

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4528112号
(P4528112)

(45) 発行日 平成22年8月18日 (2010. 8. 18)

(24) 登録日 平成22年6月11日 (2010. 6. 11)

(51) Int. Cl. F 1
G 0 2 B 26/08 (2006. 01) G O 2 B 26/08 E

請求項の数 9 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2004-376932 (P2004-376932)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成16年12月27日 (2004. 12. 27)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2006-184472 (P2006-184472A)	(74) 代理人	100092978 弁理士 真田 有
(43) 公開日	平成18年7月13日 (2006. 7. 13)	(72) 発明者	青田 宏史 神奈川県横浜市港北区新横浜三丁目9番18号 富士通ネットワークテクノロジーズ株式会社内
審査請求日	平成19年10月16日 (2007. 10. 16)	(72) 発明者	赤司 保 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		審査官	井上 徹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光スイッチ並びに光スイッチの制御装置及び制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

波長多重光を波長に応じて分光する分光素子と、
前記分光素子による波長の分光方向とは異なる方向に配列された複数の出力ポートと、
該分光素子で分光された光がそれぞれ入射されるとともに、反射面の角度を変えることにより反射光を該複数の出力ポートのいずれかに導くことが可能な、前記分光方向に配列された複数のミラーと、
第1の出力ポートに入射している該反射光の入射位置を前記第1の出力ポートに隣接しない第2の出力ポートに変更する際、該反射光が前記第2の出力ポート以外の出力ポートに入射しないように、該反射光の入射位置を、前記複数の出力ポートの配列方向に変化させてから前記複数の出力ポートの配列方向に垂直な方向に変化させることにより前記第1の出力ポート外へ移動させ、前記複数の出力ポートの配列方向に垂直な方向に変化させてから前記複数の出力ポートの配列方向に変化させることにより前記第2の出力ポート内へ移動させるように、前記複数のミラーのうち対応するミラーの反射面の角度を制御する制御装置と、
をそなえたことを特徴とする、光スイッチ。

【請求項2】

波長多重光を波長に応じて分光する分光素子と、前記分光素子による波長の分光方向とは異なる方向に配列された複数の出力ポートと、該分光素子で分光された光がそれぞれ入射されるとともに、反射面の角度を変えることにより反射光を該複数の出力ポートのい

れかに導くことが可能な、前記分光方向に配列された複数のミラーとをそなえた光スイッチの制御装置であって、

第1の出力ポートに入射している該反射光の入射位置を前記第1の出力ポートに隣接しない第2の出力ポートに変更する際、該反射光が前記第2の出力ポート以外の出力ポートに入射しないように、該反射光の入射位置を、前記複数の出力ポートの配列方向に変化させてから前記複数の出力ポートの配列方向に垂直な方向に変化させることにより前記第1の出力ポート外へ移動させ、前記複数の出力ポートの配列方向に垂直な方向に変化させてから前記複数の出力ポートの配列方向に変化させることにより前記第2の出力ポート内へ移動させるように、前記複数のミラーのうち対応するミラーの反射面の角度を制御するミラー制御手段をそなえたことを特徴とする、光スイッチの制御装置。

10

【請求項3】

該ミラーが、該ミラーの配列方向及び当該配列方向と直交する方向にそれぞれ該反射面の角度を変更しうるよう2軸動作可能に構成されたことを特徴とする、請求項2記載の光スイッチの制御装置。

【請求項4】

該ミラー制御手段が、

前記第1の出力ポートに入射している該反射光の入射位置を前記複数の出力ポートの配列方向に変化させる際、前記第1の出力ポートに隣接する出力ポートにおける光パワーをモニタし、そのモニタ値が許容クロストークレベルを超えないように該ミラーの反射面の角度を制御するように構成されていることを特徴とする、請求項3記載の光スイッチの制御装置。

20

【請求項5】

該ミラー制御手段が、

前記第1の出力ポートに隣接する出力ポートにおける光パワーが許容クロストークレベルを超えないようにあらかじめ決められた設計角度となるように該ミラーの反射面の角度を制御するように構成されていることを特徴とする、請求項3記載の光スイッチの制御装置。

【請求項6】

該出力ポート間の距離が、該ミラー制御手段による前記第1の出力ポートに隣接する出力ポートへ向けての該入射位置の移動時に、移動元の出力ポートにおける光透過帯域特性が所定の設計減衰レベル以下になり、かつ、上記隣接する出力ポートにおける光透過帯域特性が許容クロストークレベルを超えない範囲となるよう設定されていることを特徴とする、請求項3記載の光スイッチの制御装置。

30

【請求項7】

波長多重光を波長に応じて分光する分光素子と、前記分光素子による波長の分光方向とは異なる方向に配列された複数の出力ポートと、該分光素子で分光された光がそれぞれ入射されるとともに、反射面の角度を変えることにより反射光を該複数の出力ポートのいずれかに導くことが可能な、前記分光方向に配列された複数のミラーとをそなえた光スイッチの制御方法であって、

第1の出力ポートに入射している該反射光の入射位置を前記第1の出力ポートに隣接しない第2の出力ポートに変更する際、該反射光が前記第2の出力ポート以外の出力ポートに入射しないように、該反射光の入射位置を、前記複数の出力ポートの配列方向に変化させてから前記複数の出力ポートの配列方向に垂直な方向に変化させることにより前記第1の出力ポート外へ移動させ、前記複数の出力ポートの配列方向に垂直な方向に変化させてから前記複数の出力ポートの配列方向に変化させることにより前記第2の出力ポート内へ移動させるように、前記複数のミラーのうち対応するミラーの反射面の角度を制御することを特徴とする、光スイッチの制御方法。

40

【請求項8】

該ミラー制御手段が、

前記第1の出力ポートに入射している該反射光の入射位置を変更して前記第1の出力ポ

50

ートに入力される光強度を減衰させる際、該反射光の入射位置を、前記第1の出力ポートへの該反射光の透過率が所定の設定減衰レベル以下、且つ、前記第1の出力ポートに隣接する出力ポートへの該反射光の漏れ込みが所定の許容クロストークレベルを超えない範囲で、前記複数の出力ポートの配列方向に最初に変化させるように、前記複数のミラーのうち対応するミラーの反射面の角度を制御するように構成されていることを特徴とする、請求項2～6のいずれか1項に記載の光スイッチの制御装置。

【請求項9】

前記第1の出力ポートに入射している該反射光の入射位置を変更して前記第1の出力ポートに入力される光強度を減衰させる際、該反射光の入射位置を、前記第1の出力ポートへの該反射光の透過率が所定の設定減衰レベル以下、且つ、前記第1の出力ポートに隣接する出力ポートへの該反射光の漏れ込みが所定の許容クロストークレベルを超えない範囲で、前記複数の出力ポートの配列方向に最初に変化させるように、前記複数のミラーのうち対応するミラーの反射面の角度を制御することを特徴とする、請求項7記載の光スイッチの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光スイッチ並びに光スイッチの制御装置及び制御方法に関し、特に、反射面の角度を変えることにより光路を偏向して複数の出力ポートのいずれかに反射光を導く際に用いて好適な技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、光伝送システムにおけるチャンネル切り替えは光信号から電気信号への変換後に電気スイッチにより行なわれていたが、光信号を電気信号に変換せずに、光信号として切り替えるスイッチ（光スイッチ）を用いることにより、チャンネル切り替えの速度や、効率を向上することができる。

図13、図14及び図15に光スイッチの構成を示す。なお、図13は光スイッチの模式的斜視図、図14は光スイッチの模式的側面図、図15は光スイッチの模式的上面図である。

【0003】

これらの図13～図15に示すように、光スイッチ10は、例えば、波長多重されたWDM（Wavelength Division Multiplex）光を波長に応じて（波長毎に）分光するための分光素子（分光手段）1と、アレイ状に配列された入力ポート（入力ファイバ）21、出力ポート（出力ファイバ）22および複数のコリメートレンズ〔コリメートレンズアレー（コリメート手段）〕23等を有する入出力光学系（入力光学系および出力光学系）2と、集光レンズ〔集光光学系（集光手段）〕3と、分光された複数の波長のそれぞれに対応させたMEMSミラー（光偏向手段）4を有する可動反射体70とをそなえて構成される。

【0004】

上記の分光素子1には、例えば、透過型の回折格子が用いられ、この分光素子1は、入力ポート21からWDM光を入力され、このWDM光に含まれる波長成分を波長毎に異なる方向に分散して出力する。

また、上記の可動反射体70には、上記分光素子（回折格子）1による波長の分光（分散）方向にアレイ状に配列された光偏向手段としての複数のマイクロミラー（MEMSミラー）4が設けられており、各MEMSミラー4は、上記分光素子1により分光された光のうち、その配置位置に依存する自身への入射光を反射して、入出力光学系2における複数の出力ポート22のいずれかに導く波長選択スイッチとしての機能を有している。

【0005】

出力ポート22の選択は、各MEMSミラー4の反射面の角度を変えることで行なうことができ、各MEMSミラー4それぞれ別個に反射面の角度制御を行なうことで、複数の

10

20

30

40

50

波長について別個に異なるスイッチングを行なうことができる。

例えば図 1 4 及び図 1 5 中に示すように、1つのMEMSミラー4の反射面の角度を異なる出力ポート22に反射光を導くように変化させる(例えば、ポート21, 22の配列方向に沿って変化させる)ことにより、入力ポート21から入力されたWDM光に含まれる所定の波長を出力ポート22のいずれかに振り分けることができるのである(例えば、下記特許文献1参照)。

【0006】

また、各MEMSミラー4の角度を、出力ポート22を選択する際のダイナミックな動きではなく、微小変化させることにより、出力ポート22に入力される光強度を減衰させる(つまり、光アッテネータ機能を実現する)こともできる。

なお、各MEMSミラー4は、それぞれ、2軸動作が可能、つまり、図14に示すごとく分光方向に沿った方向(横方向)及び図15に示すごとく分光方向に垂直な方向(縦方向)のいずれにもミラー角度を変化させることができるようになっている。

【特許文献1】特表2003-515187号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、出力ポート22の切り替えに際して、隣接ポート22への切り替えであれば、出力ポート22の配列に沿った方向(分光方向に垂直な方向)にMEMSミラー4のミラー角度を変化させればよいが、非隣接ポート22への切り替えが必要な場合は、隣接ポート22への光の漏れ込みを避ける必要がある。

そこで、例えば図16に模式的に示すように、MEMSミラー4のミラー角度をまず横方向(分光方向に沿った方向)に変化させてビーム位置を切り替え前の出力ポート22(22a)の位置から横方向(分光方向)に離れた位置(出力ポート21への光の漏れ込みがない位置。これを光阻止領域11と呼ぶ)に移動(矢印A参照)させた後、ミラー角度を縦方向(分光方向に垂直な方向)に変化させてビーム位置を目的の出力ポート22(22c)の中心位置に相当する位置まで直線的に移動させ(矢印B参照)、次いで、再び、ミラー角度を横方向(ただし、最初とは逆方向)に変化させてビームを目的の出力ポート22(22c)に移動、入射させる(矢印C参照)ことが考えられる。

【0008】

このようなポート切り替えによれば、出力ポート22間の距離(ピッチ)を小さく(1.5mm程度)することができる。

しかしながら、この切り替え動作では、出力ポートの切り替え(または、減衰)時の透過帯域特性が図17に示すようになる。この図17ではビームスポット径と回折の影響を含んだ帯域特性との関係を示しており、MEMSミラー4の角度を変化させたときの角度(0°, 1.2°, 1.5°, 2.0°)別の複数の特性を示している。なお、この図17において、縦軸は透過強度(dB)、横軸はMEMSミラー4の幅(分光方向の長さ)を1(±0.5)としたときの波長帯域、即ち、規格化波長帯域を表している。この図17から分かるように、MEMSミラー4の角度が大きくなるほど、中央の平坦部分よりも上に凸状の透過帯域特性、即ち、透過帯域外近傍(サイドローブ部分)に盛り上がりが発生することが分かる。

【0009】

図18にその原理を示す。

分光素子1による分光後の各ビームが中心波長であることを想定し、MEMSミラー4の中心位置に中心波長を有する各ビームがあたるように各MEMSミラー4が設定されていたとすると、実際に、WDM光に含まれる各波長が、中心波長からずれていなければ、各ビームは、図18の枠100において符号5cで示すようにMEMSミラー4の中心位置に照射されることとなる。

【0010】

しかし、分光後の各ビームの中心波長がずれた場合(ずれた成分を含む場合)は、図1

10

20

30

40

50

8の枠100において符号5bや符号5dで示す位置に照射され、さらにずれると、図18の枠100において符号5aや符号5eで示すようにMEMSミラー4の端面側(分光方向についてのMEMSミラー4の端面側)に照射されることとなる。

ここで、注目すべきは、図18の枠100において示すように、MEMSミラー4の端面付近に入射ビームが照射された場合における反射ビーム6(6a, 6e)は、入射ビーム5(5a, 5e)の一部が削られるため、回折が生じ、MEMSミラー4の中心付近に入射された場合における反射ビーム6(6b~6d)に比べて、スポット径が広がってしまうことである。

【0011】

このようにスポット径が広がってしまうと、図18の枠200において示すように、反射ビーム6の裾が盛り上がり(曲線9参照)、この裾部分では、MEMSミラー4中央付近からの反射ビーム6のパワー(曲線8参照)よりもビームパワーが大きくなる。つまり、MEMSミラー4の反射面の角度を分光方向に傾けた際には、端部で入射ビームが更に削られることとなるが、反射面を傾けることにより、反射ビーム6の裾部分のパワーをコリメートレンズ23の開口(面積)7で切り取る(符号7で示す部分に含まれる面積がその波長の透過強度となる)ことになるので、MEMSミラー4端面付近からの出力光強度の方が更に大きくなる。

【0012】

即ち、MEMSミラー4の端面(分光方向における端面)に向かうほど反射ビーム6が削られる量が増加していくために、先に説明した分光方向へのポートの切り替えに際して、回折の影響が強くなるという傾向がある。したがって、仮に回折の影響がない場合、反射光ビーム6が削られることによるビームパワーの変化のみとなるため、透過帯域特性は、台形状となるはずであるが、回折の影響を受けることによって、図17及び図18の左中央に示すような逆台形状の透過帯域特性が加わる。

【0013】

なお、異なる波長の反射ビーム6のピークが空間的に同じ位置(波長の空間分離量=0)となっているのは、図18の枠300, 400, 500, 600においてそれぞれ示すように、反射ビーム6が、集光光学系3により集光されるとともに、分光素子1における角度変更により並進化されるからである。また、図18の枠200において示す開口7の幅は、コリメートレンズ23を主とした出力光学系2までの開口を示し、コリメートレンズ23の面積に対応して幅は広くなる。

【0014】

このように、中央の平坦部分よりも上に凸状の透過帯域特性、即ち、透過帯域外近傍(サイドローブ部分)に盛り上がりをもってしまうと、光システムで用いられる場合に、光アンプによる光増幅の際に凸部分も増幅してしまうためにS/N比を劣化させてしまうという課題が生じる。これは多段接続の際に特に顕著となるために、多段接続の数が限られてしまい自由度の高いシステム構成を構築することができない。

【0015】

本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、光スイッチの透過帯域特性の帯域外近傍(サイドローブ部分)の盛り上りを抑制できるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記の目的を達成するために、以下の光スイッチ並びに光スイッチの制御装置及び制御方法を用いることができる。即ち、

(1)本発明の光スイッチは、波長多重光を波長に応じて分光する分光素子と、前記分光素子による波長の分光方向とは異なる方向に配列された複数の出力ポートと、該分光素子で分光された光がそれぞれ入射されるとともに、反射面の角度を変えることにより反射光を該複数の出力ポートのいずれかに導くことが可能な、前記分光方向に配列された複数のミラーと、第1の出力ポートに入射している該反射光の入射位置を前記第1の出力ポートに隣接しない第2の出力ポートに変更する際、該反射光が前記第2の出力ポート以外の

10

20

30

40

50

出力ポートに入射しないように、該反射光の入射位置を、前記複数の出力ポートの配列方向に変化させてから前記複数の出力ポートの配列方向に垂直な方向に変化させることにより前記第1の出力ポート外へ移動させ、前記複数の出力ポートの配列方向に垂直な方向に変化させてから前記複数の出力ポートの配列方向に変化させることにより前記第2の出力ポート内へ移動させるように、前記複数のミラーのうち対応するミラーの反射面の角度を制御する制御装置と、をそなえたことを特徴としている。

【0017】

(2) また、本発明の光スイッチの制御装置は、波長多重光を波長に応じて分光する分光素子と、前記分光素子による波長の分光方向とは異なる方向に配列された複数の出力ポートと、該分光素子で分光された光がそれぞれ入射されるとともに、反射面の角度を変えることにより反射光を該複数の出力ポートのいずれかに導くことが可能な、前記分光方向に配列された複数のミラーとをそなえた光スイッチの制御装置であって、第1の出力ポートに入射している該反射光の入射位置を前記第1の出力ポートに隣接しない第2の出力ポートに変更する際、該反射光が前記第2の出力ポート以外の出力ポートに入射しないように、該反射光の入射位置を、前記複数の出力ポートの配列方向に変化させてから前記複数の出力ポートの配列方向に垂直な方向に変化させることにより前記第1の出力ポート外へ移動させ、前記複数の出力ポートの配列方向に垂直な方向に変化させてから前記複数の出力ポートの配列方向に変化させることにより前記第2の出力ポート内へ移動させるように、前記複数のミラーのうち対応するミラーの反射面の角度を制御するミラー制御手段をそなえたことを特徴としている。

【0018】

(3) ここで、該ミラー制御手段は、いずれかの出力ポートへ該反射光を入射させる際、該ミラーの配列方向以外の方向から該反射光を移動させて入射させるべく、対応する前記ミラーの反射面の角度を該ミラーの配列方向以外の方向に変化させるように構成されていてもよい。

(4) また、該ミラー制御手段は、いずれかの出力ポートに入射している反射光の入射位置を隣接しない他の出力ポートに変更する際に、当該反射光の入射位置を該ミラーの配列方向以外の方向へ移動させてから、該ミラーの配列方向及び当該配列方向以外の方向への該入射位置の移動を組み合わせる前記光を上記他の出力ポートへ入射させるべく、該ミラーの反射面の角度を制御するように構成されていてもよい。

【0019】

(5) さらに、該ミラーは、該ミラーの配列方向及び当該配列方向と直交する方向にそれぞれ該反射面の角度を変更しうるよう2軸動作可能に構成されていてもよい。

【0020】

(6) また、該ミラー制御手段は、前記第1の出力ポートに入射している該反射光の入射位置を前記複数の出力ポートの配列方向に変化させる際、前記第1の出力ポートに隣接する出力ポートにおける光パワーをモニタし、そのモニタ値が許容クロストークレベルを超えないように該ミラーの反射面の角度を制御するように構成されていてもよい。

(7) さらに、該ミラー制御手段は、前記第1の出力ポートに隣接する出力ポートにおける光パワーが許容クロストークレベルを超えないようにあらかじめ決められた設計角度となるように該ミラーの反射面の角度を制御するように構成されていてもよい。

【0021】

(8) なお、該出力ポート間の距離は、該ミラー制御手段による前記第1の出力ポートに隣接する出力ポートへ向けての該入射位置の移動時に、移動元の出力ポートにおける光透過帯域特性が所定の設計減衰レベル以下になり、かつ、上記隣接する出力ポートにおける光透過帯域特性が許容クロストークレベルを超えない範囲となるよう設定されているのが好ましい。

(9) また、本発明に関連する技術の光スイッチの制御装置は、波長多重光を波長に応じて分光する分光素子と、複数の出力ポートと、該分光素子で分光された光がそれぞれ入射されるとともに、反射面の角度を変えることにより反射光を該複数の出力ポートのい

10

20

30

40

50

れかに導くことが可能な複数のミラーとをそなえた光スイッチの制御装置であって、いずれかの出力ポートに入射している該反射光の入射位置を変更する際、当該出力ポートにおける光透過帯域特性のサイドローブ部分についての許容透過率を超えない範囲で、前記複数のミラーのうち対応する前記ミラーの反射面の角度を該ミラーの配列方向に変化させるミラー制御手段をそなえたことを特徴としている。

【0022】

(10)さらに、本発明の光スイッチの制御方法は、波長多重光を波長に応じて分光する分光素子と、前記分光素子による波長の分光方向とは異なる方向に配列された複数の出力ポートと、該分光素子で分光された光がそれぞれ入射されるとともに、反射面の角度を変えることにより反射光を該複数の出力ポートのいずれかに導くことが可能な、前記分光方向に配列された複数のミラーとをそなえた光スイッチの制御方法であって、第1の出力ポートに入射している該反射光の入射位置を前記第1の出力ポートに隣接しない第2の出力ポートに変更する際、該反射光が前記第2の出力ポート以外の出力ポートに入射しないように、該反射光の入射位置を、前記複数の出力ポートの配列方向に変化させてから前記複数の出力ポートの配列方向に垂直な方向に変化させることにより前記第1の出力ポート外へ移動させ、前記複数の出力ポートの配列方向に垂直な方向に変化させてから前記複数の出力ポートの配列方向に変化させることにより前記第2の出力ポート内へ移動させるように、前記複数のミラーのうち対応するミラーの反射面の角度を制御することを特徴としている。

【0023】

(11)また、本発明に関連する技術の光スイッチの制御方法は、波長多重光を波長に応じて分光する分光素子と、複数の出力ポートと、該分光素子で分光された光がそれぞれ入射されるとともに、反射面の角度を変えることにより反射光を該複数の出力ポートのいずれかに導くことが可能な複数のミラーとをそなえた光スイッチの制御方法であって、いずれかの出力ポートに入射している該反射光の入射位置を変更する際、当該出力ポートにおける光透過帯域特性のサイドローブ部分についての許容透過率を超えない範囲で、前記複数のミラーのうち対応する前記ミラーの反射面の角度を該ミラーの配列方向に変化させることを特徴としている。

【0024】

(12)さらに、本発明に関連する技術の光スイッチは、入力光の分光を行なう分光部と、少なくとも2つの出力ポートとを備え、偏向手段によって分光後の光の出力先のポートを該2つの出力ポート間で切り替え可能な光スイッチにおいて、該切替の過程において、少なくとも切替元、切替先のいずれかの出力ポートの近傍部に反射光を導く際に、分光の方向と垂直な方向に反射光を移動させる過程を含み、この近傍部以外においては、分光方向に反射光を移動させる過程を含む制御を行なう制御部、を備えたことを特徴としている。

(13)また、該ミラー制御手段は、前記第1の出力ポートに入射している該反射光の入射位置を変更して前記第1の出力ポートに入力される光強度を減衰させる際、該反射光の入射位置を、前記第1の出力ポートへの該反射光の透過率が所定の設定減衰レベル以下、且つ、前記第1の出力ポートに隣接する出力ポートへの該反射光の漏れ込みが所定の許容クロストークレベルを超えない範囲で、前記複数の出力ポートの配列方向に最初に変化させるように、前記複数のミラーのうち対応するミラーの反射面の角度を制御するように構成されていてもよい。

(14)さらに、前述の光スイッチの制御方法において、前記第1の出力ポートに入射している該反射光の入射位置を変更して前記第1の出力ポートに入力される光強度を減衰させる際、該反射光の入射位置を、前記第1の出力ポートへの該反射光の透過率が所定の設定減衰レベル以下、且つ、前記第1の出力ポートに隣接する出力ポートへの該反射光の漏れ込みが所定の許容クロストークレベルを超えない範囲で、前記複数の出力ポートの配列方向に最初に変化させるように、前記複数のミラーのうち対応するミラーの反射面の角度を制御してもよい。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0025】

上記の本発明によれば、出力ポートにおける透過帯域特性における帯域外近傍（サイドローブ）の盛り上り量を非常に少なくできる。

また、それにより、S/Nを劣化させることなく光アンプによる光増幅が可能となる。

また、多段接続が可能となり、自由度の高い光システムを構築することができるようになる。

【0026】

特に、帯域特性を平坦にできるため、帯域毎に割り振られた各波長（チャンネル）同士の光レベルを均一にすることができ、波長多重された光の全帯域における信号品質の改善を図ることができるようになる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

〔A〕一実施形態の説明

図1は本発明の一実施形態としての光スイッチの構成を示す模式的側面図であって、図14と対応する図である。この図1に示すように、本実施形態の光スイッチ10も、図13～図15により前述したものと同様に、例えば、波長多重されたWDM光を波長に応じて（波長毎に）分光するための分光素子（分光手段、分光部）1と、アレイ状に配列された入力ポート（入力ファイバ）21、出力ポート（出力ファイバ）22および複数のコリメートレンズ〔コリメートレンズアレー（コリメート手段）〕23等を有する入出力光学系（入力光学系および出力光学系）2と、集光光学系（集光手段）3と、分光された複数の波長のそれぞれに対応（例えば、各チャンネルについての各中心波長のそれぞれに対応）させたMEMSミラー（光偏向手段、偏向手段）4を有する可動反射体70とをそなえて構成され、各MEMSミラー4は、制御装置（ミラー制御手段、制御部）50によって個別に制御されるようになっている。

20

【0028】

ここで、出力ポート22は、例えば一列（分光方向と垂直な方向）に並んで配置されており、光偏向手段としてのMEMSミラー4は、例えば一列（分光方向）に並んで配置されているものとする。

但し、全ての出力ポート22を一列に配置しない場合も考えられる。例えば、少なくとも2つの出力ポート22が配置されており、少なくとも1つのMEMSミラー4により、この2つの出力ポート22間でスイッチ可能な構成であれば足りる。従って、以下説明する2つの出力ポート22間の切り替えを、この2つの出力ポート22間における切り替えとして扱うこともできることに留意すべきである。

30

【0029】

なお、本実施形態においても、各MEMSミラー4は、それぞれ、少なくとも2軸動作が可能、つまり、分光方向（MEMSミラー4の配列方向）に沿った方向（横方向）及び分光方向に垂直な方向（出力ポート22の配列方向；縦方向）のいずれにもミラー角度を変化させることができるようになっている。また、以下において、既述の符号と同一符号を付して説明するものは、特に断らない限り、既述のものと同様のものである。

40

【0030】

ここで、図16により前述したのと同様に、例えば出力ポート22aに入射していた反射ビーム6の入射位置を他のポート（ここでは、非隣接ポートであるが隣接ポートであってもよい）である出力ポート22cに切り替える場合、本実施形態においては、制御装置50によって、例えば図2に模式的に示すごとく、まず、分光方向とは異なる方向（例えば分光方向に垂直な方向）にミラーの反射面を傾け、その後隣接ポートを迂回して非隣接ポートに導くようにMEMSミラー4のミラー角度を制御する。

【0031】

好ましくは、非隣接ポートに導く際にも、分光方向とは異なる方向に向けられたミラー

50

の反射面を最終的に分光方向に傾けるようにMEMSミラー4のミラー角度を制御する。

即ち、制御装置50は、まず、MEMSミラー4のミラー角度を縦方向（例えば分光方向に垂直な方向）に変化させて隣接する出力ポート22bへ向かう方向（分光方向に垂直な方向）に反射ビーム6の入射位置を移動させる（矢印A参照）。なお、このときの移動量は、隣接する出力ポート22bへの光の漏れ込みが例えば図5により後述する許容クロストークレベルを超えない範囲に制御される。より詳細には、制御装置50は、例えば、出力ポート22bへの入射光のパワーをモニタしながら、そのモニタ値が許容クロストークレベルを超えない範囲でミラー角度を制御してビーム位置を移動させる場合と、あらかじめ許容クロストークレベルを超えないよう決められた設計値位置まで移動させる（つまり、前記許容クロストークレベルを超えないようあらかじめ決められた設計角度となるようにMEMSミラー4の反射面の角度を制御する。以下、同じ）2通りの方法が可能である。

10

【0032】

次いで、制御装置50は、上記ミラー角度を今度は横方向（例えば、分光方向）に変化させてビーム入射位置を光阻止領域11へ移動させた後（矢印B参照）、さらに上記ミラー角度を縦方向に変化させて光阻止領域11上を直線的に目的の出力ポート22c側へ移動（例えば、分光方向と垂直な方向に移動）させる（矢印C参照）。このとき、出力ポート22b、22c間にビーム位置を移動させた場合に目的出力ポート22cと隣接する出力ポート22bへの光の漏れ込みが前記許容クロストークレベルを超えない位置（矢印Eの始点）に相当する光阻止領域11上の位置まで、ビーム位置を移動させる。詳細には、この場合も、制御装置50は、例えば、出力ポート22bへの入射光のパワーをモニタしながら、そのモニタ値が許容クロストークレベルを超えない位置までミラー角度を制御してビーム位置を移動させる場合と、あらかじめ許容クロストークレベルを超えないよう決められた設計値位置まで移動させる2通りの方法が可能である。

20

【0033】

そして、制御装置50は、再度、上記ミラー角度を横（分光）方向（ただし、最初の横方向変化とは逆方向）に変化させてビーム位置を直線的に目的の出力ポート22cの中心に相当する位置まで移動させ（矢印D参照）、最後に、再度、上記ミラー角度を縦方向（分光方向に垂直な方向）に変化させてビーム位置を目的の出力ポート22cの中心に移動させる（矢印E参照）。

30

【0034】

即ち、制御装置50は、切替先の出力ポート22cへ反射光を入射させるように切替を行う際に、切替元の出力ポート22aの中心部に導いていた光をまず、MEMSミラー4の配列方向（横方向）以外の方向（縦方向）に移動させ、更に、切替先の出力ポート22cまでの間に介在する他の出力ポートを迂回（回避）しながら移動させ、最終的には、MEMSミラー4の配列方向（横方向）以外の方向（縦方向）に移動させて切替先の出力ポート22cの中心部に光を導くのである。

【0035】

以上のように、ポート切り替え（又は、減衰）動作において、隣接するポート方向（縦方向）への光の偏向動作を初期に行なうことで、当該方向と垂直な方向（横方向）への光の偏向動作を行なった場合に比して、透過帯域特性における帯域外近傍（サイドローブ部分）の盛り上り量を非常に少なくすることができる。同様に、最終的に、目的の出力ポート22cへビーム位置を移動させる場合にも、縦方向に移動させることで、横方向への偏向動作で移動させて目的の出力ポート22cへ入射させる場合に比して、透過帯域特性における帯域外近傍の盛り上り量を非常に少なくすることができる。

40

【0036】

これは、例えば図3に符号A、B、C、Dで模式的に示すように、分光方向（波長分散方向）、つまり、MEMSミラー4の光反射面上でのビーム移動方向が横方向（分光方向に沿った方向）なために、横方向ではビーム6の削られと同時に回折の影響が発生する（符号B参照）のに対して、縦方向（分光方向と垂直な方向）ではビーム6の削られがビー

50

ム縦方向の中心線 60 を過ぎてから（符号 D 参照）回折の影響が発生するからである。

【0037】

即ち、図 4 に示すように、横方向の偏向動作では、開口 7 において図 3 中の符号 A の状態に比して図 3 中の符号 B, C, D のパワーの上回りが大きく、透過帯域特性における帯域外近傍の盛上りが大きいものに対して、縦方向の偏向動作では、開口 7 において図 3 中の符号 A の状態に比して図 3 中の符号 B, C, D のパワーの上回りが小さく、例えば図 5 に示すように、透過帯域特性における帯域外近傍の盛上りが小さいのである。なお、この図 5 に示す各特性は、上から順に、MEMS ミラー 4 の傾きが 0° 、 0.2° 、 0.3° のときの透過帯域特性をそれぞれ示している。

【0038】

したがって、上述のごとく、隣接するポート方向（縦方向）への光の偏向動作を初期に行なってから、当該方向と垂直な方向（横方向）への光の偏向動作を行なうとともに、目的の出力ポート 22 へのビーム位置の移動に際しても、縦方向への光の偏向動作でビーム位置を移動させて入射させることで、透過帯域特性における帯域外近傍の盛上り量を非常に少なくできるのである。

【0039】

その結果、S/N を劣化させることなく光アンプによる光増幅が可能となるために、多段接続が可能となり、自由度の高い光システムを構築することができるようになる。特に、帯域特性を平坦にできるため、帯域毎に割り振られた各チャンネル同士の光信号レベルを均一にすることができ、多重化された光信号の全帯域における信号品質の改善を図ることができるようになる。

【0040】

なお、隣接する出力ポート 22 への切り替えを行なう場合は、光阻止領域 11 へビーム位置を移動させることなく、直接、目的の出力ポート 22 へビーム位置を移動させればよい。

ところで、上述のごとく縦方向の偏向動作を行なう場合には、隣接する出力ポート 22 へ向けてビーム 6 を移動させるため、設計減衰レベル及び許容クロストークレベルに基づいてポート間距離の最適化を行なう必要がある。即ち、例えば図 6 中右側に示すように、ある設計減衰レベル及び許容クロストークレベルが定められている場合、縦方向への偏向動作時において、移動元の出力ポート（初期接続ポート）22 へのビーム 6 の透過率〔透過強度（透過帯域特性：曲線 40 参照）〕が前記設定減衰レベル以下になる範囲で、かつ、隣接ポート 22 へのビーム 6 の漏れ込み（透過帯域特性：曲線 50 参照）が前記許容クロストークレベルを超えない範囲となるように、ポート間距離を設計（設定）する。なお、曲線 40 は、MEMS ミラー 4 を縦方向に約 0.2° 傾けたときの透過帯域特性を表し、曲線 50 は、MEMS ミラー 4 を縦方向に約 0.3° 、横方向に約 2.5° 傾けたときの透過帯域特性を現している。

【0041】

このため、ポート間ピッチは、従来（最小ピッチ）よりも広げる必要がある。

このように、ポート間距離を設計することにより、例えば図 7 に示すように、初期の縦方向への偏向動作（矢印 A 参照）においては、その始点と終点でそれぞれ曲線 80, 90 に示すような透過帯域特性を有することになり、透過帯域外近傍で盛上がりの少ない平坦な特性を得ることができ、その後の横方向への偏向動作では、その終点において曲線 100 に示すような、透過帯域外近傍で盛上がりのある透過帯域特性を有するが、光阻止領域 11 による光阻止レベル以下の範囲にあるため、その影響を受けない。なお、終期の縦方向（目的出力ポート）への偏向動作（矢印 E 参照）においても同様である。また、図 7 において、曲線 80 は MEMS ミラー 4 の傾きが 0° 、曲線 90 は MEMS ミラー 4 の傾きが約 0.25° 、曲線 100 は MEMS ミラー 4 の傾きが縦方向に約 0.3° で横方向に約 2.0° のときの透過帯域特性をそれぞれ示している。

【0042】

（A1）第 1 変形例

10

20

30

40

50

図8(B)に示すように、上述した各MEMSミラー4が、それぞれ、両横振り型MEMSミラーとして構成されている場合、即ち、横方向(分光方向)のいずれにもミラー角度を変更できるようになっている場合、例えば図8(A)に示すように入力ポート21及び出力ポート22を配列することができる。即ち、1個の入力ポート21に対して10個の出力ポート22(22a~22j)を2列配列する。尚、各配列は、分光方向と垂直な方向とすることができる。なお、本例においても、図6及び図7により上述したようにして各列における出力ポート22のポート間距離および各列間の距離が設計減衰レベル及び許容クロストークレベルに基づいて設計(設定)される。

【0043】

そして、この図8(A)中に示すように、右列最上段の出力ポート22に入射していた反射ビームを左列4番目の出力ポート22に入射させる場合、制御装置50は、まず、対応するMEMSミラー4のミラー角度を縦方向に変更して当該出力ポート22に入射していた反射ビームのビーム入射位置を隣接する出力ポート(右列2番目の出力ポート)22bに向けて直線的に移動させる(矢印A参照)。この場合も、制御装置50は、例えば、出力ポート22bへの入射光のパワーをモニタし、そのモニタ値が許容クロストークレベルを超えない範囲でミラー角度を制御してビーム位置を移動させる場合と、あらかじめ許容クロストークレベルを超えないよう決められた設計値位置まで移動させる2通りの方法が可能である。

【0044】

次いで、制御装置50は、上記MEMSミラー4のミラー角度を横方向に変更して反射ビームの入射位置を光阻止領域11まで直線的に移動させた後(矢印B参照)、ミラー角度を縦方向に変更して当該ビームの入射位置を直線的に目的の出力ポート22i側へ移動させる(矢印C参照)。この場合も、制御装置50は、左列の上から3番目と4番目の出力ポート22h、22i間にビーム位置を移動させた場合に目的出力ポート22iと隣接する出力ポート22hへの光の漏れ込みが前記許容クロストークレベルを超えない位置(矢印Eの始点)に相当する光阻止領域11上の位置まで、ビーム位置を移動させる。

【0045】

そして、制御装置50は、再度、上記ミラー角度を横方向(最初の横方向変化と同じ方向)に変化させてビーム位置を直線的に目的の出力ポート22の中心に相当する位置まで移動させ(矢印D参照)、最後に、再度、上記ミラー角度を縦方向に変化させてビーム位置を目的の出力ポート22の中心に移動させる(矢印E参照)。

上記とは逆に左列のいずれかの出力ポート22から右列のいずれかの出力ポート22にビーム位置を切り替える場合も、上記と同様に、まず、ミラー角度を縦方向に変更してビーム位置を隣接ポート22側へ縦方向に移動させた後、横方向及び縦方向への移動を繰り返せばよい。これは、MEMSミラー4が両横振り型であると特に容易に可能である。

【0046】

(A2)第2変形例

一方、例えば図9(B)に示すように、MEMSミラー4が分光方向の一方向にしかミラー角度を変更できない片横振り型MEMSミラーの場合は、1個の入力ポート21及び9個の出力ポート22(22a~22i)の計10個のポートを2列配列する。この場合も、図6及び図7により上述したようにして各列における出力ポート22のポート間距離および各列間の距離が設計減衰レベル及び許容クロストークレベルに基づいて設計(設定)される。

【0047】

そして、この図9(A)中に示すように、左列最上段の出力ポート22eに入射していた反射ビームを右列最上段から4番目の出力ポート22cに入射させる場合、制御装置50は、この場合も、まず、対応するMEMSミラー4のミラー角度を縦方向に変更して当該出力ポート22eに入射していた反射ビームのビーム位置を隣接する出力ポート(左列2番目の出力ポート)22fに向けて、当該出力ポート22fへの光の漏れ込みが前記許容クロストークレベルを超えない範囲の位置まで直線的に移動させる(矢印A参照)。

【 0 0 4 8 】

次いで、制御装置 5 0 は、上記 MEMS ミラー 4 のミラー角度を横方向に変更して反射ビームの入射位置を光阻止領域 1 1 まで直線的に移動させた後（矢印 B 参照）、ミラー角度を縦方向に変更して当該ビームの入射位置を直線的に目的の出力ポート 2 2 c 側へ移動させる（矢印 C 参照）。詳細には、右列の上から 3 番目と 4 番目の出力ポート 2 2 b, 2 2 c 間にビーム位置を移動させた場合に目的出力ポート 2 2 c と隣接する出力ポート 2 2 b への光の漏れ込みが前記許容クロストークレベルを超えない位置（矢印 E の始点）に相当する光阻止領域 1 1 上の位置までビーム位置を移動させる。

【 0 0 4 9 】

そして、制御装置 5 0 は、再度、上記ミラー角度を横方向（最初の横方向変化と同じ方向）に変化させてビーム位置を直線的に目的の出力ポート 2 2 c の中心に相当する位置まで移動させ（矢印 D 参照）、最後に、再度、上記ミラー角度を縦方向に変化させてビーム位置を目的の出力ポート 2 2 c の中心に移動させる（矢印 E 参照）。

（ A 3 ）第 3 変形例

上述した実施形態及び各変形例では、1 回の横方向へのミラー角度変化によって、ビーム位置を移動元の出力ポート 2 2 から光阻止領域 1 1 へ移動させる、あるいは、光阻止領域 1 1 から目的の出力ポート 2 2 へ移動させているが、例えば図 1 0 に示すように、1 回のミラー角度の変化量を微小にして 1 回のビーム移動量を微小にして、MEMS ミラー 4 のミラー角度を縦方向及び横方向に交互に複数回変化させることによって、移動元の出力ポート 2 2 a から光阻止領域 1 1 まで、あるいは、光阻止領域 1 1 から目的の出力ポート 2 2 c までの間、ビーム位置を階段状に移動させてもよい。

【 0 0 5 0 】

このようにすれば、図 2 や図 8, 図 9 により前述した制御を行なう場合に比して、ポート間ピッチをより短くすることができるので、光スイッチ 1 0 の規模を縮小することができる。尚、この実施例であっても、切替を開始する最初の過程では、まず、分光方向と垂直な方向へ反射光を移動させ、切替を終了する最後の過程では、まず、分光方向と垂直な方向へ反射光を移動させている。

【 0 0 5 1 】

（ A 4 ）第 4 変形例

また、例えば図 1 7 により前述した透過帯域特性における凸状高さ（サイドローブ部分の盛り上がり量）の許容量によっては、図 1 1 に示すごとく、ミラー角度を最初に横方向に変化させてビーム位置を横方向に移動させることもできる。例えば、前記盛り上がり量として 5 dB までは許容できるとした場合、制御装置 5 0 は、前記盛り上がり量が 5 dB を超えない範囲で最初にビーム位置を横方向に移動させることが可能となる。その後は、例えば図 1 0 の場合と同様に、縦方向及び横方向の移動を交互に繰り返すことによって、光阻止領域 1 1 を経由して目的の出力ポート 2 2 c へビーム位置を移動させる。

【 0 0 5 2 】

（ A 5 ）第 5 変形例

上述した例では、最初又は最後にビーム位置を縦方向に移動させる際、隣接する出力ポート 2 2 方向（例えば図 2 の紙面下方向）に向けて移動させているが、制御装置 5 0 によって対応する MEMS ミラー 4 の角度制御を行なって、例えば図 1 2 に示すようなビーム位置の移動を行なうこともできる。

【 0 0 5 3 】

即ち、図 1 2 に示すように、出力ポート 2 2 a に入射しているビームを出力ポート 2 2 c に入射させる場合、最初に隣接する出力ポート 2 2 とは反対の方向（図 1 2 では入力ポート 2 1 の方向）へ、入力ポート 2 1 への漏れ光が許容クロストークレベル以下となる範囲で、ビーム位置を移動させた後（矢印 A 参照）、光阻止領域 1 1 へビームを直線的に移動させ（矢印 B 参照）、光阻止領域 1 1 上を目的の出力ポート 2 2 c に向けてビーム位置を目的の出力ポート 2 2 c を通り過ぎるまで直線的に移動させ（矢印 C 参照）、最終的に、最初の縦方向動作と同じ方向から縦方向に目的の出力ポート 2 2 c の中心部にビームを

10

20

30

40

50

導く(矢印D, E参照)。かかる制御は、例えば、両端に位置する出力ポート22間の切り替えを行なう場合に有効と思料される。

【0054】

なお、本発明は、上述した実施形態に限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できることはいうまでもない。

例えば、上述した例においては、ビーム位置の初期又は終期での移動時に、分光方向(MEMSミラー4の配列方向)と直交する方向(ポート配列方向)にMEMSミラー4のミラー角度を変更してビーム位置を縦方向に移動させているが、分光方向以外の方向に移動させることでも、或る程度の透過帯域特性の平坦化が期待できる。

【0055】

以上の全ての実施形態を考慮すると、好ましくは、入力光の分光を行なう分光部1と、少なくとも2つの出力ポート22とを備え、偏向手段4によって分光後の光の出力先のポート22を該2つの出力ポート22間で切り替え可能な光スイッチ10において、少なくとも切替元、切替先のいずれかの出力ポート22の近傍部(例えば、図2、図6~図12における点線円参照)に反射光を導く際に、分光の方向と垂直な方向に反射光を移動させる第1の過程を含み、この近傍部以外においては、分光方向に反射光を移動させる第2の過程を含む、ようにするのである。

【0056】

このように、第1の過程を含ませることで、先に説明した出力ポートの切り替えの際に生ずる回折の悪影響を少しでも低減することができることとなる。

{B}付記

(付記1)

波長多重光を波長に応じて分光する分光素子と、
複数の出力ポートと、

該分光素子で分光された光がそれぞれ入射されるとともに、反射面の角度を変えることにより反射光を該複数の出力ポートのいずれかに導くことが可能な複数のミラーと、

いずれかの出力ポートに入射している該反射光の入射位置を変更する際、前記複数のミラーのうち対応するミラーの反射面の角度を該ミラーの配列方向以外の方向に変化させる制御装置と、

をそなえたことを特徴とする、光スイッチ。

【0057】

(付記2)

波長多重光を波長に応じて分光する分光素子と、複数の出力ポートと、該分光素子で分光された光がそれぞれ入射されるとともに、反射面の角度を変えることにより反射光を該複数の出力ポートのいずれかに導くことが可能な複数のミラーとをそなえた光スイッチの制御装置であって、

いずれかの出力ポートに入射している該反射光の入射位置を変更する際、前記複数のミラーのうち対応するミラーの反射面の角度を該ミラーの配列方向以外の方向に変化させるミラー制御手段をそなえたことを特徴とする、光スイッチの制御装置。

【0058】

(付記3)

該ミラー制御手段が、

いずれかの出力ポートへ該反射光を入射させる際、該ミラーの配列方向以外の方向から該反射光を移動させて入射させるべく、対応する前記ミラーの反射面の角度を該ミラーの配列方向以外の方向に変化させるように構成されたことを特徴とする、付記2記載の光スイッチの制御装置。

【0059】

(付記4)

該ミラー制御手段が、

いずれかの出力ポートに入射している反射光の入射位置を隣接しない他の出力ポートに

10

20

30

40

50

変更する際に、当該反射光の入射位置を該ミラーの配列方向以外の方向へ移動させてから、該ミラーの配列方向及び当該配列方向以外の方向への該入射位置の移動を組み合わせるべく、前記光を上記他の出力ポートへ入射させるべく、該ミラーの反射面の角度を制御するように構成されたことを特徴とする、付記 2 又は付記 3 に記載の光スイッチの制御装置。

【 0 0 6 0 】

(付記 5)

該ミラーが、該ミラーの配列方向及び当該配列方向と直交する該出力ポートの配列方向にそれぞれ該反射面の角度を変更しうるよう 2 軸動作可能に構成されるとともに、該ミラー制御手段が、

いずれかの出力ポートに入射している反射光の入射位置を隣接しない他の出力ポートに変更する際に、該ミラーの反射面の角度を該出力ポートの配列方向に制御して隣接する出力ポートへ向けて該反射光の入射位置を移動させてから、該ミラーの配列方向及び該出力ポートの配列方向への該ミラーの反射面の角度制御を組み合わせるべく、該入射位置を上記他の出力ポートへ移動させるように構成されたことを特徴とする、付記 4 に記載の光スイッチの制御装置。

10

【 0 0 6 1 】

(付記 6)

該ミラー制御手段が、

上記隣接する出力ポートへ向けて該入射位置の移動させる際、上記隣接する出力ポートにおける光パワーをモニタし、そのモニタ値が許容クロストークレベルを超えないように該ミラーの反射面の角度を制御するように構成されていることを特徴とする、付記 5 に記載の光スイッチの制御装置。

20

【 0 0 6 2 】

(付記 7)

該ミラー制御手段が、

上記隣接する出力ポートにおける光パワーが許容クロストークレベルを超えないようにあらかじめ決められた設計角度となるように該ミラーの反射面の角度を制御するように構成されていることを特徴とする、付記 5 に記載の光スイッチの制御装置。

【 0 0 6 3 】

(付記 8)

該出力ポート間の距離が、該ミラー制御手段による上記隣接する出力ポートへ向けての該入射位置の移動時に、移動元の出力ポートにおける光透過帯域特性が所定の設計減衰レベル以下になり、かつ、上記隣接する出力ポートにおける光透過帯域特性が許容クロストークレベルを超えない範囲となるよう設定されていることを特徴とする、付記 5 に記載の光スイッチの制御装置。

30

【 0 0 6 4 】

(付記 9)

該ミラー制御手段が、

前記反射光の入射位置を隣接しない他の出力ポートに変更する際に、当該反射光の入射位置を該ミラーの配列方向以外の方向へ移動させてから、該入射位置を階段状に移動させるべく、該ミラーの反射面の角度を該ミラーの配列方向及び当該配列方向以外の方向へ交互に変化させるように構成されたことを特徴とする、付記 5 に記載の光スイッチの制御装置。

40

【 0 0 6 5 】

(付記 10)

波長多重光を波長に応じて分光する分光素子と、複数の出力ポートと、該分光素子で分光された光がそれぞれ入射されるとともに、反射面の角度を変えることにより反射光を該複数の出力ポートのいずれかに導くことが可能な複数のミラーとをそなえた光スイッチの制御装置であって、

いずれかの出力ポートに入射している該反射光の入射位置を変更する際、当該出力ポー

50

トにおける光透過帯域特性のサイドローブ部分についての許容透過率を超えない範囲で、前記複数のミラーのうち対応するミラーの反射面の角度を該ミラーの配列方向に変化させるミラー制御手段をそなえたことを特徴とする、光スイッチの制御装置。

【 0 0 6 6 】

(付 記 1 1)

波長多重光を波長に応じて分光する分光素子と、複数の出力ポートと、該分光素子で分光された光がそれぞれ入射されるとともに、反射面の角度を変えることにより反射光を該複数の出力ポートのいずれかに導くことが可能な複数のミラーとをそなえた光スイッチの制御方法であって、

いずれかの出力ポートに入射している該反射光の入射位置を変更する際、前記複数のミラーのうち対応する前記ミラーの反射面の角度を該ミラーの配列方向以外の方向に変化させることを特徴とする、光スイッチの制御方法。

10

【 0 0 6 7 】

(付 記 1 2)

いずれかの出力ポートへ該反射光を入射させる際、該ミラーの配列方向以外の方向から該反射光を移動させて入射させるべく、対応する前記ミラーの反射面の角度を該ミラーの配列方向以外の方向に変化させることを特徴とする、付記 1 1 記載の光スイッチの制御方法。

【 0 0 6 8 】

(付 記 1 3)

いずれかの出力ポートに入射している反射光の入射位置を隣接しない他の出力ポートに変更する際に、当該反射光の入射位置を該ミラーの配列方向以外の方向へ移動させてから、該ミラーの配列方向及び当該配列方向以外の方向への該入射位置の移動を組み合わせる前記光を上記他の出力ポートへ入射させるべく、該ミラーの反射面の角度を制御することを特徴とする、付記 1 1 又は付記 1 2 に記載の光スイッチの制御方法。

20

【 0 0 6 9 】

(付 記 1 4)

該ミラーが、該ミラーの配列方向及び当該配列方向と直交する該出力ポートの配列方向にそれぞれ該反射面の角度を変更しうるよう 2 軸動作可能に構成され、

いずれかの出力ポートに入射している反射光の入射位置を隣接しない他の出力ポートに変更する際に、該ミラーの反射面の角度を該出力ポートの配列方向に制御して隣接する出力ポートへ向けて該反射光の入射位置を移動させてから、該ミラーの配列方向及び該出力ポートの配列方向への該ミラーの反射面の角度制御を組み合わせる該入射位置を上記他の出力ポートへ移動させることを特徴とする、付記 1 3 記載の光スイッチの制御方法。

30

【 0 0 7 0 】

(付 記 1 5)

上記隣接する出力ポートへ向けて該入射位置の移動させる際、上記隣接する出力ポートにおける光パワーをモニタし、そのモニタ値が許容クロストークレベルを超えないように該ミラーの反射面の角度を制御することを特徴とする、付記 1 4 記載の光スイッチの制御方法。

40

【 0 0 7 1 】

(付 記 1 6)

該出力ポート間の距離が、上記隣接する出力ポートへ向けての該入射位置の移動時に、移動元の出力ポートにおける光透過帯域特性が所定の設計減衰レベル以下になり、かつ、上記隣接する出力ポートにおける光透過帯域特性が許容クロストークレベルを超えない範囲となるよう設定されていることを特徴とする、付記 1 4 記載の光スイッチの制御方法。

【 0 0 7 2 】

(付 記 1 7)

前記反射光の入射位置を隣接しない他の出力ポートに変更する際に、当該反射光の入射位置を該ミラーの配列方向以外の方向へ移動させてから、該入射位置を階段状に移動させ

50

るべく、該ミラーの反射面の角度を該ミラーの配列方向及び当該配列方向以外の方向へ交互に変化させることを特徴とする、付記 1 3 記載の光スイッチの制御方法。

【 0 0 7 3 】

(付記 1 8)

波長多重光を波長に応じて分光する分光素子と、複数の出力ポートと、該分光素子で分光された光がそれぞれ入射されるとともに、反射面の角度を変えることにより反射光を該複数の出力ポートのいずれかに導くことが可能な複数のミラーとをそなえた光スイッチの制御方法であって、

いずれかの出力ポートに入射している該反射光の入射位置を変更する際、当該出力ポートにおける光透過帯域特性のサイドローブ部分についての許容透過率を超えない範囲で、前記複数のミラーのうち対応する前記ミラーの反射面の角度を該ミラーの配列方向に変化させることを特徴とする、光スイッチの制御方法。

10

【 0 0 7 4 】

(付記 1 9)

入力光の分光を行なう分光部と、少なくとも 2 つの出力ポートとを備え、偏向手段によって分光後の光の出力先のポートを該 2 つの出力ポート間で切り替え可能な光スイッチにおいて、

該切替の過程において、少なくとも切替元、切替先のいずれかの出力ポートの近傍部に反射光を導く際に、分光の方向と垂直な方向に反射光を移動させる過程を含み、この近傍部以外においては、分光方向に反射光を移動させる過程を含む制御を行なう制御部、を備えた、ことを特徴とする光スイッチ。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 5 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態としての光スイッチの構成を示す模式的側面図である。

【 図 2 】 図 1 に示す光スイッチの動作（ヒットレスポート切り替え）を説明するための図である。

【 図 3 】 図 1 に示す MEMS ミラーの横方向動作と縦方向動作での透過帯域特性の違いを説明すべく MEMS ミラーへのビーム入射位置を示す図である。

【 図 4 】 図 1 に示す MEMS ミラーの横方向動作と縦方向動作での透過帯域特性の違いを説明するための図である。

30

【 図 5 】 図 1 に示す MEMS ミラーの縦方向動作でのポート切り替え動作の初期帯域特性例を示す図である。

【 図 6 】 図 1 に示す MEMS ミラーの縦方向動作でのポート間距離の設計方法を説明するための図である。

【 図 7 】 図 1 に示す MEMS ミラーの縦方向動作での初期接続ポートにおける透過帯域特性の変化例を説明するための図である。

【 図 8 】 (A) 及び (B) はいずれも本実施形態の第 1 変形例を説明するための図である。

【 図 9 】 (A) 及び (B) はいずれも本実施形態の第 2 変形例を説明するための図である。

40

【 図 1 0 】 本実施形態の第 3 変形例を説明するための図である。

【 図 1 1 】 本実施形態の第 4 変形例を説明するための図である。

【 図 1 2 】 本実施形態の第 5 変形例を説明するための図である。

【 図 1 3 】 光スイッチの模式的斜視図である。

【 図 1 4 】 光スイッチの模式的側面図である。

【 図 1 5 】 光スイッチの模式的上面図である。

【 図 1 6 】 従来の光スイッチの制御方法（ヒットレスポート切り替え）を説明するための模式図である。

【 図 1 7 】 図 1 6 に示すヒットレスポート切り替えにおける透過帯域特性例を示す図である。

50

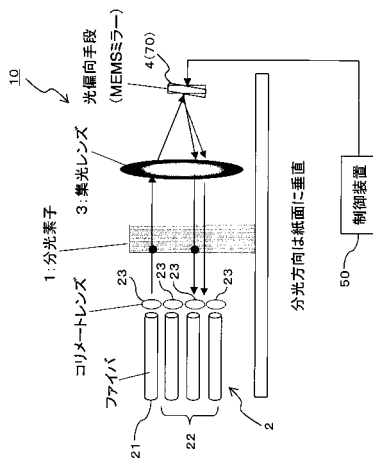
【図18】図16に示すヒットレスポート切り替えにおける透過帯域特性の原理を説明するための図である。

【符号の説明】

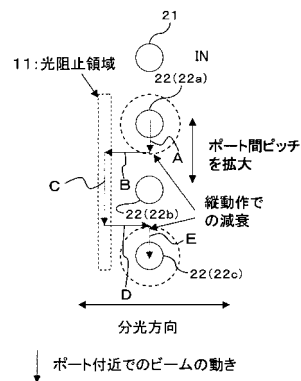
【0076】

- 1 分光素子（分光手段、分光部）
- 2 入出力光学系（入力光学系および出力光学系）
- 21 入力ポート（入力ファイバ）
- 22（22a～22j） 出力ポート（出力ファイバ）
- 23 コリメートレンズ〔コリメートレンズアレー（コリメート手段）〕
- 3 集光レンズ〔集光光学系（集光手段）〕
- 4 MEMSミラー（光偏向手段、偏向手段）
- 6 反射ビーム
- 7 開口（面積）
- 10 光スイッチ
- 11 光阻止領域
- 50 制御装置（ミラー制御手段、制御部）
- 60 中心線
- 70 可動反射体

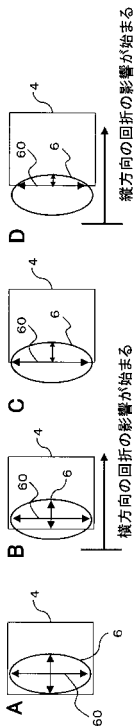
【図1】



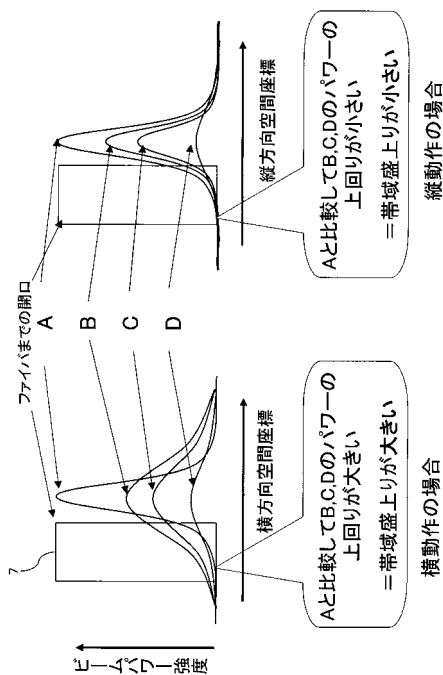
【図2】



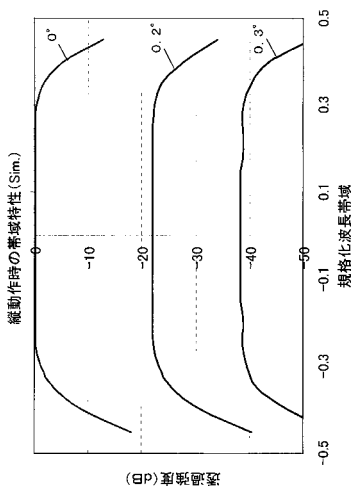
【図3】



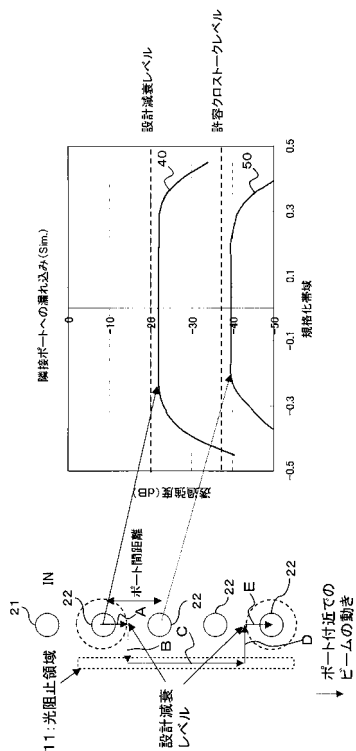
【図4】



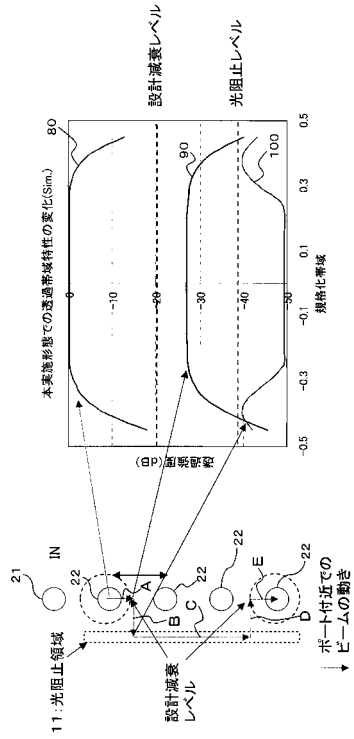
【図5】



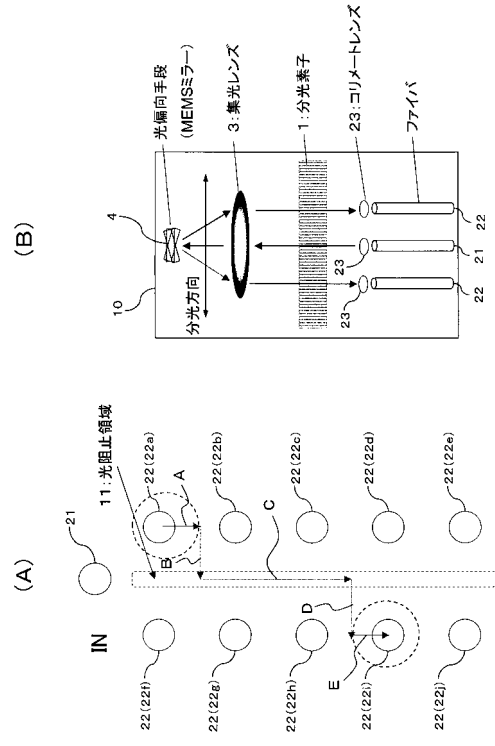
【図6】



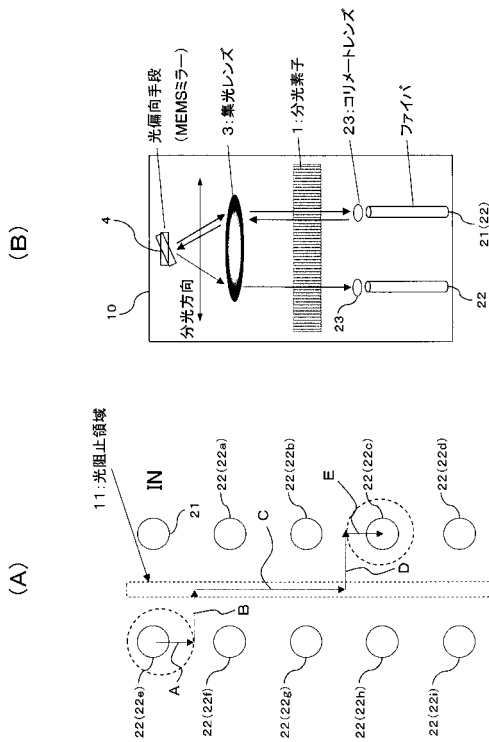
【図7】



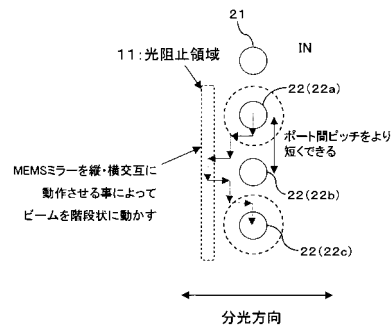
【図8】



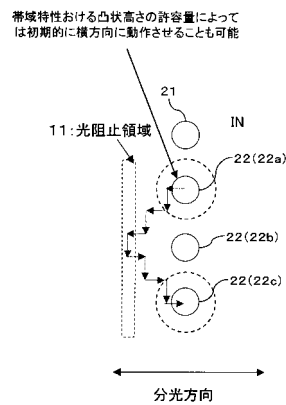
【図9】



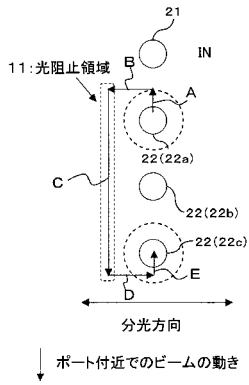
【図10】



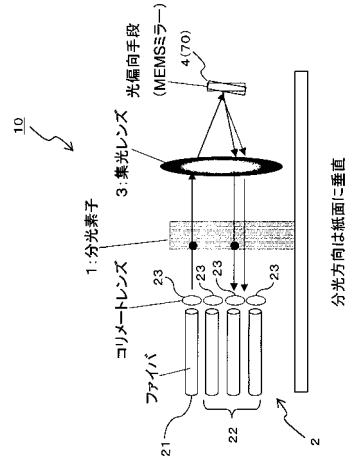
【図11】



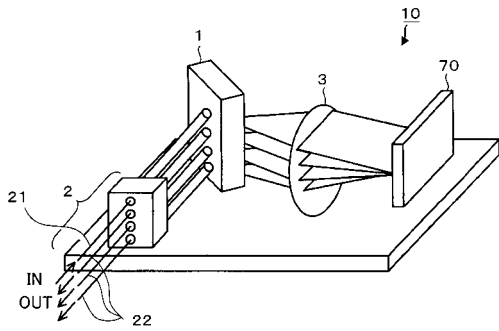
【図12】



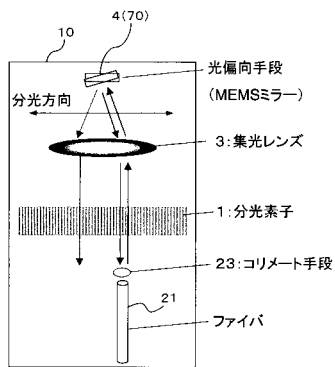
【図14】



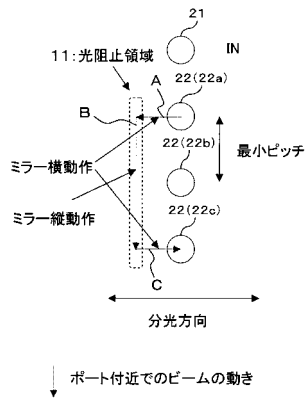
【図13】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第03/098856(WO,A2)
米国特許出願公開第2002/0071627(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
G02B 26/00 - 26/08