

(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2006-515953

(P2006-515953A)

(43) 公表日 平成18年6月8日(2006.6.8)

(51) Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 H 59/00 (2006.01)

H 0 1 H 59/00

B 8 1 B 3/00 (2006.01)

B 8 1 B 3/00

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2005-506093 (P2005-506093)  
 (86) (22) 出願日 平成15年8月4日 (2003.8.4)  
 (85) 翻訳文提出日 平成17年4月4日 (2005.4.4)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/024255  
 (87) 国際公開番号 W02004/013898  
 (87) 国際公開日 平成16年2月12日 (2004.2.12)  
 (31) 優先権主張番号 60/401, 311  
 (32) 優先日 平成14年8月3日 (2002.8.3)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 60/415, 325  
 (32) 優先日 平成14年10月2日 (2002.10.2)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 60/442, 958  
 (32) 優先日 平成15年1月29日 (2003.1.29)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

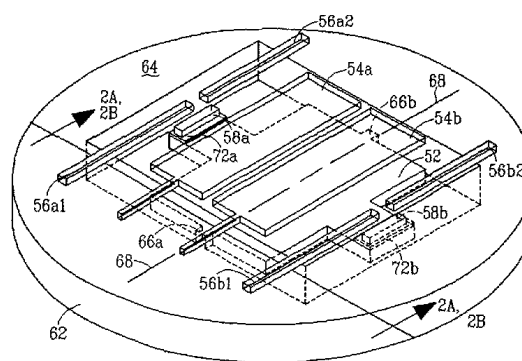
(71) 出願人 505042170  
 シグヴァータ・インコーポレーテッド  
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・950  
 51・サンタ・クララ・イノックス・スト  
 リート・3697  
 (74) 代理人 100064908  
 弁理士 志賀 正武  
 (74) 代理人 100089037  
 弁理士 渡邊 隆  
 (74) 代理人 100108453  
 弁理士 村山 靖彦  
 (74) 代理人 100110364  
 弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 密閉された集積MEMSスイッチ

## (57) 【要約】

MEMSスイッチは、シーソー部52、一對のねじり棒部66a、66b、及びフレーム64を有した微細加工されたモノリシック層122を備えている。フレーム64は、軸線68周りの回転の際にシーソー部52を支持する。シーソー部52の端部における短絡バー58a、58bは、層122の一方の表面に結合された基板174に保持されたスイッチ接点56a1、56a2、56b1、56b2対にまたがってこれらをつなぎ合わせる。また、基部104が、基板174とは反対側における層122の表面に取り付けられている。基板174は、シーソー部52を軸線68周りに回転させるために、シーソー部52に力を加えるための電極54a、54bを保持している。片持ちばり部166の自由端で支持される電氣的接触アイランド152によって、層122上の接地板162a、162bと基板174上の導電体との間の良好な電氣的導通性が確保される。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

集積型の微小電気機械システム(MEMS)スイッチであって、該MEMSスイッチに接続された第1の入力用導体側に存在する電気的な信号を、同じく該MEMSスイッチに接続された第1の出力用導体に、選択的に結合するように設けられたMEMSスイッチにおいて、

内部に、

a. シーソー部；

b. 前記シーソー部の両側に配置されかつ前記シーソー部に連結されて前記シーソー部がその周りに回転可能とされる一つの軸線を決定する一対のねじり棒部；及び

10

c. 前記シーソー部から遠い側における前記ねじり棒部の端部が連結されて前記ねじり棒部によって決まる前記軸線周りに回転させるために前記ねじり棒部を介して前記シーソー部を支持するフレーム；

を微細加工した材料からなるモノリシック層と；

前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線から遠位の前記シーソー部の端部で保持された導電性を有する第1の短絡バーと；

前記モノリシック層の第1の表面に取り付けられた基部と；さらに、

前記基部が取り付けられた前記モノリシック層の前記第1の表面から遠い側の前記モノリシック層の第2の表面に接合された基板であって、

該基板上に、

20

a. 前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線の片側にある前記シーソー部の表面に対して対置された第1の電極であって、該第1の電極と前記シーソー部との間に電位を与えることで、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線の周りに前記シーソー部を第1の方向に回転させる第1の電極；及び

b. 前記第1の入力用導体に対して、そして前記第1の出力用導体に対して、それぞれ接続可能となるように設けられたスイッチ接点の第1の対であって；

i. 前記シーソー部に力が加わっていないときには、前記第1の短絡バーに隣接しているが該第1の短絡バーから離間された状態で配置されており；

ii. 前記シーソー部に力が加わっていないときには、互いに電気的に絶縁されており；さらに、

30

iii. 前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部を前記第1の方向に回転させる十分強い力が前記シーソー部に加わると前記第1の短絡バーがつながり合せる；

スイッチ接点の第1の対；

を形成した基板と；

を備え、

前記第1の短絡バーが前記スイッチ接点の第1の対に接触する程に、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部が前記第1の方向に回転すると、前記接続を行なう第1の短絡バーが前記スイッチ接点の第1の対とともに電気的に連結するように構成されているMEMSスイッチ。

40

## 【請求項 2】

請求項1に記載のMEMSスイッチであって、該MEMSスイッチに接続された第2の入力用導体側に存在する電気的な信号を、同じく該MEMSスイッチに接続された第2の出力用導体に、選択的に結合するようにさらに設けられたMEMSスイッチにおいて；

前記シーソー部は、前記第1の短絡バーとは前記回転軸線を挟んで反対の側にある前記シーソー部の端部に第2の短絡バーを保持し；さらに、

前記基板が、同じく該基板上に；

a. 前記第2の入力用導体に対して、そして前記第2の出力用導体に対して、それぞれ接続可能となるように設けられたスイッチ接点の第2の対であって；

i. 前記シーソー部に力が加わっていないときには、前記第2の短絡バーに隣接し

50

ているが該第 2 の短絡バーから離間された状態で配置されており；

ii. 前記シーソー部に力が加わっていないときには、互いに電氣的に絶縁されており；さらに、

iii. 前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部を、前記第 1 の方向とは逆の前記第 2 の方向に回転させる十分強い力が前記シーソー部に加わると前記第 2 の短絡バーがつなぎ合わせる；

スイッチ接点の第 2 の対

を形成し、

前記第 2 の短絡バーが前記スイッチ接点の第 2 の対に接触する程に、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部が前記第 2 の方向に回転すると、前記接続を行なう第 2 の短絡バーが前記スイッチ接点の第 2 の対とともに電氣的に連結するように構成されている MEMS スイッチ。 10

【請求項 3】

請求項 2 の MEMS スイッチにおいて、前記基板が、同じく該基板上に、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線の片側かつ前記第 1 の電極が対置された前記シーソー部の表面とは反対の側にある前記シーソー部の表面に対して対置された第 2 の電極であって、該第 2 の電極と前記シーソー部との間に電位を与えることで、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部を前記第 2 の方向に回転させる第 2 の電極を形成した MEMS スイッチ。

【請求項 4】

請求項 1 の MEMS スイッチであって、該 MEMS スイッチに接続された第 2 の入力用導体側に存在す電氣的な信号を、該 MEMS スイッチに接続された第 1 の出力用導体に、選択的に結合するようにさらに設けられた MEMS スイッチにおいて；

前記シーソー部は、前記第 1 の短絡バーとは前記回転軸線を挟んで反対の側にある前記シーソー部の端部に第 2 の短絡バーを保持し；さらに、

前記基板が、同じく該基板上に；

a. スイッチ接点の第 2 の対、それも、そのうち一つの第 1 のスイッチ接点が、第 2 の入力用導体にそれぞれ接続可能となるように設けられるとともに、そのうち一つの第 2 のスイッチ接点が、前記第 1 の出力用導体に接続可能となるように設けられた該スイッチ接点の第 2 の対の一方に接続されたスイッチ接点の第 2 の対であって； 30

i. 前記シーソー部に力が加わっていないときには、前記第 2 の短絡バーに隣接しているが該第 2 の短絡バーから離間された状態で配置されており；

ii. 前記シーソー部に力が加わっていないときには、互いに電氣的に絶縁されており；さらに、

iii. 前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部を、前記第 1 の方向とは逆の前記第 2 の方向に回転させる十分強い力が前記シーソー部に加わると前記第 2 の短絡バーがつなぎ合わせる；

スイッチ接点の第 2 の対

を形成し、

前記第 2 の短絡バーが前記スイッチ接点の第 2 の対に接触する程に、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部が前記第 2 の方向に回転すると、前記接続を行なう第 2 の短絡バーが前記スイッチ接点の第 2 の対とともに電氣的に連結するように構成されている MEMS スイッチ。 40

【請求項 5】

請求項 4 の MEMS スイッチにおいて、前記基板が、同じく該基板上に、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線の片側かつ前記第 1 の電極が対置された前記シーソー部の表面とは反対の側にある前記シーソー部の表面に対して対置された第 2 の電極であって、該第 2 の電極と前記シーソー部との間に電位を与えることで、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部を前記第 2 の方向に回転させる第 2 の電極を形成した MEMS スイッチ。 50

## 【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 に記載の M E M S スイッチであって、融着接合が前記モノリシック層と前記基部とを結び付けている M E M S スイッチ。

## 【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 に記載の M E M S スイッチであって、前記モノリシック層を形成している材料が単結晶シリコン ( Si ) とされている M E M S スイッチ。

## 【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 に記載の M E M S スイッチであって、電氣的に絶縁する材料からなるシートが前記シーソー部と前記短絡バーとの間に介装されている M E M S スイッチ。

## 【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 に記載の M E M S スイッチであって、前記基部は、該基部の内部に形成された空洞部を備え、該空洞部は、前記モノリシック層の第 1 の表面に臨み、かつ前記ねじり棒部によって決定される軸線周りに前記シーソー部が回転するときに前記シーソー部の一部が該空洞部の内部に入り込むように構成された M E M S スイッチ。

## 【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 に記載の M E M S スイッチであって、  
前記基板は、該基板上に、スイッチ接点と入力用導体ならびに出力用導体との間において電氣的な信号をそれぞれ伝送する導電体を形成し、  
前記導電体に隣接して配置されているとともに該導電体から電氣的に絶縁された接地板を備えている M E M S スイッチ。

## 【請求項 11】

請求項 10 に記載の M E M S スイッチであって、前記接地板は、前記モノリシック層上に配置されている M E M S スイッチ。

## 【請求項 12】

請求項 11 の M E M S スイッチであって、前記モノリシック層は、片持ちばり部を備え、前記片持ちばり部は、該片持ちばり部の自由端で接地アイランドを支持し、前記接地アイランドは、前記片持ちばり部から遠位の端部で前記接地板の一部を保持し、前記接地アイランドの前記端部における前記接地板の前記部分が、前記片持ちばり部によって加えられる力によって、前記基板上に配置された導電体と密接に接触させられる M E M S スイッチ。

## 【請求項 13】

M E M S 装置の第 1 の層上に配置された導電体と該 M E M S 装置の第 2 の層上に配置された導電体との間を電氣的に接触させるように設けられた微小電気機械システム ( M E M S ) 電氣的接触構造体であって、

前記第 2 の層内に設けられた片持ちばり部を備え；さらに、

同じく前記第 2 の層内に設けられて前記片持ちばり部の自由端において支持された電氣的接触アイランドを備え、該電氣的接触アイランドが、前記片持ちばり部から遠位の該電氣的接触アイランドの端部において前記第 2 の層上に配置された前記導電体の一部を保持し、前記電氣的接触アイランドの前記端部における前記導電体の前記一部が、前記片持ちばり部によって加えられる力によって、前記第 1 の層上に配置された導電体と密接に接触させられる M E M S 電氣的接触構造体。

## 【請求項 14】

一つの導電体が上に配置された第 1 の層；及び

同じく一つの導電体が上に配置された第 2 の層を備え、

前記第 2 の層は、

a . 片持ちばり部；及び

b . 前記片持ちばり部の自由端において支持された電氣的接触アイランドを備え、前記電氣的接触アイランドが、前記片持ちばり部から遠位の該電氣的接触アイランドの端部において、前記第 2 の層上に配置された前記導電体の一部を保持し、前記電氣的接触アイランドの前記端部における前記導電体の前記一部が、前記片持ちばり部によって加えられ

10

20

30

40

50

る力によって、前記第 1 の層上に配置された導電体と密接に接触させられる微小電気機械システム (MEMS) 構造体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気スイッチの技術分野一般に係り、より詳細には、マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム (微小電気機械素子) (MEMS: micro-electro mechanical systems) スイッチに関する。

【背景技術】

【0002】

高周波 (RF: Radio Frequency) スイッチは、マイクロ波及びミリメートル波伝送システムにおいて、ビーム形成フェーズドアレイアンテナを含めたアンテナのスイッチング用途のために広く用いられている。一般的にこのようなスイッチング用途には現在、ガリウムヒ素 (GaAs) MESFET もしくは PIN ダイオードといった、機械スイッチと対比されるような半導体固体電子スイッチ (semiconductor solid state electronic switch) が用いられている。また、このような半導体固体電子スイッチは、送信と受信との間の切り替えのためにセルラ電話 (携帯電話) に広く用いられている。

【0003】

高周波信号の周波数が大体 1 GHz を超えると、固体スイッチは、“オン”状態にあるとき (すなわち、電気信号がスイッチを通過するとき) には挿入損失を来たすようになり、また、“オフ”状態にあるとき (すなわち、電気信号の送信を遮断するとき) には、電気的絶縁性を劣化させるようになる。MEMS スイッチは、これらのいずれの特性に関しても、1 GHz 近辺もしくはそれを超えるような RF 周波数の場合に特に、固体デバイスをはるかに凌ぐ長所を提供する。

【0004】

米国特許第 5 9 9 4 7 5 0 号明細書 (特許文献 1)、米国特許第 6 0 6 9 5 4 0 号明細書 (特許文献 2)、米国特許第 6 5 3 5 0 9 1 号明細書 (特許文献 3) は、いずれも MEMS スイッチを開示しているが、そこで開示されている MEMS スイッチでは、一对の同軸形ねじり棒部、ピン又は一对の可撓なヒンジが、該ねじり棒部、ピン又は可撓なヒンジによって確定される軸線の周りの回転に際して、それぞれ略平坦でたわまない梁部もしくはベーンを支持している。これら 3 つの特許発明においては、上記一对の同軸形ねじり棒部、ピン又は一对の可撓なヒンジはそれぞれ、略平坦でたわまない梁部もしくはベーンを基板から上方に少し離間させた状態で支持している。米国特許第 5 9 9 4 7 5 0 号明細書 ('750 特許) が開示しているのは、梁部から外方に突出して一对の支持部材だけにそれぞれ固定されたねじり棒部の終端部が、前記梁部をガラス基板から上方に少し離間させた状態で支持しているというものである。米国特許第 6 0 6 9 5 4 0 号明細書 ('540 特許) ならびに米国特許第 6 5 3 5 0 9 1 号明細書 ('091 特許) のいずれに係る発明もそれぞれ、梁部もしくはベーンと基板との間に、それらの間の間隙を保つため、上記可撓なヒンジの位置に設けられた上下の支柱又はピンを介在させている。

【0005】

'750 特許の例では、上記梁部は、ねじり棒部の一方の側にのみ延出しており、これにより、梁部のねじり棒部材周りでの回転が、この回転によって行われる電気スイッチの閉動作に際して、自身のヒンジを支えとして揺動するドアの動きと同じになっている。これとは異なり、'540 特許ならびに '091 特許のいずれにおいても、各梁部もしくはベーンは、ピン又は一对の可撓なヒンジから外側に向かって両方向に延在している。そのため、これらの 2 つの特許にそれぞれ開示された構造では、電気スイッチを閉じる際、ピン又は一对の可撓なヒンジによって決まる軸線周りにおける梁部もしくはベーンの回転は、シーソーの動きに似ている。3 つの特許のいずれにおいても、静電的な引力が、スイッチを閉鎖させる回転を引き起こしている。

10

20

30

40

50

## 【0006】

'750特許の本文や図面に記載された製作関係の多くの細部を除けば、'750特許は、当該特許発明の梁部を形成する材料が、最初、 $p^+$ 表面層を形成するために内部にホウ素イオンが注入された $n$ 型拡散層を保持するモノリシック $p$ 型シリコン基板の一部として出発することを第一の実施例において開示している。すなわち、 $n$ 型拡散層が $p$ 型シリコン基板から $p^+$ 表面層を隔離している。梁部を作製する間、梁部を形成するための $n$ 型拡散層と $p^+$ 表面層の材料だけを残して $p$ 型シリコン基板がエッチングによって除去される。同様に、ねじり棒部の作製によって、ねじり棒部を形成するための $p^+$ 表面層の材料だけを残して $n$ 型拡散層の材料が除去される。一連のプロセッシングによって、ねじり棒部の終端部を形成する $p^+$ 表面層と、隣接するガラス基板との間にまたがるアルミニウム製の支持部材が形成される。 10

## 【0007】

'540特許に開示されているのは、スイッチ挿入損失を低減するとともに感度を高めるために、梁部が好適にも全て金属から（周りを梁部が回転するピンがそうであるように）形成されているというものである。特に、'540特許は、大半の半導体プロセッシングに比べて低温で電気めっきされたニッケル（Ni）から梁部が形成され得ることを開示している。'540特許は、該特許発明における全金属製の梁部によって、既知の $SiO_2$ ないし複合シリコン金属の梁部と比較して挿入損失が低減されるだけでなく、そのような構造もまた、ダイナミックレンジを増やすようにするための3次のインタセプトポイントを改善することを開示している。ガラス基板において金属製梁部に最寄りの側に堆積された一対の金の電極と、前記梁部から最遠の前記ガラス基板の反対側に配設された一対のフィールド板との間にそれぞれ印加された電位が静電氣的な力を発生させ、この力が金属製のピンの周りに梁部を回転させる。 20

## 【0008】

'091特許に開示されたMEMSスイッチに設けられたベーンは、金属シード層上部の誘電材料、蒸着された金属、あるいはめっきされた金属といったような比較的曲がりにくい材料から形成されている。薄くて曲がりやすい金属製のヒンジは、上記ベーンの両側において低損失マイクロ波絶縁（ないし半絶縁）基板から外方に突出する金のフレームにつながっている。上記基板は、クォーツ、アルミナ、サファイア、金属上低温セラミック回路（LTCC-M: Low Temperature Ceramic circuit on Metal）、GaAs、又は高抵抗率シリコンから作製することができる。このように構成されると、ベーンとヒンジは、基板の上に配設され、曲がりやすいヒンジはベーンをフレームに電氣的に結合させる。平らにも波形にもできるヒンジは、基板に対して平行なピボット軸であってかつ下側支柱上方にあるピボット軸の周りにベーンを回転させることができる。窒化ケイ素（ $Si_3N_4$ ）等の絶縁体に封入することができる引き戻し（pull-back）ならびに引き下げ（pull-down）電極は、ベーンに隣接した基板上に形成される。引き下げ電極（プルダウン電極）ないし引き戻し電極（プルバック電極）に各々印加された電位がMEMSスイッチを開いたり閉じたりする。 30

## 【0009】

米国特許第5629790号明細書（特許文献4）、米国特許第5648618号明細書（特許文献5）、米国特許第5895866号明細書（特許文献6）、米国特許第5969465号明細書（特許文献7）、米国特許第6044705号明細書（特許文献8）、米国特許第6272907号明細書（特許文献9）、米国特許第6392220号明細書（特許文献10）、及び米国特許第6426013号明細書（特許文献11）に係る一連の米国特許発明の明細書は、いずれもMEMS構造を開示しており、これらの明細書に係る発明は、'750特許、'540特許、及び'091特許に関して上述した発明に大なり小なり似通っている。これらの特許明細書が開示しているのは、集積型の微小機械式ねじりスキャナであり、このスキャナは、特殊な構成において、フレーム形の基準部材を備えることができる。このねじりスキャナの特殊な構成は、対蹠的に対置された一対の、軸線に揃えられたねじり棒部を備え、このねじり棒部が基準部材から突出しかつ基準部材に 40 50

結合されている。特殊な一構成では、'750特許、'540特許及び'091特許にそれぞれ開示されている梁部やベーンに類似のプレート形状の力学的部材は、フレームによって取り囲まれ、さらにねじり棒部によって該フレームに結合されている。このような構成とされることで、ねじり棒部は、ねじり棒部と同一直線上の軸線周りに上記力学的部材が回転するように力学的部材を支持する。基準部材、ねじり棒部、及び力学的部材は全て、シリコン基板の一半導体層からモノリシックに作製される。ねじりスキヤナを作製するための望ましい方法は、S I M O X ウェハないし類似のウェハ、例えばシリコン・オン・インシュレータ (SOI: silicon-on-insulator) 基板 (プレートの厚さがウェハのエピタキシャル層によって決まる) を用いる。金属ないしポリシリコンに比べると、単結晶シリコンは、その並外れた強度と疲労特性の故に、プレートにもねじり棒部にも好適である。上記の特許明細書はまた、力学的部材の回転運動を起こさせるために静電氣的な力を用いることを開示している。 10

【特許文献1】米国特許第5994750号明細書

【特許文献2】米国特許第6069540号明細書

【特許文献3】米国特許第6535091号明細書

【特許文献4】米国特許第5629790号明細書

【特許文献5】米国特許第5648618号明細書

【特許文献6】米国特許第5895866号明細書

【特許文献7】米国特許第5969465号明細書

【特許文献8】米国特許第6044705号明細書 20

【特許文献9】米国特許第6272907号明細書

【特許文献10】米国特許第6392220号明細書

【特許文献11】米国特許第6426013号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本願発明の一つの課題は、改良されたMEMSスイッチを提供することにある。

【0011】

本願発明の他の課題は、すばやく切り替えを行なうMEMSスイッチを提供することにある。 30

【0012】

本願発明の他の課題は、動作電圧がより低いMEMSスイッチを提供することにある。

【0013】

本願発明の他の課題は、シングルポール・ダブルスローリレイ (SPDT: single-pole double-throw) MEMSスイッチを提供することにある。

【0014】

本願発明の他の課題は、周期的な構造の繰り返しごとに追加のポールを設けることができるMEMSスイッチを提供することにある。

【0015】

本願発明の他の課題は、信号絶縁が改善されるMEMSスイッチを提供することにある。 40

【0016】

本願発明の他の課題は、スイッチ接点材料選択及び仕様変更役に役立つMEMSスイッチを提供することにある。

【0017】

本願発明の他の課題は、製造に犠牲層を必要としないMEMSスイッチを提供することにある。

【0018】

本願発明の他の課題は、バルク製作に有用で、個別の複数のMEMSスイッチに容易に分割するMEMSスイッチを提供することにある。 50

## 【 0 0 1 9 】

本願発明の他の課題は、製造中に本質的に気密密閉された状態になる M E M S スイッチを提供することにある。

## 【 0 0 2 0 】

本願発明の他の課題は、よりシンプルな M E M S スイッチを提供することにある。

## 【 0 0 2 1 】

本願発明の他の課題は、価格が有利な M E M S スイッチを提供することにある。

## 【 0 0 2 2 】

本願発明の他の課題は、製造が容易な M E M S スイッチを提供することにある。

## 【 0 0 2 3 】

本願発明の他の課題は、製造が経済的な M E M S スイッチを提供することにある。

## 【 0 0 2 4 】

本願発明の他の課題は、M E M S 構造において、該 M E M S 構造の 2 つの異なる層上に存在する金属間における優れた電氣的接続を与える M E M S 構造を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 2 5 】

簡単に述べれば、本願発明の第一の観点は、集積型の微小電気機械システム ( M E M S ) スイッチであって、該 M E M S スイッチに接続された第 1 の入力用導体側に存在する電氣的な信号を、同じく該 M E M S スイッチに接続された第 1 の出力用導体に、選択的に結合するように設けられた M E M S スイッチである。この M E M S スイッチは、微細加工された材料からなるモノリシック層 ( 一体構造層 ) を備え、該モノリシック層は：

a . シーソー部；

b . 前記シーソー部の両側に配置されるとともに前記シーソー部に連結された一対のねじり棒部 ( このねじり棒部によって軸線が決定され、この軸線の周りに前記シーソー部が回転可能とされている ) ；及び

c . 前記シーソー部から遠い側における前記ねじり棒部の端部が連結されるフレーム；を有している。前記フレームは、前記ねじり棒部によって決まる軸線周りの回転のために前記ねじり棒部を介して前記シーソー部を支持する。また、M E M S スイッチは、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線から離れた位置にある前記シーソー部の端部において保持された導電性を有する短絡バーを備えている。

## 【 0 0 2 6 】

また、M E M S スイッチは、前記モノリシック層の第 1 の表面に接合された基部を備えている。上記 M E M S スイッチ内に同じく設けられた一つの基板が、前記基部が接合された前記モノリシック層の前記第 1 の表面から離れた側にある前記モノリシック層の第 2 の表面に結合されている。前記基板内に形成されるのが、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線の片側にある前記シーソー部の表面に対して対置される電極である。この電極と前記シーソー部との間に電位を与えると、前記シーソー部が前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線の周りに第 1 の方向に回転させられる。同じく前記基板上に形成されるのが一対のスイッチ接点であり、この一対のスイッチ接点は、前記入力用導体と前記出力用導体にそれぞれ接続されるように設けられている。前記スイッチ接点の対は：

a . 前記シーソー部に力が加わっていないときには、前記第 1 の短絡バーに隣接しているが該第 1 の短絡バーから離間された状態で配置されており；

b . 前記シーソー部に力が加わっていないときには、互いに電氣的に絶縁されており；さらに、

c . 前記シーソー部を前記第 1 の方向に回転させる十分強い力が前記シーソー部に加わると、前記第 1 の短絡バーによって接触させられる。

このようにして、短絡バー及びスイッチ接点間の接触が、前記スイッチ接点の第 1 の対を電氣的に結合する。

## 【 0 0 2 7 】

本願発明の他の観点は、第 1 の層および第 2 の層を備えてこれらの各層がそれぞれ導電

10

20

30

40

50

体を保持しているようなMEMS電氣的接触構造体ならびにMEMS構造体である。前記第2の層は、片持ちばり部を有しており、前記片持ちばり部は、該片持ちばり部の自由端において電氣的接触アイランドを支持している。前記電氣的接触アイランドは、前記片持ちばり部から遠位に一つの端部を有し、該端部が、前記第2の層上に配設された導電体の一部を保持している。本願発明のこの特殊な観点において、前記電氣的接触アイランドの前記端部における前記導電体の一部は、前記片持ちばり部によって加えられる力によって、前記第1の層上に配設された導電体と密接に接触させられる。

#### 【0028】

これらの、そしてその他の特徴、対象、ならびに長所は、様々な図に示された好ましい実施形態に関する以下の詳細な説明から当業者には理解されようし、そうでなくても自明であろう。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0029】

図1、図2A、及び図2Bは、本願発明のMEMSスイッチに設けられるシーソー部52、金属製電極54a及び54b、金属製スイッチ接点56a1、56a2、56b1及び56b2、及び金属製短絡バー58a及び58bを示す。シーソー部52は、好適には単結晶シリコン(Si)とされた材料からなる層62をマイクロマシニングすること(微細加工すること)によって形成される。層62の材料はまた、シーソー部52を好適に取り囲むフレーム64も形成している。一對のねじり棒部66a及び66b(図1中に点線で示されており、シーソー部52の両側からフレーム64に向かって外方に突出している)もまた、層62の材料からシーソー部52及びフレーム64とともにモノリシックに(一体に)形成されている。シーソー部52の寸法は、MEMSスイッチの特殊な構造に依存して変化するが、図の一実施形態においては、シーソー部52を取り囲むフレーム64を作り上げるために層62内に微細加工された開口部は、おおよそ約0.4×0.4ミリの寸法である。この同じ図の実施形態では、層62はおおよそ17ミクロンの厚さであり、その一方で、シーソー部52は、おおよそ5ミクロンの厚さであり、ねじり棒部66a及び66bも同様である。

#### 【0030】

ねじり棒部66a、66bは、シーソー部52を、該ねじり棒部66a、66bと同一直線上にある軸線68周りに回転するように周囲のフレーム64から支持している。数ミクロン厚の短絡バー58a、58bは、軸線68から最遠位のシーソー部52の両端で該シーソー部52に担持されている。ねじり棒部66a、66bは、上述の図の実施形態においては、おおよそ20ミクロン幅、60ミクロン長である。斯かる構成を有したねじり棒部66a、66bは硬く、そのために高い共鳴周波数を現し、これがかなり大きな復元力を与えて、この力によって、MEMSスイッチがスティクションを示そうとする度合いが低減される。さらに、ねじり棒部66a、66bの剛性は、結合されたシーソー部52とねじり棒部66a、66bがスイッチ動作速度を増加させるためのより高い共鳴周波数でのスイッチ動作速度に直接関与している。

#### 【0031】

上述の図の実施形態の場合、薄いチタン(Ti)接着層上にめっきされた数ミクロンの金(Au)が短絡バー58a、58bを形成している。短絡バー58a、58bは、おおよそ10ミクロン幅、40ミクロン長とされている。軸線68から最遠位のシーソー部52の両端にそれぞれ配置された一對の二酸化ケイ素(SiO<sub>2</sub>)絶縁パッド72a、72bが、短絡バー58a、58bをシーソー部52から電氣的に絶縁するために、短絡バー58a、58bとシーソー部52との間に挿入されている。図1に示されているように、絶縁パッド72a、72bは、短絡バー58a、58bよりもシーソー部52上で大きな面積を覆っており、おおよそ1.0ミクロン厚とされている。シーソー部52に隣接するスイッチ接点56a1、56a2、56b1、56b2及び電極54a、54bは、おおよそ4.0ミクロン厚とされている。

#### 【0032】

シーソー部 5 2 に外力が働かない場合は、ねじり棒部 6 6 a , 6 6 b によって与えられる復元力がシーソー部 5 2 を図 2 A に描かれた姿勢位置に置こうとする。この位置に置かれると、シーソー部 5 2 は、隣接した電極 5 4 a , 5 4 b 及びスイッチ接点 5 6 a 1 , 5 6 a 2 , 5 6 b 1 , 5 6 b 2 からおよそ 3 ミクロン離間される。層 6 2 と電極 5 4 a , 5 4 b の一つとの間に電位差を与えると、電極（例えば図 2 B の電極 5 4 a ）に向かってシーソー部 5 2 が引き付けられるために、シーソー部 5 2 が軸線 6 8 周りに回転させられる。シーソー部 5 2 が十分回転することによって、短絡バー 5 8 a , 5 8 b の一方が、一対のスイッチ接点 5 6 a 1 , 5 6 a 2 , 又は 5 6 b 1 , 5 6 b 2 （例えば図 2 B のスイッチ接点 5 6 a 1 , 5 6 a 2 ）に接触させられ、その結果、それらの間に電気回路ができる。

10

#### 【 0 0 3 3 】

以下に述べるように、図 1、図 2 A 及び図 2 B に示されるように構成された、シーソー部 5 2、電極 5 4 a , 5 4 b、スイッチ接点 5 6 a 1 , 5 6 a 2 , 5 6 b 1 , 5 6 b 2、及び短絡バー 5 8 a , 5 8 b を有する本願発明に係る MEMS スイッチを組み立てるための種々異なるプロセスが存在するのであるが、好適なプロセスは、図 3 に示されるように開始される。図 3 は、基底ウェハ 1 0 4 上で 1 個の MEMS スイッチが占める領域 1 0 2 を示す。図 3 の実例では、線 1 0 6 は、中央の領域 1 0 2 と、隣接する 8 個の同一の領域 1 0 2 （これらの領域は、基底ウェハ 1 0 4 の縁に臨んだ部分を除けば、中央の領域 1 0 2 を取り囲んでいる）との境界を示している。以下の記載にあるように、MEMS スイッチが完成したのち、領域 1 0 2 は、線 1 0 6 に沿ったソーイングによって、個々の MEMS スイッチの領域に分割されることになる。

20

#### 【 0 0 3 4 】

基底ウェハ 1 0 4 は、普通のシリコンウェハであり、ウェハ直径に関する SEMI 規格準拠の厚さより薄いものとしてすることができる。例えば、基底ウェハ 1 0 4 が 1 5 0 mm の直径を有していれば、SEMI 規格準拠のウェハであれば通常はおおよそ 6 5 0 ミクロンの厚さを有している。しかしながら、基底ウェハ 1 0 4 の厚さ（この厚さは、大幅に変更可能とされ、それでも本願発明に係る MEMS スイッチを作製するために有用足りえるものとされる）は、SEMI 規格準拠のシリコンウェハより薄くすることができる。

#### 【 0 0 3 5 】

本願発明に係る好ましい実施形態の MEMS スイッチの作製は、スイッチされる端子パッド用空洞部 1 1 2、シーソー部用空洞部 1 1 4、及び共通端子パッド用空洞部 1 1 6 を、基底ウェハ 1 0 4 の最上面 1 0 8 内に微細加工することから始まる。空洞部 1 1 2 , 1 1 4 及び 1 1 6 の深さは、厳密なものではないが、上述の図の実施形態の場合では、おおよそ 1 0 ミクロン深さとしなければならない。プラズマ装置、好適には、良好な均一性と異方性を与える反応性イオンエッチング（RIE: Reactive Ion Etch）が、空洞部 1 1 2 , 1 1 4 , 1 1 6 の微細加工に用いられる。しかしながら、KOH ないし他のウェットエッチングもまた空洞部 1 1 2 , 1 1 4 , 1 1 6 を微細加工するのに用いることができる。標準的なエッチング阻止技術が空洞部 1 1 2 , 1 1 4 , 1 1 6 を微細加工する際に用いられる。それは、プラズマエッチング用のフォトレジストであったり、あるいはウェット（KOH）エッチング用の酸化ケイ素ないし窒化ケイ素によって形成されたマスクである。このマイクロマシニング（微細加工）によって、シーソー部用空洞部 1 1 4 が得られ、このシーソー部用空洞部 1 1 4 が、図 2 B に図示されているようなシーソー部 5 2 の動きを受け入れ、その一方で、空洞部 1 1 2 , 1 1 6 が、以下に詳述されるように、フィードスルー又は電氣的接点パッドを収容する。

30

40

#### 【 0 0 3 6 】

上面 1 0 8 内に空洞部 1 1 2 , 1 1 4 , 1 1 6 を微細加工した後、どの図にも示されていないが、次のステップは、図 3 に示される基底ウェハ 1 0 4 の底面 1 1 8 内にアライメントマークをエッチングすることである。底側のアライメントマークは、後続のプロセッシング作業を通じて空洞部 1 1 2 , 1 1 4 , 1 1 6 と他の微細加工された構造を揃えることができるように、基底ウェハ 1 0 4 内に微細加工された空洞部 1 1 2 , 1 1 4 , 1 1 6 に

50

見当合わせされなければならない。この底側のアライメントマークは、全プロセスの流れの終わり近くの底面側のシリコンエッチング中にも用いられることになる。底面側アライメントマークは、空洞部 112, 114, 116 に揃えられた状態で、先ず特殊なターゲット専用マスクを用いたリソグラフィステップによって、そして次には基底ウェハ 104 の底面 118 を微細加工することによって形成される。ターゲット専用マスクのパターンは、基底ウェハ 104 の両面からフォトレジストを取り去る前に、底面 118 内へと数ミクロン深さでプラズマエッチングされる。MEMS スイッチを作製する際に赤外線のパターンを有したアライナが使える場合には、底面側アライメントマーク作成は省くことができる。

#### 【0037】

図 4 に示された MEMS スイッチ製造の次のステップは、シリコン・オン・インシュレータ (SOI: silicon-on-insulator) ウェハ 124 の薄い単結晶 Si デバイス層 122 を、基底ウェハ 104 の上面 108 に融着接合するというものである。好適にも、SOI ウェハ 124 のデバイス層 122 は、極めて薄い二酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) の埋め込み層上で 17 ミクロン厚とされ、そのため、その名前がシリコン・オン・インシュレータないし SOI とされている。シーソー部 52 及びねじり棒部 66a, 66b を微細加工する際に有利な SOI ウェハ 124 の特徴は、デバイス層 122 が、薄い  $\text{SiO}_2$  層 132 に対して SOI ウェハ 124 の全表面上で略均一な厚さ (それも好ましくは約 17 ミクロン) を有していることである。SOI ウェハ 124 のデバイス層 122 を基底ウェハ 104 の上面 108 に融着する際には、ウェハ 104 とウェハ 124 とは、基底ウェハ 104 上のアライメント用オリエンテーションフラット 134 を、対応する SOI ウェハ 124 上のアライメント用オリエンテーションフラット 136 に合わせることで、大まかに揃えられる。基底ウェハ 104 への SOI ウェハ 124 の融着は、おおよそ 1000 °C で行なわれる。

#### 【0038】

基底ウェハ 104 と SOI ウェハ 124 とが融着により一体に形成された後、基底ウェハ 104 の上面 108 に結合されたデバイス層 122 だけを残して、デバイス層 122 から最も遠い位置にあるハンドル層 138、及び次の  $\text{SiO}_2$  層 132 が取り除かれる。先ず、保護のための二酸化ケイ素層、窒化ケイ素層、これら両者の組み合わせ、もしくは他の任意の適した保護層が基底ウェハ 104 の底面 118 上に形成される。基底ウェハ 104 をこのようにマスクしたら、ハンドル層 138 のシリコンが、SOI ウェハ 124 に対して行なわれる KOH エッチングによって取り除かれる。ハンドル層 138 を形成するシリコンのバルクが取り除かれて、埋め込まれた  $\text{SiO}_2$  層 132 に達すると、KOH が SOI ウェハ 124 をエッチングする速さがかなり遅くなる。このように、 $\text{SiO}_2$  層 132 は、ハンドル層 138 を取り除くためのエッチストップとして機能する。ハンドル層 138 のバルクシリコンが取り除かれたら、前には埋もれていたが今や露出した  $\text{SiO}_2$  層 132 が HF エッチングによって取り除かれる。その他のウェットなシリコンエッチング液、プラズマエッチング、研削及び研磨、あるいはこれらの方法の組み合わせを含め、ハンドル層 138 のバルクシリコンを除去する他の方法を用いることもできることに留意されたい。このプロセスが全て終了すると、図 5 に図示されたように、SOI ウェハ 124 のデバイス層 122 だけが基底ウェハ 104 に結合された状態のままで残る。

#### 【0039】

図 6 は、ハンドル層 138 と  $\text{SiO}_2$  層 132 とがエッチングによって取り去られることで、デバイス層 122 の前面 142 として何が露出されたかを示している。空洞部 112, 114, 116 を形成するのと同じように、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、おおよそ 12.0 ミクロン深さの初期空洞部 144 を、前面 142 を貫いてデバイス層 122 内へと微細加工 (好適には KOH エッチングを用いる) することである。MEMS ならびに半導体製造の当業者には周知であるように、デバイス層 122 の前面 142 は、先ず酸化され、KOH を用いて初期空洞部 144 を微細加工するための遮蔽マスクが得られるようにパターンが形成される。次いで、初期空洞部 144 を

10

20

30

40

50

微細加工した後に、残っているデバイス層 1 2 2 の前面 1 4 2 上の酸化物が除去される。図 6 に続く図では、初期空洞部 1 4 4 の壁部が垂直であるように示されているが、好適にも R I E プラズマエッチングよりむしろ K O H エッチングを用いて壁部が形成されるために、従来よく知られているように、好ましい実施形態における初期空洞部 1 4 4 の壁部は、実際にはおおよそ 5 4 ° の角度で傾いている。

#### 【 0 0 4 0 】

M E M S スイッチの好ましい実施形態においては、初期空洞部 1 4 4 の深さが、図 2 A に図示された電極 5 4 a , 5 4 b の、シーソー部 5 2 から最も遠い表面と、シーソー部 5 2 の、電極 5 4 a , 5 4 b に最も近い表面との間のあきかたを決定する。初期空洞部 1 4 4 の深さは、シーソー部 5 2 上の短絡バー 5 8 a , 5 8 b 及び電極 5 4 a , 5 4 b の金属 10 及びスイッチ接点 5 6 a 1 , 5 6 a 2 , 5 6 b 1 , 5 6 b 2 の間の所望のギャップが得られるように、シーソー部 5 2 の所望の厚さとデバイス層 1 2 2 の所望の厚さを考慮に入れて算出される。

#### 【 0 0 4 1 】

デバイス層 1 2 2 内に初期空洞部 1 4 4 を微細加工することで、初期空洞部 1 4 4 の底から上方に突出する 4 つの接地アイランド 1 5 2 ( 接地用孤立部 )、U 字形壁部 1 5 4、さらにまたぎざぎざの U 字形壁部 1 5 6 が残る。接地アイランド 1 5 2 及び壁部 1 5 4 , 1 5 6 は、上に向かって初期空洞部 1 4 4 の底からデバイス層 1 2 2 の前面 1 4 2 へと延出している。これら壁部 1 5 4 , 1 5 6 は、M E M S スイッチのシーソー部 5 2 となるべき前面 1 4 2 の床の部分を大部分取り囲んでいる。初期空洞部 1 4 4 の形成後、短絡バー 20 5 8 a , 5 8 b ならびに初期空洞部 1 4 4 内の他の金属構造の堆積に備えて S i O<sub>2</sub> 絶縁パッド 7 2 a , 7 2 b が初期空洞部 1 4 4 の床の上に堆積される。

#### 【 0 0 4 2 】

図 7 及び図 8 は、短絡バー 5 8 a , 5 8 b を含めて、初期空洞部 1 4 4 の底に堆積される様々な金属構造部を示している。先に述べたように、これらの金属製の構造体は、最初に薄い T i 接着層を堆積し、その上に続けて、図の実施形態ではおおよそ 0 . 5 ミクロンの A u を堆積させて形成することが好ましい。短絡バー 5 8 a , 5 8 b に加えて、一对の金属製の接地板 1 6 2 a , 1 6 2 b がそれぞれ延在して、初期空洞部 1 4 4 を横切り、短絡バー 5 8 a , 5 8 b ならびに絶縁パッド 7 2 a , 7 2 b を超え、対になった接地アイランド 1 5 2 の間に拡がっている。0 . 5 ミクロンの A u 層を堆積した後、この金属部は、 30 短絡バー 5 8 a , 5 8 b ならびに接地板 1 6 2 a , 1 6 2 b 用の形状が確定するように続いてリソグラフィによりパターン形成されてエッチングされる。その後、おおよそ 4 . 0 ミクロンの全厚となるように追加的な A u が短絡バー 5 8 a , 5 8 b 上にめっきされる。

#### 【 0 0 4 3 】

全ての金属構造部が初期空洞部 1 4 4 内に作られたら、初期空洞部 1 4 4 の底に残っているデバイス層 1 2 2 の材料に穴をあける第 2 の R I E エッチングによって、ねじり棒部 6 6 a , 6 6 b 及びシーソー部 5 2 の輪郭が描かれ、これによって軸線 6 8 の周りに回転するようにシーソー部 5 2 が自由になる。このようにして、シーソー部 5 2 及びねじり棒部 6 6 a , 6 6 b は、フレーム 6 4 になるデバイス層 1 2 2 の包囲材料とともにモノリシックに形成される。第 2 の R I E エッチングはまた、片持ちばり部 1 6 6 を下方に残しつつかつそれぞれの接地アイランド 1 5 2 を支持した状態にしながら、初期空洞部 1 4 4 を基底ウェハ 1 0 4 の空洞部 1 1 2 , 1 1 6 へと開口する。片持ちばり部 1 6 6 の自由端においてそれぞれの接地アイランド 1 5 2 を支持することによって、前面 1 4 2 より上側に突出している接地アイランド 1 5 2 の頂上における接地板 1 6 2 a , 1 6 2 b の終端部分での A u の厚さが考慮される。片持ちばり部 1 6 6 に加わる従う力が、接地板 1 6 2 a , 1 6 2 b と以下に述べる後続の金属化 ( メタライゼーション ) 層との間の良好な電氣的接触の形成を保証する。 40

#### 【 0 0 4 4 】

図 9 には、続いて図 7 に示されたデバイス層 1 2 2 の前面 1 4 2 にぴたりと合わされて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 1 7 4 のメタライゼーション 50

表面 172 上の領域が示されている。ガラス基板 174 は、基底ウェハ 104 及び S O I ウェハ 124 と同じ直径を有しており、好適には、1.0 mm の厚さとされている。図 9 の例は、薄い 1000 のクロム - 金 (Cr - Au) のシード層をメタライゼーション表面 172 上に堆積させた後のメタライゼーション表面 172 上部に存在する金属構造部を示すものである。Cr - Au シード層をパターン形成することによって、好適な実施形態の M E M S スイッチの共通端子 182、スイッチ接点 56a1, 56a2, 56b1, 56b2、及び電極 54a, 54b になるものに用いられる接点パッドと導体線とが構築される。また、Cr - Au シード層をパターン形成することによって、接地アイランド 152 の突出している端部上に存在している接地板 162a, 162b の部分とぴたりと合わされるようにあてがわれる接地パッド 186 が構築される。上記構造部のために Cr - Au シード層にパターンが作られたら、続いて、図 9 に表されたパターンを形成するようにおおよそ 2.0 ミクロンの Au がめっきされる。高い周波数の高周波 (RF) 信号を効果的に導くのに適した表皮効果条件を満足するように、スイッチ接点 56a1, 56a2, 56b1, 56b2 及び共通端子 182 は、4.0 ミクロン厚であることが好ましい。しかしながら、本願発明に係るスイッチは、上述されたものとは異なる材料及びプロセッシングの工程が用いられるものであってもよい。

#### 【0045】

電極 54a, 54b は、該電極 54a, 54b とシーソー部 52 上における直接向き合った部分との間のギャップを低減するために、スイッチ接点 56a1, 56a2, 56b1, 56b2 と同じ厚さでめっきされる。電極 54a, 54b と、シーソー部 52 上における直に向き合う部分との間のギャップがより小さくなることで、M E M S スイッチを駆動するために印加しなければならない電圧が低減する。

#### 【0046】

図 10 は、先に図 3, 図 6, 図 7 に図示された基底ウェハ 104 の部分を示す図であって、図 9 に図示されたガラス基板 174 のメタライゼーション表面 172 における対応部分がデバイス層 122 の前面 142 に陽極接合された後の基底ウェハ 104 の部分を示している。メタライゼーション表面 172 を前面 142 に接合する際には、図 9 に図示された金属パターンが、図 7 及び図 8 に見られるデバイス層 122 内に微細加工された構造に注意深く揃えられる。メタライゼーション表面 172 を前面 142 にこのように接合することで、図 1, 図 2A 及び図 2B に図示されるような M E M S スイッチが構築される。図 7 及び図 8 に図示された構造では、電極 54a, 54b の接点パッドに接続している電極 54a, 54b のワイヤは、それぞれ壁部 156 内の鋸歯状の刻み目を通して、その一方で、スイッチ接点 56a1, 56a2, 56b1, 56b2 が、それぞれ U 字形の壁部 154, 156 の腕の部分に沿って、接地板 162a, 162b にそれぞれ極めて近接した状態で延びている。

#### 【0047】

メタライゼーション表面 172 を 174 に陽極接合する間、接地アイランド 152 を支える片持ちばり部 166 は、各接地アイランド 152 頂上にある接地板 162a, 162b の金属と、ガラス基板 174 のメタライゼーション表面 172 上に形成された接地パッド 186 との間の干渉によって曲がる。片持ちばり部 166 を形成する単結晶シリコン材料の機械的な剛性が、接地パッド 186 と、接地アイランド 152 の位置において前記接地パッド 186 に対置された接地板 162a, 162b の部分との間の音響電氣的な接続を確保する力を与える。

#### 【0048】

ガラス基板 174 が壁部 154 に陽極接合された後、デバイス層 122 から最も離れているガラス基板 174 と基底ウェハ 104 の両方の外側部分全体が、図 10 に点線 192, 194 で示されるように薄くされる。基底ウェハ 104 及びガラス基板 174 は、両側において研削及び研磨処理で薄くされることが好ましい。ガラス基板 174 がおおよそ 100 ミクロンの最終的な厚さを持つようにして、各層の約半分の厚さが除去される。組み合わされた基底ウェハ 104、デバイス層 122、及びガラス基板 174 を研削しかつ研

磨することで、標準的な半導体デバイスの厚さに比肩し得る厚さを持ったMEMSスイッチが作り出される。基底ウェハ104とガラス基板174を薄くする際には、研削、研磨、化学機械平坦化(CMP: chemical mechanical planarization)、ないし種々のウェットエッチングやプラズマエッチングを含めて、MEMSないし半導体プロセスに通常用いられるあらゆる技術を用いることができる。

#### 【0049】

図11は、組み合わされた基底ウェハ104、デバイス層122、及びガラス基板174の断面を、図10で示したものを逆にした状態で示している。また、図11は、基底ウェハ104を薄くした後の空洞部112, 116の基底にエッチング前には残っていた基底ウェハ104のシリコン材料を貫いてエッチングされた開口部を図示している。空洞部112, 116を延長することは、先ず、両側アライナを用いてデバイス層122から最も離れている基底ウェハ104の底面側にパターンを作り上げ、さらに透明なガラス基板174を通してデバイス層122の構造を観察することによって行なわれる。次に、基底ウェハ104を形成しているシリコン材料がディープRIE装置を用いてプラズマエッチングされる。このように空洞部112, 116を開口することで、電極54a, 54bのための接点パッドと、スイッチ接点56a2, 56b2のための共通端子182とともにスイッチ接点56a1, 56b1と、陽極接合前にガラス基板174上にもともと形成されていた接地パッド186(図9に示されていて図11では点線で示されている)とが外に剥き出しになる。

10

#### 【0050】

図12は、組み合わされた基底ウェハ104、デバイス層122、及びガラス基板174を、この組体内部に同時に形成された多数のスイッチを別々にするためにソーイングした後の、そしてMEMSスイッチ内に備えられた接地パッド186と接点パッドに電気的なリード線198(図12には電気的なリード線198のうち的一本だけが示されている)をワイヤ接続した後の本願発明に係るMEMSスイッチの断面図である。

20

#### 【0051】

電気的なリード線198は、一つが出力であるMEMSスイッチへの2つの入力信号を結合するための手段、又はこれとは別に、単一の入力信号を、MEMSスイッチからの2つの出力のいずれか一方、もしくはそれとは別の他方に結合するための手段を提供する。電気的なリード線198はまた、接地板162a, 162bをシーソー部52ともども電気的に接地するための手段を提供し、さらには、シーソー部52に軸線68周りの回転を起させるシーソー部52と電極54a, 54bとの間の電位に差を与えるための手段を提供する。

30

#### 【0052】

組み合わされた基底ウェハ104、デバイス層122、及びガラス基板174をソーイングすることによって、個別のMEMSスイッチ(典型的にはおおよそ $2.0 \times 1.5 \times 1.5$ ミリメートル[L×W×H]とされている)が製造される。上記の寸法は、その大きさの2倍ないし2分の1の大きさに容易に変更することができる。組み合わされた基底ウェハ104、デバイス層122、及びガラス基板174のソーイング中、上方に向いた基底ウェハ104表面上の開放空洞部112, 116は、従来のウェハテープによって覆われる。空洞部112, 116をウェハテープで密封することは、底のところで接点パッドと接地パッド186が剥き出しとなった空洞部112, 116の中に、そして、おそらくは、MEMSスイッチの内部にある短絡バー58a, 58bとスイッチ接点56a1, 56a2, 56b1, 56b2にさえもソー・スラリが入らないように保証する上で重要である。

40

#### 【0053】

必要であれば、あるいはその方がよければ、図7に示されたデバイス層122及び図9に示されたガラス基板174の表面を疎水性にすることによって、ソー・スラリのMEMSスイッチ内部への侵入に対する防壁部を作ることにもできる。デバイス層122へのガラス基板174の陽極接合によって短絡バー58a, 58b及びスイッチ接点56a1, 5

50

6 a 2 , 5 6 b 1 , 5 6 b 2 が作られている M E M S スイッチの内部と空洞部 1 1 2 , 1 1 6 との間の通路部は、おおよそ 1 0 ミクロン × 1 0 0 ミクロンとされている。これらの通路部の表面が疎水性であれば、その表面状態が、ソーイング中の水の侵入を防ぐことになる。ガラス基板 1 7 4 のメタライゼーション表面 1 7 2 を通路部に陽極接合する前に、あるいは空洞部 1 1 2 , 1 1 6 を開放するために上述の如く基底ウェハ 1 0 4 の背面側をエッチングした後に、表面をシリコンで被覆することによって、上記の表面疎水性が作られる。表面をシリコンで被覆するために用いることができる一つの方法としては、図 7 に示された組み合わせられた基底ウェハ 1 0 4 及びデバイス層 1 2 2、あるいは、図 1 1 に示された組み合わせられた基底ウェハ 1 0 4、デバイス層 1 2 2、及びガラス基板 1 7 4 を、ゲルパック (Gel Pak) 材料からなる加熱パッドとともに真空チャンバ内に配置する  
というものがある。ゲルパックパッドからのポリマの層をおおよそ 4 0 まで加熱するために熱板 (ホットプレート) が用いられる。熱板が上記温度に達したら、組み合わせられた基底ウェハ 1 0 4 及びデバイス層 1 2 2 及びゲルパックパッドが入っているチャンバが密閉され、真空引きされ、そしておおよそ 4 時間その状態に保たれる。その時間が経過したら、チャンバは先ずパージされ、次いで再び空気で満たされ、その後、後続のプロセッシングのために組み合わせられた基底ウェハ 1 0 4 及びデバイス層 1 2 2 が取り出される。組み合わせられた基底ウェハ 1 0 4 及びデバイス層 1 2 2 をこのように処理することで、ソーイング中に空洞部 1 1 2 , 1 1 6 を通って M E M S スイッチの内部に水が入ってくることが防止される。

10

#### 【 0 0 5 4 】

20

本願発明の他の実施形態には、スイッチ接点 5 6 a 1 , 5 6 a 2 , 5 6 b 1 , 5 6 b 2、電極 5 4 a , 5 4 b、及び接地板 1 6 2 a , 1 6 2 b への電気的な接続を行なうための様々な技術が主として含まれる。上記の接続を行なうための図 1 3 , 1 4 に図示された一つの代替技術は、空洞部 1 1 2 , 1 1 6 を開口するために R I E エッチングを行なうのではなく、空洞部 1 1 2 , 1 1 6 の列に沿って基底ウェハ 1 0 4 の中へと、しかし貫通することなくソー切断部 2 0 4 の機械切削を行なうというものである。組み合わせられた基底ウェハ 1 0 4、デバイス層 1 2 2、及びガラス基板 1 7 4 において直ぐ隣り合っている M E M S スイッチ同士の間、の空け方や鋸歯の幅に合わせてソー切断部 2 0 4 を機械切削すれば、直ぐ隣り合っている一対のソー切断部 2 0 4 の間に突出するリッジ 2 0 6 を残すことも残さないこともできる。個別の M E M S スイッチを形成するために、組み合わせられた基底  
ウェハ 1 0 4、デバイス層 1 2 2、及びガラス基板 1 7 4 を完全に貫くように後から切断しきってしまうことで、リッジ 2 0 6 が (もし残っているようなら) 取り除かれる。ソー切断部 2 0 4 を機械切削すると、接点パッド及び接地パッドがソー・スラリに必ずさらされることになるために、この特殊な他の一実施形態の場合、空洞部 1 1 2 , 1 1 6 と M E M S スイッチの内部との間の通路部が、デバイス層 1 2 2 へのガラス基板 1 7 4 の陽極接合の前に疎水性にされることが不可欠である。上記の表面が上述のゲルパックの処置を用いることで疎水性にされることが好ましい。

30

#### 【 0 0 5 5 】

必要な電気的な接続を与えるための他の代替的な技術は、2つの主要な相違点があるものの、図 1 0 に示された基底ウェハ 1 0 4 とガラス基板 1 7 4 の薄層化を通して M E M S  
スイッチを製造するための先に上で述べたものと同じ工程をたどる。上記第 1 の相違点というのは、図 3 に示された空洞部 1 1 2 , 1 1 6 が、電気的な接点パッドのためには必要とされず、その代わりに接地アイランド 1 5 2 と片持ちばり部 1 6 6 のためだけにしか必要でないという点である。この他の一実施形態においては、接点パッド及び接地パッドは、ガラス基板 1 7 4 の外層上に配置されることになる。上記第 2 の相違点というのは、金属パターンが好ましい実施形態とは違ったものになり、それにより、ガラスウェハの両側で、金属製の相互接続部の 2 つの層を用いて R F パフォーマンスを最適化するようにするという点である。ガラス基板 1 7 4 をおおよそ 5 0 ミクロンの厚さにまで薄くした後、図 1 5、図 1 6 に示されているように、バイア 2 1 2 が、接点パッド、接地パッド、及び電極の C r シード層までガラス基板 1 7 4 を貫通するようにしてエッチングされる。上記 C

40

50

r シード層は、図 9 に示された金属構造部を形成する際に堆積させた。上記ガラスは、8 : 1 の  $\text{HNO}_3$  :  $\text{HF}$  といったような等方性エッチング液を用いてウェットエッチングされるのが普通である。上記エッチング液は、Cr 層に達すると同時に止まる。接点パッド、接地パッド、及び電極を形成する金属部が剥き出しにされたら、金属部 214 がバイア 212 内へと堆積されるとともに、ガラス基板 174 の表面の上側に堆積され、これにより、接点パッド、接地パッド、及び電極の金属部がガラス基板 174 の外側表面に広がることになる。金属部 214 は、図 9 に示された金属構造部を形成する際にガラス基板 174 上に堆積されたのと同じような、ガラス基板 174 上にスパッタリングないし蒸着されたクロム - 金 (Cr-Au) の膜とされている。堆積された Cr - Au 膜は、内側にそれぞれ堆積された金属部 214 に隣接しかつ接続された接合パッド領域を残してパターン形成されてエッチングされる。続いて、追加の Au が、全厚でおおよそ 4.0 ミクロンとなるように上記金属部上にめっきされる。金属部 214 の接合パッド領域は、金属部 214 に接合されたワイヤを用いるか、あるいは、はんだ付け用パンプを用いることによってプリント回路基板に接続することができる。ガラス基板 174 の外部表面上に接合パッド領域が設けられるため、図 11 に図示されたような空洞部 112, 116 を開口するための基底ウェハ 104 の RIE エッチングは、もはや必要ではない。従って、空洞部 112, 116 を開口するために RIE エッチングに必要とされた基底ウェハ 104 の裏側のパターン形成とエッチングは、この実施形態においては省略される。スイッチ接点 56a1, 56a2, 56b1, 56b2、電極 54a, 54b、及び接地板 162a, 162b への電氣的接続を形成するためのこの特殊な代替的な技術によって得られる一つの利点は、最終的に得られる MEMS スイッチが気密に密閉されていることである。

#### 【0056】

図 17 ないし図 20 は、別の最後の実施形態を示している。この実施形態も、気密に密閉された MEMS スイッチを提供する。この別の実施形態においては、先ず溝部 222 のパターンが、図 17 に示されるようにガラス基板 174 の表面 224 内におおよそ 50 ミクロンの深さでエッチングされる。次に Cr - Au のシード層が表面 224 上に堆積されてパターン形成され、これにより、おおよそ 4.0 ミクロン厚とされた Au 導体 226 が続いて各溝部 222 内に形成可能となる。Au 導体 226 は、スイッチ構造部、つまり MEMS スイッチの気密密閉された部分の内部のスイッチ接点 56a1, 56a2, 56b1, 56b2、電極 54a, 54b、及び接地板 162a, 162b から、MEMS スイッチの密閉された部分の外側にある接合パッド 248 へと電氣的な信号を伝える。

#### 【0057】

図 18 に示されるように、ガラス基板 174 の表面 224 は、次いで従来のシリコン支持ウェハ 232 に陽極接合され、ガラス基板 174 が 100 ミクロンまで薄くされる。図 15, 16 に示された他の実施形態において上述したプロセス同様、次に、導体 226 の Cr シード層に達するまでガラス基板 174 を貫くようにしてバイア 242 がエッチングされる。ガラスは、8 : 1 の  $\text{HNO}_3$  :  $\text{HF}$  といったような等方性エッチング液を用いてウェットエッチングされるのが普通である。上記エッチング液は、Cr 層に達すると同時に止まる。導体 226 の Cr 層が剥き出しにされたら、金属部 244 がバイア 242 内へと堆積されるとともに、ガラス基板 174 のメタライゼーション表面 172 の上側に堆積され、これにより、導体 226 の金属部がガラス基板 174 のメタライゼーション表面 172 に広がることになる。金属部 244 は、図 9 に示された金属構造部を形成する際にガラス基板 174 上に堆積されたのと同じようなスパッタリングないし蒸着されたクロム - 金 (Cr-Au) の膜とされている。堆積された Cr - Au 膜は、パターン形成されてエッチングされ、電極 54a, 54b、スイッチ接点 56a1, 56a2, 56b1, 56b2、接地アイランド 152 頂上の接地板 162a, 162b のための接点端子、ならびに接合パッド 248 を形成する。続いて、追加の Au が、全厚でおおよそ 4.0 ミクロンとなるように上記金属部上にめっきされる。

#### 【0058】

次に、図 19 に図示されるように、ガラス基板 174 のメタライゼーション表面 172

が、デバイス層 1 2 2 の前面 1 4 2 に陽極接合され、これにより、接合パッド 2 4 8 が、接合パッド空洞部 2 5 2 内の M E M S スイッチの他の残りから切り離されることになる。空洞部 2 5 2 (ソー切断部が引き続き M E M S スイッチを別々にしてしまうこととなる場所の直ぐ隣に位置している)は、図 6 に示された空洞部 1 1 2, 1 1 4, 1 1 6 の微細加工と同時に基底ウェハ 1 0 4 内に形成され、図 6 の初期空洞部 1 4 4 の微細加工ならびにそれに続く図 7 のシーソー部 5 2 の解放と同時にデバイス層 1 2 2 を貫いて形成される。上記 M E M S スイッチの好ましい実施形態と本実施形態との間の、初期空洞部 1 4 4 を形成する際の主な違いは、今や初期空洞部 1 4 4 が、図 3 に示された空洞部 1 1 2, 1 1 4, 1 1 6 に対応する 3 つの別々の空洞部に分離されていることである。図 6 に示された好ましい実施形態において開口部を有していた壁部 1 5 4, 1 5 6 は、今や連続しており、そのために、初期空洞部 1 4 4 を 3 つの離れた空洞部に分離している。今や埋設された導体 2 2 6 は、壁部 1 5 4, 1 5 6 の下で電氣的な信号を伝える。それで、図 1 3, 図 1 4 に図示された他の実施形態と同様に、ソー切断部 2 0 4 は、基底ウェハ 1 0 4 内で空洞部 2 5 2 の列に沿って作られ、それにより、内部で隔離された接合パッド 2 4 8 を露にする。組み合わされた基底ウェハ 1 0 4、デバイス層 1 2 2、ガラス基板 1 7 4 及び支持ウェハ 2 3 2 を全て貫ききる後続のソーイングにより、個別の M E M S スイッチが作り出される。

10

#### 【 0 0 5 9 】

図 2 0 は、内部に配置された接合パッド 2 4 8、ガラス基板 1 7 4 を貫通するバイアス 4 2、及び溝部 2 2 2 内の導体 2 2 6 を有する一つの空洞部 2 5 2 を示している。図 2 0 の例はまた、電氣的なリード線 1 9 8、接合パッド 2 4 8 の一つに結合されたワイヤを示している。これとは別構成として、はんだ付けバンプを接合パッド 2 4 8 上に形成してもよい。

20

#### 【 産業上の利用可能性 】

#### 【 0 0 6 0 】

本願発明を現在好ましい実施形態の観点から述べたが、斯かる開示は、純粋に例示にすぎず、限定として解釈されるべきでないことを理解されたい。例えば、シーソー部 5 2 を形成するための単結晶シリコン層は、好ましくは S O I ウェハのデバイス層であるが、エピウェハ上のエピの N 型最上層とすることもできる。シーソー部 5 2 から遠い方のねじり棒部 6 6 a, 6 6 b の端部が接合されるデバイス層 1 2 2 の材料は、シーソー部 5 2 を好適に取り囲むフレームを形成するが、本願発明に係る M E M S スイッチのシーソー部 5 2 は、デバイス層 1 2 2 の材料で囲まれていなくても構わない。M E M S スイッチ内に含まれる金属の導体部は、チタン (Ti) 接着層に付与された金 (Au) であることが好ましいが、それら導体部は、チタン (Ti) もしくはタングステン (W) 上のプラチナ (Pt) といったようなあらゆる数の別の材料の組み合わせを使って作ることができよう。金属は、スパッタリング、電子ビーム堆積、ならびに蒸着を含めて、半導体プロセスに用いられる任意の一般的な堆積法によって付着させることができる。

30

#### 【 0 0 6 1 】

信号を M E M S スイッチ内につないだり、外へとつないだりするために、接点パッド及び接地パッド 1 8 6 に接続された電氣的なリード線 1 9 8 を用いるのとは別の仕方も存在する。基底ウェハ 1 0 4 は、1 0 0 ミクロンよりも薄い厚さに薄くすることができるので、電氣的な信号は、別法として、接点パッド及び接地パッド 1 8 6 上に形成されたはんだ付けバンプ (solder bump) を用いて、M E M S スイッチの中へ、そして外へとつなげることができる。接点パッド及び接地パッド 1 8 6 上のはんだ付けバンプの存在によって、プリント回路基板上に存在する合わせはんだ付けバンプへの M E M S スイッチのフリップチップアタッチメントが可能になる。

40

#### 【 0 0 6 2 】

同様に、本明細書で開示された好ましい実施形態の M E M S スイッチは、シングルポール・ダブルスローリレイ (SPDT: single-pole double-throw) スイッチとされているが、2 つの相互排他的なシングルポール・シングルスローリレイ (SPST: single-pole single

50

-throw) スイッチとしての構成に容易に用いることができる。それで、上記の 2 つの相互排他的な S P S T スイッチは、M E M S スイッチ外側にある適直接続された配線によって S P D T スイッチとして動作させるように構成することができる。加えて、スイッチ接点 5 6 a 1 , 5 6 a 2 , 5 6 b 1 , 5 6 b 2 及び 2 つの短絡バー 5 8 a , 5 8 b の代わりに、本願発明に係る S P D T - M E M S スイッチは、スイッチ接点 5 6 a 1 , 5 6 b 1 だけを用い、そしてシーソー部 5 2 上に配置された導体によって互いに電氣的に接続されている 2 つの短絡バー 5 8 a , 5 8 b を用いて構成することができる。M E M S スイッチのためのこのような構成においては、シーソー部 5 2 上の 2 つの短絡バー 5 8 a , 5 8 b を共に電氣的に接続する導体は、延長することによってねじり棒部 6 6 a , 6 6 b の一方を横断する共通端子 1 8 2 につながっている。

10

#### 【 0 0 6 3 】

また、複数のシーソー部 5 2 は、該シーソー部に対応して設けられた電極 5 4 a , 5 4 b 及びスイッチ接点 5 6 a 1 , 5 6 a 2 , 5 6 b 1 , 5 6 b 2 とともに、本願発明に係る単一の M E M S スイッチ内に組み込むことができる。2 つのシーソー部 5 2 ( それらシーソー部に対して設けられた電極 5 4 a , 5 4 b 及びスイッチ接点 5 6 a 1 , 5 6 a 2 , 5 6 b 1 , 5 6 b 2 を有する ) を用いると、シングルポール・フォースロー ( SP4T : single-pole four-throw ) M E M S スイッチを構成することができる。本願発明に係る M E M S スイッチがシャントスイッチとして動作するように外部配線を構成できるが、M E M S スイッチ自身は、短絡バー 5 8 a , 5 8 b をアースに接続することによってシャントスイッチとして動作するように構成することができる。斯かるシャントスイッチにおいては、ス

20

#### 【 0 0 6 4 】

従って、当業者であれば、上記の開示を読めば本発明の思想と観点から逸脱することなく、様々な変更、修正、及び / 又は本発明の別の用途を間違いなく想到するであろう。それゆえ、請求項は、本発明の真の思想と観点の中に入るようなあらゆる変更、修正、あるいは別の用途を包含しているものと捉えられるべきである。

#### 【 図面の簡単な説明 】

#### 【 0 0 6 5 】

【 図 1 】 本願発明に係る M E M S スイッチ内に設けられたシーソー部、電極、スイッチ接点、及び短絡バーを示す斜視図である。

30

【 図 2 A 】 図 1 中の 2 A , 2 B - 2 A , 2 B 線に沿って得られた前記シーソー部、電極、電極、スイッチ接点、及び短絡バーの立面図である。

【 図 2 B 】 図 1 中の 2 A , 2 B - 2 A , 2 B 線に沿って得られた前記シーソー部、電極、電極、スイッチ接点、及び短絡バーの別の立面図である。

【 図 3 】 微細加工された空洞部が内部に形成された本願発明の好ましい実施形態による M E M S スイッチに設けられる基底ウェハの表面領域を示す斜視図である。

【 図 4 】 内部に空洞部が微細加工された基底ウェハの上面への S O I ウェハのデバイス層の融着を説明するための斜視図である。

【 図 5 】 S O I ウェハのハンドル層及び埋め込み S i O <sub>2</sub> 層を除去した後の基底ウェハの上面に融着接合された S O I ウェハのデバイス層を示す斜視図である。

40

【 図 6 】 基底ウェハ上面に融着接合された S O I ウェハのデバイス層における、図 3 に図示された基底ウェハの前記領域の直ぐ上側に配置された部分の、内部に初期空洞部を形成して電氣的絶縁 S i O <sub>2</sub> 層を堆積させかつパターン形成を行なった後の状態を示す斜視図である。

【 図 7 】 図 6 に図示された基底ウェハ上面に融着接合された S O I ウェハのデバイス層の部分の、前記初期空洞部内に金属の構造部を堆積させて前記シーソー部とそれを支持するねじり棒部を形成した後の状態を示す斜視図である。

【 図 8 】 金属構造部、前記シーソー部、及びその支持ねじり棒部が配置されていることを示す図 7 中の線 8 - 8 に沿って得られた、初期空洞部の中央部分の平面図である。

50

【図 9】上側に微細加工された金属構造部を表す図 7 に示されたデバイス層の領域にぴったり合わせられることになるガラス基板の部分を示す斜視図である。

【図 10】ガラス基板上の金属構造部が図 7 に示されたデバイス層の微細加工面にぴったり合わせられ、さらにそれに対してデバイス層が陽極接合された後における、基底ウェハ、S O I ウェハのデバイス層、及び図 9 に示されたガラス基板の一部を示す斜視図である。

【図 11】基底ウェハとガラス基板が薄くされた後における、そして、基底ウェハを貫通させて開口を微細加工し、これにより図 7 に示された微細加工された金属構造の間に設けられた接点パッド及び接地パッドを露出させた後における、図 10 に示された基底ウェハ、デバイス層、及びガラス基板の一部を示す斜視図である。

10

【図 12】M E M S スイッチ内に設けられた幾つかの接点パッドの一つに電気的なリード線をワイヤ接続することを説明する図であって、図 11 における線 12 - 12 に沿って得られた断面による立面図である。

【図 13】基底ウェハとガラス基板が薄くされた後の、そして基底ウェハをソーイングし、これにより図 7 に示された微細加工された金属構造の間に設けられた接点パッド及び接地パッドを露出させた後における、図 10、図 11 に示された基底ウェハ、デバイス層、及びガラス基板の一部を示す斜視図である。

【図 14】M E M S スイッチ内に設けられた幾つかの接点パッドの一つに電気的なリード線をワイヤ接続することを説明する図であって、図 13 における線 14 - 14 に沿って得られた断面による立面図である。

20

【図 15】導電性を有するバイアがガラス基板を貫くように内部に形成された本願発明の他の別の実施形態における、基底ウェハとガラス基板が薄くされた後の時点での、図 10 に示された基底ウェハ、デバイス層、及びガラス基板の一部を示す斜視図である。

【図 16】M E M S スイッチ内に設けられた接点パッド及び接地パッドに電気的接続を行なうガラス基板を貫いて形成された幾つかのバイアを説明する図であって、図 15 における線 16 - 16 に沿って得られた断面による立面図である。

【図 17】導電体を保持する微細加工された溝部を示す他の実施形態のガラス基板の一部を示す斜視図である。

【図 18】支持ウェハ（この支持ウェハには、導電性のバイアをガラス基板を貫いて形成できるようにするために、ガラス基板が陽極接合されている）に対置される導電体と溝部とを有する図 17 に示された他の実施形態によるガラス基板の一部を示す斜視図である。

30

【図 19】導電性のバイアを含む金属構造部がデバイス層の微細加工された表面にぴったり合わされた後における、そしてデバイス層がガラス基板に陽極接合された後における、図 7 に示されたものと同類の基底ウェハ及び S O I ウェハのデバイス層及び図 18 に示されたガラス基板及び支持ウェハの一部を示す斜視図である。

【図 20】M E M S スイッチ内に設けられた接合パッドに電気的に接続する、ガラス基板を貫いて形成された幾つかのバイアを説明する図であって、図 19 における線 20 - 20 に沿って得られた断面による立面図である。

【符号の説明】

【0066】

40

52 シーソー部

54 a , 54 b 電極

56 a 1 , 56 a 2 スイッチ接点の第 1 の対

56 b 1 , 56 b 2 スイッチ接点の第 2 の対

58 a , 58 b 短絡バー

64 フレーム

66 a , 66 b ねじり棒部

68 軸線

104 基底ウェハ（基部）

122 デバイス層（微細加工されたモノリシック層）

50

- 1 5 2 接地アイランド（電氣的接触アイランド）  
 1 6 2 a , 1 6 2 b 接地板  
 1 6 6 片持ちばり部  
 1 7 4 基板（ガラス基板）

【図 1】

FIG. 1

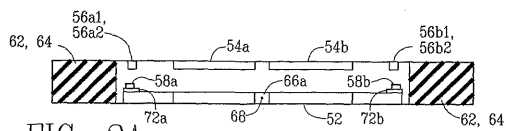
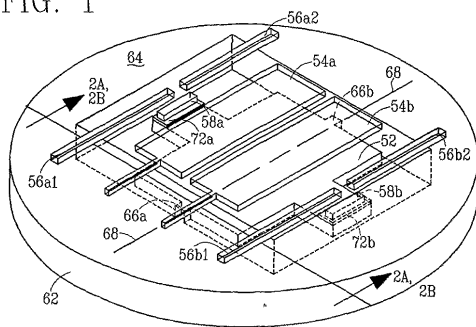


FIG. 2A

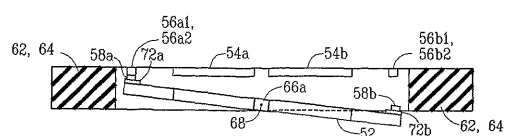
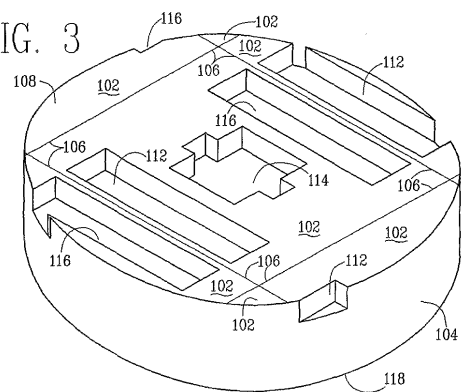


FIG. 2B

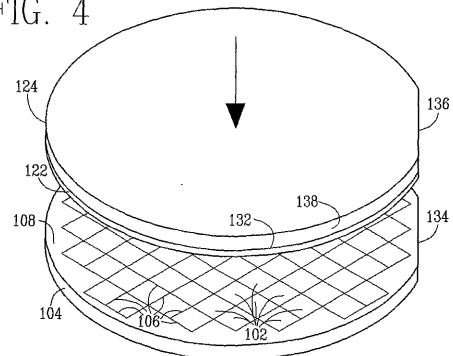
【図 3】

FIG. 3

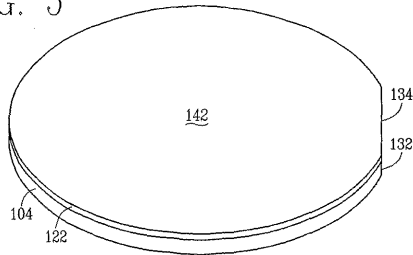


【図 4】

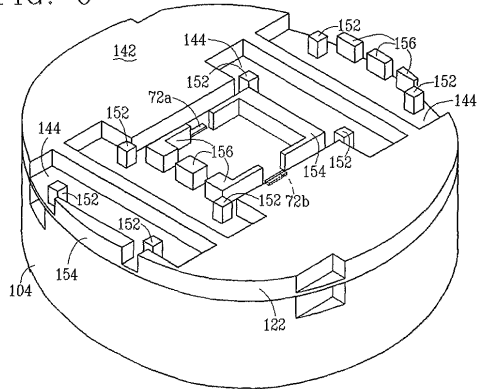
FIG. 4



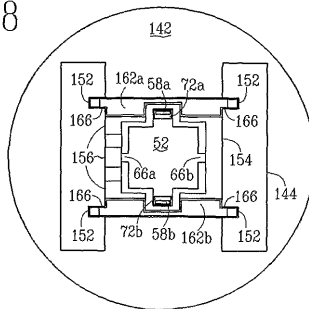
【図 5】  
FIG. 5



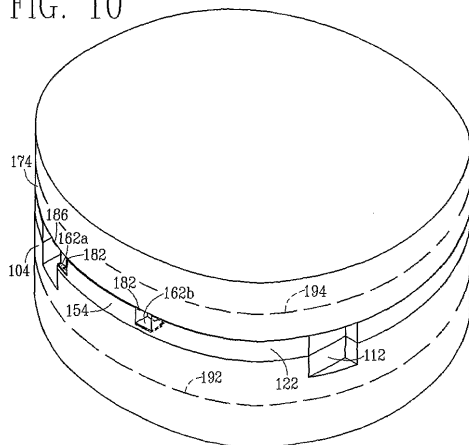
【図 6】  
FIG. 6



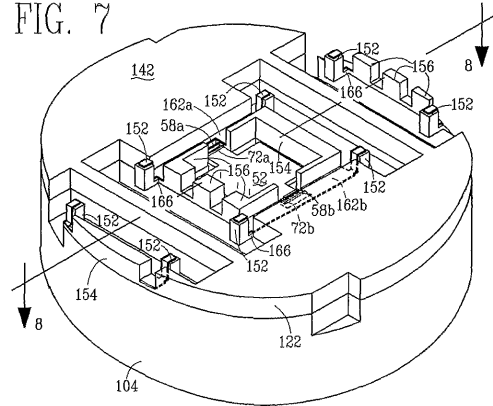
【図 8】  
FIG. 8



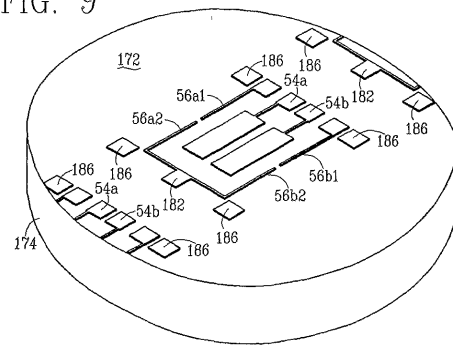
【図 10】  
FIG. 10



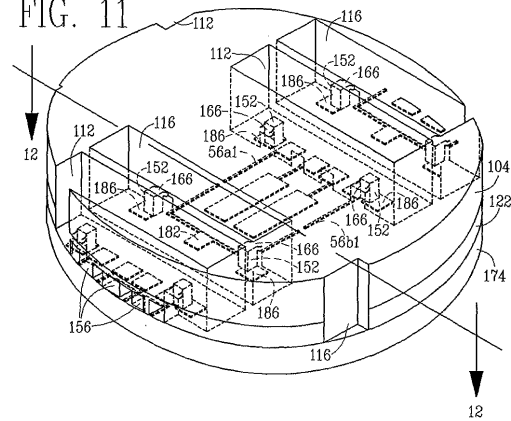
【図 7】  
FIG. 7



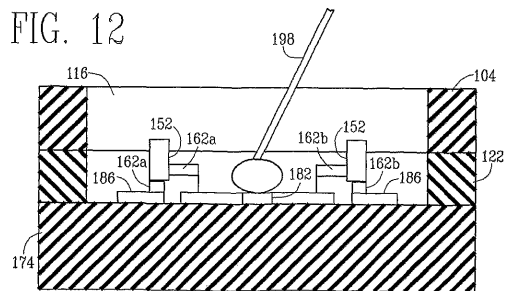
【図 9】  
FIG. 9



【図 11】  
FIG. 11

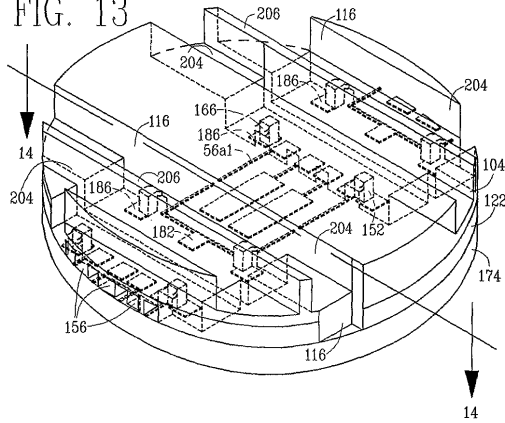


【図 12】  
FIG. 12



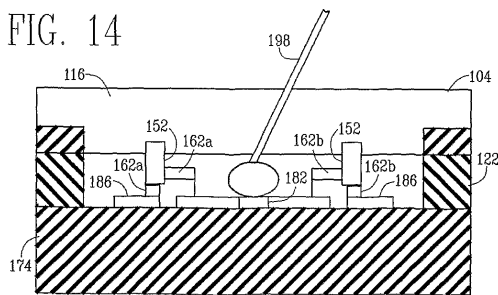
【図 13】

FIG. 13



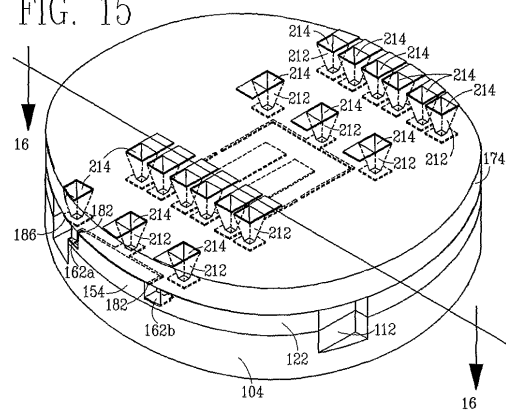
【図 14】

FIG. 14



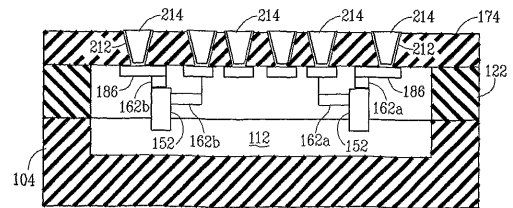
【図 15】

FIG. 15



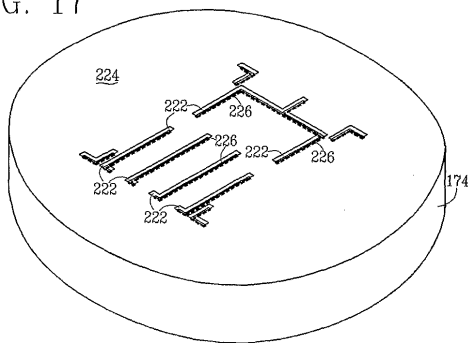
【図 16】

FIG. 16



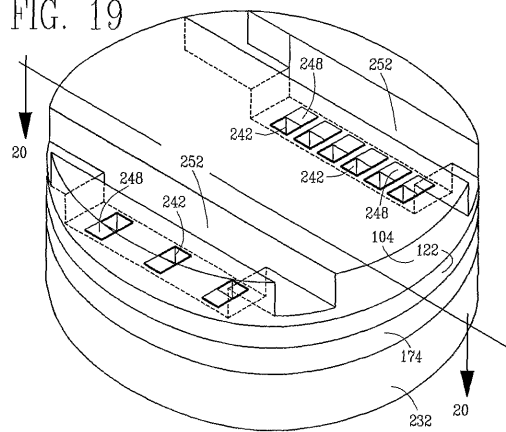
【図 17】

FIG. 17



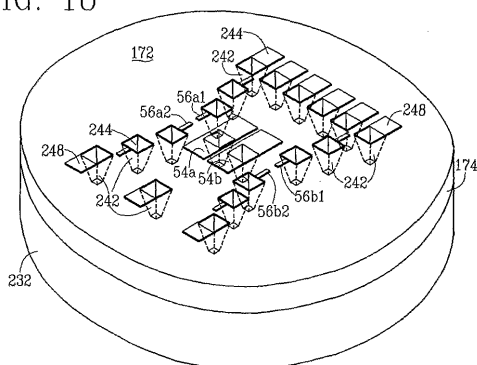
【図 19】

FIG. 19



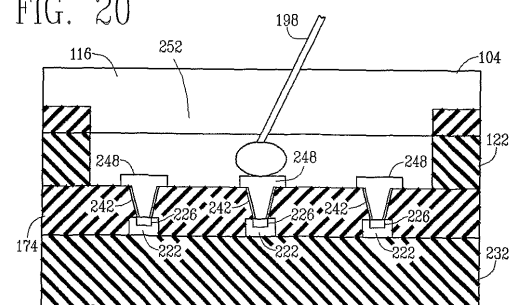
【図 18】

FIG. 18



【図 20】

FIG. 20



## 【手続補正書】

【提出日】平成16年11月23日(2004.11.23)

## 【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】

集積型の微小電気機械システム(MEMS)スイッチであって、該MEMSスイッチに接続された第1の入力用導体側に存在する電気的な信号を、同じく該MEMSスイッチに接続された第1の出力用導体に、選択的に結合するように設けられたMEMSスイッチにおいて、

a. 内部に、

i. シーソー部；

ii. 前記シーソー部の両側に配置されかつ前記シーソー部に連結されて前記シーソー部がその周りに回転可能とされる一つの軸線を決定する一対のねじり棒部；及び

iii. 前記シーソー部から遠い側における前記ねじり棒部の端部が連結されて前記ねじり棒部によって決まる前記軸線周りに回転させるために前記ねじり棒部を介して前記シーソー部を支持するフレーム；

iv. 前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線から遠位の前記シーソー部の端部で保持された導電性を有する第1の短絡バーと；

を微細加工した材料からなるモノリシック層と；

b. 前記モノリシック層の第1の表面に取り付けられた基部と；

c. 前記基部が取り付けられた前記モノリシック層の前記第1の表面から遠い側の前記モノリシック層の第2の表面に接合された基板であって、

該基板上に、

i. 前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線の片側にある前記シーソー部の表面に対して対置された第1の電極であって、該第1の電極と前記シーソー部との間に電位を与えることで、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線の周りに前記シーソー部を第1の方向に回転させる第1の電極；及び

ii. 前記第1の入力用導体に対して、そして前記第1の出力用導体に対して、それぞれ接続可能となるように設けられたスイッチ接点の第1の対であって；

(1) 前記シーソー部に力が加わっていないときには、前記第1の短絡バーに隣接しているが該第1の短絡バーから離間された状態で配置されており；

(2) 前記シーソー部に力が加わっていないときには、互いに電氣的に絶縁されており；

(3) 前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部を前記第1の方向に回転させる十分強い力が前記シーソー部に加わると前記第1の短絡バーがつながり合せ；さらに、

(4) 第1の導電体が、前記スイッチ接点と前記第1の入力用導体ならびに前記第1の出力用導体との間において電気的な信号をそれぞれ伝送する；

スイッチ接点の第1の対；

を形成した基板と；さらに、

d. 前記第1の導電体に隣接して配置されているとともに該第1の導電体から電氣的に絶縁された第1の接地板

を備え、

前記第1の短絡バーが前記スイッチ接点の第1の対に接触する程に、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部が前記第1の方向に回転すると、前記接続を行なう第1の短絡バーが前記スイッチ接点の第1の対とともに電氣的に連結する

ように構成されているMEMSスイッチ。

【請求項2】

請求項1に記載のMEMSスイッチであって、該MEMSスイッチに接続された第2の入力用導体側に存在する電気的な信号を、同じく該MEMSスイッチに接続された第2の出力用導体に、選択的に結合するようにさらに設けられたMEMSスイッチにおいて：

前記シーソー部は、前記第1の短絡バーとは前記回転軸線を挟んで反対の側にある前記シーソー部の端部に第2の短絡バーを保持し；さらに、

前記基板が、同じく該基板上に：

iii. 前記第2の入力用導体に対して、そして前記第2の出力用導体に対して、それぞれ接続可能となるように設けられたスイッチ接点の第2の対であって：

(1) 前記シーソー部に力が加わっていないときには、前記第2の短絡バーに隣接しているが該第2の短絡バーから離間された状態で配置されており；

(2) 前記シーソー部に力が加わっていないときには、互いに電気的に絶縁されており；

(3) 前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部を、前記第1の方向とは逆の前記第2の方向に回転させる十分強い力が前記シーソー部に加わると前記第2の短絡バーがつながり合わせ；さらに、

(4) 第2の導電体が、前記スイッチ接点と前記第2の入力用導体ならびに前記第2の出力用導体との間において電気的な信号をそれぞれ伝送する；

スイッチ接点の第2の対

を形成し、さらに、

e. 前記第2の導電体に隣接して配置されているとともに該第2の導電体から電気的に絶縁された第2の接地板を備え、

前記第2の短絡バーが前記スイッチ接点の第2の対に接触する程に、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部が前記第2の方向に回転すると、前記接続を行なう第2の短絡バーが前記スイッチ接点の第2の対とともに電気的に連結するように構成されているMEMSスイッチ。

【請求項3】

請求項2のMEMSスイッチにおいて、前記基板が、同じく該基板上に、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線の片側かつ前記第1の電極が対置された前記シーソー部の表面とは反対の側にある前記シーソー部の表面に対して対置された第2の電極であって、該第2の電極と前記シーソー部との間に電位を与えることで、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部を前記第2の方向に回転させる第2の電極を形成したMEMSスイッチ。

【請求項4】

請求項1のMEMSスイッチであって、該MEMSスイッチに接続された第2の入力用導体側に存在する電気的な信号を、該MEMSスイッチに接続された第1の出力用導体に、選択的に結合するようにさらに設けられたMEMSスイッチにおいて：

前記シーソー部は、前記第1の短絡バーとは前記回転軸線を挟んで反対の側にある前記シーソー部の端部に第2の短絡バーを保持し；さらに、

前記基板が、同じく該基板上に：

iii. スイッチ接点の第2の対、それも、そのうちの第1のスイッチ接点が、第2の入力用導体にそれぞれ接続可能となるように設けられるとともに、そのうちの第2のスイッチ接点が、前記第1の出力用導体に接続可能となるように設けられた該スイッチ接点の第2の対の一方に接続されたスイッチ接点の第2の対であって：

(1) 前記シーソー部に力が加わっていないときには、前記第2の短絡バーに隣接しているが該第2の短絡バーから離間された状態で配置されており；

(2) 前記シーソー部に力が加わっていないときには、互いに電気的に絶縁されており；

(3) 前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部を、

前記第 1 の方向とは逆の前記第 2 の方向に回転させる十分強い力が前記シーソー部に加わると前記第 2 の短絡バーがつなぎ合わせ；さらに、

( 4 ) 第 2 の導電体が、前記スイッチ接点と前記第 2 の入力用導体ならびに前記第 1 の出力用導体との間において電氣的な信号をそれぞれ伝送する；

スイッチ接点の第 2 の対

を形成し、さらに、

e . 前記第 2 の導電体に隣接して配置されているとともに該第 2 の導電体から電氣的に絶縁された第 2 の接地板を備え、

前記第 2 の短絡バーが前記スイッチ接点の第 2 の対に接触する程に、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部が前記第 2 の方向に回転すると、前記接続を行なう第 2 の短絡バーが前記スイッチ接点の第 2 の対とともに電氣的に連結するように構成されている M E M S スイッチ。

【請求項 5】

請求項 4 の M E M S スイッチにおいて、前記基板が、同じく該基板上に、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線の片側かつ前記第 1 の電極が対置された前記シーソー部の表面とは反対の側にある前記シーソー部の表面に対して対置された第 2 の電極であって、該第 2 の電極と前記シーソー部との間に電位を与えることで、前記ねじり棒部によって決定される前記回転軸線周りに前記シーソー部を前記第 2 の方向に回転させる第 2 の電極を形成した M E M S スイッチ。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の M E M S スイッチであって、融着接合が前記モノリシック層と前記基部とを結び付けている M E M S スイッチ。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の M E M S スイッチであって、前記モノリシック層を形成している材料が単結晶シリコン ( Si ) とされている M E M S スイッチ。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の M E M S スイッチであって、電氣的に絶縁する材料からなるシートが前記シーソー部と前記短絡バーとの間に介装されている M E M S スイッチ。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の M E M S スイッチであって、前記基部は、該基部の内部に形成された空洞部を備え、該空洞部は、前記モノリシック層の第 1 の表面に臨み、かつ前記ねじり棒部によって決定される軸線周りに前記シーソー部が回転するときに前記シーソー部の一部が該空洞部の内部に入り込むように構成された M E M S スイッチ。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の M E M S スイッチであって、前記接地板は、前記モノリシック層上に配置されている M E M S スイッチ。

【請求項 11】

請求項 11 の M E M S スイッチであって、前記モノリシック層は、片持ちばり部を備え、前記片持ちばり部は、該片持ちばり部の自由端で接地アイランドを支持し、前記接地アイランドは、前記片持ちばり部から遠位の端部で前記接地板の一部を保持し、前記接地アイランドの前記端部における前記接地板の前記部分が、前記片持ちばり部によって加えられる力によって、前記基板上に配置された導電体と密接に接触させられる M E M S スイッチ。

【請求項 12】

M E M S 装置の第 1 の層上に配置された導電体と該 M E M S 装置の第 2 の層上に配置された導電体との間を電氣的に接触させるように設けられた微小電気機械システム ( M E M S ) 電氣的接触構造体であって、

前記第 2 の層内に設けられた片持ちばり部を備え；さらに、

同じく前記第２の層内に設けられて前記片持ちばり部の自由端において支持された電氣的接触アイランドを備え、該電氣的接触アイランドが、前記片持ちばり部から遠位の該電氣的接触アイランドの端部において前記第２の層上に配置された前記導電体の一部を保持し、前記電氣的接触アイランドの前記端部における前記導電体の前記一部が、前記片持ちばり部によって加えられる力によって、前記第１の層上に配置された導電体と密接に接触させられるＭＥＭＳ電氣的接触構造体。

【請求項１３】

一つの導電体が上に配置された第１の層；及び

同じく一つの導電体が上に配置された第２の層を備え、

前記第２の層は、

a．片持ちばり部；及び

b．前記片持ちばり部の自由端において支持された電氣的接触アイランドを備え、前記電氣的接触アイランドが、前記片持ちばり部から遠位の該電氣的接触アイランドの端部において、前記第２の層上に配置された前記導電体の一部を保持し、前記電氣的接触アイランドの前記端部における前記導電体の前記一部が、前記片持ちばり部によって加えられる力によって、前記第１の層上に配置された導電体と密接に接触させられる微小電気機械システム（ＭＥＭＳ）構造体。

【手続補正２】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００４７

【補正方法】変更

【補正の内容】

【００４７】

メタライゼーション表面１７２を前記前面１４２に陽極接合する間、接地アイランド１５２を支える片持ちばり部１６６は、各接地アイランド１５２頂上にある接地板１６２a，１６２bの金属と、ガラス基板１７４のメタライゼーション表面１７２上に形成された接地パッド１８６との間の干渉によって曲がる。片持ちばり部１６６を形成する単結晶シリコン材料の機械的な剛性が、接地パッド１８６と、接地アイランド１５２の位置において前記接地パッド１８６に対置された接地板１６２a，１６２bの部分との間の音響電氣的な接続を確保する力を与える。

## 【国際調査報告】

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                  | International application No.<br>PCT/US03/24255                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>IPC(7) : H01P 1/10<br>US CL : 333/262<br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>U.S. : 333/262                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>East, EPO, JPO, Derwent                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>MEMs, Mircoelectro, switch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| Category *                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                               | Relevant to claim No.                                                                                                                                     |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| X<br>---<br>Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | US 5,278,368 A (KASANO et al.) 11 January 1994 (11.01.1994), figures 6-8 and 16.                                                                                                                                                                 | 1-5,13,14<br>-----<br>10-12                                                                                                                               |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| * Special categories of cited documents:<br><table border="0"> <tr> <td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</td> </tr> <tr> <td>"E" earlier application or patent published on or after the international filing date</td> <td>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</td> </tr> <tr> <td>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</td> <td>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</td> </tr> <tr> <td>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>"&amp;" document member of the same parent family</td> </tr> <tr> <td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </table> |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           | "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention | "E" earlier application or patent published on or after the international filing date | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone | "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art | "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | "&" document member of the same parent family | "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed |  |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention                                              |                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| "E" earlier application or patent published on or after the international filing date                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone                                                                     |                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | "&" document member of the same parent family                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| Date of the actual completion of the international search<br>02 December 2003 (02.12.2003)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                  | Date of mailing of the international search report<br><b>12 MAR 2004</b>                                                                                  |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |
| Name and mailing address of the ISA/US<br>Mail Stop PCT, Attn: ISA/US<br>Commissioner for Patents<br>P.O. Box 1450<br>Alexandria, Virginia 22313-1450<br>Facsimile No. (703)305-3230                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                  | Authorized officer<br>Dean O Takaoka <br>Telephone No. (703) 308-0956 |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |                                               |                                                                                                        |  |

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,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,IT,LU,MC,NL,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,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ, EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,M W,MX,MZ,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,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・スレイター

アメリカ合衆国・ワシントン・98121・シアトル・レノラ・ストリート・300・ナンバー・  
140