

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2016年1月7日(07.01.2016)



(10) 国際公開番号  
WO 2016/002736 A1

- (51) 国際特許分類:  
H04Q 3/52 (2006.01) H04J 14/00 (2006.01)  
H04B 10/27 (2013.01) H04J 14/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/068741
- (22) 国際出願日: 2015年6月29日(29.06.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2014-135181 2014年6月30日(30.06.2014) JP
- (71) 出願人: 国立研究開発法人科学技術振興機構(JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY AGENCY) [JP/JP]; 〒3320012 埼玉県川口市本町四丁目1番8号 Saitama (JP).
- (72) 発明者: 佐藤 健一(SATO Ken-ichi); 〒4648601 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 Aichi (JP). 長谷川 浩(HASEGAWA Hiroshi); 〒4648601 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 Aichi (JP). 森 洋二郎(MORI Yojiro); 〒4648601 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 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 池田 治幸, 外(IKEDA Haruyuki et al.); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅三丁目15-1 名古屋ダイヤビル2号館 池田国際特許事務所 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL CROSS-CONNECT DEVICE

(54) 発明の名称: 光クロスコネクタ装置

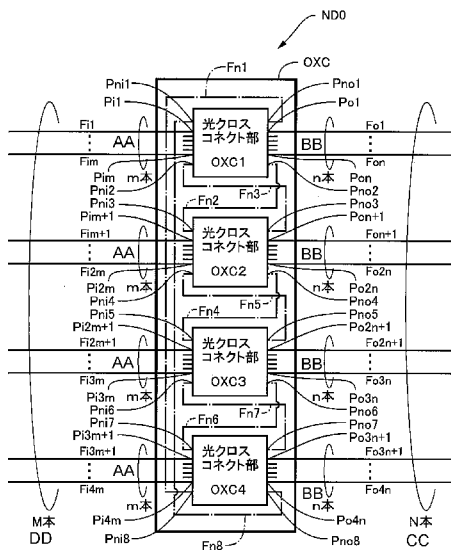


FIG. 2.  
OXC1, OXC2, OXC3, OXC4 Optical cross-connect unit  
AA m-line  
BB n-line  
CC N-lines  
DD M-lines

(57) Abstract: Provided is an optical path cross-connect device that has a path switching function for optical nodes within an optical network, and that has very small-scale hardware. With respect to any of a plurality of optical cross-connect units that constitute an optical cross-connect device (OXC), an internal connection-use output port of a prescribed optical cross-connect unit is directly connected to an internal connection-use input port of another optical cross-connect unit, or, an internal connection-use output port of a prescribed optical cross-connect unit is directly connected to an internal connection-use input port of another optical cross-connect unit and is indirectly connected to an internal connection-use input port of yet another optical cross-connect unit via the other optical cross-connect unit. Due to the foregoing, repeat routing can be carried out by circuiting among the plurality of optical cross-connect units, and the scale of hardware such as the optical cross-connect units or the wavelength selection switches (WSS) thereof can be greatly reduced.

(57) 要約: 光ネットワーク内の光ノードにおいて方路切換機能を有し、且つハードウェアの規模が大幅に小さい光パスクロスコネクタ装置を提供する。光クロスコネクタ装置OXCを構成する複数の光クロスコネクタ部のいずれにおいても、所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続され、又は、所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続され、且つさらに他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと該他の光クロスコネクタ部を介して間接的に接続されているので、複数の光クロスコネクタ部の相互間で迂回させて繰り返しルーティングでき、光クロスコネクタ部或いはそれ波長選択スイッチWSSなどのハードウェアの規模を大幅に削減できる。

WO 2016/002736 A1

ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー  
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,  
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,  
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,  
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：光クロスコネクト装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、光ネットワーク内に設けられ、入力された波長分割多重光を波長群単位或いは波長単位で所望の出力ポートから出力させることが可能な光クロスコネクト装置に関するものである。

### 背景技術

[0002] 所定の通信波長帯のたとえば100GHz毎に配置された複数個の波長チャネル (wave channel or light path) にそれぞれ対応する複数の波長毎にGHzからTHzオーダの所定のビットレートの光信号、或は複数の該光信号を群としてまとめた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、所定の光ノードから他の複数の光ノードへ複数本 (各光ノード間で一定であってもなくても構わない) ずつの光入力ファイバ (たとえばm本) および光出力ファイバ (たとえばn本) を介して光ノード間で並列的に伝送される光ネットワークが知られている。その光入力ファイバの本数たとえばmには、隣接する複数の光ノードからの光ファイバの本数が含まれ、その光出力ファイバの本数たとえばnには隣接する複数の光ノードへの光ファイバの本数が含まれる。このような光ネットワークにおいては、各光ノードを構成する光クロスコネクト装置が、光ファイバを介して伝送される波長分割多重光信号を、光信号のまま波長単位で、或は波長群単位でルーティングを行なうことにより、大容量低消費電力の伝送が実現される。たとえば、特許文献1に記載の光クロスコネクト装置がそれである。

[0003] そして、近年のADSLやFTTHの普及、高精細動画の配信などのサービスの普及により、上記光ネットワークにおいてはトラフィック量の加速度的な増加が予想されることから、波長パスおよび光ファイバ数の増加、すなわち光ノードを構成する光クロスコネクト装置の一層の大規模化が望まれて

いる。

## 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

### 発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、たとえば特許文献1に示される従来の光クロスコネクタ装置では、その構成に波長選択スイッチ(WSS)が用いられているが、その規模が最大でも1×20程度に限られ、大型の光クロスコネクタ装置を構成することは困難であった。すなわち、光クロスコネクタ装置に用いられている波長選択スイッチ(WSS)は、たとえば分波器として機能させる場合は、例えばMEMSミラーを用いた構成においては、複数本の光ファイバの端面の1つから出力された光を分光する回折格子と、その回折格子により分光された光を分波数と同じ個数のMEMSミラーに集光させる集光レンズと、そのMEMSミラーにより選択的に反射された光を上記集光レンズおよび回折格子を経て複数本の光ファイバの端面のうちの1つに入射させるという3次元で構成された空間光学系により波長分割多重光から波長を選択する構成を採用しているため、出力ポート数を多くすると、高精度の加工を必要として高価となるだけでなく、光損失の増大が増加するので、現存する波長選択スイッチの最大ポート数は価格を度外視すれば最大で20程度が限界となっていて、光クロスコネクタ装置の大規模化の実現が実用的に困難であった。

[0006] また、上記光クロスコネクタ装置において、高精細動画などの配信サービスに普及に伴って光クロスコネクタ装置(光ノード)に接続される光ファイバ数の増加する場合には、上記の事情からコスト的および技術的に実現が難しく、容易に対応することが出来なかった。

[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、光ネットワーク内の光ノードにおいて方路切換機能を有し且つハー

ドウェアの規模が大幅に小さく、しかも光損失の少ない光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

[0008] 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、(a) 複数本のノード間接続用光ファイバをそれぞれ介して光ノードが相互に接続された光ネットワークにおいて、該光ノードに配置された光クロスコネクタ装置であって、(b) 前記複数本のノード間接続用光ファイバにそれぞれ接続されたノード間接続用入力ポートおよびノード間接続用出力ポートと、内部接続用入力ポートおよび内部接続用出力ポートとをそれぞれ有し、該内部接続用入力ポートおよび内部接続用出力ポートを介して環状に或いは直列的に相互接続された複数個の光クロスコネクタ部を含み、(c) 前記複数個の光クロスコネクタ部は、前記ノード間接続用入力ポートおよび前記内部接続用入力ポートの数に対応する複数入力と、前記ノード間接続用出力ポートおよび前記内部接続用出力ポートの数に対応する複数出力とを有する単一の波長選択スイッチからそれぞれ構成されていることにある。

### 発明の効果

[0009] このように構成された本発明の光クロスコネクタ装置は、複数本のノード間接続用光ファイバにそれぞれ接続されたノード間接続用入力ポートおよびノード間接続用出力ポートと、内部接続用入力ポートおよび内部接続用出力ポートとをそれぞれ有する複数個の光クロスコネクタ部（サブシステム）を備えており、それら複数個の光クロスコネクタ部のいずれにおいても、所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接又は間接的に相互接続されていることから、光クロスコネクタ部の相互間でルーティングできるので、同一入出力ファイバ数での従来の光クロスコネクタ装置と比較して、同程度のパス収容能力を有しつつ、光クロスコネクタ部或いは波長選択スイッチなどのハードウェアの規模を大幅に削減できる。また、前記複数個の光クロスコネクタ部は、前記ノード間接続用入力ポートおよび前記内部接続用入力ポートの数に対応する

複数入力と、前記ノード間接続用出力ポートおよび前記内部接続用出力ポートの数に対応する複数出力とを有する単一の波長選択スイッチからそれぞれ構成されているので、光クロスコネクタ部が大幅に小型となるとともに、従来構成の光クロスコネクタで用いられていた光カップラが不要となるので、光損失が好適に減少させられる。

[0010] ここで、好適には、前記単一の波長選択スイッチは、前記複数入力および前記複数出力に対応する本数の、端面が直列となるように配置された1列或は複数列の複数本の光ファイバを有するファイバアレイと、前記複数本の光ファイバのうちの前記複数入力に対応するいずれか1つから入力された波長分割多重光を受けて波長毎に分光するたとえば反射型回折格子、ミラー、或いはプリズム等の分光素子と、該分光素子により分光された波長を受けて該波長の反射方向が制御されることにより、前記複数本の光ファイバのうちの前記複数出力に対応するいずれか1つへ択一的に入力させる複数のマイクロミラーアレイを有する3次元MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) ミラーとを、含むものである。このように構成された光クロスコネクタ部によれば、光入力ファイバ毎に設けられて波長分割多重光をそれぞれ波長毎に分波する分波器、その分波器で分波された光パスを波長毎に方路切換を行なう波長数個の1×n光スイッチ、光出力ファイバ毎に設けられてその1×n光スイッチで方路切換された波長を受けて合波し光出力ファイバへ出力する1×n合波器から構成された光クロスコネクタ部に比較して、素子数が少なく、相対的に規模が小さくなるだけでなく、上記仮分波器または光合波器として光カップラが用いられることがなくなるので、光損失が大幅に低減される。

[0011] また、好適には、前記単一の波長選択スイッチは、前記複数入力および前記複数出力に対応する本数の、端面が直列となるように配置された1列或は複数列の複数本の光ファイバを有するファイバアレイと、前記複数本の光ファイバのうちの前記複数入力に対応するいずれか1つから入力された波長分割多重光を受けて波長毎に分光するたとえば反射型回折格子、ミラー、或い

はプリズム等の分光素子と、該分光素子により分光された波長を受けて該波長の回折方向が制御されることにより、前記複数本の光ファイバのうちの前記複数出力に対応するいずれか1つへ択一的に入力させる複数の反射素子を有する液晶素子LCOS (Liquid Crystal on Silicon) とを、含むものである。このように構成された光クロスコネクタ部によれば、光入力ファイバ毎に設けられて波長分割多重光をそれぞれ波長毎に分波する分波器、その分波器で分波された光パスを波長毎に方路切替を行なう波長数個の1×n光スイッチ、光出力ファイバ毎に設けられてその1×n光スイッチで方路切替された波長を受けて合波し光出力ファイバへ出力する1×n合波器から構成された光クロスコネクタ部に比較して、素子数が少なく、相対的に規模が小さくなるだけでなく、上記仮分波器または光合波器として光カプラが用いられることがなくなるので、光損失が大幅に低減される。

[0012] また、好適には、前記複数個の光クロスコネクタ部は、そのいずれにおいても、所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続され、且つ、該他の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが前記所定の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続されている。これにより、光クロスコネクタ装置は、いずれか2個の光クロスコネクタ部（サブシステム）が接続された構成となっており、即ち他のサブシステムと接続されていない孤立したサブシステムは存在しないため、光クロスコネクタ部の相互間で迂回させてルーティングできるので、同一入出力ファイバ数での従来の光クロスコネクタ装置と比較して、同程度のパス収容能力を有しつつ、光クロスコネクタ部或いは波長選択スイッチなどのハードウェアの規模を大幅に削減できる。

[0013] また、好適には、前記複数個の光クロスコネクタ部は、そのいずれにおいても、所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続され、且つ、該他の光クロスコネクタ部を介して、さらに他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと間接的に接続され、前記内部接続用入力ポートと前記内部接続用出力ポ

ートとの間を接続する内部接続用光ファイバを介して環状に連ねた状態で接続されている。これにより、光クロスコネクタ装置は、3個以上の光クロスコネクタ部（サブシステム）から構成されており、光クロスコネクタ部の相互間で迂回させてルーティングできるので、同一入出力ファイバ数での従来の光クロスコネクタ装置と比較して、同程度のパス収容能力を有しつつ、光クロスコネクタ部或いは波長選択スイッチなどのハードウェアの規模を大幅に削減できる。

[0014] また、好適には、前記複数個の光クロスコネクタ部は、そのいずれにおいても、所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続され、且つ、該他の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが前記所定の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続され、前記所定の光クロスコネクタ部および／または他の光クロスコネクタ部の少なくとも1つは、増設用の内部接続用入力ポートおよび内部接続用出力ポートを備えている。これにより、光クロスコネクタ装置は、2個の光クロスコネクタ部（サブシステム）が接続された構成となっており、即ち他のサブシステムと接続されていない孤立したサブシステムは存在しないため、光クロスコネクタ部の相互間で迂回させてルーティングできるので、同一入出力ファイバ数での従来の光クロスコネクタ装置と比較して、同程度のパス収容能力を有しつつ、光クロスコネクタ部或いは波長選択スイッチなどのハードウェアの規模を大幅に削減できる。同時に、増設光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートおよび内部接続用入力ポートをそれら、新たな増設用の内部接続用入力ポートおよび内部接続用出力ポートにそれぞれ接続することにより、光ノードに接続される光ファイバの増加に応じて、新たな光クロスコネクタ部を安価に且つ容易に増設できる。

[0015] また、好適には、前記複数個の光クロスコネクタ部のうちの所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続され、且つさらに他の光クロスコネクタ部の内部

接続用入力ポートと該他の光クロスコネクタ部を介して間接的に接続され、前記複数個の光クロスコネクタ部のうちの少なくとも1つの光クロスコネクタ部は、他の光クロスコネクタ部に接続されていない増設用の内部接続用入力ポートおよび内部接続用出力ポートを備え、前記内部接続用入力ポートと前記内部接続用出力ポートとの間を接続する内部接続用光ファイバを介して連鎖状に連なって接続されている。これにより、前記光クロスコネクタ装置は、3個以上の光クロスコネクタ部（サブシステム）から構成されており、光クロスコネクタ部の相互間で迂回させてルーティングできるので、同一入出力ファイバ数での従来の光クロスコネクタ装置と比較して、同程度のパス収容能力を有しつつ、光クロスコネクタ部或いは波長選択スイッチなどのハードウェアの規模を大幅に削減できる。同時に、増設光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートおよび内部接続用入力ポートをそれら増設用の内部接続用入力ポートおよび内部接続用出力ポートにそれぞれ接続することにより、光ノードに接続される光ファイバの増加に応じて、新たな光クロスコネクタ部を安価に且つ容易に増設できる。

[0016] また、好適には、前記光クロスコネクタ装置に配置された前記複数個の光クロスコネクタ部の個数は、該光クロスコネクタ装置が配置された光ノードに隣接する他のノードの個数と一致させることもできる。

[0017] また、好適には、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か、或いは、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、光クロスコネクタ装置の汎用性が高められる。

### 図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施例の光クロスコネクタ装置が用いられる光ノード間を光ファイバ接続した光ネットワークの一例を説明する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光ノードに対応する光クロスコネクタ装置が環状接続された複数個の光クロスコネクタ部から成る構成例の要部を説明する図である。

[図3]図2の光クロスコネクタ装置を構成する光クロスコネクタ部が単一のM×N波長選択スイッチから構成されることを示す概略図である。

[図4]図3の光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例を説明する図である。

[図5]図3の光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他の構成例を説明する図である。

[図6]図2の光クロスコネクタ装置が3個の複数の光クロスコネクタ部から構成された例を説明する図である。

[図7]図2の光クロスコネクタ装置が2個の複数の光クロスコネクタ部から構成された例を説明する図である。

[図8]図1の光ネットワークにおいて光ノードに対応する光クロスコネクタ装置が、所定の光クロスコネクタ部が他の光クロスコネクタ部に接続されていない増設用の内部接続用入力ポートおよび内部接続用出力ポートを備える、複数個の光クロスコネクタ部が直列的に接続された構成例の要部を説明する図である。

[図9]図8の光クロスコネクタ装置が2つの光クロスコネクタ部から成る構成例の要部を説明する図である。

[図10]図8の光クロスコネクタ装置が3つの光クロスコネクタ部から成る構成例を説明する図である。

[図11]図2の実施例の光クロスコネクタ装置に増設用光クロスコネクタ部を接続した状態を説明する図である。

[図12]図10の実施例の光クロスコネクタ装置に増設用光クロスコネクタ部を接続した状態を説明する図である。

### 発明を実施するための形態

[0019] 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 1

[0020] 図1は、複数個の光ノードND0～NDd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、光ノ-

ドND0に隣接する光ノードの個数を示す正の整数であり、本実施例では4である。なお、隣接ノード間のファイバ数は一定で有る必要は無い。光ノードND0~ND4は同様に構成されているので、光ノードND0に代表させて以下に説明する。

[0021] 図2に示すように、光ノードND0内に配置された光クロスコネクタ装置OXCは、その光ノードND0に隣接する他の光ノードND0~ND4から接続される光入力ファイバ数或は他の光ノードへ接続する光ファイバ数を収容するのに必要な個数のたとえば4個の光クロスコネクタ部（サブシステム部）OXC1~OXC4を備えている。図2には、光クロスコネクタ装置OXCの入出力接続と、光クロスコネクタ装置OXC内の光クロスコネクタ部OXC1~OXC4間の内部接続とが示されている。

[0022] 光クロスコネクタ装置OXCの入力側には、光ノードND0に隣接する各光ノードND1~光ノードNDdからの合計M本の光入力ファイバFi1~Fim、Fim+1~Fi2m、Fi2m+1~Fi3m、Fi3m+1~Fi4mが接続されている。また、光クロスコネクタ装置OXCの出力側には、光ノードND0に隣接する各光ノードND1~光ノードNDdへの合計N本の光出力ファイバFo1~Fon、Fon+1~Fo2n、Fo2n+1~Fo3n、Fo3n+1~Fo4nが、接続されている。光入力ファイバFi1~Fim、Fim+1~Fi2m、Fi2m+1~Fi3m、Fi3m+1~Fi4mからは、各々波長分割多重光が伝送されて、光クロスコネクタ装置OXCに入力される。上記光入力ファイバFi1~Fi4mは合計でM本であり、光出力ファイバFo1~Fo4nは合計でN本であり、それら光入力ファイバFi1~Fi4mおよび光出力ファイバFo1~Fo4nは、ノード間接続用光ファイバとして機能している。なお、一般にはN=Mの場合が多い。

[0023] 上記光クロスコネクタ装置OXCは、上記波長分割多重光に含まれる波長群毎或いは波長毎に方路切換（ルーティング）して、光出力ファイバFo1~Fon、Fon+1~Fo2n、Fo2n+1~Fo3n、Fo3n+1~Fo4nのうちの1つへ出力する。

[0024] 本実施例では、所定の通信波長帯のたとえば100GHz毎に配置された

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波長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並列的に伝送される。この波長分割多重光は、信号のビットレートが相互に異なる波長チャネルを含んで構成されるか、或いは、波長間隔が相違する波長の波長チャネルを含んで構成されてもよい。

[0025] 光クロスコネクタ装置OXCを構成する内の光クロスコネクタ部OXC1～OXCxに関して、図1では $x=4$ であり、光クロスコネクタ装置OXCが光ノードND0に隣接する光ノードND1～ND4の個数と同じ個数である4個の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4から構成されている。なお、光クロスコネクタ部の個数は、隣接する光ノードの個数と一致している必要は無く、隣接するノードの個数とは独立に設定することができる。それら光クロスコネクタ部OXC1～OXC4は、外部接続用として、光入力ファイバ $F_{i1} \sim F_{im}$ 、 $F_{im+1} \sim F_{i2m}$ 、 $F_{i2m+1} \sim F_{i3m}$ 、 $F_{i3m+1} \sim F_{i4m}$ にそれぞれ接続されたノード間接続用入力ポート $P_{i1} \sim P_{im}$ 、 $P_{im+1} \sim P_{i2m}$ 、 $P_{i2m+1} \sim P_{i3m}$ 、 $P_{i3m+1} \sim P_{i4m}$ と、光出力ファイバ $F_{o1} \sim F_{on}$ 、 $F_{on+1} \sim F_{o2n}$ 、 $F_{o2n+1} \sim F_{o3n}$ 、 $F_{o3n+1} \sim F_{o4n}$ にそれぞれ接続されたノード間接続用出力ポート $P_{o1} \sim P_{on}$ 、 $P_{on+1} \sim P_{o2n}$ 、 $P_{o2n+1} \sim P_{o3n}$ 、 $P_{o3n+1} \sim P_{o4n}$ とをそれぞれ有している。また、光クロスコネクタ部OXC1～OXC4は、内部接続用として、内部接続用入力ポート $P_{ni1} \sim P_{ni2}$ 、 $P_{ni3} \sim P_{ni4}$ 、 $P_{ni5} \sim P_{ni6}$ 、 $P_{ni7} \sim P_{ni8}$ と、内部接続用出力ポート $P_{no1} \sim P_{no2}$ 、 $P_{no3} \sim P_{no4}$ 、 $P_{no5} \sim P_{no6}$ 、 $P_{no7} \sim P_{no8}$ とをそれぞれ有している。なお、光クロスコネクタ部OXC1のノード間接続用入力ポート $P_{i1} \sim P_{im}$ には、光ノードND1からの光入力ファイバ $F_{i1} \sim F_{im}$ が接続されていてもよいが、光ノードND1～ND4からの合計M本のうちのいずれかm本が接続されていればよい。同様に、光クロスコネクタ部OXC1のノード間接続用出力ポート $P_{o1} \sim P_{on}$ には、光ノードND1への光出力ファイバ $F_{o1} \sim F_{on}$ が接続されていてもよいが、光ノードND1～ND4からの合計N本のうちのいずれかn本

が接続されていればよい。

[0026] そして、光クロスコネクタ装置OXC内では、4個の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4のいずれにおいても、所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続され、又は、所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続され、且つ、さらに他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと該他の光クロスコネクタ部を介して間接的に接続されている。たとえば、光クロスコネクタ部OXC1では、光クロスコネクタ部OXC1の内部接続用入力ポートPni1およびPni2は、他の光クロスコネクタ部OXC4の内部接続用出力ポートPno8および光クロスコネクタ部OXC2の内部接続用出力ポートPno3と内部接続用光ファイバFn8およびFn3を介して直接に接続され、且つ、さらに他の光クロスコネクタ部OXC3の内部接続用入力ポートPni5およびPni6とその他の光クロスコネクタ部OXC2および内部接続用光ファイバFn4を介して、および光クロスコネクタ部OXC4および内部接続用光ファイバFn7を介して間接的に接続されている。

[0027] 本実施例では、上記の接続方法により、光クロスコネクタ装置OXCが3個以上の光クロスコネクタ部を備える場合には、それらが環状となるように相互接続される。図2に示すように、本実施例の4個の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4間は環状に相互接続されている。その環状に相互接続された4個の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4のうち互いに隣接するいずれの1対においても、一方の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他方の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートに接続され、且つ、他方の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが一方の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートに接続されている。たとえば、一对の光クロスコネクタ部OXC1および光クロスコネクタ部OXC2では、一方の光クロスコネクタ部OXC1の内部接続用出力ポートPno2が他方の光クロスコネクタ部OXC2の内部接続用入力ポートPni3に内部接続用光ファイバFn2を介し

て接続され、且つ、他方の光クロスコネクタ部OXC2の内部接続用出力ポートPno3が一方の光クロスコネクタ部OXC1の内部接続用入力ポートPni2に内部接続用光ファイバFn3を介して接続されている。また、一对の光クロスコネクタ部OXC2および光クロスコネクタ部OXC3では、一方の光クロスコネクタ部OXC2の内部接続用出力ポートPno4が他方の光クロスコネクタ部OXC3の内部接続用入力ポートPni5に内部接続用光ファイバFn4を介して接続され、且つ、他方の光クロスコネクタ部OXC3の内部接続用出力ポートPno5が一方の光クロスコネクタ部OXC2の内部接続用入力ポートPni4に内部接続用光ファイバFn5を介して接続されている。また、一对の光クロスコネクタ部OXC3および光クロスコネクタ部OXC4では、一方の光クロスコネクタ部OXC3の内部接続用出力ポートPno6が他方の光クロスコネクタ部OXC4の内部接続用入力ポートPni7に内部接続用光ファイバFn6を介して接続され、且つ、他方の光クロスコネクタ部OXC4の内部接続用出力ポートPno7が一方の光クロスコネクタ部OXC3の内部接続用入力ポートPni6に内部接続用光ファイバFn7を介して接続されている。また、一对の光クロスコネクタ部OXC4および光クロスコネクタ部OXC1では、一方の光クロスコネクタ部OXC4の内部接続用出力ポートPno8が他方の光クロスコネクタ部OXC1の内部接続用入力ポートPni1に内部接続用光ファイバFn8を介して接続され、且つ、他方の光クロスコネクタ部OXC1の内部接続用出力ポートPno1が一方の光クロスコネクタ部OXC4の内部接続用入力ポートPni8に内部接続用光ファイバFn1を介して接続されている。

[0028] このように、内部接続用光ファイバFn1～Fn8により相互接続された光クロスコネクタ部OXC1～光クロスコネクタ部OXC4を有する光クロスコネクタ装置OXCでは、光クロスコネクタ部OXC1～光クロスコネクタ部OXC4のうち所定の光クロスコネクタ部から出力された波長は他のいずれの光クロスコネクタ部にも入力され得るようになっているので、光入力ファイバFi1～Fim、Fim+1～Fi2m、Fi2m+1～Fi3m、Fi3m+1～Fi4mのうちのいずれかから、光出力ファイバFo1～Fon、Fon+1～Fo2n、Fo2n+1～Fo3n

、 $F_{o3n+1} \sim F_{o4n}$ いずれへも方路切換が可能となっている。たとえば、光入力ファイバ $F_{i1}$ を介して光クロスコネクタ部 $OXC1$ へ入力された波長分割多重光に含まれる所定の波長をたとえばノード間接続用光出力ファイバ $F_{o3n}$ へ方路切換する場合は、先ず、光クロスコネクタ部 $OXC1$ においてその所定波長が選択されてその内部接続用出力ポート $P_{no2}$ から光クロスコネクタ部 $OXC2$ の内部接続用入力ポート $P_{ni3}$ へ出力される。次いで、光クロスコネクタ部 $OXC2$ においてもその所定波長が選択されてその内部接続用出力ポート $P_{no4}$ から光クロスコネクタ部 $OXC3$ の内部接続用入力ポート $P_{ni5}$ へ出力される。そして、光クロスコネクタ部 $OXC3$ においてその所定波長が選択されてそのノード間接続用出力ポート $P_{o3n}$ から光出力ファイバ $F_{o3n}$ へ出力される。或は、 $OXC1$ から $OXC4$ を経由して、 $OXC3$ のノード間接続用出力ポート $P_{o3n}$ から光出力ファイバ $F_{o3n}$ へ出力することも可能である。このように、光入力ファイバおよび光出力ファイバの本数に比較して入力端子数が少ない小規模の複数の光クロスコネクタ部 $OXC1 \sim OXC4$ を用いる場合、光クロスコネクタ部 $OXC1 \sim OXC4$ のいずれかから出力された所定波長を他の光クロスコネクタ部へ入力することでその所定波長を迂回させて、各光クロスコネクタ部内で繰り返しルーティングすることで、所定波長を方路切換することができる。

[0029] なお、図2に示す光クロスコネクタ装置 $OXC$ では、通常、電気レイヤのルータから所定波長で送信されるアド信号を $4n$ 本の光出力ファイバ $F_{o1} \sim F_{o4n}$ 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送出するためのアド用波長選択スイッチ $WSS$ と、 $4m$ 本の光入力ファイバ $F_{in1} \sim F_{in4m}$ 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の所望のルータへドロップさせるためのドロップ用波長選択スイッチ $WSS$ とが、必要に応じて設けられる。

[0030] 上記4個の光クロスコネクタ部 $OXC1 \sim OXC4$ は互いに同様に構成されているので、光クロスコネクタ部 $OXC1$ を代表させて、図3にその構成を説明する。図3において、光クロスコネクタ部 $OXC1$ は、単一の $(m+$

2)  $\times (n + 2)$  波長選択スイッチWSSから構成されている。この波長選択スイッチWSSは、たとえば図4に示す三次元MEMS (Micro electro Mechanical Systems) 光スイッチ、又は図5に示すLCOS (Liquid Crystal on Silicon) スイッチなどから構成される。

[0031] 図4の波長選択スイッチWSSは、たとえば、端面が相互に直列させられた4本の光入力ファイバFin1~Fin4および光出力ファイバFout1~Fout4と、4本の光出力ファイバFout1~Fout4を有する4×4の規模の三次元MEMS光スイッチを用いてその原理が説明されている。この三次元MEMS光スイッチは、光入力ファイバFin1~Fin4のいずれか1つから入力された波長分割多重光を波長単位で分光する分光素子である反射型回折格子Gと、図示しないアクチュエータにより姿勢制御される波長数k個(図4では各4個)のマイクロミラーMMをそれぞれ有するファイバ数個(図4では4組)のマイクロミラーアレイMMA1~MMA4を備える3次元MEMSミラー3DMと、それらの間に配置されて分光された波長を1つのマイクロミラーMM上に集光させる集光レンズLとを含み、光入力ファイバFin1~Fin4のいずれか1つから入力された波長分割多重光或いは波長群が分光用グレーティングGで波長単位或は波長群単位に分光された後に集光レンズLにより波長毎に所定のマイクロミラーMM上に集光され、マイクロミラーMMからの反射光が光出力ファイバFout1~Fout4のうちの所望のファイバに入射するようにマイクロミラーMMが駆動されることで、波長選択スイッチ機能が得られるようになっている。上記マイクロミラーアレイMMA1~MMA4は、よく知られた3次元MEMS技術によって1つのシリコン基板やガラス基板上に形成されており、たとえば静電気、電歪力或いは電磁力を利用したアクチュエータによりその振幅が制御されるようになっている。

[0032] 図5の波長選択スイッチWSSは、たとえば4本の光入力ファイバFin1~Fin4および4本の光出力ファイバFout1~Fout4を有する4×4の規模のLCOS光スイッチを用いてその原理が説明されている。このLCOS光スイッチは、光入力ファイバFin1~Fin4のいずれか1つから偏光素子P、集光

レンズL1およびミラーMを経て入力された波長分割多重光を波長単位で分光する分光素子である反射型回折格子Gと、平行配向されたネマティック液晶層を有する多数の画素が配列され、制御信号に従って入力光を変調することによりその位相変調を行なうとともに、波長数kの縦列反射画素群をx方向に有するファイバ数個（図5では4個）の画素領域A1～A4をy方向に有する集積化液晶板（反射素子）LCOSとを含み、光入力ファイバFin1～Fin4のいずれか1つから入力された波長分割多重光或いは波長群が分光用グレーティングGで波長単位或は波長群単位に分光された後に補償板Cを経て集光レンズL2により波長毎に所定の画素群上に集光され、集積化液晶素子LCOSからの反射光が光出力ファイバFout1～Fout4のうちの所望の光ファイバに入射するように集積化液晶素子LCOSの画素により位相変調が行なわれることで、波長選択スイッチ機能が得られるようになっている。上記の集積化液晶素子LCOSは、たとえば、液晶駆動回路および画素電極を有するシリコン基板と対向する透明基板との間に液晶を閉じ込めた構造を有する高精度細反射型液晶パネルから構成される。

[0033] 上述のように、本実施例の光クロスコネクタ装置OXCによれば、複数本の光入力ファイバ（ノード間接続用光ファイバ）Fi1～Fi4mおよび光出力ファイバ（ノード間接続用光ファイバ）Fo1～Fo4nにそれぞれ接続された、ノード間接続用入力ポートPi1～Pim、Pim+1～Pi2m、Pi2m+1～Pi3m、Pi3m+1～Pi4mおよびノード間接続用出力ポートPo1～Pon、Pon+1～Po2n、Po2n+1～Po3n、Po3n+1～Po4nと、内部接続用入力ポートPni1～Pni2、Pni3～Pni4、Pni5～Pni6、Pni7～Pni8および内部接続用出力ポートPno1～Pno2、Pno3～Pno4、Pno5～Pno6、Pno7～Pno8とをそれぞれ有する複数個の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4を備え、それら複数個の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4のいずれにおいても、所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続され、且つ、該他の光クロスコネクタ部を介して、さらに他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと間接的に接続されて

いる。このことから、複数の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4の相互間で迂回させてルーティングできるので、同一入出力ファイバ数での相互接続された複数の光クロスコネクタ部を有しない従来の光クロスコネクタ装置と比較して、同程度のパス収容能力を有しつつ、光クロスコネクタ部或いはそれ波長選択スイッチWSSなどのハードウェアの規模を大幅に削減できる。

[0034] また、本実施例によれば、複数の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4は、ノード間接続用入力ポートおよび前記内部接続用入力ポートの数に対応する複数入力(m+2)と、ノード間接続用出力ポートおよび前記内部接続用出力ポートの数に対応する複数出力(n+2)とを有する単一の(m+2)×(n+2)波長選択スイッチWSSからそれぞれ構成されているので、光クロスコネクタ部OXC1～OXC4が大幅に小型となるとともに、光カップラが不要となるので、光損失も大幅に減少させられる。

[0035] また、本実施例によれば、単一の波長選択スイッチWSSは、複数入力および前記複数出力に対応する本数の、端面が直列となるように配置された複数本の光ファイバFin1～Fin4およびFout1～Fout4を有するファイバアレイと、複数本の光ファイバFin1～Fin4およびFout1～Fout4のうちの複数入力に対応する光ファイバFin1～Fin4のいずれか1つから入力された波長分割多重光を受けて波長毎に分光する反射型回折格子G(分光素子)と、その分光素子により分光された波長を受けてその波長の反射方向が制御されることにより、複数本の光ファイバFin1～Fin4およびFout1～Fout4のうちの複数出力に対応する光ファイバFout1～Fout4のいずれか1つへ択一的に入力させる複数のマイクロミラーアレイMMA1～MMA4を有する3次元MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)ミラー3DMとを、含むものである。このため、光入力ファイバ毎に設けられて波長分割多重光をそれぞれ波長毎に分波する分波器、その分波器で分波された光パスを波長毎に方路切換を行なう波長数個の1×n光スイッチ、光出力ファイバ毎に設けられてその1×n光スイッチで方路切換された波長を受けて合波し光出力ファイ

バへ出力する  $1 \times n$  合波器から構成された光クロスコネクト部に比較して、素子数が少なく、相対的に規模が小さくなるだけでなく、上記仮分波器または光合波器として光カプラが用いられることがなくなるので、光損失が大幅に低減される。

[0036] また、本実施例によれば、単一の波長選択スイッチ WSS は、複数入力および前記複数出力に対応する本数の、端面が直列となるように配置された複数本の光ファイバ  $F_{in1} \sim F_{in4}$  および  $F_{out1} \sim F_{out4}$  を有するファイバアレイと、複数本の光ファイバ  $F_{in1} \sim F_{in4}$  および  $F_{out1} \sim F_{out4}$  のうちの複数入力に対応する光ファイバ  $F_{in1} \sim F_{in4}$  のいずれか 1 つから入力された波長分割多重光を受けて波長毎に分光する反射型回折格子 G (分光素子) と、その分光素子により分光された波長を受けて該波長の反射 (回折) 方向が制御されることにより、複数出力に対応する光ファイバ  $F_{out1} \sim F_{out4}$  のいずれか 1 つへ択一的に入力させる複数の反射画素を有する集積化液晶素子 LCOS (Liquid Crystal on Silicon) とを、含むものである。このため、光入力ファイバ毎に設けられて波長分割多重光をそれぞれ波長毎に分波する分波器、その分波器で分波された光パスを波長毎に方路切換を行なう波長数個の  $1 \times n$  光スイッチ、光出力ファイバ毎に設けられてその  $1 \times n$  光スイッチで方路切換された波長を受けて合波し光出力ファイバへ出力する  $1 \times n$  合波器から構成された光クロスコネクト部に比較して、素子数が少なく、相対的に規模が小さくなるだけでなく、上記仮分波器または光合波器として光カプラが用いられることがなくなるので、光損失が大幅に低減される。

## 実施例 2

[0037] 図 2 の光クロスコネクト装置 OXC は、4 個の光クロスコネクト部 OXC 1 ~ OXC 4 から構成されていたが、図 6 に示すように、光クロスコネクト装置 OXC は、図 2 の実施例と同様の入出力ポートを備えて同様に外部接続および相互接続された 3 個の光クロスコネクト部 OXC 1 ~ OXC 3 から構成されることができる。

## 実施例 3

[0038] また、図2の光クロスコネクタ装置OXCは、4個の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4から構成されていたが、図7に示すように、光クロスコネクタ装置OXCは、図2の実施例と同様の入出力ポートを備えて同様に外部接続および相互接続された2個の光クロスコネクタ部OXC1～OXC2から構成されることができる。この場合、一方（所定）の光クロスコネクタ部OXC1の内部接続用出力ポートPno2が他方の光クロスコネクタ部OXC2の内部接続用入力ポートPni3と直接に接続され、且つ、その他方の光クロスコネクタ部OXC2の内部接続用出力ポートPno3が所定の光クロスコネクタ部OXC1の内部接続用入力ポートPni2と直接に接続されている。

#### 実施例 4

[0039] 図8は、本発明の他の実施例の光クロスコネクタ装置OXCを示している。本実施例では、光クロスコネクタ装置OXCを構成するサブシステムである光クロスコネクタ部OXC1～OXC4のうち、光クロスコネクタ部OXC1と光クロスコネクタ部OXC4との間を内部接続する内部接続用光ファイバFn1およびFn8が設けられておらず、内部接続用出力ポートPno1と内部接続用入力ポートPni8との間、および、内部接続用出力ポートPno8と内部接続用入力ポートPni1との間が解放されており、それら内部接続用入力ポートPni1と内部接続用出力ポートPno8、および内部接続用出力ポートPno1と内部接続用入力ポートPni8とは、増設用の内部接続用入力ポートおよび増設用内部接続用出力ポートとして機能している。その他の構成は、図2の光クロスコネクタ装置OXCと同様である。この結果、図8の光クロスコネクタ装置OXCを構成するサブシステムである光クロスコネクタ部OXC1～OXC4は、内部的に直列接続されている。

[0040] 図8の光クロスコネクタ装置OXCによれば、3個以上の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4から構成され、それら3個以上の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4のいずれにおいても、所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続されて、内部接続用光ファイバを介して直列状に連なって接続され

ている。このため、所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートから出力された波長を、その直列状に接続された光クロスコネクタ部のうちの互いに隣接する一対の光クロスコネクタ部へ双方向に伝送することができる。このため、図8の光クロスコネクタ装置OXCによれば、図2の光クロスコネクタ装置OXCと同様に、複数の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4の相互間でルーティングできるので、同一入出力ファイバ数での相互接続された複数の光クロスコネクタ部を有しない従来の光クロスコネクタ装置と比較して、同程度のパス収容能力を有しつつ、光クロスコネクタ部或いはそれ波長選択スイッチWSSなどのハードウェアの規模を大幅に削減できる。

[0041] また、本実施例図8の光クロスコネクタ装置OXCによれば、図2の光クロスコネクタ装置OXCと同様に、複数の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4は、ノード間接続用入力ポートおよび前記内部接続用入力ポートの数に対応する複数入力( $m+2$ )と、ノード間接続用出力ポートおよび前記内部接続用出力ポートの数に対応する複数出力( $n+2$ )とを有する単一の( $m+2$ ) $\times$ ( $n+2$ )波長選択スイッチWSSからそれぞれ構成されているので、光クロスコネクタ部OXC1～OXC4が大幅に小型となるとともに、光カプラが不要となるので、光損失も大幅に減少させられる。

[0042] さらに、本実施例図8の光クロスコネクタ装置OXCによれば、その光クロスコネクタ装置OXCに備えられる複数の光クロスコネクタ部OXC1乃至OXC4に接続されていない増設用の内部接続用入力ポートPni11および内部接続用出力ポートPno11を備える増設用光クロスコネクタ部(サブシステム)OXC Aが容易に接続され得る。このため、増設光クロスコネクタ部OXC Aの増設用の内部接続用入力ポートPni11および内部接続用出力ポートPno11に、既存の光クロスコネクタ部、例えばOXC4の内部接続用出力ポートPno8および内部接続用入力ポートPni8を接続することにより、光ノードND0に接続される光ファイバのさらなる増加に応じて、新たな光クロスコネクタ部を安価に且つ容易に順次増設できる。

## 実施例 5

[0043] 図8の光クロスコネクタ装置OXCは、4個の光クロスコネクタ部OXC1～OXC4から構成されていたが、図9に示すように、光クロスコネクタ装置OXCは、図8の実施例と同様の入出力ポートを備えて同様に外部接続および相互接続された2個の光クロスコネクタ部OXC1～OXC2から構成されることができ、図10に示すように、光クロスコネクタ装置OXCは、図8の実施例と同様の入出力ポートを備えて同様に外部接続および相互接続された2個の光クロスコネクタ部OXC1～OXC3から構成されることができ、図9に示す光クロスコネクタ部OXC1には、他の光クロスコネクタ部OXC2に接続されていない増設用の内部接続用入力ポートPni1および内部接続用出力ポートPno1が設けられており、光クロスコネクタ部OXC2にも、他の光クロスコネクタ部OXC1に接続されていない増設用の内部接続用入力ポートPnoi4および内部接続用出力ポートPno4が設けられている。また、図10に示す光クロスコネクタ部OXC1には、他の光クロスコネクタ部OXC2～3のいずれにも接続されていない増設用の内部接続用入力ポートPni1および内部接続用出力ポートPno1が設けられており、光クロスコネクタ部OXC3には、他の光クロスコネクタ部OXC1～2のいずれにも接続されていない増設用の内部接続用入力ポートPni6および内部接続用出力ポートPno6が設けられている。図9および図10に示す光クロスコネクタ装置OXCにおいても、前述の図2に示す光クロスコネクタ装置OXCと同様の効果が得られる。

## 実施例 6

[0044] 図11は、図8、図10の光クロスコネクタ装置OXCを構成する複数の光クロスコネクタ部OXC1乃至OXC4のうち的光クロスコネクタ部OXC1の増設用の内部接続用入力ポートPni9および内部接続用出力ポートPno9に、増設用光クロスコネクタ部（増設用サブシステム）OXC Aが接続されている状態を示している。この増設用光クロスコネクタ部OXC Aは、図8に示す光クロスコネクタ部OXC1乃至4と同様に、 $(m+2) \times (n+2)$ 波長選択スイッチWSSとを備える点で、略同様の基本構成を有してい

る。しかし、増設用光クロスコネクタ部OXC Aは、光クロスコネクタ部OXC 1の増設用の内部接続用入力ポートPni9および内部接続用出力ポートPno9にそれぞれ接続される内部接続用入力ポートPni10および内部接続用出力ポートPno10を備える他に、光クロスコネクタ装置OXCに備えられる複数個の光クロスコネクタ部OXC 1乃至4のいずれにも接続されない2段増設用の内部接続用入力ポートPni11および内部接続用出力ポートPno11をさらに備えている。

### 実施例 7

- [0045] 図12は、図10の光クロスコネクタ装置OXCを構成する複数の光クロスコネクタ部OXC 1乃至OXC 3のうちの光クロスコネクタ部OXC 3の増設用の内部接続用入力ポートPni6および内部接続用出力ポートPno6に、増設用光クロスコネクタ部（増設用サブシステム）OXC Aが接続されている状態を示している。
- [0046] 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。
- [0047] たとえば、前述の実施例1（図2）および実施例5（図8）の光クロスコネクタ部OXC 1～OXC 4は、図2、図8に示すように双方向に相互接続されていたが、一方方向に相互接続されていてもよい。たとえば、内部接続用光ファイバFn1～Fn8のうち、内部接続用光ファイバFn1、Fn3、Fn5、Fn7又は内部接続用光ファイバFn2、Fn4、Fn6、Fn8が省略されてもよい。このようにしても、光クロスコネクタ部OXC 1～OXC 4のうちの1つの光クロスコネクタ部から出力された波長は他のいずれの光クロスコネクタ部にも入力されることができる。
- [0048] また、内部接続用光ファイバFn1～Fn8は、その本数は1本であったが、複数本から構成されたものであってもよい。
- [0049] また、前述の実施例1（図2）および実施例5（図8）では、光クロスコネクタ部OXC 1～OXC 4は内部接続用光ファイバFn1～Fn8を介して内部接続されていたが、三次元導波路などを介して接続されてもよい。

[0050] また、前述の実施例 1（図 2）および実施例 5（図 8）では、光クロスコネクタ装置 OXC が 4 個の光クロスコネクタ部 OXC 1～OXC 4 から構成されていたが、5 個以上の光クロスコネクタ部から構成されてもよい。

[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：光クロスコネクタ装置

OXC 1～OXC 4：光クロスコネクタ部

WSS：波長選択スイッチ

F<sub>i1</sub>～F<sub>im</sub>、F<sub>im+1</sub>～F<sub>i2m</sub>、F<sub>i2m+1</sub>～F<sub>i3m</sub>、F<sub>i3m+1</sub>～F<sub>i4m</sub>：光入力ファイバ（ノード間接続用光ファイバ）

F<sub>o1</sub>～F<sub>on</sub>、F<sub>on+1</sub>～F<sub>o2n</sub>、F<sub>o2n+1</sub>～F<sub>o3n</sub>、F<sub>o3n+1</sub>～F<sub>o4n</sub>：光出力ファイバ（ノード間接続用光ファイバ）

P<sub>i1</sub>～P<sub>im</sub>、P<sub>im+1</sub>～P<sub>i2m</sub>、P<sub>i2m+1</sub>～P<sub>i3m</sub>、P<sub>i3m+1</sub>～P<sub>i4m</sub>：ノード間接続用入力ポート

P<sub>o1</sub>～P<sub>on</sub>、P<sub>on+1</sub>～P<sub>o2n</sub>、P<sub>o2n+1</sub>～P<sub>o3n</sub>、P<sub>o3n+1</sub>～P<sub>o4n</sub>：ノード間接続用出力ポート

P<sub>ni1</sub>～P<sub>ni2</sub>、P<sub>ni3</sub>～P<sub>ni4</sub>、P<sub>ni5</sub>～P<sub>ni6</sub>、P<sub>ni7</sub>～P<sub>ni8</sub>：内部接続用入力ポート

P<sub>no1</sub>～P<sub>no2</sub>、P<sub>no3</sub>～P<sub>no4</sub>、P<sub>no5</sub>～P<sub>no6</sub>、P<sub>no7</sub>～P<sub>no8</sub>：内部接続用出力ポート

F<sub>n1</sub>～F<sub>n8</sub>：内部接続用光ファイバ

G：分光用グレーティング（分光素子）

MMA：MEMSミラーアレイ

LCOS：集積化液晶素子

L、L1、L2：集光レンズ

## 請求の範囲

[請求項1] 複数本のノード間接続用光ファイバをそれぞれ介して光ノードが相互に接続された光ネットワークにおいて、該光ノードに配置された光クロスコネクタ装置であって、

前記複数本のノード間接続用光ファイバにそれぞれ接続されたノード間接続用入力ポートおよびノード間接続用出力ポートと、内部接続用入力ポートおよび内部接続用出力ポートとをそれぞれ有し、該内部接続用入力ポートおよび内部接続用出力ポートを介して環状に或いは直列的に相互接続された複数個の光クロスコネクタ部を含み、

前記複数個の光クロスコネクタ部は、前記ノード間接続用入力ポートおよび前記内部接続用入力ポートの数に対応する複数入力と、前記ノード間接続用出力ポートおよび前記内部接続用出力ポートの数に対応する複数出力とを有する単一の波長選択スイッチからそれぞれ構成されている

ことを特徴とする光クロスコネクタ装置。

[請求項2] 前記単一の波長選択スイッチは、

前記複数入力および前記複数出力に対応する本数の、端面が直列となるように配置された複数本の光ファイバを有するファイバアレイと、

前記複数本の光ファイバのうちの前記複数入力に対応するいずれか1つから入力された波長分割多重光を受けて波長毎に分光する分光素子と、

該分光素子により分光された波長を受けて該波長の反射方向が制御されることにより、前記複数本の光ファイバのうちの前記複数出力に対応するいずれか1つへ択一的に入力させる複数のマイクロミラーアレイを有するMEMSミラーと

を、含むものである請求項1の光クロスコネクタ装置。

[請求項3] 前記単一の波長選択スイッチは、

前記複数入力および前記複数出力に対応する本数の、端面が直列となるように配置された複数本の光ファイバを有するファイバアレイと、

前記複数本の光ファイバのうちの前記複数入力に対応するいずれか1つから入力された波長分割多重光を受けて波長毎に分光する分光素子と、

該分光素子により分光された波長を受けて該波長の回折方向が制御されることにより、前記複数本の光ファイバのうちの前記複数出力に対応するいずれか1つへ択一的に入力させる複数の反射画素を有する液晶素子と、

を有するものである請求項1の光クロスコネクタ装置。

[請求項4]

前記複数個の光クロスコネクタ部のいずれにおいても、所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続され、且つ、該他の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが前記所定の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続されている

ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1の光クロスコネクタ装置。

[請求項5]

前記複数個の光クロスコネクタ部のいずれにおいても、所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続され、且つ、該他の光クロスコネクタ部を介して、さらに他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと間接的に接続され、前記内部接続用入力ポートと前記内部接続用出力ポートとの間を接続する内部接続用光ファイバを介して環状に連ねた状態で接続されている

ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1の光クロスコネクタ装置。

[請求項6]

前記所定の光クロスコネクタ部および／または他の光クロスコネク

ト部は、増設用の内部接続用入力ポートおよび内部接続用出力ポートの少なくとも一方を備えている

ことを特徴とする請求項4の光クロスコネクタ装置。

[請求項7]

前記複数個の光クロスコネクタ部のうちの所定の光クロスコネクタ部の内部接続用出力ポートが他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと直接に接続され、且つさらに他の光クロスコネクタ部の内部接続用入力ポートと該他の光クロスコネクタ部を介して間接的に接続され、

前記複数個の光クロスコネクタ部のうちの少なくとも1つの光クロスコネクタ部は、他の光クロスコネクタ部に接続されていない増設用の内部接続用入力ポートおよび内部接続用出力ポートの少なくとも一方を備え、

前記内部接続用入力ポートと前記内部接続用出力ポートとの間を接続する内部接続用光ファイバを介して連鎖状に連なって接続されている

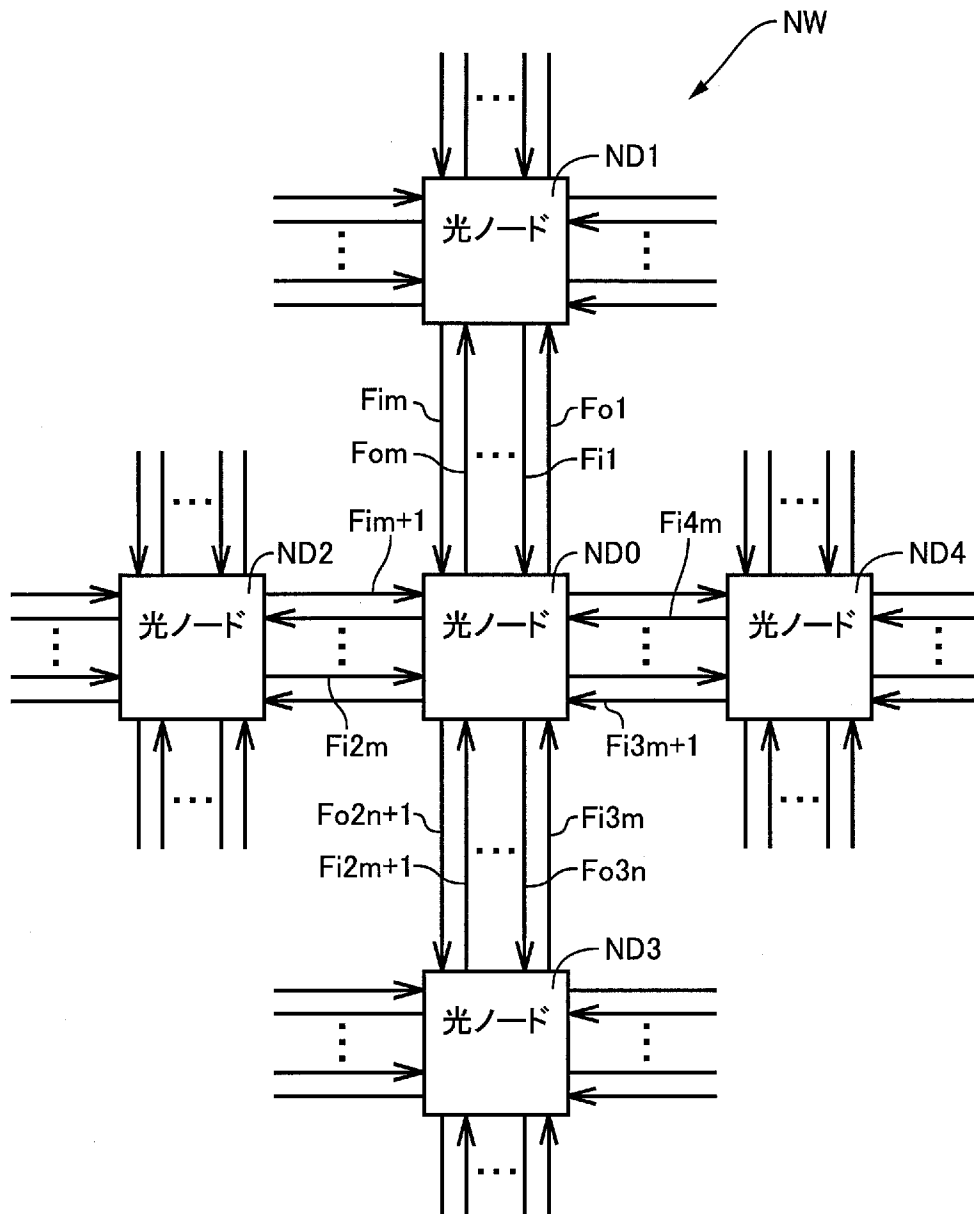
ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1の光クロスコネクタ装置。

[請求項8]

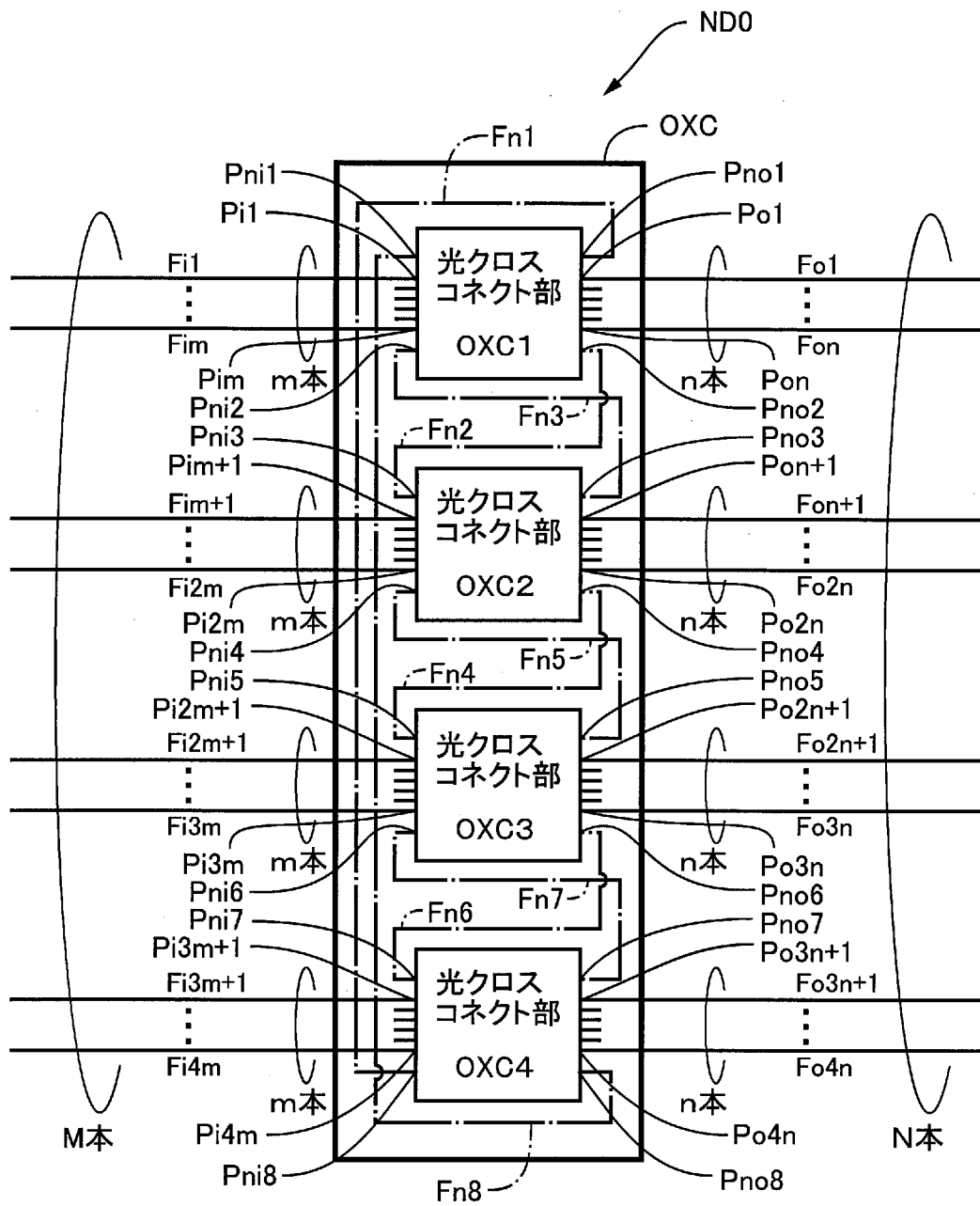
前記光クロスコネクタ装置に配置された前記複数個の光クロスコネクタ部の個数は、該光クロスコネクタ装置が配置された光ノードに隣接する他のノードの個数と一致している

ことを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1の光クロスコネクタ装置。

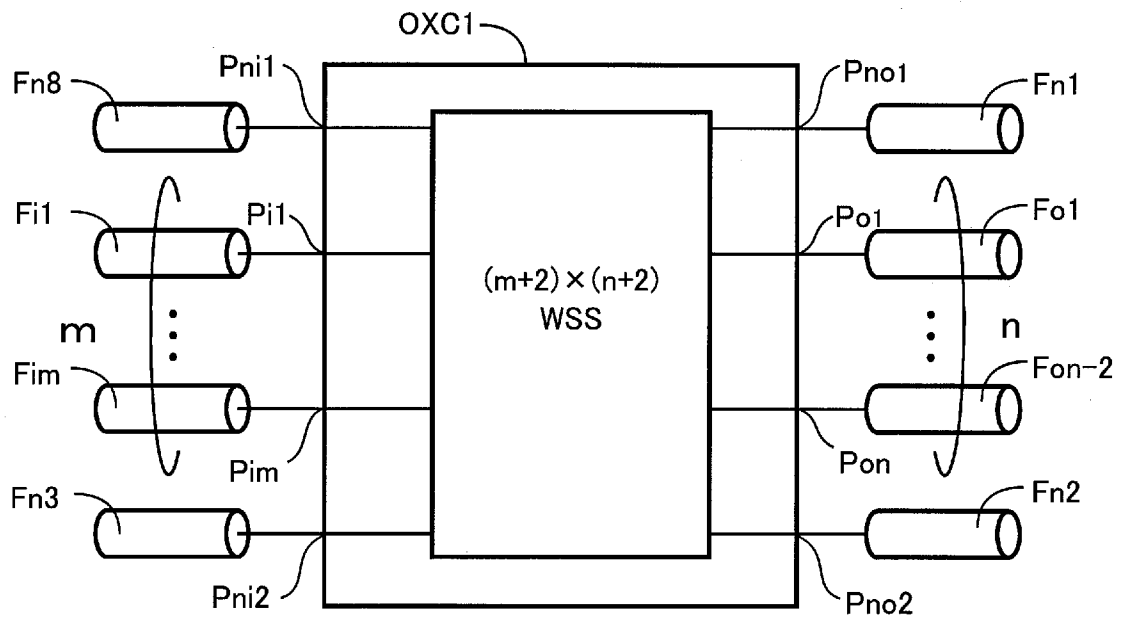
[図1]



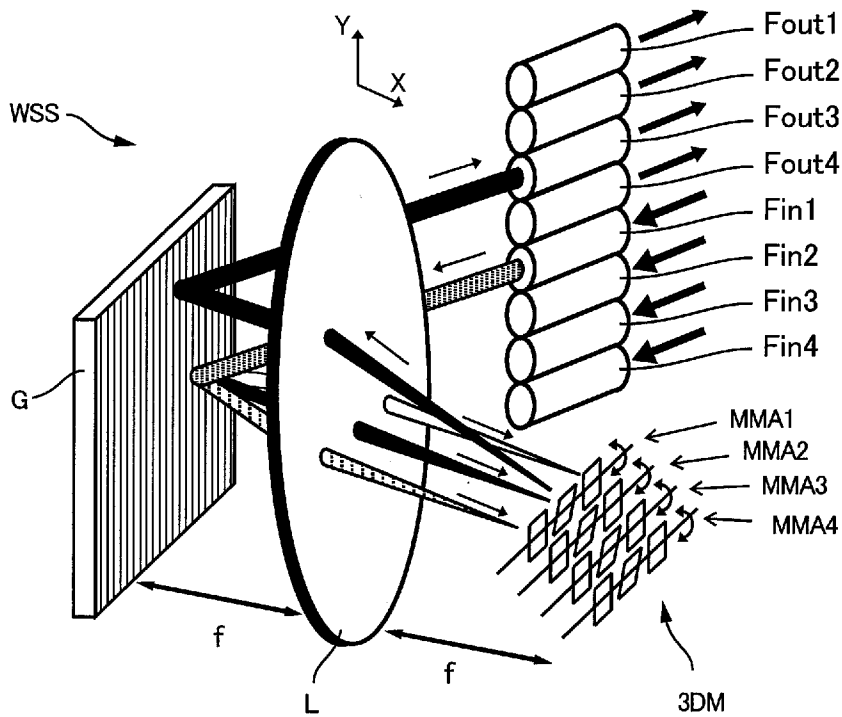
[図2]



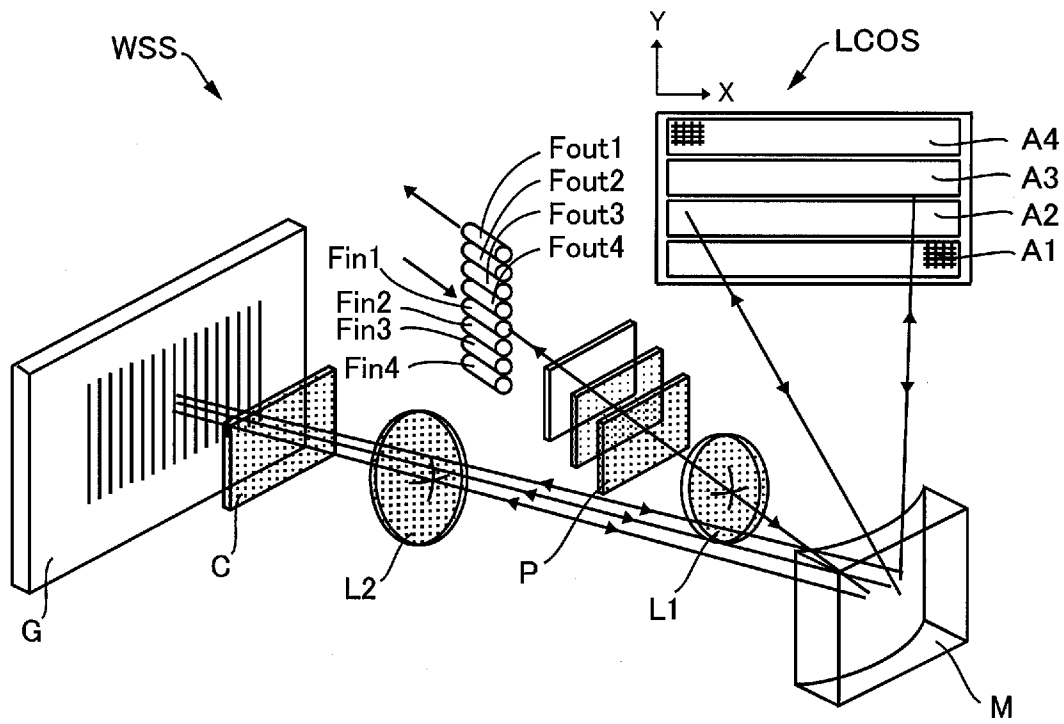
[図3]



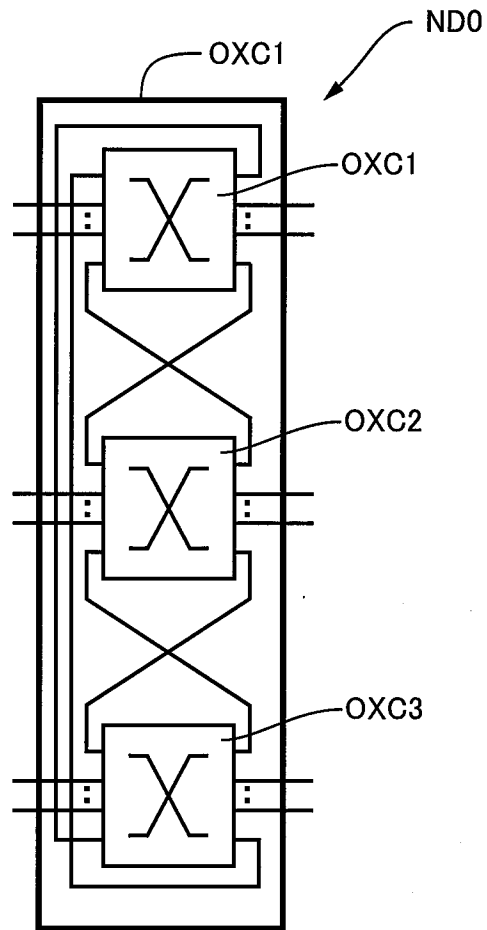
[図4]



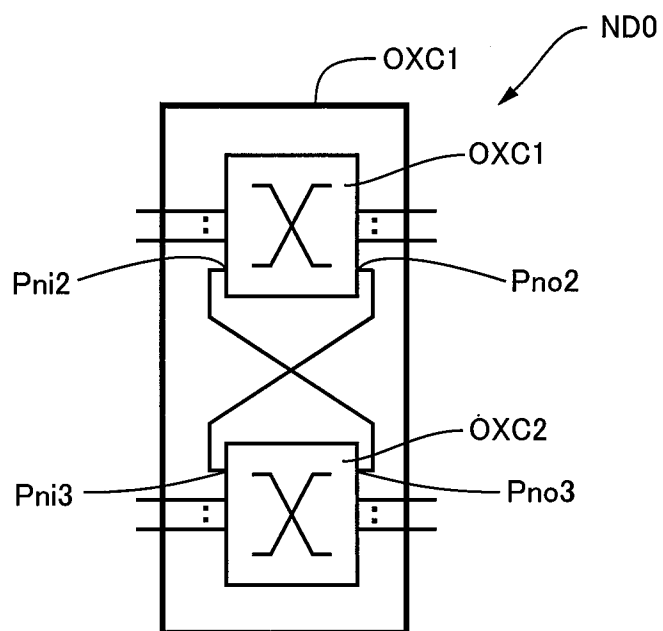
[図5]



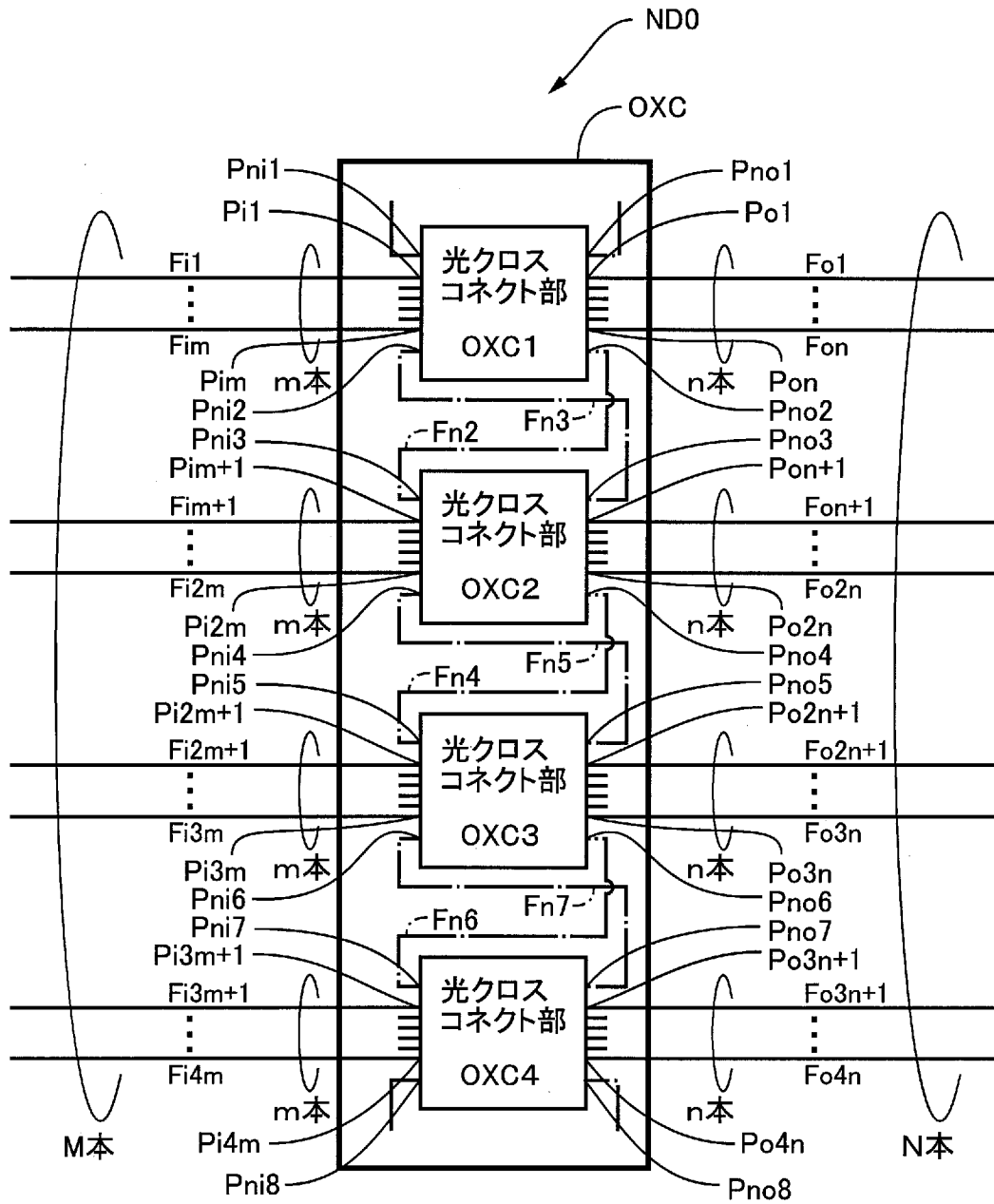
[図6]



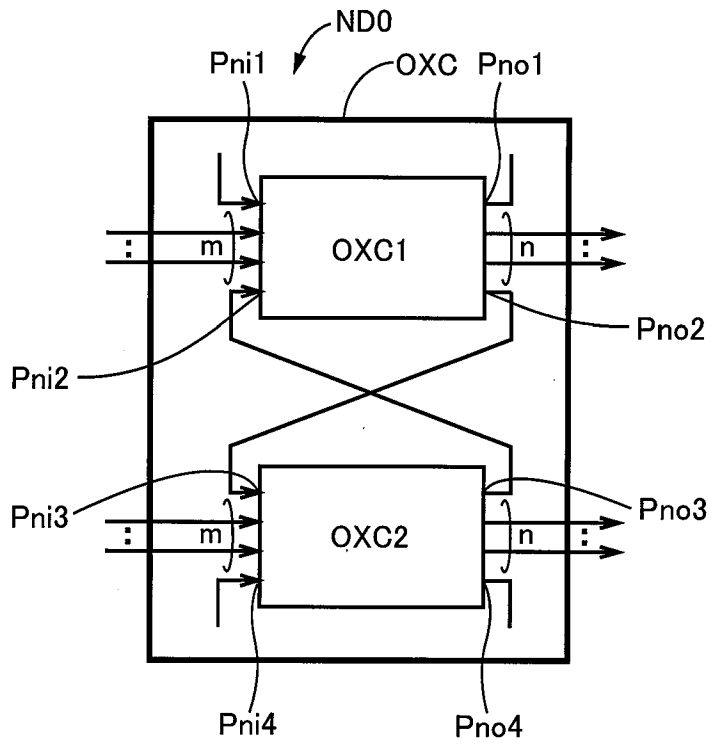
[図7]



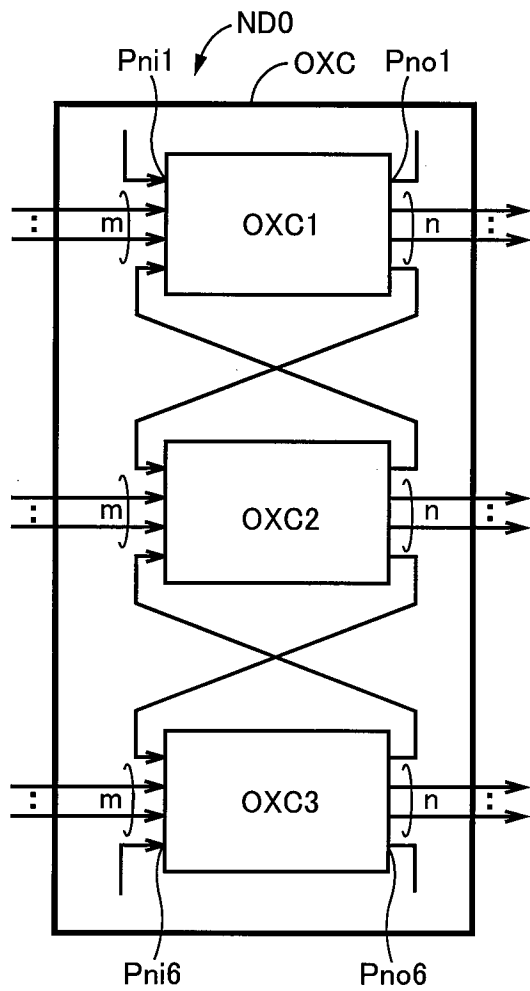
[図8]



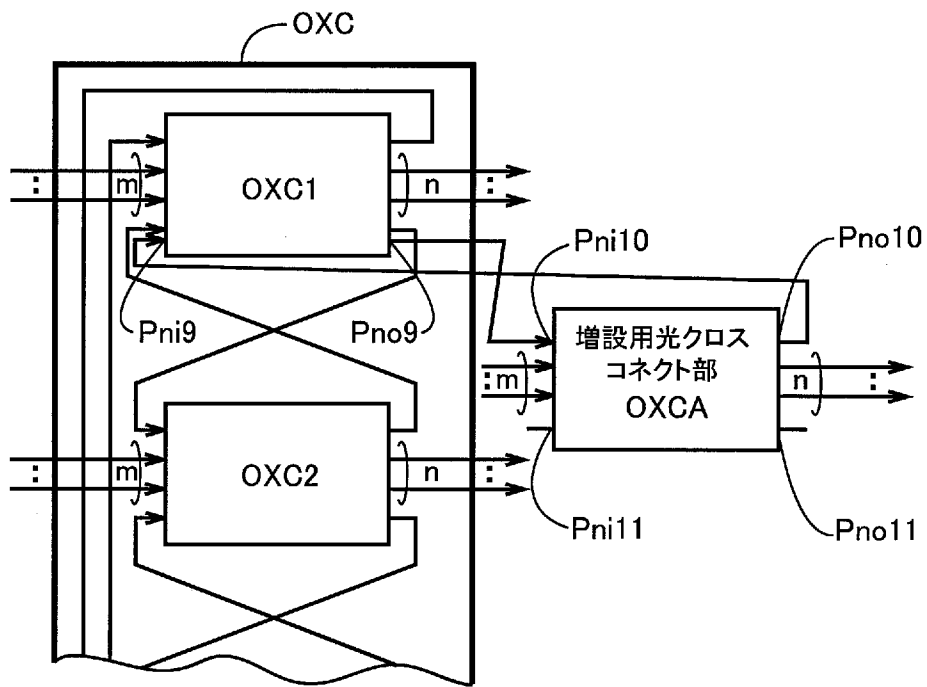
[図9]



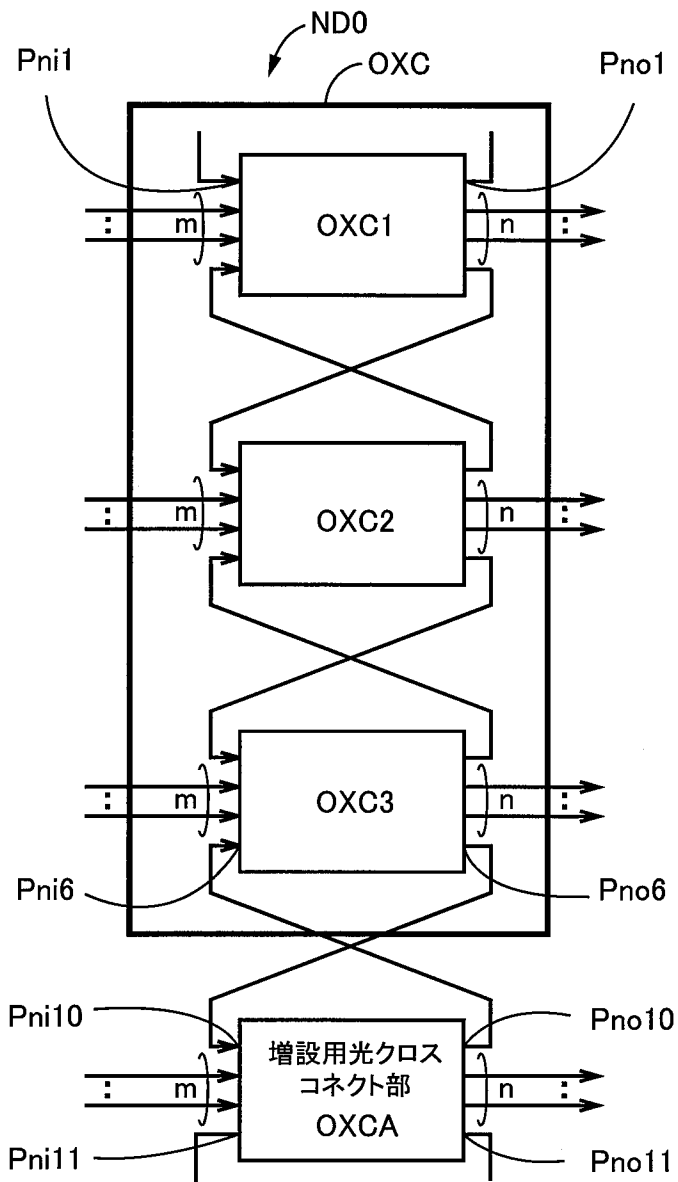
[図10]



[図11]



[図12]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2015/068741

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
H04Q3/52(2006.01)i, H04B10/27(2013.01)i, H04J14/00(2006.01)i, H04J14/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H04Q3/52, H04B10/27, H04J14/00, H04J14/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-27562 A (Nagoya University), 06 February 2014 (06.02.2014), paragraphs [0023] to [0031]; fig. 2 & US 2014/0029944 A1	1-8
Y	JP 2012-141478 A (Fujitsu Ltd.), 26 July 2012 (26.07.2012), paragraphs [0003] to [0005], [0064]; fig. 1A, 1B & US 2012/0170930 A1	1-8
Y	JP 2006-243571 A (Fujitsu Ltd.), 14 September 2006 (14.09.2006), paragraphs [0033] to [0045]; fig. 10 to 11 & US 2006/0198583 A1 & EP 1701580 A2	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 21 July 2015 (21.07.15)	Date of mailing of the international search report 28 July 2015 (28.07.15)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/068741

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-140598 A (Fujitsu Ltd.), 01 June 2006 (01.06.2006), paragraphs [0096] to [0113]; fig. 11 & US 2006/0098981 A1 & EP 1657953 A2 & EP 2249500 A2	6, 7
A	Yuto IWAI et al., "Large-Capacity Photonic Node Architecture that Utilizes Stacked Small Scale Optical Cross-connects", Proceedings of the 2012 IEICE General Conference Tsushin 2, 06 March 2012 (06.03.2012), page 484	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. H04Q3/52(2006.01)i, H04B10/27(2013.01)i, H04J14/00(2006.01)i, H04J14/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. H04Q3/52, H04B10/27, H04J14/00, H04J14/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2015年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2015年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2015年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2014-27562 A（国立大学法人名古屋大学）2014.02.06, 段落 [0023]-[0031], 図2 & US 2014/0029944 A1	1-8
Y	JP 2012-141478 A（富士通株式会社）2012.07.26, 段落 [0003]-[0005], [0064], 図1A, 1B & US 2012/0170930 A1	1-8
Y	JP 2006-243571 A（富士通株式会社）2006.09.14, 段落 [0033]-[0045], 図10-11 & US 2006/0198583 A1 & EP 1701580 A2	1-8

C欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 21.07.2015	国際調査報告の発送日 28.07.2015
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 安井 雅史 電話番号 03-3581-1101 内線 3526

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2006-140598 A (富士通株式会社) 2006.06.01, 段落 [0096]-[0113], 図 11 & US 2006/0098981 A1 & EP 1657953 A2 & EP 2249500 A2	6, 7
A	岩井 祐斗, 外 2 名, 小規模光クロスコネクトのスタック構成を用 いた大容量フォトニックード, 電子情報通信学会 2012 年総合大 会講演論文集 通信 2, 2012.03.06, p.484	1-8