

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4140816号
(P4140816)

(45) 発行日 平成20年8月27日 (2008. 8. 27)

(24) 登録日 平成20年6月20日 (2008. 6. 20)

(51) Int. Cl.	F I
G O 2 B 26/08 (2006. 01)	G O 2 B 26/08 E
B 8 1 B 3/00 (2006. 01)	B 8 1 B 3/00
B 8 1 B 7/04 (2006. 01)	B 8 1 B 7/04
H O 4 Q 3/52 (2006. 01)	H O 4 Q 3/52 B

請求項の数 8 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2002-151549 (P2002-151549)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成14年5月24日 (2002. 5. 24)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2003-344785 (P2003-344785A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成15年12月3日 (2003. 12. 3)	(74) 代理人	100086380
審査請求日	平成15年5月8日 (2003. 5. 8)		弁理士 吉田 稔
審判番号	不服2006-8896 (P2006-8896/J1)	(74) 代理人	100103078
審判請求日	平成18年5月8日 (2006. 5. 8)		弁理士 田中 達也
		(74) 復代理人	100117178
			弁理士 古澤 寛
		(72) 発明者	曾根田 弘光
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロミラー素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、前記フレーム部および前記可動部を連結するトーションバーとを備える複数のマイクロミラーユニットが一体的に形成されているマイクロミラー基板と、

配線パターンが形成されている配線基板と、

前記マイクロミラー基板および前記配線基板を離隔させつつ前記フレーム部および前記配線パターンを電氣的に接続するための、前記複数のマイクロミラーユニットの各々に少なくとも2つが割り当てられた、複数の導電スペーサと、を備え、

前記可動部は第1可動櫛歯電極部および第2可動櫛歯電極部を有し、

前記フレーム部は、前記第1可動櫛歯電極部との間に静電力を生じさせることにより前記可動部を変位させるための第1固定櫛歯電極部と、前記第2可動櫛歯電極部との間に静電力を生じさせることにより前記可動部を変位させるための第2固定櫛歯電極部とを有し、

前記マイクロミラー基板内には、電氣的に分離した、前記第1可動櫛歯電極部への導電経路と前記第1固定櫛歯電極部への導電経路とが設けられており、且つ、電氣的に分離した、前記第2可動櫛歯電極部への導電経路と前記第2固定櫛歯電極部への導電経路とが設けられており、

前記配線パターンの一部は、前記複数の導電スペーサの一部を介して、前記第1可動櫛歯電極部への前記導電経路および前記第1固定櫛歯電極部への前記導電経路のいずれか

10

20

一方に、電氣的に接続されており、

前記配線パターンの他の一部は、前記複数の導電スペーサの他の一部を介して、前記第2可動櫛歯電極部への前記導電経路および前記第2固定櫛歯電極部への前記導電経路のいずれか一方に、電氣的に接続されている、マイクロミラー素子。

【請求項2】

前記導電スペーサは、単一のバンプ、または、積み重なる複数のバンプからなる、請求項1に記載のマイクロミラー素子。

【請求項3】

前記導電スペーサは、電極パッドを介して前記配線パターンおよび/または前記フレーム部に接続している、請求項1または2に記載のマイクロミラー素子。

10

【請求項4】

前記導電スペーサは、導電性接着剤を介して前記配線パターンおよび/または前記フレーム部に接続している、請求項1から3のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

【請求項5】

前記配線基板は、前記マイクロミラー基板に対向する第1の面を有し、当該第1の面には、前記可動部の進入を許容する退避部が形成されている、請求項1から4のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

【請求項6】

前記マイクロミラー基板と前記配線基板との間に接着剤が介在する、請求項1から5のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

20

【請求項7】

前記可動部は、前記トーションバーを介して前記フレーム部に連結された中継フレームと、当該中継フレームから離隔するミラー形成部と、当該中継フレームおよびミラー形成部を連結する中継トーションバーとを備え、前記中継トーションバーは、前記トーションバーの延び方向に対して交差する方向に延びている、請求項1から6のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

【請求項8】

前記マイクロミラー基板は、絶縁膜および/または空隙により相互に絶縁された複数の区画を有し、当該複数の区画の一部は、前記導電スペーサと電氣的に接続している、請求項1から7のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の光ファイバ間の光路の切り換えを行う光スイッチング装置などに組み込まれる素子であって、光反射によって光の進行方向を変更するためのマイクロミラー素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、光通信技術が様々な分野で広く利用されるようになってきた。光通信においては、光ファイバを媒体として光信号が伝送され、光信号の伝送経路を或るファイバから他のファイバへと切換えるためには、一般に、いわゆる光スイッチング装置が使用されている。良好な光通信を達成するうえで光スイッチング装置に求められる特性としては、切換え動作における、大容量性、高速性、高信頼性などが挙げられる。これらの観点より、光スイッチング装置に組み込まれるスイッチング素子としては、マイクロマシニング技術によって作製されるマイクロミラー素子が注目を集めている。マイクロミラー素子によると、光スイッチング装置における入力側の光伝送路と出力側の光伝送路との間で、光信号を電気信号に変換せずに光信号のままでスイッチング処理を行うことができ、上述の特性を得るうえで好適だからである。

40

【0003】

マイクロマシニング技術で作製したマイクロミラー素子を用いた光スイッチング装置は、

50

例えば、国際公開W O 0 0 / 2 0 8 9 9号公報や、論文Fully Provisioned 112×112 Micro-Mechanical Optical Crossconnect with 35.8Tb/sec Demonstrated Capacity (Proc. 25th Optical Fiber Communication Conf. Baltimore, PD12(2000))などに開示されている。

【 0 0 0 4 】

図 1 8 は、一般的な光スイッチング装置 5 0 0 の概略構成を表す。光スイッチング装置 5 0 0 は、一対のマイクロミラーアレイ 5 0 1 , 5 0 2 と、入力ファイバアレイ 5 0 3 と、出力ファイバアレイ 5 0 4 と、複数のマイクロレンズ 5 0 5 , 5 0 6 とを備える。入力ファイバアレイ 5 0 3 は所定数の入力ファイバ 5 0 3 a からなり、マイクロミラーアレイ 5 0 1 には、各入力ファイバ 5 0 3 a に対応するマイクロミラー素子 5 0 1 a が複数配設されている。同様に、出力ファイバアレイ 5 0 4 は所定数の出力ファイバ 5 0 4 a からなり、マイクロミラーアレイ 5 0 2 には、各出力ファイバ 5 0 4 a に対応するマイクロミラー素子 5 0 2 a が複数配設されている。マイクロミラー素子 5 0 1 a , 5 0 2 a は、各々、光を反射するためのミラー面を有し、当該ミラー面の向きを制御できるように構成されている。複数のマイクロレンズ 5 0 5 は、各々、入力ファイバ 5 0 3 a の端部に対向するように配置されている。同様に、複数のマイクロレンズ 5 0 6 は、各々、出力ファイバ 5 0 4 a の端部に対向するように配置されている。

10

【 0 0 0 5 】

光伝送時において、入力ファイバ 5 0 3 a から出射される光 L 1 は、対応するマイクロレンズ 5 0 5 を通過することによって、相互に平行光とされ、マイクロミラーアレイ 5 0 1 へ向かう。光 L 1 は、対応するマイクロミラー素子 5 0 1 a で反射し、マイクロミラーアレイ 5 0 2 へと偏向される。このとき、マイクロミラー素子 5 0 1 a のミラー面は、光 L 1 を所望のマイクロミラー素子 5 0 2 a に入射させるように、予め所定の方角を向いている。次に、光 L 1 は、マイクロミラー素子 5 0 2 a で反射し、出力ファイバアレイ 5 0 4 へと偏向される。このとき、マイクロミラー素子 5 0 2 a のミラー面は、所望の出力ファイバ 5 0 4 a に光 L 1 を入射させるように、予め所定の方角を向いている。

20

【 0 0 0 6 】

このように、光スイッチング装置 5 0 0 によると、各入力ファイバ 5 0 3 a から出射した光 L 1 は、マイクロミラーアレイ 5 0 1 , 5 0 2 における偏向によって、所望の出力ファイバ 5 0 4 a に到達する。すなわち、入力ファイバ 5 0 3 a と出力ファイバ 5 0 4 a は 1 対 1 で接続される。そして、マイクロミラー素子 5 0 1 a , 5 0 2 a における偏向角度を適宜変更することによって、光 L 1 が到達する出力ファイバ 5 0 4 a が切換えられる。

30

【 0 0 0 7 】

図 1 9 は、他の一般的な光スイッチング装置 6 0 0 の概略構成を表す。光スイッチング装置 6 0 0 は、マイクロミラーアレイ 6 0 1 と、固定ミラー 6 0 2 と、入出力ファイバアレイ 6 0 3 と、複数のマイクロレンズ 6 0 4 とを備える。入出力ファイバアレイ 6 0 3 は所定数の入力ファイバ 6 0 3 a および所定数の出力ファイバ 6 0 3 b からなり、マイクロミラーアレイ 6 0 1 には、各ファイバ 6 0 3 a , 6 0 3 b に対応するマイクロミラー素子 6 0 1 a が複数配設されている。マイクロミラー素子 6 0 1 a は、各々、光を反射するためのミラー面を有し、当該ミラー面の向きを制御できるように構成されている。複数のマイクロレンズ 6 0 4 は、各々、各ファイバ 6 0 3 a , 6 0 3 b の端部に対向するように配置されている。

40

【 0 0 0 8 】

光伝送時において、入力ファイバ 6 0 3 a から出射された光 L 2 は、マイクロレンズ 6 0 4 を介してマイクロミラーアレイ 6 0 1 に向かって出射する。光 L 2 は、対応する第 1 のマイクロミラー素子 6 0 1 a で反射されることによって固定ミラー 6 0 2 へと偏向され、固定ミラー 6 0 2 で反射された後、第 2 のマイクロミラー素子 6 0 1 a に入射する。このとき、第 1 のマイクロミラー素子 6 0 1 a のミラー面は、光 L 2 を所望の第 2 のマイクロミラー素子 6 0 1 a に入射させるように、予め所定の方角を向いている。次に、光 L 2 は、第 2 のマイクロミラー素子 6 0 1 a で反射されることによって、入出力ファイバアレイ

50

603へと偏向される。このとき、第2のマイクロミラー素子601aのミラー面は、光L2を所望の出力ファイバ603bに入射させるように、予め所定の方向を向いている。

【0009】

このように、光スイッチング装置600によると、各入力ファイバ603aから出射した光L2は、マイクロミラーアレイ601および固定ミラー602における偏向によって、所望の出力ファイバ603bに到達する。すなわち、入力ファイバ603aと出力ファイバ603bは1対1で接続される。そして、第1および第2のマイクロミラー素子601aにおける偏向角度を適宜変更することによって、光L2が到達する出力ファイバ603bが切換えられる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

上述のような光スイッチング装置500, 600においては、光通信網が大規模化するほどファイバ数は増加し、従って、マイクロミラーアレイに組み込まれるマイクロミラー素子ないしミラー面の数も増加する。ミラー面の数が増加するほど、当該ミラー面を駆動するために必要な配線の量は増加するので、単一のマイクロミラーアレイにおいて、配線形成に必要な面積は増大する。同一基板に対してミラー面とともに配線パターンを形成する場合、配線形成領域が拡大するほど、ミラー面間のピッチを大きくする必要がある。その結果、当該基板ないしマイクロミラーアレイが大きなものになってしまう。また、ミラー面の数が増加すると、同一基板に対してミラー面とともに配線パターンを形成すること自体が困難となる傾向にある。

【0011】

本発明は、このような事情のもとで考え出されたものであって、ミラー面の数の増加に伴う素子の大型化を抑制可能なマイクロミラー素子に関する。

【0012】

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の第1の側面によるとマイクロミラー素子が提供される。このマイクロミラー素子は、フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、フレーム部および可動部を連結するトーションバーとが形成されているマイクロミラー基板と、配線パターンが形成されている配線基板と、マイクロミラー基板および配線基板を離隔させつつフレーム部および配線パターンを電氣的に接続するための導電スペーサと、を備えることを特徴とする。

【0014】

本発明の第1の側面に係るマイクロミラー素子では、ミラー部を有する可動部と、これを駆動するために必要な配線とは、別々の基板に形成されている。したがって、可動部と配線とを同一基板に形成することに起因してマイクロミラー素子が大型化してしまうことはない。例えば、複数のミラー部ないし可動部を有する場合であっても、マイクロミラー基板に形成されるミラー部の数の増加に伴って当該ミラー部の形成ピッチが大きくなることは、適切に回避することができる。また、マイクロミラー基板においては、可動部を駆動するための導電経路が、フレーム部ないし固定部に適宜形成されており、当該導電経路と配線基板上の配線とは、導電スペーサにより電氣的に接続されている。そのため、可動部とこれを駆動するために必要な配線とが別々の基板に形成されておっても、当該配線を介しての当該可動部の駆動を行うことができる。加えて、可動部が形成されているマイクロミラー基板と、配線が形成されている配線基板とは、導電スペーサにより離隔されている。そのため、可動部を有するマイクロミラー基板に隣接する配線基板を具備しておっても、マイクロミラー基板と配線基板との間の離隔距離を導電スペーサにより十分に確保することによって、配線基板が可動部に当接して当該可動部の動作を妨げてしまうことは回避される。このように、本発明の第1の側面によると、マイクロミラー素子の大型化を抑制しつつ、マイクロミラー素子の可動部の駆動を適切に行うことができるのである。

【0015】

本発明の第2の側面によると別のマイクロミラー素子が提供される。このマイクロミラー

10

20

30

40

50

素子は、フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、フレーム部および可動部を連結するトーションバーとを備える複数のマイクロミラーユニットが一体的に形成されているマイクロミラー基板と、配線パターンが形成されている配線基板と、マイクロミラー基板および配線基板を離隔させつつフレーム部および配線パターンを電氣的に接続するための導電スペースと、を備えることを特徴とする。

【0016】

本発明の第2の側面に係るマイクロミラー素子では、複数の可動部と、各可動部を駆動するための配線とは、別々の基板に形成されている。したがって、可動部と配線とを同一基板に形成することに起因してマイクロミラー素子が大型化してしまうことはない。すなわち、マイクロミラー基板に形成されるミラー部の数が増加しても、当該ミラー部の形成ピッチを一定に維持することができ、その結果、素子の過度な大型化を抑制することができる。また、マイクロミラー基板においては、各可動部を駆動するための導電経路が、各フレーム部ないし固定部に適宜形成されており、当該導電経路と配線基板上の配線とは、導電スペースにより電氣的に接続されている。そのため、各可動部とこれを駆動するために必要な配線とが別々の基板に形成されておっても、当該配線を介しての当該可動部の駆動を行うことができる。加えて、各可動部が形成されているマイクロミラー基板と、対応する配線が形成されている配線基板とは、導電スペースにより離隔されている。そのため、可動部を有するマイクロミラー基板に隣接する配線基板を具備しておっても、マイクロミラー基板と配線基板との間の離隔距離を導電スペースにより充分に確保することによって、配線基板が可動部に当接して当該可動部の動作を妨げてしまうことは回避される。このように、本発明の第2の側面によると、マイクロミラー素子の大型化を抑制しつつ、マイクロミラーユニットの可動部の駆動を適切に行うことができるのである。

【0017】

本発明の第1および第2の側面において、好ましくは、導電スペースは、単一のバンプ、または、積み重なる複数のバンプからなる。好ましくは、導電スペースは、電極パッドを介して配線パターンおよび/またはフレーム部に接続している。このような構成に代えて、又は、このような構成とともに、導電スペースは、導電性接着剤を介して配線パターンおよび/またはフレーム部に接続しているのが好ましい。これらの構成により、導電スペースを介しての配線パターンとフレーム部との電氣的接続を適切に達成することができる。

【0018】

好ましい実施の形態においては、導電スペースと電極パッドは融着している。好ましい他の実施の形態においては、導電スペースと電極パッドは圧接している。これらの構成により、配線基板に形成されている電極パッド及び/又はフレーム部に形成されている電極パッドと導電スペースとの電氣的接続および機械的接合を適切に達成することができる。

【0019】

好ましくは、配線基板は、マイクロミラー基板に対向する第1の面を有し、当該第1の面には、可動部の進入を許容する退避部が形成されている。配線基板に対してこのような退避部を設けることにより、マイクロミラー基板と配線基板との間において導電スペースにより確保されるべき離隔距離を低減することができる。その結果、導電スペースのサイズを低減することが可能となる。

【0020】

好ましくは、配線基板は、第1の面とは反対の第2の面を有し、当該第2の面には、配線パターンの一部が形成されている。より好ましくは、配線基板は、第1の面に形成されている配線パターンと第2の面に形成されている配線パターンとを電氣的に接続するように、配線基板を貫通する導電連絡部を有する。本発明では、配線基板の第2の面に対して配線パターンを形成してもよい。特に配線基板の第1の面に退避部を形成する場合、配線パターンを第2の面に形成することによって、配線形成領域を充分に確保することができる。

【0021】

好ましくは、マイクロミラー基板と配線基板との間に接着剤が介在する。好ましくは、フレーム部と配線基板との間に追加スペーサが介在する。より好ましくは、追加スペーサはバンプである。このように、マイクロミラー基板と配線基板との間における、導電スペーサによる機械的連結の強度、および、導電スペーサのスペーサとしての機能を補強してもよい。

【0022】

好ましくは、可動部は第1櫛歯電極部を有し、フレーム部は、第1櫛歯電極部との間に静電力を生じさせることにより可動部を変位させるための第2櫛歯電極部を有する。本発明のマイクロミラー素子は、このような櫛歯電極型として構成されているのが好ましい。

【0023】

可動部は、トーションバーを介してフレーム部に連結された中継フレームと、当該中継フレームから離隔するミラー形成部と、当該中継フレームおよびミラー形成部を連結する中継トーションバーを備え、中継トーションバーは、トーションバーの延び方向に対して交差する方向に延びている。本発明のマイクロミラー素子は、このような2軸型として構成されているのが好ましい。2軸型マイクロミラーにおいては、1軸型マイクロミラーよりも、可動部を駆動するために必要な配線量は多い。しかしながら、本発明に係るマイクロミラー素子においては、上述したように、配線量の増加はミラー部の形成ピッチに不当な影響を与えない。2軸型マイクロミラー素子においては、ミラー形成部は第3櫛歯電極部を有し、中継フレームは、第3櫛歯電極部との間に静電力を生じさせることによりミラー形成部を変位させるための第4櫛歯電極部を有するのが好ましい。

【0024】

好ましくは、マイクロミラー基板は、絶縁膜および/または空隙により相互に絶縁された複数の区画を有し、当該複数の区画の一部は、導電スペーサと電氣的に接続している。このような構成により、マイクロミラー基板において、良好な導電経路を形成することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の第1の実施形態に係るマイクロミラー素子X1の斜視図である。図2は、マイクロミラー素子X1の分解斜視図である。図3は、図1の線III-IIIに沿った断面図である。

【0026】

マイクロミラー素子X1は、マイクロミラー基板100と、配線基板200と、これらの間に介在する導電スペーサ300とを備える。マイクロミラー基板100は、ミラー形成部110と、これを囲む内フレーム120と、内フレーム120を囲む外フレーム130と、ミラー形成部110および内フレーム120を連結する一対のトーションバー140と、内フレーム120および外フレーム130を連結する一対のトーションバー150とを備える。一対のトーションバー140は、内フレーム120に対するミラー形成部110の回転動作の回転軸心A1を規定する。一対のトーションバー150は、外フレーム130に対する内フレーム120およびこれに伴うミラー形成部110の回転動作の回転軸心A2を規定する。回転軸心A1と回転軸心A2は略直交している。このように、マイクロミラー基板100には、2軸型のマイクロミラーが形成されている。

【0027】

本実施形態のマイクロミラー基板100は、厚さ100 μ mの第1シリコン層と、厚さ100 μ mの第2シリコン層と、これらに挟まれた厚さ1 μ mの絶縁層とからなる積層構造を有するSOI (Silicon on Insulator) ウエハから、マイクロマシニング技術により形成されたものである。具体的には、マイクロミラー基板100は、フォトリソグラフィ、DRIE (Deep Reactive Ion Etching) などのドライエッチング技術、ウエットエッチング技術などを用いて、第1シリコン層、第2シリコン層、および絶縁層の一部をエッチング除去することにより形成されたものである。第1シリコン層および第2シリコン層は、シリコンに対してPやAsなどのn型不純物やBなどのp型不純物がドーピングされて導電

性が付与されている。ただし、本発明では、マイクロミラー基板 100 は、他の形態の基板から作製してもよい。

【0028】

ミラー形成部 110 は、その上面にミラー面（図示略）が薄膜形成されている。また、ミラー形成部 110 の相対向する 2 つの側面には、櫛歯電極 110a, 110b が設けられている。ミラー形成部 110 は、第 1 シリコン層に由来する。

【0029】

内フレーム 120 は、内フレーム主部 121 と、一对の電極基台 122 と、これらの間の絶縁層とからなる積層構造を有し、内フレーム主部 121 と電極基台 122 は、絶縁層によって電氣的に分断されている。一对の電極基台 122 には、内方に延出する櫛歯電極 122a、122b が設けられている。内フレーム主部 121 には、外方に延出する櫛歯電極 121a, 121b が設けられている。櫛歯電極 122a, 122b は、ミラー形成部 110 の櫛歯電極 110a, 110b の下方に位置しており、ミラー形成部 110 の回転動作時において櫛歯電極 110a, 110b と当接しないように配置されている。内フレーム主部 121 は第 1 シリコン層に由来し、一对の電極基台 122 は第 2 シリコン層に由来する。

【0030】

各トーションバー 140 は、ミラー形成部 110 と内フレーム主部 121 とに接続しており、第 1 シリコン層に由来する。

【0031】

外フレーム 130 は、第 1 外フレーム部 131 と、第 2 外フレーム部 132 と、これらの間の絶縁層とからなる積層構造を有し、第 1 外フレーム部 131 と第 2 外フレーム部 132 は、絶縁層によって電氣的に分断されている。第 2 外フレーム部 132 には、図 4 に表すように、空隙を介して第 1 アイランド 134、第 2 アイランド 135、第 3 アイランド 136、および、第 4 アイランド 137 が設けられている。第 1 ~ 第 4 アイランド 134 ~ 137 には、各々、電極パッド 138a ~ 138d が設けられている。電極パッド 138a ~ 138d は、Au または Al よりなる。第 3 アイランド 136 および第 4 アイランド 137 には、各々、内方に延出する櫛歯電極 132a、132b が設けられている。櫛歯電極 132a, 132b は、各々、内フレーム主部 121 の櫛歯電極 121a, 121b の下方に位置しているが、内フレーム 120 の回転動作時において、櫛歯電極 121a, 121b の歯と当接しないように配置されている。第 1 外フレーム部 131 は第 1 シリコン層に由来し、第 2 外フレーム部 132 は第 2 シリコン層に由来する。

【0032】

各トーションバー 150 は、上層 151 と、下層 152 と、これらの間の絶縁層とからなる積層構造を有し、上層 151 と下層 152 は、絶縁層によって電氣的に分断されている。上層 151 は、内フレーム主部 121 と第 1 外フレーム部 131 とに接続し、下層 152 は、電極基台 122 と第 2 外フレーム部 132 とに接続している。上層 151 は第 1 シリコン層に由来し、下層 152 は第 2 シリコン層に由来する。

【0033】

配線基板 200 は第 1 面 201 および第 2 面 202 を有する。第 1 面 201 には、所定の配線パターン 210 が形成されている。配線パターン 210 には、導通接続用の 4 つの電極パッド 211a ~ 211d および外部接続用の 4 つの電極パッド 212a ~ 212d が含まれる。電極パッド 211a ~ 211d は、マイクロミラー基板に設けられている電極パッド 138a ~ 138d に対応する位置に配置されている。配線基板 200 の本体は、厚さ 300 μm のシリコン基板やセラミックス基板などである。配線パターン 210 は、配線基板 200 の第 1 面 201 に対して金属材料を成膜した後にこれをパターニングすることによって、形成される。金属材料としては、Au や Al を用いることができる。また、成膜手法としては、スパッタリング法やめっき法を採用することができる。

【0034】

導電スパーサ 300 は、マイクロミラー基板の電極パッド 138a ~ 138d と配線基板

10

20

30

40

50

の電極パッド211a~211dとの間に介在している。本実施形態では、導電スペーサ300は、Auボールバンプが2段に積み重なった構造を有し、電極パッド211a~211dとは融着しており、電極パッド138a~138dとは導電性接着剤303を介して接合している。Auボールバンプ間は、超音波ボンディングにより接合されている。

【0035】

このような構成のマイクロミラー素子X1において、第1外フレーム部131をグランド接続すると、第1外フレーム部131と同一のシリコン系材料により一体的に成形されている、第1シリコン層由来のトーションバー150の上層151、内フレーム主部121、トーションバー140およびミラー形成部110を介して、櫛歯電極110a、110bと櫛歯電極121a、121bとがグランド接続されることとなる。この状態において、櫛歯電極122aまたは櫛歯電極122bに所望の電位を付与し、櫛歯電極110aと櫛歯電極122aとの間、または、櫛歯電極110bと櫛歯電極122bとの間に静電力を発生させることによって、ミラー形成部110を、回転軸心A1まわりに揺動させることができる。また、櫛歯電極132aまたは櫛歯電極132bに所望の電位を付与し、櫛歯電極121aと櫛歯電極132aとの間、または、櫛歯電極121bと櫛歯電極132bとの間に静電力を発生させることによって、内フレーム120およびミラー形成部110を、回転軸心A2まわりに揺動させることができる。

【0036】

櫛歯電極122aへの電位の付与は、図2~図4を併せて参照するとよく理解できるように、配線基板200の電極パッド212a、電極パッド211a、その上の導電スペーサ300、マイクロミラー基板100の電極パッド138a、第1アイランド134、これに接続しているトーションバー150の下層152、これに接続している電極基台122を介して行うことができる。櫛歯電極122bへの電位の付与は、配線基板200の電極パッド212b、電極パッド211b、その上の導電スペーサ300、マイクロミラー基板100の電極パッド138b、第2アイランド135、これに接続しているトーションバー150の下層152、これに接続している電極基台122を介して行うことができる。櫛歯電極132aへの電位の付与は、配線基板200の電極パッド212c、電極パッド211c、その上の導電スペーサ300、マイクロミラー基板100の電極パッド138c、第3アイランド136を介して行うことができる。櫛歯電極132bへの電位の付与は、配線基板200の電極パッド212d、電極パッド211d、その上の導電スペーサ300、マイクロミラー基板100の電極パッド138d、第4アイランド137を介して行うことができる。このように4つの導電経路を介して所定の電位を付与することにより、ミラー形成部110を所定の方向に向けることができる。

【0037】

このような電位の付与によりミラー形成部110および/または内フレーム120を揺動駆動させると、これら可動部の何れかの端部は、配線基板200に向かって変位する。例えば、内フレーム120における電極基台122の長さL3が600μmである場合、内フレーム120が回転軸心A2まわりに5°回転すると、電極基台122の端部は、非回転時の位置から60μm下がることとなる。このような内フレームの変位を阻害しないように、マイクロミラー基板100および配線基板200は離隔している必要がある。したがって、本実施形態では、導電スペーサ300の高さは例えば100μmとされている。

【0038】

このように、マイクロミラー素子X1は、マイクロミラー素子の大型化を抑制しつつ、マイクロミラー素子の可動部の駆動を適切に行うための構成を有する。具体的には、導電スペーサ300により、マイクロミラー基板100に形成されている導電経路と、配線基板200に形成されている配線パターン210とが電気的に接続されている。それとともに、導電スペーサ300により、マイクロミラー基板100および配線基板200の良好な離隔状態が達成されている。また、ミラー形成部110および内フレーム120からなる可動部を駆動するための配線は、当該可動部が形成されているマイクロミラー基板100には形成されていないため、マイクロミラー基板100ひいてはマイクロミラー素子X1

10

20

30

40

50

の小型化が達成されている。

【 0 0 3 9 】

図 5 は、本発明の第 2 の実施形態に係るマイクロミラー素子 X 2 の斜視図である。図 6 は、マイクロミラー素子 X 2 の分解斜視図である。図 7 は、図 5 の線 VII - VII に沿った部分断面図である。

【 0 0 4 0 】

マイクロミラー素子 X 2 は、マイクロミラー基板 1 0 0 と、配線基板 2 0 0 と、これらの間に介在する導電スペーサ 3 0 0 とを備える。マイクロミラー基板 1 0 0 には、合計 9 個のマイクロミラーユニット X 2 ' と、これらを囲む共通外フレーム 1 3 0 ' とを備える。マイクロミラーユニット X 2 ' は、ミラー形成部 1 1 0 と、これを囲む内フレーム 1 2 0 と、ミラー形成部 1 1 0 および内フレーム 1 2 0 を連結する一対のトーションバー 1 4 0 と、内フレーム 1 2 0 および共通外フレーム 1 3 0 ' を連結する一対のトーションバー 1 5 0 とを備える。マイクロミラーユニット X 2 ' のミラー形成部 1 1 0、内フレーム 1 2 0、トーションバー 1 4 0、1 5 0 は、マイクロミラー素子 X 1 のそれと同様の構成を有している。共通外フレーム 1 3 0 ' は、各マイクロミラーユニット X 2 ' ごとに、マイクロミラー素子 X 1 の外フレーム 1 3 0 と同様の構成を有する。

【 0 0 4 1 】

配線基板 2 0 0 は第 1 面 2 0 1 および第 2 面 2 0 2 を有する。第 1 面 2 0 1 には、各マイクロミラーユニット X 2 ' を個別に駆動するように配線パターン 2 1 0 が形成されている。配線パターン 2 1 0 には、各マイクロミラーユニット X 2 ' に対応する導通接続用の 4 つの電極パッド 2 1 1 a ~ 2 1 1 d および外部接続用の 4 つの電極パッド 2 1 2 a ~ 2 1 2 d が含まれる。電極パッド 2 1 1 a ~ 2 1 1 d は、各マイクロミラーユニット X 2 ' に設けられている電極パッド 1 3 8 a ~ 1 3 8 d に相対する位置に配置されている。配線基板 2 0 0 に関する他の構成については、マイクロミラー素子 X 1 に関して上述したのと同様である。

【 0 0 4 2 】

導電スペーサ 3 0 0 は、マイクロミラー基板の電極パッド 1 3 8 a ~ 1 3 8 d と配線基板の電極パッド 2 1 1 a ~ 2 1 1 d との間に介在している。導電スペーサ 3 0 0 に関する他の構成については、マイクロミラー素子 X 1 に関して上述したのと同様である。

【 0 0 4 3 】

このように、マイクロミラー素子 X 2 は、単一のマイクロミラー基板 1 0 0 および単一の配線基板 2 0 0 において、9 個のマイクロミラー素子 X 1 が一体的に形成されたものに相当する。したがって、マイクロミラー素子 X 2 においては、マイクロミラー素子 X 1 に関して上述したのと同様に、各マイクロミラーユニット X 2 ' を駆動して、マイクロミラーユニット X 2 ' の可動部すなわちミラー形成部 1 1 0 および内フレーム 1 2 0 を揺動することができる。

【 0 0 4 4 】

このように、マイクロミラー素子 X 2 は、マイクロミラー素子の大型化を抑制しつつ、マイクロミラー素子の可動部の駆動を適切に行うための構成を有する。具体的には、マイクロミラー素子 X 2 においては、導電スペーサ 3 0 0 により、マイクロミラー基板 1 0 0 に形成されている導電経路と、配線基板 2 0 0 に形成されている配線パターン 2 1 0 とが電氣的に接続されている。それとともに、導電スペーサ 3 0 0 により、マイクロミラー基板 1 0 0 および配線基板 2 0 0 の良好な離隔状態が達成されている。また、ミラー形成部 1 1 0 および内フレーム 1 2 0 からなる可動部を駆動するための配線は、当該可動部が形成されているマイクロミラー基板 1 0 0 には形成されていないため、マイクロミラー基板 1 0 0 ひいてはマイクロミラー素子 X 2 の小型化が達成されている。本実施形態では、マイクロミラー基板 1 0 0 において、合計 9 個のマイクロミラーユニット X 2 ' が形成されているが、本発明では、これよりも多い数のマイクロミラーユニット X 2 ' をマイクロミラー基板 1 0 0 に一体成形する場合においても、第 2 の実施形態に関して上述した効果が奏される。

【 0 0 4 5 】

図 8 ~ 図 1 2 は、マイクロミラー素子 X 2 の製造工程を表す。マイクロミラー素子 X 2 の製造においては、まず、図 8 に示すように、基板 2 0 0 ' の上に配線パターン 2 1 0 を形成することによって、配線基板 2 0 0 を作製する。具体的には、基板 2 0 0 ' に対して、スパッタリング法やめっき法により、金属材料を成膜し、所定のマスクを介して当該金属膜をパターンニングする。このとき形成される配線パターン 2 1 0 には、電極パッド 2 1 1 a ~ 2 1 1 d および電極パッド 2 1 2 a ~ 2 1 2 d が含まれる。基板 2 0 0 ' としては、S i などの半導体基板、セラミックス基板、ガラス基板などを用いることができる。配線用の金属材料としては、A u や A l を用いることができる。

【 0 0 4 6 】

次に、図 9 に示すように、電極パッド 2 1 1 a ~ 2 1 1 d の上に、ワイヤボンダを用いて、A u 製のボールバンプ 3 0 1 を形成する。本工程以降の説明においては、マイクロミラー素子 X 2 のモデル断面を参照して説明する。次に、図 1 0 に示すように、ワイヤボンダを用いて、ボールバンプ 3 0 1 の上に A u 製のボールバンプ 3 0 2 を形成し、これによって導電スペーサ 3 0 0 を形成する。ボールバンプ 3 0 1 , 3 0 2 の形成においては、ワイヤボンダを用いた形成プロセス上、ボールバンプ 3 0 1 , 3 0 2 の頂部には、図 9 および図 1 0 に示すような微小な突部が形成される。

【 0 0 4 7 】

次に、図 1 1 に示すように、レベリングを行うことにより、導電スペーサ 3 0 0 の高さを揃える。具体的には、ボールバンプ 3 0 2 の頂部をガラス板等の平坦な面に対して押し付けることによって、ボールバンプ 3 0 2 の有していた微小突部を押し潰し、導電スペーサ 3 0 0 の高さを一様にする。マイクロミラー素子 X 1 に関して上述したように、ミラー形成部 1 1 0 を含む可動部は、配線基板 2 0 0 に向かって例えば 6 0 μ m 程度下がる。そのため、駆動時において当該可動部が配線基板 2 0 0 に当接しないようにするためには、マイクロミラー基板 1 0 0 と配線基板 2 0 0 との間を例えば 6 0 μ m 以上離隔する必要がある。本実施形態では、ボールバンプを 2 段に重ねることによって、そのような所望の離隔状態が確保されている。具体的には、2 段のボールバンプ 3 0 1 , 3 0 2 からなりレベリング工程を経た導電スペーサ 3 0 0 により達成される離間距離は、例えば 1 0 0 μ m である。ただし、本発明では、マイクロミラー基板 1 0 0 と配線基板 2 0 0 との間に要求される離隔距離に応じて、導電スペーサを構成するボールバンプの数は適宜選択することができる。

【 0 0 4 8 】

次に、図 1 2 に示すように、導電スペーサ 3 0 0 ないしボールバンプ 3 0 2 の頂部に対して、熱硬化性の導電性接着剤 3 0 3 を塗布する。例えば、導電性接着剤 3 0 3 を厚さ 2 5 μ m に均一に塗布した平坦な基板に対して、導電スペーサ 3 0 0 を介して配線基板 2 0 0 を合わせることによって、導電スペーサ 3 0 0 の頂部に導電性接着剤 3 0 3 を転写することができる。

【 0 0 4 9 】

次に、フリップチップボンダを用いて、別途形成されるマイクロミラー基板 1 0 0 と配線基板 2 0 0 とを位置合わせしつつマイクロミラー基板 1 0 0 を配線基板 2 0 0 上に載置した後、加圧および加熱しながら、図 7 に示すように、マイクロミラー基板 1 0 0 と配線基板 2 0 0 とを導電スペーサ 3 0 0 を介して接合する。このとき、導電性接着剤 3 0 3 が硬化することにより、導電スペーサ 3 0 0 がマイクロミラー基板 1 0 0 の電極パッド 1 3 8 a ~ 1 3 8 d に接合される。その結果、配線基板 2 0 0 の配線パターン 2 1 0 と、マイクロミラー基板 1 0 0 の電極パッド 1 3 8 a ~ 1 3 8 d が電氣的に接続される。このようにして、マイクロミラー素子 X 2 が製造される。

【 0 0 5 0 】

図 1 3 および図 1 4 は、図 1 2 に続く別の工程を表す。まず、図 1 3 に示す工程では、図 1 2 に示す工程を経た配線基板 2 0 0 に対して、熱硬化性の接着剤 4 0 1 を塗布する。接着剤 4 0 1 としては、例えばエポキシ系の接着剤を使用することができる。接着剤 4 0 1

10

20

30

40

50

は、導電スペーサ300を被覆しないように、且つ、マイクロミラー基板100の共通外フレーム130'に対向することとなる配線基板200の所定の箇所にて、所定の量が塗布される。

【0051】

次に、図14に示すように、フリップチップボンダを用いて、別途形成されるマイクロミラー基板100と配線基板200とを位置合わせしつつマイクロミラー基板100を配線基板200上に載置した後、加圧および加熱しながら、マイクロミラー基板100と配線基板200とを導電スペーサ300を介して接合する。このとき、導電性接着剤303が硬化することにより、導電スペーサ300がマイクロミラー基板100の電極パッド138a~138dに接合される。その結果、配線基板200の配線パターン210と、マイクロミラー基板100の電極パッド138a~138dが電氣的に接続される。マイクロミラー基板100を配線基板200上に載置するとき、接着剤401の粘着力により、マイクロミラー基板100は配線基板200に対して仮固定される。また、加圧および加熱を経て、マイクロミラー基板100の共通外フレーム130'と配線基板200との間で接着剤401が硬化した後は、当該接着剤401は、マイクロミラー基板100と配線基板200との接合を補強する働きを担う。このようにしてマイクロミラー素子X2を作製してもよい。

10

【0052】

また、マイクロミラー素子X2においては、図15に示すように、マイクロミラー基板100と配線基板200との間において、追加スペーサ300'を形成してもよい。この場合、追加スペーサ300'は、マイクロミラー基板100の共通外フレーム130'と配線基板200の間に形成される。追加スペーサ300'は、ハンダバンプ、金属めっき、ドライフィルムレジスト、および、ガラス製または樹脂製の球状スペーサなどにより構成することができる。ハンダバンプなどの金属材料により追加スペーサ300'を構成する場合には、共通外フレーム130'および配線基板200の追加スペーサ形成箇所において、予め金属パッドを形成しておくのが好ましい。共通外フレーム130'および配線基板200と追加スペーサ300'との間において十分な接合強度を得るためである。また、ハンダバンプなどの金属材料により追加スペーサ300'を構成する場合には、配線基板200上の配線パターン210とマイクロミラー基板100に形成されている導電経路とが、追加スペーサ300'によりショートしないように、追加スペーサ300'を形成する。

20

30

【0053】

導電スペーサ300の電極パッド211a~211dおよび/または電極パッド138a~138dに対する接合については、上述のような方法に代えて、AuパッドとAuバンプとの間の超音波ボンディングにより達成してもよい。或は、パッドと導電スペーサ300を圧接することにより達成してもよい。この場合、マイクロミラー基板100と配線基板200の機械的接合は、他の箇所に形成される例えば図14に示すような接着剤401により達成される。導電スペーサ300については、Au製のバンプボール301, 302に代えて、図16に示すように、単一のハンダバンプ304を採用することもできる。めっき法やスクリーン印刷法により電極上に供給するハンダバンプ形成材料を調整することにより、単一のハンダバンプ304により導電スペーサ300を形成することが可能である。

40

【0054】

図17は、本発明の第3の実施形態に係るマイクロミラー素子X3の部分断面図である。マイクロミラー素子X3は、配線基板200についてはマイクロミラー素子X2と異なる構成を有し、マイクロミラー基板100および導電スペーサ300についてはマイクロミラー素子X2と同様の構成を有する。ただし、本実施形態では、導電スペーサ300としては単一ハンダバンプ304を採用する。

【0055】

マイクロミラー素子X3の配線基板200は、第1の面201および第2の面202を有

50

する。第1の面201には、退避部203が形成されている。この退避部203は、マイクロミラー基板100のミラー形成部110や内フレーム120の進入を許容するような箇所および深さで形成されている。このように退避部203が形成されているため、同一サイズのミラー形成部110および内フレーム120を前提とすると、マイクロミラー素子X3の導電スペーサ300に要求される高さは、マイクロミラー素子X1およびマイクロミラー素子X2の導電スペーサ300に要求される高さよりも低い。したがって、比較的低い単一のハンダバンプ304によっても、導電スペーサ300としての機能を良好に果たすことができる。

【0056】

退避部203の形成によって、配線基板200の第1の面201において、配線パターン210を形成するための領域は小さくなる。これに対応するべく、マイクロミラー素子X3では、配線パターン210は、配線基板200の第2の面202にも形成されている。このような構成の配線パターン210においては、第1の面201の配線パターン210と第2の面202の配線パターン210は、配線基板200を貫通する導電連絡部220によって電気的に接続されている。第1の面201の配線パターン210は、導電スペーサ300が接合する電極パッド211a~211dのみとしてもよい。また、第2の面202の配線パターン210には、外部接続用の電極パッド212a~212dが含まれる。電極パッド212には、外部接続用の例えばハンダバンプ230が形成されている。

【0057】

上述の第1~第3の実施形態では、2軸型であって櫛歯電極型のマイクロミラーについて示したが、本発明では、平行平板型マイクロミラー等について実施してもよい。また、上述のマイクロミラー素子X2の製造方法においては、マイクロミラー基板100と配線基板200の接合の前に、導電スペーサ300を配線基板200に対して形成しておく手法を説明したが、本発明では、マイクロミラー基板100と配線基板200の接合の前に、導電スペーサ300は、マイクロミラー基板200に対して形成しておいてもよい。或は、両基板に対して導電スペーサ300の一部を形成しておき、マイクロミラー基板100と配線基板200の接合の際に導電スペーサ300が形成される手法を採用してもよい。マイクロミラー素子X1, X3は、これらの手法を含むマイクロミラー素子X2に関して説明した製造方法と同様な方法により、製造することができる。

【0058】

以上のまとめとして、本発明の構成およびそのバリエーションを以下に付記として列挙する。

【0059】

(付記1) フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、前記フレーム部および前記可動部を連結するトーションバーとが形成されているマイクロミラー基板と、配線パターンが形成されている配線基板と、前記マイクロミラー基板および前記配線基板を離隔させつつ前記フレーム部および前記配線パターンを電気的に接続するための導電スペーサと、を備えることを特徴とする、マイクロミラー素子。

(付記2) フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、前記フレーム部および前記可動部を連結するトーションバーとを備える複数のマイクロミラーユニットが一体的に形成されているマイクロミラー基板と、配線パターンが形成されている配線基板と、前記マイクロミラー基板および前記配線基板を離隔させつつ前記フレーム部および前記配線パターンを電気的に接続するための導電スペーサと、を備えることを特徴とする、マイクロミラー素子。

(付記3) 前記導電スペーサは、単一のバンプ、または、積み重なる複数のバンプからなる、付記1または2に記載のマイクロミラー素子。

(付記4) 前記導電スペーサは、電極パッドを介して前記配線パターンおよび/または前記フレーム部に接続している、付記1から3のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子

10

20

30

40

50

。

(付記 5) 前記導電スペーサは、導電性接着剤を介して前記配線パターンおよび/または前記フレーム部に接続している、付記 1 から 4 のいずれか 1 つに記載のマイクロミラー素子。

(付記 6) 前記導電スペーサと前記電極パッドは融着している、付記 4 に記載のマイクロミラー素子。

(付記 7) 前記導電スペーサと前記電極パッドは圧接している、付記 4 に記載のマイクロミラー素子。

(付記 8) 前記配線基板は、前記マイクロミラー基板に対向する第 1 の面を有し、当該第 1 の面には、前記可動部の進入を許容する退避部が形成されている、付記 1 から 7 のいずれか 1 つに記載のマイクロミラー素子。

10

(付記 9) 前記配線基板は、前記第 1 の面とは反対の第 2 の面を有し、当該第 2 の面には、前記配線パターンの一部が形成されている、付記 8 に記載のマイクロミラー素子。

(付記 10) 前記配線基板は、前記第 1 の面に形成されている配線パターンと前記第 2 の面に形成されている配線パターンとを電氣的に接続するように、前記配線基板を貫通する導電連絡部を有する、付記 9 に記載のマイクロミラー素子。

(付記 11) 前記マイクロミラー基板と前記配線基板との間に接着剤が介在する、付記 1 から 10 のいずれか 1 つに記載のマイクロミラー素子。

(付記 12) 前記フレーム部と前記配線基板との間に追加スペーサが介在する、付記 1 から 11 のいずれか 1 つに記載のマイクロミラー素子。

20

(付記 13) 前記追加スペーサはバンプである、付記 12 に記載のマイクロミラー素子。

(付記 14) 前記可動部は第 1 櫛歯電極部を有し、前記フレーム部は、前記第 1 櫛歯電極部との間に静電力を生じさせることにより前記可動部を変位させるための第 2 櫛歯電極部を有する、付記 1 から 13 のいずれか 1 つに記載のマイクロミラー素子。

(付記 15) 前記可動部は、前記トーションバーを介して前記フレーム部に連結された中継フレームと、当該中継フレームから離隔するミラー形成部と、当該中継フレームおよびミラー形成部を連結する中継トーションバーとを備え、前記中継トーションバーは、前記トーションバーの延び方向に対して交差する方向に延びている、付記 1 から 14 のいずれか 1 つに記載のマイクロミラー素子。

(付記 16) 前記ミラー形成部は第 3 櫛歯電極部を有し、前記中継フレームは、前記第 3 櫛歯電極部との間に静電力を生じさせることにより前記ミラー形成部を変位させるための第 4 櫛歯電極部を有する、付記 15 に記載のマイクロミラー素子。

30

(付記 17) 前記マイクロミラー基板は、絶縁膜および/または空隙により相互に絶縁された複数の区画を有し、当該複数の区画の一部は、前記導電スペーサと電氣的に接続している、付記 1 から 16 のいずれか 1 つに記載のマイクロミラー素子。

【0060】

【発明の効果】

本発明によると、ミラー面の数の増加に伴う素子の大型化を抑制可能なマイクロミラー素子が得られる。このようなマイクロミラー素子によると、大規模な光通信網に組み込まれる光スイッチング装置を小型に構成することが可能となる。

40

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係るマイクロミラー素子の斜視図である。

【図 2】図 1 に示すマイクロミラー素子の分解斜視図である。

【図 3】図 1 に示すマイクロミラー素子の断面図である。

【図 4】図 1 に示すマイクロミラー素子のマイクロミラー基板の裏面図である。

【図 5】本発明の第 2 の実施形態に係るマイクロミラー素子の斜視図である。

【図 6】図 5 に示すマイクロミラー素子の分解斜視図である。

【図 7】図 5 に示すマイクロミラー素子の部分断面図である。

【図 8】図 5 に示すマイクロミラー素子の製造工程一部を表す。

【図 9】図 8 に続く工程を表す。

50

【図 10】図 9 に続く工程を表す。

【図 11】図 10 に続く工程を表す。

【図 12】図 11 に続く工程を表す。

【図 13】図 12 に続く別の工程を表す。

【図 14】図 13 に続く工程を表す。

【図 15】マイクロミラー基板と配線基板との間に追加スペーサが介在する場合の断面図である。

【図 16】導電スペーサの別の態様を表す。

【図 17】本発明の第 3 の実施形態に係るマイクロミラー素子の部分断面図である。

【図 18】光スイッチング装置の一例の概略構成図である。

10

【図 19】光スイッチング装置の他の例の概略構成図である。

【符号の説明】

X 1 , X 2 , X 3 マイクロミラー素子

X 2 ' マイクロミラーユニット

1 0 0 マイクロミラー基板

1 1 0 ミラー形成部

1 2 0 内フレーム

1 3 0 外フレーム

1 3 0 ' 共通外フレーム

1 3 8 a ~ 1 3 8 d 電極パッド

20

1 4 0 , 1 5 0 トーションバー

2 0 0 配線基板

2 1 0 配線パターン

2 1 1 a ~ 2 1 1 d , 2 1 2 a ~ 2 1 2 d 電極パッド

3 0 0 導電スペーサ

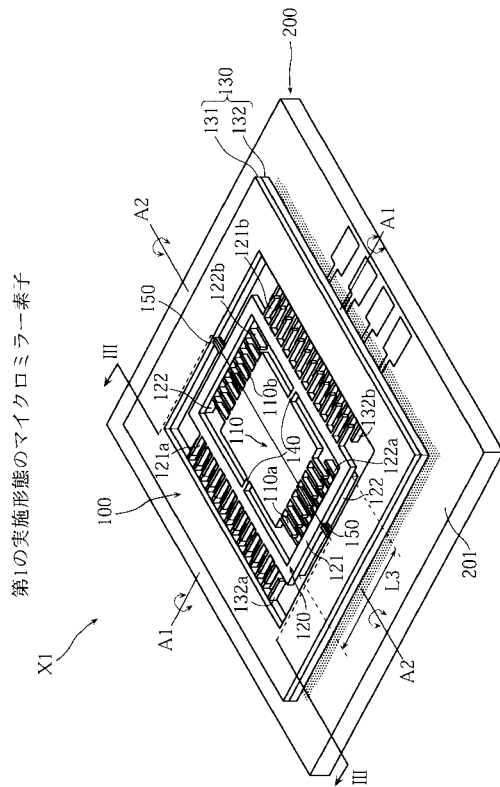
3 0 0 ' 追加スペーサ

3 0 1 , 3 0 2 ボールバンプ

3 0 3 導電性接着剤

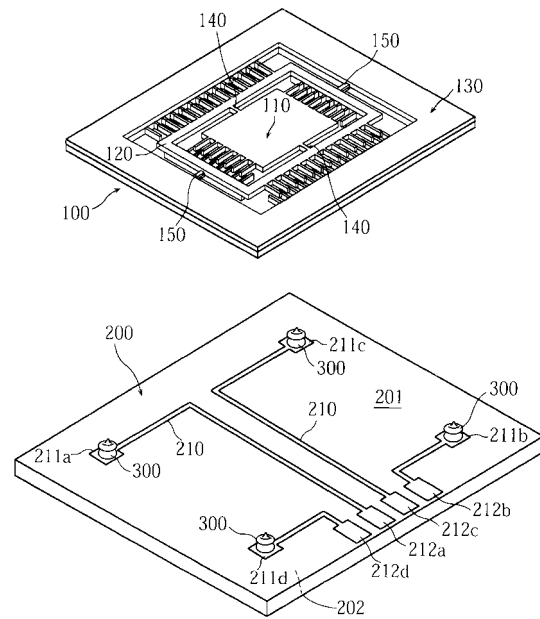
4 0 1 接着剤

【図 1】



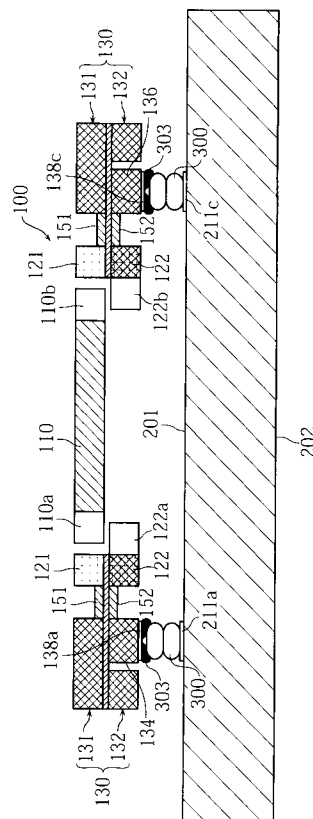
【図 2】

図1のマイクロミラー素子の分解斜視図



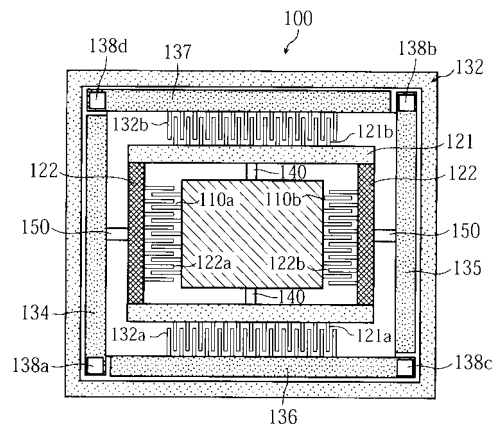
【図 3】

図1の線III-IIIに沿った断面図

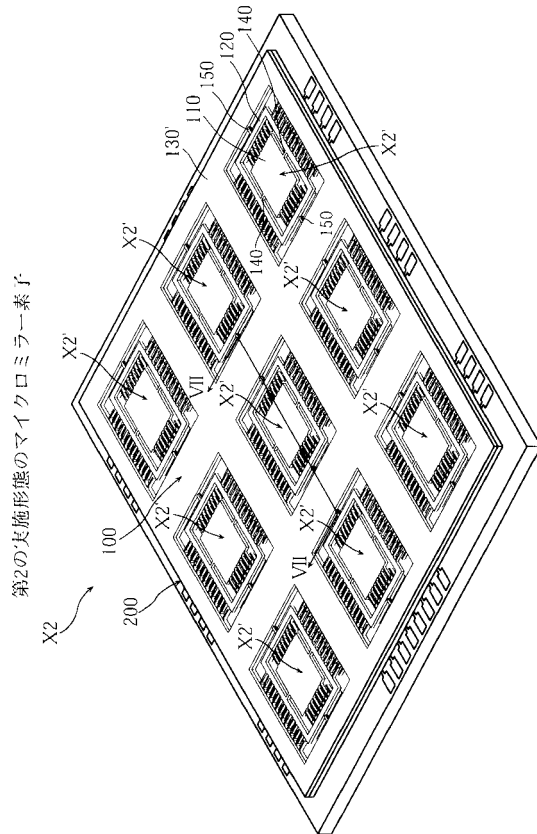


【図 4】

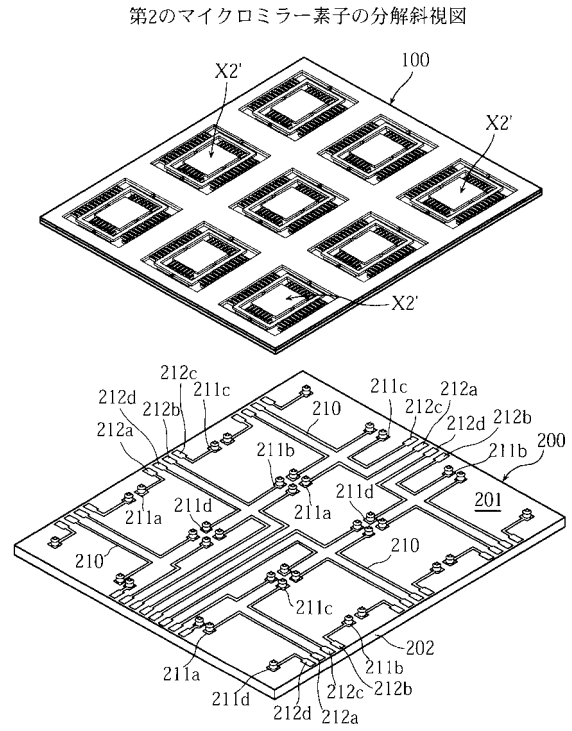
マイクロミラー基板の裏面図



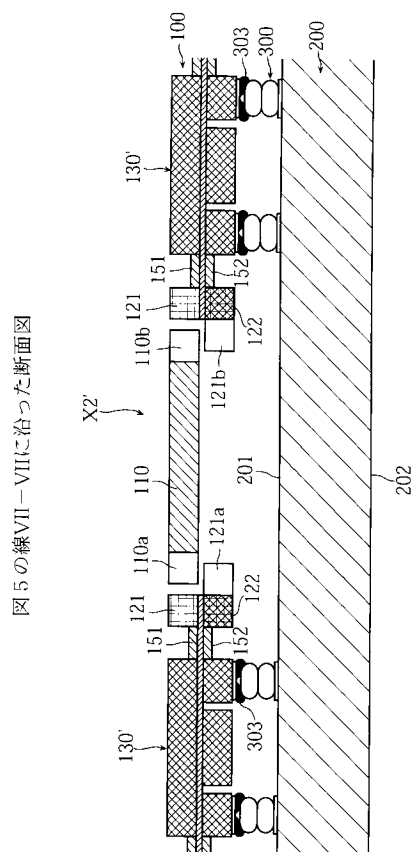
【図5】



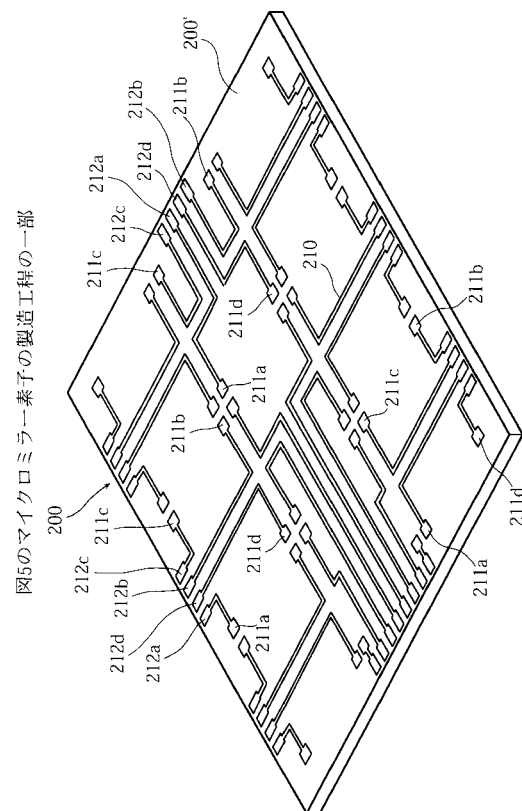
【図6】



【図7】

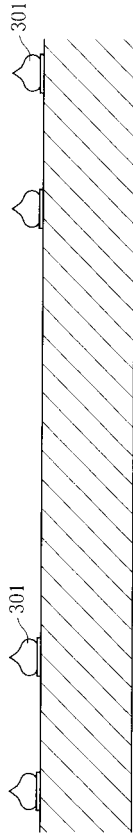


【図8】

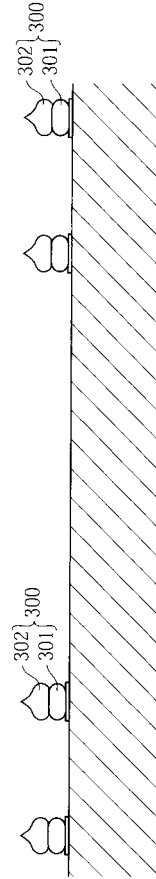


【図 9】

図8に続く工程

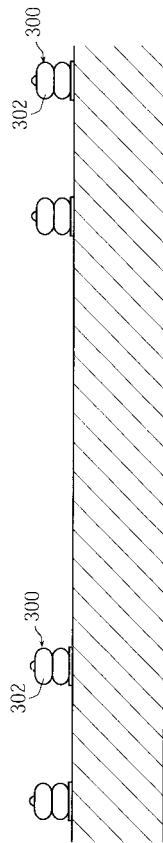


【図 10】



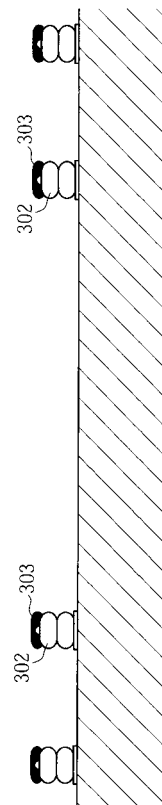
【図 11】

図10に続く工程



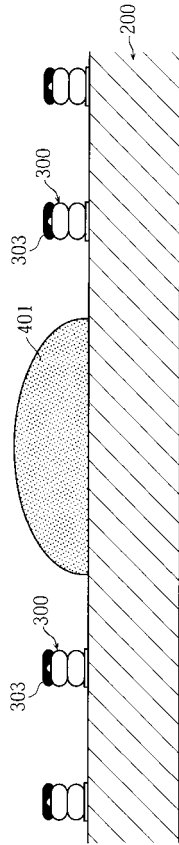
【図 12】

図11に続く工程



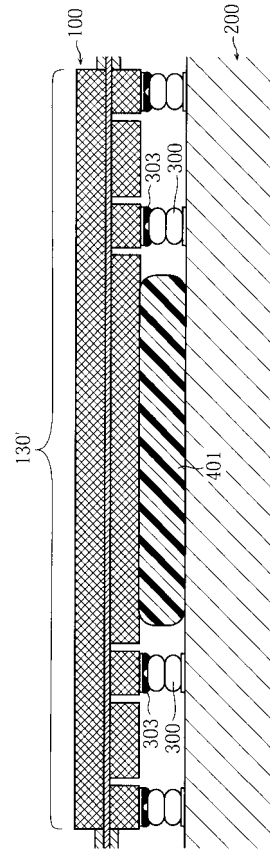
【図 13】

図12に続く別の工程



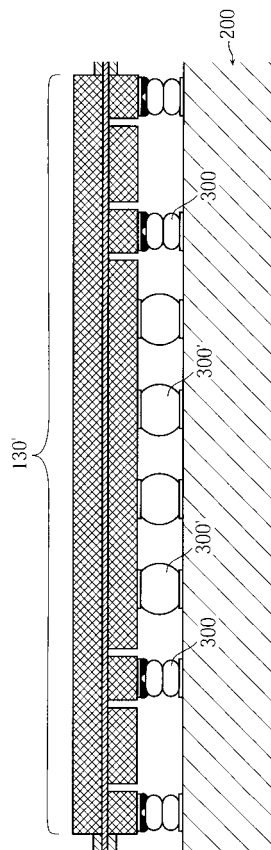
【図 14】

図13に続く工程



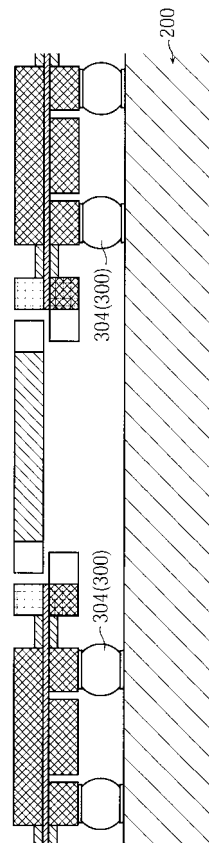
【図 15】

追加スペーサを有する形態



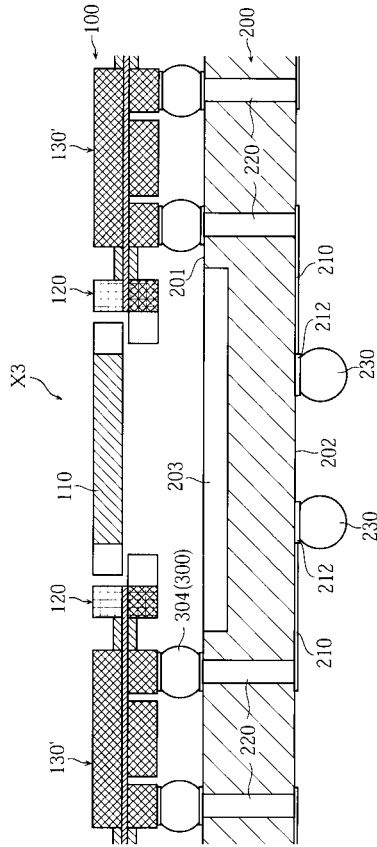
【図 16】

導電スペーサの別の態様



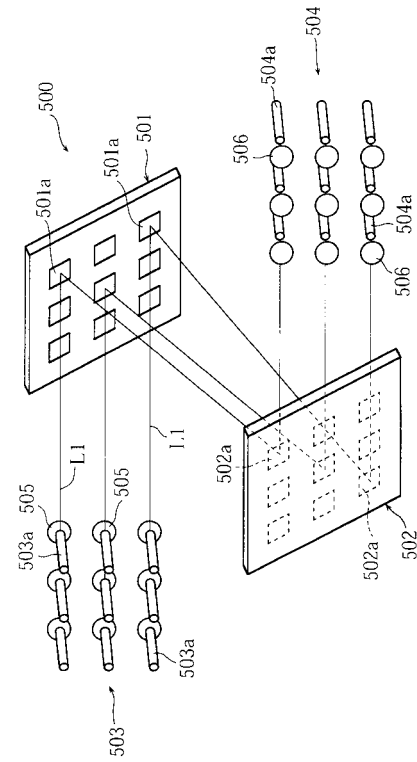
【 図 1 7 】

第3の実施形態のマイクロミラー素子



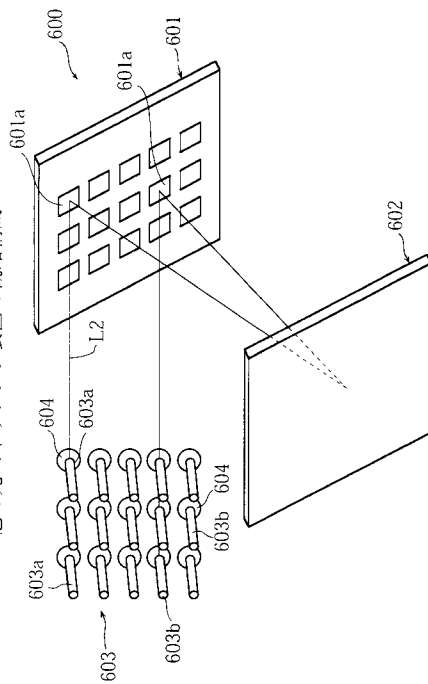
【 図 1 8 】

光スイッチング装置の概略構成



【 図 1 9 】

他の光スイッチング装置の概略構成



フロントページの続き

- (72)発明者 上田 知史
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
- (72)発明者 奥田 久雄
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
- (72)発明者 佐脇 一平
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
- (72)発明者 壺井 修
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
- (72)発明者 水野 義博
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
- (72)発明者 高馬 悟覚
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
- (72)発明者 中村 義孝
長野県須坂市大字小山460番地 富士通メディアデバイス株式会社内
- (72)発明者 山岸 文雄
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

合議体

審判長 小牧 修
審判官 三橋 健二
審判官 稲積 義登

- (56)参考文献 特開2000-275550(JP,A)
特開2000-147419(JP,A)
特開2002-056554(JP,A)
特開平04-343318(JP,A)
特開2000-147419(JP,A)
特開平10-142530(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B26/08