格子AWGとその入力側の各ファイバに設けられた複数のオンオフ光スイッチとから構成される点で相違しているが、他は同様である。本実施例の可変フィルタTFdでも、前述の実施例と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その波長群がさらに小波長群に分波され、その複数の小波長群からドロップ波長を含む1つの波長群が選択され、それを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトなスイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置10の規模が大幅に削減される。

30

【実施例19】

【0077】

本実施例の可変フィルタTFdは、図45の実施例18における可変フィルタに対して、波長群分波器BS1および波長群分波器BS2が、図33に示す1×2周回性アレイ型導波路格子AWG及び図20に示す1×4周回性アレイ型導波路格子AWGから構成され、波長群分波器BS3が図20に示す1×4周回性アレイ型導波路格子AWGとその出力側にそれぞれ設けられたオンオフ光スイッチとから構成され、波長分波器WSが図38に示すアレイ型導波路格子AWGから構成され、波長選択器WEが図12に示す1×4周回性アレイ型導波路格子AWGと4×4多入力多出力アレイ型導波路格子AWGとから構成される点で相違しているが、他は同様である。本実施例の可変フィルタTFdでも、前述の実施例と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その波長群がさらに小波長群に分波され、その複数の小波長群からドロップ波長を含む1つの波長群が選択され、それを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトな光スイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置10の規模が大幅に削減される。

40

50

【実施例 20】

【0078】

本実施例の可変フィルタTFdは、図45の実施例18における可変フィルタに対して、波長群分波器BS1および波長群分波器BS2が図33に示す1×2周回性アレイ型導波路格子AWGおよび図20に示す1×4周回性アレイ型導波路格子AWGから構成され、波長群分波器BS3が図41に示す1×8周回性アレイ型導波路格子AWGから構成され、波長分波器WSが図42に示す91×91アレイ型導波路格子AWGから構成され、波長選択器WEが図43に示す1×9周回性アレイ型導波路格子AWGから構成される点で相違しているが、他は同様である。本実施例の可変フィルタTFdでも、前述の実施例と同様に、各波長分割多重光がそれを構成する複数の波長群に分波された後に、その波長群がさらに小波長群に分波され、その複数の小波長群からドロップ波長を含む1つの波長群が選択され、それを構成する複数の波長チャンネルに分波され、その複数の波長チャンネルからドロップさせる波長が選択されるので、波長群選択および波長選択のための選択器がコンパクトな光スイッチを組み合わせることで構成され、カラーレス且つディレクションレス且つコンテンションレス機能を実現することができ、光信号終端装置10の規模が大幅に削減される。

10

【0079】

図46は、従来構成(1)の光信号終端装置の構成を示している。図40に示すように、中継ノードのドロップ側では、入力側光ファイバFi1~FiKを介してそれぞれ伝送された波長分割多重光を波長単位に分波するためのK個の1×MN波長分波器(たとえばアレイ型導波路格子AWG)が設けられるとともに、それらK個の1×MN波長分波器とzKMN個の波長チャンネルを電気信号へ変換可能な電気レイヤの受信器との間に、KMN×zKMNという大規模のマトリクス光スイッチMSが設けられていた。同様に、アド側においても、アドされた波長からいずれかの光ファイバへの波長分割多重光を合波するためのK個の波長合波器(たとえばアレイ型導波路格子AWG)とzKMN個の電気信号を波長チャンネルへ変換可能な電気レイヤとの間に、zKMN×KMNという大規模のマトリクス光スイッチMSを設ける必要があった。

20

【0080】

図47および図48は、従来構成(2)の光信号終端装置の構成を示している。図47において、中継ノード内のドロップ側では、入力側光ファイバFi1~FiKのうちドロップさせたい波長チャンネルが含まれるファイバを選択するためのzKMN個の1×K光スイッチが設けられるとともに、それらzKMN個の1×K光スイッチとzKMN個の波長チャンネルを電気信号へ変換可能な電気レイヤ内のzKMN個の光受信機との間に、zKMN個の可変フィルタ(tunable filter)がそれぞれ設けられる。図48に示すように、この可変フィルタは、上記1×K光スイッチにより選択された1群の波長分割多重光から波長単位に分波する1×MN規模の波長分波器(たとえばアレイ型導波路格子AWG)とMN×1規模の波長合波器(たとえばアレイ型導波路格子AWG)との間に、MN個のオンオフ光スイッチを設けて、可変フィルタを構成したものである。このため、合計では、zKMN×MN個という大量のオンオフ光スイッチを必要とするので、コスト面の問題があった。同時に、アド側においても、アドされた波長からいずれかの光ファイバへの波長分割多重光合波するためのK個のK×1光スイッチとzKMN個の電気信号から波長チャンネルへ変換可能な電気レイヤとの間に、上記同様のzKMN個の可変フィルタが設けられることから、上記同様に、合計では、zKMN×MN個という大量のオンオフ光スイッチを必要とする。

30

40

【0081】

本発明者等は、図46に示す従来構成(1)および図47および図48に示す従来構成(2)の光信号終端装置に対して、図11の実施例1の可変フィルタTFdを採用した光信号終端装置10のスイッチ規模を比較した。図49は、ファイバの本数Kを8、1ファイバ内の波長群数Mを10、1波長群内の波長数Nを8としたときにおけるadd/drop率zを変化させたときのスイッチ規模の変化を示している。また、図50は、ファイ

50

バの本数 K を 8、1 波長群内の波長数 N を 8 としたときに、1 ファイバ内の波長群数 M を変化させたときのスイッチ規模の変化を示している。

【0082】

図 49 に示されるように、 $add/drop$ 率 z においても、実施例 1 の光終端装置 TFd の提案構成は、従来構成 (1) および (2) に比較してスイッチ規模が大幅に小さく、従来構成 (1) に対しては約 96% スイッチ規模が減少し、従来構成 (2) に対しては約 80% スイッチ規模が減少している。また、図 50 に示されるように、実施例 1 の光終端装置 TFd の提案構成は、従来構成 (2) に比較して、1 ファイバ中の波長数 M の変化に拘わらず、約 73% スイッチ規模が減少している。

【0083】

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。

【0084】

たとえば、前述の実施例の中継ノードにおいて、入力側光ファイバ $Fi1$ 、 $Fi2$ 、 \dots 、 FiK および出力側光ファイバ $Fo1$ 、 $Fo2$ 、 \dots 、 FoK 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 WBL と波長レベル WLL との間の $add/drop$ 率 y 、波長レベル WLL と電気レベル EL との間の $add/drop$ 率 z は、必要に応じて種々変更され得るものである。なお、本発明の TFd 部で用いている波長群の構成は、波長クロスコネク (OXC) 部で波長群を用いた場合の波長群構成とは独立に設定できる。

【0085】

また、中継ノードに設けられた光パスクロスコネク装置 OXC は、波長群パスクロスコネク部 BXC および波長パスクロスコネク部 WXC を有する階層型であったが、必ずしも階層型である必要はなく、たとえば単層型であってもよいし、3 層以上の多段であってもよい。なお、本発明の TFd 部で用いている波長群の構成は、波長群パスクロスコネク部 BXC で用いる波長群の構成とは独立に設定できる。

また、 TFd 部を介してノードでドロップされる光信号は、例えば光パスクロスコネク装置 OXC 内、或いはそれと独立に設けられた機能部分において、 OXC に接続された出力ファイバを経由して他のノードへ伝達されない様に、出力ファイバ以前でブロックされる。

【0086】

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】

【0087】

10 : 光信号終端装置
 10d : ドロップ側光信号終端装置
 10a : アド側光信号終端装置
 TFd : ドロップ側可変フィルタ (可変フィルタ)
 TFa : アド側可変フィルタ (可変フィルタ)
 RN : 中継ノード
 EL : 電気レイヤ
 MS : マトリックス光スイッチ
 BS : 波長群分波器
 BE : 波長群選択器
 WS : 波長分波器
 WE : 波長選択器 (ドロップ波長選択器)

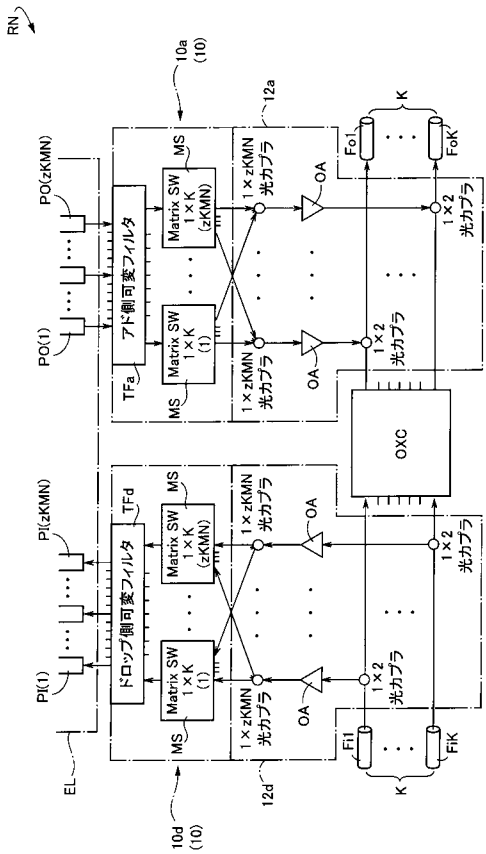
10

20

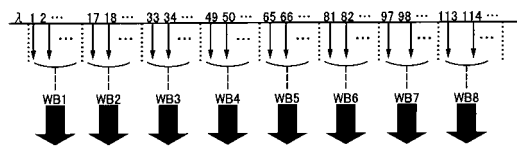
30

40

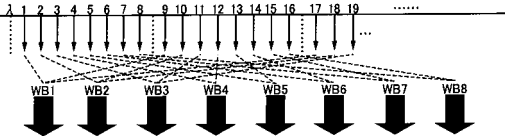
【図1】



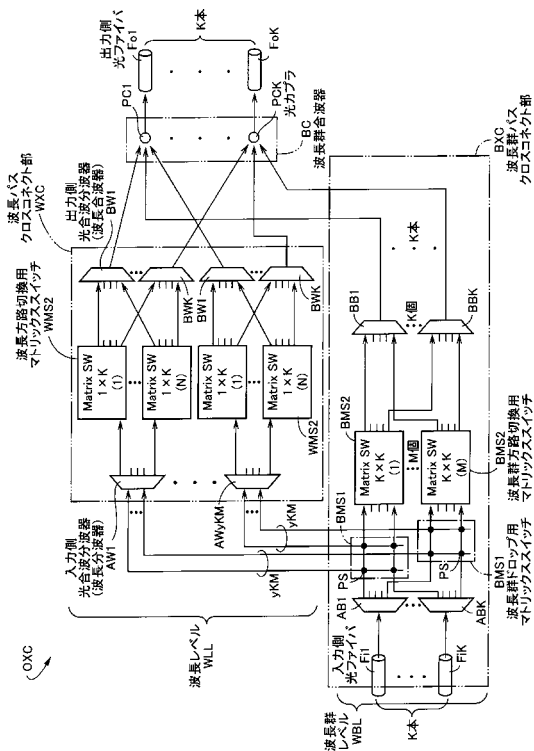
【図2】



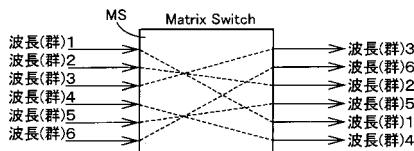
【図3】



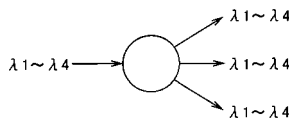
【図4】



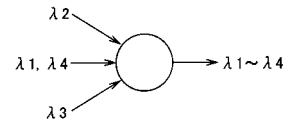
【図5】



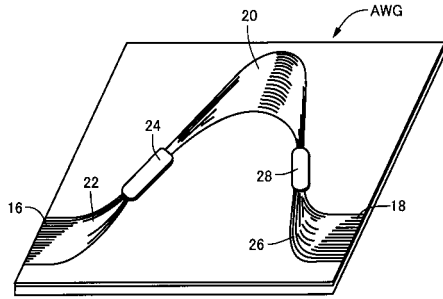
【図6】



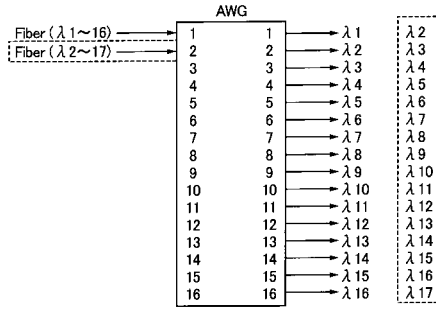
【図7】



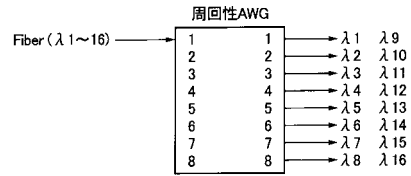
【図8】



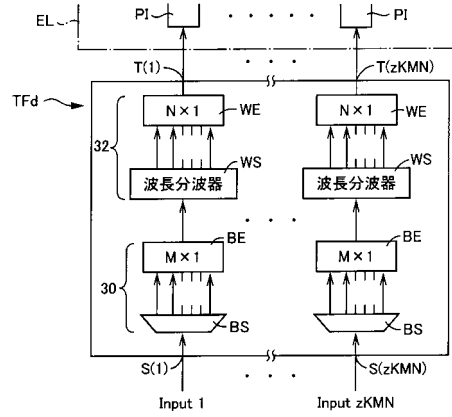
【図9】



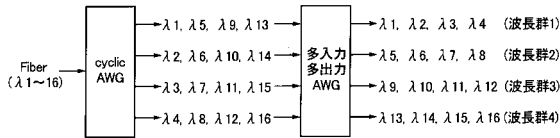
【図10】



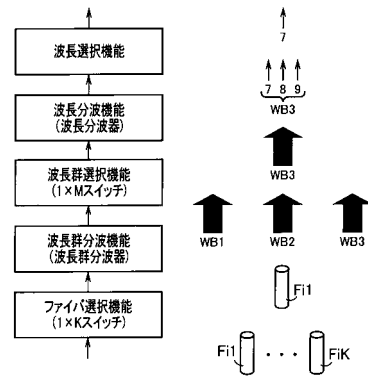
【図11】



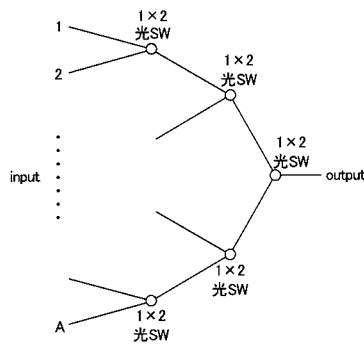
【図12】



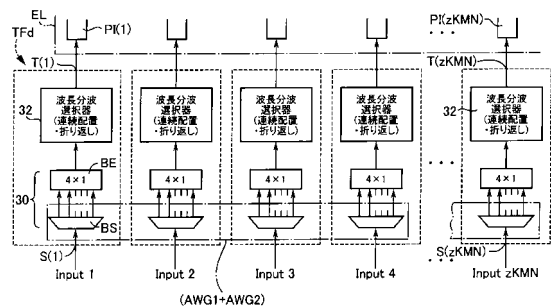
【図15】



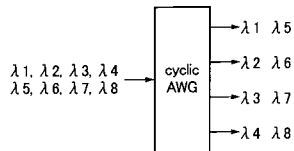
【図13】



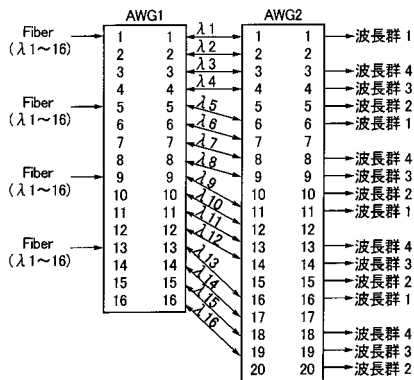
【図16】



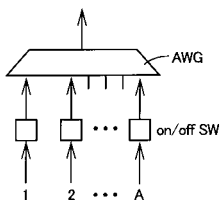
【図14】



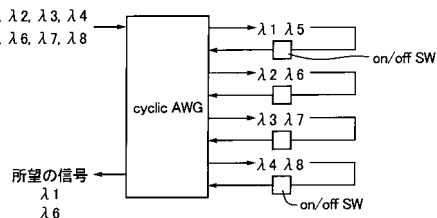
【図17】



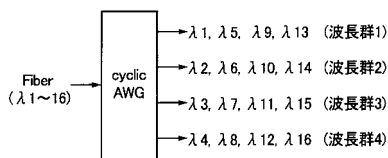
【図18】



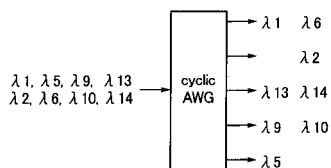
【図19】



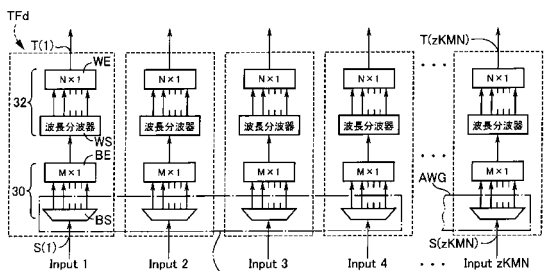
【図20】



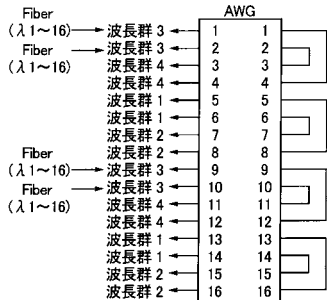
【図21】



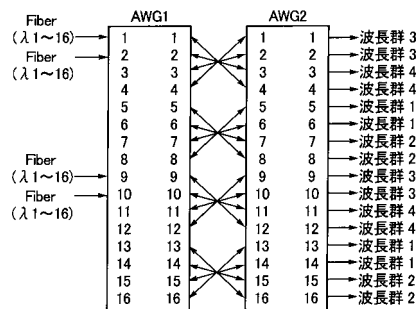
【図22】



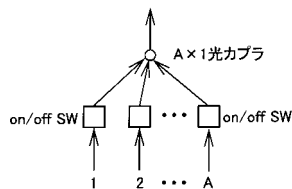
【図23】



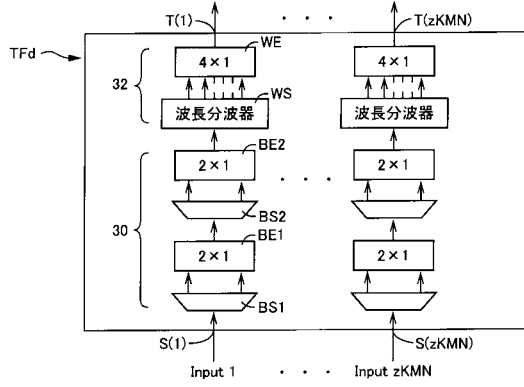
【図24】



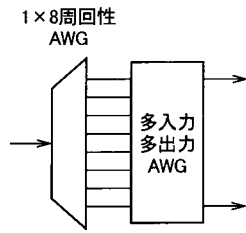
【図25】



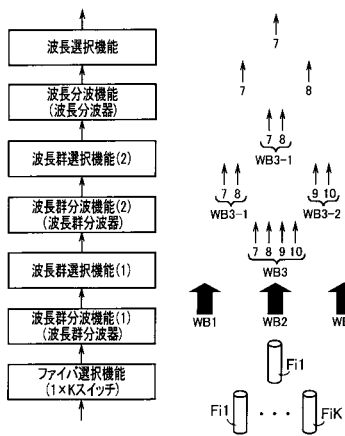
【図 26】



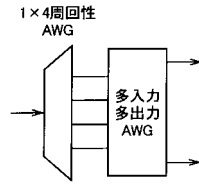
【図 27】



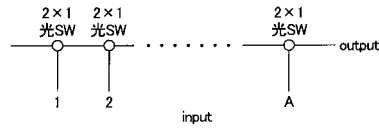
【図 30】



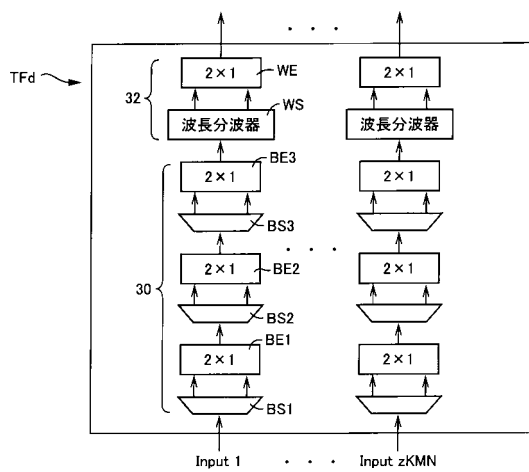
【図 28】



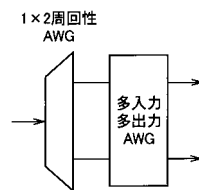
【図 29】



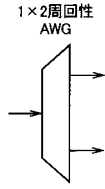
【図 31】



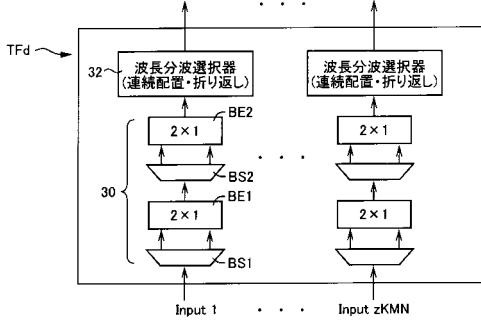
【図 32】



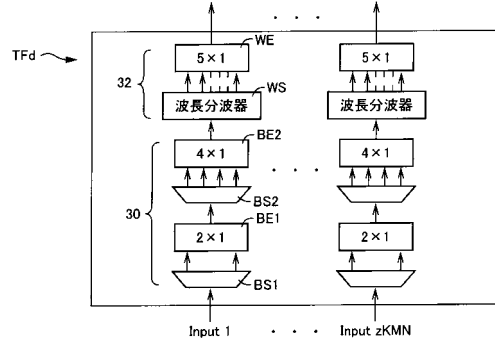
【図 3 3】



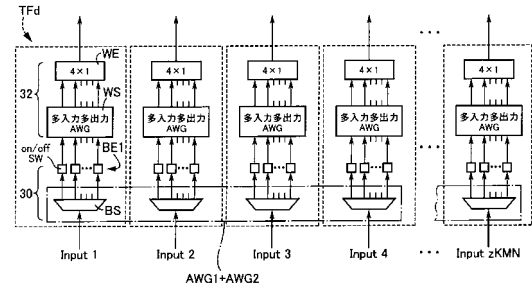
【図 3 4】



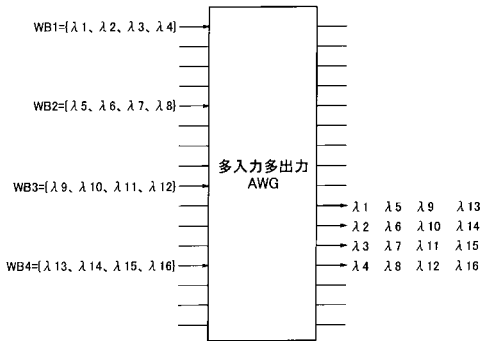
【図 3 5】



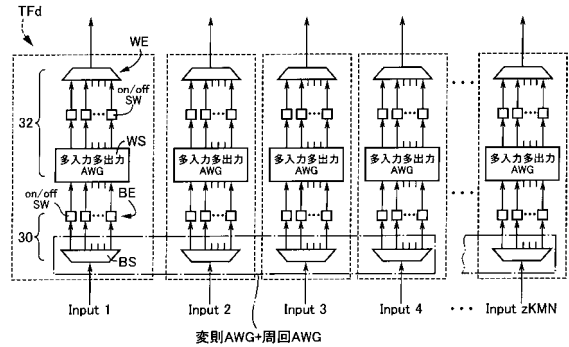
【図 3 6】



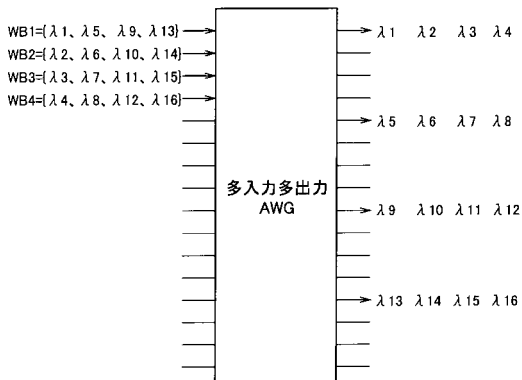
【図 3 7】



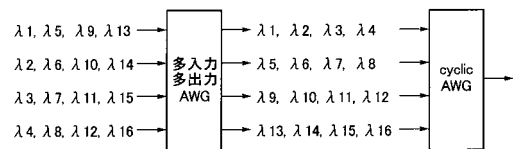
【図 3 9】



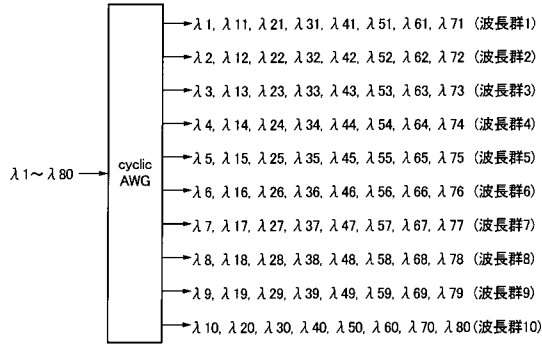
【図 3 8】



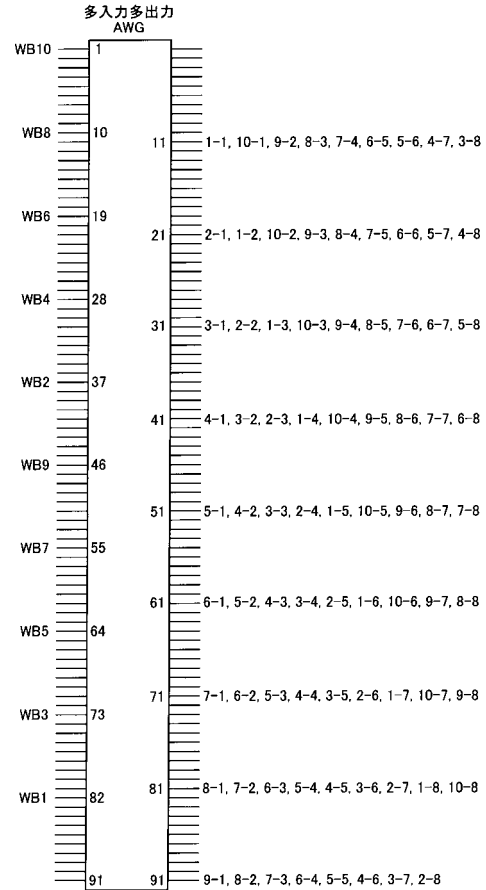
【図 4 0】



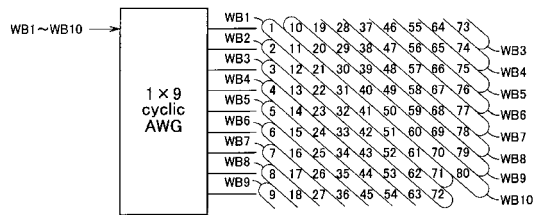
【図41】



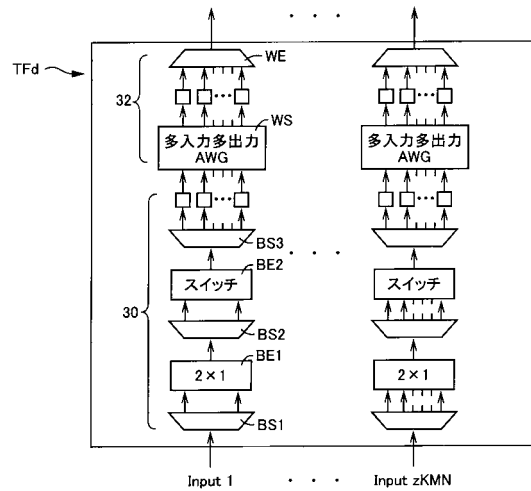
【図42】



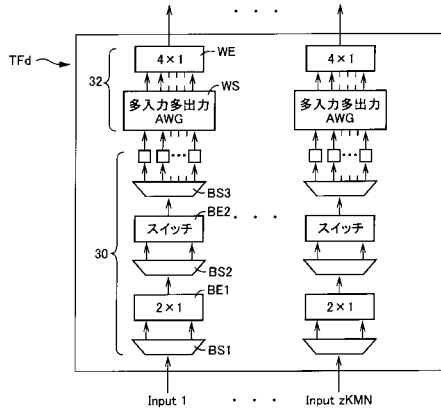
【図43】



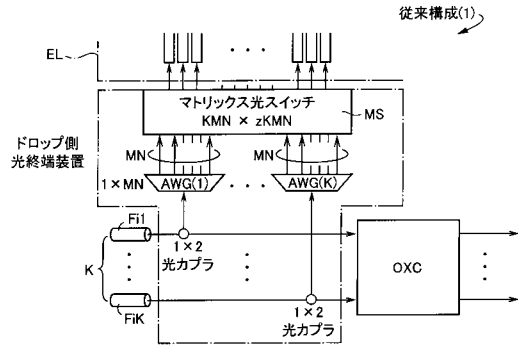
【図45】



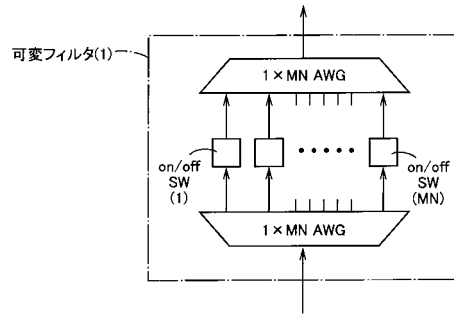
【図44】



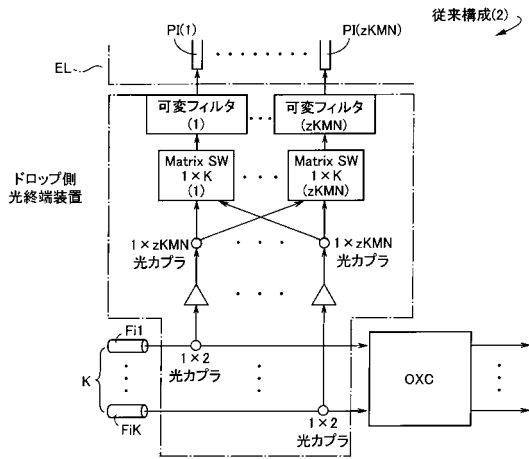
【図46】



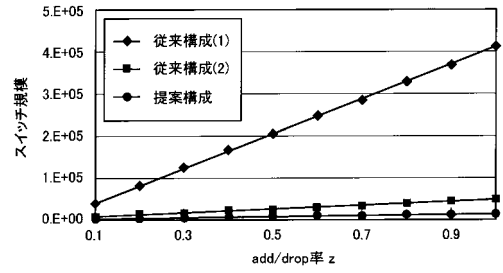
【図48】



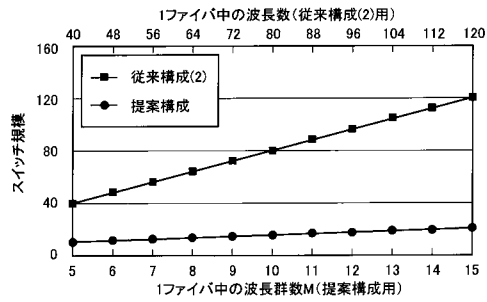
【図47】



【図49】



【図50】



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

審査官 松原 徳久

(56)参考文献 特開2002-152784(JP,A)

特開平09-200807(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/90

H04J14/00-14/08

H04Q3/52

11/00-11/08