

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5982669号
(P5982669)

(45) 発行日 平成28年8月31日(2016.8.31)

(24) 登録日 平成28年8月12日(2016.8.12)

(51) Int.Cl. F I
 H O 4 B 10/27 (2013.01) H O 4 B 9/00 2 7 0
 H O 4 J 14/00 (2006.01) H O 4 B 9/00 E
 H O 4 J 14/02 (2006.01)

請求項の数 12 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-221418 (P2011-221418) (22) 出願日 平成23年10月5日(2011.10.5) (65) 公開番号 特開2013-85011 (P2013-85011A) (43) 公開日 平成25年5月9日(2013.5.9) 審査請求日 平成26年10月3日(2014.10.3)</p> <p>(出願人による申告)平成23年度、独立行政法人情報通信研究機構、高度通信・放送研究開発委託研究/研究開発課題:ダイナミック適応型フォトニックノード構成技術に関する研究、産業技術力強化法第19条の適応を受ける特許出願</p>	<p>(73) 特許権者 503360115 国立研究開発法人科学技術振興機構 埼玉県川口市本町四丁目1番8号 (74) 代理人 100085361 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</p> <p>審査官 後澤 瑞征</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 光パスクロスコネクタ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の光入力ファイバからの波長分割多重光を波長に応じて複数の光出力ファイバへルーティングする光パスクロスコネクタ装置であって、

複数の出力ポートを有し、前記複数の光入力ファイバからの各波長分割多重光を、該複数の光入力ファイバ毎の波長に応じて前記複数の出力ポートのうちの任意の出力ポートへそれぞれ選択的に出力する複数の波長選択スイッチと、

該複数の波長選択スイッチの各々の複数の出力ポート毎にそれぞれ設けられ、該複数の波長選択スイッチによりそれぞれ選択されて該波長選択スイッチの複数の出力ポートからそれぞれ出力された光信号を、該複数の出力ポート毎に、該複数の出力ポートからの波長群に応じて前記複数の光出力ファイバのうちの各々の隣接ノードに接続されるn本の任意の光出力ファイバへそれぞれ選択的に出力する複数の波長群選択スイッチと、

該波長群選択スイッチから前記n本の光出力ファイバのいずれかへ向かってそれぞれ出力される波長群を該n本の光出力ファイバ毎に合流して、該n本の光出力ファイバへそれぞれ入力させる光合流器と

を、含むことを特徴とする光パスクロスコネクタ装置。

【請求項2】

前記波長選択スイッチは、前記複数の光入力ファイバによりそれぞれ伝送されてくる波長分割多重光に含まれるドロップ波長を選択して電気レイヤの所定のルータへ出力するドロップ用出力ポートをさらに備え、

前記波長選択スイッチの出力ポート数を D (2 以上の整数) とすると、該波長選択スイッチは、 $1 \times (D + 1)$ で構成されているものであることを特徴とする請求項 1 の光パスクロスコネク装置。

【請求項 3】

前記光合流器は、前記電気レイヤの所定のルータから出力されたアド波長を受け入れるアド入力ポートをさらに備え、 $(nD + 1) \times 1$ で構成されているものであることを特徴とする請求項 2 の光パスクロスコネク装置。

【請求項 4】

前記波長選択スイッチの出力ポート数は、前記光パスクロスコネク装置に隣接するノードの数、或いは光ネットワーク内の各々のノードに隣接するノード数の最大値以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 の光パスクロスコネク装置。

10

【請求項 5】

前記光パスクロスコネク装置からそれに隣接する各ノード i へそれぞれ出力する各光出力ファイバの本数を A_i とすると、該波長群選択スイッチの各光出力ファイバの本数 A_i は、隣接する各ノードへの出力ファイバの本数 A_i の最大値以上の本数であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 の光パスクロスコネク装置。

【請求項 6】

前記波長分割多重光は、波長が順次異なる連続的波長の波長チャンネルから構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 の光パスクロスコネク装置。

【請求項 7】

20

前記波長分割多重光は、波長が不連続な波長チャンネルから構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 の光パスクロスコネク装置。

【請求項 8】

前記波長分割多重光は、信号のビットレートが相互に異なる波長チャンネルを含んで構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 の光パスクロスコネク装置。

【請求項 9】

前記波長分割多重光は、波長間隔が相違する波長の波長チャンネルを含んで構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 の光パスクロスコネク装置。

【請求項 10】

前記光合流器は、逆向きに用いる波長群乃至波長選択スイッチから構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 の光パスクロスコネク装置。

30

【請求項 11】

前記光パスクロスコネク装置の光入力ファイバが光出力ファイバとして用いられ、前記光パスクロスコネク装置の光出力ファイバが光入力ファイバとして用いられ、逆方向の光パスクロスコネク装置として機能させられることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 の光パスクロスコネク装置。

【請求項 12】

前記ドロップ用出力ポートを備える波長選択スイッチは、アド入力ポートを備える光合流器として機能させられ、前記アド入力ポートを備える光合流器はドロップ用出力ポートを備える光分岐素子として機能させられることを特徴とする請求項 3 の光パスクロスコネク装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ネットワークに設けられ、入力された光信号を所望の出力ポートから出力させるとともに終端処理を行なうことが可能な光パスクロスコネク装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

たとえば、所定の通信波長帯のたとえば 100GHz 毎に分割された複数個の波長チャ

50

ネル(wave channel or light path)にそれぞれ対応する複数の波長毎にGHzからTHzオーダの所定のビットレートの光信号が合波された1群の波長群が複数群たとえばM群含む波長分割多重(WDM: Wavelength Division Multiplexing)光が、所定のノードから他の複数のノードへ複数本(n本: 各ノード間で一定でなくて構わない)ずつの光入力ファイバおよび光出力ファイバを介して並列的に伝送される光ネットワークが知られている。また、このような光ネットワークにおいて波長群単位で方路切換し或いは波長単位で方路切換(ルーティング)を行うノードでは、そのノードが目的地である信号に対して、ルータ等を用い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電気レイヤELに対して、上記n本の光入力ファイバを介して伝送されてきた波長群中にそれぞれ含まれるm個の波長チャンネルから所定波長の光信号を抽出してドロップさせ、或いは、電気信号から所定のルータで変換された光信号を所定の光ファイバ内の波長分割多重光へ加入(アド)するための、比較的大規模な多入力多出力光スイッチ装置である光マトリックススイッチ装置が用いられる。特許文献1には、その一例が記載されている。

10

【0003】

ところで、上記ノードとして、たとえば図8および図9にそれぞれ示す光パスクロスコネクタ装置が提案されている。図8の光パスクロスコネクタ装置は、波長選択スイッチベースで構成されており、N本の光入力ファイバ $F_{in1} \sim F_{inN}$ 毎に設けられて、それら光入力ファイバ $F_{in1} \sim F_{inN}$ からの波長分割多重光を構成する波長群から複数本(N本)の光出力ファイバ $F_{out1} \sim F_{outN}$ のうち任意の光出力ファイバへ向かう波長を選択する $N(nD)$ 個の $1 \times (nD + 1)$ 波長選択スイッチWSSと、複数本(N本)の光出力ファイバ $F_{out1} \sim F_{outN}$ 毎に設けられ、前記 $N(nD)$ 個の $1 \times (nD + 1)$ 波長選択スイッチWSSからそれぞれ出力される波長群を合波して複数本(N本)の光出力ファイバ $F_{out1} \sim F_{outN}$ のうちその波長群が指向する所望の光出力ファイバへ出力する nD 個の $(nD + 1) \times 1$ 光合流器WBCとを、備えている。図8に示す光パスクロスコネクタ装置は、 $(nD + 1) \times 1$ 光合流器WBCは、上記 $1 \times (nD + 1)$ 波長選択スイッチWSSと同様に構成されて逆方向に用いられたものであり、入出力が反転しても同じ機能を出すことができる対称構造に構成されている。また、図9に示す光パスクロスコネクタ装置は、図8に示す光パスクロスコネクタ装置と比較して、 $(nD + 1) \times 1$ 光合流器WBCが光カップラにより構成されている点で相違し、他は同様に構成されている。図9に示す光パスクロスコネクタ装置は、非対称構造に構成されており、 $(nD + 1) \times 1$ 光合流器WBCがホトカプラの組合せによっても構成されるが光合流器WBCの損失が大きいという特徴がある。図8および図9に示す光パスクロスコネクタ装置では、電気レイヤELのルータから所定波長で送信されるアド信号をN本の出力ファイバ $F_{out1} \sim F_{outN}$ のうち、そのアド信号が指向する所望の光出力ファイバ内の波長分割多重光へ加えるためのアド用 $1 \times nD$ 波長選択スイッチWSSが設けられている。また、光入力ファイバ $F_{in1} \sim F_{inN}$ からの波長分割多重光に含まれる所定波長のドロップ信号を電気レイヤELの所望のルータへドロップさせるためのドロップ用 $nD \times 1$ 光合流器WBCが設けられている。

20

30

【0004】

ところで、光ネットワーク内の複数個(D個)のノード#1~#Dから、n本毎の光入力ファイバをそれぞれ介して上記の光パスクロスコネクタ装置へ入力され、この光パスクロスコネクタ装置において、他のn本毎の光出力ファイバをそれぞれ介して上記複数個(D個)のノード#1~#Dへ、波長群単位で方路切換し或いは波長単位で方路切換が行われるとすると、図8および図9に示される光パスクロスコネクタ装置では、それに用いられている波長選択スイッチは、 $N(=n \cdot D)$ 個の $1 \times (nD + 1)$ 波長選択スイッチWSSから構成され、仮に、アドおよびドロップ機能を省いた上で、 $n = 10$ 、 $D = 10$ であるとして、光ファイバの本数 $N(=nD)$ が100本であるとする、100個の 1×100 波長選択スイッチが必要となる。しかし、波長選択スイッチは、現状では、図10に示す三次元MEMS光スイッチで構成されるか、或いは、図11に示す、N本の光入力ファイバ毎に設けられてそれぞれ入力される波長分割多重光を波長毎に分波するN個の分波器と、N個の分波器で分波された波長毎に方路切り換えを行う $N \times m$ 個(mはファイバ当たり

40

50

の波長数)の $1 \times N$ 光スイッチと、それらの $1 \times N$ 光スイッチからの出力波長をそれぞれ受けて合波し、 N 本の光出力ファイバへ出力する $N \times N$ 個の $N \times 1$ 合波器とで構成される。このため、上記 N 個の $1 \times N$ 波長選択スイッチを図10に示す三次元MEMS光スイッチで構成しようとする、各波長選択スイッチ毎に N 本の入光出力ファイバの他に、分光用グレーティングおよび集光レンズの他、1光入力ファイバ当たりの波長数 m 個のマイクロミラーおよびそれを駆動するアクチュエータを必要とするため、装置が複雑且つ大規模となり、価格的にも極めて高価であるという問題があった。また、図11に示す、 N 個の分波器で分波された波長毎に方路切り換えを行なう $N \times m$ 個(m はファイバ当たりの波長数)の $1 \times N$ 光スイッチと、それらの $1 \times N$ 光スイッチからの出力波長をそれぞれ受ける $N \times m$ 個の $N \times 1$ 合波器とで構成する場合には、ファイバ毎に対応する部品、即ち、1個の分波器、 m 個の $1 \times N$ 光スイッチ、 N 個の $N \times 1$ 合波器をプレーナ光導波回路(PLC)技術を用いて単一の基板上に集積化できるという可能性があるが、 $1 \times N$ 光スイッチが多数の光スイッチから構成されるため、規模が大きく、これも実用が困難であるという問題があった。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【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】

20

【0006】

これに対して、図12に示す光パスクロスコネクタ装置を考えることができる。この光パスクロスコネクタ装置では、複数個(D 個)のノード#1~# D から、 n 本毎の光入力ファイバをそれぞれ介して所定の光パスクロスコネクタ装置へ入力され、他の n 本毎の光出力ファイバをそれぞれ介して上記複数個(D 個)のノード#1~# D へ、波長群単位で方路切換え或いは波長単位で方路切換えが行われるとともに、伝送されてきた波長群中に含まれる所定の波長チャンネルから所定波長の光信号が抽出されてドロップされ、或いは、逆に、電気信号から所定のルータで変換された光信号が所定の光ファイバ内へ加入(アド)される。このような光パスクロスコネクタ装置は、たとえば、 $N(=n \cdot D)$ 本の光入力ファイバ毎に設けられて、その光入力ファイバで伝送されてきた1群の波長群を構成する波長から任意の波長を選択して任意の出力ファイバへそれを供給する2段構成の nD 個の $1 \times (D+1)$ 第1波長選択スイッチ($1 \times (D+1)$ WSS)および nD^2 個の $1 \times n$ 第2波長選択スイッチ($1 \times n$ WSS)と、 $N(=n \cdot D)$ 本の出力ファイバ毎に設けられ、上記 $1 \times n$ 第2波長選択スイッチからそれぞれ出力される波長を合波して光出力ファイバへ出力する nD 個の $(nD+1) \times 1$ 光合流器WBCとを、備えている。

30

【0007】

一般に、波長選択スイッチは、今現在では 1×9 程度が最大規模であり、その価格は1個で100万円程度である。このため、上記において、仮に、 $n=10$ 、 $D=10$ であるとして、光ファイバの本数 $N(=nD)$ が100本であるとする、 nD 個の $1 \times (D+1)$ 第1波長選択スイッチと nD^2 個の $1 \times n$ 第2波長選択スイッチとで、1100個となり、未だ、价格的に実用性に乏しいという問題があった。

40

【0008】

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、方路切換え機能を有し且つ大幅に低価格な光パスクロスコネクタ装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するための本発明の要旨とするところは、複数の光入力ファイバからの波長分割多重光を波長に応じて複数の光出力ファイバへルーティングする光パスクロスコネクタ装置であって、(a)複数個の出力ポートを有し、前記複数の光入力ファイバからの各波長分割多重光を、該複数の光入力ファイバ毎の波長に応じて前記複数の出力ポー

50

トのうちの任意の出力ポートへそれぞれ選択的に出力する複数の波長選択スイッチと、(b) 該複数の波長選択スイッチの各々の複数の出力ポート毎にそれぞれ設けられ、該複数の波長選択スイッチによりそれぞれ選択されて該波長選択スイッチの複数の出力ポートからそれぞれ出力された光信号を、該複数の出力ポート毎に、該複数の出力ポートからの波長群に応じて前記複数の光出力ファイバのうちの各々の隣接ノードに接続されるn本の任意の光出力ファイバへそれぞれ選択的に出力する複数の波長群選択スイッチと、(c) 該波長群選択スイッチから前記n本の光出力ファイバのいずれかへ向かってそれぞれ出力される波長群を該n本の光出力ファイバ毎に合流して、該n本の光出力ファイバへそれぞれ入力させる光合流器とを、含むことを特徴とする。

【発明の効果】

10

【0010】

このように構成された本発明の光パスクロスコネクタ装置によれば、複数の光入力ファイバからの波長分割多重光を波長に応じて複数の光出力ファイバへルーティングするために、前記複数の光入力ファイバからの各波長分割多重光を、その複数の光入力ファイバ毎の波長に応じてD本の出力ポートのうちの任意の出力ポートへそれぞれ選択的に出力する複数の波長選択スイッチと、その複数の波長選択スイッチの各々の複数の出力ポート毎にそれぞれ設けられ、その複数の波長選択スイッチによりそれぞれ選択されて該波長選択スイッチの複数の出力ポートからそれぞれ出力された光信号を、その出力ポート毎に、その出力ポートから波長群に応じて前記複数の光出力ファイバのうちの任意の光出力ファイバへそれぞれ選択的に出力する複数の波長群選択スイッチとから、2段構成の波長および波長群選択スイッチが採用されているので、1段構成の波長選択スイッチに比較して、波長選択スイッチの出力ポート数が $(D+1)/(nD+1)$ と大幅に削減される。また、2段構成の波長選択スイッチを採用して、 $1 \times (D+1)$ 波長選択スイッチが $N (= n \cdot D)$ 個、 $1 \times n$ 波長選択スイッチが $ND (= n \cdot D^2)$ 個を用いる場合に比較して、 $1 \times (D+1)$ 波長選択スイッチが $N (= n \cdot D)$ 個、 $1 \times n$ 波長群選択スイッチが $ND (= n \cdot D^2)$ 個となり、波長選択スイッチの個数は $1/(1+D)$ と大幅に削減される。この波長群選択スイッチは、プレーナ技術により1基板の上に光集積導波回路として構成されることができるので、光パスクロスコネクタ装置が小型に且つ経済的に実現できる。波長群選択スイッチは、その構成上、波長選択スイッチに比較して、装置規模や価格の制約は極めて小さい。

20

30

【0011】

ここで、好適には、前記波長選択スイッチは、前記複数の光入力ファイバ毎に設けられ、該光入力ファイバからの波長分割多重光を構成する波長群から前記複数の光出力ファイバのうちの任意の出力ファイバへ向かう波長を波長毎に選択するものであり、前記波長群選択スイッチは、前記複数の波長選択スイッチの出力ポート毎に設けられ、その波長選択スイッチから出力された複数の波長から成る波長群を、波長群毎に前記複数の光出力ファイバのうちの任意の出力ファイバへ出力するものであり、前記光合流器は、前記複数の出力ファイバ毎に設けられ、該波長群選択スイッチからそれぞれ出力される波長群を合流して該複数の出力ファイバのうち該波長群が指向する出力ファイバへ出力するものである。

【0012】

40

また、好適には、前記波長選択スイッチは、前記複数の光入力ファイバによりそれぞれ伝送されてくる波長分割多重光に含まれるドロップ波長を選択して電気レイヤの所定のルータへ出力するドロップ用出力ポートをさらに備え、前記波長選択スイッチの出力ポート数をD(2以上の整数)とすると、その波長選択スイッチは $1 \times (D+1)$ で構成されているものである。このようにすれば、光パスクロスコネクタ装置は入力ファイバ毎にドロップ機能を備えることができる。

【0013】

また、好適には、前記光合流器は、前記電気レイヤの所定のルータから出力されたアド波長を受け入れるアド用入力ポートをさらに備え、 $(nD+1) \times 1$ で構成されているものである。このようにすれば、光パスクロスコネクタ装置は出力ファイバ毎にアド機能を

50

備えることができる。

【0014】

また、好適には、前記波長選択スイッチの出力ポート数Dの値は、前記光パスクロスコネクタ装置に隣接するノードの数、或いは光ネットワーク内の各々のノードに隣接するノード数の最大値以上である。このようにすれば、どのノードへ行くか或いはどの光出力ファイバを選択するかに関して、設計の自由度が高められる。

【0015】

また、好適には、前記光パスクロスコネクタ装置からそれに隣接する各ノードiへそれぞれ出力する各光出力ファイバの本数を A_i とすると、波長群選択スイッチの各光出力ファイバの本数 A_i は、隣接する各ノードへの出力ファイバの本数 A_i の最大値以上の本数である。このようにすれば、隣接する各ノードとの間の信号伝送に関して、設計の自由度が高められる。

10

【0016】

また、好適には、前記波長分割多重光は、波長が順次異なる連続的波長の波長チャンネルから構成される。このようにすれば、連続的波長の波長チャンネルが用いられるので、設計が容易となる利点がある。

【0017】

また、好適には、前記波長分割多重光は、波長が不連続な波長チャンネルから構成される。このようにすれば、設計の自由度が高められる利点がある。

【0018】

また、好適には、前記波長分割多重光は、信号のビットレドが相互に異なる波長チャンネルを含んで構成される。このようにすれば、光パスクロスコネクタ装置の汎用性が高められる。

20

【0019】

また、好適には、前記波長分割多重光は、波長間隔が相違する波長の波長チャンネルを含んで構成される。このようにすれば、光パスクロスコネクタ装置の汎用性が高められる。

【0020】

また、好適には、前記光合流器は、逆向きに用いる波長群選択スイッチから構成されている。このようにすれば、光パスクロスコネクタ装置を構成する要素の種類が少なくなり、製造が容易となるとともに、プレーナ光導波路技術を用いて共通の基板上に集積化し、モノリシック化できる利点がある。

30

【0021】

また、好適には、前記光パスクロスコネクタ装置の光入力ファイバが光出力ファイバとして用いられ、その光パスクロスコネクタ装置の光出力ファイバが光入力ファイバとして用いられ、逆方向の光パスクロスコネクタ装置として機能させられるものである。このようにすれば、ノード設計の自由度が高められる。

【0022】

また、好適には、前記ドロップ用出力ポートを備える波長選択スイッチは、アド入力ポートを備える光合流器として機能し、前記アド入力ポートを備える光合流器はドロップ用出力ポートを備える光分岐素子として機能するものである。このようにすれば、ノード設計の自由度が高められる。

40

【0023】

また、好適には、前記光パスクロスコネクタ装置は、プレーナ光導波回路(PLC)技術を用いて、前記複数の波長選択スイッチ、波長群選択スイッチ、光合流器を共通基板上に形成して集積し、モノリシック構造とされる。このようにすれば、光パスクロスコネクタ装置が、小型となるだけでなく、生産性が向上して一層低価格となる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の一実施例の光パスクロスコネクタ装置を含む光ネットワークを説明する

50

ための概念図である。

【図2】図1の光ネットワークにおいてノードを構成する光パスクロスコネクタ装置の機能を説明する図である。

【図3】図1の光ネットワークにおいて伝送される波長分割多重光であって、連続配置型波長群から構成される場合を説明する図である。

【図4】図1の光ネットワークにおいて伝送される波長分割多重光であって、不連続配置型波長群から構成される場合を説明する図である。

【図5】図1および図2の光パスクロスコネクタ装置の要部構成を説明する概略図である。

【図6】図5の光パスクロスコネクタ装置に用いられている波長群選択スイッチの構成を説明する図である。 10

【図7】図6の波長群選択スイッチに含まれるサイクリックAWGの機能を説明する図である。

【図8】1段式波長選択スイッチを有する従来の光パスクロスコネクタ装置の構成を説明する概略図である。

【図9】1段式波長選択スイッチを有する他の従来の光パスクロスコネクタ装置の構成を説明する概略図である。

【図10】図8または図9の光パスクロスコネクタ装置の波長選択スイッチが三次元MEMS光スイッチで構成された例を説明する図である。

【図11】図8または図9の光パスクロスコネクタ装置の波長選択スイッチが、集積化可能な分波器、光スイッチ、合波器から構成された例を説明する図である。 20

【図12】2段式波長選択スイッチを有する光パスクロスコネクタ装置の構成例を説明する概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下に、本発明の一実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

【実施例】

【0026】

図1は、複数個のノード#0～#Dと、それらの間を接続する光ファイバとからなる光ネットワークNWの一部を例示している。Dは、ノード#0を除いた隣接するノードの個数を示す正の整数である。図2は、ノード#0を構成する光パスクロスコネクタ装置OXCの入出力を示している。図2に示すように、光パスクロスコネクタ装置OXCには、ノード#0に隣接する各ノード#1～#Dからの合計N本の光入力ファイバFi1～FiNが接続され、各ノード#1～#Dへの合計N本の光出力ファイバFo1～FoNが接続されている。光入力ファイバFi1～FiNおよび光出力ファイバFo1～FoNがそれぞれn本ずつの束であるとすると、上記Nは、 $n \times D$ により表わされる。 30

【0027】

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ンネル(wave channel or light path)にそれぞれ対応するL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、WB11～WB1M、WB21～WB2M、・・・WBK1～WBKMが、入力側光ファイバFi1、Fi2、・・・FiN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、・・・FoNをそれぞれ介して並列に出力される。上記L、M、Nは整数であり、たとえば、 $L = 4 \sim 8$ 、 $M = 8 \sim 10$ 、 $N = 10 \sim 12$ などに設定される。1本の光ファイバ毎の波長数mは、 $L \times M$ により表わされる。 40

【0028】

ここで、たとえば波長群WB11に含まれる波長チャンネルの波長は $\lambda_{11} \sim \lambda_{1L}$ 、波長 50

群WB12に含まれる波長チャンネルの波長は $121 \sim 12L$ 、波長群WB1Mに含まれる波長チャンネルの波長は $1M1 \sim 1ML$ 、波長群WBKMに含まれる波長チャンネルの波長は $KM1 \sim KML$ となるが、それらの波長、たとえば $121 \sim 121L$ 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。

【0029】

図3および図4は、各波長群を構成する波長の構成例を示している。図3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4は、分散配置型波長群の例を示しており、連続する8波長の組の各々から分散的に選択された波長から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1群が構成されている。

10

【0030】

上記図3及び図4において、波長分割多重信号を構成する波長チャンネルは、相互に同じビットレートの光信号であってよいし、一部または全部が相互に異なるビットレートの光信号であってよい。また、図4に示すように、波長チャンネルは必ずしも等間隔でなくてもよく、一部または全部が不等間隔の波長チャンネルであってよい。

【0031】

図5に示すように、光パスクロスコネクタ装置OXCは、N本の光入力ファイバFi1、Fi2、・・・FiN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群あるいは波長を抽出して方路切り換えを行い、所望の他の波長分割多重光に組み入れてN本の光出力ファイバFo1、Fo2、・・・FoNのうちの所望の光出力ファイバを介して伝送する。このパスクロスコネクタ装置OXCは、N本の光入力ファイバFi1、Fi2、・・・FiN毎に設けられたN個(=n・D個)の $1 \times (D+1)$ 波長選択スイッチWSS1~WSSnDと、それら $1 \times (D+1)$ 波長選択スイッチWSS1~WSSnDのD個の出力ポート毎にそれぞれ設けられた $n \cdot D^2$ 個の $1 \times n$ 波長群選択スイッチWBSと、N本の光出力ファイバFo1、Fo2、・・・FoN毎に設けられ、 $1 \times n$ 波長群選択スイッチWBSから所望の光出力ファイバへ向かってそれぞれ出力される波長群を合波してN本の光出力ファイバFo1、Fo2、・・・FoNへそれぞれ出力するnD個の $(nD+1) \times 1$ 合流器WBCとを備えている。

20

【0032】

$1 \times (D+1)$ 波長選択スイッチWSS1~WSSnDは、1入力に対して基本的には複数個の出力ポートすなわちノード#0に隣接するノード#1~#Dの数と同じD個の出力ポートと電気レイヤEL内の所定の受信器(ルータ)PDヘドロップ出力させるドロップ用出力ポートPodとを有している。 $1 \times (D+1)$ 波長選択スイッチWSS1~WSSnDは、たとえば図10に示す三次元MEMS光スイッチ、又は図11に示す平面式波長選択スイッチから構成される。図10に示す三次元MEMS光スイッチは、1本の光入力ファイバFi1および4本の光出力ファイバFo1~Fo4を用いて説明されている。この三次元MEMS光スイッチは、分光用グレーティングG、集光レンズLの他に、波長数m個(図10では4個)のマイクロミラーMMおよびそれを駆動する図示しないアクチュエータを備え、光入力ファイバFi1から入力された波長が分光用グレーティングGで波長単位に分光された後に集光レンズLにより波長毎にマイクロミラーMM上に集光され、マイクロミラーMMからの反射光が出力ファイバFo1~Fo4のうちの所望のファイバに入射するように駆動されることで、波長選択スイッチ機能が得られるようになっている。本実施例では、Dの値が9前後であるため、実用技術で構成される。

30

40

【0033】

図11に示される平面式波長選択スイッチは、プレーナ光導波回路(PLC)技術により共通の半導体或は石英などの基板上に導波路および素子が集積化されることにより構成される。この平面式波長選択スイッチは、たとえば、N本の光入力ファイバFi1、Fi2、・・・FiN毎に設けられてそれぞれ入力される波長分割多重光を波長毎に分波するN個の $1 \times m$ (mはファイバ当たりの波長数)分波器WSと、N個の $1 \times m$ 分波器WSでそれ

50

ぞれ分波された波長毎に方路切り換えを行なう $N \times m$ 個の $1 \times N$ 光スイッチ PWC と、これらの $1 \times N$ 光スイッチ PWC からの出力波長をそれぞれ受けて合波し、 N 本の光出力ファイバ F_{o1} 、 F_{o2} 、 \dots 、 F_{oN} へ出力する $N \times N$ 個の $N \times 1$ 合波器 WC とで構成される。図 5 の $1 \times (D + 1)$ 波長選択スイッチ $WSS1 \sim WSSnD$ としてこの平面式選択スイッチが採用されると、図 5 の光パスクロスコネクタ装置 OXC は、その全体が共通の半導体或は石英などの基板上に集積化されることも可能である。

【0034】

図 5 の $1 \times n$ 波長群選択スイッチ WBS は、1 入力に対して複数個の出力ポートすなわちノード # 0 に隣接するノード # 1 ~ # D のいずれか 1 に向かう光出力ファイバの本数と同じ n 個の出力ポートを備え、その複数個の出力ポートのうちの 1 つからは、ノード # 0 に隣接するノード # 1 ~ # D のいずれか 1 に向かう波長群を合波する 1 群 (n 個) の $nD \times 1$ 光合流器 WBC へ、選択した波長群をそれぞれ出力する。この $1 \times n$ 波長群選択スイッチ WBS は、仮に $n = 5$ としたときを示す図 6 に示すように構成される。図 6 において、 $1 \times n$ 波長群選択スイッチ WBS は、第 1 周回性アレイ導波路回折格子 AWG1 と、5 個の 1×5 光スイッチ PSW と、5 個の 5×1 第 2 周回性アレイ導波路回折格子 AWG2 とから構成されている。上記の第 1 周回性アレイ導波路回折格子 AWG1 および第 2 周回性アレイ導波路回折格子 AWG2 は、出力ポート数と波長間隔との積を FSR (Free Spectral Range) に一致させることで出力に周回特性を持たせた周回性アレイ導波路回折格子 AWG により構成される。上記第 1 周回性アレイ導波路回折格子 AWG1 は、その周回特性によって、 $1 \times D$ 波長選択スイッチ $WSS1 \sim WSSnD$ の D 個の出力ポートのうちの 1 つから入力された波長分割多重光を、図 7 に示すように 5 つの波長群に分波する。図 7 では、1 ~ 40 の 40 波の波長群が $1 \times D$ 波長選択スイッチ $WSS1 \sim WSSnD$ から入力されたときに 5 つ群の波長群 $WB1 \sim WB5$ を出力する場合の例を示している。上記 1×5 光スイッチ PSW は、公知の光スイッチから構成され得るが、たとえば、マッハツェンダ - 干渉計を利用した MZI スイッチが、PLC を利用した光集積回路を採用する上で好都合である。上記 5×1 第 2 周回性アレイ導波路回折格子 AWG2 は、周回性アレイ導波路回折格子 AWG から構成されているが、逆向きに利用されることで、 1×5 光スイッチ PSW から出力された波長群を合波して方路切り換え先の光出力ファイバへ向かって出力させる合波器として機能している。

【0035】

図 5 に戻って、 $(nD + 1) \times 1$ 合流器 WBC は、 nD 個の $1 \times (D + 1)$ 波長選択スイッチ WSS 毎に設けられた D 個の $1 \times n$ 波長群選択スイッチ WBS のうちの 1 つの $1 \times n$ 波長群選択スイッチ WBS からそれぞれ出力された波長群がそれぞれ入力される nD 個の入力ポートとノード # 0 に隣接する各ノード # 1 ~ # D への n 本ずつ光出力ファイバのうちの 1 つへ出力する 1 つの出力ポートとを備え、その各 $1 \times n$ 波長群選択スイッチ WBS から複数の光出力ファイバ F_{o1} 、 F_{o2} 、 \dots 、 F_{oN} のうちの所定の光出力ファイバへ向かって出力された波長群を合波し、その所定の光出力ファイバへ出力する。この $(nD + 1) \times 1$ 合流器 WBC は、光カップラにより構成され得るが、本実施例の $(nD + 1) \times 1$ 合流器 WBC は、上記 $1 \times n$ 波長群選択スイッチ WBS と同様の $1 \times (nD + 1)$ 波長群選択スイッチ WBS と同様の構成を有して逆向きに用いられるもので構成することができる。

【0036】

本実施例の光パスクロスコネクタ装置 OXC は、 N 本の入力側光ファイバ F_{i1} 、 F_{i2} 、 \dots 、 F_{iN} を介してそれぞれ入力された波長分割多重光すなわちファイバ毎に M 群の波長群 $WB11 \sim WB1M$ 、 $WB21 \sim WB2M$ 、 \dots 、 $WBn1 \sim WBnM$ 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 内の複数の受信器 (ルータ) PD のうちの所定 (任意) の受信器へドロップさせるドロップ機能と、電気レイヤ EL 内の複数の送信器 (ルータ) PI 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光出力ファイバ F_{o1} 、 F_{o2}

10

20

30

40

50

、・・・F_{oN}のいずれかから伝送させるアド機能とを備えている。なお、光ネットワークNWでは、波長衝突を回避するために予めルートが定められて波長が重ならないように設計されている。上記送信器PIは、空いている波長を探してその波長の光信号を出力させる。

【0037】

このため、図5の $1 \times (D + 1)$ 波長選択スイッチWSS1~WSSnDは、N本の光入力ファイバFi1、Fi2、・・・Finを介してそれぞれ入力された波長分割多重光から所定(任意)のドロップ波長を選択して、電気レイヤEL内の所定の受信器(ルータ)PDへドロップ出力させるドロップ用出力ポートPodを、さらに備えている。それ故、入力数および出力数の構成は $1 \times (D + 1)$ となるので、 $1 \times (D + 1)$ 波長選択スイッチWSSと称される。また、図5の $(nD + 1) \times 1$ 合流器WBCは、電気レイヤEL内の所定の送信器PIから加入(アド)された所定波長の光信号すなわちアド波長を所定の波長分割多重信号に加入(アド)してその所定の波長分割多重信号が伝送される光出力ファイバFo1、Fo2、・・・Fonのいずれかから伝送させるアド入力ポートPiaを、さらに備えている。それ故、入力数および出力数の構成は $(nD + 1) \times 1$ となるので、 $(nD + 1) \times 1$ 合流器WBCと称される。

10

【0038】

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OXCにおいて、 $1 \times (D + 1)$ 波長選択スイッチWSS1~WSSnDの出力ポート数Dは、この光パスクロスコネクタ装置OXCに隣接するノードの数、或いは光ネットワーク内の各々のノード#0に隣接するノード#1~#D数の最大値以上の値となるように設定されている。また、光出力ファイバFo1、Fo2、・・・Fonのうち光パスクロスコネクタ装置OXCからそれに隣接する各ノードへそれぞれ出力する光出力ファイバの本数Aiとすると、その光出力ファイバの本数Aiは、各ノード#1~#Dからノード#0へそれぞれ入力される光入力ファイバの本数Aiの最大値と同じ本数であるか、或いはそれ以上の本数に設定されている。

20

【0039】

上述のように、本実施例の光パスクロスコネクタ装置OXCによれば、複数の光入力ファイバFi1、Fi2、・・・Finからの波長分割多重光に含まれる波長群或いは波長を、複数の光出力ファイバFo1、Fo2、・・・Fonのいずれかへルーティングするために、複数の光入力ファイバFi1、Fi2、・・・Finからの各波長分割多重光を、その複数の光入力ファイバFi1、Fi2、・・・Fin毎の波長に応じてD本の出力ポートのうちの任意の出力ポートへそれぞれ選択的に出力する複数の $1 \times (D + 1)$ 波長選択スイッチWSS1~WSSnDと、その複数の波長選択スイッチWSS1~WSSnDによりそれぞれ選択されて該波長選択スイッチWSS1~WSSnDのD本の出力ポートからそれぞれ出力された光信号を、そのD本の出力ポート毎にそのD本の出力ポートから波長群に応じてn本の光出力ファイバのうち任意の光出力ファイバへそれぞれ選択的に出力する $1 \times n$ 波長群選択スイッチWBSとから、波長選択スイッチと波長群選択スイッチの2段構成が採用されているので、図8、図9の1段構成の波長選択スイッチWSSに比較して、波長選択スイッチWSSの出力ポート数が $(D + 1) / (nD + 1)$ と大幅に削減される。また、図12に示すように、波長選択スイッチを2段構成に組み合わせて、 $1 \times D$ 波長選択スイッチWSS1~WSSnDが $N(n \cdot D)$ 個、 $1 \times n$ 波長群選択スイッチWBSが $ND(=n \cdot D^2)$ 個を用いる場合に比較しても、本実施例の光パスクロスコネクタ装置OXCによれば、 $1 \times (D + 1)$ 波長選択スイッチWSSが $N(=n \cdot D)$ 個、 $1 \times n$ 波長群選択スイッチWBSが $ND(=n \cdot D^2)$ 個となり、波長選択スイッチWSSの個数は $1 / (1 + D)$ と大幅に削減される。この波長群選択スイッチWBSは、プレーナ技術により1基板の上に光集積導波回路として構成されることができるので、光パスクロスコネクタ装置OXCが小型、且つ経済的に実現できる。波長群選択スイッチWBSは、その構成上、波長選択スイッチWSSに比較して、装置規模や価格の制約は極めて小さい。

30

40

【0040】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置OXCによれば、 $1 \times (D + 1)$ 波長選択

50

スイッチ $W S S 1 \sim W S S n D$ は、複数の光入力ファイバ $F i 1, F i 2, \dots, F i N$ 毎に設けられて、その光入力ファイバ $F i 1, F i 2, \dots, F i N$ からの波長分割多重光を構成する波長から複数の光出力ファイバ $F o 1, F o 2, \dots, F o N$ のうちの任意の出力ファイバへ向かう波長を選択するものであり、 $1 \times n$ 波長群選択スイッチ $W B S S$ は、複数の $1 \times (D + 1)$ 波長選択スイッチ $W S S 1 \sim W S S n D$ の出力ポート毎に設けられて、その波長選択スイッチ $W S S$ から出力された複数の波長から成る波長群を、複数の光出力ファイバ $F o 1, F o 2, \dots, F o N$ のうち、特定の隣接ノードに接続される任意の光出力ファイバへ出力するものであり、 $(n D + 1) \times 1$ 光合流器 $W B C$ は、複数の光出力ファイバ $F o 1, F o 2, \dots, F o N$ 毎に設けられ、その波長群選択スイッチ $W B S S$ から対応するファイバに向けて出力される波長群を合流して複数の出力ファイバ $F o 1, F o 2, \dots, F o N$ のうちその波長群が指向する光出力ファイバへ出力するものである。このため、波長選択スイッチ $W S S$ の個数は、 $1 / (1 + D)$ と大幅に削減されるだけでなく、波長群選択スイッチ $W B S S$ は、プレーナ技術により 1 基板の上に光集積導波回路として構成されることができるので、光パスクロスコネクタ装置 $O X C$ が小型、且つ経済的に実現できる。

【0041】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置 $O X C$ は、 $1 \times (D + 1)$ 波長選択スイッチ $W S S 1 \sim W S S n D$ は、複数の光入力ファイバ $F i 1, F i 2, \dots, F i N$ によりそれぞれ伝送されてくる波長分割多重光に含まれるドロップ波長を選択して電気レイヤ $E L$ の所定のルータへ出力するドロップ用出力ポート $P o d$ をさらに備えているので、ドロップ機能を備えることができる。

【0042】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置 $O X C$ は、 $(n D + 1) \times 1$ 光合流器 $W B C$ は、電気レイヤ $E L$ の所定のルータから出力されたアド波長を受け入れるアド用入力ポート $P i a$ をさらに備えているので、アド機能を備えることができる。

【0043】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置 $O X C$ によれば、 $1 \times (D + 1)$ 波長選択スイッチ $W S S 1 \sim W S S n D$ の数 D の値は、その光パスクロスコネクタ装置 $O X C$ に隣接するノードの数、或いは光ネットワーク内の各々のノードに隣接するノード数の最大値と同じかそれ以上の値に設定されているので、波長チャンネルの光信号がどのノードへ行くか、或いは、どの光出力ファイバを選択するかに関して、設計の自由度が高められる。

【0044】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置 $O X C$ によれば、光出力ファイバ $F o 1, F o 2, \dots, F o N$ のうちその光パスクロスコネクタ装置 $O X C$ からそれに隣接する各ノードへそれぞれ出力する各光出力ファイバの本数 n は、その各ノードからそれぞれ入力される各光入力ファイバの本数の最大値またはそれ以上の本数に設定されているので、隣接する各ノードとの間の信号伝送に関して、設計の自由度が高められる。

【0045】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置 $O X C$ によれば、波長分割多重光は、図 2 に示すように波長が順次異なる連続的波長の波長チャンネルから構成されるので、設計が容易となる利点がある。

【0046】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置 $O X C$ によれば、波長分割多重光は、図 3 に示すように波長が不連続な波長チャンネルを含んで構成されるので、設計の自由度が高められる利点がある。

【0047】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置 $O X C$ によれば、波長分割多重光は、信号のビットレイトが相互に異なる波長チャンネルを含んで構成されるので、光パスクロスコネクタ装置 $O X C$ の汎用性が高められる。

【0048】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置 $O X C$ によれば、波長分割多重光は、波長

10

20

30

40

50

間隔が相違する波長の波長チャンネルを含んで構成されるので、光パスクロスコネクタ装置OXCの汎用性が高められる。

【0049】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置OXCによれば、 $(nD+1) \times 1$ 光合流器WBCは、逆向きに用いる $1 \times (nD+1)$ 波長群選択スイッチWBSSと同様に構成されているので、光パスクロスコネクタ装置OXCを構成する要素の種類が少なくなり、製造プロセスの行程数が少なくなつて容易となる。また、 $1 \times (D+1)$ 波長選択スイッチWSS、 $1 \times n$ 波長群選択スイッチWBSS、 $(nD+1) \times 1$ 光合流器WBCを、プレーナ光導波路(PLC)技術を用いて共通の基板上に集積化して、モノリシック化できる利点がある。

10

【0050】

また、本実施例の光パスクロスコネクタ装置OXCにおいて、入力と出力、およびアドとドロップとを入れ替える利用形態により、逆向きでも光パスクロスコネクタ装置OXCとして機能させることができる。この場合、光入力ファイバFi1、Fi2、・・・FiNを光出力ファイバとして用い、光出力ファイバFo1、Fo2、・・・FoNを光入力ファイバとして用い、ドロップ用出力ポートPodを備える $1 \times (D+1)$ 波長選択スイッチWSSおよび $1 \times n$ 波長群選択スイッチWBSSは、アド入力ポートを備える $(nD+1) \times 1$ 光合流器として機能し、アド入力ポートPiaを備える $(nD+1) \times 1$ 光合流器WBCはドロップ用出力ポートを備える $1 \times (nD+1)$ 波長選択スイッチとして機能するものである。これにより、たとえば、ノード配置などのノード設計の自由度が高められる。

20

【0051】

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】

【0052】

NW：光ネットワーク

OXC：光パスクロスコネクタ装置

WSS：波長選択スイッチ

WBSS：波長群選択スイッチ

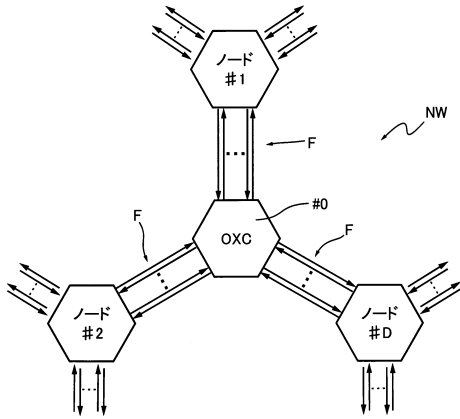
WBC：光合波器

Fo1、Fo2、・・・FoN：光出力ファイバ

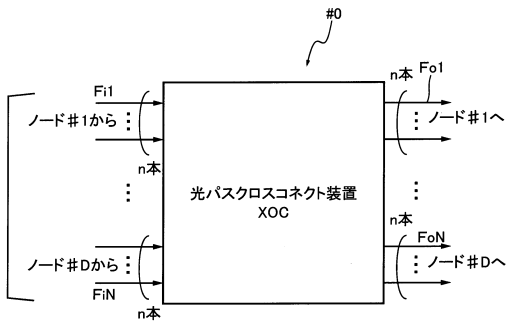
Fi1、Fi2、・・・FiN：光入力ファイバ

30

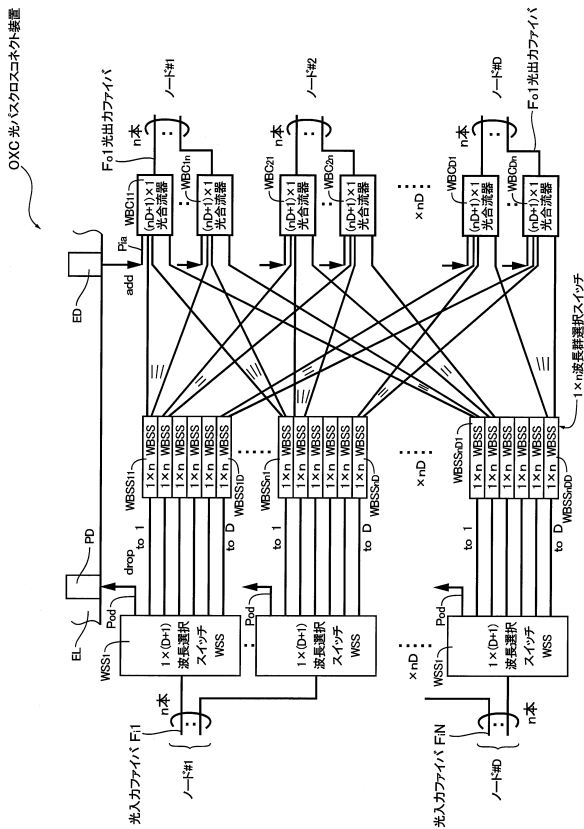
【図1】



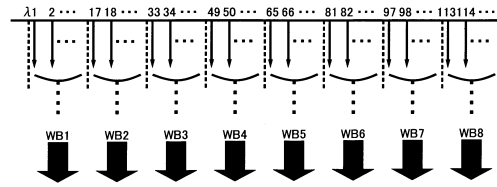
【図2】



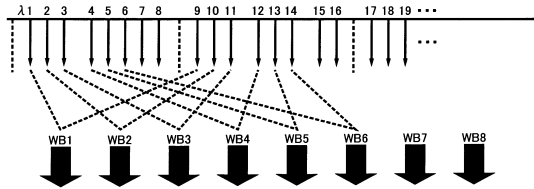
【図5】



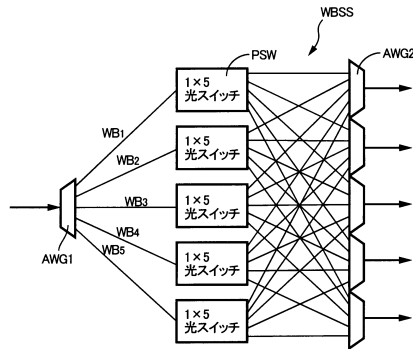
【図3】



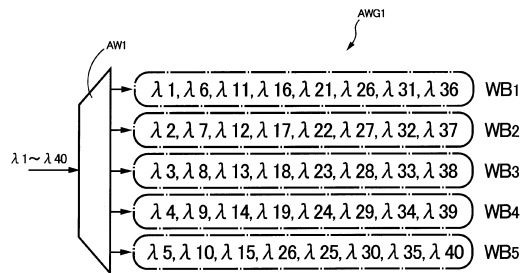
【図4】



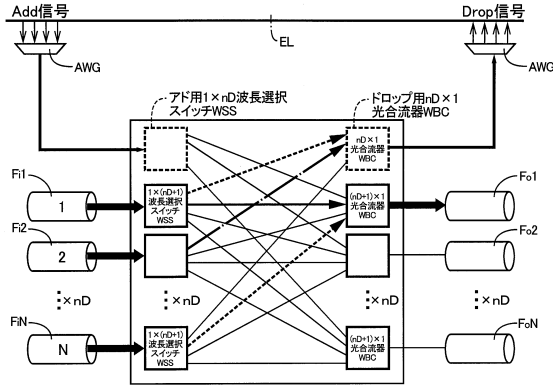
【図6】



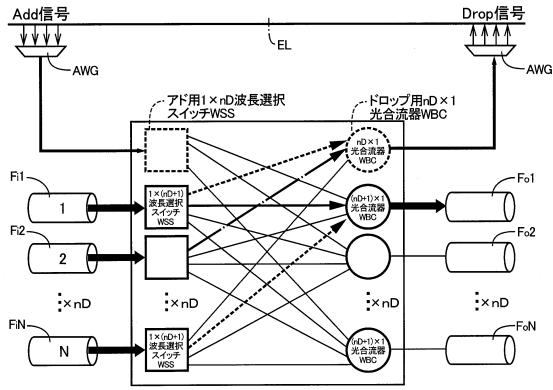
【図7】



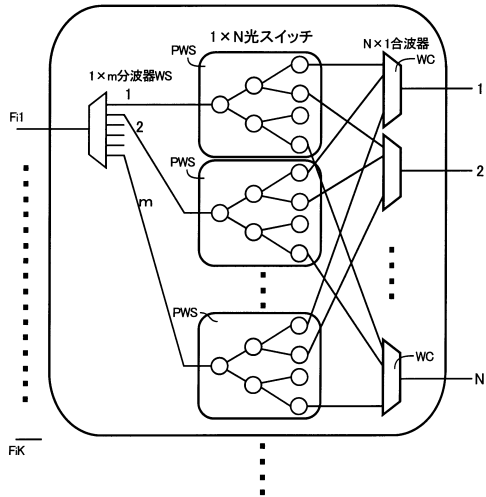
【図 8】



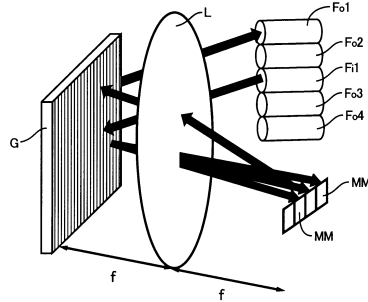
【図 9】



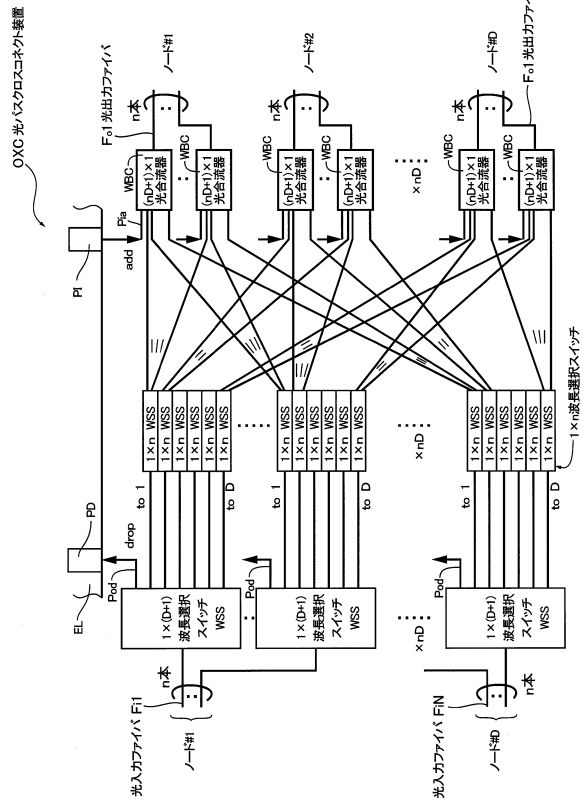
【図 11】



【図 10】



【図 12】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-040997(JP,A)
特開2011-061637(JP,A)
特開2006-129503(JP,A)
特開2009-284347(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0076016(US,A1)
特開2006-140598(JP,A)
特開2007-295136(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

- H04B10/00-10/90
H04J14/00-14/08