

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4167013号
(P4167013)

(45) 発行日 平成20年10月15日(2008.10.15)

(24) 登録日 平成20年8月8日(2008.8.8)

(51) Int.Cl.

G02B 26/08 (2006.01)

F 1

G 02 B 26/08

E

請求項の数 10 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-192121 (P2002-192121)
 (22) 出願日 平成14年7月1日 (2002.7.1)
 (65) 公開番号 特開2003-43384 (P2003-43384A)
 (43) 公開日 平成15年2月13日 (2003.2.13)
 審査請求日 平成16年12月24日 (2004.12.24)
 (31) 優先権主張番号 09/896085
 (32) 優先日 平成13年6月29日 (2001.6.29)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 596092698
 ルーセント テクノロジーズ インコーポ
 レーテッド
 アメリカ合衆国, O 7 9 7 4 - 0 6 3 6
 ニュージャージィ, マレイ ヒル, マウン
 テン アヴェニュー 600
 (74) 代理人 100064447
 弁理士 岡部 正夫
 (74) 代理人 100085176
 弁理士 加藤 伸晃
 (74) 代理人 100106703
 弁理士 産形 和央
 (74) 代理人 100096943
 弁理士 白井 伸一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】MEMS光学装置を利用するための結像技術

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の数のマイクロミラーを含む第1のマイクロ電気機械式(MEMS)装置(105、111、115、121、405、411)と、

第2の数のマイクロミラーを含む第2のマイクロ電気機械式(MEMS)装置(105、111、115、121、405、411)と、

前記第1のMEMS装置と前記第2のMEMS装置との間に光学的に結合された光システム(107、109、117、119、407、409)とを含む光スイッチであって、

前記光システムは、前記第1のMEMS装置の前記マイクロミラーの各々の画像を前記第2のMEMS装置の対応するマイクロミラーに形成するように構成された第1の結像システムであり、

前記第1のMEMS装置の前記マイクロミラーの少なくとも1つが前記第2のMEMS装置の前記マイクロミラーの少なくとも1つとグループ化され、そして、前記第1のMEMS装置の前記少なくとも1つのグループ化されたマイクロミラーからの反射角と前記第2のMEMS装置の前記少なくとも1つのグループ化されたマイクロミラーからの反射角とを組み合わせて、前記グループに対する全体有効角を形成することを特徴とする光スイッチ。

【請求項2】

前記第1の結像システムは、前記第1のMEMS装置の各前記マイクロミラーからの

10

20

光の反射角を再現することを特徴する請求項 1 に記載の光スイッチ。

【請求項 3】

前記グループに対する前記全体有効角が、前記グループの各前記マイクロミラーからの前記反射角の和であることを特徴する請求項 1 に記載の光スイッチ。

【請求項 4】

前記第 2 の M E M S 装置によって反射される光を受光する視野レンズ(113)をさらに含むことを特徴する請求項 1 に記載の光スイッチ。

【請求項 5】

前記第 2 の M E M S 装置によって反射される光を受光し、前記光が前記第 2 の M E M S 装置に戻るように反射するミラー(411)をさらに含むことを特徴する請求項 1 に記載の光スイッチ。 10

【請求項 6】

前記結像システムがテレセントリックシステムであることを特徴する請求項 1 に記載の光スイッチ。

【請求項 7】

第 3 の数のマイクロミラーを含む第 3 のマイクロ電気機械式(M E M S)装置(105、111、115、121)と、

第 4 の数のマイクロミラーを含む第 4 のマイクロ電気機械式(M E M S)装置(105、111、115、121)と、

前記第 3 の M E M S 装置の前記マイクロミラーの各々の画像を前記第 4 の M E M S 装置の対応するマイクロミラーに形成するように前記第 3 の M E M S 装置に光学的に結合された第 2 の結像システム(107、109、117、119、407、409)とをさらに有し、 20

前記第 3 の M E M S 装置の前記マイクロミラーの少なくとも 1 つが前記第 4 の M E M S 装置の前記マイクロミラーの少なくとも 1 つとグループ化され、そして、前記第 3 の M E M S 装置の前記少なくとも 1 つのグループ化されたマイクロミラーからの反射角と前記第 4 の M E M S 装置の前記少なくとも 1 つのグループ化されたマイクロミラーからの反射角とを組み合わせて、前記第 3 および第 4 の M E M S 装置のマイクロミラーの前記グループに対する全体有効角を形成することを特徴する請求項 1 に記載の光スイッチ。

【請求項 8】

第 3 の数のマイクロミラーを含む第 3 のマイクロ電気機械式(M E M S)装置(105、111、115、121)をさらに含み、

前記第 3 の M E M S 装置の前記マイクロミラーによって反射される光が、前記第 1 の M E M S 装置に結合されることを特徴とする請求項 1 に記載の光スイッチ。

【請求項 9】

第 3 の数のマイクロミラーを含む第 3 のマイクロ電気機械式(M E M S)装置をさらに含み、

前記第 2 の M E M S 装置の前記マイクロミラーによって反射される光が、前記第 3 の M E M S 装置に結合されることを特徴する請求項 1 に記載の光スイッチ。

【請求項 10】

第 1 の数のマイクロミラーを含む第 1 のマイクロ電気機械式(M E M S)装置(105、111、115、121、405、411)と、第 2 の数のマイクロミラーを含む第 2 のマイクロ電気機械式(M E M S)装置(105、111、115、121、405、411)とを含む光スイッチを作動させる方法であって、

前記第 1 の M E M S 装置を前記第 2 の M E M S 装置に結像するステップを含み、前記第 1 の M E M S 装置の少なくとも 1 つのマイクロミラーと前記第 2 の M E M S 装置の少なくとも 1 つのマイクロミラーとを 1 つのグループとして考えたときに、前記第 1 の M E M S 装置の少なくとも 1 つのマイクロミラーからの反射角と前記第 2 の M E M S 装置の少なくとも 1 つのマイクロミラーからの反射角とを組み合わせて全体有効角を形成することを特徴とする方法。 50

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、マイクロ電気機械式（MEMS）光学装置の技術に関し、さらに詳細には、MEMS装置を用いた光・光スイッチングに関する。

【0002】**【従来の技術】**

光・光スイッチングのための1つの解法は、それが傾斜可能なマイクロミラー、たとえば、光を反射することができる小型ミラー配列を含む2つのMEMS装置を用いる。本願明細書では、光とは、可視スペクトルにあるかどうかに関係なく、所定の波長における任意の放射光を指す。たとえば光ファイバの入力源から例えば出力用ファイバの出力部に供給される光の場合には、第1のMEMS光学装置にある第1のマイクロミラー、入力用ファイバに関連する第1のマイクロミラーを用いて、出力用ファイバに関連する第2のMEMS光学装置にある第2のマイクロミラーに光を向けることによって、光路が確立される。次に、第2のマイクロミラーが光を出力用ファイバへ向ける。システムに接続されている各ファイバはシステムのポートとみなされ、入力用ファイバは入力ポートであり、出力用ファイバは出力ポートである。

10

【0003】

MEMS装置を用いた光・光スイッチングの技術の問題点は、システムにおけるポート数、すなわちファイバ数を増加させるために、スイッチング機能を実現するために用いられるマイクロミラーの数を増加させる必要があったことである。上述したような先行技術においては、第1のMEMS光学装置は、その上に一体化された第1のマイクロミラーのすべてを備え、第2のMEMS光学装置は、その上に一体化された第2のマイクロミラーのすべてを備えていた。MEMS光学装置の大きさは、MEMS光学装置にあるマイクロミラーの数の1次関数であり、必要なマイクロミラーの数は、光・光スイッチで利用可能な最大ポート数に直接比例するため、光・光スイッチで利用可能な最大ポート数を増加させるためには、さらに大きなMEMS光学装置を用いる必要がある。

20

【0004】

残念なことに、生産能力および大規模実装できる大きさの制限により、現在のところ、1296個のマイクロミラーまでのMEMS光学装置に事実上制限されている。さらに、たとえ、マイクロミラーの大きさを実質的に縮小することができるとしても、依然として制御信号を各マイクロミラーに搬送させる必要があるという問題点がある。これらの制御信号はMEMS光学装置において大容量の空間を占めるため、MEMS光学装置が非常に大きくなる結果になる。さらに、各マイクロミラー用の制御信号は、その基板から離れた位置からMEMS光学装置に搬送されなければならない。これらの接続を行うために、より大容量の空間がMEMS光学装置に必要となる。

30

【0005】

このようなすべての空間の必要条件の結果として、MEMS光学チップは相当大きいことと、生産能力の制限のために、1つのMEMS光学装置に配置することができるマイクロミラーの数が制限される。マイクロミラーの数の制限もまた、光・光スイッチのポート数を制限する。

40

【0006】

さらに、現在利用可能なマイクロミラーは、傾斜することができる有効範囲が制限されている。第1のMEMS光学装置の各マイクロミラーがそこに入射する光を第2のMEMS光学装置の各マイクロミラーに向けることができなければならぬため、有効範囲の制限により、このようなMEMS光学装置を用いる光・光スイッチに実装することができるポート数がさらに制限される。そのように光を指向させるための能力は、マイクロミラーの有効傾斜範囲の関数である。言い換えれば、より大きな有効傾斜角によって、各マイクロミラーはより広範囲の領域にわたって光を指向させることができる。光スイッチとして配置されたMEMS光学装置の場合には、MEMS光学装置の対向する隅にあるマイクロミ

50

ラーの間の接続のために、最大傾斜角が必要である。たとえば、第2のMEMS装置の左下にあるマイクロミラーに光を指向しなければならない第1のMEMS装置の右上のマイクロミラーによる最大傾斜が必要である。したがって、光スイッチに用いることができるマイクロミラー配列の大きさは、そのMEMS光学装置の有効傾斜範囲によって制限される。

【0007】

2つのMEMS光学装置間の隔離距離を増大させることにより、必要な傾斜角を減少させ、マイクロミラーの有効傾斜範囲を変更することなく、より大きなマイクロミラー配列を利用ができるだろうが、そのために、ビームの回折が増大し、より大きな直径のマイクロミラーの使用が必要になるか、または光の一部の消失を生じることになるという欠点を免れない。現在の技術では、より大きなマイクロミラーの使用にはさらに空間が必要となるため、これを実現するために、MEMS光学装置におけるマイクロミラー間の距離を増大させ、同数のマイクロミラーを用いる場合には、MEMS光学装置のサイズをさらに増大させる。MEMS光学装置のサイズを増大させる結果として、対向するMEMS光学装置の対向する隅を結合するためには、より大きな傾斜角が必要となる。したがって、本質的に、対向するMEMS光学装置の離隔距離を広げることは、利用可能な傾斜角が制限されていることから、ポート数を増大させる助けにはならない。

10

【0008】

【発明が解決しようとする課題】
十分に大きなマイクロミラー配列を構築することができるが、利用可能な傾斜角が不十分であり、マイクロミラーのすべてを連結することができるとは限らないような場合には、第1および第2の光学装置の各々の少なくとも1つのマイクロミラーの傾斜角を効果的に結合するように第2のMEMS光学装置が位置する異なる位置で、MEMS光学装置のうちの1つの少なくとも一部を結像することによって、MEMS光学装置のサイズおよび/または有効傾斜範囲に関する制約による光-光スイッチのポート数の制限を克服することができることがわかった。本システムの一実施形態において、結像系は、第1のマイクロミラーからの光の反射角を再現する。これは、4f系としても知られているテレセントリック系を用いて実現することができる。光路を圧縮させることによって、たとえば適切な従来のミラーを用いることおよび/または折畳み配置、すなわち少なくとも1つの従来のミラーを用いて、入力および出力の両方の二役を担う1つのMEMS装置ステージがある配置を利用することによって、この配置の物理的大きさを減少させることができる。

20

【0009】

【課題を解決するための手段】
本発明の一実施形態において、より大きな見かけ傾斜角を有する光スイッチを作成するために、第1の入力用MEMS光学装置は、反射角が増大されるように、テレセントリック系を用いて第2の入力用MEMS光学装置に結像する。次に、第2の入力用MEMS光学装置から反射される光は、少なくとも第3の出力用MEMS装置に供給される。今度は、第3のMEMS出力装置はもまた、テレセントリック系によって、第4の出力用MEMS装置に結像することができる。

30

【0010】

本発明の別の実施形態において、折畳み式システムは、2つのMEMS装置のみを用いて実現できよう。第1のMEMS装置のポートは、入力ポートと出力ポートとの間に確保される。第1のMEMS装置は、反射角が増大されるように、テレセントリック系を用いて第2のMEMS装置に結像する。第2のMEMS装置からの光は、従来のミラーで反射されて第2のMEMS装置に戻る。光を反射するマイクロミラーの結合角は、従来のミラーで反射された後の光をどのマイクロミラーが受光するかを決定する。今度は、従来のミラーで反射された後の光を受光するマイクロミラーは、結像系を介して第1のMEMS装置に戻し、光が指向された第1のMEMS装置にあるマイクロミラーは、光を出力ポートに向ける。再び、第2のマイクロミラーと第1のマイクロミラーとの間の反射角が加えられる。

40

50

【0011】

システム全体は、MEMS装置の任意の画像の反転に対応するように配置される。

【0012】

好都合なことに、有効角の増大によって、非常に大きなマイクロミラー配列を有するMEMS装置から形成されるスイッチのすべての利用可能な入力および出力ポートの間を全て接続することができるが、他の方法ではMEMS装置の基本傾斜角を利用して、入力用MEMS装置のマイクロミラーのすべてを出力用MEMS装置のマイクロミラーのすべてに結合することができるとは限らない。

【0013】

【発明の実施の形態】

10

図1は、本発明の原理による光スイッチングを実現するための具体的な配置を示している。図1には、a)入力用ファイバ束101、b)入力用マイクロレンズ配列103、c)第1の入力用MEMS装置105、d)レンズ107、e)レンズ109、f)第2の入力用MEMS装置111、g)視野レンズ113、h)第1の出力用MEMS装置115、i)レンズ117、j)レンズ119、k)第2の出力用MEMS装置121、l)出力用マイクロレンズ配列123、m)出力用ファイバ束125が示されている。

【0014】

入力用ファイバ束101は、切替えるべき光信号を供給する。さらに詳細に言えば、入力用ファイバ束101の各ファイバは、図1のスイッチングシステムへの入力ポートである。ファイバ束101の各ファイバから供給される光は、マイクロレンズ配列103の一部であるそれぞれの対応するマイクロレンズを通過する。各マイクロレンズの機能は、それぞれの関連する入力ファイバから供給された光のビームを平行光線にすることである。本発明の別の実施形態において、個々のマイクロレンズ配列の代わりに、コリメータを形成する配置でレンズとファイバ束101の各ファイバとを一体化してもよい。

20

【0015】

マイクロレンズ配列103を通過する光のビームは各々、第1の入力用MEMS装置105のそれぞれのマイクロミラーに当たる。第1の入力用MEMS装置105の各マイクロミラーは、それぞれの所定の角度でそこに入射する光のビームを反射するように設定される。特定の所定の角度は、第2の入力用MEMS装置111の対応するそれぞれのマイクロミラーの角度と結合して、全体的な所望の角度が得られるように選択される。全体的な所望の角度を実現するために用いることができる角度の結合が2つ以上あるような場合には、本発明の一実施形態では、各マイクロミラーに関して最小角が用いられる。これは、現在の静電気角度制御技術を用いると、特定の制御電圧が与えられた場合の傾斜の関数が著しく非線形であるためである。したがって、より小さな傾斜を要求する方が、所望の角度をより正確に実現する結果となる傾向がある。

30

【0016】

その特定のマイクロミラーで反射した後、光の各ビームは、レンズ107を通過し、次にレンズ109を通過して、第2の入力用MEMS装置111のそれぞれのマイクロミラーに達する。レンズ107およびレンズ109は、結像系を形成するように配置される。結像系は、第1の入力用MEMS装置105の各マイクロミラーの角度が、第2の入力用MEMS装置111の対応するそれぞれのマイクロミラーと結合するように配置される。結像系を構成する2つのレンズが示されているが、これは教示および明確化のために過ぎないことに留意されたい。当業者は、任意の結像系、たとえば、1つ以上のレンズを用いる系を用いることができるこを容易に理解するであろう。

40

【0017】

本発明の一実施形態において、レンズ107、109によって形成される結像系は、4f系としても知られているテレセントリック系である。当業界では公知であるテレセントリック系を用いることによって、光が第2の入力用MEMS装置111に達するときに、第1の入力用MEMS装置105からの各ビームの光の反射角が再現される結果として、第1の入力用MEMS装置105の各マイクロミラーの傾斜角が第2の入力用MEMS装置

50

111のそれぞれの対応するマイクロミラーの傾斜角と組み合わされる。テセントリック系は反転されてもよいため、第2の入力用MEMS装置111のそれぞれの対応するマイクロミラーは、マイクロミラーが第1の入力用MEMS装置105にある位置と全く同一の位置でなくてもよいことに留意されたい。

【0018】

用いられる特定の結像系を仮定すると、組み合わされるマイクロミラの傾斜を実現するために、各々のそれぞれ対応するマイクロミラーに対して適切な角度を決定する必要がある。当業者は、用いるために選択する特定の結像系の機能として必要な制御アルゴリズムを開発することができると思われる。テセントリック結像系を用いる本発明の実施形態において、角度は全く加算的である。

10

【0019】

結像系はまた、元の画像と比較して画像の大きさを変更することができるにも留意されたい。これにより、第2の入力用MEMS装置111のマイクロミラーを第1の入力用MEMS装置105のマイクロミラーとは異なる大きさにすることができるほか、第2の入力用MEMS装置111のマイクロミラーの間隔を第1の入力用MEMS装置105のマイクロミラーの間隔とは異なるようにすることができよう。さらに、システムを通じて複数の信号経路を形成するために、たとえば、マルチキャスト、ブロードキャスト、監視、保護、修復などの機能を実現するために、たとえばレンズ107, 109の間に光学スプリッタを用いることができる。有利なことに、システム設計において十分な柔軟性が実現される。

20

【0020】

第2の入力用MEMS装置111の個々のマイクロミラーで反射した後、第1の出力用MEMS装置115に向かう途中で、光は、任意の視野レンズ113を通過する。任意の視野レンズは、光が各マイクロミラーに入射する角度を光が指向する位置に平行移動する。これにより、同一の総傾斜を有するマイクロミラーのすべての結合は、光を同一位置に向けることから、入力用マイクロミラーのすべての結合を均質化することができる。さらに、視野レンズは、それを通過する各々のビームを再び集束することから、損失が減少する。

【0021】

視野レンズ113を通過する光のビームは、各々第1の出力用MEMS装置115のそれぞれのマイクロミラーに当たる。第1の出力用MEMS装置115の各マイクロミラーは、各々所定の角度でそこに入射する光のビームを反射するように設定される。特定の所定の角度は、第2の出力用MEMS装置121の対応するそれぞれのマイクロミラーの角度と結合して、全体的な所望の角度が得られるように選択される。全体的な所望の角度を実現するために用いることができる角度の結合が2つ以上あるような場合には、入力用MEMS装置に関して上述した理由と同一の理由から、本発明の一実施形態では、各マイクロミラーに関して最小角が用いられる。

30

【0022】

その特定のマイクロミラーで反射した後、光の各ビームは、レンズ117を通過し、次にレンズ119を通過して、第2の出力用MEMS装置121のそれぞれのマイクロミラーの方向に達する。レンズ107およびレンズ109と同様に、レンズ117およびレンズ119は、結像系を形成するように配置される。結像系は、第1の出力用MEMS装置115の各マイクロミラーの角度が、第2の出力用MEMS装置121の対応するそれぞれのマイクロミラーと組み合わされるように配置される。入力結像系のレンズに関して前述したように、結像系を構成する2つのレンズが示されているが、これは教示および明確化のために過ぎない。当業者は、任意の結像系、たとえば、1つ以上のレンズを用いる系を用いることができることを容易に理解するであろう。本発明の一実施形態において、レンズ117, 119によって形成される結像系は、テセントリック系である。

40

【0023】

当業界では公知であるテセントリック系を用いることによって、光が第2の出力用MEMS

50

M S 装置 1 2 1 に達するときに、第 1 の出力用 M E M S 装置 1 1 5 からの各ビームの光の反射角が再現される結果として、第 1 の出力用 M E M S 装置 1 1 5 の各マイクロミラーの傾斜角が第 2 の出力用 M E M S 装置 1 2 1 のそれぞれの対応するマイクロミラーの傾斜角と組み合わされる。テレセントリック系は反転されてもよいため、第 2 の出力用 M E M S 装置 1 2 1 のそれぞれの対応するマイクロミラーは、マイクロミラーが第 1 の出力用 M E M S 装置 1 1 5 にある位置と全く同一の位置でなくてもよいことに留意されたい。

【 0 0 2 4 】

用いられる特定の結像系を仮定すると、組み合わされるマイクロミラの傾斜を実現するために、各それぞれの対応するマイクロミラーに対して適切な角度を決定する必要がある。当業者は、用いるために選択する特定の結像系の機能として必要な制御アルゴリズムを開発することができるであろう。テレセントリック結像系を用いる本発明の実施形態において、角度は正に加算的である。

10

【 0 0 2 5 】

結像系はまた、元の画像と比較して画像の大きさを変更することができることも留意されたい。これにより、第 2 の出力用 M E M S 装置 1 2 1 のマイクロミラーを第 1 の出力用 M E M S 装置 1 1 5 のマイクロミラーとは異なるサイズにすることができるほか、第 2 の出力用 M E M S 装置 1 2 1 のマイクロミラーの間隔を第 1 の出力用 M E M S 装置 1 1 5 のマイクロミラーの間隔とは異なるようにすることができよう。さらに、システムを通じて複数の信号経路を形成するために、たとえば、マルチキャスト、ブロードキャスト、監視、保護、修復などの機能を実現するために、たとえばレンズ 1 1 7 , 1 1 9 の間に光学スプリッタを用いることができる。有利なことに、システム設計において十分な柔軟性が実現される。

20

【 0 0 2 6 】

第 2 の出力用 M E M S 装置 1 2 1 の各マイクロミラーを通過する光のビームは、マイクロレンズ配列 1 2 3 のそれぞれのマイクロレンズを通過する。各マイクロレンズの機能は、光ビームをそれぞれの関連する出力用ファイバに結合することである。本発明の別の実施形態において、個々のマイクロレンズ配列を使用する代わりに、コリメータを形成する配置でファイバ束 1 2 5 の各出力用ファイバにレンズを一体化してもよい。次に、マイクロレンズ配列 1 2 3 の各マイクロレンズからの光は、マイクロレンズに関連するそれぞれの出力用ファイバ束に入る。

30

【 0 0 2 7 】

本発明のいくつかの実施形態において、1つのみの結像系を用いる必要があることに留意されたい。そのような実施形態において、結像系は入力のみに用いられてもよく、出力のみに用いられてもよい。そのような実施形態が図 2 に示されている。図 2 は、レンズ 1 1 7 , 1 1 9 から形成される出力結像系が取り除かれている点を除き、図 1 と同様の基本配置である。図 1 の第 2 の出力用 M E M S 装置 1 2 1 は必要ではなく、全出力切替え機能は、第 1 の出力用 M E M S 装置 1 1 5 によって実行される。同様に、図 3 は、レンズ 1 0 7 , 1 0 9 から構成される入力結像系が取り除かれている点を除き、図 1 と同様の本発明の実施形態を示している。図 1 の第 1 の入力用 M E M S 装置 1 0 5 は必要ではなく、全入力切替え機能は、第 2 の入力用 M E M S 装置 1 1 1 によって実行される。

40

【 0 0 2 8 】

入力ポート数および出力ポート数が同一でない場合に、より少数のミラーと任意の結像系を有する M E M S 装置、ならびに、任意の結像系を持たず、対向する M E M S 装置のそれぞれのミラーを向けることが不可能なより大きい M E M S 装置と同一サイズであり、入力用 M E M S 装置および出力用 M E M S 装置の両方が単独で使用されているような結像系を持たない、より多数のミラーを有する M E M S 装置を使用することができるところから、このような実施形態は特に有用である。しかし、結像系を用いることによって、結合されるより少数の M E M S 装置が、より大きな傾斜角を実現することができるため、入力側および出力側のマイクロミラーの位置がすべて、任意の結合において互いに指向する (A d d r e s s) ことができる。

50

【0029】

本発明の別の実施形態において、任意のペアのMEMS装置すなわち傾斜を増大するために光学的に結合された2つのMEMS装置のたとえば入力ペアまたは出力ペアの一つは、平面であるか、または任意の傾斜軸を中心にして最大に傾斜されるかのいずれかになるよう配置される。このような配置において、微調整はペアになったミラーによって行われ、制限される制御ミラーは本質的にブースタとして作用する。当業者にはたやすく理解されているように、ペアの各々の対応するマイクロミラーは、ペアによって達成されるビームの全体角の変更に個別に有効に寄与するように配置され得ることに留意されたい。さらに、ミラーの傾斜における同様の変更であっても、ペアの各マイクロミラーの異なった有効な寄与が実現されるように、入力ペアまたは出力ペアの間に結像系を配置することができる。

10

【0030】

本発明の別の実施形態において、ミラーのペアの各ミラーは、1つの傾斜軸のみを中心にして傾斜するように実質的に制限される。第1のMEMS装置のミラーをその周りに傾斜することができる軸は、第2のMEMS装置の軸と実質的に直交している。このような配置により、パッケージの電気的接続数を2分の1に削減することができ、より多数のミラーを同一サイズの基板に構成することができる。さらに、ミラーのそれぞれに2つの傾斜軸を与えるために用いられるジンバルを取り除くことも可能である。そうして、より大きなマイクロミラーを形成するために、ジンバルの空間を利用してもよい。さらに、また、起動電圧を印加するためにさらに広い表面積を利用することが可能であることから、ミラーの起動電圧を減少させることもできる。起動電圧の減少を望まない場合には、電極とマイクロミラーとの間の距離を増大させることができあり、さらに大きな電極の大きさを仮定した場合と同一の起動電圧を用いることから、2つの傾斜軸を中心にして傾斜するミラーに比べて、1つの傾斜軸を中心にしてマイクロミラーを傾斜することができる角度を増大させることもできる。

20

【0031】

光の複数の波長が任意の入力ポートを介して伝送される場合には、これらの波長はすべて、システムを通じて対応する出力ポートに同時に達するであろう。

【0032】

図4は、システムが折畳み式である本発明の別の具体的な実施形態を示している。このために、ファイバ束401は、入力用ファイバおよび出力用ファイバの両方を含むため、ファイバ束401は入力ポートおよび出力ポートの両方として作用する。入力ファイバからの光は、マイクロレンズ配列403のそれぞれの関連するマイクロレンズを通過する。光は、第1のMEMS装置405の対応する関連マイクロミラーで反射され、図4のレンズ407, 409から構成される結像系を通過する。上述したように、結像系を構成する2つのレンズが示されているが、これは教示および明確化のために過ぎない。当業者は、任意の結像系、たとえば、1つ以上のレンズを用いる系を利用することができるのことをたやすく理解するであろう。本発明の一実施形態において、テレセントリック系が結像系として用いられる。

30

【0033】

結像系からの光のビームは、第2のMEMS装置411のそれぞれのマイクロミラーによってミラー413の方に反射される。ミラー413は従来のミラーであり、平面鏡として機能する平面であってもよく、または視野レンズによってこれまでに実現されている機能を組込むために湾曲していてもよい。MEMS装置411に入射する各ビームがそのマイクロミラーの1つに戻るよう、光のビームは、ミラー413によって反射されてMEMS装置411に戻る。一般に、リターンビームは、最初にミラー413に向かって反射するマイクロミラーとは異なるマイクロミラーに入射するが、これは必要条件ではなく、光の任意の入力ビームにとって、リターンビームは、実際、ミラー413に向かって反射されたマイクロミラーと同一のマイクロミラーに入射してもよい。これにより、ファイバ束における任意のファイバを、それ自体を含むファイバ束の任意の他のファイバに接続する

40

50

ことができる。

【0034】

次に、各リターンビームは、結像系を通って第1のMEMS装置405に達し、第1のMEMS装置405のそれぞれの対応するマイクロミラーによって、ビーム用の出力ポートとして作用するファイバ束401のファイバの方に反射される。マイクロミラーから反射された後、ファイバに入射する前に、ビームは、ビーム用の出力ポートとして作用するファイバに関連するマイクロレンズ配列403のマイクロレンズを通過する。

【0035】

光ビームを入力として供給する光ファイバの代わりに、光ビームは、たとえばレーザまたは発光ダイオード、プレーナ型導波管などの光源によって供給されてもよいことを留意されたい。同様に、出力として光ビームを受光する光ファイバを備えるのではなく、光ビームは、光検出器、プレーナ型導波管などの他の受光器によって受光されてもよい。

(括弧なしの場合)

【0036】

以上の説明は、本発明の一実施例に関するもので、この技術分野の当業者であれば、本発明の種々の変形例を考え得るが、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。尚、特許請求の範囲に記載した参照番号がある場合は、発明の容易な理解のためで、その技術的範囲を制限するよう解釈されるべきではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理による光スイッチングを実現するための具体的な配置を示す。

20

【図2】1つのみの結像系を用いる必要がある本発明の一実施形態を示す。

【図3】1つのみの結像系を用いる必要がある本発明の別の実施形態を示す。

【図4】システムが折畳み式である本発明の具体的な実施形態を示す。

【符号の説明】

101 入力用ファイバ束

103 入力用マイクロレンズ配列

105 第1の入力用MEMS装置

107 レンズ

109 レンズ

111 第2の入力用MEMS装置

30

113 視野レンズ

115 第1の出力用MEMS装置

117 レンズ

119 レンズ

121 第2の出力用MEMS装置

123 出力用マイクロレンズ配列

125 出力用ファイバ束

401 ファイバ束

403 マイクロレンズ配列

405 第1のMEMS装置

407 レンズ

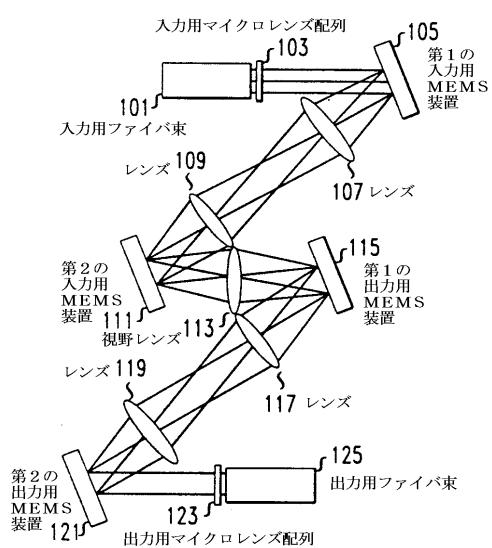
409 レンズ

411 第2のMEMS装置

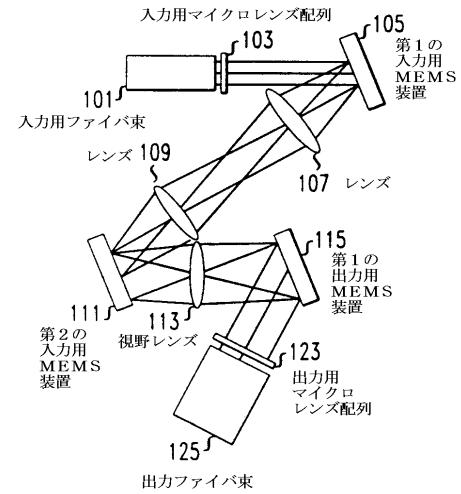
413 ミラー

40

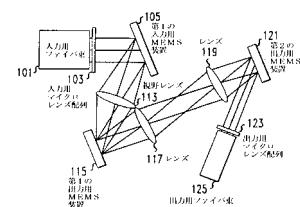
【図1】



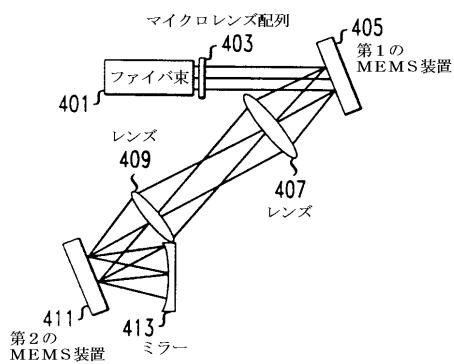
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(74)代理人 100091889
弁理士 藤野 育男
(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 100102808
弁理士 高梨 憲通
(74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
(74)代理人 100107401
弁理士 高橋 誠一郎
(74)代理人 100106183
弁理士 吉澤 弘司
(74)代理人 100081053
弁理士 三俣 弘文
(74)代理人 100100505
弁理士 刈谷 光男
(72)発明者 デイビット トーマス ネルソン
アメリカ合衆国、08857 ニュージャージー州、オールド ブリッジ、アイゼンハワー ドラ
イブ 11
(72)発明者 ローランド リップ
アメリカ合衆国、07747 ニュージャージー州、アバディーン、ドラン アベニュー 2

審査官 早川 貴之

(56)参考文献 カナダ国特許発明第02325611(CA, C)
国際公開第99/066354(WO, A1)
特開2002-214546(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 26/08