

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4043693号
(P4043693)

(45) 発行日 平成20年2月6日(2008.2.6)

(24) 登録日 平成19年11月22日(2007.11.22)

| | | | | | |
|--------------|--------------|------------------|-------------|-------------|----------|
| (51) Int.Cl. | | F I | | | |
| GO2B | 6/293 | (2006.01) | GO2B | 6/28 | D |
| GO2B | 6/12 | (2006.01) | GO2B | 6/12 | F |
| HO4J | 14/00 | (2006.01) | HO4B | 9/00 | E |
| HO4J | 14/02 | (2006.01) | HO4B | 9/00 | U |
| HO4B | 10/02 | (2006.01) | | | |

請求項の数 14 (全 12 頁)

| | | | |
|--------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2000-137227 (P2000-137227) | (73) 特許権者 | 596092698 |
| (22) 出願日 | 平成12年5月10日 (2000.5.10) | | ルーセント テクノロジーズ インコーポ |
| (65) 公開番号 | 特開2000-347065 (P2000-347065A) | | レーテッド |
| (43) 公開日 | 平成12年12月15日 (2000.12.15) | | アメリカ合衆国, 07974-0636 |
| 審査請求日 | 平成14年8月13日 (2002.8.13) | | ニュージャージー, マレイ ヒル, マウン |
| 審判番号 | 不服2005-7259 (P2005-7259/J1) | | テン アヴェニュー 600 |
| 審判請求日 | 平成17年4月22日 (2005.4.22) | (74) 代理人 | 100064447 |
| (31) 優先権主張番号 | 09/311544 | | 弁理士 岡部 正夫 |
| (32) 優先日 | 平成11年5月13日 (1999.5.13) | (74) 代理人 | 100085176 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | 弁理士 加藤 伸晃 |
| | | (74) 代理人 | 100106703 |
| | | | 弁理士 産形 和央 |
| | | (74) 代理人 | 100094112 |
| | | | 弁理士 岡部 譲 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

M個 (M > 1) の波長チャネルを有する入力波長分割多重 (以下「WDM」という) 信号を受信し、そして自由スペクトルレンジ内にWDM信号を出力するN個 (1 < N < M) の出力の1つの1次元アレイを有する、1つの光アレイ導波路ルータ (以下「AWR」) を備え、光信号を自由空間に出力する出力n (1 ≤ n ≤ N) の各々は、WDM信号の複数の波長チャネルn, n + N, n + 2N, …, n + [M/N - 1]Nを有する部分分離化信号を含んでおり、さらに、

コリメートするレンズとグレーティングとを含んでなる自由空間光波長チャネルデマルチプレクサであって、部分分離化信号チャネルのN個の自由空間光信号の各々を受信して、M個の波長チャネルを生成する自由空間光波長チャネルデマルチプレクサを備え、M個の波長チャネルの各々がM個の出力のうちの相異なる出力から出力されることを特徴とする光装置。

【請求項 2】

前記M個の出力は1次元アレイとして配置されることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

前記M個の出力は2次元アレイとして配置されることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項 4】

前記自由空間光波長チャンネルデマルチプレクサは、
N個の出力の1次元アレイからの部分分離化信号チャンネルをグレーティング上へコリメ
ートする第1レンズを含み、

前記グレーティングは、部分分離化信号の1次元アレイをそれぞれ個々の波長チャンネル
に分離化して波長チャンネルの2次元アレイを形成する透過型グレーティングであり、さら
に、

波長チャンネルの2次元アレイを素子の2次元アレイに集光する第2レンズを含むことを
特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項5】

前記素子の2次元アレイはミラー素子の2次元アレイであり、1つ以上のミラー素子は
、第1制御信号が前記1つ以上のミラー素子に送られた場合に、波長チャンネルの2次元ア
レイの1つの波長チャンネルを、前記第2レンズ、前記透過型グレーティング、前記第1レ
ンズを通して前記AWRへ反射するように制御されることを特徴とする請求項4に記載の
装置。

10

【請求項6】

第2制御信号がミラー素子に送られた場合に、前記ミラー素子は、波長チャンネルを反射
し、反射された波長チャンネルは、第3レンズにより第2グレーティングに集光され、

該第2グレーティングは、同じ部分分離化信号からの反射された波長チャンネルの各々を
1つの合成信号に多重化する透過型グレーティングであり、そして

該合成信号は、第4レンズにより、第2AWRに集光されることを特徴とする請求項5
に記載の装置。

20

【請求項7】

前記AWRとの間で信号を結合する第1サーキュレータをさらに有することを特徴とす
る請求項5に記載の装置。

【請求項8】

前記AWRとの間で信号を結合する第1サーキュレータと、
前記第2AWRとの間で信号を結合する第2サーキュレータとをさらに有することを特
徴とする請求項6に記載の装置。

【請求項9】

前記AWRおよび前記第2AWRはそれぞれ、
WDM信号を受信する入力導波路と、
前記入力導波路と、チャープ導波路のセットの第1端との両方に接続された第1自由空
間領域と、

30

前記チャープ導波路のセットの第2端と、N個の出力の1次元アレイで終端するN個の
出力導波路のセットとの両方に接続された第2自由空間領域とを有することを特徴とする
請求項8に記載の装置。

【請求項10】

前記自由空間光波長チャンネルデマルチプレクサは、
N個の出力の1次元アレイからの部分分離化信号チャンネルをグレーティング上に集光す
る第1レンズを有し、

40

前記グレーティングは、部分分離化信号の1次元アレイをそれぞれ個々の波長チャンネル
に分離化して波長チャンネルの1次元アレイを形成する反射型グレーティングであり、さら
に、

前記第1レンズは、波長チャンネルの1次元アレイを素子の1次元アレイに集光すること
を特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項11】

前記素子の1次元アレイは、光ファイバの1次元アレイを有することを特徴とする請求
項10に記載の装置。

【請求項12】

前記素子の1次元アレイは、導波路ユニット上に前記AWRとともに形成された1次元

50

導波路アレイであることを特徴とする請求項 10 に記載の装置。

【請求項 13】

M 個 ($M > 1$) の波長チャネルを有する入力波長分割多重 (以下「WDM」という) 信号を受信し、そして光信号を自由空間へ出力する出力を有する、1 つの平面光アレイ導波路ルータ (以下「AWR」という) と、

コリメートするレンズとグレーティングとを含んでなる自由空間光波長チャネルデマルチプレクサであって、AWR 出力からの自由空間光信号を受信して、M 個の波長チャネルを生成する自由空間光波長チャネルデマルチプレクサとを備え、

前記自由空間光波長チャネルデマルチプレクサは、AWR とは異なる平面に方向付けられ、M 個の波長チャネルの各々が M 個の出力のうちの相異なる出力から出力されることを特徴とする光装置。

10

【請求項 14】

前記 AWR は、

WDM 信号を受信する入力導波路と、

前記入力導波路と、チャープ導波路のセットの第 1 端との両方に接続された第 1 自由空間領域と、

前記チャープ導波路のセットの第 2 端に接続された第 2 自由空間領域の第 1 側と、

前記 AWR の出力として作用する直線端部を形成する第 2 自由空間領域の第 2 側とを含むことを特徴とする請求項 13 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

20

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長分割多重 (WDM) システムにおいて使用される多重波光ルータに関し、特に、このようなルータにより処理可能な波長チャネルの数を増大させるように自由空間と導波光学系を組み合わせたルータに関する。

【0002】

【従来の技術】

波長分割多重 (WDM) 伝送システムは現在、集積光アレイ導波路ルータ (AWR: arrayed waveguide router) を用いて、複数の波長信号を単一のファイバ上に多重化するとともに、ファイバを通じて受信される信号を分離化している。しかし、WDM 伝送システムにおいて使用されるチャネル数が増大するにつれて、適当な AWR を設計および製造するのはますます困難になる。その場合に困難な点としては、平坦な通過帯域を形成することや、多くの出力ラインからのチャネル間クロストークを抑圧することがある。今日の技術を使用すれば、50 GHz 間隔で 128 チャネルのルータを製造することは可能なはずであるが、さらにチャネル数を増大させるにはおそらく新たなアプローチが必要であろう。

30

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

WDM 伝送システムで使用可能なチャネル数を増大させる技術が必要とされている。

【0004】

【課題を解決するための手段】

40

本発明の方法および装置によれば、WDM 伝送システムで使用されるチャネル数を 5 倍以上増大させるように自由空間と導波光学系を組み合わせたルータが実現される。本発明の発明者が認識したところによれば、アレイ導波路ルータ (AWR) の部分的分離化特性を自由空間光ルータと組み合わせることにより、入力 WDM 信号を完全に分離化することができる。この 2 段ルータを用いて、1 次元および 2 次元のいずれのアレイにおいても、出力波長信号を得ることができる。

【0005】

具体的には、本発明によれば、光装置は、M 個 ($M > 1$) の波長チャネルを有する入力波長分割多重 (WDM) 信号を受信する光アレイ導波路ルータ (AWR) と、AWR からの WDM 信号を出力する N 出力 ($1 < N < M$) の 1 次元アレイとを有する。各出力 n (1

50

$n \sim N$) は、WDM信号の複数の波長チャンネル $n, n + N, n + 2N, \dots, n + [M/N - 1]N$ を有する部分的に分離化された信号を含む。自由空間光波長チャンネルデマルチプレクサが、それぞれの部分分離化信号を受信し、それから M 個の波長チャンネルを生成する。これらの M 個の波長チャンネルはそれぞれ、 M 個の出力のうちの相異なる出力から出力される。

【0006】

本発明の他の特徴によれば、自由空間光波長チャンネルデマルチプレクサは、1つ以上のレンズと透過または反射グレーティングの組合せを用いて実現される。本発明の他の特徴によれば、 M 個の出力は、ファイバの1次元アレイや、ファイバまたはミラー素子の2次元アレイで終端することが可能である。別の特徴によれば、ミラー素子アレイの各ミラー素子は、関連する波長を反射して、装置を通りもとのAWRまたは第2のAWRに戻すように独立に制御され、多重化された波長信号のスイッチングなどの制御を実現する。

10

【0007】

【発明の実施の形態】

図1は、従来技術の4チャンネルアレイ導波路ルータ(AWR)のブロック図である。このようなAWRは、米国特許第5,136,671号(発行日:1992年8月4日)に記載されている。図において、AWRは、入力導波路110、第1自由空間領域111、複数のチャープ導波路112、第2自由空間領域113、および複数の出力導波路102を有する。最初に、入力WDM信号は4つの波長1~4を含むと仮定する。図示のように、AWRデバイス100は、デバイスの自由スペクトルレンジ(FSR)内に含まれるWDM入力信号101の4つの波長1~4を、4つの異なる出力102へ分離する。通常、AWRは、FSR内に制限された波長範囲で用いられる。ここでは、AWRは、16個の波長を含むWDM信号を受信し、追加波長はFSRの外側にあると仮定する。この状況では、WDM信号は16個の波長を含むため、FSRの外側の追加波長もまた、波長ルータの「ラップアラウンド」性により、出力のうちの1つヘルディングされる。

20

【0008】

図2は、16個の波長の信号強度伝送レベルと、これらの波長が、図1のAWRの4つの出力チャンネル102にどのように巡回的に分配される(すなわち、どのようにラップアラウンドするか)を示すグラフである。図示のように、FSRの4倍の波長レンジにわたる16個の波長チャンネルを含む広いスペクトルのWDM入力信号に対して、4個の出力ポートはそれぞれ(約)1FSRだけ離れた4個の波長を出力することになる。すなわち、図2に示すように、出力ポート1は、波長1、5、9、および13を含み、出力ポート2は、波長2、6、10、および14を含み、などとなる。一般的には、 M 個 ($M > 1$) の波長チャンネルを有する入力波長分割多重(WDM)信号を受信すると、 N 個 ($1 < N < M$) の出力の1次元アレイで、各出力 n ($1 \leq n \leq N$) は、WDM信号のチャンネル $n, n + N, n + 2N, \dots, n + [M/N - 1]N$ を含むことになる。

30

【0009】

図1のAWRの各出力ポートの4個の重ね合わされた波長は、もちろん、各ポートごとに別のAWRを用いて個々の波長にさらに分離することができる。このような構成は、"Composite optical router with hierarchical routing levels and increased port capacity" という発明の名称の米国特許出願(出願日:1997年4月2日、発明者:M. Nuss, J. Start, and J. A. Walker)に記載されている。本発明の発明者の認識したところでは、AWRのこの部分的分離化特性を自由空間光ルータと組み合わせることにより、入力WDM信号を完全に分離化することができる。本発明による新規な2段光ルータは、有効に処理されるチャンネル数を5倍以上に増大させるように、導波光学系段を自由空間段と組み合わせる。

40

【0010】

図3に示すように、本発明の一実施例は、AWRのすべての部分分離化出力ポート信号を、平面回折格子(グレーティング)を通して最終分離化出力面に投影することによって自由空間光波長を分離化し、完全に分離化された波長の2次元(2D)アレイスポットを生

50

成する。図示のように、16波長WDM入力信号はAWR100(図1)の入力で受信され、4個の出力102からの部分分離化1次元信号アレイ102はレンズ301でコリメートされる。コリメートされた1次元信号アレイ102は、透過型平面回折格子(グレーティング)302に送られる。グレーティング302は、1次元信号アレイ102のそれぞれの部分分離化信号を個々の波長に分離化する。その結果、分離化された波長信号 $\lambda_1 \sim \lambda_{16}$ の2次元アレイが得られ、これらの波長はレンズ303により出力ファイバアレイ304へ集光される。波長信号 $\lambda_1 \sim \lambda_{16}$ の2次元アレイの集光された光スポット間隔(レイアウトパターン)は平面305に示される。

【0011】

スポットレイアウトパターン305は、グレーティング302の向きおよび空間周波数に依存する。図3に示すように、グレーティング302は、グレーティングを用いたラスタ走査波長スポットの長方形アレイを形成する。ここで、グレーティングラインは、部分分離化波長出力の行にほぼ平行である。

【0012】

図示のように、分離された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{16}$ は、波長分離化焦点面305に位置する2次元ファイバアレイ304の個々のファイバに送られ、各波長が出力ファイバのうちの1つに結合するようにされる。2次元ファイバアレイ304は、シングルモードファイバ結合に必要な精度で製造し位置合わせ(アラインメント)するのは困難であるが、このようなアレイは、例えば、面内にV溝アラインメント構造を有するシリコン基板のスタックとして組み立てたファイバを用いて製造することができる。このような2Dアレイは、文献において周知であり、シングルモードおよびマルチモードファイバ用のアレイコネクタを製造するために使用されている(例えば、A. R. Mickelson, N. R. Basavanthally, and Y. C. Lee, "Optoelectronic Packaging", John Wiley & Sons, 1997, Chapter 9, Section 4、を参照)。アラインメントの都合、小型化、単純化および頑強性のために、図3に示す透過型グレーティング302よりもむしろ反射型回折格子を使用するのが好ましい場合もある。

【0013】

図4に、図3のグレーティング302によって行われるのとほぼ同一の分離化機能を実行する反射型グレーティング401を用いた、本発明による導波/自由空間波長ルータの組合せのもう一つの実施例を示す。この構成では、レンズ301は、部分分離化信号アレイ102と、グレーティング401から反射された分離化信号アレイ402の両方のために使用される。この構成では、単一のレンズ301が、信号の1次元アレイ102をコリメートしてグレーティング401へ送り、そこで信号は反射され回折される。反射され回折された2次元の信号は、レンズ301により集光されて、分離化された信号アレイ402を形成し、これがファイバアレイ304に送られる。

【0014】

図5に示すもう一つの実施例では、部分的に分離化された複数の波長信号102は、グレーティング501を用いることにより1次元アレイへ送られる。グレーティング501の向きは、部分分離化導波路出力102の行にほぼ直交する。図示のように、部分分離化信号アレイ102は、レンズ301によってコリメートされ、反射型グレーティング501に送られる。反射型グレーティング501の直交する向きにより、部分分離化導波路出力102のそれぞれの波長は、部分分離化信号アレイ102に平行な1次元アレイ(502~505)に分離化される。1次元アレイ502~505の平行アラインメントにより、AWR100を有する導波路基板510は、分離化出力のための導波路511としても使用することができる。この構成により、2Dファイバアレイを使わずに済む。1次元出力ファイバアレイ512は、従来のAWRで用いられるのと同じシリコンオプティカルベンチのアラインメント技術を用いてAWRに接続される。なお、図5に示した導波路レイアウトは例示であり、チャンネル間クロストーク、曲げおよび交差損失のような多くの考慮点が、実際のレイアウトで用いられる導波路形状を規定することになる。

【0015】

なお、さらに好ましい実施例では、1次元出力ファイバアレイ512を、レンズ301からの1次元スポットアレイ513に直接に結合することにより、2度目に導波路基板510に結合することによる追加損失が避けられる。これは、単に、導波路基板510の下に1次元出力ファイバアレイ512を配置することによって実現される。このような構成では、水平導波路511は不要であり、出力ファイバアレイ512は、部分分離化導波路出力102の真下にくることになる。

【0016】

多波長合分波スイッチのようなアプリケーションでは、多波長信号を分離化し、各波長を独立に操作した後、再び多重化する必要がある。空間光学系に基づき、微小機械傾斜ミラーを用いた1つの従来技術の光波長合分波スイッチ(OADM)が、"Reconfigurable Wa- 10
velength Division Multiplex Add/Drop Using Micromirrors"という発明の名称の米国特許出願(出願日:1997年11月12日、発明者:V. A. Aksyuk et al.)に記載されている。図6に、本発明による、導波/自由空間波長ルータと、微小機械傾斜ミラースイッチの2次元アレイの組合せを用いた実現されるWDM合分波スイッチの例を示す。

【0017】

図6に示すように、サーキュレータ601は、入力(IN)ポートにおいて受信WDM信号をAWR1に結合する。AWR1およびAWR2は、AWR100と同じように実現され動作する。なお、明確化のため、図6には、AWR1からの4個の部分分離化出力605のうちの一つのみからの波長を示す。AWR1からの部分分離化出力605は、レンズ606によりコリメートされて透過型平面回折格子(グレーティング)607に送られ、 20
グレーティング607は1次元信号アレイ607aを生成する。レンズ608は、この1次元信号アレイを集光し、微小機械傾斜ミラースイッチ610の2次元(2D)アレイの対応する列609に送る。AWR1からの他の部分分離化出力605a~605c(図示せず)もまた、レンズ606によりコリメートされて透過型平面回折格子607に送られ、グレーティング607は、AWR1からの部分分離化出力605a~605cのそれぞれに対して1次元信号アレイ607aを生成する。こうして、グレーティング607は、分離化波長信号の2次元アレイを形成し、これはレンズ608によって、微小機械傾斜ミラースイッチ610の2次元(2D)アレイのそれぞれの列609、609a~609c 30
に集光される。微小機械傾斜ミラースイッチ610は、前掲のV. A. Aksyuk et al.の文献に記載されているように実現することが可能である。それぞれの傾斜ミラー素子は、同じパス(例えば607a)に沿って入射波長を反射するように独立に制御され、または、異なるパス611aへ波長を偏向させるように傾斜される。傾斜ミラー素子は、電気信号(図示せず)を用いて独立に制御される。

【0018】

ミラー素子609-2が、そのミラー素子に送られる電気信号(図示せず)によって制御されて第1角だけ傾斜していると仮定すると、パス608-2上の波長信号は、パス608-2に沿って反射され、レンズ608、グレーティング607、レンズ606を通り、パス605を通じてAWR1に戻り、サーキュレータ601に出力され、そこで、PASS(通過)ポートを出る。これは、図6のOADMを通して「通過」する波長がたどるパスを示す。これに対して、ミラー素子609-2が動作(傾斜)していない場合、パス6 40
08-2上の波長信号はレンズ611へ反射される。レンズ611は、ミラーアレイ610の非動作ミラー素子から反射されたすべての信号をグレーティング612に集光(611a)し、グレーティング612は、これらの波長を合成して合成信号612aをレンズ613に送る。レンズ613は、信号614をAWR2のポート615に集光する。AWR2の出力は、サーキュレータ602に出力され、そこで、DROP(分波)ポートを出る。これは、図6のOADMによって「分波」される波長がたどるパスを示す。

【0019】

なお、AWR1からの他の部分分離化出力605a~605cのすべての「分波」される波長は、微小機械傾斜ミラースイッチの2次元(2D)アレイ610のそれぞれの列609、609a~609cから反射され、同じくレンズ611によって透過型平面回折格子 50

612に集光され、グレーティング612は、1次元信号アレイ612aを生成する。次に、レンズ613は、これらの信号をそれぞれAWR2の対応するポートに集光し、AWR2は、それらの信号を1つの合成信号に合成し、この合成信号はサーキュレータ602に結合され、そこで、DROPポートを出る。

【0020】

「合波」(ADD)される波長は、サーキュレータ602のADDポートに入り、AWR2を通じてレンズ613に結合され、グレーティング612、レンズ611を通り、アレイ610内のその波長に対応するミラー素子に至る。「合波」波長に対応するミラー素子は動作(検車)しており、「合波」波長を、「通過」パスに沿って反射し、この波長は、レンズ608、グレーティング607、レンズ606、AWR2、サーキュレータ601

10

を通り、サーキュレータ601のINポートからの「通過」波長とともに、サーキュレータ601のPASSポートを出る。

【0021】

図6に示すように、個々のアプリケーションに応じて、2Dミラー素子アレイ610を用いて個々の波長信号を処理することにより、光を図3の2Dファイバアレイ304に結合すること(これは実現するのが困難あるいは高価である)が不要になる。さらに、2Dミラーデバイスアレイ610は、損失のある反射器(リフレクタ)として構成することが可能であり、これにより、米国特許第5,745,271号に記載されているデバイスと同様に機能するように、個々の波長信号の強度を減衰させるために使用することができる。プレーナ製造技術のため、ミラーデバイスの2Dアレイ610の設計および製造は、ファイバの2Dアレイに接続するよりもずっと容易に実現される。

20

【0022】

プレーナ製造技術の使用は、AWR(アレイ導波路ルータ)への入力スペクトルがFSR(自由スペクトルレンジ)を超え、AWRからの各出力がほぼFSRだけ離れた複数の信号を伝送することができる場合に特に有用である。プレーナ製造技術は、出力チャンネルのピッチ(図2の202を参照)が出力チャンネルの各「ラップアラウンド」ごとにわずかに変化するときに必要な正確なチャンネル間隔に整合する能力を提供する。

【0023】

図6のWDM合分波スイッチ(OADM)は、前掲の従来技術の空間光学系に基づくOADMに比べて次の点で改善されている。

30

(1) 処理可能なチャンネル数が増大する(チャンネルの2Dアレイのため)。

(2) 各チャンネルの素子性能が大幅に改善される。

この第2の利点を得られるのは、空間光学系に基づくOADMでは、デバイスの列が、通信チャンネルどうしの間隔を0またはほぼ0とした連続波長信号によって照射されるためである。これに対して、図6のOADMでは、デバイスの各列は、少なくとも1つの完全なチャンネル幅の「デッドスペース」だけ分離された別々の信号によって照射される。図2に示したように、このデッドスペースは、強度ピーク間の領域201である。強度ピークどうしの間このデッドスペースにより、機能の分離が可能となる。例えば、図7では、光信号701が、傾斜ミラースイッチユニット610のミラー素子702に入射している。図示のように、波長701と706の間のデッドスペース705を増大させることにより、ミラー素子702および703を大きくすることが可能となり、これにより、光強度ピーク(すなわち、光スポット704)がミラー素子702の中央領域に入り、ミラーの辺縁に触れないことになる可能性が高くなる。これが重要であるのは、好ましくない損失、散乱およびスイッチングクロストークはほとんどすべて、光スポット704がミラー素子702の辺縁で散乱されることにより生じるからである。また、デッドスペース705の増大により、パッキング密度が低減し、ミラー素子702の傾斜回路のための余裕が増大する。また、デッドスペース705の増大により、スポット704とミラー素子702の中心の間に要求されるアラインメント誤差が緩やかになる。

40

【0024】

図1において、導波路出力チャンネル102は、好ましくない非一様なグリッド上で許容さ

50

れる伝送通過帯域（これにより光が比較的小さい損失で透過する）を規定する。しかし、図 8 に示すように、A B で示されるラインで A W R を終端することによって、出力をチャンネル化することなく導波路から出ることにも可能である。図 8 のライン A B は、A W R の自由空間領域 8 0 1 の端部を単に劈開、エッチング、または研磨することにより形成することができる。

【 0 0 2 5 】

導波路を A B で終端した場合、出力は、連続広帯域光源（波長範囲は F S R の N 倍）から自由空間に放射される。その結果、図 9 の 9 0 1 に示すように、N 個の重ね合わされたスペクトルセグメントのセットが得られる。図 6 および図 9 をあわせて参照すると、このスペクトルは、図 6 の平面回折格子（例えば 6 0 7）を通して分配されると、重ね合わされたセグメントは、それらをさらにチャンネル化することなく分離される（9 0 2）。グレーティング 6 0 7 を照射するスペクトルパワー分布は、N 個の連続スペクトルセグメントのセットとなる。図 9 に示すグレーティングの向きは、厳密に直交するグレーティングに対するスペクトル分布の、より正確な表現である。実際には、グレーティングは、照射スポットと整列するように数度だけ回転することができる。ユニット（あるいはアレイ）6 1 0 のミラー素子は、個々のミラー素子（あるいはデバイス）がそれぞれ適当な空間位置に配置されるように配列される。

【 0 0 2 6 】

一般に、図 8 の劈開アレイ導波路ルータの波長分散特性を、図 6 で用いられる A W R 1 および A W R 2 の代わりに使用することが可能である。このような構成では、部分分離化信号は、切頭ルータ A W R 1 を出て、自由空間光素子 6 0 6、6 0 7 および 6 0 8 を用いて（前述のように）処理され、ミラーアレイ 6 1 0 で反射された後、自由空間光素子 6 0 6、6 0 7 および 6 0 8 を通る 2 回目のパスで再結合されるか、第 2 の切頭ルータ A W R 2 で多重化される。

【 0 0 2 7 】

【発明の効果】

以上述べたごとく、本発明によれば、W D M 伝送システムで使用されるチャンネル数を 5 倍以上増大させるように自由空間と導波光学系を組み合わせたルータが実現される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来技術の 4 チャンネルアレイ導波路ルータ（A W R）のブロック図である。

【図 2】図 1 の A W R を通る信号強度伝送のグラフの図である。

【図 3】本発明による、導波 / 自由空間波長ルータと 2 次元出力アレイの組合せの図である。

【図 4】本発明による、導波 / 自由空間波長ルータと 2 次元出力アレイの組合せのもう 1 つの実施例の図である。

【図 5】本発明による、導波 / 自由空間波長ルータと 1 次元出力アレイの組合せの実施例の図である。

【図 6】本発明による、導波 / 自由空間波長ルータと、微小機械傾斜ミラースイッチの 2 次元アレイの組合せを用いて実現される光合分波マルチプレクサ（O A D M : optical add/drop multiplexer）の図である。

【図 7】ミラー素子に入射する光信号の図である。

【図 8】A W R の変形例の図である。

【図 9】図 8 の変形 A W R からの分散出力の図である。

【符号の説明】

- 1 0 0 A W R デバイス
- 1 0 1 W D M 入力信号
- 1 0 2 出力導波路
- 1 1 0 入力導波路
- 1 1 1 第 1 自由空間領域
- 1 1 2 チャープ導波路

10

20

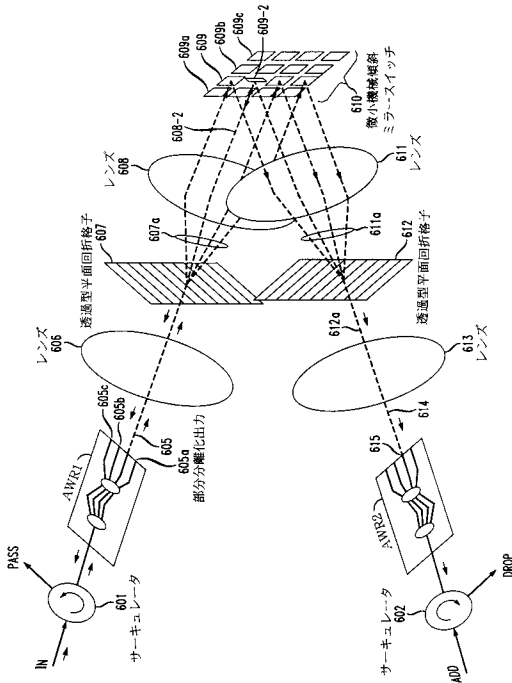
30

40

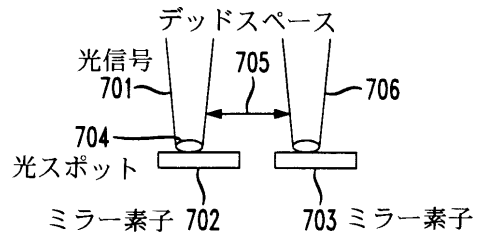
50

| | | |
|---------------|---------------------|----|
| 1 1 3 | 第 2 自由空間領域 | |
| 3 0 1 | レンズ | |
| 3 0 2 | 透過型平面回折格子 (グレーティング) | |
| 3 0 3 | レンズ | |
| 3 0 4 | 出力ファイバアレイ | |
| 3 0 5 | 波長分離化焦点面 | |
| 4 0 1 | 反射型グレーティング | |
| 4 0 2 | 分離化された信号アレイ | |
| 5 0 1 | 反射型グレーティング | |
| 5 0 2 ~ 5 0 5 | 1次元アレイ | 10 |
| 5 1 0 | 導波路基板 | |
| 5 1 1 | 導波路 | |
| 5 1 2 | 1次元出力ファイバアレイ | |
| 6 0 1 | サーキュレータ | |
| 6 0 2 | サーキュレータ | |
| 6 0 5 | 部分分離化出力 | |
| 6 0 6 | レンズ | |
| 6 0 7 | 透過型平面回折格子 | |
| 6 0 7 a | 1次元信号アレイ | |
| 6 0 8 | レンズ | 20 |
| 6 1 0 | 微小機械傾斜ミラースイッチ | |
| 6 1 1 | レンズ | |
| 6 1 2 | 透過型平面回折格子 (グレーティング) | |
| 6 1 2 a | 合成信号 | |
| 6 1 3 | レンズ | |
| 7 0 1 | 光信号 | |
| 7 0 2 | ミラー素子 | |
| 7 0 3 | ミラー素子 | |
| 7 0 4 | 光スポット | |
| 7 0 5 | デッドスペース | 30 |
| 8 0 1 | 自由空間領域 | |

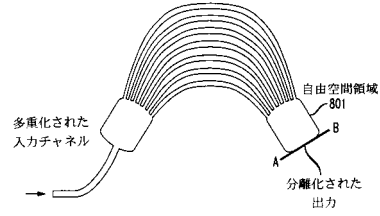
【図6】



【図7】

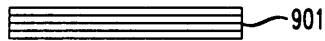


【図8】

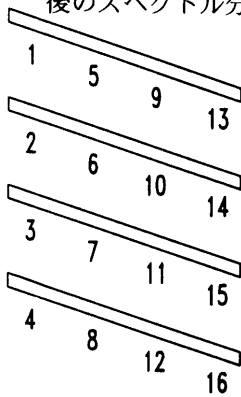


【図9】

平面 AB での入力スペクトル (ラップアラウンド)



グレーティング分散後のスペクトル分布



グレーティングの向き



フロントページの続き

- (74)代理人 100096943
弁理士 臼井 伸一
- (74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
- (74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
- (74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
- (72)発明者 コラド ピエトロ ドラゴーン
アメリカ合衆国、07739 ニュージャージー、リトル シルバー、ウィンザー ドライブ 4
3
- (72)発明者 ジョセフ アール フォード
アメリカ合衆国、07755 ニュージャージー、オークハースト、ウェスト リンカーン アベ
ニュー 446

合議体

審判長 吉野 公夫
審判官 三橋 健二
審判官 里村 利光

- (56)参考文献 特開平09-105833(JP,A)
特開平09-261175(JP,A)
特開昭57-093312(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/12-6/14
G02B 26/00-26/08
G02B 27/10
G02F 1/00-1/313
H04J 14/00-14/02
H04Q 3/52