

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4464397号  
(P4464397)

(45) 発行日 平成22年5月19日(2010.5.19)

(24) 登録日 平成22年2月26日(2010.2.26)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 H 61/00 (2006.01)

H O 1 H 61/00 Z

H O 1 H 59/00 (2006.01)

H O 1 H 59/00

B 8 1 B 3/00 (2006.01)

B 8 1 B 3/00

H O 2 N 1/00 (2006.01)

H O 2 N 1/00

H O 1 H 61/02 (2006.01)

H O 1 H 61/02 D

請求項の数 15 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2006-516357 (P2006-516357)  
 (86) (22) 出願日 平成16年6月30日(2004.6.30)  
 (65) 公表番号 特表2007-516560 (P2007-516560A)  
 (43) 公表日 平成19年6月21日(2007.6.21)  
 (86) 国際出願番号 PCT/FR2004/050298  
 (87) 国際公開番号 W02005/006364  
 (87) 国際公開日 平成17年1月20日(2005.1.20)  
 審査請求日 平成19年6月8日(2007.6.8)  
 (31) 優先権主張番号 03/50278  
 (32) 優先日 平成15年7月1日(2003.7.1)  
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(73) 特許権者 590000514  
 コミッサリア タ レネルジー アトミー  
 ク  
 フランス・75015・パリ・パティマン  
 ・”ル・ポナン・デー”・リュ・ルブラン  
 ・25  
 (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】 電力消費量の小さな双安定型マイクロスイッチ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板(1)上に形成された双安定型のMEMSマイクロスイッチであって、  
 少なくとも2つの導電トラック(2, 3, 4, 5)の端部(12, 13, 14, 15)  
 どうしを電氣的に接続し得るものであり、

前記マイクロスイッチが、前記基板の表面上に懸架された梁(6)を具備し、  
 この梁が、両端部のところにおいて埋設されているとともに、非変形状態においては圧縮応力を受けるものとされ、

前記梁(6)が、電氣的コンタクト形成手段(7, 8)を備え、

これら電氣的コンタクト形成手段(7, 8)が、前記基板表面に対して平行に前記梁が  
 変形した際には、前記2つの導電トラックの前記端部に対して側方から接触し得るよう  
 にして、配置され、

前記マイクロスイッチが、前記梁を駆動するための駆動手段(20, 30, 40, 50)  
 )を具備し、

これら駆動手段(20, 30, 40, 50)が、前記梁を、第1安定状態に対応した第  
 1変形位置へと、または、第2安定状態に対応した第2変形位置へと、配置し、

ここで、前記第1変形位置と前記第2変形位置とが、前記非変形状態を挟んで、互いに  
 反対側に位置するものとされ、

前記電氣的コンタクト形成手段(7, 8)が、前記梁が前記いずれかの変形位置とされ  
 た際には、前記2つの導電トラック(2, 3, 4, 5)の前記端部(12, 13, 14, 15)の

10

20

15)を確実に接続し、

前記梁の前記非変形状態が、前記梁の初期状態である、すなわち、前記マイクロスイッチの起動前の初期状態であることを特徴とするマイクロスイッチ。

【請求項2】

請求項1記載のマイクロスイッチにおいて、

前記マイクロスイッチが、デュアルマイクロスイッチとされ、

前記第1変形位置においては、第1組をなす2つの導電トラック(2,3)の各端部(12,13)を接続し、

前記第2変形位置においては、第2組をなす2つの導電トラック(4,5)の各端部(14,15)を接続することを特徴とするマイクロスイッチ。

10

【請求項3】

請求項1記載のマイクロスイッチにおいて、

前記マイクロスイッチが、シングルマイクロスイッチとされ、

前記第1変形位置においては、2つの導電トラック(302,303)の各端部を接続し、

前記第2変形位置においては、接続をもたらさないことを特徴とするマイクロスイッチ。

【請求項4】

請求項1～3のいずれか1項に記載のマイクロスイッチにおいて、

前記梁(6)が、誘電性材料あるいは半導体材料から形成され、

前記電気的コンタクト形成手段が、前記梁と一体化された導電性パッド(7,8)から形成されていることを特徴とするマイクロスイッチ。

20

【請求項5】

請求項4記載のマイクロスイッチにおいて、

前記駆動手段が、バイメタル効果を使用した加熱アクチュエータ(20,30,40,50)を備えていることを特徴とするマイクロスイッチ。

【請求項6】

請求項5記載のマイクロスイッチにおいて、

前記各加熱アクチュエータ(20)が、熱伝導性材料からなるブロック(21)と、このブロックに対して緊密に接触して配置された電気抵抗部材(22)と、を備えていることを特徴とするマイクロスイッチ。

30

【請求項7】

請求項4記載のマイクロスイッチにおいて、

前記駆動手段が、静電力を誘起するための手段(271,272,273,274;261,262,263,264)を備えていることを特徴とするマイクロスイッチ。

【請求項8】

請求項4記載のマイクロスイッチにおいて、

前記駆動手段が、バイメタル効果を使用した加熱アクチュエータと、静電力を誘起するための手段と、を備えていることを特徴とするマイクロスイッチ。

40

【請求項9】

請求項1～3のいずれか1項に記載のマイクロスイッチにおいて、

前記梁(506)が、導電性材料から形成されていることを特徴とするマイクロスイッチ。

【請求項10】

請求項9記載のマイクロスイッチにおいて、

前記駆動手段が、静電力を誘起するための手段(506;571,572,573,574)を備えていることを特徴とするマイクロスイッチ。

【請求項11】

請求項1～10のいずれか1項に記載のマイクロスイッチにおいて、

前記電気的コンタクト形成手段(7',8')が、接続すべき前記導電トラック(2,

50

3, 4, 5) の前記端部 (12', 13', 14', 15') 間に嵌め込まれ得るような形状を有していることを特徴とするマイクロスイッチ。

【請求項 12】

請求項 10 記載のマイクロスイッチにおいて、

前記導電トラック (2, 3, 4, 5) の前記端部 (12', 13', 14', 15') が、接続時に前記電氣的コンタクト形成手段 (7', 8') の形状に適合することを可能とし得るよう、フレキシブルさを有していることを特徴とするマイクロスイッチ。

【請求項 13】

請求項 1 ~ 12 のいずれか 1 項に記載のマイクロスイッチにおいて、

前記梁 (106) の埋設された少なくとも 1 つの端部のための 応力緩和スロット (111) を備えていることを特徴とするマイクロスイッチ。

10

【請求項 14】

請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項に記載のマイクロスイッチにおいて、

前記電氣的コンタクト形成手段が、オーミックコンタクトをもたらし得る手段とされていることを特徴とするマイクロスイッチ。

【請求項 15】

請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項に記載のマイクロスイッチにおいて、

前記電氣的コンタクト形成手段が、容量性コンタクトをもたらし得る手段とされていることを特徴とするマイクロスイッチ。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、水平方向に移動するような、電力消費量の小さな双安定型マイクロスイッチに関するものである。

【0002】

そのようなマイクロスイッチは、特に、携帯電話の分野においておよび宇宙工学の分野において、有効なものである。

【0003】

これら分野における使用を意図した RF 素子は、以下のような仕様を満たす必要がある。

30

- 5 ボルト未満という供給電圧。
- 30 dB よりも大きな絶縁性能。
- 0.3 dB 未満という挿入損失。
- $10^9$  よりも多くのサイクルに対応する信頼性。
- $0.05 \text{ mm}^2$  未満という表面積。
- できるだけ小さな電力消費。

【0004】

特に宇宙工学の分野の場合には、例えば設備の破損といったような状況において、ある状態から他の状態へのスイッチングを行うために、いくつかのスイッチを一度だけ使用する。この種の用途においては、現在、ある状態から他の状態へとスイッチングされた後に電力供給を必要としないような双安定型スイッチに、非常に大きな興味が存在する。

40

【0005】

また、重要な機能の場合に使用される冗長回路のスイッチマトリクスをかなり単純化するようなデュアルスイッチに、大きな興味が存在する。この種の用途は、特に、宇宙工学の分野（衛星アンテナ）に見受けられる。このようなデュアルスイッチにより、破損の際には、ある電子回路から他の電子回路への入力信号をスイッチングすることができる。したがって、このようなスイッチは、第 1 組をなす 2 つの電気トラックを、あるいは、第 2 組をなす 2 つの電気トラックを、ある状態から他の状態へとスイッチングすることができる。

【0006】

50

デュアルスイッチは、より少ない構成部材でもって（例えば、10個の冗長機能においては、20個の単一スイッチではなく、10個のデュアルスイッチが、必要とされる）回路を形成し得るという利点を有している。このことは、とりわけ、信頼性試験の回数を低減し得ること、また、組立工数を低減し得ること、また、空きスペースを増大させ得ること、また、全体的なコストを低減化し得ること、を意味する。

#### 【背景技術】

##### 【0007】

通信の分野においては、従来のマイクロスイッチ（つまり、マイクロエレクトロニクスにおいて使用されているマイクロスイッチ）は、非常に広範に使用されている。それらマイクロスイッチは、信号分岐ネットワークや、インピーダンスマッチングネットワークや、アンプのゲイン調整、等において有効である。スイッチングすべき信号の周波数帯域は、数MHz～数十GHzとすることができる。

##### 【0008】

従来技術においては、マイクロエレクトロニクススイッチは、RF回路において使用されてきた。このようなスイッチは、回路の集積化を可能とするとともに、製造コストを低減化する。しかしながら、性能という観点においては、これら素子は、制限されている。すなわち、シリコンFETスイッチは、低周波数においては高電力信号をスイッチングし得るものの、高周波数においてはスイッチングを行うことができない。GaAsダイオードやPINダイオードからなるMESFET（Metal Semiconductor Field Effect Transistor）スイッチは、高周波数においてはうまく動作するものの、低電力の信号にしか適用することができない。結局、一般に、1GHzよりも大きな周波数においては、すべてのマイクロエレクトロニクススイッチは、オン時には、大きな挿入損失（従来技術においては、およそ1～2dB）を有しているとともに、開放状態においては、かなり小さな絶縁性能（-20～-25dB）を示す。したがって、これら従来のスイッチを、MEMS（Micro-Electro-Mechanical-System）マイクロスイッチによって代替することが、このタイプの応用においては期待されるところである。

##### 【0009】

構成および動作原理の点から、MEMSスイッチは、次のような特性を有している。

- 小さな挿入損失（典型的には、0.3dB未満）。
- MHz領域において、ミリメートル範囲（典型的には、-30dBよりも大きい）という大きな絶縁性能。
- レスポンスが非線形的ではないこと（IP3）。

##### 【0010】

MEMSマイクロスイッチに関しては、2つのタイプのコンタクトが識別される。すなわち、オーミックコンタクトと容量性コンタクトとが、識別される。オーミックコンタクトスイッチにおいては、2つのRFトラックが、短絡（金属と金属との間のコンタクト）によってコンタクトする。このタイプのコンタクトは、連続的な信号においても、また、高周波信号（10GHz以上）においても、適切である。容量性コンタクトスイッチにおいては、閉状態と開状態との間のキャパシタンス変化が得られるように、エアギャップが、電気機械的に調節される。このタイプのコンタクトは、高周波数（10GHz以上）においては特に好適であるものの、低周波数においては不適切である。

##### 【0011】

MEMSスイッチに関するいくつかの主要な駆動原理が識別される。

##### 【0012】

代表的なものとして記述し得るような熱駆動型のマイクロスイッチは、双安定性ではない。このようなマイクロスイッチは、駆動電圧が小さいという利点を有している。このようなマイクロスイッチは、いくつかの欠点を有している。すなわち、消費電力が大きく（特に、携帯電話という用途の場合）、スイッチング速度が遅く（熱的な慣性のために）、閉塞位置におけるコンタクトを維持するために供給電圧を必要とする。

##### 【0013】

10

20

30

40

50

代表的なものとして記述し得るような静電駆動型のマイクロスイッチは、双安定性ではない。このようなマイクロスイッチは、スイッチング速度が速いという利点、および、一般的に単純な技術であるという利点、を有している。このようなマイクロスイッチは、信頼性という点において問題点を有している。特に、低駆動電圧型の静電スイッチ（構造的結合）の場合には、信頼性という点において問題点を有している。また、このようなマイクロスイッチは、閉状態でのコンタクトを維持するために供給電圧を必要とする。

#### 【0014】

代表的なものとして記述し得るような電磁駆動型のマイクロスイッチは、双安定性ではない。このようなマイクロスイッチは、一般に、電磁石の原理で動作し、鉄をベースとした磁気回路と磁界コイルとを不可欠的に使用する。このようなマイクロスイッチは、いくつかの欠点を有している。このようなマイクロスイッチに関する技術は、複雑である（コイル、場合によっては永久磁石といったような磁性材料、等）。このようなマイクロスイッチにおいては、電力消費量が大きい。さらに、このようなマイクロスイッチは、閉状態でのコンタクトを維持するために供給電圧を必要とする。

#### 【0015】

コンタクトを移動させるための2つの構成を識別することができる。すなわち、鉛直方向移動と、水平方向移動と、が存在する。

#### 【0016】

鉛直方向移動の場合には、移動は、RFトラックがなす平面の外部において起こる。コンタクトは、トラックの上部または底部において、行われる。この構成の利点は、コンタクトパッドの金属化を容易に行い得ること（平面的成膜）である。したがって、コンタクトの抵抗値が小さい。しかしながら、この構成は、デュアルコンタクトスイッチの機能を実現するのには、適していない。頂面上におけるコンタクトは、実際、得ることが困難である。一般に、そのようなコンタクトは、キャップ上のコンタクトを使用することによって得られる。また、この構成は、集積化に対する互換性を有していない。確かに、抵抗性スイッチにおいては、金によって金属化したようなトラックおよびコンタクト（良好な電気的特性を有するとともに、酸化しない）が、従来より使用されている。しかしながら、この金属は、このタイプの構成の初期の時点から使用されているにもかかわらず、集積化には互換的ではない。コンタクトを最適化することはできない。表面は、平面的なものとするしかできない。コンタクトを形成する梁の硬さは、うまく制御することができない。この硬さは、犠牲層の形状に依存するような梁の最終形状によって調整される。犠牲層の形状自体は、直下に位置するトラックの形状および厚さに依存する。梁の形状は、一般に、不規則的である。このことは、スイッチの硬さを実質的に増大させ、したがって、スイッチの駆動条件を制約する。

#### 【0017】

水平方向移動の場合には、移動は、トラックがなす平面内において起こる。コンタクトは、トラックの側面のところにおいて行われる。この構成は、対称的なアクチュエータを使用した場合には、デュアルコンタクトにおいて好適である。『金』による金属化は、最も最後の技術的ステップにおいて、行うことができる。それ以前に行われるすべてのステップは、集積回路の製造に対して互換的なものとすることができる。コンタクトの形状は、光リソグラフィーステップにおいて、決定される。例えば、円形のコンタクトを形成することができ、これにより、コンタクト抵抗を制限し得るようにして、ある場所でのコンタクトを行うことができる。梁の形状は、光リソグラフィーステップにおいて、決定される。したがって、梁の硬さを、うまく制御することができる。しかしながら、側面上における金属化は、困難である。したがって、コンタクトの抵抗値を、うまく制御することができない。この構成は、双方の駆動面がかなり低減されていることのために、静電駆動には不適切である。

#### 【0018】

平衡状態の数は、スイッチの移動の他の特性である。典型的な状況においては、アクチュエータは、ただ1つの平衡状態しか有していない。このことは、スイッチの2つの状態

10

20

30

40

50

のうちの一方の状態（スイッチングされた状態、あるいは、スイッチングされていない状態）において、その状態を保持するために、連続的な電圧供給を必要とすることを、意味している。励起を遮断すると、スイッチは、平衡状態へと戻ってしまう。

【0019】

双安定の場合には、アクチュエータは、互いに異なる2つの平衡状態を有している。この動作モードの利点は、『閉』状態および『開』状態というスイッチの2つの状態が、安定なものであって、一方の状態から他方の状態へのスイッチングを行わない場合には、電力供給が不要であるということである。なお、本出願人の知る限りにおいては、本出願に関連性を有する先行技術文献は存在しない。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0020】

本発明は、水平方向移動を行うような低電力消費型の双安定型マイクロスイッチを提供する。このマイクロスイッチは、携帯電話という分野においておよび宇宙工学の分野において、特に好適なものである。

【0021】

したがって、本発明の主題は、基板上に形成された双安定型のMEMSマイクロスイッチであって、少なくとも2つの導電トラックの端部どうしを電氣的に接続し得るものであり、基板の表面上に懸架された梁を具備し、この梁が、両端部のところにおいて埋設されているとともに、非変形状態においては圧縮応力を受けるものとされ、梁が、電氣的コンタクト形成手段を備え、これら電氣的コンタクト形成手段が、基板表面に対して平行に梁が変形した際には、2つの導電トラックの端部に対して側方から接触し得るようにして、配置され、マイクロスイッチが、梁を駆動するための駆動手段を具備し、これら駆動手段が、梁を、第1安定状態に対応した第1変形位置へと、または、第2安定状態に対応した第2変形位置へと、配置し、ここで、第1変形位置と第2変形位置とが、非変形状態を挟んで、互いに反対側に位置するものとされ、電氣的コンタクト形成手段が、梁がいずれかの変形位置とされた際には、2つの導電トラックの端部を確実に接続する。

【0022】

マイクロスイッチは、デュアルマイクロスイッチとすることができる。この場合には、第1変形位置は、第1組をなす2つの導電トラックの各端部を接続する位置に対応し、第2変形位置は、第2組をなす2つの導電トラックの各端部を接続する位置に対応する。

【0023】

マイクロスイッチは、シングルマイクロスイッチとすることができる。この場合には、第1変形位置は、2つの導電トラックの各端部を接続する位置に対応し、第2変形位置は、接続をもたらさない位置に対応する。

【0024】

一実施形態においては、梁は、誘電性材料あるいは半導体材料から形成され、電氣的コンタクト形成手段は、梁と一体化された導電性パッドから形成される。駆動手段は、バイメタル効果を使用した加熱アクチュエータを備えることができる。各加熱アクチュエータは、熱伝導性材料からなるブロックと、このブロックに対して緊密に接触して配置された電気抵抗部材と、を備えることができる。駆動手段は、静電力を誘起するための手段を備えることができる。駆動手段は、バイメタル効果を使用した加熱アクチュエータと、静電力を誘起するための手段と、を備えることができる。

【0025】

他の実施形態においては、梁は、導電性材料から形成される。駆動手段は、静電力を誘起するための手段を備えることができる。

【0026】

電氣的コンタクト形成手段は、接続すべき導電トラックの端部間に嵌め込まれ得るような形状を有することができる。この場合、導電トラックの端部は、接続時に電氣的コンタクト形成手段の形状に適合することを可能とし得るよう、フレキシブルさを有することが

10

20

30

40

50

できる。

【 0 0 2 7 】

マイクロスイッチは、さらに、梁の埋設された少なくとも 1 つの端部のための解放スプリング形成手段を具備することができる。

【 0 0 2 8 】

電氣的コンタクト形成手段は、オーミックコンタクトをもたらし得るようなまたは容量性コンタクトをもたらし得るような、手段とすることができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 9 】

添付図面を参照しつつ、本発明を何ら限定するものではなく単なる例示としての好ましい実施形態に関する以下の詳細な説明を読むことにより、本発明が、より明瞭に理解され、本発明の他の利点や特徴点が、明らかとなるであろう。

【 0 0 3 0 】

以下の説明は、例示として、オーミックコンタクトマイクロスイッチに関するものである。しかしながら、当業者であれば、本発明を容量性コンタクトマイクロスイッチに対して容易に適用し得ることは、理解されるであろう。

【 0 0 3 1 】

図 1 は、本発明によるデュアルマイクロスイッチの第 1 実施形態を示す平面図である。

【 0 0 3 2 】

マイクロスイッチは、基板 1 上に形成されている。基板 1 は、図 1 においては、図示の単純化のために、その一部だけが図示されている。このマイクロスイッチは、デュアルスイッチである。このマイクロスイッチは、導電トラック 2 , 3 の端部 1 2 , 1 3 の間を接続することまたは導電トラック 4 , 5 の端部 1 4 , 1 5 の間を接続することのいずれかを行い得るよう、意図されたものである。

【 0 0 3 3 】

図 1 のマイクロスイッチは、誘電性材料あるいは半導体材料から形成された梁 6 を備えている。梁 6 は、導電トラックがなす平面内に位置している。この梁 6 の両端部は、基板 1 の高所部分に埋め込まれている。図 1 においては、梁は、初期状態で図示されている。梁は、その後、圧縮応力を受けることとなる。この応力は、マイクロスイッチの可動構造つまり梁とこの梁に関連する部材（アクチュエータ）とを形成するために使用されている材料の本来の応力によって、引き起こすことができる。

【 0 0 3 4 】

図示されている梁は、矩形横断面形状を有するものとされている。梁のうちの、導電トラック 2 , 3 を向いた面（すなわち、梁の一方の側面）上においては、梁は、アクチュエータ 2 0 , 3 0 を支持している。梁のうちの、導電トラック 4 , 5 を向いた面（すなわち、梁の他方の側面）上においては、梁は、アクチュエータ 4 0 , 5 0 を支持している。アクチュエータは、梁の埋設領域の近傍に配置されている。各アクチュエータは、電気抵抗値を有した熱伝導ブロックから構成されている。すなわち、アクチュエータ 2 0 は、電気抵抗部材 2 2 が接続されているブロック 2 1 を備えている。同じことは、他のアクチュエータに対しても、当てはまる。

【 0 0 3 5 】

梁は、好ましくは、熱膨張係数の小さな誘電性材料あるいは半導体材料から形成される。加熱アクチュエータをなすブロックは、好ましくは、熱膨張係数の大きな金属材料から形成される。これにより、効果的なバイメタル効果を得ることができる。水平方向（図面がなす平面）において梁を移動させる際には、アクチュエータは、梁の埋設部分の近傍のところにおいて梁の両端部のところに配置される。これにより、熱機械的な効果を、常に効果的なものとすることができる。

【 0 0 3 6 】

梁 6 は、さらに、中央部分においてかつ一方の側面上において、電氣的コンタクトパッド 7 を支持している。この電氣的コンタクトパッド 7 は、トラック 2 , 3 の端部 1 2 , 1

10

20

30

40

50

3の間の電氣的オーミック接続をもたらすことを意図したものである。梁6は、さらに、中央部分においてかつ他方の側面上において、電氣的コンタクトパッド8を支持している。この電氣的コンタクトパッド8は、トラック4, 5の端部14, 15の間の電氣的オーミック接続をもたらすことを意図したものである。

【0037】

マイクロスイッチが起動されたときには、第1組をなす複数のアクチュエータにより、梁6を、2つの安定状態のうち一方の安定状態に対応した位置へと、スイッチングすることができる。この状況は、図2に示されている。アクチュエータ40, 50は、梁6に対して、バイメタル効果をもたらしている。これにより、梁が変形を受け、梁は、図2に示すように、第1安定状態へと移動している。この安定状態においては、電氣的コンタクトパッド7は、導電トラック2, 3の端部12, 13の間の接続を行っている。アクチュエータ40, 50の電気抵抗部材に対する電力供給を停止しても、梁は、この第1安定状態を維持する。

10

【0038】

マイクロスイッチをスイッチングするには、すなわち、マイクロスイッチを第2安定状態へと移動させるには、アクチュエータ20, 30の電気抵抗部材に対して電力を供給しなければならない。これにより、梁6に対して、上記とは逆向きのバイメタル効果を誘起することができる。これにより、梁が変形し、梁は、図3に示すように、第2安定状態へと移動する。この第2安定状態においては、電氣的コンタクトパッド8は、導電トラック4, 5の端部14, 15の間の接続を行う。アクチュエータ20, 30の電気抵抗部材に対する電力供給を停止しても、梁は、この第2安定状態を維持する。

20

【0039】

アクチュエータの電気抵抗部材は、好ましくは、大きな電気抵抗値を有した導電材料から形成される。導電トラックおよびコンタクトパッドは、好ましくは、金から形成される。その理由は、良好な電氣的特性を有するとともに、特に酸化に対する耐性といったように、経時的な信頼性を有しているからである。

【0040】

梁の埋設領域は、剛直なものとすることができる(単純な埋設)。あるいは、梁の埋設領域は、例えば解放スプリングの付加といったような手法によって、埋設領域の構成を変更することにより、いささかフレキシブルなものとすることができる。梁のフレキシブルさを調節し得ることにより、梁内の応力を、初期的に(本来的応力)制御することができる。このことは、梁の破損というリスクを制限し得るだけでなく、マイクロスイッチの電力消費量を制限し得る(マイクロスイッチのスイッチング温度を低下させ得ることによる)という、利点を有している。梁の応力は、埋設端部の一方のみにおいても、また、埋設端部の双方においても、緩和することができる。

30

【0041】

図4は、本発明によるデュアルマイクロスイッチの第2実施形態を示す平面図であって、この実施形態においては、梁の2つの端部は、応力が緩和された埋設領域を備えている。

40

【0042】

図4の実施形態は、図2の実施形態の場合と同じ複数の構成部材を備えている。しかしながら、梁の端部の埋設領域の構成に関しては、相違している。埋設領域のところにおいては、基板1は、梁の長手方向軸線に対して直交する応力緩和スロット111を備えている。スロット111は、基板のうちの、スロットと梁との間に位置した部分に対して、いくらかのフレキシブルさを付与する。マイクロスイッチは、図4においては、起動前の初期状態でもって図示されている。

【0043】

静電気力を、本発明によるマイクロスイッチの駆動原理として使用することができる。あるいは、静電気力を、アクチュエータの加熱用電気抵抗部材に対する電力供給の停止後

50



に、スイッチング後の位置における補助力として使用することができる。これにより、電氣的コンタクトパッドの押圧力を増大させることができ、これにより、コンタクト抵抗値を低減することができる。

【 0 0 4 4 】

図 5 は、本発明によるデュアルマイクロスイッチの第 3 実施形態を示す平面図である。このマイクロスイッチは、バイメタル効果アクチュエータと、静電的補助力と、を使用する。マイクロスイッチは、図 5 においては、起動前の初期状態でもって図示されている。

【 0 0 4 5 】

基板 2 0 1 が図示されており、さらに、梁 2 0 6 を第 1 安定状態へとスイッチングした時に電氣的コンタクトパッド 2 0 7 によって接続されることとなるトラック 2 0 2 , 2 0 3 が図示されており、さらに、梁 2 0 6 を第 2 安定状態へとスイッチングした時に電氣的コンタクトパッド 2 0 8 によって接続されることとなるトラック 2 0 4 , 2 0 5 が図示されており、さらに、アクチュエータ 2 2 0 , 2 3 0 , 2 4 0 , 2 5 0 が図示されている。

【 0 0 4 6 】

図 5 のマイクロスイッチは、さらに、静電気力の適用を可能とするための電極を備えている。これら電極は、梁上と基板上とに配置されている。梁 2 0 6 は、第 1 側面上においては、電極 2 6 1 , 2 6 2 を支持しており、第 2 側面上においては、電極 2 6 3 , 2 6 4 を支持している。これら電極は、加熱アクチュエータと電氣的コンタクトパッドとの間に配置されている。基板 2 0 1 は、梁 2 0 6 によって支持されている各電極に対向させつつ、電極 2 7 1 ~ 2 7 4 を支持している。電極 2 7 1 は、電極 2 6 1 に対向した部分を有している。この部分は、図面上では見えない部分である。電極 2 7 1 は、さらに、電氣的接続を意図した部分を有している。この部分は、図面上で見える部分である。同じことは、電極 2 6 2 , 2 6 3 , 2 6 4 に対してそれぞれ対向した電極 2 7 2 , 2 7 3 , 2 7 4 に関しても、当てはまる。

【 0 0 4 7 】

電極 2 7 1 ~ 2 7 4 が、変形した梁の形状に対応する形状を有していることに注意されたい。これにより、駆動電圧あるいは維持電圧を低減することができる（可変ギャップ電極）。

【 0 0 4 8 】

マイクロスイッチは、加熱アクチュエータ 2 4 0 , 2 5 0 を使用することによって、例えば電氣的コンタクトパッド 2 0 7 による導電トラック 2 0 2 , 2 0 3 の接続に対応したような第 1 安定状態に、配置することができる。加熱アクチュエータ 2 4 0 , 2 5 0 は、第 1 安定状態を達成する際にのみ起動される。電極 2 6 1 , 2 7 1 間への、および、電極 2 6 2 , 2 7 2 間への、電圧供給により、パッド 2 0 7 とトラック 2 0 2 , 2 0 3 との間のコンタクト抵抗値を確実に低減することができる。

【 0 0 4 9 】

マイクロスイッチは、加熱アクチュエータ 2 2 0 , 2 3 0 を使用することによって、第 2 安定状態へと、配置することができる。加熱アクチュエータ 2 2 0 , 2 3 0 は、第 1 安定状態から第 2 安定状態へのスイッチングを達成する際にのみ起動される。電極 2 6 3 , 2 7 3 間への、および、電極 2 6 4 , 2 7 4 間への、電圧供給により、パッド 2 0 8 とトラック 2 0 4 , 2 0 5 との間のコンタクト抵抗値を確実に低減することができる。

【 0 0 5 0 】

図 6 は、本発明によるシングルマイクロスイッチを示す平面図である。このマイクロスイッチにおいては、バイメタル効果アクチュエータを使用しており、静電的補助力は使用していない。マイクロスイッチは、図 6 においては、起動前の初期状態でもって図示されている。

【 0 0 5 1 】

基板 3 0 1 が図示されており、さらに、梁 3 0 6 を第 1 安定状態へとスイッチングした時に電氣的コンタクトパッド 3 0 7 によって接続されることとなるトラック 3 0 2 , 3 0 3 が図示されている。第 2 安定状態は、接続を行わない状態に対応している。さらに、ア

クチュエータ 3 2 0 , 3 3 0 , 3 4 0 , 3 5 0 が図示されている。

【 0 0 5 2 】

図 7 は、本発明によるデュアルマイクロスイッチの第 4 実施形態を示す平面図である。このマイクロスイッチは、静電効果アクチュエータのみを使用する。マイクロスイッチは、図 7 においては、起動前の初期状態でもって図示されている。

【 0 0 5 3 】

基板 4 0 1 が図示されており、さらに、梁 4 0 6 を第 1 安定状態へとスイッチングした時に電氣的コンタクトパッド 4 0 7 によって接続されることとなるトラック 4 0 2 , 4 0 3 が図示されており、さらに、梁 4 0 6 を第 2 安定状態へとスイッチングした時に電氣的コンタクトパッド 4 0 8 によって接続されることとなるトラック 4 0 4 , 4 0 5 が図示されている。

10

【 0 0 5 4 】

図 7 のマイクロスイッチは、静電力の適用を可能とする電極を備えている。これら電極は、梁上と基板上に配置されている。梁 4 0 6 は、第 1 側面上においては、電極 4 6 1 , 4 6 2 を支持しており、第 2 側面上においては、電極 4 6 3 , 4 6 4 を支持している。これら電極は、電氣的コンタクトパッド 4 0 7 , 4 0 8 の両サイドに配置されている。基板 4 0 1 は、梁 4 0 6 によって支持されている各電極に対向させつつ、電極 4 7 1 ~ 4 7 4 を支持している。電極 4 7 1 は、電極 4 6 1 に対向した部分を有している。この部分は、図面上では見えない部分である。電極 4 7 1 は、さらに、電氣的接続を意図した部分を有している。この部分は、図面上で見える部分である。同じことは、電極 4 6 2 , 4 6 3 , 4 6 4 に対してそれぞれ対向した電極 4 7 2 , 4 7 3 , 4 7 4 に関しても、当てはまる。

20

【 0 0 5 5 】

マイクロスイッチは、電極 4 6 1 , 4 7 1 間へとおよび電極 4 6 2 , 4 7 2 間へと電圧を印加することにより、例えば電氣的コンタクトパッド 4 0 7 による導電トラック 4 0 2 , 4 0 3 の接続に対応したような第 1 安定状態に、配置することができる。第 1 安定状態へと梁をスイッチングした後には、印加電圧を解除または低減することができる。これにより、パッド 4 0 7 とトラック 4 0 2 , 4 0 3 との間のコンタクト抵抗値を低減することができる。

【 0 0 5 6 】

マイクロスイッチは、電極 4 6 3 , 4 7 3 間へとおよび電極 4 6 4 , 4 7 4 間へと電圧を印加することにより、第 2 安定状態に配置することができる（ここで、マイクロスイッチを第 1 安定状態に維持するために静電力を使用していたのであれば、その静電力のための印加電圧は、解除する）。第 2 安定状態へと梁をスイッチングした後には、上記の場合と同様に、印加電圧を解除または低減することができる。

30

【 0 0 5 7 】

図 8 は、本発明によるデュアルマイクロスイッチの第 5 実施形態を示す平面図である。この第 5 実施形態は、上記第 4 実施形態を最適化した実施形態である。上記第 4 実施形態と同じ符号を使用することによって、同じ部材を表している。

【 0 0 5 8 】

電極 4 7 1 ' , 4 7 2 ' , 4 7 3 ' , 4 7 4 ' は、図 7 のマイクロスイッチにおけるそれぞれ対応する電極 4 7 1 , 4 7 2 , 4 7 3 , 4 7 4 と同じ機能を有している。しかしながら、これら電極 4 7 1 ' , 4 7 2 ' , 4 7 3 ' , 4 7 4 ' は、変形後の梁の形状に対応した形状を有している。これにより、駆動電圧あるいは維持電圧を低減することができる（可変ギャップ電極）。

40

【 0 0 5 9 】

図 9 は、本発明によるデュアルマイクロスイッチの第 6 実施形態を示す平面図である。このマイクロスイッチは、図 9 においては、起動前の初期状態でもって図示されている。

【 0 0 6 0 】

基板 5 0 1 が図示されており、さらに、梁 5 0 6 を第 1 安定状態へとスイッチングした

50

時に電氣的コンタクトパッド507によって接続されることとなるトラック502, 503が図示されており、さらに、梁506を第2安定状態へとスイッチングした時に電氣的コンタクトパッド508によって接続されることとなるトラック504, 505が図示されている。

#### 【0061】

この実施形態においては、梁506は、金属からなる梁とされており、例えばアルミニウムからなる梁とされている。梁の側面上には、コンタクトパッド507, 508が支持されている。例えば導電トラック502, 503の接続に対応したような第1安定状態への梁のスイッチングは、電極として作用する梁506と、電極571, 572と、の間へとスイッチング電圧を印加することにより、得られる。第1安定状態へと梁をスイッチングした後は、印加電圧を解除または低減することができる。これにより、パッド507とトラック502, 503との間のコンタクト抵抗値を低減することができる。

10

#### 【0062】

マイクロスイッチは、梁506と電極573, 574との間へと電圧を印加することにより、第2安定状態に配置することができる（ここで、マイクロスイッチを第1安定状態に維持するために静電力を使用していたのであれば、その静電力のための印加電圧は、解除する）。第2安定状態へと梁をスイッチングした後は、上記の場合と同様に、印加電圧を解除または低減することができる。マイクロスイッチのこの実施形態においては、電極571～574に対して付与された形状によって、静電駆動が最適化されている。

20

#### 【0063】

図10は、第1実施形態と同様のデュアルマイクロスイッチであって、コンタクトが最適化されているような実施形態を示す平面図である。マイクロスイッチは、図10においては、起動前の初期状態でもって図示されている。図1と同じ符号を使用することによって、同じ部材を表している。

#### 【0064】

図10においては、導電トラック2, 3, 4, 5の各端部12', 13', 14', 15'が、コンタクトパッド7', 8'に対してより良好な電氣的コンタクトを行い得るように最適化されていることに注意されたい。すなわち、コンタクトパッド7', 8'の形状は、先端側と比較して、基端側（つまり、梁に近い方）の方が、より幅の広いものとされている。よって、コンタクトパッド7', 8'は、嵌め込みグループが形成されている端部12', 13', 14', 15'の間に、より容易に嵌め込むことができる。

30

#### 【0065】

また、導電トラックの端部は、わずかにフレキシブルなものとすることができる。これにより、コンタクトパッドの形状に対する適合性を向上させることができ、したがって、より良好な電氣的コンタクトをもたらすことができる。このような状況は、図11に示されている。図11においては、マイクロスイッチは、第1安定状態で示されている。

#### 【0066】

本発明によるマイクロスイッチは、以下のような様々な利点を有している。

#### 【0067】

本発明によるマイクロスイッチの動作に際しては、双安定性であることに基づいて、小さな電力消費量しか必要としない。

40

#### 【0068】

加熱アクチュエータを備えた実施形態は、大きな駆動効率を有している。本発明によるマイクロスイッチにおいては、梁のスイッチングを引き起こすに際して温度を非常に急激に上昇させる必要がないことにより、スイッチング時間が短い。また、本発明によるマイクロスイッチは、静電アクチュエータが加熱アクチュエータに対して組み合わされている場合には、小さなスイッチング電圧を有している。これは、以下の理由に基づくものである。

- 熱的バイメタル効果を使用していること。
- 加熱用電気抵抗部材が、梁内に組み込まれているとともに、大きな熱膨張係数を有し

50

たバイメタル（金属ブロック）部分上に（あるいは、その近傍に）配置されていること。これにより、電気加熱効果を最大限のものとすることができる（最小の熱損失。

- 熱伝導度の小さな誘電性梁を使用していること。これにより、バイメタル領域の外部に対しての熱放散を大幅に防止することができる。

【0069】

したがって、本発明においては、2つの材料間の熱膨張度合いの差と、バイメタルのところにおける加熱用電気抵抗部材による温度の印加および調節と、の双方を使用している。

【0070】

本発明においては、デュアルスイッチを得ることができる。

10

【0071】

本発明においては、

- コンタクトパッドに対して付与し得る形状によって、および、スイッチング対象をなすトラックの端部に対して付与し得る形状によって、および、付加的には、コンタクトパッドとトラックとの間のコンタクトをより『適切な』ものとし得るよう、コンタクト領域に対して付与されたフレキシブルさによって、

- より小さな電圧でもって電極端子がコンタクトパッドに対してより大きな押圧力を印加し得るよう、適切な形状とされた『補助』電極を付加することによって、コンタクト抵抗値を最適化し得るスイッチを得ることができる。

【0072】

20

本発明によるマイクロスイッチの形成は、集積回路の製造方法に対して、大いなる互換性を有している（必要に応じて、『金』による金属化を、製造方法の最終ステップとして行うこと）。

【0073】

マイクロスイッチの双安定性は、2つの理由により、完全に制御される。第1の理由は、双安定性が、梁が圧縮応力を受けなければならないことによって得られているということである。この応力は、スイッチに構成する材料によってもたらされる（形状、厚さ）。梁が、完全に対称なものとして構成されている場合には、なおかつ、2組をなすアクチュエータの各組が、同じ成膜によって形成されている場合には、応力は、完全に対称なものとなる（アクチュエータの同じ形状および同じ厚さおよび対称性）。この結果、デバイスにとって、ある安定状態と他の安定状態とが同等なものとなる。第2の理由は、圧縮応力の値を、成膜のタイプによって、および、構成によって、および、応力解放『スプリング』の追加によって、制御し得ることである。

30

【0074】

本発明によるマイクロスイッチは、有利には、シリコン基板上に形成することができる。埋設領域および梁は、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  あるいは  $\text{SiO}_2$  あるいは多結晶シリコンから、形成することができる。導電トラック、コンタクトパッド、電極、および、加熱アクチュエータは、金や、アルミニウムや、銅や、ニッケルや、真空中で成膜可能な材料や、電気化学的に成膜（電解、自己触媒メッキ）可能な材料、から形成することができる。加熱用の電気抵抗部材は、 $\text{TaN}$  や、 $\text{TiN}$  や、あるいは、 $\text{Ti}$ 、から形成することができる。

40

【0075】

例えば、シリコン基板上において、加熱アクチュエータを備えたオーミックマイクロスイッチを形成するための方法においては、以下のような各ステップを行うことができる。

- 基板上に、PECVDによって、1  $\mu\text{m}$  厚さの酸化物層を成膜し、  
- リソグラフィーとエッチングとを行うことにより、埋設領域のためのキャビティを形成し、

- 犠牲層として作用することとなる1  $\mu\text{m}$  厚さのポリイミド層を成膜し、
- 犠牲層に対して、乾式平坦化操作または化学的機械的研磨（CMP）操作を施し、
- 3  $\mu\text{m}$  厚さの  $\text{SiO}_2$  層を成膜し、
- この  $\text{SiO}_2$  層をエッチングすることによって、アクチュエータとコンタクトパッ

50

ドと導電トラックとのための開口を形成し、

- 3  $\mu\text{m}$ 厚さのアルミナ層を成膜し、
- $\text{SiO}_2$  層が露出されるまで、アルミナ層を、CMP操作によって平坦化し、
- 0.15  $\mu\text{m}$ 厚さの $\text{SiO}_2$  層を成膜し、
- 0.2  $\mu\text{m}$ 厚さのTiN層を成膜し、
- リソグラフィーとエッチングとを行うことにより、TiN層の中に加熱用電気抵抗部材を形成し、
- 0.2  $\mu\text{m}$ 厚さの $\text{SiO}_2$  層を成膜し、
- この $\text{SiO}_2$  層に対してリソグラフィーとエッチングとを行うことにより、加熱用電気抵抗部材のコンタクトパッドを形成し、
- 犠牲層を停止層として使用することによって、 $\text{SiO}_2$  層に対してリソグラフィーとエッチングとを行うことにより、梁を形成し、
- Cr/Auからなる0.3  $\mu\text{m}$ 厚さの2層を成膜し、
- リソグラフィーとエッチングとを行うことにより、導電トラックおよびコンタクトパッドを形成し、
- 犠牲層をエッチングすることによって、梁を露出させる。

10

#### 【0076】

他の実施形態においては、シリコン基板上において、加熱アクチュエータを備えたオーミックマイクロスイッチを形成するための方法においては、以下のような各ステップを行うことができる。

20

- 基板上に、PECVDによって、1  $\mu\text{m}$ 厚さの酸化物層を成膜し、
- リソグラフィーとエッチングとを行うことにより、埋設領域のためのキャビティを形成し、
- 犠牲層として作用することとなる1  $\mu\text{m}$ 厚さのポリイミド層を成膜し、
- 犠牲層に対して、乾式平坦化操作または化学的機械的研磨(CMP)操作を施し、
- 3  $\mu\text{m}$ 厚さの $\text{SiO}_2$  層を成膜し、
- この $\text{SiO}_2$  層をエッチングすることによって、アクチュエータのための開口を形成し、
- 3  $\mu\text{m}$ 厚さのアルミナ層を成膜し、
- アクチュエータを、CMP操作によって平坦化し、
- 0.2  $\mu\text{m}$ 厚さのTiN層を成膜し、
- リソグラフィーとエッチングとを行うことにより、TiN層の中に加熱用電気抵抗部材を形成し、
- 0.2  $\mu\text{m}$ 厚さの $\text{SiO}_2$  層を成膜し、
- この $\text{SiO}_2$  層に対してリソグラフィーとエッチングとを行うことにより、加熱用電気抵抗部材のコンタクトパッドを形成し、
- $\text{SiO}_2$  層に対してリソグラフィーと3.2  $\mu\text{m}$ 深さのエッチングとを行うことにより、梁を形成し、
- Ti/Ni/Auからなる1  $\mu\text{m}$ 厚さの3層を成膜し、
- リソグラフィーとエッチングとを行うことにより、導電トラックおよびコンタクトパッドを形成し、
- 犠牲層をエッチングすることによって、梁を露出させる。

30

40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0077】

【図1】本発明によるデュアルマイクロスイッチの第1実施形態を示す平面図である。

【図2】第1安定動作状態において、図1のマイクロスイッチを示す図である。

【図3】第2安定動作状態において、図1のマイクロスイッチを示す図である。

【図4】本発明によるデュアルマイクロスイッチの第2実施形態を示す平面図である。

【図5】本発明によるデュアルマイクロスイッチの第3実施形態を示す平面図である。

【図6】本発明によるシングルマイクロスイッチを示す平面図である。

50

【図 7】本発明によるデュアルマイクロスイッチの第 4 実施形態を示す平面図である。

【図 8】本発明によるデュアルマイクロスイッチの第 5 実施形態を示す平面図である。

【図 9】本発明によるデュアルマイクロスイッチの第 6 実施形態を示す平面図である。

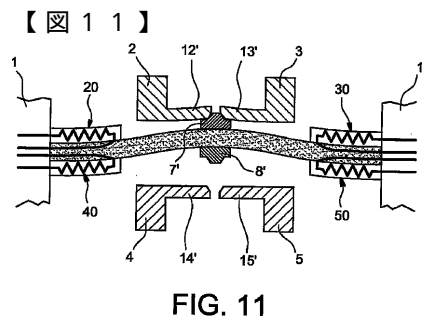
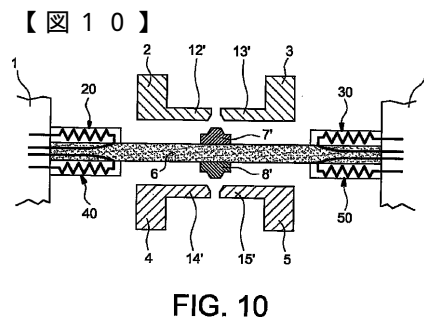
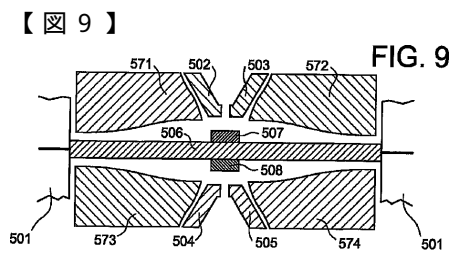
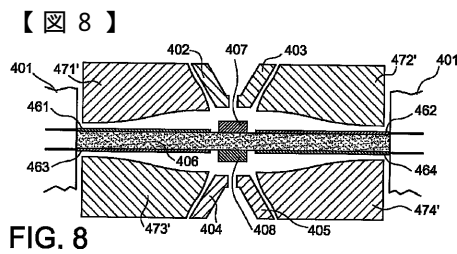
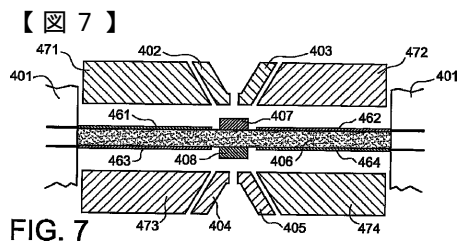
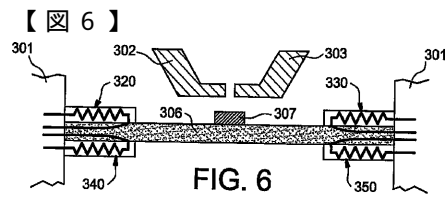
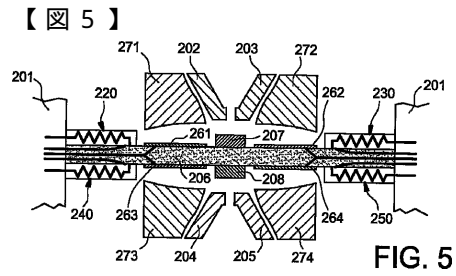
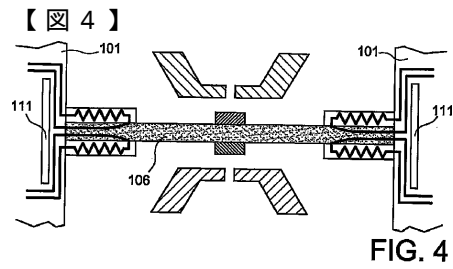
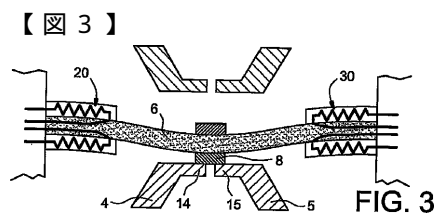
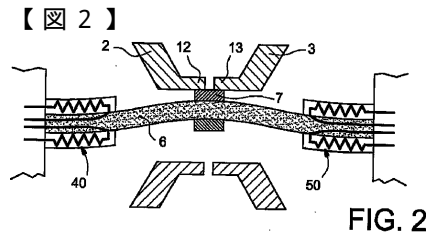
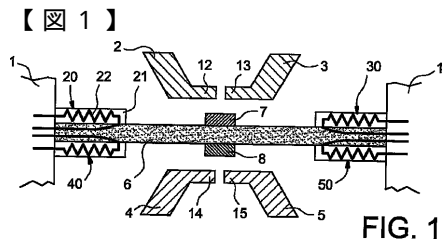
【図 10】第 1 実施形態に対応したデュアルマイクロスイッチを示す平面図であるものの、最適化されたコンタクトが設けられている。

【図 11】第 1 安定動作状態において、図 10 のマイクロスイッチを示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 7 8 】

1	基板	
2	導電トラック	10
3	導電トラック	
4	導電トラック	
5	導電トラック	
6	梁	
7	電気的コンタクトパッド（電気的コンタクト形成手段）	
7'	電気的コンタクトパッド（電気的コンタクト形成手段）	
8	電気的コンタクトパッド（電気的コンタクト形成手段）	
8'	電気的コンタクトパッド（電気的コンタクト形成手段）	
12	端部	
12'	端部	20
13	端部	
13'	端部	
14	端部	
14'	端部	
15	端部	
15'	端部	
20	アクチュエータ（駆動手段）	
21	ブロック	
22	電気抵抗部材	
30	アクチュエータ（駆動手段）	30
40	アクチュエータ（駆動手段）	
50	アクチュエータ（駆動手段）	
106	梁	
111	応力緩和スロット（解放スプリング形成手段）	
261	電極（静電力を誘起するための手段）	
262	電極（静電力を誘起するための手段）	
263	電極（静電力を誘起するための手段）	
264	電極（静電力を誘起するための手段）	
271	電極（静電力を誘起するための手段）	
272	電極（静電力を誘起するための手段）	40
273	電極（静電力を誘起するための手段）	
274	電極（静電力を誘起するための手段）	
302	導電トラック	
303	導電トラック	
506	梁（静電力を誘起するための手段）	
571	電極（静電力を誘起するための手段）	
572	電極（静電力を誘起するための手段）	
573	電極（静電力を誘起するための手段）	
574	電極（静電力を誘起するための手段）	



---

フロントページの続き

(72)発明者 フィリップ・ロベール

フランス・F - 3 8 1 0 0 ・グルノーブル・リュ・レイ・ヴィダル・9

審査官 林 政道

(56)参考文献 特開平 1 0 - 1 6 2 7 1 3 ( J P , A )

特開 2 0 0 2 - 2 6 4 0 9 0 ( J P , A )

特開 2 0 0 0 - 3 4 8 5 9 3 ( J P , A )

特開 2 0 0 1 - 1 2 6 6 0 3 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01H 61/00

B81B 3/00

H01H 59/00

H01H 61/02

H02N 1/00