

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4875087号
(P4875087)

(45) 発行日 平成24年2月15日(2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月2日(2011.12.2)

(51) Int.Cl.
G O 2 B 26/08 (2006.01)

F I
G O 2 B 26/08 E

請求項の数 20 (全 23 頁)

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2008-529785 (P2008-529785) | (73) 特許権者 | 311004821 |
| (86) (22) 出願日 | 平成18年9月10日 (2006.9.10) | | オクラロ (ニュージャージー) インコーポ |
| (65) 公表番号 | 特表2009-508159 (P2009-508159A) | | レイテッド |
| (43) 公表日 | 平成21年2月26日 (2009.2.26) | | アメリカ合衆国 19801 デラウェア |
| (86) 国際出願番号 | PCT/IL2006/001052 | | 州 ウィルミントン オレンジ ストリー |
| (87) 国際公開番号 | W02007/029260 | | ト 1209 コーポレート トラスト |
| (87) 国際公開日 | 平成19年3月15日 (2007.3.15) | | センター |
| 審査請求日 | 平成21年9月9日 (2009.9.9) | (74) 代理人 | 100070024 |
| (31) 優先権主張番号 | 60/715,695 | | 弁理士 松永 宣行 |
| (32) 優先日 | 平成17年9月8日 (2005.9.8) | (72) 発明者 | コーエン ギル |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | アメリカ合衆国 07039 ニュージャ |
| | | | ージー州 リビングストン リンカーン |
| | | | アベニュー 30 |
| | | 最終頁に続く | |

(54) 【発明の名称】 光波長選択ルータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マルチ波長光信号を受ける第1のポートと、
複数の出力ポートと、
前記光信号を受けるように配置され、前記光信号の波長が異なる信号成分を分散するための波長分散素子と、
少なくとも1つのミラーが、各信号成分に対応した前記信号成分を向ける出力ポートを第1の出力ポートから第2の出力ポートに切り換えるように制御可能であるように配置された微小電子機械システム(MEMS)ミラーのアレイと、
少なくとも1つのピクセルが各信号成分に対応し、また前記信号成分のための前記出力ポートが第1出力ポートから第2出力ポートに切り換えられる間中、前記ピクセルが前記信号成分の光路を変えことなく前記信号成分の偏光を選択的に回転するために前記信号成分を受けように配置された液晶ピクセルのアレイとを含む、マルチ波長光信号を切り換えるための波長選択スイッチ。

【請求項 2】

前記複数の出力ポートは直線状に並べられ、前記MEMSミラー及び前記液晶ピクセルの配列は線形配列である、請求項1に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 3】

前記信号成分が前記第2の出力ポート以外の他の出力ポートに向けられるとき、前記少なくとも1つのピクセルは、該ピクセルが受ける前記信号成分の偏光を回転する、請求項

1 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 4】

さらに、前記出力ポートに向けられた前記信号成分を受けるべく各出力ポートに隣接して配置され、前記信号成分の偏光に従って自身を通過する前記信号成分を選択的にずらすように構成された複屈折結晶を含む、請求項 3 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 5】

回転偏光を有する前記信号成分は前記出力ポートを避けてずらされる、請求項 4 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 6】

マルチ波長光信号を受ける第 1 のポートと、
複数の出力ポートと、
前記光信号を受けるように配置され、前記光信号の波長が異なる信号成分を分散するための波長分散素子と、

少なくとも 1 つの単一ビーム操縦素子が、各信号成分を受けるように配置されまた前記信号成分を向ける出力ポートを第 1 の出力ポートから第 2 の出力ポートに切り換えるように制御可能な複数のビーム操縦素子のアレイと、

少なくとも 1 つの単一ピクセルが各信号成分を受信し、また前記信号成分の前記出力ポートが前記第 1 の出力ポートから前記第 2 の出力ポートに切り換えられる間中、前記ピクセルが前記信号成分の光路を変えことなく前記信号成分の偏光を選択的に回転するために前記信号成分を前記信号成分の偏光の回転を選択するための複数の液晶ピクセルのアレイとを含む、マルチ波長光信号を切り換えるための波長選択スイッチ。

【請求項 7】

前記複数の出力ポートは直線状に並べられ、前記ビームステアリング素子及び前記液晶ピクセルの配列は線形配列であり、前記ビームステアリング要素は、微小電子機械システムミラーを含む、請求項 6 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 8】

前記信号成分が前記第 2 の出力ポート以外の他の出力ポートに向けられるとき、前記少なくとも 1 つのピクセルは、該ピクセルが受ける前記信号成分の偏光を回転する、請求項 6 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 9】

さらに、前記出力ポートに向けられた前記信号成分を受けるべく各出力ポートに隣接して配置され、前記信号成分の偏光に従って自身を通過する前記信号成分を選択的にずらすように構成された複屈折結晶を含む、請求項 8 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 10】

回転偏光を有する前記信号成分は前記出力ポートを避けてずらされる、請求項 9 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 11】

マルチ波長光信号を受ける第 1 のポートと、
複数の出力ポートと、
前記光信号を受けるように配置され、前記光信号の波長が異なる信号成分を分散するための波長分散素子と、

少なくとも 1 つの単一ミラーが、各信号成分を受けまた前記信号成分を向ける出力ポートを第 1 の出力ポートから第 2 の出力ポートに切り換えるように制御可能であるように配置された微小電子機械システム (MEMS) ミラーのアレイと、

前記信号成分の選択減衰を目的として、少なくとも 1 つのピクセルが各信号成分を受け、また前記ピクセルが前記信号成分の光路を変えことなく前記信号成分の偏光を回転するように配置された液晶ピクセルのアレイとを含む、マルチ波長光信号を切り換えるための波長選択スイッチ。

【請求項 12】

前記複数の出力ポートは直線状に並べられ、前記 MEMS ミラー及び前記液晶ピクセル

10

20

30

40

50

の配列は線形配列である、請求項 1 1 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 1 3】

前記信号成分が前記第 2 の出力ポート以外の他の出力ポートに向けられるとき、前記少なくとも 1 つのピクセルは、該ピクセルが受ける前記信号成分の偏光を回転する、請求項 1 1 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 1 4】

さらに、前記出力ポートに向けられた前記信号成分を受けるべく各出力ポートに隣接して配置され、前記信号成分の偏光に従って自身を通過する前記信号成分を選択的にずらすように構成された複屈折結晶を含む、請求項 1 3 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 1 5】

回転偏光を有する前記信号成分は前記出力ポートを避けてずらされる、請求項 1 4 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 1 6】

マルチ波長光信号を受ける第 1 のポートと、
複数の出力ポートと、
前記光信号を受けるように配置され、前記光信号の波長が異なる信号成分を分散するための波長分散素子と、

少なくとも 1 つの単一ミラーが、各信号成分を受けまた前記信号成分を向ける出力ポートを第 1 の出力ポートから第 2 の出力ポートに切り換えるように制御可能であるように配置された微小電子機械システム (MEMS) ミラーのアレイと、

また前記信号成分の選択的減衰を目的として、前記信号成分のための前記出力ポートが第 1 出力ポートから第 2 出力ポートに切り換えられる間中、少なくとも 1 つの単一ピクセルが前記信号成分の光路を変えことなく前記信号成分の偏光を選択的に回転するために前記信号成分を受けるように配置された液晶ピクセルのアレイとを含む、マルチ波長光信号を切り換えるための波長選択スイッチ。

【請求項 1 7】

前記複数の出力ポートは直線状に並べられ、前記 MEMS ミラー及び前記液晶ピクセルの配列は線形配列である、請求項 1 6 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 1 8】

前記信号成分が前記第 2 の出力ポート以外の他の出力ポートに向けられるとき、前記少なくとも 1 つのピクセルは、該ピクセルが受ける前記信号成分の偏光を回転する、請求項 1 6 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 1 9】

さらに、前記出力ポートに向けられた前記信号成分を受けるべく各出力ポートに隣接して配置され、前記信号成分の偏光に従って自身を通過する前記信号成分を選択的にずらすように構成された複屈折結晶を含む、請求項 1 8 に記載の波長選択スイッチ。

【請求項 2 0】

回転偏光を有する前記信号成分は前記出力ポートを避けてずらされる、請求項 1 8 に記載の波長選択スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、動作が波長依存である高速光スイッチに関し、特に、光通信システムの波長選択ルータ又はチャンネルブロッカーとして使用するための高速光スイッチに関する。

【背景技術】

【0002】

デジタル情報又はアナログ情報を搬送する光キャリアとして光波長を使用することは、光通信分野で公知である。また、異なる波長は、1 セット又は 1 チャンネルの情報を別のものと区別するために使用できる。複数の波長が単一のファイバーで結合されるか、又は多重化されるとき、これは波長分割多重化 (WDM) と呼ばれている。そのような WDM の

10

20

30

40

50

使用は、システムの全体的な帯域幅を増やす。

【 0 0 0 3 】

光信号の波長によって、1つのファイバーに沿って多数の他のファイバーのいずれかを通過させる光情報のパケットを交換するようなシステムの必要性がある。そのようなスイッチは、光ルータ又は波長選択スイッチとして知られている。多数の、波長に依存するスイッチ及びルータは、先行技術の中に存在する。参照によって全体的にここに組み込まれる同時係属のPCT出願であるPCT出願No. PCT/IL2002/00511、PCT出願No. PCT/IL2003/01002及びPCT出願No. PCT/IL2006/00590のすべてにおいて、入力光信号が2つの望ましい垂直な面において空間的に波長分散されかつ偏光分割される波長選択スイッチが開示される。波長分散は回折格子によって望ましくは実行され、偏光分割は偏光ビームスプリッターによって望ましくは実行される。各ピクセルが別個の波長チャンネルで動作するように波長分散方向に沿ってピクセル化された偏光回転装置、例えば液晶偏光変調器は、ピクセルに印加される制御電圧によって、各ピクセルを通過する光信号の偏光を回転させるために動作可能である。次いで、偏光変調信号は、入力信号を分散及び分割するためにそれぞれ使用された素子を類似の分散及び偏光の手段によって波長再結合及び偏光再結合される。出力偏光再結合器において、結果として生じる出力信号が指示される方向は、特定の波長チャンネルの偏光が偏光変調器ピクセルで回転されたかどうかによって決定される。PCT出願No. PCT/IL2003/01002及びPCT出願No. PCT/IL2006/00590も、偏光ビームの横方向の拡大を分散面に取り入れる。

10

20

【 0 0 0 4 】

かかる高速波長選択光スイッチ構造はWDMスイッチング適用に使用できるが、チャンネルブロッカー又は減衰器として使用される2×2形態に一般的に限定される。「波長操縦システム及び方法」というS. J. フリスケンによる米国特許第7,092,599号において、LCOSフェーズドアレイを使用する波長操縦システムが記載され、その光学装置は、入力ビームの視準を維持しかつ分散の方向に垂直な方向に入力ビームの焦点を合わせる球面ミラー及び円筒形レンズを含む。「波長選択再構成可能な光交差接続」という公開された米国特許出願番号第2006/0067611号には、少なくとも円筒形ミラー及び円筒形レンズを含む光学装置を有するLCOSフェーズドアレイを使用する光結合装置が記載される。

30

【 0 0 0 5 】

したがって、アド及びドロップ機能を有する、チャンネルルーティングアプリケーションに使用するための簡単な光学構造を有する新しい光マルチ経路波長選択スイッチ構造に対する必要性がある。

【 0 0 0 6 】

本明細書のこの部分及び他の部分において記載した各刊行物の開示内容は、参照によって全体としてここに取り入れられる。

【特許文献1】PCT出願No. PCT/IL2002/00511

【特許文献2】PCT出願No. PCT/IL2003/01002

【特許文献3】PCT出願No. PCT/IL2006/00590

40

【特許文献4】米国特許第7,092,599号公報

【特許文献5】米国特許出願番号第2006/0067611号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

本発明は、新しい光ファイバー、マルチウェイ、波長選択スイッチ(WSS)構造、例えば光通信及び情報透過装置システムでチャンネルルーティング及び/又はブロッキングアプリケーション用に使用されるものを提供することを目的とする。多数のポートから又は多数のポートへのアド及びドロップ作用は、このスイッチ構造で実現することもできる。スイッチは最小限の構成要素を使用し、したがってかかるシステムにおいて大規模な使用

50

のわりには経済的に構成することができる。スイッチ構造は波長選択可変光減衰器として、それを通して転送ルート用にも使用できる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

スイッチ構造は、望ましくは複屈折結晶の使用によって、該スイッチのいずれかのポートに入力する光信号の望ましくは線形の定められた偏光を有する光ビームへの変換を利用し、該光ビームは、WSSを横切るビームの光操作が実行されるシステム面に対して所定の平面に相互に置かれる。この後に、この所定の面での偏光ビームの横方向の拡大が続く。この横方向の拡大は、公知である、円筒形レンズ望遠鏡システム又は単一プリズムのような、どんな代替方法でも利用することができるが、一对のアナモフィックプリズムによって望ましくは実行される。次いで、ビームは、望ましくは回折格子によって、ビーム拡大のそれと同じ所定の面で空間的に波長分散される。ビームの横方向の拡大は、横方向の拡大の分散と同じ面での分散と比較して、先行技術のスイッチに比較して利点を有し、特に、使用可能なスイッチの高さの軽減に関する利点、また使用可能な増加波長分解能に関する利点をWSSに提供する。光は、次いで、各々のピクセルが別々の波長に作用するように偏光回転装置（望ましくは波長分散的な方向に沿ってピクセル化される液晶（LC）セル）に方向付けされる。適当な制御電圧がピクセルに印加されるとき、そのピクセルを通過する光信号の偏光は回転し、それによってそのピクセルを通過する特定の波長チャネルをブロックするか、透過するか、減衰する。

【0009】

ビーム偏光回転の後、各々のピクセルを通過する光は、ビーム操縦要素（beam steering element）を使用して角度偏向される。ビーム操縦要素は、各々のビーム操縦ピクセルも別々の波長で動作するように、波長分散的な方向に沿ってピクセル化される。適切な制御電圧がビーム操縦ピクセルに印加されるとき、その液晶ピクセルに関連した波長成分はビーム操縦ピクセルによってその望ましい方向に操縦される。ビームは、従来、スイッチ構造の水平方向と呼ばれている波長分散の面、又はスイッチ構造の垂直方向として知られている波長分散の面に垂直な面のいずれかにおいて操縦することができる。垂直操縦は、ビーム操縦によって生成される角度偏差が波長分散によって生成される角度偏差に干渉しないという点で利点があり、したがって構成を単純化する。

【0010】

各ピクセルを通してビームを操縦することにより、異なる波長の光は、透過又は減衰後に、ビーム操縦角度によって規定される種々の経路に従って方向付けされ得る。また、特定の波長の光はブロックでき、その場合、ビーム操縦は行われぬ。

【0011】

偏光回転ピクセルからの波長分散を受け操縦されたビームは、次いで、再結合され、引き続き、ビーム収縮し、出力複屈折結晶を通過してスイッチ出力の方に戻る。波長選択スイッチは反射型にすることができ、その場合には、操縦ビームはマルチ波長入力ビームを分散させるのに用いられたのと同じ装置によって、入力ビームを横方向に拡大するために使用された同じ横方向ビーム拡大器と入力ビームに使用された同じ偏光マニピュレータとを通して戻る。本発明のビーム操縦のため、角度的にずれた各操縦ビームは、ビーム操縦角度に従って、わずかにずれた位置でこれらの要素を通過し、出力コリメータのアレイ（array）は、操縦ビーム角度に従って、別個の出力ポートで各操縦ビームを収集するために、出力複屈折結晶の端部に配置される。代わりに、そして、望ましくは、WSSは透過型にすることができ、その場合には、操縦ビームは、別々の分散要素、ビーム収縮要素及び偏光操縦要素を通して前記装置から出力される。

【0012】

本発明のWSSは、操縦ビームがその宛先出力ポート以外のいずれかの出力ポートに接続されることから防止されるように、偏光回転素子がビーム操縦装置に協働して動作することができるという点で先行技術のスイッチを越える重要な利点を有する。これは、操縦ビームが望ましくない出力ポートへの経路を通り過ぎるとき、該経路の偏光回転装置の透

過性を調節することによって達成される。このように、ヒットレススイッチング形態は、一次元の操縦アレイのみを使用して達成することができる。

【0013】

ビーム操縦要素は、それに衝突するビームの経路を逸らすことができるいずれかのミニチュア要素にすることができる。1つの好ましい実施例によると、小型電子機械式システム(MEMS)要素、例えばマイクロミラーは、操縦を生成するために使用される。かかるMEMS要素の偏角は、望ましいビーム操縦角度を提供するために、電子的に制御することができる。

【0014】

代わりに、また望ましくは、ビーム操縦は、液晶アレイピクセルの設定によって生成されるビームの異なる偏光に従って、連続的に配置された液晶アレイと、通過時にビームに異なる伝播角度を発生させる楔形状の複屈折ウォークオフ(walk-off)などのプリズム偏光セパレーターとの組を用いることによって実行することができる。特定の液晶ピクセルを通り抜けるビームの操縦角度は、ビームが通る連続LCピクセルの各々の偏光回転設定によって決定される。この実施例は、いかなる可動部分もなくビーム操縦を生成する利点を有するが、より複雑な制御システム及び場合によってはチャンネル間のより高い漏話という不利な点を有する。

【0015】

さらに好ましい実施例によると、ビーム操縦は、フェーズドアレイとして作用するシリコン上液晶(LCOS)空間光変調器の使用によって発生させることができる。LCOS装置において、光は、LC層の種々のピクセルをそれらの状態の間で駆動する回路アレイが実装されるCMOS基板の正面で形成される反射型基板の上に配置された液晶材料層のピクセル化された層に通される。これらの状態によると、光は偏向されず、その入射経路に沿って反射されるか、又は光がLCOSピクセルに到達したところから偏向され、従って異なる経路に沿って異なる光ポートへ戻るように反射され、各ピクセルを横断する。そのような装置のピクセルは一般的に小さいので、各々の波長成分は、最小の光学的大きさでさえ実用的である、いくつかのピクセルを覆う。完全な二次元LCOSアレイは、次いで、LCの種々のピクセルに適用される位相シフトに従って各波長ごとに望ましい方向に入力チャンネルの種々の波長成分を方向付けるようにプログラムされている。

【0016】

本発明の好ましいWSS実施例の全てにおいて、装置の動作は、スイッチング用信号を「出力」ポートとして本出願において記載されたものに入力にすることができ、逆に、「入力」ポートと呼ばれていたものから出力にすることができるように、本質的に相互交換できる。本出願における用語、入力及び出力は交換可能に使用でき、したがって、特許請求の範囲に記載され、また、本発明が特定のポートの方向の命名法によって制限されることを目的としないと理解されるべきである。特定のポートが入力又は出力用に使われることになっているところでは、信号分離装置、例えばサーキュレータは入力を出力された方向信号から切り離すのに用いられなければならないことを理解すべきである。

【0017】

チャンネルスイッチングレートは、LCブロック/透過/減衰要素及びビーム操縦装置の両方のスイッチングレートの遅い方によって決定される。ビームは両方によって処理されねばならないからである。MEMSの場合、又はLCビーム操縦の場合のどちらにおいても達成できるレートは、WDM又はDWDMSwitchingアプリケーションの使用に適する。

【0018】

したがって、本発明の第1の好ましい実施例に従って、
(i) 少なくとも1つの第1のマルチ波長光信号を入力するための少なくとも1つの第1のポートと、
(ii) 前記少なくとも1つの第1のマルチ波長光信号の異なる波長成分を出力するための複数の出力ポートと、

10

20

30

40

50

(i i i) 前記少なくとも1つの第1のマルチ波長光信号の各々を予め定められた面に配置されかつ同じ予め定義された偏光を持つ一対のマルチ波長光ビームに変換する偏光変換装置と、

(i v) 予め定められた面で予め定義された偏光のマルチ波長光ビームを横方向に拡大するビームを拡大するビーム拡大装置と、

(v) 予め定義された偏光の横方向に拡大された光ビームを受け、予め定められた面でその波長成分を分散する波長分散素子と、

(v i) 分散した光ビームの少なくとも1つの波長成分の偏光が少なくとも1つの波長成分が通過するピクセルに適用される制御信号に従って回転するように、ピクセルに適用される制御信号に従ってそのピクセルを通過する光の偏光を回転させる、分散方向にほぼ沿ってピクセル化される偏光回転素子と、

(v i i) 偏光素子のピクセルを通過する少なくとも1つの波長成分が少なくとも1つの波長成分に関連したビーム操縦装置のピクセルの設定に従ってその望ましい出力ポートの方向に操縦されるように配置されたピクセル化された操縦要素を含む、波長選択スイッチ(W S S)が提供される。

【 0 0 1 9 】

上記のW S Sにおいて、少なくとも1つの波長成分は、少なくとも1つの波長成分に関連した偏光回転素子のピクセルに適用された制御信号に従って、望ましくは減らされる。ビーム操縦要素は、単一の回転軸を有する小型電子機械式システム(M E M S)ミラーのアレイ、又はシリコン上液晶(L C O S)アレイ、又は一連の対の調整可能な偏光回転素子及び複屈折プリズムのいずれかにすることができ、前記少なくとも1つの波長成分は該少なくとも1つの波長成分が通過する調整可能な偏光回転素子の設定に従って操縦される。

【 0 0 2 0 】

本発明のさらに別の好ましい実施例に従って、上記のスイッチのいずれでも、拡大されたビームの分散波長成分をビーム操縦要素に集束させるために少なくとも1つの光学要素を望ましくはさらに含むことができる。この集束はレンズによって、又は光学焦点調整力も有する波長分散素子の使用によっても実行することができる。

【 0 0 2 1 】

また、上記のW S Sにおいて、偏光回転素子は液晶にすることができ、偏光変換装置は、その出力面の一部に配置された半波長板を有する複屈折ウォークオフ結晶にすることができ、ビーム拡大装置は、一対のアナモフィックプリズム、円筒形のレンズ望遠ミラーシステム、及び単一のプリズムのいずれか一つにすることができ、波長分散素子は回折格子にすることができ、

【 0 0 2 2 】

M E M Sアレイを使用する上記の実施例において、少なくとも1つの波長成分に関連した偏光回転素子のピクセルは、少なくとも1つの波長成分が望ましくない出力ポートを少なくとも交差するとき、切換の間に、少なくとも1つの波長成分の通過をブロックするために望ましくは制御することができる。

【 0 0 2 3 】

さらに好ましい実施例によると、どんなタイプのピクセル化ビーム操縦要素でも、操縦波長成分が他の望ましくない波長成分の経路に交差しないような方向に、少なくとも1つの波長成分を操縦するのに適する。

【 0 0 2 4 】

本発明のさらに別の好ましい実施例に従って、マルチ波長光ビームの寸法が分散面に垂直な方向に減らされるように配置されたビーム縮小器を含む上述のW S Sが提供される。

【 0 0 2 5 】

さらに、上記の実施例のいずれにおいても、ピクセル化ビーム操縦要素は、操縦ビームが、光信号を入力ポートからビーム操縦要素に方向付けるために使用される光学要素を通して該操縦ビームの宛先ポートにアクセスするような反射性要素、又は操縦ビームが、光信号をビーム操縦要素から出力ポートに方向付ける追加の光学要素を通して該操縦ビーム

10

20

30

40

50

の宛先ポートにアクセスするような透過性要素のいずれにもすることができる。

【0026】

その上、上記の実施例のいずれも、いずれのポートの信号レベルを決定するために、ビーム監視アレイをさらに含むことができる。

【0027】

本発明のさらに別の好ましい実施例に従って、

(i) 少なくとも1つの第1のマルチ波長光信号を入力するための少なくとも1つの第1のポートと、

(ii) 前記少なくとも1つの第1のマルチ波長光信号の異なる波長成分を出力する複数の出力ポートと、

(iii) 前記少なくとも1つの第1のマルチ波長光信号の各々を予め定められた面に配置された、同じ予め定義された偏光を持つ一対のマルチ波長光ビームに変換する偏光変換装置と、

(iv) 予め定められた面で予め定義された偏光の前記マルチ波長光ビームを横方向に拡大するビーム拡大装置と、

(v) 予め定義された偏光の横方向に拡大された光ビームを受け、予め定められた面でその波長成分を分散する波長分散素子と、

(vi) ピクセル化されたシリコン上液晶(LCOS)アレイを含むビーム操縦要素とを含み、該LCOSアレイは、波長成分の異なるものを出力ポートに適用される制御信号に従って出力ポートに方向付けるように構成されている、波長選択スイッチがさらに提供される。ピクセル化されたLCOSアレイは、それに適用される制御信号に従って波長成分の異なるものを減衰するように望ましくは構成することができる。

【0028】

LCOSアレイを含む上記WSSのいずれも、望ましくは、操縦ビーム偏向角度を増加させるのに適しているビーム偏向素子をさらに含む。このビーム偏向素子は、回折光学素子、ホログラフィック素子、連続した一連の反射面、及び分散プリズム組立体のいずれか1つにすることができる。

【0029】

本発明のさらに別の好ましい実施例に従って、

(i) マルチ波長光信号を入力するための少なくとも1つの第1のポートと、

(ii) マルチ波長光信号の異なる波長成分を出力するための複数の出力ポートと、

(iii) 予め定められた面で前記マルチ波長光ビームから生成される少なくとも1つのビームを横方向に拡大するビーム拡大装置と、

(iv) 前記少なくとも1つの横方向に拡大された光ビームを受け、予め定められた面でその波長成分を分散させる波長分散素子と、

(v) 分散した波長成分に作用するピクセル化されたビーム減衰アレイと、

(vi) 分散した波長成分の少なくとも1つを望ましい出力ポートの方向に操縦するピクセル化ビーム操縦要素とを含み、前記ピクセル化されたビーム減衰アレイは操縦ビームがその望ましい出力ポート以外のいずれかの出力ポートに接続されることから防止されるようにビーム操縦装置と協働して動作される、波長選択スイッチが提供される。

【0030】

そのようなWSSにおいて、操縦ビームが望ましい出力ポート以外の出力ポートへの経路を少なくとも横断する間、ピクセル化された減衰アレイは、スイッチングの間に操縦ビームの透過をブロックするために好ましくは制御することができる。

【0031】

本発明のさらに別の好ましい実施例に従って、マルチ波長入力光信号の選択波長成分を望ましい出力ポートにスイッチングする方法がさらに提供され、該方法は、

(i) マルチ波長入力光信号から少なくとも1つのビームを生成すること、

(ii) 予め定められた面で少なくとも1つのマルチ波長光ビームを横方向に拡大すること、

(i i i) 少なくとも1つのマルチ波長光ビームを、その波長成分を生成するために予め定められた面で空間的に分散させること、

(i v) 分散した波長成分を減衰させるためにピクセル化されたビーム減衰アレイを提供すること、

(v) 望ましい出力ポートに分散波長成分の少なくとも1つを操縦することを含み、操縦することは操縦ビームがその望ましい出力ポート以外のいずれかの出力ポートに接続されることから防止されるように減衰と協働して行われる。

【 0 0 3 2 】

この方法によれば、ピクセル化されたビーム減衰アレイは、それが望ましい出力ポート以外の出力ポートを少なくとも横切る間に、スイッチングの間に少なくとも1つの操縦された波長成分の透過をブロックするために好ましくは制御することができる。

10

【 0 0 3 3 】

本発明のさらに別の好ましい実施例に従って、

(i) 少なくとも1つのマルチ波長光信号の各々の偏光を予め定義された偏光を有する一対のマルチ波長光ビームに変換すること、

(i i) 予め定められた面の予め定義された偏光のマルチ波長光ビームを横方向に拡大すること、

(i i i) 予め定められた面に、横方向に拡大したマルチ波長光ビームを空間的に分離された一連の波長ビームに空間的に分散すること、

(v i) 分散した光ビームの少なくとも1つの波長成分の偏光は、少なくとも1つの波長成分が通るピクセルに適用される制御信号に従って回転されるように、ピクセルに適用される制御信号に従ってそのピクセルを通過する光の偏光を回転させるための、分散の方向にほぼ沿ってピクセル化された偏光回転素子を利用すること、

20

(v) 前記ビーム操縦装置の前記少なくとも1つの波長成分に関連した前記ピクセルの設定に従ってその望ましい出力ポートの方向にピクセル化されたビーム操縦装置を使用することによって、偏光素子のピクセルを通過する少なくとも1つの波長成分を操縦することを含む、少なくとも1つのマルチ波長入力光信号の選択波長成分を望ましい出力ポートにスイッチングする方法がさらに提供される。

【 0 0 3 4 】

本発明のさらに好ましい実施例に従って、後述されるW S Sの実施例に関して記載された応用、付加、又は限定のいずれかを導入することによって改変される上記方法が提供される。

30

【 0 0 3 5 】

本発明は、図面とともに説明される、以下の詳しい記載からより十分に理解される。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 6 】

図1を参照すると、単一の入力ポート、単一の主出力ポート及び多数のドロップポートを含む光波長ルータの機能のブロック図が概略的に示されている。光波長ルータの機能は、入力信号のいずれかの波長チャネルを透過すること、ブロックすること、又は減衰させることのいずれかであり、また透過されるか又は減衰されるならば、出力ポート又はドロップポートのいずれかにその信号を方向付けることである。

40

【 0 0 3 7 】

図2を参照すると、本発明の好適な実施例にしたがって実施された図1のルータ20が、ルータの個々の動作部品の機能のブロック図で概略的に示されている。信号はファイバーインタフェースブロック21を通してルータに入力され、ファイバーインタフェースブロック21は入力信号を受け入れて、偏光処理、横方向の拡大及び空間操作のために自由空間ビームに変換する。本発明の好適な実施例によれば、自由空間ビームは、同様な偏光を有する所定の面に相互に配置された一対のビームを発生させるために偏光選択モジュール22において最初に偏光処理され、次いで、先行技術における公知の方法の1つによってビーム拡大器ブロック23によってその面において空間的に拡大される。次いで、空間

50

的に拡大されたビームは、光分散モジュール 2 4 の面で分散する。最後に、分散したビーム波長成分は焦点面ビーム操縦モジュール 2 5 に方向付けされ、該焦点面ビーム操縦モジュール 2 5 は、各々の波長チャネルごとに適用される光学透過率を選択するピクセル LC アレイとどの出力ポート又はドロップポートが波長チャネルごとに選択されるべきかに従って選択方向に各波長チャネルを方向付けるピクセル化ビーム操縦アレイとを含む。分散したビーム波長成分は、レンズのような別個の集束素子又は光学焦点調節力も有する分散要素の使用によって実施することができ、プラスの屈折力を有する要素によって、焦点面ビーム操縦モジュール 2 5 に好ましくは方向付けされる。

【 0 0 3 8 】

図 2 は、透過処理及びビーム操縦後に、各波長チャネルビームは、ビーム操縦モジュール 2 5 に含まれる反射面の反射によりビーム拡大ブロック 2 3 と、入力目的の他に、切換ビームをそれらの選択出力ファイバーに出力するためにも動作可能であるファイバーインタフェースブロック 2 1 とに光分散モジュール 2 4 を通して戻されるという点で、図 1 の反射型の実施例の構造を概略的に示す。そのような反射型の構成は、この発明の最も費用効果がよくてコンパクトな実施例を提供する。しかし、図 2 の要素部品に基づく透過型の実施例は、ビーム操縦モジュール 2 5 の後方に、分散光モジュール 2 4、ビーム拡大器ブロック 2 3、及びファイバーインタフェースブロック 2 1 の順序で、すなわち図 2 のビーム操縦モジュール 2 5 の右方に繰り返される、分散光モジュール 2 4、ビーム拡大器ブロック 2 3、及びファイバーインタフェースブロック 2 1 で等しく実施可能であることが理解される。そのような透過型の実施例は、正確な光学的構成、すなわち透過型又は反射型は特定されない、本発明の一般化された実施例の全てに含まれると理解される。いくつかの反射型及び透過型の実施例の詳しい説明は、以下に示される。

【 0 0 3 9 】

図 3 を参照すると、本発明の別の好ましい実施例に従って構成され、動作可能である反射型波長選択ルーティングスイッチの好ましい要素位置及び配置を示す概略平面図が示される。図 3 の実施例は、偏光変換装置 3 0、例えば半波長板を出力の部分の上方に有する複屈折ウォークオフ結晶を含むファイバーインターフェース入出力ブロックを示す。このように発生する偏光のような自由空間ビームは、この実施例において一對のアナモルフィックプリズムとして示される、図の平面においてビームを拡大するために動作可能である一次元のビーム拡大器 3 1 に通される。次いで、拡大ビームはこの実施例において反射格子として示される分散格子要素 3 2 に方向付けされる。分散格子要素 3 2 は、各入力ビームの波長成分をビームが生成されかつ拡大される面、すなわち図面の平面と同じ面で分散し、また、集束レンズ 3 3 は分離された波長成分を、添付図面により詳細に示される焦点面ビーム操縦モジュール 3 4 に集中させる。波長選択ルータが上記説明される透過型の実施例において同様に実施できることを理解すべきである

【 0 0 4 0 】

図 4 A を参照すると、構成部品を詳細に示す、図 3 の反射波長選択ルータの別の概略平面図が示される。図 4 A はルータの単一のチャネル経路の平面図レイアウトを示す。各ポートの入力（又は出力）ビームは、ファイバーインタフェースブロックの入力（又は出力）であり、ファイバーインタフェースブロックは好ましくはポートごとにファイバーコリメータ 4 0 を含み、その後、好ましくは出力面の部分の上方に半波長板 4 2 を有する複屈折ウォークオフ結晶 4 1、例えば YVO₄ 結晶が続く。したがって、各チャネルの出力は、ビーム出力の各々に垂直線によって示されるように、また図 4 A に示される実施例において図面の平面にある予め定められた面に配置された、同じ偏光方向を有する一對のビームを含む。この偏光分解及び変換の後、これらのビームは図 4 A に示される好ましい実施例においてその同じ予め定められた面でアナモルフィックプリズム対 4 3 によって横方向に拡大される。これらの横方向に拡大したビームは、図 4 A に示される実施例において図面の平面にある同じ予め定められた面で再度、波長分散用格子 4 4 に通される。分散波長成分は、次いで、ビームスイッチング操縦モジュール 4 6 に焦点を合わせるレンズ 4 5 に方向付けされる。各波長チャネルのビームは、そのチャネル用の望ましい伝送状態、すな

わちブロック状態、完全透過状態又は減衰伝送状態を達成するためにピクセル化された液晶（LC）アレイ47によって切り換えられる。LCアレイによって適切にビーム処理された後、ビームは、それぞれ切り換えられ各操縦されたビームが複屈折結晶の出力部分へまたそこから各出力コリメータポートヘルタを戻るように、該ビームを反射すべく動作する反射素子として図4Aに示されるビーム操縦装置48に通される。この操縦は、図面の平面に垂直な方向に行われる。1つの好ましい実施例に従って、ビーム操縦装置はミラーのMEMSアレイにすることができる。半波長板42を有する複屈折ウォークオフ結晶41は図4Bの端面図に拡大して示され、ビーム位置は2つの偏光規定並列ビーム49への各入力ビームの分解後に見ることができる。図4A及び図4Bに示される実施例において、ビーム操縦は図面の平面から外で、したがって図4Bに見られる、チャンネルごとに一對のビームの垂直線によって行われる。上述のように、類似の透過型の実施例は同様に実施でき、その場合、反射性素子48は透過性操縦要素48によって置換でき、装置の上記入力要素は透過ビームの出力を扱うためにビーム操縦装置の右側に繰り返される。

【0041】

図5A及び図5Bを参照すると、本発明のWSSの一つの入力チャンネルの用途に、MEMSアレイの形態で、前図のビーム操縦焦点面モジュールの好ましい実施例の頂面及び側面からの概略図が各々示される。図5において、(i)波長分散の方向54にピクセル化され、各波長チャンネルの望ましい透過状態、ブロック状態又は減衰状態を選択することに関与するLC偏光回転アレイ50、(ii)システムにおいて偏光選択組み合わせの消光比を増加させ、それによりブロッキングを改良することが機能である光学線形偏光素子51、及び(iii)各々がLCアレイの対応ピクセルのすぐ背後に配列されたミラー52の一次元MEMSアレイが見られる。MEMSアレイミラーは各ピクセルからそのピクセルを通して反射するよう操縦（ステアリング）されるが、各ピクセルはアレイのミラーごとにMEMS制御部53の設定に従って図面から操縦角度で操縦される。

【0042】

図5Bは、側面からすなわち分散方向から見て、異なって表示された出力ポート1～3への異なる操縦角度を見ることができる以外、図5Aの構成と同じ構成を示す。図5Bに示される実施例において、I/Oと表示される入力ポートは、当該技術分野において知られているように、ルータの入出力ポートにサーキュレータを含むことによって出力ポートとして利用することもできる。図示される別の3つの出力がドロップポートとして使用することができ、それらは、機能的に、図示される入出力ポートと少しも異なる動作をしないので、これは単に命名法の問題であり、装置は基本的に相互交換できる。

【0043】

図5A及び図5Bに示されるMEMS形態において、出力が要求されていない出力提供位置にMEMS要素がビームを掃引するので、ある出力から他の出力にビームを操縦する間に問題が生じる。したがって、たとえば、図5Bにおいて、いずれかの特定の波長を有するビームは、出力1, 3の間に操縦されるとき、ビームは、出力2を瞬間的に横切り、該出力2にスプリアス信号を生成する。

【0044】

図5C～図5Eを参照すると、この現象を回避しつつヒットレスビーム操縦形態として知られているものを提供する本発明の別の好ましい実施例が概略的に示される。

【0045】

先行技術のスイッチング方法を示す図5Cを参照して、入力/出力ポートから出力3にビームを切り換えることは、出力ポート1, 2の横断を含み、それらへのスプリアス信号を生じる。さらに、本発明の偏光回転減衰効果なしで、単一方向のビーム操縦だけを利用するようなシステムでは、透過ビームの減衰は透過ビーム55を方向付けることによって成し遂げられ、それは宛先ポート56に完全に重ならず、それによって信号の一部だけに結合する。しかし、これは、ビームの帯域通過形が減衰レベルで変化するという欠点を有する。

【0046】

図 5 D を参照すると、先行技術のスイッチがスプリアス信号の問題を克服する方法が示される。2 次元ビームの操縦装置、例えばミラーピクセルごとに 2 本の回転軸線を有する MEMS ミラーアレイを使用することによって、ビームは、ビームが他のいずれの出力ポートの方向にも照明しないように経路 5 7 を通してそのターゲットポート 5 6 に到達する前に偏向することができる。しかし、そのような対の操縦軸線 MEMS アレイは、単一の操縦軸線 MEMS アレイより、製造して、合体させるためにより高価であり、また制御することがより困難である。また、偏光回転減衰が使用されないとき、図 5 C の実施例に関連して記載された不利益と同じ不利益が生じる。

【 0 0 4 7 】

図 5 E を参照すると、本発明の WSS のビーム操縦形態が先行技術方法の欠点を単一の軸線操縦を有する単純な一次元 MEMS ミラーアレイの使用を控えることなく克服することができる方法が示される。図 5 E の形態において、切換ビームは入力ポートと宛先ポート 5 6 との間で直接、操縦されるが、ビームが切換プロセスの間に中間ポートを通過するときに、ビーム透過は、切り換えられた特定の波長成分に関連した LC 偏光回転ピクセルの設定を制御することによって妨げられる。切換プロセスが終了するとすぐに、また、望ましい宛先ポートとのビーム経路接続が完了すると、透過は非ブロック化にすることができ、スイッチはプログラムされるように動作できる。望ましくないポートへのブロックされた経路は、ブロッキング経路 5 8 によって図 5 E に概略的に示される。このようにして、スプリアス信号の問題は克服することができる。

【 0 0 4 8 】

さらにまた、本発明の偏光回転減衰要素の使用によって、切換ビーム 5 5 はその宛先ポート 5 6 に完全に接続でき、どんな望ましい減衰でも、チャンネル減衰を直接的に制御するために LC ピクセル設定の調整によって成し遂げることができる。このように、図 5 C 及び図 5 D のスイッチングスキームに関連した帯域通過形状歪みも避けられる。

【 0 0 4 9 】

図 6 A 及び図 6 B を参照すると、本発明の別の好ましい実施例に従って構成され、動作可能である LC / 複屈折プリズムベースのビーム操縦焦点面モジュールの頂面及び側面からの概略図が各々示される。図示の目的だけのために、図 6 A の実施例は反射型の形態として示され、一方、図 6 B において透過型の形態が示されるが、いずれの形態も反射型又は透過型の実施例として採用することができることを理解すべきである。図 6 A において、焦点面スイッチング及び操縦アレイの方にビームを方向付けるルータの集束レンズ 6 0 が示される。交互に配置された、ピクセル化された LC 液晶 6 2 及び複屈折プリズム結晶 6 3 (以下、LC/プリズム対と称され、連続的にビーム経路に配列される。)を使用して操縦が実行される間に、スイッチング機能それ自体、すなわち、特定の波長チャンネルが透過、減衰又は完全ブロックされるかどうかについての決定は、ピクセル化された最後の LC 素子 6 1 によって好ましくは実行される。各複屈折プリズム結晶は、該結晶に衝突するビームをビームが s 偏光を有するか、又は p 偏光を有するかに依存する角度によって偏向し、特定のピクセルに衝突するビームが s 偏光を有するか、又は p 偏光を有するかどうかに関する決定はそのチャンネルのために適当な制御電圧を先行の LC ピクセルに印加することによって選択することができる。各々のプリズムが望ましくは 2 つの操縦角度の 1 つを選択するので (LC が 90° の偏光回転を引き起こすように駆動されると仮定して)、可能性のある操縦角度の数は 2^n になる (n はルータで使われる LC / プリズム組の数)。従って、3 つの LC / プリズム対で、8 方向の操縦が可能である。図 6 A において、ミラー 6 5 は、出力ビームをルータに通して反射させるための組立体の後方に示されている。

【 0 0 5 0 】

図 6 A の操縦焦点面モジュールの平面図では、ビーム偏向角度は図面の面内又は面外にあり、異なる方向に方向付けされたビームは識別できない。図 6 B を参照すると、モジュールが入力チャンネルを方向付ける異なる方向を示す図 6 A の平面図に図示された好ましい透過型 LC / プリズム焦点面操縦アレイの概略側面図が示されている。8 つの異なる操縦方向が図示される 3 つのステージが提供されるように、3 つの対の LC / プリズム 6 4 の

各々は、ビーム偏光に従い、ビームを2つの異なる方向のうちの1つへ操縦することができる。平板ではない複屈折プリズム63は、複屈折されたビームの各々が異なる角度に向けられることを確実にするために使用され、ポートの間でチャンネル分離を確実にする。さらに、各々のプリズムは、複屈折であるか否かに関わらず、各ステージから操縦ビームを角度的に分離することを確実にするために異なる楔角度 1、 2、 3を望ましくは備える。スイッチング状態を選択するLC素子61は、ビーム操縦モジュール内部ではなく、チャンネル漏話の原因となる、スイッチング要素によって引き起こされる偏光変化によるビーム操縦の干渉を回避するためにビーム操縦組立体の前方又は後方のいずれかに好ましくは配置される。

【0051】

10

| 入力 | | 第1のLCの後 | 第2のLCの後 | 第3のLCの後の出力 |
|----|-----------|---------|---------|------------|
| P | ポート1へのビーム | S | S | S |
| | ポート2へのビーム | S | S | P |

表 I

20

【0052】

ビーム操縦モジュールの後のスイッチングLC61がいずれの出力ビームにも追加の偏光変化を提供しないように設定される、すなわちすべてのビームが十分に透過される状況の表Iを参照するに、該表は、図6Bの好ましい透過型実施例の出力1, 2の偏光状態を示す。p偏光入力ビームについて、また、p偏光がs偏光ビームより偏向される図6Bに示されるLCビーム操縦セルの図示された設定では、ポート1の出力はs偏光を持つが、ポート2の出力はp偏光を持つ。したがって、ビーム操縦モジュールが、スイッチングプロセスLCによって発生される偏光変化とは全く別に、出力信号偏光において偏光変化を生成するので、分散成分が異なる偏光のビームを処理することができることを確実にするために低偏光依存損失(pdl)格子がこれらの実施例において使用されなければならない

30

【0053】

| 後: | | | | | 前: | | | | |
|----|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 入力 | | LC1 | LC2 | LC3 | | LC3 | LC2 | LC1 | 出力 |
| P | ポート1へのビーム | S | S | S | ミラー | S | S | S | P |
| | ポート2へのビーム | S | S | P | ミラー | P | S | S | P |

40

表 II

【0054】

表IIを参照すると、ビーム操縦モジュールの後方の前記スイッチングLCはいずれの出力ビームにも追加の偏光変化を提供しないように設定される状況で表IIには、再度、図6Aの好ましい反射型実施例の出力1, 2の偏光状態が示されている。p偏光入力ビームについて、また、図6Bに示されるLCビーム操縦セルの設定と同じLCビーム操縦セルの設定では、出力ポート1が宛先であるビーム用のミラー65の入射偏光はs偏光であ

50

るが、ポート 2 が宛先である入射偏光は p 偏光を有する。しかし、ビームが、今度はミラーで反射されるので、ビームは、今度はビーム操縦モジュールの出力になるビーム操縦モジュールの前記入力への逆の経路で戻り、前記ビームは、入射経路において経験した偏光変化に対して戻り経路において逆の偏光変化を経験する。その結果、各々の反射出力ビームは入射ビームの偏光と同じ偏光を持ち、ビーム操縦モジュールそのものは出力信号偏光に少しの偏光変化も起こさない。したがって、スイッチング LC 61 が他のいかなる偏光変化も導入しない十分に透過する信号に対し、すべてのチャンネルの偏光された透過ビームを同じように処理するために高効率格子を使用することができる。

【 0 0 5 5 】

図 7 A 及び図 7 B を参照すると、図 6 B に図示される透過型ビーム操縦モジュールに類似する 2 つの代替の好ましい透過型ビーム操縦モジュールの概略図が示され、それら 2 つの透過型ビーム操縦モジュールは関連した複屈折結晶プリズム 71、72、73 及び液晶要素 74 を有する液晶セル 70 を有し、各プリズムは異なる楔角度を有するが、図 7 A に比較して、種々のプリズムの楔の方向が図 7 B において性能に影響を与えることなくどのように変更できるかを示す。図 7 B に示される実施例に、プリズム 76 の 1 つは、それが他のプリズムへの反対方向にビームを逸らすように整列される。必要とされるすべては、選択された偏向角度が出力ポートの間ではっきりしたビーム分離を提供しなければならないということである。

【 0 0 5 6 】

図 8 A 及び図 8 B を参照すると、本発明のさらに好ましい実施例に従って、ファイバ干渉及び偏光変換モジュールの概略図が示されている。図 8 A は、側面図であり、YVO₄結晶として好ましくは示される複屈折偏光変換器 81 に入出力ファイバコリメータ 80 がビームを方向付けるのを示す。図 8 B には、複屈折結晶 81 から出て各コリメータで対をなすビームのアレイを示す前記複屈折結晶の正面図が示されており、該複屈折結晶は、公知であるように、いずれのポートの両ビームも同じ偏光を有するように、これらの出力ビーム対の一方の偏光を 90° 回転させるために前記複屈折結晶の出力対の一方を覆う半波長板 82 を備える。

【 0 0 5 7 】

光信号は 1 つのファイバコリメータからの入力又は出力であるとして図 8 A に概略的に示されるが、複数の信号を入力するか、又は出力するために公知の他のどの方法も本発明において使用することもできることを理解すべきである。入出力装置の重要な特徴は、構成要素の経費に関して伴う節約に関して、また通信システムのルータのために増加した実装密度に関して、できるだけ最もコンパクトなルータを提供するために、光チャンネルができるだけ近い間隔で配置されるということである。このように、マイクロレンズアレイでも、又は入力/出力の全てに対して一つのレンズでも、より密度の高い実装を提供するために V 溝配列を使用することが可能である。同様に、導波入力装置を使用することができ、ファイバ入力/出力はモノリシックな導波管構造でより近くに統合され、例えばシリコン基板に製造することができる。より近い間隔でさえも、この手段で成し遂げることができる。

【 0 0 5 8 】

図 9 を参照すると、入力ビームのアレイの高さを縮小するための逆望遠鏡 92 を含む、図 8 A に示されるファイバインターフェース入力及び偏光変換モジュール 90、91 の概略側面図である。この縮小は、横方向のビーム拡大が行われる面に対してほぼ垂直の平面にある。入力ファイバコリメータの物理的サイズは、該コリメータの間隔をルータの他の光モジュールに必要とされる間隔よりかなり大きくするので、そのような縮小化は好ましい。コリメータアレイ 90 を出て行く及び入って来るビームの最初の高さ 93 は、ルータ構成要素の残りの部分に方向付けるために、かなり小さい大きさを有するビーム高さ 94 に減少され、したがってかかるビーム縮小なしに達成される配置よりコンパクトなルータ配置の達成が可能になる。

【 0 0 5 9 】

図 10 を参照すると、図 9 に示されるファイバーインターフェース入力モジュールの他の形態の側面図が概略的に示される。この好ましい実施例において、ビームアレイの高さ 103 を縮小するための逆望遠鏡 101は、偏光変換複屈折結晶 104 への入力の前に配置され、この結晶も、残りのルータ要素に加えて、縮小されたビームの減少した高さ 102 に相応した高さを減らすことができた。

【0060】

図 11 A 及び図 11 B を参照すると、本発明の別の好ましい実施例に従って構成され、動作可能である波長選択アド/ドロップルータモジュールの概略図が各々示される。図 11 A は機能ブロック図であり、一方、図 11 B が MEMS ミラーを使用するそのようなシステムでビーム操縦の実現を示す。このアド/ドロップルータは、ビーム操縦モジュール 110、例えば本出願においてすでに記載された種々の実施例のいずれかに記載されたモジュールを使用する。反射型の実施例において入力を出力信号から切り離すために、サーキュレータ (図 11 B に示されていない) は主入出力ポートで必要とされる。かかる場合には、アドポート及びドロップポートの間の相違は本質的に命名法に過ぎない。入出力ポートと各々のアドポート又はドロップポートとの間の光学経路は、ビームスイッチング及びビーム操縦によってのみ決定され、これらは所望により選択することができる。

【0061】

この特徴は、入力/出力ポートと他のポートのいずれかとの間のビームを方向付ける、MEMS ミラーアレイ 120 によって生成される異なる操縦角度を示す図 12 において概略的に示される。どのポートがアドポート又はドロップポートと呼ばれるかについての判断は、信号が選択ポートへ伝送されるか又は選択ポートから伝送されるかどうかの方向のみにによって決定される。

【0062】

別々の入力ポート及び出力ポートを使用して、サーキュレータを必要とすることなく、本発明のさらに好ましい実施例に従って、アド/ドロップルータを構成することも可能であり、別々の入力ポート及び出力ポートの各々はビーム操縦モジュールにおいて別々の操縦角度を利用する。しかし、この場合、ビーム操縦モジュールは、各ポートが他のポートのいずれにも接続することができるようにプログラムされなければならないので、ビーム操縦アレイの制御及びプログラミングはかなりより複雑である。これは、また、必要とされる操縦角度の数を増やすに十分な操縦角度の分解能を提供することを保証するために MEMS ミラーの目標とする精度をかなりより重要にする。

【0063】

ビーム操縦モジュールの上記 MEMS 実施例において、MEMS 装置は、前記ルータの反射型の実施例のミラーアレイであり、出力ビームは入力ビームのために使われたと本質的に同じ経路を横断し、入力ビームに使用されたものと同じ要素を通過する。

【0064】

図 13 を参照すると、該図は本発明のさらに好ましい実施例を示し、該実施例では、ルータの入出力部分が空間的に個別であるという点で、ミラーからの反射に基づく MEMS 装置がそれでもルータの透過型の実施例で使われている。図 13 に示される WSS は、ファイバーコリメータを有する図 4 A の実施例に示される入力部分に類似する入力部分を含み、前記ファイバーコリメータの後には、出力面の一部分に半波長板 139 を有する複屈折ウォークオフ結晶 131 と、ビーム拡大プリズム 132 と、分散要素 133 と、好ましくは LC 装置 136 及び MEMS アレイ 130 から成るモジュールであってビームをスイッチし操縦するモジュールに焦点を合わせる集束レンズ 134 とが続く。しかし、図 4 A の実施例とは異なり、図 13 の操縦モジュールは、MEMS ミラーから反射されたビームが、入力光学経路から離れる方向へ、また入力側で使用され出力光学系として作用する光学要素にほぼ等価の光学要素 135 の完全に別々のセットの方へ変えられるように、垂直入射とかなり異なる入射角度で整列される。上述のように、個々の MEMS ミラー 130 は、出力部分 137 上の望ましい経路に沿って個々のビームを操縦するためにおおよそ平均的整列方向へ小さい角度で傾けられる。出力光学システムは、好ましい幾何学的な形態

に従い、またその幾何学的な形態の実現可能性に従って、入力面から水平方向又は垂直方向のいずれかに変位できる。

【 0 0 6 5 】

図 1 4 を参照すると、本発明の反射型の実施例に使用されるビーム操縦モジュールのさらに好ましい実施例が示されている。この実施例によると、ビーム操縦は、波長成分ごとにフェーズド線形アレイを有するシリコン上フェーズドアレイ液晶（ＬＣＯＳ）装置の使用によって生成できる。次いで、線形フェーズドアレイは、波長ごとにフェーズド線形アレイの種々のピクセルに適用される位相シフトに従ってその波長に望ましい方向にビームを方向付けるためにプログラムされる。完全な二次元ＬＣＯＳアレイは、その結果、装置の波長チャネルの全てを方向付けることができる。

10

【 0 0 6 6 】

図 1 4 において、ＬＣＯＳビーム操縦組立体の単一の波長チャネルの概略図が示されている。この組立体は、好ましくは、各々の波長チャネルの望ましい透過、ブロック又は減衰状態を選択するピクセル化された液晶偏光回転アレイ 1 4 1 と、システムで偏光選択の組合せの消光比を上昇させるオプションの線形偏光素子 1 4 2 と、図 1 4 に示される特定の波長ピクセルからそのピクセルを通して選択操縦角度で戻るビームを反射的に操縦するために、ピクセル化されたＣＭＯＳ駆動アレイの上に堆積された好ましくは液晶材料の薄膜から成るＬＣＯＳアレイ 1 4 3 とを含む。操縦角度は、ＬＣＯＳアレイのＣＭＯＳピクセルによってフェーズドアレイのＬＣ素子に印加される電界に依存し、各々の電界はＬＣＯＳアレイのＬＣ層を通過する光に異なる位相シフトを生成する。アレイの連続位相シフトの構成は、フェーズドアレイ技術において知られているように操縦角度を規定する。

20

【 0 0 6 7 】

ＬＣＯＳビーム操縦フェーズドアレイの別の好ましい実施例によると、別個のピクセル化された液晶偏光回転アレイ 1 4 1 の必要性をなくし、ＬＣＯＳアレイ上のＬＣ層によって減衰及び操縦機能の両方を実行することができる。所望の減衰は、入射ビームの一部がＬＣＯＳアレイから鏡面的に反射されず、したがって切換ビームが操縦されることと同様に減衰もされるように、反射位相パターンを最適値未満になるように調節することによって、又は最適効率でフェーズドアレイを操縦するが出力ビームが完全に出力ポートに重複していないように操縦方向をわずかに調節することによって、達成することができ、それにより出力ビームの一部のみが図 5 C 及び図 5 D の実施例に示されるように結合する。この実施例はビーム操縦モジュールを簡易にするが、その制御はより複雑である。

30

【 0 0 6 8 】

図 1 4 の好ましい実施例において、ビーム操縦モジュールは 1 つの入力ポートと 3 つの出力ポートとで示されるが、本発明の ＭＥＭＳ の実施例に関して上述のように、この区分は名ばかりであり、入力ポートであるか出力ポートであるかを問わず、いずれのポートもいずれの機能に対しても使用することができる。ＷＳＳによって取り扱われる他の波長チャネルのためのビーム操縦アレイは、図 1 4 の図面に対して垂直な方向に配置されている。

【 0 0 6 9 】

かかる ＬＣＯＳフェーズドアレイで達成可能な操縦角度は非常に小さく、一般に数 1 0 分の 1 度程度である。図 1 4 において、この実施例の動作を見えるようにするために、偏向角度は誇張された。したがって、補助ビーム偏向素子 1 4 4（その機能は、偏向ビームを分解でき、またビーム操縦アレイが事実上使用できるように、ビーム偏向角を増加させることである）なしで実際に ＬＣＯＳビーム操縦アレイを使用することは、通常、難しい。本発明がこれらの解決手法に限られることを意図していないことを理解すべきであるが、かかる偏向拡大装置は、望ましくは、回折光学素子（ＤＯＥ）、ホログラフィック素子、又は連続した一連の反射面（各連続反射器は達成される偏向角度を 2 倍にする）、又は発散プリズム構成を使用して、構成することができる。

40

【 0 0 7 0 】

本発明の ＷＳＳ の上記実施例のいずれでも、実用的なシステムで装置の有用性を強化す

50

る多数の補助機能を含むことができる。望ましくは出力ポート又はドロップポートで、チャンネルパワー監視はビームパワーのわずかな比率を分離することによって実行することができ、外部へ接続されるこのパワーは各々のチャンネルで出力パワーを決定するために使用される検出器アレイ上へ方向付けすることができる。その上、チャンネル入力としてファイバーの平面配列を使用するそれらの実施例において、公知であるように、信号はV溝入力ブロックを使用することによって、予め定義された横方向の位置のWSSに入力することができる。また、9ミクロン間隔のチャンネルを有するシリコン導波アレイを入力で使用するができ、それにより、装置のサイズを軽減する。したがって、入力ビームを焦束するためのマイクロレンズアレイの使用は有利である。

【産業上の利用可能性】

10

【0071】

当業者は、本発明がここに特に示されたこと及び記載されたことによって制限されないことを理解する。むしろ、本発明の範囲は、ここに記載される種々の特徴の組み合わせ及び部分組み合わせの両方、並びに、上記記載を理解するとき、先行技術でない、当業者が思いつく改変例及び修正例を含む。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】本発明の第1の好ましい実施例に従う、光学的波長ルータの機能の概略ブロック図。

【図2】ビーム操縦を使用して図1の反射型の実施例の構造の概略図。

20

【図3】本発明の別の好ましい実施例に従って構成されかつ動作可能な反射型波長選択ルータの概略的な構成要素の配置を示す概略平面図。

【図4A】構成要素を詳細に示す、図3の反射型波長選択ルータのさらに概略的な図。

【図4B】構成要素を詳細に示す、図3の反射型波長選択ルータのさらに概略的な図。

【図5A】図3のルータに使用されるMEMSベースのビーム操縦焦点面モジュールの頂部からの概略図。

【図5B】図3のルータに使用されるMEMSベースのビーム操縦焦点面モジュールの側部からの概略図。

【図5C】衝突しないビーム操縦形態を提供する、本発明の別の好ましい実施例の概略図。

30

【図5E】衝突しないビーム操縦形態を提供する、本発明の別の好ましい実施例の概略図。

【図6A】図3のルータに使用される液晶/複屈折プリズムベースのビーム操縦焦点面モジュールの側部からの概略図。

【図6B】図3のルータに使用される液晶/複屈折プリズムベースのビーム操縦焦点面モジュールの側部からの概略図。

【図7A】図6Bに図示されるものに類似するが、異なる楔配置を示す透過性ビーム操縦モジュールの概略図。

【図7B】図6Bに図示されるものに類似するが、異なる楔配置を示す透過性ビーム操縦モジュールの概略図。

40

【図8A】本発明の好ましい実施例に従うルータのファイバーインタフェースモジュールの側部の概略図。

【図8B】本発明の好ましい実施例に従うルータのファイバーインタフェースモジュールの前部の概略図。

【図9】入力ビームのアレイの高さを縮小する逆望遠鏡を含むファイバーインターフェース入力モジュールの概略側面図。

【図10】図9のファイバーインターフェース入力モジュールの逆望遠鏡の位置のための他の形態の概略側面図。

【図11A】ビーム操縦を使用して、本発明の別の実施例に従って構成されかつ動作可能な波長選択アド/ドロップルータモジュールの概略図。

50

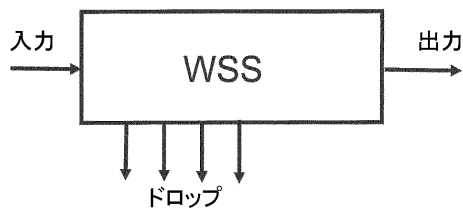
【図 1 1 B】ビーム操縦を使用して、本発明の別の実施例に従って構成されかつ動作可能な波長選択アド/ドロップルータモジュールの概略図。

【図 1 2】図 1 1 A 及び図 1 1 B のルータの入力/出力ポートと他のポートのいずれかとの間のビームを方向付ける、MEMSミラーによって発生される異なる操縦角度の図。

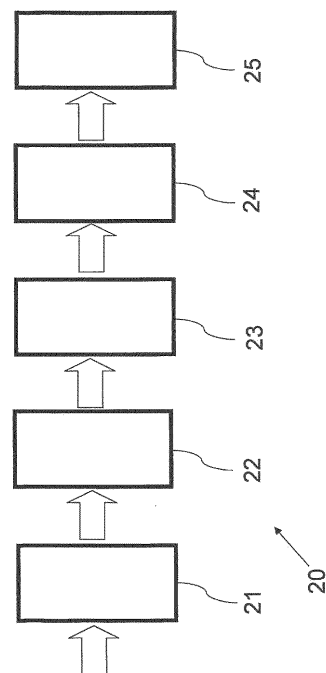
【図 1 3】ミラーからの反射に基づいて、MEMS装置が本発明のルータの透過型の実施例において使用される、本発明の別の好ましい実施例の図。

【図 1 4】シリコン上フェーズドアレイ液晶(LCOS)装置を使用して、本発明の反射型の実施例に使用されるビーム操縦モジュールの別の好ましい実施例の図。

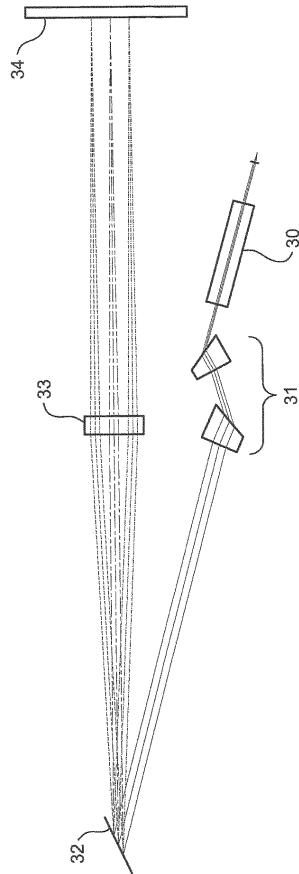
【図 1】



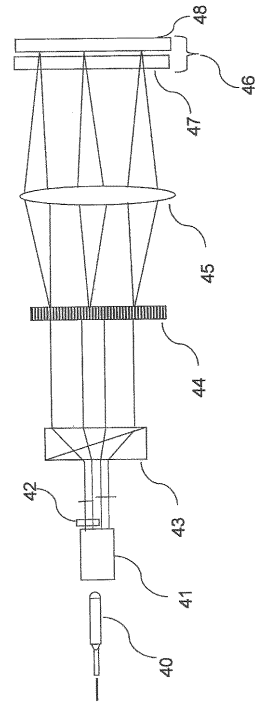
【図 2】



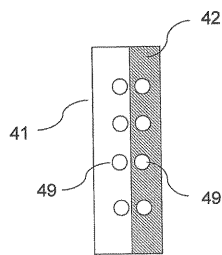
【図 3】



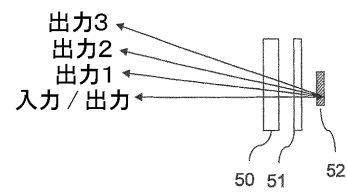
【図 4 A】



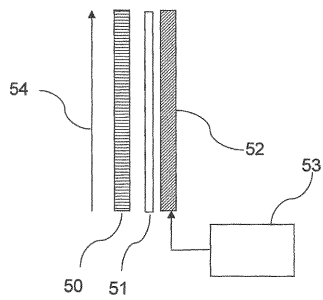
【図 4 B】



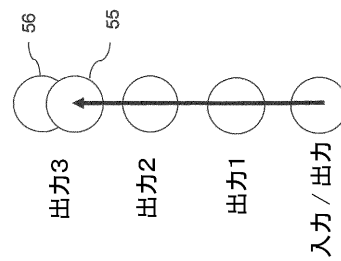
【図 5 B】



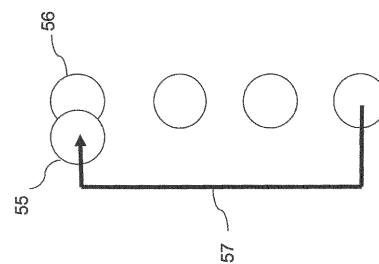
【図 5 A】



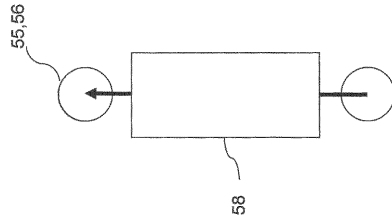
【図 5 C】



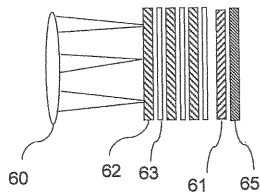
【図 5 D】



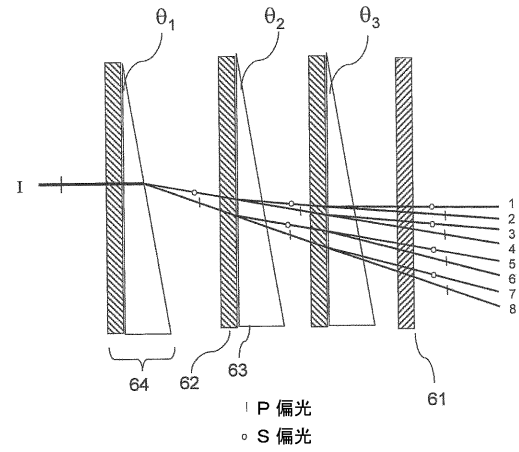
【図 5 E】



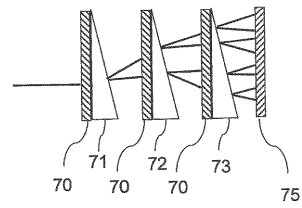
【図 6 A】



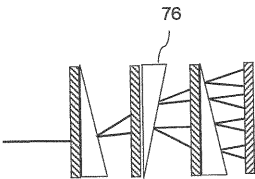
【図 6 B】



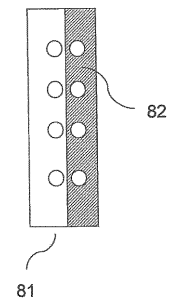
【図 7 A】



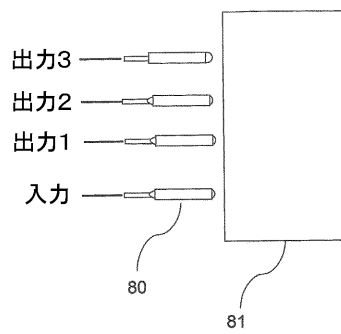
【図 7 B】



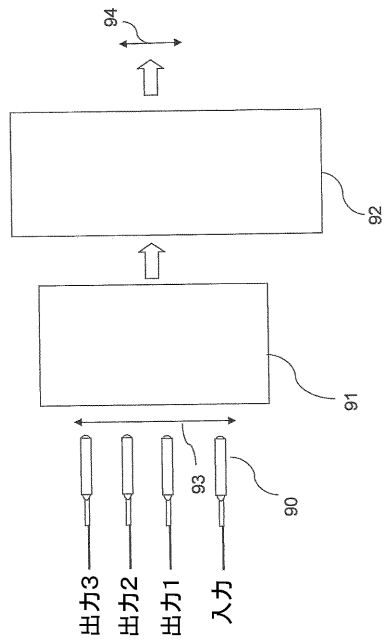
【図 8 B】



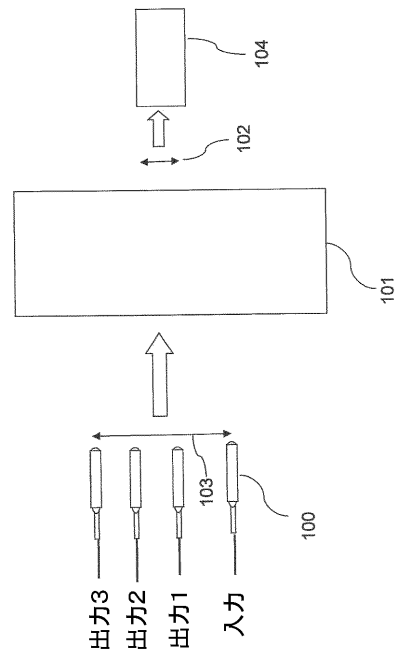
【図 8 A】



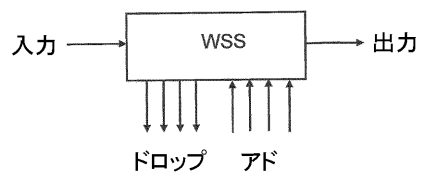
【図 9】



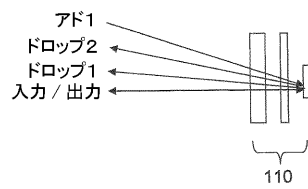
【図 10】



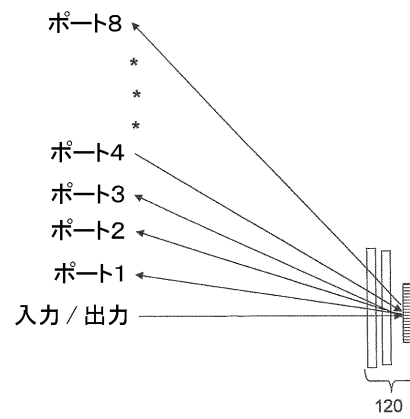
【図 11 A】



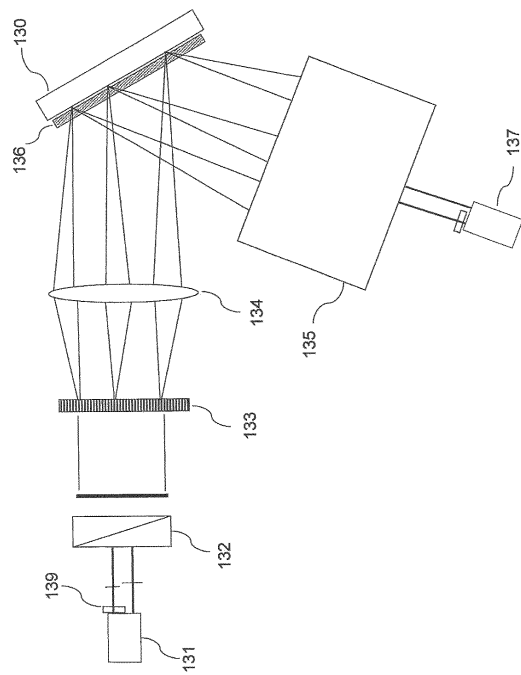
【図 11 B】



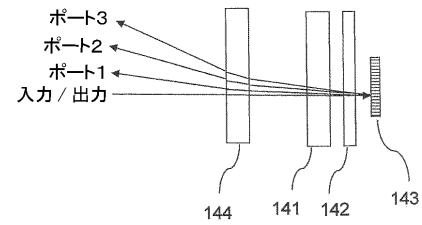
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(72)発明者 スー セオンウー

アメリカ合衆国 07828 ニュージャージー州 マウント オリーブ クレストウッド サー
クル 14

(72)発明者 コレム ヨッシ

イスラエル国 シエメッシュ ベイト 99590 ハチャザブ ストリート 2エー

審査官 吉田 英一

(56)参考文献 特表2005-502080(JP,A)

国際公開第2005/052507(WO,A1)

米国特許出願公開第2006/0067611(US,A1)

特開平07-261203(JP,A)

特表平08-510564(JP,A)

特表2003-515187(JP,A)

特開2003-262822(JP,A)

特開2002-262318(JP,A)

特表2008-536168(JP,A)

特表2007-519010(JP,A)

特表2004-532544(JP,A)

特開2006-184472(JP,A)

特開2006-106304(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 26/00-26/08