

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-85424

(P2010-85424A)

(43) 公開日 平成22年4月15日(2010.4.15)

(51) Int.Cl.

G02B 6/12 (2006.01)

F I

G02B 6/12

F

テーマコード (参考)

2H147

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-250971 (P2008-250971)
 (22) 出願日 平成20年9月29日 (2008. 9. 29)

(出願人による申告) 平成19年度、独立行政法人科学技術振興機構「超低消費電力光ルーティングネットワーク構成技術」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 000004226
 日本電信電話株式会社
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
 (74) 代理人 100077481
 弁理士 谷 義一
 (74) 代理人 100088915
 弁理士 阿部 和夫
 (72) 発明者 森脇 撰
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
 (72) 発明者 野口 一人
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

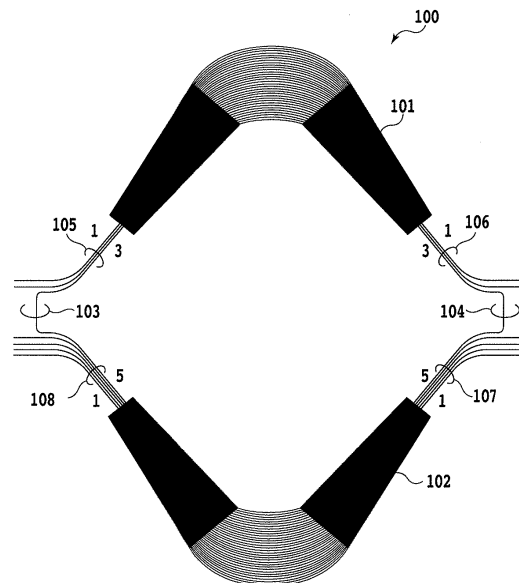
(54) 【発明の名称】 光波長合分波装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は、光通信システム内の通信ノード数と、各通信ノード間で通信に使用できる光信号の波長数を同時に拡張可能な光波長合分波装置を実現することである。

【解決手段】第1の多入力多出力のアレイ導波路回折格子は、 λ_K なる波長の信号が、ある入出力ポート間を透過するならば、当該入出力ポート間を λ_K とは $A \times \Delta \lambda$ の整数倍異なる波長の信号も透過する特性を有し、第2の多入力多出力のアレイ導波路回折格子は、 λ_H なる波長の信号が、ある入出力ポート間を透過するならば、当該入出力ポート間を λ_H とは $B \times \Delta \lambda$ の整数倍異なる波長の信号も透過する特性を有し、第1の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の出力ポートと入力ポートのうち、各々少なくとも1つが、それぞれ第2の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の入力ポートと出力ポートに光導波路を介して接続されていることを特徴とする光波長合分波装置。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

内部に第 1 及び第 2 の 2 つの多入力多出力のアレイ導波路回折格子を備える光波長合分波装置であって、

前記 2 つの多入力多出力のアレイ導波路回折格子は、隣接する 2 つの導波路の 1 つの入力ポートから入力され、隣接する出力ポートから出力される 2 つの信号の波長が互いに $\Delta\lambda$ 異なり、

前記第 1 の多入力多出力のアレイ導波路回折格子は、 λ_K (K は整数) なる波長の信号が、ある入出力ポート間を透過するならば、当該入出力ポート間を λ_K とは $A \times \Delta\lambda$ (A は整数) の整数倍異なる波長の信号も透過する特性を有し、

10

前記第 2 の多入力多出力のアレイ導波路回折格子は、 λ_H (H は整数) なる波長の信号が、ある入出力ポート間を透過するならば、当該入出力ポート間を λ_H とは $B \times \Delta\lambda$ (B は A と異なる整数) の整数倍異なる波長の信号も透過する特性を有し、

前記第 1 の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の出力ポートと入力ポートのうち、各々少なくとも 1 つが、それぞれ前記第 2 の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の入力ポートと出力ポートに光導波路を介して接続されることを特徴とする光波長合分波装置。

【請求項 2】

前記整数 A および B が互いに素 (最大公約数が 1) であることを特徴とする請求項 1 に記載の光波長合分波装置。

20

【請求項 3】

前記整数 A および B が最大公約数が D であるときに、

前記第 1 の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の出力ポートと前記第 2 の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の入力ポート及び、

前記第 2 の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の出力ポートと前記第 1 の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の入力ポートを接続する光導波路の数は、それぞれ D 本以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の光波長合分波装置。

【請求項 4】

前記第 1 及び第 2 の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の入出力ポートのうち、

前記光導波路により互いの接続に使用される入出力ポートは、前記多入力多出力のアレイ導波路回折格子の入出力ポートの両端およびその近傍でないことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の光波長合分波装置。

30

【請求項 5】

前記多入力多出力のアレイ導波路回折格子と、接続に使用される前記光導波路との全てが、同一基板上に形成される構成であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の光波長合分波装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、光波長多重された複数の信号を波長に応じて分波または合波する光波長合分波装置に関するものである。

40

【背景技術】**【0002】**

複数の光信号を異なる波長の光に乗せ、1 本の光ファイバで伝送する波長分割多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 伝送システムは、伝送路の容量を大幅に増大させることが可能であり、既に基幹系システムを中心に導入が進んでいる。

【0003】

さらに近年、光信号の波長を伝送路容量の増大に利用するだけでなく、ネットワークの経路設定に使用する手法の検討も進んでおり、その一例として波長多重信号を送受信する通信ノードと、アレイ導波路回折格子とを利用することにより、通信ノード間にフルメッ

50

シュの接続性を獲得できる光通信システムがある。

【0004】

図9に、波長可変光源とアレイ導波路回折格子とを利用した光通信システムの構成を示す。中心にN入力N出力（以下、 $N \times N$ と表記する）光波長合分波装置201が設置され、複数の通信ノード202との間が、送受2心の光ファイバ203で接続される。通信ノード202の内部には、光信号の送信に関わる装置として、それぞれ所定の波長の信号を出力する送信器204-1～204-Nと、該送信器204-1～204-Nの出力を入力とする波長合波器205とを備える。該波長合波器205の出力は、前記光ファイバ203のうちの1本を介して、 $N \times N$ 光波長合分波装置201の入力ポートに接続される。

【0005】

同じく、通信ノード202の内部には、光信号の受信に関わる装置として、入力されたWDM信号を波長に応じて定義されるポートから出力する波長分波器206と、該波長分波器206の出力を入力とする受光素子207-1～207-Nとを備える。前記波長分波器の入力は、前記光ファイバ203のうちの残りの1本を介して、 $N \times N$ 光波長合分波装置201の出力ポートに接続される。なお、本例では、 $N = 4$ の場合を示す。具体的には、光波長合分波装置201の入出力ポート数を 4×4 とし、送信器と受光素子の数を4とする場合を示す。

【0006】

4×4 光波長合分波装置201として、アレイ導波路回折格子を使用することができる。アレイ導波路回折格子は、別に設計により定義される基本周期（FSR: Free Spectral Range）を有しており、これを λ_{FSR} とする。この時に獲得される入出力ポート間の特性を図10に示す。一般に、「入力ポートXから入力され、出力ポートYから出力される信号の波長は、その波長が $\lambda_{(X+Y-1)} + Z \cdot \lambda_{FSR}$ である。ここで、X, Yは1以上N以下の整数であり、Zは負の数を含む任意の整数であり、 λ は等波長間隔あるいは等周波数間隔など所定の間隔で定義された波長である。」と定義できる。以降では、特に λ を等波長間隔 $\Delta\lambda$ で定義し、 $\lambda_{FSR} = 4 \cdot \Delta\lambda$ である場合を例に考える。すなわち、「入力ポートXから入力され、出力ポートYから出力される信号の波長は、その波長が $\lambda_{(X+Y-1+4Z)}$ である。」と表せる場合である。

【0007】

各通信ノード202では、送信器204-1から204-16と、波長合波器205を使用して、 λ_1 から λ_{16} までの16波長が波長分割多重化された信号を出力するものとする。同様に各通信ノード202では、波長合波器206、送信器207-1から207-16を使用して、 λ_1 から λ_{16} までの16波長が波長分割多重化された信号を受信するものとする。

【0008】

この時、いずれかの通信ノード202から出力された16波長の波長分割多重化された信号は、当該通信ノードが接続されている 4×4 光波長合分波装置201の入力ポートに入力されると、前記入出力特性に従って波長毎に定義される出力ポートに出力され、当該出力ポートに接続されている通信ノード202において、波長分波器206で分波され、信号波長に応じて定義される受光素子207-1から207-16のいずれかで受光される。

【0009】

同様に、全ての通信ノード202から出力された16波長の波長分割多重化された信号の経路を辿ることができる。その結果、アレイ導波路回折格子を適用して 4×4 光波長合分波装置201を使用することにより、通信ノード間にフルメッシュの光ファイバを敷設し、各光ファイバで4波長の波長分割多重化された信号を送受信可能な場合と同じ接続性が獲得されることが分かる。

【0010】

【非特許文献1】K. Kato et al., "32x32 full-mesh (1024 path) wavelength-routing WDM network

10

20

30

40

50

based on uniform-loss cyclic-frequency arrayed-waveguide grating", Electronics Letters, 36, pp. 1294-1296, 2000.)

【非特許文献2】H. Takahashi et al., "Transmission characteristics of arrayed waveguide $N \times N$ wavelength multiplexer", J. Lightwave Technology, 13, pp. 447-455, 1995.)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

10

しかしながら、アレイ導波路回折格子を適用した光波長合分波装置を使用して実現される光通信システムでは、各通信ノード間で通信に使用することのできる光信号の波長数が等しいという制限があった。一般に、各通信ノードから送出可能な波長分割多重信号の波長数にも制限があるため、通信ノード間の通信容量を拡張するために、各通信ノード間で通信に使用される光信号の波長数を増加するには、光通信システム内の通信ノードを減少させる必要があった。また、光通信システム内の通信ノードを増加させるには、各通信ノード間で通信に使用することのできる光信号の波長数を減少させる必要があった。つまり、光通信システム内の通信ノードと、各通信ノード間で通信に使用することのできる光信号の波長数を同時に増加させることができなかった。

【0012】

20

本発明は、かかる問題を鑑みてなされたものであり、光波長合分波装置を使用して実現される光通信システムにおいて、光通信システム内の通信ノード数と、各通信ノード間で通信に使用することのできる光信号の波長数を同時に拡張可能な光波長合分波装置を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記の課題を解決するための本発明の光波長合分波装置は、内部に第1及び第2の2つの多入力多出力のアレイ導波路回折格子を備える光波長合分波装置であって、上記2つの多入力多出力のアレイ導波路回折格子は、隣接する2つの導波路の1つの入力ポートから入力され、隣接する出力ポートから出力される2つの信号の波長が互いに $\Delta\lambda$ 異なり、上記第1の多入力多出力のアレイ導波路回折格子は、 λ_K (K は整数)なる波長の信号が、ある入出力ポート間を透過するならば、当該入出力ポート間を λ_K とは $A \times \Delta\lambda$ (A は整数)の整数倍異なる波長の信号も透過する特性を有し、上記第2の多入力多出力のアレイ導波路回折格子は、 λ_H (H は整数)なる波長の信号が、ある入出力ポート間を透過するならば、当該入出力ポート間を λ_H とは $B \times \Delta\lambda$ (B は A と異なる整数)の整数倍異なる波長の信号も透過する特性を有し、上記第1の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の出力ポートと入力ポートのうち、各々少なくとも1つが、それぞれ上記第2の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の入力ポートと出力ポートに光導波路を介して接続されることを特徴とする。

30

【0014】

40

ここで、上記整数 A および B が互いに素(最大公約数が1)であると、接続用の導波路の本数および使用する入出力ポートに関わりなくフルメッシュの接続性を得ることができる。

【0015】

また、上記整数 A および B の最大公約数が D であるときに、上記第1の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の出力ポートと上記第2の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の入力ポート及び、上記第2の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の出力ポートと上記第1の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の入力ポートを接続する上記光導波路の数を、それぞれ D 本以上とし、アレイ導波路回折格子の適切な入出力ポートを使用して接続することにより、フルメッシュの接続性を得ることができる。

50

【 0 0 1 6 】

また、上記第 1 及び第 2 の多入力多出力のアレイ導波路回折格子の入出力ポートのうち、上記光導波路により互いの接続に使用される入出力ポートは、挿入損失の大きい多入力多出力のアレイ導波路回折格子の入出力ポートの両端およびその近傍でないようにすることにより、損失の均一化を図ることができる。

【 0 0 1 7 】

さらに、上記多入力多出力のアレイ導波路回折格子と、接続に使用される上記光導波路の全てを同一基板上に形成する構成とすることにより、製造コストを低減できる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、光波長合分波装置を使用して実現される光通信システムにおいて、各通信ノード間で通信に使用することのできる光信号の波長数が均一でなくなるため、光通信システム内の通信ノード数と、各通信ノード間で通信に使用することのできる光信号の波長数を、同時に拡張することの可能な光波長合分波装置を実現することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 9 】

以下、図面を参照して本発明を詳しく説明する。

【 実施例 1 】

【 0 0 2 0 】

図 1 乃至図 3 を参照して、本発明に係る光波長合分波装置の第 1 の実施の形態を説明する。

本発明は、

$A \times \Delta \lambda$ の基本周期を有する $N \times N$ アレイ導波路回折格子 (N は A 以下の整数) と、

$B \times \Delta \lambda$ の基本周期を有する $M \times M$ アレイ導波路回折格子 (M は B 以下の整数) を内蔵し、特に A と B が互いに素 (最大公約数が 1) の関係である場合の光波長合分波装置であるが、図 1 に示す本実施形態は、 $A = 3$ 、 $B = 5$ 、 $N = 3$ 、 $M = 5$ の場合を例にとって示す。

【 0 0 2 1 】

なお、本発明で使用する信号の波長数は、少なくとも 2 つの整数 A 、 B の最小公倍数以上であり、図 1 に示す本実施形態では、波長 λ_1 から λ_{15} が所定の間隔 $\Delta \lambda$ で定義されているものとする。

【 0 0 2 2 】

以下に、本発明の原理を説明する。

図 1 に示す光波長合分波装置 100 は、 3×3 アレイ導波路回折格子 101 と、 5×5 アレイ導波路回折格子 102 と、光導波路 103 と、光導波路 104 とを備え、 3×3 アレイ導波路回折格子 101 は、入力ポート 105 と、出力ポート 106 とを備え、 5×5 アレイ導波路回折格子 102 は、入力ポート 107 と、出力ポート 108 とを備える。

3×3 アレイ導波路回折格子 101 の第 3 出力ポートと 5×5 アレイ導波路回折格子 102 の第 5 入力ポートが光導波路 104 を介して接続され、 5×5 アレイ導波路回折格子 102 の第 5 出力ポートと 3×3 アレイ導波路回折格子 101 の第 3 入力ポートが光導波路 103 を介して接続される。

3×3 アレイ導波路回折格子 101 の第 3 入出力ポートと 5×5 アレイ導波路回折格子 102 の第 5 入出力ポート以外の入出力ポートは、本発明の光波長合分波装置の入出力ポートとして使用される。

【 0 0 2 3 】

アレイ導波路回折格子は設計により定義される基本周期 (FSR: Free Spectral Range) を有している。本実施の形態においては、(基本周期 / $\Delta \lambda$) の値が互いに素 (最大公約数が 1) である 2 つのアレイ導波路回折格子を使用する。具体的には、基本周期が $3 \times \Delta \lambda$ である 3×3 アレイ導波路回折格子 101 と、基本周期が $5 \times \Delta \lambda$ である 5×5 アレイ導波路回折格子 102 を使用する場合を示す。図 2 に、当該 $3 \times$

10

20

30

40

50

3 アレイ導波路回折格子 1 0 1 および 5×5 アレイ導波路回折格子 1 0 2 において、 λ_1 から λ_{15} までの波長について、入出力ポート間を透過する信号の波長を示す。一般には「入力ポート X から入力され、出力ポート Y から出力される信号の波長は、 $\lambda_{(x+y-1)}$ と、 $\lambda_{(x+y-1)}$ と基本周期単位で異なる波長 (X、Y は 1 以上入出力ポート数以下の整数) である。」と定義できる。

【0024】

図 2 に示される入出力ポート間の透過特性を元に、 3×3 アレイ導波路回折格子 1 0 1 の第 3 入出力ポートと、 5×5 アレイ導波路回折格子 1 0 2 の第 5 出力ポートが、光導波路 1 0 3 および 1 0 4 に接続される場合に獲得される、入出力ポート間の透過特性を図 3 に示す。なお、図 3 に示す透過特性において、3 回以上アレイ導波路回折格子を通過して出力される波長の記載は省略した。

10

【0025】

図 3 に示される透過特性では、全ての行列成分が存在することから、従来技術として示した光通信システムに本光波長合分波装置を適用すると、フルメッシュの接続性を得ることができる。また、どちらも 3×3 アレイ導波路回折格子 1 0 1 に接続されている通信ノード間では、5 波長の信号を通信に使用することができる。どちらも 5×5 アレイ導波路回折格子 1 0 2 に接続されている通信ノード間では、3 波長の信号を通信に使用することができる。一方が 3×3 アレイ導波路回折格子 1 0 1 に接続され、他方が 5×5 アレイ導波路回折格子 1 0 2 に接続されている通信ノード間では、1 波長の信号を通信に使用することができる。以上のように、通信ノードの組み合わせに応じて、通信に使用することができる信号の波長数を異ならせることが実現できており、光波長合分波装置として 3×3 アレイ導波路回折格子を適用する場合と比較して、通信ノード間で通信に使用できる最大の信号数を減らすことなく、通信ノード数を拡張できる。

20

【0026】

なお、一般には、互いに素 (最大公約数が 1) である 2 整数 A、B に対して、 $A \times \Delta \lambda$ の基本周期を有する $N \times N$ アレイ導波路回折格子 (N は A 以下の整数) と、 $B \times \Delta \lambda$ の基本周期を有する $M \times M$ アレイ導波路回折格子 (M は B 以下の整数) を C 対の光導波路 (C は整数) で接続する構造で、 $A \times B$ (A と B の最小公倍数) 種類の波長を使用する場合として考えることができる。

【0027】

このとき、どちらも $N \times N$ アレイ導波路回折格子に接続されている通信ノード間では、B 波長の信号を通信に使用することができる。どちらも $M \times M$ アレイ導波路回折格子に接続されている通信ノード間では、A 波長の信号を通信に使用することができる。一方が $N \times N$ アレイ導波路回折格子に接続され、他方が $M \times M$ アレイ導波路回折格子に接続されている通信ノード間では、C 波長の信号を通信に使用することができる。

30

【0028】

本発明の特徴は、 $N \times N$ アレイ導波路回折格子の入力ポートから入力され、光導波路を経由して $M \times M$ アレイ導波路回折格子に入力される波長の信号は、波長に応じて $M \times M$ アレイ導波路回折格子の異なるポートから出力されること、および $M \times M$ アレイ導波路回折格子の入力ポートから入力され、光導波路を経由して $N \times N$ アレイ導波路回折格子に入力される波長の信号は、波長に応じて $N \times N$ アレイ導波路回折格子の異なるポートから出力される点にある。この特徴は、2 つのアレイ導波路回折格子の基本周期を所定の間隔 $\Delta \lambda$ で割った値 A、B が互いに素 (最大公約数が 1) であること自体に起因しており、A、B の最小公倍数に相当する数の波長を使用すれば、一般的に成立するものである。

40

【0029】

なお、N は A 以下の値であれば、必ずしも A と同じ値である必要はなく、M も B 以下の値であれば、必ずしも B と同じ値である必要はない。いずれの場合も同様の透過特性を得ることができる。

【0030】

例えば、本実施の形態では、 $A = 3$ 、 $B = 5$ 、 $N = 3$ 、 $M = 5$ で、 3×3 アレイ導波路

50

回折格子の第 3 入出力ポートと 5×5 アレイ導波路回折格子の第 5 入出力ポートとを接続し、波長 λ_1 から λ_{15} を使用する構成を示したが、他にも、 $A = 5$ 、 $B = 6$ 、 $N = 5$ 、 $M = 6$ で、 5×5 アレイ導波路回折格子の第 5 入出力ポートと 6×6 アレイ導波路回折格子の第 6 入出力ポートとを接続し、波長 λ_1 から λ_{30} を使用する構成や、 $A = 5$ 、 $B = 6$ 、 $N = 4$ 、 $M = 5$ で、 4×4 アレイ導波路回折格子の第 1 入出力ポートと 5×5 アレイ導波路回折格子の第 1 入出力ポートとを接続し、波長 λ_1 から λ_{30} を使用する構成であっても、同様の機能を実現できる。

【実施例 2】

【0031】

図 4 および図 5 を参照して、本発明に係る光波長合分波装置の第 2 の実施の形態を説明する。

10

本発明は、

$A \times \Delta \lambda$ の基本周期を有する $N \times N$ アレイ導波路回折格子 (N は A 以下の整数) と、

$B \times \Delta \lambda$ の基本周期を有する $M \times M$ アレイ導波路回折格子 (M は B 以下の整数) を内蔵し、特に A と B が互いに素 (最大公約数が 1) の関係である場合の光波長合分波装置であるが、図 4 に示す本実施形態は、 $A = 3$ 、 $B = 5$ 、 $N = 3$ 、 $M = 5$ の場合を例にとって示す。

【0032】

なお、本発明で使用する信号の波長数は、少なくとも 2 つの整数 A 、 B の最小公倍数以上であり、図 4 に示す本実施形態では、波長 λ_1 から λ_{15} が所定の間隔 $\Delta \lambda$ で定義されているものとする。

20

【0033】

以下に、本発明の原理を説明する。

図 4 に示す光波長合分波装置 400 は、 3×3 アレイ導波路回折格子 401 と、 5×5 アレイ導波路回折格子 402 と、光導波路 403 と、光導波路 404 とを備え、 3×3 アレイ導波路回折格子 401 は、入力ポート 405 と、出力ポート 406 とを備え、 5×5 アレイ導波路回折格子 402 は、入力ポート 407 と、出力ポート 408 とを備える。

3×3 アレイ導波路回折格子 401 の第 3 出力ポートと 5×5 アレイ導波路回折格子 402 の第 5 入力ポートが光導波路 404 を介して接続され、 5×5 アレイ導波路回折格子 402 の第 5 出力ポートと 3×3 アレイ導波路回折格子 401 の第 3 入力ポートが光導波路 403 を介して接続される。

30

【0034】

さらに、 3×3 アレイ導波路回折格子 401 の第 2 出力ポートと 5×5 アレイ導波路回折格子 402 の第 4 入力ポートが光導波路 404 を介して接続され、 5×5 アレイ導波路回折格子 402 の第 4 出力ポートと 3×3 アレイ導波路回折格子 401 の第 2 入力ポートが光導波路 403 を介して接続される。 3×3 アレイ導波路回折格子 401 の第 2 および第 3 入出力ポートと 5×5 アレイ導波路回折格子 402 の第 4 および第 5 入出力ポート以外の入出力ポートは、本発明の光波長合分波装置の入出力ポートとして使用される。

【0035】

アレイ導波路回折格子の透過特性は、第 1 の実施の形態で示したものと変わらない。従って、図 2 に示される入出力ポート間の透過特性を元に、 3×3 アレイ導波路回折格子 401 の第 3 入出力ポートと、 5×5 アレイ導波路回折格子 402 の第 5 入出力ポートが、光導波路 403 および 404 で接続されるとともに、 3×3 アレイ導波路回折格子 401 の第 2 入出力ポートと、 5×5 アレイ導波路回折格子 402 の第 4 入出力ポートが、光導波路 403 および 404 で接続されている場合に獲得される入出力ポート間の透過特性を図 5 に示す。なお、図 5 に示す透過特性において、3 回以上アレイ導波路回折格子を通して出力される波長の記載は省略した。

40

【0036】

図 5 に示される透過特性では、全ての行列成分が存在することから、従来技術として示した光通信システムに本光波長合分波装置を適用すると、フルメッシュの接続性を得るこ

50

とができる。また、どちらも 3×3 アレイ導波路回折格子 401 に接続されている通信ノード間では、5 波長の信号を通信に使用することができる。どちらも 5×5 アレイ導波路回折格子 402 に接続されている通信ノード間では、3 波長の信号を通信に使用することができる。一方が 3×3 アレイ導波路回折格子 401 に接続され、他方が 5×5 アレイ導波路回折格子 402 に接続されている通信ノード間では、2 波長の信号を通信に使用することができる。本実施の形態では、2 つのアレイ導波路回折格子を接続する導波路を、1 対から 2 対に増やした点が第 1 の実施の形態とは異なる。接続用の導波路の機能は、それぞれ独立に扱うことができるので、異なるアレイ導波路回折格子に接続されたポート間を透過する信号の波長数が 1 から 2 に増えている。

【0037】

10

以上のように、通信ノードの組み合わせに応じて、通信に使用することができる信号の波長数を異ならせることが実現でき、光波長合分波装置として 3×3 アレイ導波路回折格子を適用する場合と比較して、通信ノード間で通信に使用できる最大の信号数を減らすことなく、通信ノード数を拡張できる。

【0038】

なお、一般には、互いに素（最大公約数が 1）である 2 整数 A 、 B に対して、 $A \times \Delta \lambda$ の基本周期を有する $N \times N$ アレイ導波路回折格子（ N は A 以下の整数）と、 $B \times \Delta \lambda$ の基本周期を有する $M \times M$ アレイ導波路回折格子（ M は B 以下の整数）を C 対の光導波路（ C は整数）で接続する構造で、 $A \times B$ （ A と B の最小公倍数）種類の波長を使用する場合として考えることができる。

20

【0039】

このとき、どちらも $N \times N$ アレイ導波路回折格子に接続されている通信ノード間では、 B 波長の信号を通信に使用することができる。どちらも $M \times M$ アレイ導波路回折格子に接続されている通信ノード間では、 A 波長の信号を通信に使用することができる。一方が $N \times N$ アレイ導波路回折格子に接続され、他方が $M \times M$ アレイ導波路回折格子に接続されている通信ノード間では、 C 波長の信号を通信に使用することができる。

【0040】

本発明の特徴は、 $N \times N$ アレイ導波路回折格子の入力ポートから入力され、光導波路を経由して $M \times M$ アレイ導波路回折格子に入力される波長の信号は、波長に応じて $M \times M$ アレイ導波路回折格子の異なるポートから出力されること、および $M \times M$ アレイ導波路回折格子の入力ポートから入力され、光導波路を経由して $N \times N$ アレイ導波路回折格子に入力される波長の信号は、波長に応じて $N \times N$ アレイ導波路回折格子の異なるポートから出力される点にある。この特徴は、2 つのアレイ導波路回折格子の基本周期を所定の間隔 $\Delta \lambda$ で割った値 A 、 B が互いに素（最大公約数が 1）であること自体に起因しており、 A 、 B の最小公倍数に相当する数の波長を使用すれば、一般的に成立するものである。

30

【0041】

なお、 N は A 以下の値であれば、必ずしも A と同じ値である必要はなく、 M も B 以下の値であれば、必ずしも B と同じ値である必要はない。いずれの場合も同様の透過特性を得ることができる。

【0042】

40

例えば、本発明の実施形態では、 $A = 3$ 、 $B = 5$ 、 $N = 3$ 、 $M = 5$ で、 3×3 アレイ導波路回折格子の第 3 入出力ポートと 5×5 アレイ導波路回折格子の第 5 入出力ポートとを接続するとともに、 3×3 アレイ導波路回折格子の第 2 入出力ポートと 5×5 アレイ導波路回折格子の第 4 入出力ポートとを接続し、波長 λ_1 から λ_{15} を使用する構成を示したが、他にも、 $A = 5$ 、 $B = 6$ 、 $N = 5$ 、 $M = 6$ で、 5×5 アレイ導波路回折格子の第 5 入出力ポートと 6×6 アレイ導波路回折格子の第 6 入出力ポートとを接続するとともに、 5×5 アレイ導波路回折格子の第 1 入出力ポートと 6×6 アレイ導波路回折格子の第 1 入出力ポートとを接続し、波長 λ_1 から λ_{30} を使用する構成や、 $A = 5$ 、 $B = 6$ 、 $N = 4$ 、 $M = 5$ で、 4×4 アレイ導波路回折格子の第 1 入出力ポートと 5×5 アレイ導波路回折格子の第 1 入出力ポートとを接続するとともに、 4×4 アレイ導波路回折格子の第 2 入出力ポー

50

トと 5×5 アレイ導波路回折格子の第 2 出力ポートとを接続し、波長 λ_1 から λ_{30} を使用する構成であっても、同様の機能を実現できる。

【実施例 3】

【0043】

図 6 乃至図 8 を参照して、本発明に係る光波長合分波装置の第 3 の実施の形態を説明する。

本発明は、

$A \times \Delta \lambda$ の基本周期を有する $N \times N$ アレイ導波路回折格子 (N は A 以下の整数) と、

$B \times \Delta \lambda$ の基本周期を有する $M \times M$ アレイ導波路回折格子 (M は B 以下の整数) を内蔵し、特に A と B が互いに素 (最大公約数が 1) の関係でない場合の光波長合分波装置であるが、図 6 に示す本実施形態は、 $A = 4$ 、 $B = 6$ 、 $N = 4$ 、 $M = 6$ の場合を例にとって示す。

【0044】

なお、本発明で使用する信号の波長数は、少なくとも 2 つの整数 A 、 B の最小公倍数以上であり、図 6 に示す本実施形態では、波長 λ_1 から λ_{12} が所定の間隔 $\Delta \lambda$ で定義されているものとする。

【0045】

以下に、本発明の原理を説明する。

図 6 に示す光波長合分波装置は、 4×4 アレイ導波路回折格子 601、 6×6 アレイ導波路回折格子 602、光導波路 603、光導波路 604 を備え、 4×4 アレイ導波路回折格子 601 は、入力ポート 605 と、出力ポート 606 とを備え、 6×6 アレイ導波路回折格子 602 は、入力ポート 607 と、出力ポート 608 とを備える。

4×4 アレイ導波路回折格子 601 の第 4 出力ポートと 6×6 アレイ導波路回折格子 602 の第 6 入力ポートが光導波路 604 を介して接続され、 6×6 アレイ導波路回折格子 602 の第 6 出力ポートと 4×4 アレイ導波路回折格子 601 の第 4 入力ポートが光導波路 603 を介して接続される。

【0046】

さらに、 4×4 アレイ導波路回折格子 601 の第 3 出力ポートと 6×6 アレイ導波路回折格子 602 の第 4 入力ポートが光導波路 604 を介して接続され、 6×6 アレイ導波路回折格子 602 の第 4 出力ポートと 4×4 アレイ導波路回折格子 601 の第 3 入力ポートが光導波路 604 を介して接続される。 4×4 アレイ導波路回折格子 601 の第 3 および第 4 入出力ポートと 6×6 アレイ導波路回折格子 602 の第 4 および第 6 入出力ポート以外の入出力ポートは、本発明の光波長合分波装置の入出力ポートとして使用される。

【0047】

アレイ導波路回折格子は設計により定義される基本周期 (FSR: Free Spectral Range) を有している。本実施の形態においては、(基本周期 / $\Delta \lambda$) の値が互いに素 (最大公約数が 1) でない 2 つのアレイ導波路回折格子を使用する。具体的には、基本周期が $4 \times \Delta \lambda$ である 4×4 アレイ導波路回折格子 601 と、基本周期が $6 \times \Delta \lambda$ である 6×6 アレイ導波路回折格子 602 を使用する場合を示す。図 7 に、当該 4×4 アレイ導波路回折格子 601 および 6×6 アレイ導波路回折格子 602 において、 λ_1 から λ_{12} までの波長について、入出力ポート間を透過する信号の波長を示す。一般には「入力ポート X から入力され、出力ポート Y から出力される信号の波長は、 $\lambda_{(X+Y-1)}$ と、 $\lambda_{(X+Y-1)}$ と基本周期単位で異なる波長 (X 、 Y は 1 以上入出力ポート数以下の整数) である。」と定義できる。

【0048】

図 7 に示される入出力ポート間の透過特性を元に、 4×4 アレイ導波路回折格子 601 の第 4 入出力ポートと、 6×6 アレイ導波路回折格子 602 の第 6 入出力ポートが、光導波路 603 および 604 で接続されるとともに、 4×4 アレイ導波路回折格子 601 の第 3 入出力ポートと、 6×6 アレイ導波路回折格子 602 の第 4 入出力ポートが、光導波路 603 および 604 で接続されている場合に得られる、入出力ポート間の透過特性を図 8

に示す。なお、図 8 に示す透過特性において、3 回以上アレイ導波路回折格子を通過して出力される波長の記載は省略した。

【0049】

図 8 に示される透過特性では、全ての行列成分が存在することから、従来技術として示した光通信システムに本光波長合分波装置を適用すると、フルメッシュの接続性を得ることができる。また、どちらも 4×4 アレイ導波路回折格子 601 に接続されている通信ノード間では、3 波長の信号を通信に使用することができる。どちらも 6×6 アレイ導波路回折格子 602 に接続されている通信ノード間では、2 波長の信号を通信に使用することができる。一方が 4×4 アレイ導波路回折格子 601 に接続され、他方が 6×6 アレイ導波路回折格子 602 に接続されている通信ノード間では、1 波長の信号を通信に使用することができる。

10

【0050】

以上のように、通信ノードの組み合わせに応じて、通信に使用することができる信号の波長数を異ならせることが実現できており、光波長合分波装置として 4×4 アレイ導波路回折格子を適用する場合と比較して、通信ノード間で通信に使用できる最大の信号数を減らすことなく、通信ノード数を拡張できる。

【0051】

なお、一般には、最大公約数が D (D は整数) である 2 整数 A 、 B に対して、 $A \times \Delta \lambda$ の基本周期を有する $N \times N$ アレイ導波路回折格子 (N は A 以下の整数) と、 $B \times \Delta \lambda$ の基本周期を有する $M \times M$ アレイ導波路回折格子 (M は B 以下の整数) を D 対の光導波路で接続する構造で、 A と B の最小公倍数に相当する種類の波長を使用する場合として考えることができる。

20

【0052】

このとき、どちらも $N \times N$ アレイ導波路回折格子に接続されている通信ノード間では、 B/D 波長の信号を通信に使用することができる。どちらも $M \times M$ アレイ導波路回折格子に接続されている通信ノード間では、 A/D 波長の信号を通信に使用することができる。一方が $N \times N$ アレイ導波路回折格子に接続され、他方が $M \times M$ アレイ導波路回折格子に接続されている通信ノード間では、1 波長の信号を通信に使用することができるものである。

【0053】

30

本発明の特徴は、 $N \times N$ アレイ導波路回折格子の入力ポートから入力され、光導波路を経由して $M \times M$ アレイ導波路回折格子に入力される波長の信号は、波長に応じて $M \times M$ アレイ導波路回折格子の異なるポートから出力されるが、信号が出力されるポートは、最大で B/D 種類であるため、 D 本の光導波路を適切に接続することで、全ての出力ポートから信号が出力されるようにしている点にある。同様に、 $M \times M$ アレイ導波路回折格子の入力ポートから入力され、光導波路を経由して $N \times N$ アレイ導波路回折格子に入力される波長の信号は、波長に応じて $N \times N$ アレイ導波路回折格子の異なるポートから出力されるが、信号が出力されるポートは最大で A/D 種類であるため、 D 本の光導波路を適切に接続することにより、全ての出力ポートから信号が出力されるようにしている点も特長である。なお、第 1 および第 2 の実施の形態のように、 A と B が互いに素な整数であれば、導波路の接続方法は任意であるが、本実施の形態では、フルメッシュの接続性が得られるように適切な入出力ポート間を接続する必要がある。例えば、 4×4 アレイ導波路回折格子 601 の第 4 入出力ポートと 6×6 アレイ導波路回折格子 602 の第 6 入出力ポートが光導波路で接続されるとともに、 4×4 アレイ導波路回折格子 601 の第 3 入出力ポートと 6×6 アレイ導波路回折格子 602 の第 5 入出力ポートが光導波路で接続されている場合には、フルメッシュの接続性は得られない。

40

【0054】

この特徴は、2 つのアレイ導波路回折格子の基本周期を所定の間隔 $\Delta \lambda$ で割った値 A 、 B の最大公約数が D であること自体に起因しており、 A 、 B の最小公倍数に相当する数の波長を使用すれば、一般的に成立するものである。

50

【 0 0 5 5 】

なお、NはA以下の値であれば、必ずしもAと同じ値である必要はなく、MもB以下の値であれば、必ずしもBと同じ値である必要はない。いずれの場合も同様の透過特性を得られる。

【 0 0 5 6 】

例えば、本実施の形態では、 $A = 4$ 、 $B = 6$ 、 $N = 4$ 、 $M = 6$ で、 4×4 アレイ導波路回折格子の第4入出力ポートと 6×6 アレイ導波路回折格子の第6入出力ポートとを接続するとともに、 4×4 アレイ導波路回折格子の第3入出力ポートと 6×6 アレイ導波路回折格子の第4入出力ポートとを接続し、波長 λ_1 から λ_{12} を使用する構成を示したが、他にも、 $A = 6$ 、 $B = 9$ 、 $N = 6$ 、 $M = 9$ で、 6×6 アレイ導波路回折格子の第6入出力ポートと 9×9 アレイ導波路回折格子の第1入出力ポートとを接続するとともに、 6×6 アレイ導波路回折格子の第5入出力ポートと 9×9 アレイ導波路回折格子の第2入出力ポートとを接続し、 6×6 アレイ導波路回折格子の第4入出力ポートと 9×9 アレイ導波路回折格子の第3入出力ポートとを接続し、波長 λ_1 から λ_{18} を使用する構成や、 $A = 6$ 、 $B = 9$ 、 $N = 6$ 、 $M = 8$ で、 6×6 アレイ導波路回折格子の第6入出力ポートと 8×8 アレイ導波路回折格子の第1入出力ポートとを接続するとともに、 6×6 アレイ導波路回折格子の第5入出力ポートと 8×8 アレイ導波路回折格子の第2入出力ポートとを接続し、 6×6 アレイ導波路回折格子の第4入出力ポートと 8×8 アレイ導波路回折格子の第3入出力ポートとを接続し、波長 λ_1 から λ_{18} を使用する構成であっても、同様の機能を実現できる。

【 実施例 4 】

【 0 0 5 7 】

本発明は、第1から第3のいずれかの実施の形態における光導波路の配線を変更した光波長合分波装置である。

一般に、 $A \times \Delta \lambda$ の基本周期を有する $N \times N$ アレイ導波路回折格子（NはA以下の整数）において、 $A \leq N$ であるならば、入出力ポートのうちで両端の約10%にあたるポート、すなわち第1及び第N付近の入出力ポートを通る信号は、他の入出力ポートを使用する場合に比較して、回折効率の低下により3dB程度挿入損失が大きくなる。

本発明の光波長合分波装置において、光導波路103あるいは104を通過し、アレイ導波路回折格子を2回通る信号は、1回しか通らない信号に比較して挿入損失が大きくなる傾向を有する。

【 0 0 5 8 】

従って、光導波路103あるいは104は、アレイ導波路回折格子の両端10%の入出力ポート間を接続するのではなく、中心付近の入出力ポート間を接続する方が、挿入損失を均一化できるため望ましい。

【 0 0 5 9 】

例えば、第1の実施の形態では、 3×3 アレイ導波路回折格子101の第3入出力ポートと、 5×5 アレイ導波路回折格子102の第5入出力ポートが、光導波路103および104で接続される場合を示したが、これに代えて、 3×3 アレイ導波路回折格子101の第2入出力ポートと、 5×5 アレイ導波路回折格子102の第3入出力ポートを、光導波路103および104で接続することで、挿入損失の均一化が図れる。

【 0 0 6 0 】

他にも、第2の実施の形態を元に、 $A = 5$ 、 $B = 6$ 、 $N = 5$ 、 $M = 6$ で、 5×5 アレイ導波路回折格子の第3入出力ポートと 6×6 アレイ導波路回折格子の第3入出力ポートとを接続するとともに、 5×5 アレイ導波路回折格子の第4入出力ポートと 6×6 アレイ導波路回折格子の第4入出力ポートとを接続する構成も、挿入損失の均一化を図る上で望ましい。

【 0 0 6 1 】

また、第3の実施の形態を元に、 $A = 6$ 、 $B = 9$ 、 $N = 6$ 、 $M = 9$ で、 6×6 アレイ導波路回折格子の第5入出力ポートと 9×9 アレイ導波路回折格子の第4入出力ポートとを

接続するとともに、 6×6 アレイ導波路回折格子の第 4 入出力ポートと 9×9 アレイ導波路回折格子の第 5 入出力ポートとを接続し、 6×6 アレイ導波路回折格子の第 3 入出力ポートと 9×9 アレイ導波路回折格子の第 6 入出力ポートとを接続する構成でも、挿入損失の均一化を図る上で望ましい。

【0062】

以上、本発明について、具体的に説明してきたが、本発明の原理を適用できる多くの実施可能な形態に鑑みて、ここに記載した実施形態は、単に例示に過ぎず、本発明の範囲を限定するものではない。例えば、上記のアレイ導波路回折格子の基本周期とポート数と透過特性、光導波路で接続する入出力ポートの組み合わせ、アレイ導波路回折格子の配置方法などは、本発明の趣旨から逸脱することなく、その数、構成、詳細な変更することができる。また、説明のための構成要素は、本発明の趣旨を逸脱することなく変更、補足、またはその順序を変えてもよい。

10

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態である光波長合分波装置を説明する図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態で内蔵するアレイ導波路回折格子の波長入出力特性を説明する図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施形態である光波長合分波装置の透過特性を説明する図である。

。

【図 4】本発明の第 2 の実施形態である光波長合分波装置を説明する図である。

20

【図 5】本発明の第 2 の実施形態である光波長合分波装置の透過特性を説明する図である。

。

【図 6】本発明の第 3 の実施形態である光波長合分波装置を説明する図である。

【図 7】本発明の第 3 の実施形態で内蔵するアレイ導波路回折格子の波長入出力特性を説明する図である。

【図 8】本発明の第 3 の実施形態である光波長合分波装置の透過特性を説明する図である。

。

【図 9】従来の光通信システムを説明する図である。

【図 10】従来の光通信システムに使用される光波長合分波装置の波長入出力特性を説明する図である。

30

【符号の説明】

【0064】

101, 102, 401, 402, 601, 602 アレイ導波路回折格子

103, 104, 403, 404, 603, 604 光導波路

105, 107, 405, 407, 605, 607 入力ポート

106, 108, 406, 408, 606, 608 出力ポート

201-1, 201-2 光波長合分波装置

202 通信ノード

203 光ファイバ

204-1 ~ 204-16 所定の波長の信号を送出する送信器

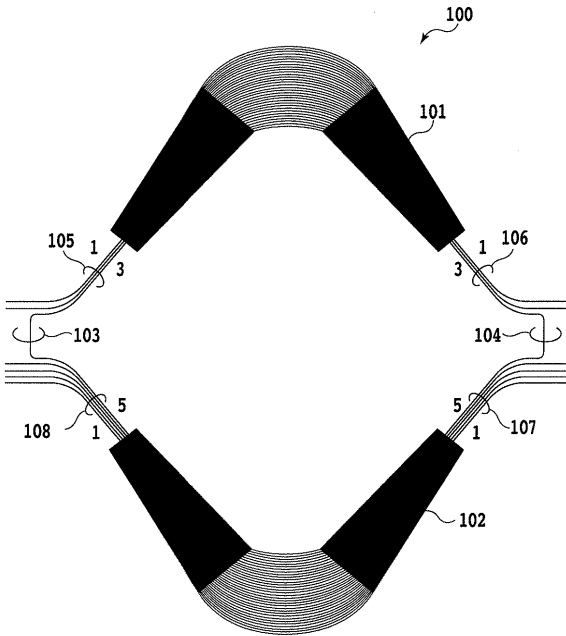
40

205 波長合波器

206 波長分波器

207-1 ~ 207-16 受光素子

【 図 1 】



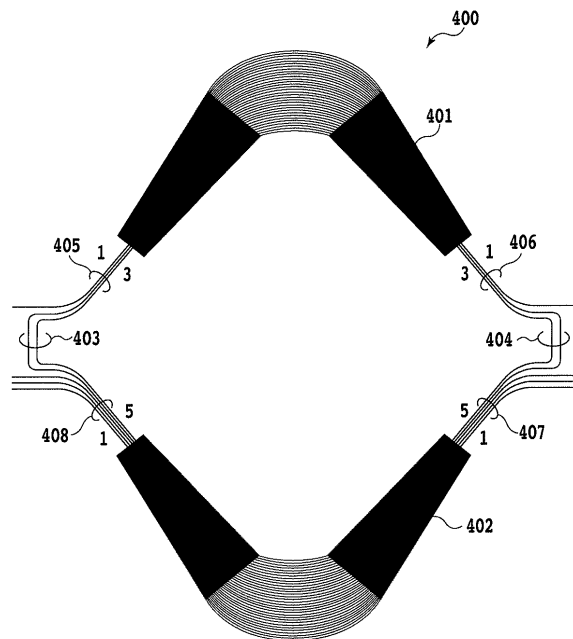
【 図 2 】

	101 Out 1	101 Out 2	101 Out 3
101 In 1	$\lambda_1, \lambda_4, \lambda_7, \lambda_{10}, \lambda_{13}$	$\lambda_2, \lambda_5, \lambda_8, \lambda_{11}, \lambda_{14}$	$\lambda_3, \lambda_6, \lambda_9, \lambda_{12}, \lambda_{15}$
101 In 2	$\lambda_2, \lambda_5, \lambda_8, \lambda_{11}, \lambda_{14}$	$\lambda_3, \lambda_6, \lambda_9, \lambda_{12}, \lambda_{15}$	$\lambda_1, \lambda_4, \lambda_7, \lambda_{10}, \lambda_{13}$
101 In 3	$\lambda_3, \lambda_6, \lambda_9, \lambda_{12}, \lambda_{15}$	$\lambda_1, \lambda_4, \lambda_7, \lambda_{10}, \lambda_{13}$	$\lambda_2, \lambda_5, \lambda_8, \lambda_{11}, \lambda_{14}$

【 図 3 】

	101 Out 1	101 Out 2	102 Out 1	102 Out 2	102 Out 3	102 Out 4
101 In 1	$\lambda_1, \lambda_4, \lambda_7, \lambda_{10}, \lambda_{13}$	$\lambda_2, \lambda_5, \lambda_8, \lambda_{11}, \lambda_{14}$	λ_{15}	λ_6	λ_{12}	λ_3
101 In 2	$\lambda_2, \lambda_5, \lambda_8, \lambda_{11}, \lambda_{14}$	$\lambda_3, \lambda_6, \lambda_9, \lambda_{12}, \lambda_{15}$	λ_{10}	λ_1	λ_7	λ_{13}
102 In 1	λ_{15}	λ_{10}	$\lambda_1, \lambda_6, \lambda_{11}$	$\lambda_2, \lambda_7, \lambda_{12}$	$\lambda_3, \lambda_8, \lambda_{13}$	$\lambda_4, \lambda_9, \lambda_{14}$
102 In 2	λ_6	λ_1	$\lambda_2, \lambda_7, \lambda_{12}$	$\lambda_3, \lambda_8, \lambda_{13}$	$\lambda_4, \lambda_9, \lambda_{14}$	$\lambda_5, \lambda_{10}, \lambda_{15}$
102 In 3	λ_{12}	λ_7	$\lambda_3, \lambda_8, \lambda_{13}$	$\lambda_4, \lambda_9, \lambda_{14}$	$\lambda_5, \lambda_{10}, \lambda_{15}$	$\lambda_{11}, \lambda_6, \lambda_{11}$
102 In 4	λ_3	λ_{13}	$\lambda_4, \lambda_9, \lambda_{14}$	$\lambda_5, \lambda_{10}, \lambda_{15}$	$\lambda_{11}, \lambda_6, \lambda_{11}$	$\lambda_2, \lambda_7, \lambda_{12}$

【 図 4 】

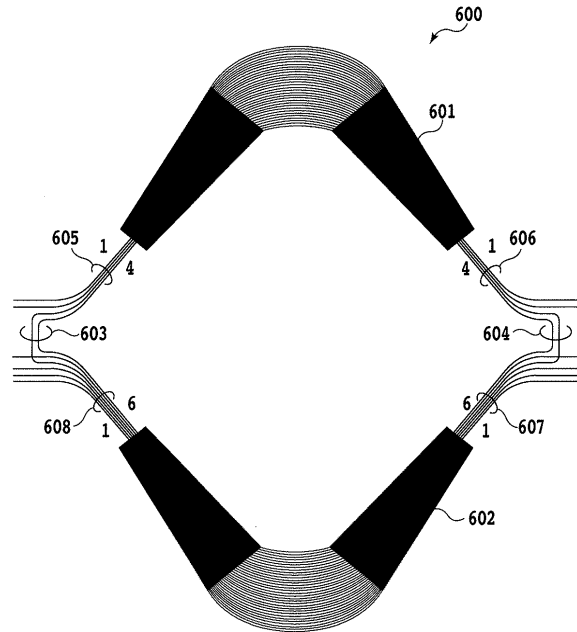


【図 5】

500

	401 In 1	401 Out 1	402 Out 1	402 Out 3
401 In 1	$\lambda_1, \lambda_4, \lambda_7, \lambda_{10}, \lambda_{13}$	λ_5, λ_{15}	λ_6, λ_{11}	λ_2, λ_{12}
402 In 1	λ_5, λ_{15}	$\lambda_1, \lambda_6, \lambda_{11}$	$\lambda_2, \lambda_7, \lambda_{12}$	$\lambda_3, \lambda_8, \lambda_{13}$
402 In 2	λ_6, λ_{11}	$\lambda_2, \lambda_7, \lambda_{12}$	$\lambda_3, \lambda_8, \lambda_{13}$	$\lambda_4, \lambda_9, \lambda_{14}$
402 In 3	λ_2, λ_{12}	$\lambda_3, \lambda_8, \lambda_{13}$	$\lambda_4, \lambda_9, \lambda_{14}$	$\lambda_5, \lambda_{10}, \lambda_{15}$

【図 6】



【図 7】

700

	601 Out 1	601 Out 2	601 Out 3	601 Out 4
601 In 1	$\lambda_1, \lambda_5, \lambda_9$	$\lambda_2, \lambda_6, \lambda_{10}$	$\lambda_3, \lambda_7, \lambda_{11}$	$\lambda_4, \lambda_8, \lambda_{12}$
601 In 2	$\lambda_2, \lambda_6, \lambda_{10}$	$\lambda_3, \lambda_7, \lambda_{11}$	$\lambda_4, \lambda_8, \lambda_{12}$	$\lambda_1, \lambda_5, \lambda_9$
601 In 3	$\lambda_3, \lambda_7, \lambda_{11}$	$\lambda_4, \lambda_8, \lambda_{12}$	$\lambda_1, \lambda_5, \lambda_9$	$\lambda_2, \lambda_6, \lambda_{10}$
601 In 4	$\lambda_4, \lambda_8, \lambda_{12}$	$\lambda_1, \lambda_5, \lambda_9$	$\lambda_2, \lambda_6, \lambda_{10}$	$\lambda_3, \lambda_7, \lambda_{11}$

710

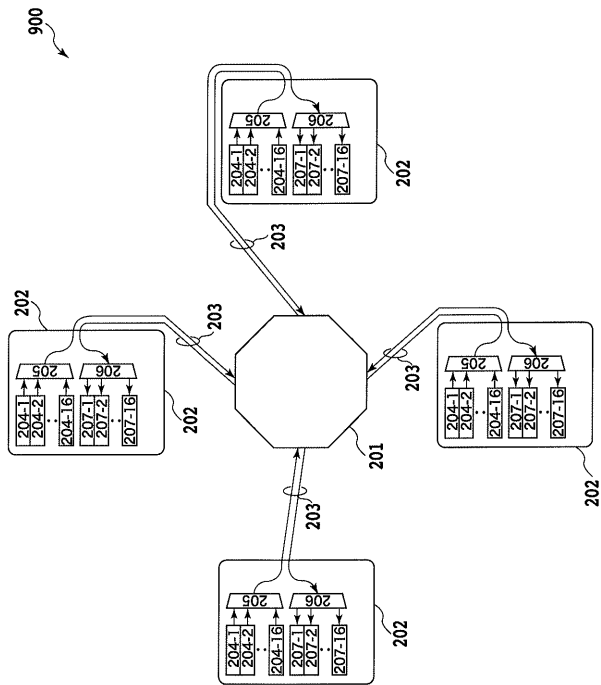
	602 Out 1	602 Out 2	602 Out 3	602 Out 4	602 Out 5	602 Out 6
602 In 1	λ_1, λ_7	λ_2, λ_8	λ_3, λ_9	λ_4, λ_{10}	λ_5, λ_{11}	λ_6, λ_{12}
602 In 2	λ_2, λ_8	λ_3, λ_9	λ_4, λ_{10}	λ_5, λ_{11}	λ_6, λ_{12}	λ_1, λ_7
602 In 3	λ_3, λ_9	λ_4, λ_{10}	λ_5, λ_{11}	λ_6, λ_{12}	λ_1, λ_7	λ_2, λ_8
602 In 4	λ_4, λ_{10}	λ_5, λ_{11}	λ_6, λ_{12}	λ_1, λ_7	λ_2, λ_8	λ_3, λ_9
602 In 5	λ_5, λ_{11}	λ_6, λ_{12}	λ_1, λ_7	λ_2, λ_8	λ_3, λ_9	λ_4, λ_{10}
602 In 6	λ_6, λ_{12}	λ_1, λ_7	λ_2, λ_8	λ_3, λ_9	λ_4, λ_{10}	λ_5, λ_{11}

【図 8】

800

	601 Out 1	601 Out 2	602 Out 1	602 Out 2	602 Out 3	602 Out 5
601 In 1	$\lambda_1, \lambda_5, \lambda_9$	$\lambda_2, \lambda_6, \lambda_{10}$	λ_{12}	λ_{11}	λ_8	λ_4
601 In 2	$\lambda_2, \lambda_6, \lambda_{10}$	$\lambda_3, \lambda_7, \lambda_{11}$	λ_4	λ_1	λ_{12}	λ_8
602 In 1	λ_{12}	λ_4	λ_1, λ_7	λ_2, λ_8	λ_3, λ_9	λ_5, λ_{11}
602 In 2	λ_{11}	λ_1	λ_2, λ_8	λ_3, λ_9	λ_4, λ_{10}	λ_6, λ_{12}
602 In 3	λ_8	λ_{12}	λ_3, λ_9	λ_4, λ_{10}	λ_5, λ_{11}	λ_1, λ_7
602 In 5	λ_4	λ_8	λ_5, λ_{11}	λ_6, λ_{12}	λ_1, λ_7	λ_3, λ_9

【図 9】



【図 10】

1000

	201 In 1	201 In 2	201 In 3	201 In 4
201 Out 1	$\lambda_1, \lambda_5, \lambda_9, \lambda_{13}$	$\lambda_2, \lambda_6, \lambda_{10}, \lambda_{14}$	$\lambda_3, \lambda_7, \lambda_{11}, \lambda_{15}$	$\lambda_4, \lambda_8, \lambda_{12}, \lambda_{16}$
201 Out 2	$\lambda_2, \lambda_6, \lambda_{10}, \lambda_{14}$	$\lambda_3, \lambda_7, \lambda_{11}, \lambda_{15}$	$\lambda_4, \lambda_8, \lambda_{12}, \lambda_{16}$	$\lambda_1, \lambda_5, \lambda_9, \lambda_{13}$
201 Out 3	$\lambda_3, \lambda_7, \lambda_{11}, \lambda_{15}$	$\lambda_4, \lambda_8, \lambda_{12}, \lambda_{16}$	$\lambda_1, \lambda_5, \lambda_9, \lambda_{13}$	$\lambda_2, \lambda_6, \lambda_{10}, \lambda_{14}$
201 Out 4	$\lambda_4, \lambda_8, \lambda_{12}, \lambda_{16}$	$\lambda_1, \lambda_5, \lambda_9, \lambda_{13}$	$\lambda_2, \lambda_6, \lambda_{10}, \lambda_{14}$	$\lambda_3, \lambda_7, \lambda_{11}, \lambda_{15}$

フロントページの続き

(72)発明者 亀井 新

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 2H147 AB17 BE04 BE05 CD02 FD20 GA21