

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2007-533105

(P2007-533105A)

(43) 公表日 平成19年11月15日(2007. 11. 15)

(51) Int. Cl.		F I	テーマコード (参考)
HO 1 H 59/00	(2006. 01)	HO 1 H 59/00	
B 8 1 B 3/00	(2006. 01)	B 8 1 B 3/00	
B 8 1 C 3/00	(2006. 01)	B 8 1 C 3/00	
HO 1 H 49/00	(2006. 01)	HO 1 H 49/00	J

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 23 頁)

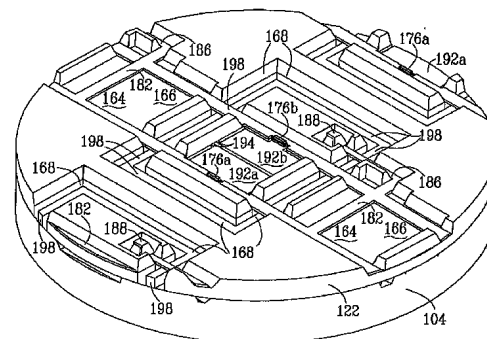
(21) 出願番号	特願2007-508435 (P2007-508435)	(71) 出願人	505042170
(86) (22) 出願日	平成17年4月12日 (2005. 4. 12)		シヴァータ・インコーポレーテッド
(85) 翻訳文提出日	平成18年11月29日 (2006. 11. 29)		アメリカ合衆国・カリフォルニア・950
(86) 国際出願番号	PCT/US2005/012244		35・ミルピタス・メルカド・コート・6
(87) 国際公開番号	W02005/099410		29
(87) 国際公開日	平成17年10月27日 (2005. 10. 27)	(74) 代理人	100064908
(31) 優先権主張番号	60/561, 192		弁理士 志賀 正武
(32) 優先日	平成16年4月12日 (2004. 4. 12)	(74) 代理人	100089037
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 渡邊 隆
(31) 優先権主張番号	60/629, 931	(74) 代理人	100108453
(32) 優先日	平成16年11月23日 (2004. 11. 23)		弁理士 村山 靖彦
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 単極双投MEMSスイッチ

(57) 【要約】

様々な形状のMEMSスイッチが、個々に動作可能な接触を提供する。このMEMSスイッチは改善された陽極接合技術によってシールされる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

単極双投（「SPDT」）マイクロ電子機械システム（「MEMS」）スイッチに接続された入力導体上に存在する電気信号を、少なくとも第1の出力導体と第2の出力導体とを含むグループから選択された出力導体に選択的に結合するよう適合され、両方の前記出力導体が該SPDT MEMSスイッチに接続されるようにした、SPDT MEMSスイッチであって、

前記SPDT MEMSスイッチは、

a. 1対の前に直面するトグルと1対の後に直面するトグルとを含むグループから選択された整列形態の少なくとも1対のトグルと、

b. 前記トグルの数より少なくない複数対のトーションバーであって、それぞれのトーションバーの対が：

i. それぞれ前記トグルの1つの対抗する側に配置され、それと結合され、また、

i i. そのようなトグルが回転できる軸を構築している、
トーションバーと；

c. 前記トグルから最も遠いトーションバーの端部が結合されたフレームであって、前記トーションバーによって構築された軸の周りで回転するために前記トーションバーを介して前記トグルを支持するフレームと；

を内部にマイクロマシン加工された材料のモノリシック層；

前記トグルの数より少なくない電気伝導性の複数の短絡バーであって、1つの短絡バーが上記のようなトグルの回転軸からそれぞれのトグル先端の端部にそれぞれ運ばれるような短絡バー；

前記モノリシック層の第1の表面に接続されるベース；および、

前記ベースが接続されるその第1の表面より先端のモノリシック層の第2の表面に接着された基板であって、その上部には、

a. 前記トグルの数より少なくない電極であって、該トグルの回転軸の一側に移動されたトグルの表面に並置され、該電極とトグルの間への電圧の印加が、結合されたトーションバーにより構築された自身の回転軸の周りに前記トグルを回転させるよう駆動するような電極と；

b. 前記トグルの数より少なくない複数対のスイッチ接点であって、それぞれのスイッチ接点の対が前記入力導体と前記出力導体の1つにそれぞれ接続可能なよう適合され、かつスイッチ接点のそれぞれの対が：

i. 前記トグルに力がかけられない時に、前記トグルの1つによって運ばれる短絡バーに近接するが、スペースをあけられ；

i i. 前記トグルに力がかけられない時に、お互い電氣的に絶縁され；また、

i i i. トーションバーにより構築された回転軸の周りに前記トグルを回転させるよう駆動するトグルへの十分強い力の適用の下に、前記近接する短絡バーによって接続される接点と；

が形成された基板；

を有し、

それによって、短絡バーが前記スイッチ接点に接触するような範囲に結合にされたトーションバーにより構築された回転軸の周りのそれぞれのトグルの回転の際に、接触短絡バーが、前記トグルによって運ばれる短絡バーに近接するスイッチ接点と電氣的に連結することを特徴とするSPDT MEMSスイッチ。

【請求項 2】

前記電極は、段階的な断面形状を持ち、それによって、トーションバーのそれぞれの対により構築された回転軸の周りに前記トグルを回転させるのに十分な強さの力を発生するために、印加されるべき電圧を減らすことを特徴とする請求項1に記載のSPDT MEMSスイッチ。

10

20

30

40

50

【請求項 3】

フリット材料が前記基板にモノリシック層を接着させ、フリット材料が前記フレーム、前記トーションバー、および前記トグルの対を取り囲むように配置され、接着の際に前記フリット材料が前記フレーム、前記トーションバー、および前記トグルの周りに位置する突出したレールによって圧縮されることを特徴とする請求項 1 に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 4】

前記レールは前記フリット材料を収容するフリットトレンチの中に配置されることを特徴とする請求項 3 に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 5】

前記レールは前記モノリシック層の中に形成されることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 6】

融着接着剤が前記モノリシック層と前記ベースとを接合することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 7】

前記モノリシック層を形成する材料は単結晶シリコン (S i) であることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 8】

電氣的絶縁材料のシートが、前記トグルと上部に運ばれる前記短絡バーとの間に挿入されることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 9】

前記ベースは前記モノリシック層の第 1 の表面に近接する内部に形成されたキャビティを含むことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 10】

前記基板は、前記スイッチ接点と入力出力導体との間に電気信号をそれぞれ運ぶ電気導体を面上に形成し、

前記 S P D T M E M S スイッチは、前記電気導体に近接して配置され、そこから電氣的に絶縁される接地板を含むことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 11】

前記接地板は前記モノリシック層の上に配置されることを特徴とする請求項 10 に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 12】

前記接地板は前記基板の上に配置されることを特徴とする請求項 10 に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 13】

第 1 の材料の層と；
第 2 の材料の層であって、フリット材料が前記第 1 の材料の層を前記第 2 の材料の層に接合し、接着の際に、前記フリット材料が、前記第 1 の材料の層および前記第 2 の材料の層を含むグループから選択された材料の層の中に位置するレールによって圧縮されるようにした第 2 の層と；
を有することを特徴とする M E M S デバイス。

【請求項 14】

前記レールは前記フリット材料を収容するフリットトレンチの中に配置されることを特徴とする請求項 13 に記載の M E M S デバイス。

【請求項 15】

前記フリット材料は、前記第 1 の材料の層と前記第 2 の材料の層との間に陽極接合され

10

20

30

40

50

ることを特徴とする請求項 13 または 14 に記載の MEMS デバイス。

【請求項 16】

百 (100) ボルト未満の電圧が前記第 1 の材料の層と前記第 2 の材料の層に亘って印加され、それらの間にフリット接合が構築されることを特徴とする請求項 15 に記載の MEMS デバイス。

【請求項 17】

MEMS デバイスの、対にされた第 1 の材料の層と第 2 の材料の層との間にフリット材料を配置する段階と、

対にされた第 1 の材料の層と第 2 の材料の層とに亘って圧力をかける段階と、

対にされた第 1 の材料の層と第 2 の材料の層とを加熱する段階と、

対にされた第 1 の材料の層と第 2 の材料の層とに亘って 100 ボルト未満の電圧を印加する段階と、

を有することを特徴とする MEMS デバイスの層を接着するための方法。

【請求項 18】

対にされた第 1 の材料の層と第 2 の材料の層とに亘ってかけられる圧力は少なくとも 1800 ニュートン (Newtons) であることを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】

対にされた第 1 の材料の層と第 2 の材料の層とは少なくとも 400 °C に加熱されることを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 20】

前記フリット材料は、前記第 1 の材料の層と第 2 の材料の層とを含むグループから選択された材料の層の中に位置するルールによって圧縮されることを特徴とする請求項 17 から 19 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 21】

前記ルールは前記フリット材料を収容するフリットトレンチの中に配置されることを特徴とする請求項 20 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、全般的に電気スイッチおよびリレーの技術分野に関わり、特にマイクロ電気機械システム (「MEMS」) スイッチリレーに関する。

【背景技術】

【0002】

「Sealed Integral MEMS Switch」という発明の名称で 2004 年 2 月 12 日に公開された特許協力条約 (「PCT」) 国際特許出願第 PCT/2003/024255 号であって、国際公開番号 WO 2004/103898 A2 号 (「PCT 特許出願」) パンフレットは、

1. 一つの出力導体、または

2. 第 1 または第 2 の出力導体のどちらか、

のいずれかと第 1 の入力導体上に存在する電気信号を結合する一体型の MEMS スイッチを開示している。

【0003】

この PCT 特許出願に記載された MEMS スイッチは、

a. シーソー、

b. 前記シーソーの対抗する側に配置され、それと結合されたトーションバー (torsion bar) の対であって、前記シーソーが回転できる軸を構築するトーションバー、

c. 前記シーソーから最も遠いトーションバーの端部が結合されるフレーム、を備えた材料のマイクロマシン加工されたモノリシック層を含む。

【0004】

上記フレームは、トーションバーによって構築された軸の周りの回転のためにトーショ

10

20

30

40

50

ンバーを介してシーソーを支持する。シーソーは、トーションバーによって前記シーソーの一端または両方の対向端に構築された回転軸から離れて位置する1つまたは2つのいずれかの電気伝導性の短絡バーを運ぶ。

【0005】

MEMSスイッチは、モノリシック層の第1の表面に接続されるベースをも含む。また、MEMSスイッチに含まれている基板は、上記ベースが接続されるモノリシック層の第1の表面から離れて位置するモノリシック層の第2の表面と接合される。トーションバーによって構築された回転軸の一侧に位置するシーソーの表面にそれぞれ並置される1つまたは2つの電極が基板上に形成される。電極とシーソーの間への電圧の印加が、トーションバーにより構築された回転軸の周りに回転させるよう促し、それによって、電極とシーソーの間に存在するギャップを狭める。

10

【0006】

それぞれが入力導体と出力導体とに接続されるか、またはそれぞれ2つの出力導体に接続される1対または2対のスイッチ接点も基板上に形成される。1対または複数対のスイッチ接点は、

- a. シーソーに力がかけられない時に、短絡バーに近接するが、スペースをあけられ；
- b. シーソーに力がかけられない時に、お互い電氣的に絶縁され；
- c. シーソーを回転させるよう駆動するシーソーへの十分強い力の適用の下に、短絡バーによって接続される。

20

【0007】

このようにして、短絡バーとスイッチ接点の対と間の接触が、入力導体を出力導体と電氣的に結合する。

【0008】

このPCT特許出願の他の局面は、MEMS電気接点（コンタクト）構造と、電気導体をそれぞれ運ぶ第1および第2の層を含んだMEMS構造である。第2の層は、片持ち（カンチレバー）構造をも含み、それは該片持ち構造の自由端に電気接点アイランド（島構造）を支持する。電気接点アイランドは上記片持ち構造の先端にある端部を備え、上記第2の層上に配置される電気導体の一部を運ぶ。このPCT特許出願のこの特定の局面において、電気接点アイランドの端部にある電気導体の部分は、カンチレバーによって供給される力により付勢されて、第1の層上に配置された電気導体と密着させられる。MEMSスイッチでは、この片持ち構造が、MEMSスイッチの入力および出力電気導体に近接して配置され、かつ電氣的に絶縁される接地板との電氣的接触を提供する。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明の目的は、改善されたMEMSスイッチを提供することである。

【0010】

他の目的は、陽極接合とガラスフリットの新規な組み合わせを利用して密封し、シールされたMEMSスイッチを提供することである。

40

【0011】

本発明のさらに他の目的は、無線周波数（「RF」）交流をスイッチングするよう適合される単極単投、単極複投、または複投複極スイッチを含むMEMSスイッチを提供することである。

【0012】

本発明のさらに他の目的はより小型のMEMSスイッチを提供することである。

【0013】

要するに、単極双投（「SPDT」）マイクロ電子機械システム（「MEMS」）スイッチに接続された入力導体上に存在する電気信号を、SPDT MEMSスイッチそれ自身にも、または逆に、接続された第1または第2の出力導体に、選択的に結合するよう適

50

合された S P D T M E M S スイッチである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

1. この S P D T M E M S スイッチは、1 対の動作可能なトグル(toggle)を備えた材料のマイクロマシン加工されたモノリシック層を含む。1 対のトグルは何らかの望ましい方向に配置できる。好ましい実施の形態では、トーションバーが周囲のフレームから、動作するトグルを支持する。トーションバーはトグルの反対側で、トグルが周りを回転することができる軸を構築する。それぞれのトグルは、トグルの回転軸から最も遠いその端部に電気伝導性の短絡バーを運ぶ。このように、それぞれのトグルは、個々の単極単投 (S P S T) スイッチに相当する。

10

【0015】

2. 本発明の他の目的は、一層複雑なスイッチネットワークを形成するための S P S T トグルスイッチの任意の配置構成を可能にすることである。多くの個々のトグルをシールされたキャビティの中に作ることができ、慎重な設計とレイアウトによってシールされたキャビティの中にスイッチのモノリシックネットワークを作ることが可能となる。一般に、慎重に選ばれた方法で連結された複数のトグルを与えると、単極単投スイッチ、単極複投スイッチ、または複極複投スイッチを作ることが可能である。それぞれのトグル要素が互いのトグル要素とは独立に動作することができるので、同時に 1 つ以上のトグルを閉じるようにすることも可能である。個々のスイッチは非常に低損失であるので、いくつかのスイッチによって任意の入力を任意の出力に関係させる状態で、実行可能なスイッチネットワークを構成することができる。同一パッケージの中に多数の個々のスイッチ形態を備えることも可能である；例えば、一つのモノリシック構成要素が、S P 4 T スイッチ (1 × 4) と共に S P D T M E M S スイッチ (1 × 2) を含むことができる。開示された実施の形態においては、それぞれのトグルは独立して機能し、それはいつでも要求される程度の多くの数、または少ない数のスイッチを閉じることを可能にし、そして例えば一つの入力を、同時に多数の出力に関係させることを可能にする。

20

【0016】

本発明の他の局面は、フィードスルー(feed through: 金属貫通接続)を密閉してシールするためのガスケット(gasket)としてのガラスフリットを使用する強い接合を形成する陽極接合のための方法である。初めにシーリングガラスによってパターン形成されない接合面上に形成されたレールまたは他の機構(feature: 特徴)を使ってガラスシールする表面コンタクト領域を増やす方法が、本発明に含められる。このレールまたは他の機構は、接着の際にシーリングガラスの中に押し込まれることになる。このシール技法が種々の M E M S、およびウェーハレベルの密封したシールを必要とする他の機械的電氣的デバイスのために利用できる、ということが、当技術分野の当業者には、容易に理解できるであろう。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

これらの、および他の特徴、目的および利点は、種々の図面で例証される好ましい実施形態についての以下の詳細な説明から、当技術分野の当業者に理解でき、かつ明白であろう。

40

【0018】

以下で説明するように、本発明による M E M S スイッチを製造するための種々の工程および形態が存在するが、図 1 は、M E M S スイッチのための 1 つの特定の形態により占有されるベースウェーハ 104 上の領域 102 を表す。図 1 に示すように、ライン 106 は八つ (8) の同一の、近接した領域 102 を持った中央領域 102 の境界を示し、それはベースウェーハ 104 のエッジに近接する一方で、中央領域 102 を囲んでいる。以下で説明するように、M E M S スイッチが完全に製造された後、領域 102 は、ライン 106 に沿ってソーイング(sawing)することによって、個々の M E M S スイッチに分けられる。

【0019】

50

ベースウェーハ104は、その直径に対する標準のSEMI (Semiconductor Equipment and Materials International: 半導体製造装置材料協会) 厚さより薄いような従来のシリコンウェーハである。例えばベースウェーハ104が約150mmの直径であるならば、標準SEMIウェーハは通常、約650ミクロン厚さである。しかしながら、大いにばらつきがあり、本発明によるMEMSスイッチを製造するのには依然として有用であるようなベースウェーハ104の厚さは、標準SEMIシリコンウェーハより薄くできる。

【0020】

本発明による実施形態のMEMSスイッチの製造は、まず、1対のスイッチターミナルパッドキャビティ112、矩形に成形されたトグルキャビティ114、1対の共通ターミナルフィードスルーキャビティ115、2対の電極フィードスルーキャビティ116、および基板コンタクトトンネル117を、ベースウェーハ104の上面108内にマイクロマシン加工することから始める。キャビティ112、114、115、116、および117の深さは重要ではないが、ここで説明する実施形態に対しては約10ミクロンの深さとするべきである。

10

【0021】

キャビティ112、114、115、116、および117をマイクロマシン加工するには、好ましくは、KOHまたは他の湿式エッチングを使用する。キャビティ112、114、115、116、および117をマイクロマシン加工するのに、標準的なエッチング停止技法が使われる。MEMSおよび半導体製造の当業者によく知られているように、ベースウェーハ104の上面108は、まず酸化されおよびパターン化されて、KOHを使って上面108をマイクロマシン加工するための阻止マスクが提供される。次に、マイクロマシン加工後に残留したベースウェーハ104の上面108の酸化物が取り除かれる。当技術分野でよく知られているように、このようにして形成したキャビティ112、114、115、116、および117の側壁は、約54°角度傾斜する。ここで十分説明し参考として組み込まれたものとして上記特定のPCT特許出願で開示された説明と類似して、もしキャビティ112、114、115、116、および117を形成するのにプラズマエッチングが使われるならば、フォトレジストマスクが上面108に塗布されることになる。このマイクロマシン加工がキャビティ112、114、115、116、および117を、特に以下でより詳細に説明するトグルの運動を適応させるトグルキャビティ114を作り出す。

20

30

【0022】

上面108にキャビティ112、114、115、116、および117がマイクロマシン加工された後、いずれの図にも示されない次のステップでは、ベースウェーハ104の下面118内にアラインメントマーク(alignment mark)をエッチングする。下面のアラインメントマークは、キャビティ112、114、115、116、および117を次にマイクロマシン加工される他の構造と揃えられるように、ベースウェーハ104にマイクロマシン加工されたキャビティ112、114、115、116、および117と一致しなければならない。これらの下側のアラインメントマークは、全プロセスの流れの終わり近くの、下側シリコンエッチングの際にも使うことになる。下側のアラインメントマークは、まずキャビティ112、114、115、116、および117に揃う特別のターゲット専用マスク(target-only-mask)を使ったリソグラフィステップによって、次にベースウェーハ104の下面118をマイクロマシン加工することによって構築される。ターゲット専用マスクのパターンは、ベースウェーハ104の両方の表面からフォトレジストを取り除く前に、下面118中に数ミクロンの深さにプラズマエッチングされる。もし赤外線機能を持ったアライナ(aligner)がMEMSスイッチの製造に使用可能ならば、下側のアラインメントマークの作製は省略することができる。

40

【0023】

MEMSスイッチを製造する次のステップは、図2に表すように、ベースウェーハ104の上面108に、シリコン・オン・インシュレータ(「SOI」)ウェーハ124の薄い単結晶Siデバイス層122を融解接合することである。好ましくは、SOIウェーハ

50

124のデバイス層122は、二酸化ケイ素(SiO_2)の極めて薄い埋込み層の上において10ミクロンの厚さであり、そのためシリコン・オン・インシュレータまたはSOIと命名される。マイクロマシン加工されたMEMSスイッチにおいて有利であるSOIウェーハ124の特徴は、デバイス層122が、SOIウェーハ124の全表面に亘って好ましくは約10ミクロンの薄い SiO_2 層132として本質的に均一な厚さを有することである。ベースウェーハ104の上面108へのSOIウェーハ124のデバイス層122の融解接合において、ウェーハ104と124は、ベースウェーハ104上のアラインメント(alignment)平面134に、SOIウェーハ124上のアラインメント(alignment)平面136を対応して合わせることによって、全体的に揃えられる。ベースウェーハ104にSOIウェーハ124を融解接合する段階は、約1000℃で行われる。

10

【0024】

ベースウェーハ104とSOIウェーハ124が融解接合によって一つに形成された後、デバイス層122から最も遠くに位置するSOIウェーハ124の処理層138、次に SiO_2 層132は、ベースウェーハ104の上面108に接合されたデバイス層122だけを残して取り除かれる。まず保護二酸化ケイ素層、窒化ケイ素層、両方の組み合わせ、または他の何らかの適当な保護層が、ベースウェーハ104の下面118に形成される。そしてベースウェーハ104がマスクされ、処理層138のシリコンが、SOIウェーハ124に適用されたKOHまたはTMAHエッチングを使って取り除かれる。処理層138を形成する大部分のシリコンが取り除かれた後に埋込み SiO_2 層132に到達すると、KOHまたはTMAHがSOIウェーハ124をエッチングする速度は相当に遅くなる。このように、 SiO_2 層132は処理層138を取り除くためのエッチング停止手段として機能する。処理層138の大部分のシリコンが取り去られた後、元は埋め込まれ現在は露出した SiO_2 層132はHFエッチングを使って取り除かれる。なお、処理層138の大部分のシリコンを取り除くのに、他の湿式シリコンエッチング液、プラズマエッチング、グラインディング(grinding: 研削または研磨)とポリッシング(polishing: 研磨)、または各方法の組み合わせを含む他の方法を使うことができる。このプロセスが完了した後は、SOIウェーハ124のデバイス層122だけが図3で示すようにベースウェーハ104に接合されたままとなる。あるいは、埋込み二酸化ケイ素層をデバイス層122上に残し、引き続くエッチングのための阻止マスクとして使うことができる。埋込み酸化物はエッチングが完了した後に取り除かれることになる。

20

30

【0025】

当技術分野の当業者ならば、キャビティ112、114、115、116、および117を形成する他の方法が可能であることを理解するであろう。例えば、SOIウェーハは、その上に堆積(または蒸着)されたN型エピ層を持つP型シリコンウェーハによって置き換えることができる。N型エピ層は、SOIウェーハのデバイス層122に類似している。シリコン融解接合ステップの後に、このウェーハのP型部分は、電気化学的エッチング・停止エッチングプロセスを使って、ベースウェーハ104上にN型エピ層だけを残して取り除かれることになる。

【0026】

図4は、処理層138と恐らく SiO_2 層132のエッチング除去により、デバイス層122の前面142として何が露出されたかを表す。図2に表したキャビティ112、114、115、116、および117の形成と類似して、MEMSスイッチの好ましい実施形態を製造する次のステップは、好ましくはKOHエッチングを使って、デバイス層122の中に前面142を通して約5.0ミクロン深さの最初のキャビティを最初のマイクロマシン加工することである。デバイス層122の中に最初のキャビティ144をマイクロマシン加工することは、デバイス層122内に以下の領域を構築する。

40

【0027】

1. 矩形をしたトグル領域152
2. リードフィードスルー領域154、155、156、および157
3. 基板-コンタクト-フィードスルー領域158

50

4. 基板-コンタクト台座162を囲むフィードスルー領域158の一端に位置する基板-コンタクト-トレンチ領域159

5. ボンディングパッド領域164および166

6. トグル領域152を取り囲む矩形をしたフリットトレンチ領域168

【0028】

領域152、154、155、156、157、158、162、166、および168は、最初のキャビティ144の底172からデバイス層122の前面142まで上方に広がる。

【0029】

最初のキャビティ144を形成した後、絶縁パッド174aと174bが、電気伝導性の金属構造をその中に堆積する準備として最初のキャビティ144の底172上に堆積（蒸着）される。好ましくは、概ね10%の窒化物と90%の酸化物であるシリコンオキシナイトライド（シリコン酸窒化物）材料が、プラズマ強化化学蒸着（「PECVD」）を使って絶縁パッド174aと174bのために堆積される。このシリコン酸窒化物材料は、シリコン上に堆積されるときには応力が生じない。しかしながら、絶縁パッド174aと174bのために堆積された材料は、電気絶縁性の窒化ケイ素材料、二酸化ケイ素（ SiO_2 ）材料、またはそれらの組み合わせのいずれかが可能である。デバイス層122上の他の場所に金（Au）が堆積され、それに続く処理が400℃またはそれ以上の温度を必要とするならば、電氣的絶縁薄膜の堆積はデバイス層122のSiとAuの合金化を避けるための領域において都合よく堆積できる。

【0030】

図5と図6は、最初のキャビティ144の底の上に堆積される種々の金属構造を表す。これらの金属構造は、好ましくは、チタン/タングステン接着層の上に堆積されたAuの層によって形成される。しかしながら、これらの金属構造は、チタン/タングステン上の白金のような他の材料のいくつかの組み合わせを使って堆積することができる。この金属層は、半導体処理で使われる通常の堆積方法のいずれかによって堆積できる。このような堆積方法には、スパッタリング、e-ビーム、および蒸着が含まれる。

【0031】

堆積の後に、金属層はリソグラフィでパターン化され、エッチングされて絶縁パッド174aと174bの上に位置する短絡バー176aと176bが形成される。金属層のエッチングは、絶縁パッド174aおよび174bと、短絡バー176aおよび176bとの間の最初のキャビティ144を横切って、そしてフィードスルー領域154、156を通して伸びる金属接地板182をも形成する。基板-コンタクト-フィードスルー領域158の中に配置された金属の基板-コンタクト-リード186は、基板-コンタクト台座162の上に位置する基板-コンタクトパッド188に接地板182を接続する。

【0032】

最初のキャビティ144における金属構造を形成した後、プラズマシステム、好ましくは良好な均一性と異方性を提供する反応イオンエッチング（RIE）が、最初のキャビティ144の底172に残留するデバイス層122の材料に孔を開けるのに使われる。しかしながら、デバイス層122のこの第2のエッチングのために、KOHまたは他の湿式エッチングを使うこともできる。デバイス層122にこの第2のマイクロマシン加工を施すために、標準的なエッチング停止技法、すなわちプラズマエッチングのためのフォトレジスト、または湿式のKOHエッチングのための酸化ケイ素か窒化ケイ素のいずれかを使うことができる。

【0033】

図5および図6に示すように、最初のキャビティ144の底172に適用されたこの第2のエッチングは、短絡バー176aと176bを互いに前に直面するように構成する1対のトグル192aと192bを形成する。トグル192aと192bのそれぞれは、短絡バー176aと176bから最も遠い一端において、1対のトーションバー194により支持される。それぞれの対のトーションバー194はトグル192aと192bの1つ

10

20

30

40

50

の対向する両側面と、デバイス層 1 2 2 のシリコン材料によって提供された周囲フレームとの間に伸びる。このように 2 つのトーションバー 1 9 4 によって支持されるそれぞれのトグル 1 9 2 は、両トーションバー 1 9 4 に共線的な直線上にある軸の周り回転できる。このようにしてトグル 1 9 2 a と 1 9 2 b、およびトーションバー 1 9 4 が、デバイス層 1 2 2 の周囲の材料によってモノリシックに形成される。最初のキャビティ 1 4 4 の第 2 の R I E エッチングも、内部に位置する中央のレール 1 9 8 の両側におけるベースウェーハ 1 0 4 にまで下がってフリットトレンチ領域 1 6 8 内の底 1 7 2 の材料を取り除く。このようにして深いフリットトレンチ領域 1 6 8 の内部に構成されるレール 1 9 8 が、最初のキャビティ 1 4 4 の底 1 7 2 に対して外方へ突出している。レール 1 9 8 の中央レールはガラスフリットに接触する表面積を増やす。しかしながら、レール 1 9 8 は良好な密封シールに不可欠なものではなく、省略できる。 10

【0034】

図 7 は、図 5 に表したデバイス層 1 2 2 の前面 1 4 2 と対にされ、かつ融着されることになる、パイレックス（登録商標）ガラス基板 2 0 4 の金属化表面 2 0 2 上の領域を表す。ガラス基板 2 0 4 はベースウェーハ 1 0 4 および S O I ウェーハ 1 2 4 と同じ直径を持ち、また好ましくは、0.5 mm 厚さである。図 7 に示すのは、金属化表面 2 0 2 上にクロム金 (C r - A u) またはチタン／タングステン金 (T i W - A u) の薄い 1 0 0 0 Å のシード層を最初に堆積した後の、金属化表面 2 0 2 上に存在する金属化構造である。次にシードは、パターン化され、その後で 2.0 ミクロンの A u がそのシード層にめっきされる。 20

【0035】

これは R F 表皮効果のために金属化表面 2 0 2 上に形成された金属構造にとって好ましい厚さであるが、他の厚さ、金属および堆積プロセスも使うことができる。例えば T i / W - A u 層は 2.0 ミクロンの全厚さにスパッタリングすることができる。

【0036】

シード層のパターニング、あるいは T i / W - A u のような金属材料の厚い層のエッチングは以下の金属構造を構築する。

【0037】

1. リード 2 1 4 a と 2 1 4 b を介して電極 2 1 6 a と 2 1 6 b を動作させるようにそれぞれ接続された 1 対の電極パッド 2 1 2 a と 2 1 2 b 30
2. 共通ターミナルリード 2 2 4 を介して一対の共通ターミナルコンタクト領域に接続された共通ターミナル 2 2 2
3. リード 2 3 4 a と 2 3 4 b を介してスイッチターミナルコンタクト領域 2 3 6 a と 2 3 6 b にそれぞれ接続された 1 対のコンタクトパッド 2 3 2 a と 2 3 2 b
4. リード 2 4 4 を介して台座コンタクトパッド 2 4 6 に接続された接地パッド 2 4 2

【0038】

上述の金属に加えて、リフトオフ (liftoff) プロセスを使って、硬い金属の薄層が短絡バー 1 7 6 a と 1 7 6 b、共通ターミナルコンタクト領域 2 2 6、およびスイッチターミナルコンタクト領域 2 3 6 a と 2 3 6 b の上に堆積される。現在では、白金 (P t) が、この薄層のために好ましい材料である。というのは、それは純金 (A u) と比較して「静摩擦 (sticktion)」を減らすと見られるからである。 40

【0039】

これらの金属構造に加えて、図 7 は、金属構造が上部に形成された後に、金属化表面 2 0 2 のガラス基板 2 0 4 上に覆われるガラスフリットの矩形をしたフレーム 2 5 2 も表している。フレーム 2 5 2 は、最初のキャビティ 1 4 4 の底 1 7 2 においてフリットトレンチ領域 1 6 8 の幅より少し狭い水平方向の幅を持っている。この幅でフレーム 2 5 2 を形成することは、フリットの粒子 (particle: パーティクル) が、ガラス基板 2 0 4 の金属化表面 2 0 2 と対にされる際にデバイス層 1 2 2 の前面上に達する、という可能性を低減する。フレーム 2 5 2 の高さは、デバイス層 1 2 2 の前面 1 4 2 と内部に形成された最初 50

のキャビティ 1 4 4 の底 1 7 2 との間のフリットレンチ領域 1 6 8 の深さを超える。フリットがガラス基板 2 0 4 の金属化表面 2 0 2 の上に覆われた後、それは溶剤を追い出すために約 1 0 0 °C で乾燥され、そして次に粉末状フリットをガラス化するために雰囲気中で約 4 0 0 °C に焼かれる。好ましいフリット材料は、組み合わせられたベースウェーハ 1 0 4 とデバイス層 1 2 2、およびガラス基板 2 0 4 のそれぞれの熱膨張係数にほぼ一致した特性を有する可能な限り最も低い融点を持つ。好ましくは、そのシーリングガラスは、ガラス基板にスクリーン印刷される。そのシーリングガラスは、スパッタリング、スピニング、または他の方法を含む他の技術を使って堆積することもできる。そのシーリングガラスは、まず初めにガラスまたはシリコンウェーハのいずれかの上に置かれる。上記概説した特性を持つ好ましいフリット材料は Ferro Electronic Materials の部品番号 F X 1 1 - 0 3 6 シーリングガラス (Sealing Glass) である。 10

【0040】

図 8 は、フリットをガラス基板 2 0 4 の金属化表面 2 0 2 に塗布する前に、金属の第 2 の層が堆積およびパターン化されたガラス基板 2 0 4 の他の実施形態を表している。ただ 2 つの金属の層をここで説明したが、厚さのバリエーションとして追加の層が可能である。この実施形態では、第 1 の金属の層は最終的な全金属厚さよりも 0.5 ミクロン薄い。金属の第 1 の層は前述のように以下の例外をもってパターン化される：

1. 第 1 の金属層は、共通ターミナルコンタクト領域 2 2 6 と、短絡バー 1 7 6 a および 1 7 6 b によって接続されるスイッチターミナルコンタクト領域 2 3 6 a および 2 3 6 b と、の対のチップ 2 6 2 から取り除かれる； 20

2. 第 1 の金属層は、スイッチターミナルコンタクト領域 2 3 6 a と 2 3 6 b の対に近接する電極 2 1 6 a と 2 1 6 b の長手方向の半分部分 2 6 4 から取り除かれる。

【0041】

上述のパターン化された金属構造の上に、Ti/W の第 2 の層、そして 0.5 ミクロンの全厚さを持った Au がスパッタリングまたは蒸着される。次に、金属のこの第 2 の層は、図 7 に表す同じパターンを使ってパターン化され、エッチングされる。結果として得られるパターンを図 8 に示す。この実施形態は、以下の位置において薄い 0.5 ミクロンの金属を有する：

【0042】

1. 共通ターミナルコンタクト領域 2 2 6 と、短絡バー 1 7 6 a および 1 7 6 b によって接続されるスイッチターミナルコンタクト領域 2 3 6 a および 2 3 6 b との、対のチップ 2 6 2 ；そして、 30

2. スwitchターミナルコンタクト領域 2 3 6 a と 2 3 6 b の対に、またスイッチターミナルコンタクト領域 2 3 6 a と 2 3 6 b に近接する電極 2 1 6 a と 2 1 6 b の長手方向の半分部分 2 6 4

【0043】

前述のプロセスの代わりに、図 8 に表した金属構造の厚くした部分に金属を堆積するのに金属リフトオフプロセスを使うことができる。図 7 に対して上述したように、第 2 の金属層が堆積され、パターン化され、エッチングされた後に、金属化表面 2 0 2 のガラス基板 2 0 4 にフリットフレーム 2 5 2 が付けられる。このようにして付けられた金属の第 2 の層は、MEMS スイッチにエネルギーを与えるのにそれに対して印加されるべき電圧を減らすような段階的な断面形状を持った電極 2 1 6 a と 2 1 6 b を提供する。 40

【0044】

組み合わせたベースウェーハ 1 0 4 とデバイス層 1 2 2 とを図 5 と図 6 に表わされるように準備し、そしてガラス基板 2 0 4 を図 7 と図 8 に表わされるように準備して、ガラス基板 2 0 4 の金属化表面 2 0 2 は、好ましくは、以下のようにデバイス層 1 2 2 の前面 1 4 2 に接合される。まず、ガラス基板 2 0 4 上の金属パターンがデバイス層 1 2 2 上の構造と慎重にそろえられる。次に、ガラス基板 2 0 4、および組み合わせたデバイス層 1 2 2 とベースウェーハ 1 0 4 は一緒に結合され、好ましくは約 1 8 0 0 ニュートンの力が、約 4 0 0 °C の温度において、ガラス基板 2 0 4、組み合わせられたデバイス層 1 2 2、お 50

よびベースウェーハ104にかけられる。ガラス基板204、および組み合わせられたデバイス層122とベースウェーハ104は、このようにして対にされ、フリットフレーム252が、デバイス層122のシリコン材料、それを用いて一体に形成されたトーションバー194、およびトーションバー194と一体に形成されたトグル192aと192bが提供されたトグル支持フレームを取り囲む。現時点で、デバイス層122とガラス基板204の領域に位置する、いずれの図にも示されない追加の金属構造であって、接合されたウェーハを個々のMEMSスイッチに切断する時のソー(saw:鋸)が通過する金属構造は、MEMSスイッチに対して上述した金属構造のすべてを電氣的に相互接続する。

【0045】

ベースウェーハ104、および組み合わせられたデバイス層122とベースウェーハ104にかけられた力と温度を安定させた後、対にされたガラス基板204と組み合わせられたデバイス層122およびベースウェーハ104にわたって陽極接合のために電圧が印加される。通常、対にされたガラス基板204と組み合わせられたデバイス層122およびベースウェーハ104に印加される電圧は、100ボルト未満である。その電圧は、従来の陽極接合に使用される電圧としての200から1000ボルト程度よりかなり低い。ガラスフリットフレーム252の厚さは、最初のキャビティ144の底172にそれを接触させ、底172とガラス基板204の金属化表面202との間に圧縮する原因となる。このようにして、フリットレンチ領域168の中のレール198によって圧縮されたフレーム252のフリットがリード214a、214b、224、234a、234b、および244の回りをシールし、またデバイス層122とガラス基板204の間を接合する。さらに、接合の際にかけられた温度と圧力は、ガラス基板204の金属化表面202上に台座-コンタクトパッド246を形成するAuと、デバイス層122の基板-コンタクト台座162と、の間に合金接触を作る。ガラス基板204の金属化表面202とデバイス層122の基板-コンタクト台座162との間の余剰のAuは、基板-コンタクト-フィードスルー領域158中に流れ出る。陽極接合は、好ましくは、Applied Microengineering Ltd(AML)社(173 Curie Avenue, Didcot, Oxon, OX11 0QG, United Kingdomに所在)で製造されたモデルAWB-04Pというウェーハ接合装置を使用して行う。この装置は、圧力補助の陽極接合を可能にし、高真空、または制御された圧力の環境ガス中での接合を可能にする。

【0046】

ガラス基板204を、組み合わせられたデバイス層122およびベースウェーハ104に接合した後に、金属化表面202およびベースウェーハ104の下面118から最も遠いガラス基板204の表面が薄肉化される。薄肉化は、好ましくは、両面のグラインディングとポリッシングによって達成される。あるいは、薄肉化はKOHまたはプラズマエッチングのような湿式エッチングにより達成できる。ベースウェーハ104とガラス基板204のそれぞれの厚さの半分を超える厚さが除去されうる。ガラス基板204に接着させられる時に組み合わせられたデバイス層122およびベースウェーハ104を薄くすることは、個々のMEMSスイッチに対して標準の半導体デバイスに類似する高さを与える。このように、開示にされたMEMSスイッチは、従来の自動プリント回路基板アセンブリ装置に匹敵する。

【0047】

ベースウェーハ104とガラス基板204を薄くした後、MEMSスイッチの製作を完了するための2つのさらなる処理ステップが必要である。上記で特定したPCT特許出願において記載されているように、これらの処理ステップの第1のステップでは、ベースウェーハ104の下面118を貫通し、ボンディングパッド領域164と166を完全に開けてボンディングパッド212a、212b、222、232a、232b、および242を露出する孔をエッチングする。ボンディングパッド領域164と166をこのように開けることは、まずベースウェーハ104の下面118をパターニングし、そして次に深いRIEシステムを用いてシリコンをプラズマエッチングすることによって、行なわれる。あるいは、KOHまたはTMAHを使った湿式エッチングをシリコンをエッチングする

10

20

30

40

50

ために使うことができる。ボンディングパッド 2 1 2 a、2 1 2 b、2 2 2、2 3 2 a、2 3 2 b、および 2 4 2 へのアクセス（接近）が、好ましくは、ベースウェーハ 1 0 4 を通して得られる一方で、上記で特定した P C T 特許出願において記載されているように、ボンディングパッド 2 1 2 a、2 1 2 b、2 2 2、2 3 2 a、2 3 2 b、および 2 4 2 に、プリント回路基板に接合するためのガラス基板 2 0 4 を通してアクセスすることもできる。

【0 0 4 8】

M E M S スイッチを製造する最後のステップは、図 1 のライン 1 0 6 に沿ってガラス基板 2 0 4 に接合され組み合わせられたデバイス層 1 2 2 およびベースウェーハ 1 0 4 を通して切断し、個々の M E M S スイッチをシングュレート (singulate: 単品化) するための標準的なシリコンウェーハソー（鋸）を使ったダイシングプロセスである。個々の M E M S スイッチをシングュレートすることに加えて、ガラス基板 2 0 4 に接合され組み合わせられたデバイス層 1 2 2 およびベースウェーハ 1 0 4 をソーイング（切断）することは、ダイシング時にソーが通過するデバイス層 1 2 2 とガラス基板 2 0 4 の領域に位置した追加の金属構造を破壊する。このようにして、ガラス基板 2 0 4 に接合され組み合わせられたデバイス層 1 2 2 およびベースウェーハ 1 0 4 を個々の M E M S スイッチを得るためにソーイングすることにより、上述の金属構造を機能的な一つの M E M S スイッチに必要とされるように、電氣的に切り離すことにもなる。

【0 0 4 9】

組み合わせられたデバイス層 1 2 2 およびベースウェーハ 1 0 4 を上述のようにガラス基板 2 0 4 に合わせることは、共通ターミナルコンタクト領域 2 2 6、および、トグル 1 9 2 a と 1 9 2 b に力がかけられない時にトグル 1 9 2 a と 1 9 2 b によってそれぞれ運ばれる短絡バー 1 7 6 a と 1 7 6 b に近接しかつそれからスペースをあけられたスイッチターミナルコンタクト領域 2 3 6 a と 2 3 6 b を配置する。この形態では、共通ターミナルコンタクト領域 2 2 6 とスイッチターミナルコンタクト領域 2 3 6 a および 2 3 6 b が互いに電氣的に絶縁される。しかしながら、電極 2 1 6 a と 2 1 6 b のいずれかまたは両方に印加されたある電圧が、いずれかまたは両方のトグル 1 9 2 a と 1 9 2 b をそれらそれぞれのトーションバー 1 9 4 の対によって構築された軸の周りに回転させるのに十分な力をかける場合、いずれかまたは両方の短絡バー 1 7 6 a と 1 7 6 b が、共通ターミナルコンタクト領域 2 2 6 の対といずれかまたは両方のスイッチターミナルコンタクト領域 2 3 6 a と 2 3 6 b にそれぞれ接触する。

【0 0 5 0】

図 1 0 と図 1 1 は、トグル 1 9 2 a と 1 9 2 b が、前に直面した配置ではなく、後に直面する配置として特定されるものを持っているという点で、図 5 と図 6 で例示した実施形態とは違う他の実施形態の M E M S スイッチのデバイス層 1 2 2 を表す。この M E M S スイッチの実施形態に対しては、短絡バー 1 7 6 a と 1 7 6 b が互いに近接し、トーションバー 1 9 4 が前に直面するものとして大きく分離されるのではなく、後に直面する配置のために、トーションバー 1 9 4 が互いに近接し、短絡バー 1 7 6 a と 1 7 6 b が大きく互いから分離される。図 1 0 および図 1 1 に表したトグル 1 9 2 a と 1 9 2 b のための後に直面する配置を持った M E M S スイッチを製造することは、図 1 に例示したものとは恐らく少しだけ異なるエッチングキャビティをベースウェーハ 1 0 4 の中に必要とするであろう。図 1 0 と図 1 1 に表したトグル 1 9 2 a と 1 9 2 b の、後に直面する形態を持った M E M S スイッチは、図 1 ～図 9 に表した前に直面するトグルの実施形態よりもデバイス層 1 2 2 上に少し小さめの領域を好都合に占める。

【0 0 5 1】

図 1 2 は、図 1 0 と図 1 1 に表したデバイス層 1 2 2 の前面 1 4 2 に引き続いて対にされ、融解接合されることになるガラス基板 2 0 4 の金属化表面 2 0 2 上の領域を表す。図 1 1 の表示では図 8 には表現されている段階的な電極 2 1 6 a と 2 1 6 b の表示を欠いているが、段階的な電極 2 1 6 a と 2 1 6 b には、図 1 0 と図 1 1 に表したトグル 1 9 2 a と 1 9 2 b の後に直面する配置を使うこともできる。

10

20

30

40

50

【0052】

図13～図17は、本発明によって製造されるMEMSスイッチにおけるリードと近接する接地板に対する典型的な形状を表す。許容できる信号損失を持ったスイッチング高周波RF信号のためのMEMSデバイスは、何らかの形態の伝送ラインを使用しなくてはならない。開示されたMEMSスイッチのための好ましい伝送ラインを図13の断面図に表す。この図は、図1～図9に表したトグル192aと192bの前に直面した配置に対する共通ターミナルリード224と近接する接地板182のための典型的な形状を表す。図13は、図10～図12に表したトグル192aと192bの後に直面する配置におけるすべてのリードのために存在する伝送ライン形状をも表している。図14は、図1～図9に表したトグル192aと192bの前に直面する配置に対するリード234aと234bとそれらに近接した接地板182の典型的な形状を表す。図15は、図14の他の形状を表し、そこでは、接地板182が縦に2つに分けられ、そしてデバイス層122のシリコン材料壁がリード234aと234bを分離している。

【0053】

図16は、リード272が一对の同一平面上(coplanar: コプラナー)の接地板274の間に位置する異なる伝送ライン形状を表す。電極216aと216bに電圧を印加することがベースウェーハ104とデバイス層122のシリコン材料に電氣的接続を必要とするので、図16に表される伝送ライン形状に対する信号損失を減らすことは、リード272と近くのシリコン材料との間のスペースを増加することを必要とする。従って、図16に表した形状を持つMEMSスイッチを製造する場合、デバイス層122の第2のRIEエッチングは、接地板182が位置している底172のさらに多くの材料を除去する。接地板182が位置している材料の除去は、ベースウェーハ104にデバイス層122を融解接合するのに先立ってベースウェーハ104にエッチングされる共通ターミナルフィールドスルーのキャビティ115、電極フィールドスルーキャビティ116、およびスイッチターミナルパッドキャビティ112を開ける。図15で表された伝送ライン形状に類似して、シリコン壁は1対のリード272とそれらに関連する同一平面上の接地板274を分離することができ、それによって機械的にリードキャビティを強化する。

【産業上の利用可能性】

【0054】

デバイス層122にエッチングされる最初のキャビティ144の底172の深さは重要であって、この実施形態では5.0ミクロンとして記述している。しかしながら、底172の深さは、トグル192aと192bの所望の厚さとデバイス層122の厚さとを考慮に入れて、トグル192aおよび192b上に運ばれる短絡バー176aおよび176bと、ベースウェーハ104の上の共通ターミナルコンタクト領域226とスイッチターミナルコンタクト領域236aおよび236bとの間に、所望のギャップを提供するように慎重に選ばなくてはならない。

【0055】

スイッチング高周波RF信号の場合のMEMSスイッチの性能は、金属化表面202から最も遠いガラス基板204の表面における接地面の存在によってかなり強化される。ボンディングパッド212a、212b、222、232a、232b、および242へのアクセスが、上述のようにベースウェーハ104を通して得られるならば、金属接地面は、好ましくは、金属化表面202から最も遠いガラス基板204の表面上のMEMSスイッチの外側表面に付けられる。プリント回路基板への組み立ての際、ガラス基板204の外側表面に付けられるこの接地面は、伝導性のエポキシ材料によってプリント回路基板の配線に電氣的に接続することができる。ボンディングパッド212a、212b、222、232a、232b、および242への他のアクセスが、もし上記特定のPCT特許出願で説明されたようなガラス基板204を通して得られるならば、プリント回路基板上のパターン化された領域は、金属化表面202から最も遠いガラス基板204の表面における接地面を代わりに提供することができる。

【0056】

MEMSスイッチの外部回路に導体がどのように配置されるかという正確な詳細事項に応じて、共通ターミナルコンタクト領域226がコンタクトパッド222を介して出力導体に接続できる一方で、スイッチターミナルコンタクト領域236aと236bが第1および第2の出力導体にコンタクトパッド232aと232bを介してそれぞれ接続される。このような外部回路に接続する際、共通ターミナルコンタクト領域226の対が外部回路の入力導体と共通に接続される一方で、スイッチターミナルコンタクト領域236aと236bが外部回路の出力導体の1つに個々に接触する。あるいは、MEMSスイッチを変換することなく、スイッチターミナルコンタクト領域236aと236bが外部回路の第1および第2の入力導体にコンタクトパッド232aと232bを介してそれぞれ接続できる一方で、共通ターミナルのコンタクト領域226が共通ターミナルパッド222を介して外部回路の一つの出力導体に接触する。 10

【0057】

本発明を現在の好ましい実施形態に関して説明してきたが、このような開示は単に例示的なものであって、限定するものと解釈すべきではない、ということを理解しなければならない。従って、前述の開示内容を読んだ後ならば、この開示の精神および範囲を逸脱することなく、この開示の様々な代替、変更、および／または代用を、疑いなく当業者に対して示唆できるであろう。それ故、特許請求の範囲の各請求項が、すべての代替、変更、または代用を、この開示の精神と範囲に当てはまるように包含すると理解すべきである、ということを意味している。

【図面の簡単な説明】

20

【0058】

【図1】マイクロマシン加工されたキャビティが好ましい実施形態によって形成されたMEMSスイッチに收容されるベースウェーハ表面上領域の斜視図である。

【図2】キャビティがマイクロマシン加工されたベースウェーハ表面上に、SOIウェーハのデバイス層を融解接合することを示す斜視図である。

【図3】SOIウェーハの処理層とSiO₂層とを除去した後にベースウェーハ上面に融解接合されるSOIウェーハのデバイス層の斜視図である。

【図4】内部への最初のキャビティ形成と、電気的絶縁層の堆積（蒸着）およびパターン化の後で、図1に示すベースウェーハの領域上に直に位置するベースウェーハ上面に融解接合されるSOIウェーハのデバイス層の一部の斜視図である。 30

【図5】最初のキャビティへの金属構造の堆積、および一對の前に直面するトグルとそれらを支持するトーションバーの形成の後で、図4に示すベースウェーハ上面に融解接合されるSOIウェーハのデバイス層の一部の他の斜視図である。

【図6】最初のキャビティの中央部分の、図5のライン6-6に沿った平面図であって、そこに位置する金属構造、トグル、およびそれらを支持するトーションバーを示す。

【図7】図5および6に表されるデバイス層の領域と対にされた、前に直面するトグルを使用するためのガラス基板の一部の斜視図であって、上部にマイクロマシン加工された金属構造を示す。

【図8】図5に表わされるデバイス層の領域と対にされるガラス基板の一部の斜視図であって、上部にマイクロマシン加工され、段階的な断面形状を持つ電極を表した他の実施形態の金属構造を示す。 40

【図9】図6のライン9-9に沿った本発明によるMEMSスイッチの正面断面図である。

【図10】最初のキャビティへの金属構造の堆積、および一對の前に直面するトグルとそれらを支持するトーションバーの形成の後で、図4に示したベースウェーハ上面に融解接合されるSOIウェーハのデバイス層の一部の他の斜視図である。

【図11】図10のライン11-11に沿った最初のキャビティの中央部分の平面図であって、そこに位置する金属構造、トグル、およびそれらを支持するトーションバーを示す。

【図12】図10および11に表したデバイス層の領域と対にされる、後に直面するトグル 50

ルと共に使用するためのガラス基板の一部の斜視図であって、上部にマイクロマシン加工された金属構造を示す。

【図 1 3】図 1 ～ 1 2 で表現されるいくつかの構造によって製造された M E M S スイッチにおけるリードとそれらに近接する接地板に対する典型的な形状を表す断面図である。

【図 1 4】図 1 3 で表現されるタイプの 2 対のリードとそれらそれぞれに近接した接地板に対する他の形状を表す断面図である。

【図 1 5】図 1 3 で表現されるタイプの 2 対のリードとそれらそれぞれに近接した接地板に対する他の形状を表す断面図であって、シリコン壁が 2 つのリードー接地板の対を分離する状況を示す。

【図 1 6】リードとそれらそれぞれに近接した接地板に対するさらに他の形状を表す断面図であって、接地板がリードと同一平面上(coplanar: コプラナー)にあり、かつ近接する状況を示す。 10

【図 1 7】図 1 7 で表現されるタイプのリードとそれらそれぞれに近接した接地板に対するさらに他の形状を表す断面図であって、シリコン壁が 2 つのリードー接地板の対を分離する状況を示す。

【符号の説明】

【0 0 5 9】

- 1 0 2 中央領域
- 1 0 4 ウェーハ
- 1 1 2 スイッチターミナルパッドキャビティ
- 1 1 4 トグルキャビティ
- 1 1 5 共通ターミナルフィードスルーキャビティ
- 1 1 6 電極フィードスルーキャビティ
- 1 1 7 基板コンタクトトンネル
- 1 2 2 デバイス層
- 1 2 4 ウェーハ
- 1 3 2 層
- 1 3 8 処理層
- 1 4 2 前面
- 1 4 4 キャビティ
- 1 5 2 トグル領域
- 1 5 4 フィードスルー領域
- 1 5 8 基板ーコンタクトーフィードスルー領域
- 1 5 9 トレンチ領域
- 1 6 2 基板ーコンタクト台座
- 1 6 4 ボンディングパッド領域
- 1 6 8 フリットトレンチ領域
- 1 7 2 底
- 1 7 4 a、1 7 4 b 絶縁パッド
- 1 7 6 a、1 7 6 b 短絡バー
- 1 8 2 金属接地板
- 1 8 6 基板ーコンタクトーリード
- 1 8 8 コンタクトパッド
- 1 9 2 a、1 9 2 b トグル
- 1 9 4 トーションバー
- 1 9 8 レール
- 2 0 2 金属化表面
- 2 0 4 ガラス基板
- 2 1 2 a ボンディングパッド
- 2 1 4 a リード

20

30

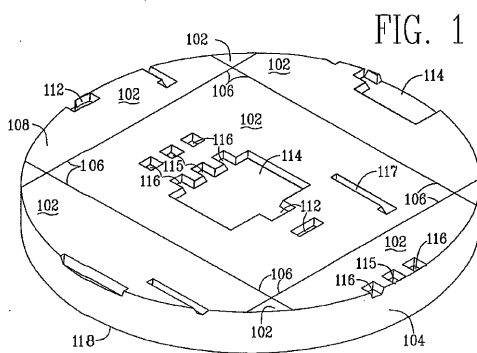
40

50

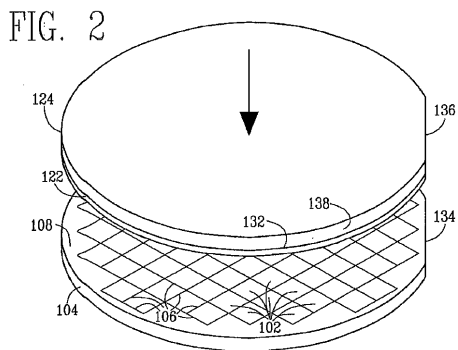
2 1 6 a	電極
2 2 2	共通ターミナルパッド
2 2 4	共通ターミナルリード
2 2 6	共通ターミナルコンタクト領域
2 3 2 a	コンタクトパッド
2 3 4 a	リード
2 3 6 a	スイッチターミナルコンタクト領域
2 4 2	接地パッド
2 4 4	リード
2 4 6	コンタクトパッド
2 5 2	フリットフレーム
2 6 2	チップ
2 7 2	リード
2 7 4	接地板

10

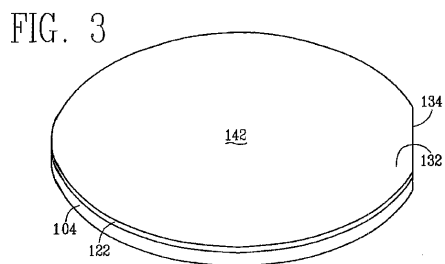
【图 1】



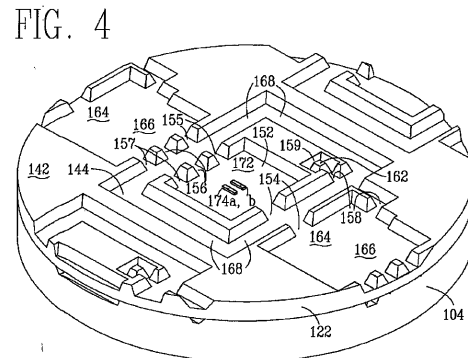
【図 2】



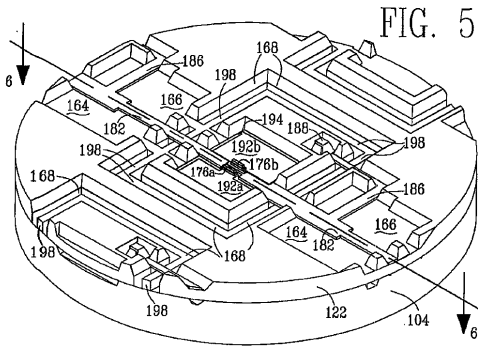
【図 3】



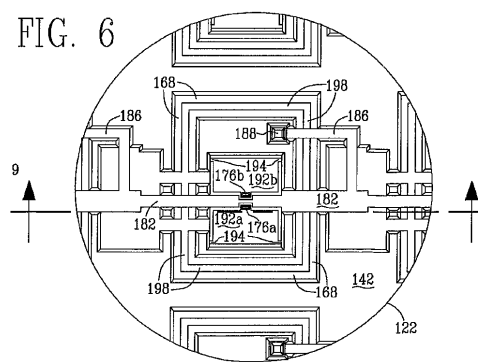
【图 4】



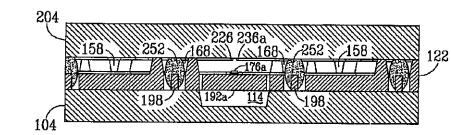
【図 5】



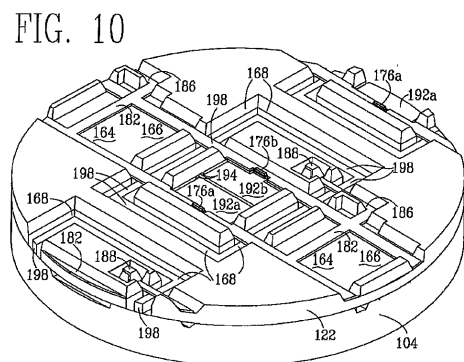
【図 6】



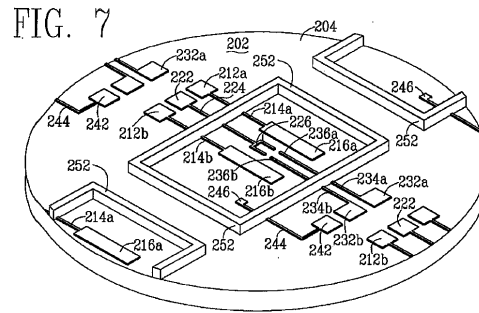
【図 9】



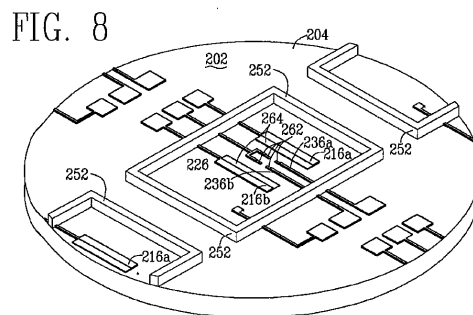
【図 10】



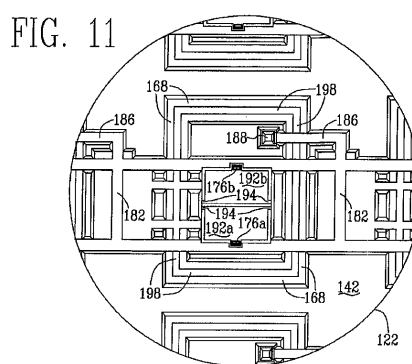
【図 7】



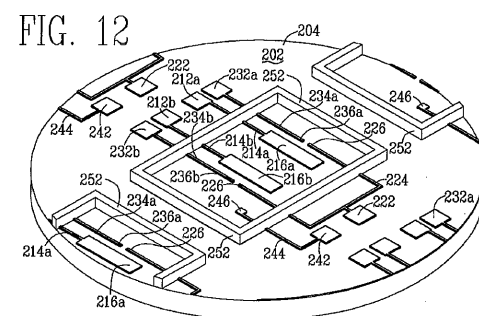
【図 8】



【図 11】

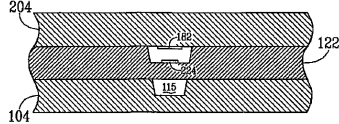


【図 12】



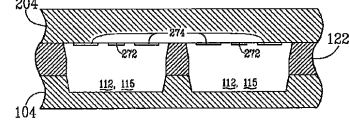
【図 1 3】

FIG. 13



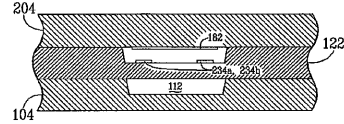
【図 1 7】

FIG. 17



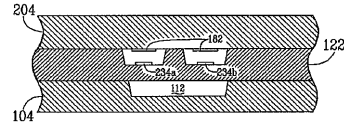
【図 1 4】

FIG. 14



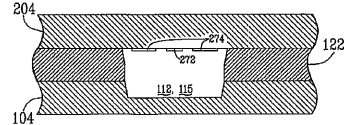
【図 1 5】

FIG. 15



【図 1 6】

FIG. 16



【手続補正書】

【提出日】平成18年12月12日(2006.12.12)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

単極双投（「SPDT」）マイクロ電子機械システム（「MEMS」）スイッチに接続された入力導体上に存在する電気信号を、少なくとも第1の出力導体と第2の出力導体とを含むグループから選択された出力導体に選択的に結合するよう適合され、両方の前記出力導体が該SPDT MEMSスイッチに接続されるようにした、SPDT MEMSスイッチであって、

前記SPDT MEMSスイッチは、

a. 1対の前に直面するトグルと1対の後に直面するトグルとを含むグループから選択された整列形態の少なくとも1対のトグルと、

b. 前記トグルの数より少なくない複数対のトーションバーであって、それぞれのトーションバーの対が：

i. それぞれ前記トグルの1つの対抗する側に配置され、それと結合され、また、

ii. そのようなトグルが回転できる軸を構築している、
トーションバーと；

c. 前記トグルから最も遠いトーションバーの端部が結合されたフレームであって、前記トーションバーによって構築された軸の周りで回転するために前記トーションバー

を介して前記トグルを支持するフレームと；

を内部にマイクロマシン加工された材料のモノリシック層；

前記トグルの数より少なくない電気伝導性の複数の短絡バーであって、1つの短絡バーが上記のようなトグルの回転軸からそれぞれのトグル先端の端部にそれぞれ運ばれるような短絡バー；

前記モノリシック層の第1の表面に接続されるベース；および、

前記ベースが接続されるその第1の表面より先端のモノリシック層の第2の表面に接着された基板であって、その上部には、

a. 前記トグルの数より少なくない電極であって、該トグルの回転軸の一側に移動されたトグルの表面に並置され、該電極とトグルの間への電圧の印加が、結合されたトーシオンバーにより構築された自身の回転軸の周りに前記トグルを回転させるよう駆動するような電極と；

b. 前記トグルの数より少なくない複数対のスイッチ接点であって、それぞれのスイッチ接点の対が前記入力導体と前記出力導体の1つにそれぞれ接続可能なよう適合され、かつスイッチ接点のそれぞれの対が；

i. 前記トグルに力がかけられない時に、前記トグルの1つによって運ばれる短絡バーに近接するが、スペースをあけられ；

i i. 前記トグルに力がかけられない時に、お互い電氣的に絶縁され；また、

i i i. トーシオンバーにより構築された回転軸の周りに前記トグルを回転させるよう駆動するトグルへの十分強い力の適用の下に、前記近接する短絡バーによって接続される接点と；

が形成された基板；

を有し、

それによって、短絡バーが前記スイッチ接点に接触するような範囲に結合にされたトーシオンバーにより構築された回転軸の周りのそれぞれのトグルの回転の際に、接触短絡バーが、前記トグルによって運ばれる短絡バーに近接するスイッチ接点と電氣的に連結することを特徴とするSPDT MEMSスイッチ。

【請求項2】

前記電極は、段階的な断面形状を持ち、それによって、トーシオンバーのそれぞれの対により構築された回転軸の周りに前記トグルを回転させるのに十分な強さの力を発生するために、印加されるべき電圧を減らすことを特徴とする請求項1に記載のSPDT MEMSスイッチ。

【請求項3】

フリット材料が前記基板にモノリシック層を接着させ、フリット材料が前記フレーム、前記トーシオンバー、および前記トグルの対を取り囲むように配置され、接着の際に前記フリット材料が前記フレーム、前記トーシオンバー、および前記トグルの周りに位置する突出したレールによって圧縮されることを特徴とする請求項1に記載のSPDT MEMSスイッチ。

【請求項4】

前記レールは前記フリット材料を収容するフリットトレンチの中に配置されることを特徴とする請求項3に記載のSPDT MEMSスイッチ。

【請求項5】

前記レールは前記モノリシック層の中に形成されることを特徴とする請求項3または4に記載のSPDT MEMSスイッチ。

【請求項6】

融着接着剤が前記モノリシック層と前記ベースとを接合することを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載のSPDT MEMSスイッチ。

【請求項7】

前記モノリシック層を形成する材料は単結晶シリコン(Si)であることを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載のSPDT MEMSスイッチ。

【請求項 8】

電氣的絶縁材料のシートが、前記トグルと上部に運ばれる前記短絡バーとの間に挿入されることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 9】

前記ベースは前記モノリシック層の第 1 の表面に近接する内部に形成されたキャビティを含むことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 10】

前記基板は、前記スイッチ接点と入力出力導体との間に電気信号をそれぞれ運ぶ電気導体を面上に形成し、

前記 S P D T M E M S スイッチは、前記電気導体に近接して配置され、そこから電氣的に絶縁される接地板を含む

ことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 11】

前記接地板は前記モノリシック層の上に配置されることを特徴とする請求項 10 に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 12】

前記接地板は前記基板の上に配置されることを特徴とする請求項 10 に記載の S P D T M E M S スイッチ。

【請求項 13】

第 1 の材料の層と；

第 2 の材料の層であって、フリット材料が前記第 1 の材料の層を前記第 2 の材料の層に接合し、接着の際に、前記フリット材料が、前記第 1 の材料の層および前記第 2 の材料の層を含むグループから選択された材料の層の中に位置するレールによって圧縮されるようにした第 2 の層と；

を有することを特徴とする M E M S デバイス。

【請求項 14】

前記レールは前記フリット材料を収容するフリットトレンチの中に配置されることを特徴とする請求項 13 に記載の M E M S デバイス。

【請求項 15】

前記フリット材料は、前記第 1 の材料の層と前記第 2 の材料の層との間に陽極接合されることを特徴とする請求項 13 または 14 に記載の M E M S デバイス。

【請求項 16】

百（100）ボルト未満の電圧が前記第 1 の材料の層と前記第 2 の材料の層に亘って印加され、それらの間にフリット接合が構築されることを特徴とする請求項 15 に記載の M E M S デバイス。

【請求項 17】

M E M S デバイスの、対にされた第 1 の材料の層と第 2 の材料の層との間にフリット材料を配置する段階と、

対にされた第 1 の材料の層と第 2 の材料の層とに亘って圧力をかける段階と、

対にされた第 1 の材料の層と第 2 の材料の層とを加熱する段階と、

対にされた第 1 の材料の層と第 2 の材料の層とに亘って電圧を印加する段階と、
を有することを特徴とする M E M S デバイスの層を接着するための方法。

【請求項 18】

対にされた第 1 の材料の層と第 2 の材料の層とに亘ってかけられる圧力は少なくとも 1800 ニュートン(Newtons)であることを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】

対にされた第 1 の材料の層と第 2 の材料の層とは少なくとも 400℃に加熱されることを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 20】

前記フリット材料は、前記第 1 の材料の層と第 2 の材料の層とを含むグループから選択された材料の層の中に位置するルールによって圧縮されることを特徴とする請求項 17 から 19 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 21】

前記ルールは前記フリット材料を収容するフリットトレンチの中に配置されることを特徴とする請求項 20 に記載の方法。

【請求項 22】

対にされた第 1 の材料の層と第 2 の材料の層とに亘って印加される電圧は、100 ボルト未満であることを特徴とする請求項 17 から 19 のいずれか 1 項に記載の方法。

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ギャリー・ジョゼフ・パッシュビー

アメリカ合衆国・カリフォルニア・95035・ミルピタス・メルカード・コート・629

(72)発明者 ティモシー・ジー・スレーター

アメリカ合衆国・ワシントン・98109・シアトル・ロイ・ストリート・24・#456

(72)発明者 グレン・ゴットリーブ

アメリカ合衆国・カリフォルニア・95124・サン・ホセ・ヴェン・アヴェニュー・2328