

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 12 月 1 日(01.12.2011)

(10) 国際公開番号
WO 2011/148698 A1

- (51) 国際特許分類:
H01H 57/00 (2006.01) *H01H 1/26* (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/055743
- (22) 国際出願日: 2011 年 3 月 11 日(11.03.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-122487 2010 年 5 月 28 日(28.05.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 太陽誘電株式会社 (TAIYO YUDEN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1100005 東京都台東区上野 6 丁目 1 6 番 2 0 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤井 知徳 (FUJII, Tomonori) [JP/JP]; 〒1100005 東京都台東区上野 6 丁目 1 6 番 2 0 号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 中村 健太郎 (NAKAMURA, Ken-

taro) [JP/JP]; 〒1100005 東京都台東区上野 6 丁目 1 6 番 2 0 号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 入枝 泰成 (IRIEDA, Taisei) [JP/JP]; 〒1100005 東京都台東区上野 6 丁目 1 6 番 2 0 号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 高野 貴之 (TAKANO, Takayuki) [JP/JP]; 〒1100005 東京都台東区上野 6 丁目 1 6 番 2 0 号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP).

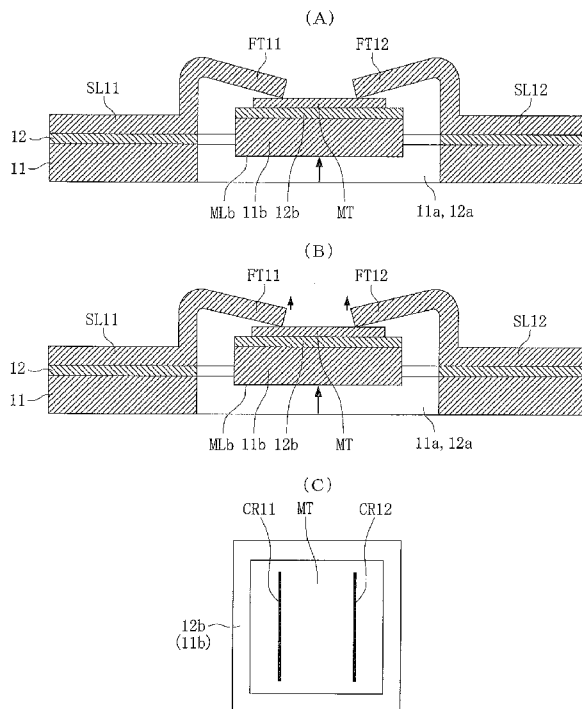
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

- (54) Title: MEMS SWITCH
- (54) 発明の名称: MEMS スイッチ

[図5]



(57) Abstract: Disclosed is a MEMS switch that minimizes closed-switch stiction and allows stable signal transmission when the switch is in a closed state. A first fixed terminal (FT11) and second fixed terminal (FT12) in the disclosed MEMS switch (10-1) have a cross-sectional shape in which the ends of said fixed terminals approach the closest to a movable terminal (MT) and the parts of said fixed terminals other than said ends are farther from the movable terminal (MT) than said ends are. When the switch is closed, the movable terminal (MT) contacts the ends of the first fixed terminal (FT11) and the second fixed terminal (FT12), with each contact area constituting a line.

(57) 要約: 【課題】導通状態におけるスティクションの発生を抑制できると共に導通状態において安定した信号伝送を行えるMEMSスイッチを提供する。【解決手段】MEMSスイッチ10-1の第1固定端子FT11及び第2固定端子FT12は各々の端縁が可動端子MTに最も近づき、且つ、端縁を除く部分が該端縁よりも可動端子MTから離れた断面形状を成していて、導通状態において可動端子MTは第1固定端子FT11及び第2固定端子FT12の端縁に線接触する。



MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：MEMSスイッチ

技術分野

[0001] 本発明は、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) スイッチに関する。

背景技術

[0002] ダイオードやFET等を用いた半導体スイッチは周波数が高くなるに従って伝送損失増加やアイソレーション低下等の特性悪化を生じる。しかしながら、MEMSスイッチはこのような特性悪化を生じ難いことから、高周波回路、例えば数GHz～数百GHzの高周波信号が流れる回路に用いるのに好適なスイッチングデバイスとして着目されている。

[0003] 一般に、MEMSスイッチは、公知の薄膜形成手法を用いて作成された多層構造を有している。このMEMSスイッチは、第1信号線路の端部から成る第1固定端子と、第2信号線路の端部から成る第2固定端子と、可動レバーに形成された導電層から成る可動端子とを有しており、両固定端子に可動端子を接触させることによって両信号線路を導通状態とし、一方、該接触を解くことによって両信号線路を非導通状態とする。

[0004] 先ず、図1を参照して、MEMSスイッチの一公知例について説明する。この説明では、説明の便宜上、図1(A)の紙面に向かって手前、奥、上、下、左、右をそれぞれ上、下、前、後、左、右と称する。図1(B)及び図1(C)のこれらに相当する向きも同様に称する。

[0005] 図1(A)及び図1(B)に示されるように、第1信号線路101及び第2信号線路102は上面視形状が矩形を成していて、各々の先端が所定間隔(符号無し)をおいて平行に向き合うように配置されている。第1信号線路101の端部は第1固定端子101aとして用いられ、第2信号線路102の端部は第2固定端子102aとして用いられる。

[0006] 可動レバー(符号無し)は、上面視形状が矩形を成すレバー本体103と

、該レバー本体 103 上に形成された絶縁層 104 と、上面視形状が矩形を成すように該絶縁層 104 上に形成された導電層から成る可動端子 105 と、を有している。可動端子 105 は、その上面が両固定端子 101a 及び 102a の下面と所定間隔 CL101 をおいて平行に向き合うように配置されている。

[0007] 図 1 (C) に示されるように、不図示の駆動アクチュエータを作動させて可動レバーの可動端子 105 を上方に変位させ、該変位によって可動端子 105 の上面を両固定端子 101a 及び 102a の下面に面接触させることによって、両信号線路 101 と 102 とを導通状態とすることができる。一方、図 1 (B) に示されるように、駆動アクチュエータの作動を停止して可動レバーの可動端子 105 を初期位置に復帰させ、該可動端子 105 の上面と両固定端子 101a 及び 102a の下面との面接触を解除することによって、導通状態にある両信号線路 101 及び 102 を非導通状態とすることができる。

[0008] この MEMS スイッチは、可動端子 105 の上面を両固定端子 101a 及び 102a の下面に面接触させることによって両信号線路 101 及び 102 が導通状態となるように構成されているため、ファンデルワールス力やメニスカス力等を原因として、導通状態で可動端子 105 が両固定端子 101a 及び 102a に張り付く現象、所謂、スティクションを生じる恐れがある。スティクションを生じた場合には、駆動アクチュエータの作動を停止しても、可動端子 105 の上面と両固定端子 101a 及び 102a の下面との接触を解除することが困難となる。

[0009] 次に、図 2 を参照して、MEMS スイッチの他の公知例（特許文献 1 を参照）について説明する。この説明では、説明の便宜上、図 2 (A) の紙面に向かって手前、奥、上、下、左、右をそれぞれ上、下、前、後、左、右と称し、図 2 (B) 及び図 2 (C) のこれらに相当する向きも同様に称する。

[0010] 図 2 (A) 及び図 2 (B) に示されるように、第 1 信号線路 201 及び第 2 信号線路 202 は上面視形状が矩形を成していて、各々の先端が所定間隔

(符号無し) をおいて平行に向き合うように配置されている。第 1 信号線路 201 の端部は第 1 固定端子 201 a として用いられ、第 2 信号線路 202 の端部は第 2 固定端子 202 a として用いられる。また、両固定端子 201 a 及び 202 a の下面それぞれには、複数の半球状突起 201 b 及び 202 b が後記可動端子 205 の上面と向き合うように設けられている。

[0011] 可動レバー (符号無し) は、上面視形状が矩形を成すレバー本体 203 と、該レバー本体 203 上に形成された絶縁層 204 と、上面視形状が矩形を成すように該絶縁層 204 上に形成された導電層から成る可動端子 205 と、を有している。可動端子 205 は、その上面が両固定端子 201 a 及び 202 a の複数の半球状突起 201 b 及び 202 b の下端と所定間隔 CL 201 をおいて平行に向き合うように配置されている。

[0012] 図 2 (C) に示されるように、不図示の駆動アクチュエータを作動して可動レバーの可動端子 205 を上方に変位させ、該変位によって可動端子 205 の上面を両固定端子 201 a 及び 202 a の複数の半球状突起 201 b 及び 202 b の下端に多点接触させることによって両信号線路 201 と 202 とを導通状態とすることができる。一方、図 2 (B) に示されるように、駆動アクチュエータの作動を停止して可動レバーの可動端子 205 を初期位置に復帰させ、該可動端子 205 の上面と両固定端子 201 a 及び 202 a の複数の半球状突起 201 b 及び 202 b の下端との多点接触を解除することによって導通状態にある両信号線路 201 及び 202 を非導通状態とすることができる。

[0013] この MEMS スイッチは、可動端子 205 の上面を両固定端子 201 a 及び 202 a の複数の半球状突起 201 b 及び 202 b の下端に多点接触させることによって両信号線路 201 及び 202 を導通状態となるように構成されているため、図 1 の面接触タイプの MEMS スイッチと比べて、導通状態における可動端子 205 と両固定端子 201 a 及び 202 a との接触面積を減少させることができ、該接触面積の減少によって前記スティクションの発生を抑制することが可能である。

- [0014] 図2に示したMEMSスイッチにおいて前記多点接触を実現するには、少なくとも、第1固定端子201a側の複数の半球状突起201bの高さを互いに同じにし、且つ、第2固定端子202a側の複数の半球状突起202bの高さを互いに同じにする必要がある。
- [0015] しかしながら、半球状突起201b及び202bの高さは μm オーダー或いは nm オーダーであり、しかも、半球状突起201b及び202bは公知の薄膜形成手法を用いて形成されるものであることから、實際上、第1固定端子201a側の複数の半球状突起201bの高さにバラツキが生じ易く、且つ、第2固定端子202a側の複数の半球状突起202bの高さにもバラツキを生じ易い。
- [0016] この高さのバラツキは前記多点接触の接触点数にバラツキを生じさせる要因となるため、導通状態における可動端子205と両信号線路201及び202との接触域の面積にバラツキを生じ易く、該接触域面積のバラツキによって伝送損失にバラツキが生じる可能性が高い。即ち、図2に示した多点接触タイプのMEMSスイッチは、前記スティクションの発生を抑制できるものの、導通状態において安定した信号伝送を行うことが困難である。

先行技術文献

特許文献

- [0017] 特許文献1：特開2007-012558号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0018] 本発明の目的は、導通状態におけるスティクションの発生を抑制できると共に導通状態において安定した信号伝送を行えるMEMSスイッチを提供することを含む。

課題を解決するための手段

- [0019] 前記目的を達成するため、本発明の一実施形態は、第1信号線路の端部から成る第1固定端子と、第2信号線路の端部から成る第2固定端子と、可動

レバーに設けられた導電層から成り、且つ、第1固定端子及び第2固定端子と間隔をおいて向き合う可動端子とを有し、第1固定端子及び第2固定端子に可動端子を接触させることによって第1信号線路及び第2信号線路を導通状態とすると共に該接触を解くことによって第1信号線路及び第2信号線路を非導通状態とするMEMSスイッチであって、第1固定端子及び第2固定端子は各々の端縁が可動端子に最も近づき、且つ、端縁を除く部分が該端縁よりも可動端子から離れた断面形状を成して、導通状態において可動端子は第1固定端子及び第2固定端子の端縁に線接触する。

[0020] このMEMSスイッチによれば、可動端子を両固定端子の端縁に線接触させることによって両信号線路を導通状態とするものであるため、従前の面接触タイプのMEMSスイッチと比べて、導通状態における可動端子と両固定端子との接触面積を減少できる。即ち、この接触面積の減少によってスティクション（導通状態で可動端子が両固定端子に張り付く現象）の発生を確実に抑制することができる。

[0021] また、前記線接触を所定の接触域の全域に亘って確実に行えるので、従前の多点接触タイプのMEMSスイッチと比べて、導通状態における可動端子と両固定端子との接触域面積にバラツキを生じることを抑制できる。即ち、この接触域面積のバラツキの抑制によって伝送損失にバラツキが生じることを抑制して、導通状態において安定した信号伝送を行うことができる。

発明の効果

[0022] 本発明の各実施形態によれば、導通状態におけるスティクションの発生を抑制できると共に導通状態において安定した信号伝送を行えるMEMSスイッチを提供することができる。

[0023] 本発明の前記目的とそれ以外の目的、構成特徴、及び作用効果は、以下の説明と添付図面によってさらに明らかとなる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1] 図1（A）は一公知例を示すMEMSスイッチの部分上面図、図1（B）は図1（A）のS101-S101線に沿う断面図、図1（C）は両信号

線路が導通した状態を示す断面図である。

[図2] 図2 (A) は他の公知例を示すMEMSスイッチの部分上面図、図2 (B) は図2 (A) のS201-S201線に沿う断面図、図2 (C) は両信号線路が導通した状態を示す断面図である。

[図3] 図3は本発明の第1実施形態を示すMEMSスイッチの上面図である。

[図4] 図4 (A) は図3のS11-S11線に沿う断面図、図4 (B) は図3のS12-S12線に沿う断面図、図4 (C) は図3のS13-S13線に沿う断面図である。

[図5] 図5 (A) 及び図5 (B) は図1に示したMEMSスイッチの動作説明図、図5 (C) は可動端子に対する両固定端子の接触域を示す図である。

[図6] 図6は図4 (A) に示した両固定端子の形状変形例を示す図である。

[図7] 図7 (A) 及び図7 (B) は図4 (A) に示した両固定端子と図6に示した両固定端子を得る方法例を説明する図である。

[図8] 図8 (A) は本発明の第2実施形態を示すMEMSスイッチの部分上面図、図8 (B) は可動端子に対する両固定端子の接触域を示す図である。

[図9] 図9 (A) は本発明の第3実施形態を示すMEMSスイッチの部分上面図、図9 (B) は可動端子に対する両固定端子の接触域を示す図である。

[図10] 図10 (A) は本発明の第4実施形態を示すMEMSスイッチの部分上面図、図10 (B) は可動端子に対する両固定端子の接触域を示す図である。

[図11] 図11は本発明の第5実施形態を示すMEMSスイッチの上面図である。

発明を実施するための形態

[0025] 第1実施形態

先ず、図3～図7を参照して、本発明を適用したMEMSスイッチ10-1について説明する。この説明では、説明の便宜上、図3の紙面に向かって手前、奥、上、下、左、右をそれぞれ上、下、前、後、左、右と称し、他の図のこれらに相当する向きも同様に称する。図8 (A)、図9 (A)、図10

(A)、図 1 1 及びこれらに相当する図面においても、向きに関する言及は図 3 の場合と同様の規則に従う。

[0026] この MEMS スイッチ 1 0-1 は、公知の薄膜形成手法を用いて作成された多層構造を有しており、前後寸法は約 3. 0 mm、左右寸法は約 1. 5 mm とすることができる。

[0027] 図 3 と図 4 (A) ~ 図 4 (C) に示されるように、ベース層 1 1 は、S i 等を材料として上面視形状が矩形を成すように形成される。該ベース層 1 1 の上面全域には、S i O₂等を材料とする絶縁層 1 2 が形成されている。また、ベース層 1 1 及び絶縁層 1 2 には、上面視形状がコ字形を成す貫通孔 1 1 a 及び 1 2 a が形成されている。該貫通孔 1 1 a 及び 1 2 a の内側には、ベース層 1 1 の一部 1 1 b 及び絶縁層 1 2 の一部 1 2 b から構成された上面視形状が矩形を成す可動レバー ML が形成されている。

[0028] 可動レバー ML の前後方向中央よりも前側には、複数 (図中は 3 個) の貫通孔 1 1 b 1 及び 1 2 b 1 が形成されている。該可動レバー ML の貫通孔 1 1 b 1 及び 1 2 b 1 よりも後側部分は本体部 ML a に該当し、貫通孔 1 1 b 1 及び 1 2 b 1 よりも前側部分は可動部 ML b に該当し、貫通孔 1 1 b 1 及び 1 2 b 1 が形成された部分はヒンジ部 ML c に該当する。

[0029] 可動レバー ML の本体部 ML a の上面 (絶縁層 1 2 の一部 1 2 b の上面) には、該上面から後側に及ぶように、第 1 電極層 1 3 が形成される。第 1 電極層 1 3 は、その上面視形状が矩形を成すように形成され、上面視形状が矩形を成す張出部 1 3 a をその後部右側に一体に有している。この第 1 電極層 1 3 は、例えば、厚さ 5 nm の T i 層とその上に形成された厚さ 2 0 0 nm の P t 層とから成る多層構造を有する。また、第 1 電極層 1 3 (張出部 1 3 a を除く) の上面には、P Z T 等を材料とする圧電層 1 4 が該第 1 電極層 1 3 と同じ上面視形状で形成されている。さらに、圧電層 1 4 の上面には、第 2 電極層 1 5 が該圧電層 1 4 と同じ上面視形状で形成されている。この第 2 電極層 1 5 は、例えば、厚さ 5 nm の T i 層とその上に形成された厚さ 2 0

0 nmのPt層とから成る多層構造を有する。これら第1電極層13、圧電層14及び第2電極層15は、可動レバーMLの本体部MLaを反り上がるように変形させるための駆動アクチュエータ（符号無し）を構成している。

[0030] 可動レバーMLの可動部MLbの上面（絶縁層12の一部12bの上面）には、導電層から成る可動端子MTがその上面視形状が矩形となるように形成されている。この可動端子MT（導電層）は、例えば、厚さ5 nmのTi層とその上に形成された厚さ200 nmのAu層とから成る多層構造を有する。

[0031] 第2電極層15の後部上面には、導電層から成る電源入力端子16がその上面視形状が矩形となるように形成されている。この電源入力端子16（導電層）は、例えば、厚さ5 nmのTi層とその上に形成された厚さ200 nmのAu層とから成る多層構造を有する。

[0032] 第1電極層13の張出部13aの上面には、導電層から成るグランド端子17がその上面視形状が矩形となるように形成されている。このグランド端子17（導電層）は、例えば、厚さ5 nmのTi層とその上に形成された厚さ200 nmのAu層とから成る多層構造を有する。

[0033] 絶縁層12の前部上面には、導電層から成る所定幅の第1信号線路SL11と、導電層から成り第1信号線路SL11と同一幅の第2信号線路SL12とが、可動端子MTの左右方向中央を基準として左右対称形となるように形成されている。これら第1信号線路SL11（導電層）及び第2信号線路SL12（導電層）は、例えば、（1）厚さ5 nmのTi層とその上に形成された厚さ200 nmのAu層とその上に形成された厚さ3 μ mのAu層とその上に形成された厚さ200 nmのSiO₂層とから成る多層構造（4層構造）や、（2）厚さ5 nmのTi層とその上に形成された厚さ200 nmのAu層とその上に形成された厚さ3 μ mのAu層とから成る多層構造（3層構造）を有する。

[0034] 図4（A）から分かるように、第1信号線路SL11は絶縁層12に接合した部分と該部分と連続する非接合部分とを有する。該非接合部分の端部（

図中の右端部)は可動端子MTに向かって傾いた断面形状を成していて、該端部は第1固定端子FT11として用いられている。これと同様に、第2信号線路SL12は絶縁層12に接合した部分と該部分と連続する非接合部分とを有し、該非接合部分の端部(図中の左端部)は可動端子MTに向かって傾いた断面形状を成していて、該端部は第2固定端子FT12として用いられている。また、両固定端子FT11及びFT12の先端は左右方向に所定間隔(符号無し)をおいて平行に向き合っている。両固定端子FT11及びFT12の端縁は可動端子MTの上面と所定間隔CL11をおいて平行に向き合っている。図4(A)中の θ は両固定端子FT11及びFT12の傾き角度を示す。該傾き角度 θ は1~45度、好ましくは3~5度である。

[0035] 前記MEMSスイッチ10-1において、両信号線路SL11及びSL12を導通状態とするときには、電源入力端子16とグランド端子17を不図示の可変直流電源に接続して、該可変直流電源から電源入力端子16に駆動電圧を印加する。この駆動電圧の印加により、駆動アクチュエータの圧電層14に圧電効果による縮みが生じ、該縮みによって可動レバーMLの本体部MLaが反り上がるように変形する。該変形に伴って可動部MLc上の可動端子MTが上方に変位し、該変位によって可動端子MTの上面が両固定端子FT11及びFT12の端縁を僅かに押し上げるように接触して、該可動端子MTの上面が両固定端子FT11及びFT12の端縁に所定接触圧下で線接触する(図5(A)及び図5(B)を参照)。

[0036] 可動部MLbは本端部MLaと共に反り上がるが、両者の間にはこれらよりも可撓性に富むヒンジ部MLcが存在するため、可動端子MTが両固定端子FT11及びFT12の端縁に接触し始めると可動部MLbはヒンジ部MLcの可撓性を利用して傾動し、該傾動によって可動端子MTの上面は両固定端子FT11及びFT12の端縁に確実に線接触する。また、可動端子MTの上面は両固定端子FT11及びFT12の端縁を僅かに押し上げるように接触するため、両固定端子FT11及びFT12の端縁に上下方向の位置ズレがある場合でも、この押し上げ作用によって該位置ズレが相殺されて可

動端子MTの上面は両固定端子FT11及びFT12の端縁に確実に線接触する。即ち、可動端子MTと両固定端子FT11及びFT12との線接触は、図5（C）に示したように、両固定端子FT11及びFT12の端縁の幅に準ずる所定の接触域CR11及びCR12の実質的に全領域に亘って確実に行われる。

[0037] 前記接触過程では可動端子MTの上面が両固定端子FT11及びFT12の端縁を僅かに押し上げるようにして接触する。該両固定端子FT11及びFT12に適度な剛性を持たせ、且つ、傾き角度 θ を該剛性及び押し上げ力等に基づいて適切に設定しておけば、前記線接触を図5（C）に示した接触域CR11及びCR12の実質的に全領域に亘って確実に行うことができる。即ち、可動端子MTの上面が両固定端子FT11及びFT12の端縁を押し上げるようにして接触しても、前記線接触を問題無く確保できるし、該線接触が面接触になることも無い。

[0038] 一方、導通状態にある両信号線路SL11及びSL12を非導通状態とするときには、電源入力端子16への駆動電圧の印加を解除すれば良い。この駆動電圧の印加解除により、駆動アクチュエータの作動が停止し、可動レバーMLが復元して可動端子MTが初期位置に復帰し、可動端子MTの上面と両固定端子FT11及びFT12の端縁との線接触が解除される（図4（A）を参照）。

[0039] 図4（A）には両固定端子FT11及びFT12として可動端子MTに向かって傾いた断面形状のものを示したが、図6に示したように、両固定端子FT11'及びFT12'として可動端子MTに向かって湾曲した断面形状のものを採用しても、同様に線接触及びその解除を行うことができる。両固定端子の断面形状は図4（A）及び図6に示したものに限られるものではなく、要するに、両固定端子の各々の端縁が可動端子MTに最も近づき、且つ、端縁を除く部分が該端縁よりも可動端子MTから離れた断面形状を成しているものを両固定端子として用いても、同様にして線接触及びその解除を行うことができる。

[0040] 図4 (A) に示した両固定端子FT11及びFT12を含む両信号線路SL11及びSL12と、図6に示した両固定端子FT11'及びFT12'を含む両信号線路SL11及びSL12は、各々の厚さが極薄であることから、形成後に折り曲げ加工を施して図4 (A) に示した断面形状や図6に示した断面形状とすることは現実的には困難であり、実用的でも無い。

[0041] 依って、両固定端子 (FT11及びFT12、FT11'及びFT12') を図4 (A) に示した断面形状や図6に示した断面形状とするには、両信号線路SL11及びSL12を形成する過程で両固定端子 (FT11及びFT12、FT11'及びFT12') を傾斜或いは湾曲させることが必要となる。以下に、各種実験を経て明らかとなった好適な方法例について説明する。

[0042] (第1の方法例)

第1の方法例は、両固定端子 (FT11及びFT12、FT11'及びFT12') を含む両信号線路SL11及びSL12を形成する過程で、少なくとも両固定端子に対応する部分に内部応力 (圧縮応力や引張応力等) を生じさせて、該内部応力によって同部分を傾斜或いは湾曲させることをその基本的な考え方とする。

[0043] ここで、両信号線路SL11及びSL12が「厚さ5nmのTi層とその上に形成された厚さ200nmのAu層とその上に形成された厚さ3μmのAu層とその上に形成された厚さ200nmのSiO₂層とから成る多層構造 (4層構造)」を有する場合を例に挙げ、第1の方法例を図7 (A) を参照して具体的に説明する。因みに、図7 (A) 中のLA11は厚さ5nmのTi層、LA12は厚さ200nmのAu層、LA13は厚さ3μmのAu層、LA14は厚さ200nmのSiO₂層に該当する。

[0044] この場合、両信号線路SL11及びSL12は、パターン整形されたレジスト (図示省略) 上にDCスパッタリングによりTi層LA11を形成し、このTi層LA11上にDCスパッタリングによりAu層LA12を形成して、Ti層LA11及びAu層LA12から成るメッキシード層 (符号無し)

を形成するステップ、メッキシード層上に電解メッキによりAu層LA13を形成するステップ、Au層LA12上にプラズマCVDまたはRFスパッタリングによりSiO₂層LA14を形成するステップ、及びメッキシード層を形成する際に用いたレジストを除去するステップ、を経て作成される。SiO₂層LA14を形成するステップでは、基板温度を常温よりも高い300℃とし、SiO₂層LA14を形成した後に該温度を20℃に降下させる。

[0045] SiO₂層LA14の線膨張係数はAu層LA13の線膨張係数よりも小さいことから、前記温度降下過程では上側のSiO₂層LA14よりも下側のAu層LA13が大きく収縮する（図7（A）中の矢印を参照）。この収縮量の差に基づく圧縮応力によってSiO₂層LA14及びAu層LA13が下向きに傾斜或いは湾曲し、これに伴って厚さの薄いメッキシード層（Ti層LA11+Au層LA12）も下向きに傾斜或いは湾曲する。これにより、両固定端子（FT11及びFT12、FT11'及びFT12'）が図4（A）に示した断面形状や図6に示した断面形状となる。

[0046] 実験によれば、両固定端子（FT11及びFT12、FT11'及びFT12'）の長さを90μmとして前記具体方法を実施したところ、該両固定端子の端縁をその基端に対して約1.2μm下げることができた。また、作成後の両固定端子が置かれる雰囲気温度を常温内（20±15℃）で変化させても、前記1.2μmの数値に実質的な変化は見られなかった。

[0047] （第2の方法例）

第2の方法例は、両固定端子（FT11及びFT12、FT11'及びFT12'）を含む両信号線路SL11及びSL12を形成する過程で、少なくとも両固定端子に対応する部分に塑性変形を生じさせて、該塑性変形によって同部分を傾斜或いは湾曲させることをその基本的な考え方とする。

[0048] ここで、両信号線路SL11及びSL12が「厚さ5nmのTi層とその上に形成された厚さ200nmのAu層とその上に形成された厚さ3μmのAu層とから成る多層構造（3層構造）」を有する場合を例に挙げ、第2の方法例を図7（B）を参照して具体的に説明する。因みに、図7（B）中の

LA21は厚さ5nmのTi層、LA22は厚さ200nmのAu層、LA23は厚さ3μmのAu層に該当する。

[0049] この場合、両信号線路SL11及びSL12は、パターン整形されたレジストRE上にDCスパッタリングによりTi層LA21を形成し、このTi層LA21上にDCスパッタリングによりAu層LA22を形成して、Ti層LA21及びAu層LA22から成るメッキシード層（符号無し）を形成するステップ、メッキシード層上に電解メッキによりAu層LA23を形成するステップ、及びメッキシード層を形成する際に用いたレジストREを除去するステップ、を経て作成される。メッキシード層を形成する際に用いるレジストREには、加熱収縮可能なもの、例えばノボラック系ポジレジストを使用すると共に、レジストREを除去する前ステップとして、該レジストREを温度180℃、時間1hで加熱保持するステップを実施する。

[0050] レジストREは加熱収縮可能であることから、前記加熱過程では該レジストREが収縮する（図7（B）中の矢印を参照）。この収縮に伴ってその上のメッキシード層（Ti層LA21+Au層LA22）及びAu層LA23が下方に塑性変形して下向きに傾斜或いは湾曲する。これにより、両固定端子（FT11及びFT12、FT11'及びFT12'）が図4（A）に示した断面形状や図6に示した断面形状となる。

[0051] 実験によれば、両固定端子（FT11及びFT12、FT11'及びFT12'）の長さを40μmとして前記具体方法を実施したところ、該両固定端子の端縁をその基端に対して約2.0μm下げることができた。

[0052] また、前記具体方法を、「厚さ5nmのTi層とその上に形成された厚さ200nmのAu層とその上に形成された厚さ3μmのAu層とその上に形成された厚さ200nmのSiO₂層とから成る多層構造（4層構造）」を有する両信号線路SL11及びSL12の作成に適用した場合でも、前記同様に、両固定端子（FT11及びFT12、FT11'及びFT12'）を図4（A）に示した断面形状や図6に示した断面形状とすることができた。

[0053] 以上説明したMEMSスイッチ10-1によれば、下記効果（1）及び（2

）を得ることができる。

[0054] （１）可動端子MTの上面を両固定端子FT 1 1及びFT 1 2の端縁に線接触させることによって両信号線路SL 1 1及びSL 1 2を導通状態とするものであるため、図１に示した面接触タイプのMEMSスイッチと比べて、導通状態における可動端子MTと両固定端子FT 1 1及びFT 1 2との接触面積を減少できる。即ち、この接触面積の減少によってスティクション（導通状態で可動端子MTが両固定端子FT 1 1及びFT 1 2に張り付く現象）の発生を確実に抑制することができる。

[0055] （２）前記線接触を所定の接触域CR 1 1及びCR 1 2の実質的に全領域に亘って確実に行えるので、図２に示した多点接触タイプのMEMSスイッチと比べて、導通状態における可動端子MTと両固定端子FT 1 1及びFT 1 2との接触域の面積にバラツキが生じることを抑制できる。そして、接触域の面積のバラツキの抑制によって伝送損失にバラツキが生じることを抑制して、導通状態において安定した信号伝送を行うことができる。

[0056] 第２実施形態

次に、図８を参照して、本発明を適用したMEMSスイッチ１０-2について説明する。

[0057] このMEMSスイッチ１０-2が、第１実施形態で説明したMEMSスイッチ１０-1と異なるところは、図８（Ａ）に示したように、両信号線路SL 2 1及びSL 2 2の幅W 1 1よりも両固定端子FT 2 1及びFT 2 2の先端（端縁）の幅W 1 2を小さくした点にある。

[0058] この場合の可動端子MTと両固定端子FT 2 1及びFT 2 2との線接触は、図８（Ｂ）に示したように、両固定端子FT 2 1及びFT 2 1の端縁の幅W 1 2に相当する所定の接触域CR 2 1及びCR 2 2の実質的に全領域に亘って確実に行われる。

[0059] このMEMSスイッチ１０-2によれば、第１実施形態で説明した効果（１）及び（２）に加えて、下記効果（３）を得ることができる。

[0060] （３）両固定端子FT 2 1及びFT 2 2の端縁の幅W 1 2を変えることに

よって、可動端子MTに対する両固定端子FT 2 1及びFT 2 2の接触域を容易に調整することができる。

[0061] 第3実施形態

次に、図9を参照して、本発明を適用したMEMSスイッチ10-3について説明する。

[0062] このMEMSスイッチ10-3が、第1実施形態で説明したMEMSスイッチ10-1と異なるところは、図9(A)に示したように、第1固定端子FT 3 1の先端に、上面視形状が略半円形を成す2個の凸部FT 3 1 aを一体形成すると共に、第2固定端子FT 3 1の先端に、上面視形状が略半円形を成す2個の凸部3 2 aを凸部FT 3 1 aと左右対称形となるように一体形成した点にある。要するに、両固定端子FT 3 1及びFT 3 2の先端それぞれに同数の凸部FT 3 1 a及び3 2 aを一体形成した点にある。

[0063] この場合の可動端子MTと両固定端子FT 3 1及びFT 3 2との線接触は、図9(B)に示したように、各凸部FT 3 1 a及びFT 3 2 aの端縁の形(円弧)に準ずる所定の接触域CR 3 1及びCR 3 2の実質的に全領域に亘って確実に行われる。

[0064] このMEMSスイッチ10-3によれば、第1実施形態で説明した効果(1)及び(2)に加えて、下記効果(4)を得ることができる。

[0065] (4) 各凸部FT 3 1 a及びFT 3 2 aの大きさや数を変えることによって、可動端子MTに対する両固定端子FT 3 1及びFT 3 2の接触域を容易に調整することができる。この効果は、両固定端子FT 3 1及びFT 3 2の先端それぞれに1個の凸部FT 3 1 a及びFT 3 2 aを一体形成した場合や3個以上の凸部FT 3 1 a及びFT 3 2 aを一体形成した場合でも同様に得ることができるし、各凸部FT 3 1 a及びFT 3 2 aの上面視形状をU字形や矩形とした場合でも同様に得ることができる。

[0066] 第4実施形態

次に、図10を参照して、本発明を適用したMEMSスイッチ10-4について説明する。

[0067] このMEMSスイッチ10-4が、第1実施形態で説明したMEMSスイッチ10-1と異なるところは、図10(A)に示したように、第1固定端子FT41の先端に、上面視形状が略半円形を成す2個の凸部FT41aを一体形成すると共に、第2固定端子FT42の先端に、上面視形状が略半円形を成す1個の凸部FT42aを一体形成した点にある。要するに、両固定端子FT41の先端に一体形成される凸部FT41aの数とFT42の先端に一体形成される凸部FT42aの数を異ならせた点にある。

[0068] この場合の可動端子MTと両固定端子FT41及びFT42との線接触は、図10(B)に示したように、各凸部FT41a及びFT42aの端縁の形（円弧）に相当する所定の接触域CR41及びCR42の実質的に全領域に亘って確実に行われる。

[0069] このMEMSスイッチ10-4によれば、第1実施形態で説明した効果（1）及び（2）に加えて、下記効果（5）及び（6）を得ることができる。

[0070] （5）各凸部FT41a及びFT42aの大きさや数を変えることによって、可動端子MTに対する両固定端子FT41及びFT42の接触域を容易に調整することができる。この効果は、第1固定端子FT41の先端に3個以上の凸部FT41aを一体形成し、且つ、第2固定端子FT42の先端に2個以上の凸部FT42aを一体形成した場合や、各凸部FT41a及びFT42aの上面視形状をU字形や矩形とした場合にも同様に得ることができる。

[0071] （6）図10(A)に示したように一方の2個の凸部FT41aの間に他方の凸部FT42aが向き合うように各凸部FT41a及びFT42aを配置することにより、両固定端子FT41及びFT42の先端同士の間隔を小さくすることが可能となり、これにより両固定端子FT41及びFT42間の信号伝送距離の短縮化を図って伝送損失を低減することができる。

[0072] 第5実施形態

次に、図11を参照して、本発明を適用したMEMSスイッチ10-5について説明する。

- [0073] このMEMSスイッチ10-5が、第1実施形態で説明したMEMSスイッチ10-1と異なるところは、図11に示したように、ベース層11'及び絶縁層12'の前後寸法を長くした点、ベース層11の一部11b'及び絶縁層12の一部12b'から構成された可動レバーMLの前後寸法を長くした点、可動レバーML'を2つの本体部MLaと1つの可動部MLbと2つのヒンジ部MLcとで構成した点（つまり、片持ち構造から両持ち構造に変更した点）、前側の本体部MLaの上面にも、駆動アクチュエータを構成する第1電極層13、圧電層14及び第2電極層15をそれぞれ形成した点、及び前側の本体部MLaの上面に設けられた駆動アクチュエータに対応する電源入力端子16及びグランド端子17を追加した点にある。
- [0074] このMEMSスイッチ10-5において、両信号線路SL11及びSL12を導通状態とするときには、2つの電源入力端子16と2つのグランド端子17を不図示の可変直流電源に接続して、該可変直流電源から2つの電源入力端子16に同一値の駆動電圧を印加する。この駆動電圧の印加により、前側及び後側の2つの駆動アクチュエータの圧電層14それぞれに圧電効果による縮みが生じ、該縮みによって可動レバーML'の2つの本体部MLaが反り上がるように変形する。これらの変形に伴って可動部MLc上の可動端子MTが上方に変位し、該変位によって可動端子MTの上面が両固定端子FT11及びFT12の端縁を僅かに押し上げるように接触して、該可動端子MTの上面が両固定端子FT11及びFT12の端縁に所定接触圧下で線接触する（図5（A）及び図5（B）を参照）。
- [0075] 一方、導通状態にある両信号線路SL11及びSL12を非導通状態とするときには、2つの電源入力端子16への駆動電圧の印加を解除すれば良い。この駆動電圧の印加解除により、2つの駆動アクチュエータの作動が停止し、可動レバーML'が復元して可動端子MTが初期位置に復帰し、可動端子MTの上面と両固定端子FT11及びFT12の端縁との線接触が解除される（図4（A）を参照）。
- [0076] このMEMSスイッチ10-5によれば、可動レバーML'等の構成が異な

るものの、第1実施形態で説明した効果(1)及び(2)を得ることができる。また、このMEMSスイッチ10-5には第2実施形態と第3実施形態と第4実施形態で説明した特徴事項を適宜採用することができ、該採用によって第2実施形態で説明した効果(3)、第3実施形態で説明した効果(4)、第4実施形態で説明した効果(5)及び(6)を適宜得ることができる。

符号の説明

[0077] 10-1, 10-2, 10-3, 10-4, 10-5…MEMSスイッチ、SL11, SL21, SL31, SL41…第1信号線路、FT11, FT11', FT21, FT31, FT41…第1固定端子、FT31a, FT41a…凸部、SL12, SL22, SL32, SL42…第2信号線路、FT12, FT12', FT22, FT32, FT42…第2固定端子、FT32a, FT42a…凸部、CR11, CR12, CR21, CR22, CR31, CR32, CR41, CR42…接触域、ML, ML'…可動レバー、MT…可動端子。

請求の範囲

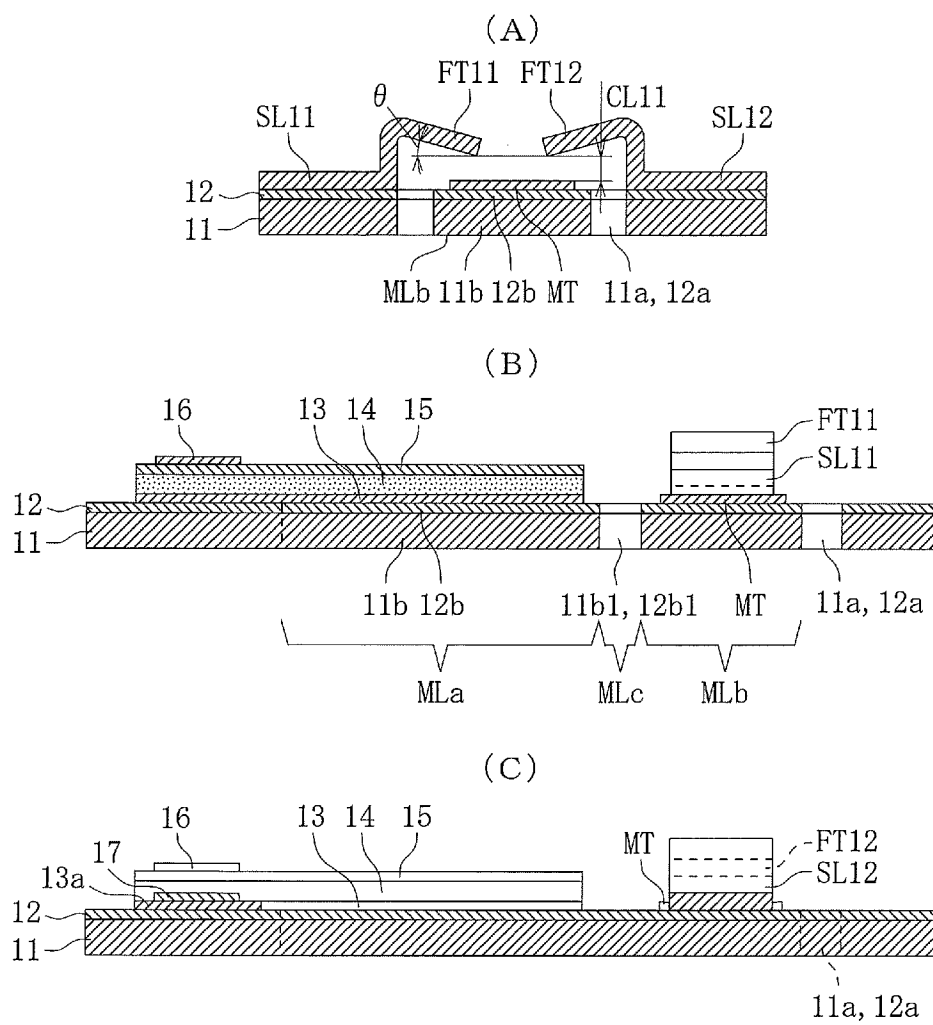
- [請求項1] 第1信号線路の端部から成る第1固定端子と、第2信号線路の端部から成る第2固定端子と、可動レバーに設けられた導電層から成り、且つ、第1固定端子及び第2固定端子と間隔をおいて向き合う可動端子とを有し、第1固定端子及び第2固定端子に可動端子を接触させることによって第1信号線路及び第2信号線路を導通状態とすると共に該接触を解くことによって第1信号線路及び第2信号線路を非導通状態とするMEMSスイッチであって、
- 第1固定端子及び第2固定端子は各々の端縁が可動端子に最も近付き、且つ、端縁を除く部分が該端縁よりも可動端子から離れた断面形状を成していて、導通状態において可動端子は第1固定端子及び第2固定端子の端縁に線接触する。
- [請求項2] 請求項1に記載のMEMSスイッチにおいて、
- 第1固定端子及び第2固定端子は可動端子に向かって傾いた断面形状を成している。
- [請求項3] 請求項1に記載のMEMSスイッチにおいて、
- 第1固定端子及び第2固定端子は可動端子に向かって湾曲した断面形状を成している。
- [請求項4] 請求項1～3の何れか1項に記載のMEMSスイッチにおいて、
- 第1固定端子及び第2固定端子の端縁の幅は第1信号線路及び第2信号線路の幅よりも小さい。
- [請求項5] 請求項1～3の何れか1項に記載のMEMSスイッチにおいて、
- 第1固定端子及び第2固定端子の先端それぞれには1個以上の凸部が一体形成されていて、導通状態において可動端子は第1固定端子及び第2固定端子の凸部の端縁に線接触する。
- [請求項6] 請求項5に記載のMEMSスイッチにおいて、
- 第1固定端子の先端に一体形成された凸部の数と第2固定端子の先端に一体形成された凸部の数は同じである。

[請求項7]

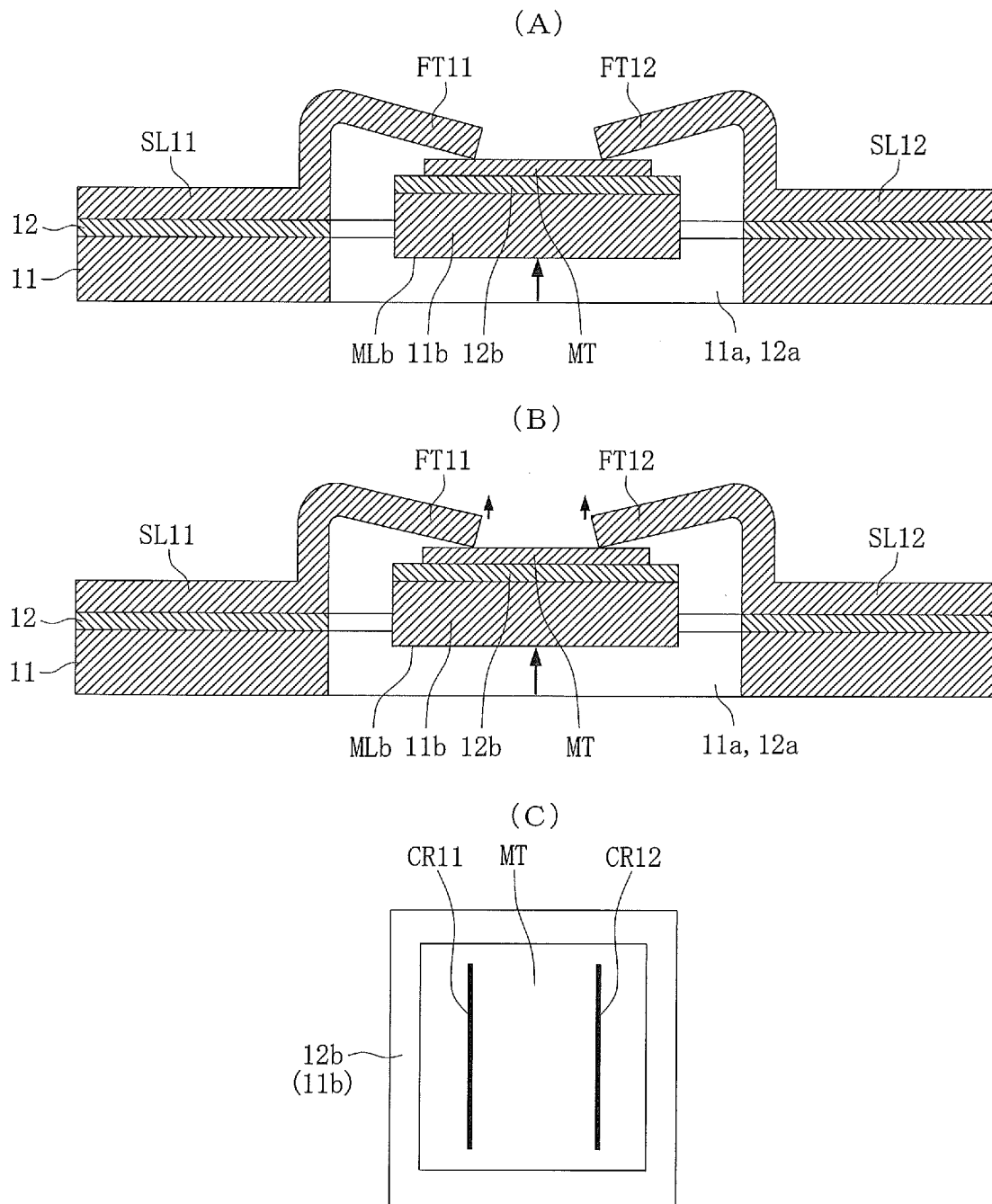
請求項5に記載のMEMSスイッチにおいて、

第1固定端子の先端に一体形成された凸部の数と第2固定端子の先端に一体形成された凸部の数は異なる。

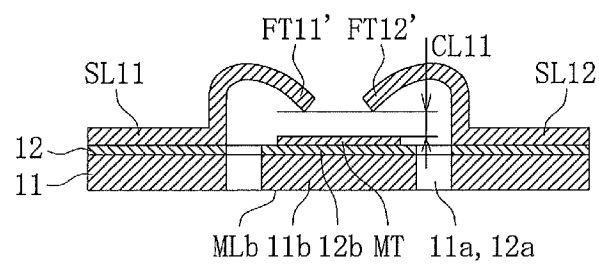
[図4]



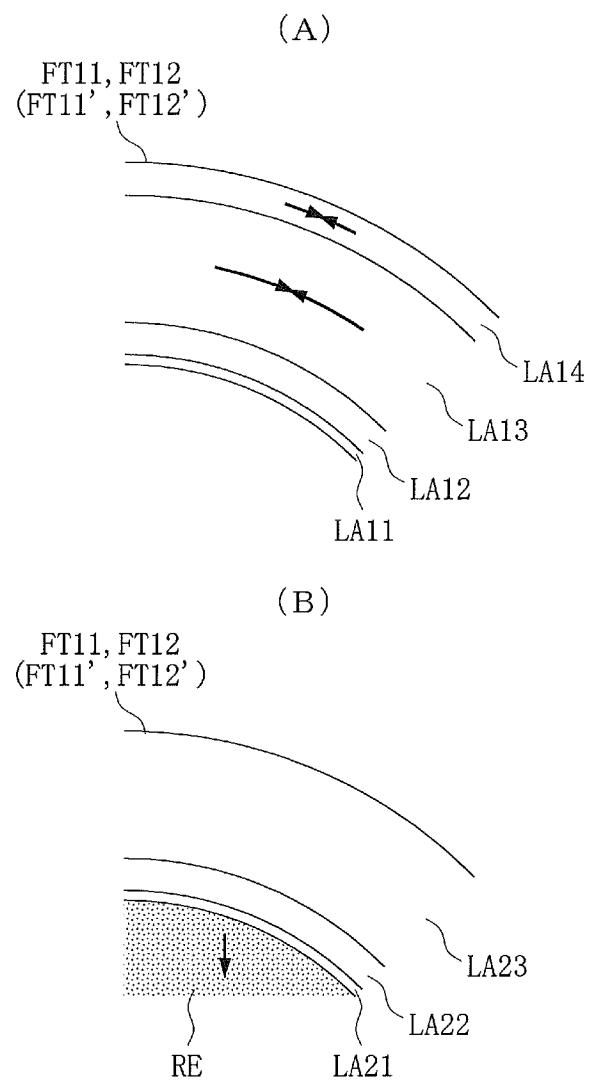
[図5]



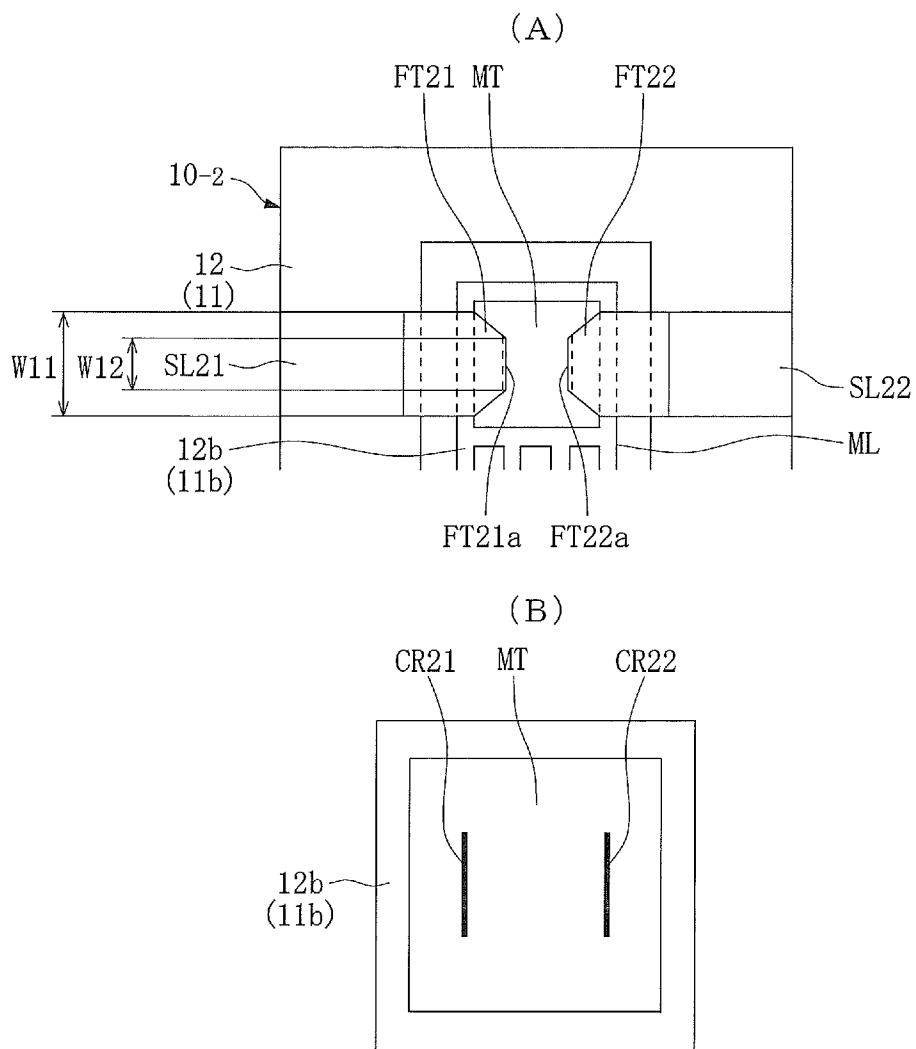
[図6]



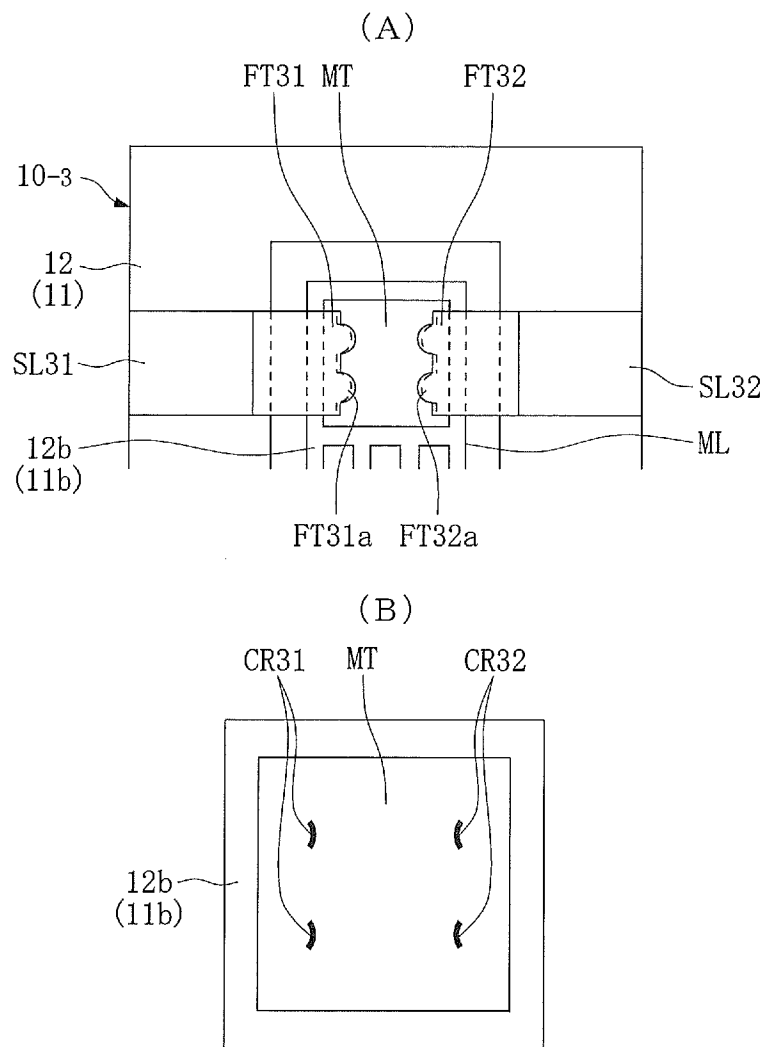
[図7]



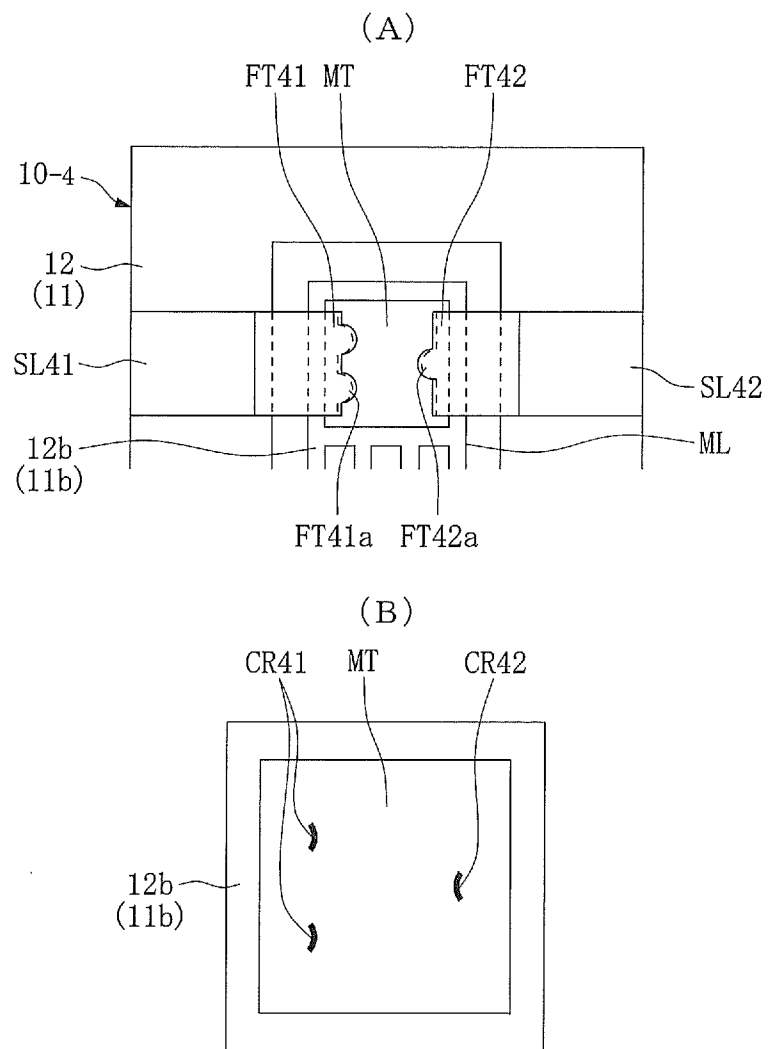
[図8]



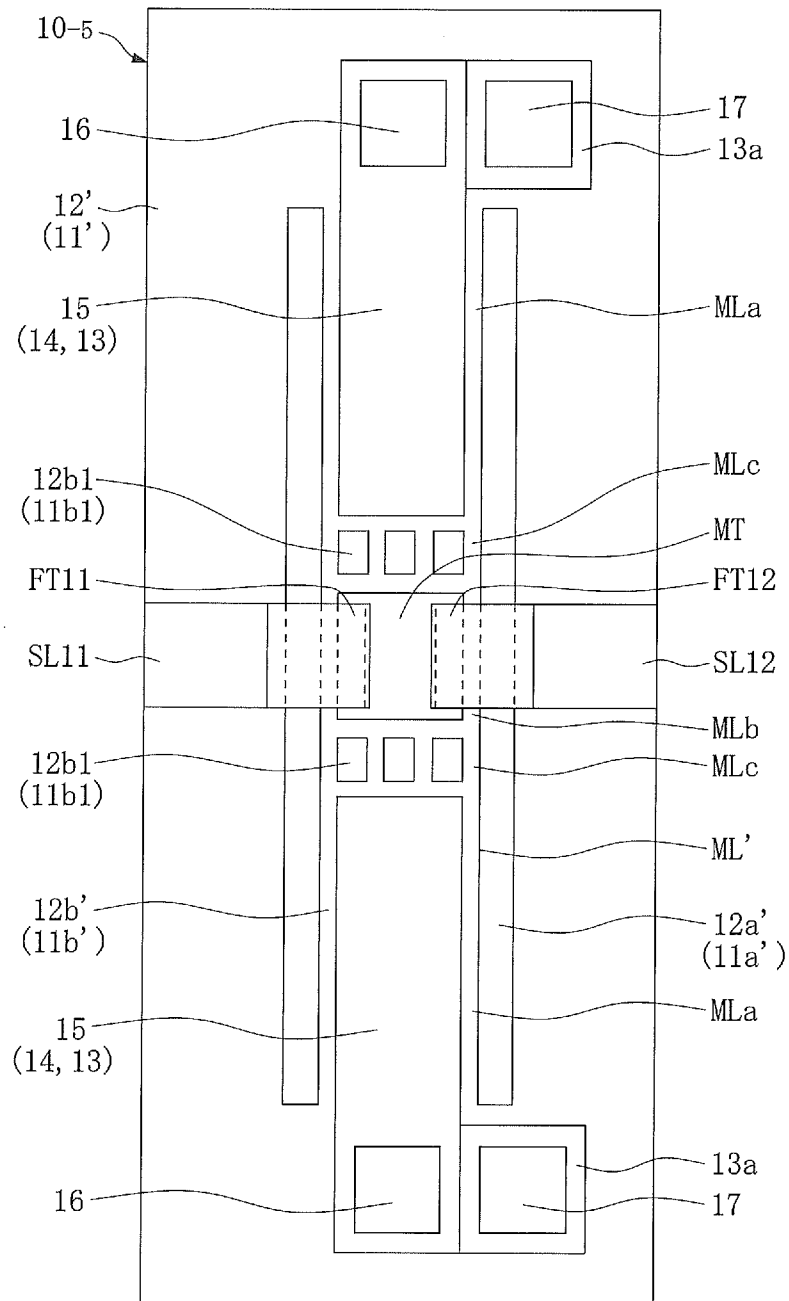
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/055743

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01H57/00(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, H01H1/26(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01H57/00, B81B3/00, H01H1/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-196303 A (Fujitsu Ltd.), 09 August 2007 (09.08.2007), entire text; all drawings & US 2007/0172988 A1 & KR 10-2007-0077786 A & CN 101009173 A	1-7
A	JP 2004-311394 A (Samsung Electronics Co., Ltd.), 04 November 2004 (04.11.2004), entire text; all drawings & US 2004/0173872 A1 & KR 10-2004-0043371 A	1-7
A	JP 2010-61976 A (Toshiba Corp.), 18 March 2010 (18.03.2010), entire text; all drawings & US 2010/0051428 A1	1-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30 March, 2011 (30.03.11)

Date of mailing of the international search report
12 April, 2011 (12.04.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/055743

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-290153 A (Taiyo Yuden Co., Ltd.), 10 December 2009 (10.12.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01H57/00(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, H01H1/26(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01H57/00, B81B3/00, H01H1/26			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 日本国公開実用新案公報 日本国実用新案登録公報 日本国登録実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 1 9 7 1 - 2 0 1 1 年 1 9 9 6 - 2 0 1 1 年 1 9 9 4 - 2 0 1 1 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示		関連する 請求項の番号
A	JP 2007-196303 A（富士通株式会社） 2007.08.09, 全文、全図 & US 2007/0172988 A1 & KR 10-2007-0077786 A & CN 101009173 A		1 - 7
A	JP 2004-311394 A（三星電子株式会社） 2004.11.04, 全文、全図 & US 2004/0173872 A1 & KR 10-2004-0043371 A		1 - 7
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願			
の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 3 0 . 0 3 . 2 0 1 1		国際調査報告の発送日 1 2 . 0 4 . 2 0 1 1	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 岡崎 克彦 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 7 2	3 X 9 7 2 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-61976 A (株式会社東芝) 2010.03.18, 全文、全図 & US 2010/0051428 A1	1 - 7
A	JP 2009-290153 A (太陽誘電株式会社) 2009.12.10, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 7