

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 2 月 17 日 (17.02.2005)

PCT

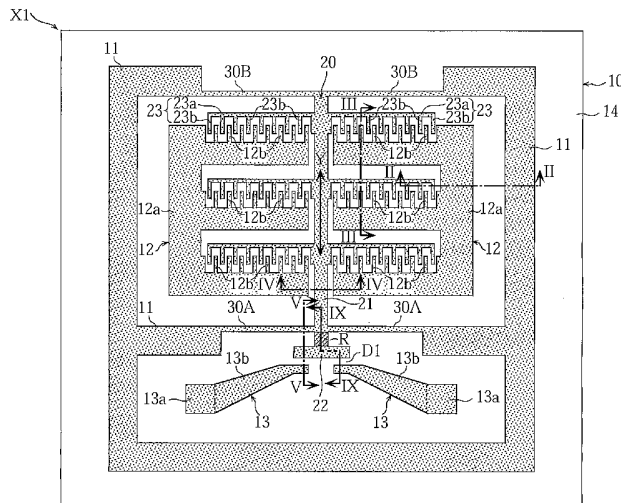
(10) 国際公開番号
WO 2005/015595 A1

- (51) 国際特許分類: H01H 59/00 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/010100 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中谷 忠司 (NAKATANI, Tadashi) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 宮下 勉 (MIYASHITA, Tsutomu) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 佐藤 良夫 (SATO, Yoshio) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
(22) 国際出願日: 2003 年 8 月 7 日 (07.08.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 Kanagawa (JP). 富士通メディアデバイス株式会社 (FUJITSU MEDIA DEVICES LIMITED) [JP/JP]; 〒382-8501 長野県須坂市大字小山 460 番地 Nagano (JP). (74) 代理人: 吉田 稔, 外 (YOSHIDA, Minoru et al.); 〒543-0014 大阪府大阪市天王寺区玉造元町 2 番 3 2-1 3 0 1 Osaka (JP).

/ 続葉有 /

(54) Title: MICRO SWITCHING ELEMENT AND METHOD OF MANUFACTURING THE ELEMENT

(54) 発明の名称: マイクロスイッチング素子およびその製造方法



(57) Abstract: A micro switching element (X1), comprising a frame (11), a comb electrode part (12), a pair of fixed contact electrodes (13) separated from each other, a movable part (20), a set of support beams (30A) and a set of support beams (30B) for connecting the movable part (20) to the frame (11), the movable part (20) further comprising a comb electrode part (23) for generating a static electricity force in association with the comb electrode part (12) and a movable contact electrode (21) opposed to the fixed contact electrodes (13), wherein the fixed contact electrodes (13) and the movable contact electrode (21) are allowed to displace from each other between the contacted position and the separated position thereof, and the set of the support beams (30A) and the set of the support beams (30B) are separated from each other in the direction of the displacement of the movable part (20).

(57) 要約: 本発明に係るマイクロスイッチング素子 (X1) は、フレーム (11) と、櫛歯電極部 (12) と、相互に離隔する一対の固定コンタクト電極 (13) と、可動部 (20) と、可動部 (20) およびフレーム (11) を連結するための一組の支持梁 (30A) および一組の支持梁 (30B) と、を備える。可動部 (20) は、櫛歯電極部 (12) と協働して静電気力を発生させるための櫛歯電極部 (23)、および、固定コンタクト電極 (13) に対向する可動コンタクト電極 (21) を有し、固定コンタクト電極 (13) お

/ 続葉有 /



WO 2005/015595 A1



(81) 指定国 (国内): 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, MW, 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.

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

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 *PCT* ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

マイクロスイッチング素子およびその製造方法

5 技術分野

本発明は、半導体加工技術を利用して製造される微小なスイッチング素子、および、その製造方法に関する。

背景技術

10 携帯電話など無線通信機器の技術分野では、高機能を実現するために搭載される部品の増加に伴い、高周波回路ないしRF回路の小型化に対する要求が高まっている。このような要求に応ずるべく、回路を構成する様々な部品について、MEMS (micro-electromechanical systems) 技術の利用による微小化が進められている。

15 そのような部品の一つとして、MEMSスイッチが知られている。一般に、MEMSスイッチは、機械的に開閉する一対のコンタクト電極と、当該電極対の機械的開閉動作を達成すべく静電気力を発生させるための一対の駆動電極とを具備する。これら各部位は、所定の材料基板においてMEMS技術により微小に成形される。MEMSスイッチは、特にGHzオーダーの高周波信号のスイッチング
20 において、従来使用されているPINダイオードやMESFETなどよりなるスイッチング素子よりも、開状態にて高い絶縁性を示し且つ低い挿入損失を示す傾向にある。これは、コンタクト電極対間の機械的開離により開状態が達成されること、および、機械的スイッチであるために寄生容量が少ないことに、起因する。

MEMSスイッチとしては、いわゆる縦型MEMSスイッチと、いわゆる横型
25 MEMSスイッチとが知られている。縦型MEMSスイッチは、一般に、基板主面に対して平行に支持されたメンブレン構造体である可動コンタクト電極、および、これの下方に設けられた固定コンタクト電極を有する。基板主面に直交する方向に可動コンタクト電極を変位させることにより、コンタクト電極対の開閉動作が行われる。コンタクト電極対は、閉状態において互いに面的に接触するよう

に構成されている。このような縦型MEMSスイッチについては、例えば、特開平9-17300や特開2000-188050に開示されている。

しかしながら、縦型MEMSスイッチは、その製造過程において、基板上に積層形成すべき材料膜が比較的多いために工程数が多くなる、という不具合を有する。加えて、縦型MEMSスイッチは、開状態にあるコンタクト電極対について、基板主面に直交する方向に十分な離隔距離を確保するのが困難である、という不具合を有する。

一方、横型MEMSスイッチは、一般に、固定コンタクト電極が設けられた固定部、および、可動コンタクト電極が設けられ且つ基板主面に平行な方向に変位可能な可動部を有する。固定コンタクト電極および可動コンタクト電極は、可動部の変位方向に離隔して対向している。基板主面に対して平行な方向に可動コンタクト電極を変位させることにより、コンタクト電極対の開閉動作が行われる。このような横型MEMSスイッチについては、例えば、特開平9-251834号公報に開示されている。

従来の横型MEMSスイッチでは、コンタクト電極対が互に線的または点的に接触することにより、スイッチの閉状態が達成される。そのため、閉状態を達成するための可動コンタクト電極の動作については、コンタクト電極対が例えば基板厚み方向に位置ズレせずに適切な配向で当接するように、高い精度が求められる。

しかしながら、例えば特開平9-251834号公報に開示されている従来の横型MEMSスイッチでは、先端に可動コンタクト電極を有する可動部が、一対の連結バーのみを介して固定部に連結されていることに起因して不安定であるので、可動部ないし可動コンタクト電極の変位動作には、不要な成分が含まれやすい。そのため、閉動作においては、固定コンタクト電極に対して可動コンタクト電極が適切な配向で当接しにくく、良好な閉状態が達成されない場合が生じやすい。このように、従来の横型MEMSスイッチは、可動部ないし可動コンタクト電極の安定な変位動作を実現するうえで困難性を有し、従って、良好な閉状態を達成するうえで困難性を有するのである。

発明の開示

本発明は、このような事情のもとで考え出されたものであり、可動部ないし可動コンタクト電極の安定な変位動作を実現することのできるマイクロスイッチング素子、および、その製造方法を提供することを、目的とする。

- 5 本発明の第1の側面によるとマイクロスイッチング素子が提供される。この素子は、フレームと、第1櫛歯電極部と、相互に離隔する一対の固定コンタクト電極と、可動部と、可動部およびフレームを連結するための一組の第1支持梁および一組の第2支持梁と、を備える。可動部は、第1櫛歯電極部と協働して静電気力を発生させるための第2櫛歯電極部、および、固定コンタクト電極に対向する
- 10 可動コンタクト電極を有し、当該固定コンタクト電極および可動コンタクト電極が当接する位置と離隔する位置との間で変位することが可能である。一組の第1支持梁および一組の第2支持梁は、可動部の変位の方向に離隔している。このような構成において、可動コンタクト電極および各固定コンタクト電極が当接状態にある位置と離隔状態にある位置との間で可動部を変位させることにより、本素
- 15 子の閉状態と開状態とが達成される。閉状態では、可動コンタクト電極により固定コンタクト電極が電氣的に橋渡しされ、当該固定コンタクト電極対を電流が通過することが許容される。開状態では、固定コンタクト電極対が電氣的に分離され、当該固定コンタクト電極対を電流が通過することは阻まれる。可動部のための駆動力は、第1および第2櫛歯電極部間に発生する静電気力である。
- 20 本発明における可動部は、各々が複数本の支持梁からなる二組の支持梁（一組の第1支持梁および一組の第2支持梁）を介して、フレームに連結されている。当該一組の第1支持梁と一組の第2支持梁とが可動部の変位方向に離隔しているため、可動部ないし可動コンタクト電極の変位動作は安定する傾向にある。具体的には、可動部ないし可動コンタクト電極の変位動作には、所望の変位方向に直
- 25 交する不要な変位成分が含まれにくい。

このように、本発明の第1の側面に係るマイクロスイッチング素子においては、可動部ないし可動コンタクト電極の安定な変位動作を実現することができるのである。このようなマイクロスイッチング素子は、良好な閉状態を達成するうえで好適である。

加えて、本発明の第1の側面に係るマイクロスイッチング素子は、駆動手段として、一对の櫛歯電極部（第1および第2櫛歯電極部）を有する。櫛歯電極対間には静電気力を効率よく発生させることができるので、当該マイクロスイッチング素子によると、低駆動電力を実現することが可能である。

- 5 本発明の第1の側面において、好ましくは、第1櫛歯電極部および第2櫛歯電極部は、一組の第1支持梁および一組の第2支持梁の間に位置する。このような構成においては、可動部に対する駆動力の作用点は、当該可動部の変位方向に離隔した2つの支点の間に位置する。作用点は、一对の櫛歯電極に由来する箇所位置する。2つの支点の一方は、可動部において一組の第1支持梁のうちの少なくとも1つが接続する箇所に位置し、当該2つの支点の他方は、可動部において一組の第2支持梁のうちの少なくとも1つが接続する箇所に位置する。支点間に作用点が位置するこのような構成は、可動部ないし可動コンタクト電極の安定な開閉動作を実現するうえで好適である。

- 15 好ましくは、フレーム、第1櫛歯電極部、および一对の固定コンタクト電極を支持するベース部を更に備える。このような構成によると、フレーム、第1櫛歯電極部、および一对の固定コンタクト電極を、ベース部を介して一体化することができる。

- 20 好ましくは、第1櫛歯電極部は複数の第1櫛歯電極を含み、第2櫛歯電極部は、各々が1つの第1櫛歯電極に対応する複数の第2櫛歯電極を含む。このような構成は、可動部の駆動手段として、実質的に複数の櫛歯電極対を採用することに相当する。櫛歯電極対の数および各櫛歯電極対の配置箇所は、可動部の駆動態様に応じて決定される。

- 25 好ましくは、第1櫛歯電極部において第2櫛歯電極部に対向する表面、および、第2櫛歯電極部において第1櫛歯電極部に対向する表面は、導体膜により構成されている。この場合、好ましくは、導体膜は、金、銀、ロジウム、白金、パラジウム、およびルテニウムからなる群より選択される金属、または、当該群より選択される金属を含む合金よりなる。このような構成は、第1櫛歯電極部および第2櫛歯電極部の間において、静電気力を効率よく発生させるうえで好適である。

好ましくは、固定コンタクト電極の各々において可動コンタクト電極に対向す

る表面、および、可動コンタクト電極において固定コンタクト電極に対向する表面は、導体膜により構成されている。この場合、好ましくは、導体膜は、金、銀、ロジウム、白金、パラジウム、およびルテニウムからなる群より選択される金属、または、当該群より選択される金属を含む合金よりなる。このような構成は、本素子の閉状態において、可動コンタクト電極と各固定コンタクト電極との間の電氣的接続性を確保するうえで好適であり、従って、良好な閉状態を達成するうえで好適である。

好ましくは、第2櫛歯電極部において第1櫛歯電極部に対向する表面は第1導体膜により構成されており、可動コンタクト電極において固定コンタクト電極に対向する表面は第2導体膜により構成されており、第1導体膜および第2導体膜は、分離している。このような構成は、可動部における可動コンタクト電極と第2櫛歯電極部との電氣的分離を図るうえで好適である。

好ましくは、一組の第1支持梁は2本の第1支持梁からなり、一組の第2支持梁は2本の第2支持梁からなる。この場合、2本の第1支持梁は、対称に可動部から延びているのが好ましく、2本の第2支持梁も、対称に可動部から延びているのが好ましい。この場合、2本の第1支持梁および2本の第2支持梁は、変位方向に直交する方向に延びているのが好ましい。これらの構成は、可動部ないし可動コンタクト電極の安定な変位動作を実現するうえで好適である。

好ましくは、一対の固定コンタクト電極および／または可動コンタクト電極は、当接電極間の接触抗力を低減するための可撓構造を有する。このような構成によると、開状態における可動コンタクト電極と各固定コンタクト電極との2つの離隔距離が異なる場合であっても、可動コンタクト電極は、当該差異を吸収しつつ両固定コンタクト電極に対して当接することが可能である。したがって、本構成は、本素子の閉状態において、可動コンタクト電極と各固定コンタクト電極との間の電氣的接続性を確保するうえで好適であり、従って、良好な閉状態を達成するうえで好適である。

好ましくは、フレームに沿う導通防止壁を更に備える。好ましくは、第1櫛歯電極部に沿う導通防止壁を更に備える。好ましくは、固定コンタクト電極に沿う導通防止壁を更に備える。本素子の製造方法によっては、本素子の各部位（フレ

ーム、第1櫛歯電極部、固定コンタクト電極など）が電氣的に不当に接続してしまう場合があるところ、上述のような導通防止壁を伴う構成は、本素子の各部位の間が電氣的に不当に連絡してしまうことを回避するうえで好適である。

- 本発明の第2の側面によると、フレームと、第1櫛歯電極部と、相互に離隔する一対の固定コンタクト電極と、第1櫛歯電極部と協働して静電氣力を発生させるための第2櫛歯電極部、および、固定コンタクト電極に対向する可動コンタクト電極を有する、可動部と、可動部およびフレームを連結する複数の支持梁と、を備えるマイクロスイッチング素子を、第1層、第2層、およびこれらの間の中間層よりなる積層構造を有する材料基板に加工を施すことにより、製造する方法が提供される。この製造方法は、第1層においてフレームへと加工される第1箇所、第1櫛歯電極部へと加工される第2箇所、一対の固定コンタクト電極へと加工される2つの第3箇所、可動部へと加工される第4箇所、および複数の支持梁へと加工される複数の第5箇所をマスクするためのマスクパターンを介し、第1層に対して中間層に至るまで異方性エッチング処理を行うための、第1エッチング工程と、第4箇所と第2層との間に介在する中間層、および、複数の第5箇所と第2層との間に介在する中間層を、エッチング除去するための、第2エッチング工程と、を含む。第2エッチング工程におけるエッチング除去手法としては、例えば、等方性ウェットエッチングまたは等方性ドライエッチングが採用される。
- このような方法によると、本発明の第1の側面に係るマイクロスイッチング素子を適切に製造することができる。加えて、本方法によると、フレーム、第1櫛歯電極部、一対の固定コンタクト電極、可動部、および複数の支持梁を、単一の材料基板から成形することができるので、比較的少ない工程数でマイクロスイッチング素子を製造することができる。このような製造方法は、マイクロスイッチング素子製造の歩留り向上を図るうえで好適である。

本発明の第2の側面において、本方法は、好ましくは、第2エッチング工程の後に、材料基板における第1導体層の側に導体材料を成膜するための成膜工程と、成膜工程にて第4箇所に形成された導体膜の一部をエッチング除去することにより、第2櫛歯電極部およびこれとは電氣的に分離している可動コンタクト電極、

を有する可動部を形成するための、第3エッチング工程と、を更に含む。このような構成は、可動部における可動コンタクト電極と第2櫛歯電極部との電氣的分離を図るうえで好適である。

- 好ましくは、第1エッチング工程におけるマスクパターンは、フレームに沿う
- 5 第1導通防止壁へと第1層において加工される箇所、第1櫛歯電極部に沿う第2導通防止壁へと第1層において加工される箇所、および固定コンタクト電極に沿う第3導通防止壁へと第1層において加工される箇所、から選択される少なくとも1つの箇所、を更にマスクし、第1エッチング工程では、異方性エッチング処理により、第1箇所に沿う第1導通防止壁、第2箇所に沿う第2導通防止壁、および第3箇所に沿う第3導通防止壁のうちの少なくとも1つが、第1層にて更に形成される。
- 10

- このような構成は、成膜工程において各部位が電氣的に不当に接続してしまうのを回避するうえで好適である。材料基板における第1導体層の側に導体材料を成膜するための、例えばスパッタリング法による成膜工程では、上述のような導
- 15 通防止壁が存在しない場合、第1層において既に成形されている第1～第5箇所表面に導体膜が形成されるとともに、第2導体層上におけるこれらの間の箇所にも導体膜が形成されやすい。その結果、第2導体層上に形成されてしまった当該導体膜を介して、例えば、フレームと第1櫛歯電極部が、および／または、フレームと固定コンタクト電極が、電氣的に不当に接続してしまう場合がある。

- 20 好ましくは、第1エッチング工程におけるマスクパターンは、第1層において、第4箇所と接続する追加支持梁を有するストッパ部へと加工される箇所、を更にマスクし、第1エッチング工程では、異方性エッチング処理により、第4箇所と接続する追加支持梁を有するストッパ部が第1層にて形成され、第2エッチング工程では、追加支持梁と第2層との間に介在する中間層が更にエッチング除去さ
- 25 れ、本方法は、第3エッチング工程の後に、追加支持梁を切断または除去するための工程を更に含む。

このような構成によると、素子の製造過程において、可動コンタクト電極と固定コンタクト電極が張り付いてしまう現象、即ちスティッキングを、回避することができる。

マイクロスイッチング素子の製造過程ではウェットエッチングを行う場合があり、当該ウェットエッチング工程において可動部が変位可能状態にあると、可動コンタクト電極と固定コンタクト電極の間や櫛歯電極部間に介在するエッチング溶液の表面張力の作用により、可動コンタクト電極と固定コンタクト電極が接近する傾向にある。そのため、乾燥後においても、当該電極どうしが張り付いたままとなってしまう場合がある。

これに対して、ストッパ部を伴う上述の構成によると、追加支持梁が切断または除去されるまでは、可動部は変位可能状態にないため、マイクロスイッチング素子の製造過程においてウェットエッチングが行われる際に上述のようなステッピングを回避することができる。

図面の簡単な説明

- 図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係るマイクロスイッチング素子の平面図である。
- 図 2 は、図 1 の線 II-II に沿った部分断面図である。
- 図 3 は、図 1 の線 III-III に沿った部分断面図である。
- 図 4 は、図 1 の線 IV-IV に沿った部分断面図である。
- 図 5 は、図 1 の線 V-V に沿った部分断面図である。
- 図 6 は、閉状態にある図 1 のマイクロスイッチング素子を表す。
- 図 7 は、一組の可動コンタクト電極および固定コンタクト電極の変形例の拡大平面図である。
- 図 8 は、一組の可動コンタクト電極および固定コンタクト電極の他の変形例の拡大平面図である。
- 図 9 A～図 9 I は、図 1 に示すマイクロスイッチング素子の製造方法における一連の工程を表す。
- 図 10 は、図 9 E に示す工程にてストッパ部が形成される場合の、当該工程を経た時点での材料基板の平面図である。
- 図 11 A～図 11 F は、ストッパ部の形成を伴うマイクロスイッチング素子製造方法の一部の工程を表す。

図 1 2 は、本発明の第 2 の実施形態に係るマイクロスイッチング素子の平面図である。

図 1 3 は、図 1 2 の線 XIII-XIII に沿った部分断面図である。

図 1 4 は、図 1 2 の線 XIV-XIV に沿った部分断面図である。

- 5 図 1 5 A～図 1 5 I は、図 1 2 に示すマイクロスイッチング素子の製造方法における一連の工程を表す。

発明を実施するための最良の形態

- 図 1～図 5 は、本発明の第 1 の実施形態に係るマイクロスイッチング素子 X 1
10 を表す。マイクロスイッチング素子 X 1 は、固定部 1 0 と、可動部 2 0 と、一組の支持梁 3 0 A と、一組の支持梁 3 0 B とを備える。

- 固定部 1 0 は、フレーム 1 1 と、櫛歯電極部 1 2 と、一对の固定コンタクト電極 1 3 と、これらを支持するベース部 1 4 とを有する。図 1 においては、図の明確化の観点より、ベース部 1 4 を除く固定部 1 0 と、可動部 2 0 と、支持梁 3 0
15 A、3 0 B とについては、ドットハッチングを付して表す。

- フレーム 1 1 は、ベース部 1 4 上にて所定のパターンで設けられており、図 2 に示すように、絶縁層 1 5 を介してベース部 1 4 に固定されている。ベース部 1 4 に対向する表面を除くフレーム 1 1 の表面は、導体膜 1 6 A により構成されている。導体膜 1 6 A は、金、銀、ロジウム、白金、パラジウム、およびルテニウム
20 ムからなる群より選択される金属、または、当該群より選択される金属を含む合金よりなる。後出の導体膜の構成材料としても、このような単体金属や合金を採用することができる。また、フレーム 1 1 は、本実施形態では一様な幅 W 1 を有し、当該幅 W 1 は例えば 3 0～1 0 0 μ m である。

- 櫛歯電極部 1 2 は、所定パターンの一对の基部 1 2 a、および、当該基部 1 2
25 a から延出する複数の電極歯 1 2 b を有する。本実施形態では、櫛歯電極部 1 2 は、図 1 に表れているように線対称の形態を有し、且つ、実質的に合計 6 個の櫛歯電極を含む。図 2～図 4 に示すように、基部 1 2 a は絶縁層 1 5 を介してベース部 1 4 に固定されており、図 3 に示すように、電極歯 1 2 b は、ベース部 1 4 から離隔している。ベース部 1 4 に対向する表面を除く櫛歯電極部 1 2 の表面は、

図2～図4に示すように、導体膜16Bにより構成されている。また、基部12aについて、幅W2は例えば20～150 μm であり、幅W3は例えば20～30 μm である。

5 一対の固定コンタクト電極13は、各々、基部13a、および、当該基部13aから延出するアーム部13bを有する。本実施形態では、一対の固定コンタクト電極13は、各アーム部13bの自由端が互いに近接するような、線対称の形態を有する。基部13a、および、アーム部13bにおいて基部13aに近接する幅太な箇所は、フレーム11と同様に絶縁層15を介してベース部14に固定されており、アーム部13bにおいて所定以下に幅細な箇所は、図5に示すよう
10 にベース部14から離隔している。ベース部14に対向する表面を除く各固定コンタクト電極13の表面は、導体膜16Cにより構成されている。また、アーム部13bについて、その先端の幅W4は例えば10～15 μm である。

可動部20は、胴部21と、可動コンタクト電極22と、櫛歯電極部23とを有し、その全体がベース部14から離隔している。

15 胴部21は、可動部21の変位方向Y（図1および図5に示す）に延びる。ベース部14に対向する表面、と、可動コンタクト電極22に近接する箇所の全周面とを除く、胴部21の表面は、図4に示すように導体膜16Dにより構成されている。また、胴部21について、幅W5は例えば10～15 μm である。

可動コンタクト電極22は、両固定コンタクト電極13に対向するように、胴部21の一端部に設けられている。可動コンタクト電極22と各固定コンタクト電極13との離隔距離D1は、理想的には同一であり、例えば1～5 μm である。
20 ベース部14に対向する表面を除く可動コンタクト電極22の表面は、図5に示すように導体膜16Eにより構成されている。可動コンタクト電極22について、幅W6は例えば10～15 μm である。また、胴部21において可動コンタクト
25 電極22に近接する箇所の全周面には導体膜が設けられておらず、従って、可動コンタクト電極22の導体膜16Eと、胴部21の導体膜16Dとは、分離している。図1においては、当該分離領域Rについて斜線ハッチングを付して表す。

櫛歯電極部23は、基部23aおよび複数の電極歯23bから各々が構成されている合計6つの櫛歯電極からなる。櫛歯電極部23の各櫛歯電極は、胴部21

から延出し、櫛歯電極部 1 2 の一の櫛歯電極に対向している。ベース部 1 4 に対向する表面を除く櫛歯電極部 2 3 の表面は、図 2 および 3 に示すように導体膜 1 6 F により構成されている。また、図 3 に示すように、基部 2 3 a について幅 W 7 は例えば $5 \sim 10 \mu\text{m}$ であり、図 2 に示すように、電極歯 2 3 b について幅 W 8 は例えば $1 \sim 3 \mu\text{m}$ である。上述の電極歯 1 2 b は、このような電極歯 2 3 b と同一の幅を有しているのが好ましい。このような電極歯 2 3 b と、櫛歯電極部 1 2 の電極歯 1 2 b との間の離隔距離は例えば $1 \sim 3 \mu\text{m}$ である。

一組の支持梁 3 0 A および一組の支持梁 3 0 B は、可動部 2 0 をフレーム 1 1 に連結するためのものであり、ベース部 1 4 から離隔している。

10 一組の支持梁 3 0 A の本数は本実施形態では 2 であり、各支持梁 3 0 A は、図 1 に示すように、可動部 2 0 の胴部 2 1 における可動コンタクト電極 2 2 に近い一端部に接続し、且つ、フレーム 1 1 の所定箇所に接続する。2 本の支持梁 3 0 A は、可動部 2 0 の胴部 2 1 から対称に延び、且つ、可動部 2 0 の変位方向 Y に直交する方向に延びている。ベース部 1 4 に対向する表面を除く各支持梁 3 0 A
15 の表面は、図 5 に示すように導体膜 1 6 G により構成されている。支持梁 3 0 A の幅は例えば $2 \sim 10 \mu\text{m}$ である。

一組の支持梁 3 0 B の本数は本実施形態では 2 であり、各支持梁 3 0 B は、図 1 に示すように、可動部 2 0 の胴部 2 1 における可動コンタクト電極 2 2 から遠い他端部に接続し、且つ、フレーム 1 1 の所定箇所に接続する。2 本の支持梁 3
20 0 B は、可動部 2 0 の胴部 2 1 から対称に延び、且つ、可動部 2 0 の変位方向 Y に直交する方向に延びている。支持梁 3 0 A の表面が導体膜 1 6 G により構成されているのと同様に、ベース部 1 4 に対向する表面を除く各支持梁 3 0 B の表面は、導体膜 1 6 G により構成されている。支持梁 3 0 B の幅は例えば $2 \sim 10 \mu\text{m}$ である。

25 このように、本実施形態では、一組の支持梁 3 0 A と一組の支持梁 3 0 B は、可動部 2 0 の変位方向 Y に離隔しており、且つ、一对の櫛歯電極部 1 2, 2 3 は、これらの間に配設されている。

また、マイクロスイッチング素子 X 1 において、フレーム 1 1 の導体膜 1 6 A と、支持梁 3 0 A, 3 0 B の導体膜 1 6 G と、胴部 2 1 の導体膜 1 6 D と、櫛歯

電極部 2 3 の導体膜 1 6 F とは、連続し、従って電氣的に接続している。

このような構成のマイクロスイッチング素子 X 1 において、フレーム 1 1 (導体膜 1 6 A) に所定の電位を付与すると、当該電位は、支持梁 3 0 A, 3 0 B (導体膜 1 6 G)、胴部 2 1 (導体膜 1 6 D) を介して櫛歯電極部 2 3 の電極歯 2 3 b (導体膜 1 6 F) に伝達される。また、櫛歯電極 1 2 の基部 1 2 a (導体膜 1 6 B) に所定の電位を付与すると、当該電位は、導体膜 1 6 B 中を介して電極歯 1 2 b (導体膜 1 6 B) に伝達される。櫛歯電極部 1 2, 2 3 の間には、各々に付与された電位に応じて静電引力が発生する。その結果、可動部 2 0 は、2 組の支持梁 3 0 A, 3 0 B による支持抗力に逆らいながら、図 6 に示すように、可動コンタクト電極 2 2 が各固定コンタクト電極 1 3 に当接する位置まで変位する。このようにして、マイクロスイッチング素子 X 1 の閉状態が達成される。マイクロスイッチング素子 X 1 の閉状態においては、可動コンタクト電極 2 2 により 2 つの固定コンタクト電極 1 3 が電氣的に橋渡しされ、当該固定コンタクト電極対 1 3 を電流が通過することが許容される。

閉状態にあるマイクロスイッチング素子 X 1 において、櫛歯電極部 1 2, 2 3 間に作用する静電引力を低減または消滅させると、可動部 2 0 は、2 組の支持梁 3 0 A, 3 0 B による支持抗力に従って、可動コンタクト電極 2 2 が各固定コンタクト電極 1 3 から離隔する所定位置まで変位する。このようにして、図 1 に示すような、マイクロスイッチング素子 X 1 の開状態が達成される。開状態では、固定コンタクト電極対 1 3 が電氣的に分離され、当該固定コンタクト電極対 1 3 を電流が通過することは阻まれる。

マイクロスイッチング素子 X 1 では、可動部 2 0 は、当該可動部 2 0 の変位方向に離隔する二組の支持梁 3 0 A, 3 0 B を介して、フレーム 1 1 に連結されているため、可動部 2 0 ないし可動コンタクト電極 2 2 の変位動作は安定的に達成される。具体的には、可動部 2 0 ないし可動コンタクト電極 2 2 の変位動作には、所望の変位方向 Y に直交する不要な変位成分が含まれにくい。

このように、マイクロスイッチング素子 X 1 によると、固定コンタクト電極対 1 3 と可動コンタクト電極 2 2 との機械的開閉を良好に行うことができるのである。

加えて、マイクロスイッチング素子X 1は、駆動手段として、一对の櫛歯電極部1 2, 2 3を有する。櫛歯電極対間1 2、2 3には静電引力を効率よく発生させることができるので、当該マイクロスイッチング素子X 1によると、低駆動電力を達成することが可能である。

- 5 本発明においては、上述のような一对の固定コンタクト電極1 3および可動コンタクト電極2 2に代えて、図7に示す一对の固定コンタクト電極1 7および可動コンタクト電極2 4を採用してもよい。

一对の固定コンタクト電極1 7は、各々、基部1 7 a、および、当該基部1 7 aから延出するアーム部1 7 bを有する。基部1 7 aは、絶縁層1 5を介してベース部1 4に固定され、アーム部1 7 bはベース部1 4から離隔している。また、アーム部1 7 bは、可撓性を示すような所定の細さおよび屈曲形状し、可動コンタクト電極2 4に向かって突出する突部1 7 b'を自由端に有する。ベース部1 4に対向する表面を除く各固定コンタクト電極1 7の表面は、導体膜により構成されている。

- 15 可動コンタクト電極2 4は、両固定コンタクト電極1 7に対向するように、胴部2 1の一端部に設けられており、固定コンタクト電極1 7に向かって突出する一对の突出部2 4 aを有する。可動コンタクト電極2 4の各突出部2 4 aと、これに対向する固定コンタクト電極1 7の突出部1 7 b'との離隔距離D 2は、理想的には同一であり、例えば1～5 μm である。ベース部1 4に対向する表面を除く可動コンタクト電極2 4の表面は、導体膜により構成されている。また、可動コンタクト電極2 4は、可撓性を示すように所定の幅W 9を有する。

- 一对の固定コンタクト電極1 7および可動コンタクト電極2 4は、可動部2 0の変位方向Yに撓み易い可撓性を示す。したがって、一方の突出部1 7 b'および突出部2 4 aの組における離隔距離と、他方の突出部1 7 b'および突出部2 4 aの組における離隔距離とが、異なる場合であっても、当該差異を吸収しつつ可動コンタクト電極2 4は一对の固定コンタクト電極1 7に当接することができる。

本発明においては、上述のような一对の固定コンタクト電極1 3に代えて、図8に示す一对の固定コンタクト電極1 8を採用してもよい。

一対の固定コンタクト電極 18 は、各々、基部 18 a および先端部 18 b を有する。基部 18 a、および、先端部 18 b において基部 18 b に近接する幅太な箇所は、絶縁層 15 を介してベース部 14 に固定されており、先端部 18 b において所定以下に幅細な箇所は、ベース部 14 から離隔している。ベース部 14 に対向する表面を除く各固定コンタクト電極 18 の表面は、導体膜により構成されている。

図 9 A～図 9 I は、マイクロスイッチング素子 X 1 の製造方法における一連の工程を表す。この方法は、MEMS 技術により上述のマイクロスイッチング素子 X 1 を製造するための一手法である。

10 図 9 A～図 9 I においては、図 9 I に示すフレーム 11、櫛歯電極部 12 の基部 12 a および電極歯 12 b、固定コンタクト電極 13 のアーム部 13 b、可動部 20 の胴部 21、可動コンタクト電極 22、および櫛歯電極部 23（基部 23 a、電極歯 23 b）、並びに支持梁 30 A の形成過程を、一の断面により表す。当該一の断面は、加工が施される材料基板（ウエハ）における単一のマイクロスイッチング素子形成区画に含まれる図 2 に示す断面、図 3 に示す断面の一部、および図 1 の線 IX-IX の実線部に沿った断面を、モデル化して連続断面として表したものである。

マイクロスイッチング素子 X 1 の製造においては、まず、図 9 A に示すような材料基板 S を用意する。材料基板 S は、いわゆる S O I（silicon on insulator）基板であり、シリコン層 61、シリコン層 62、およびこれらの間の絶縁層 63 よりなる積層構造を有する。シリコン層 61、62 は、例えば単結晶シリコンよりなり、絶縁層 62 は例えば酸化シリコンよりなる。シリコン層 61 の厚さは例えば 10～60 μm であり、シリコン層 62 の厚さは例えば 300～700 μm であり、絶縁層 63 の厚さは例えば 2～4 μm である。

25 次に、図 9 B に示すように、シリコン層 61 上にレジストパターン 71 を形成する。レジストパターン 71 の形成においては、まず、シリコン層 61 上に液状のフォトリソグをスピンコーティングにより成膜する。次に、露光処理およびその後の現像処理を経て、当該フォトリソグ膜をパターニングする。後出のレジストパターンについても、このようなフォトリソグの成膜、並びに、その後

の露光処理および現象処理、を経て形成することができる。レジストパターン71は、フレーム11、櫛歯電極部12、固定コンタクト電極13、可動部20、および支持梁30A、30Bへと加工される箇所をマスクするためパターン形状を有する。

- 5 次に、図9Cに示すように、レジストパターン71をマスクとして、シリコン層61に対して絶縁層63に至るまで異方性エッチング処理を行う。異方性エッチングとしては、DRIE (deep reactive ion etching) を採用することができる。DRIEでは、エッチングと側壁保護とを交互に行うBoschプロセスにおいて、良好なエッチング処理を行うことができる。後出のDRIEについて、このようなBoschプロセスを採用することができる。

本エッチング工程を経ることにより、シリコン層61において、フレーム11へと加工される構造部11'、櫛歯電極部12へと加工される構造部12'、固定コンタクト電極13へと加工される構造部13'、可動部20へと加工される構造部20'、および支持梁30A、30Bへと加工される構造部30'が成形される。

- 15 次に、図9Dに示すように、所定の剥離液を作用させることにより、材料基板Sからレジストパターン71を除去する。次に、図9Eに示すように、絶縁層63における所定箇所を、ウェットエッチングにより除去する。絶縁層63が酸化シリコンよりなる場合、エッチング液としては、例えば、フッ酸とフッ化アンモニウムからなるバッファードフッ酸 (BHF) を使用することができる。本エッチング工程では、レジストパターン71で覆われたシリコン層61の所定の一部
- 20 の下方にアンダーカットが入るようにエッチング処理を行う。櫛歯電極部12へと加工される構造部12'において電極歯12bに相当する箇所、固定コンタクト電極13へと加工される構造部13'においてアーム部13bに相当する箇所、可動部20へと加工される構造部20'、および支持梁30A、30Bへと加工される構造部30は、他の部位よりも有意に幅狭であり、具体的には、これらとシリコン層62との間に介在する絶縁層63が除去されるように、エッチング処理を行う。これにより、フレーム11へと加工される構造部11'、櫛歯電極部12へと加工される構造部12'において基部12aに相当する箇所、および固定コンタクト電極13へと加工される構造部13'において基部13aに相当する箇
- 25

所の直下に、絶縁層 15 が形成されることとなる。

次に、図 9 F に示すように、例えばスパッタリング法により、材料基板 S に対してシリコン層 61 の側から導体膜 64 を形成する。導体膜 64 の厚さは例えば 300 ~ 1000 nm である。このとき、シリコン層 61 において比較的広く除去された箇所の直下にて、シリコン層 62 上にも例えば導体膜 65, 66, 67 が形成される。本工程を経ることにより、フレーム 11、櫛歯電極部 12、固定コンタクト電極 13、および支持梁 30A, 30B が形成されることとなる。

次に、図 9 G に示すように、材料基板 S におけるシリコン層 61 の側にレジストパターン 72 を形成する。レジストパターン 72 は、可動部 20 へと加工される構造部 20' の所定箇所を露出させるための開口部 72a を有する。開口部 72a を介して、可動部 20 の胴部 21 へと加工される箇所における、可動コンタクト電極 22 へと加工される箇所の側の先端、を被覆している導体膜 64 が露出する。

次に、図 9 H に示すように、レジストパターン 72 をマスクとして、導体膜 64 に対してウェットエッチングを施す。これにより、相互に電氣的に分離している胴部 21 および可動コンタクト電極 22 を有する可動部 20 が形成される。

次に、図 9 I に示すように、所定の剥離液を作用させることにより、材料基板 S からレジストパターン 72 を除去する。その後、必要に応じて材料基板 S (ウエハ) を各素子片に分離する。

以上の一連の工程を経ることにより、マイクロスイッチング素子 X1 を製造することができる。本方法によると、マイクロスイッチング素子 X1 を単一の材料基板において形成することができるので、比較的少ない工程数でマイクロスイッチング素子を製造することができる。このような製造方法は、マイクロスイッチング素子製造の歩留り向上を図るうえで好適である。

マイクロスイッチング素子 X1 の製造においては、図 9 E を参照して上述した工程にて図 12 に示すようなストッパ部 40 が形成される過程を経てもよい。ストッパ部 40 は、基部 41 および支持梁 42 を有する。基部 41 は、絶縁層 15 を介してベース部 14 に固定されており、支持梁 42 は、ベース部 14 から離隔している。また、支持梁 42 は、基部 41 に接続するとともに、可動部 20 ない

し胴部 2 1 の端部に接続している。支持梁 4 2 の幅は、胴部 2 1 の幅 W 5 よりも相当程度に小さく設計されている。

5 ストップ部 4 0 の形成を伴うマイクロスイッチング素子 X 1 の製造においては、図 9 B を参照して上述したレジストパターン 7 1 は、シリコン層 6 1 においてストップ部 4 0 へと加工される箇所を更にマスクする。図 9 C を参照して上述した異方性エッチングでは、図 1 1 A に示すように、ストップ部 4 0 が更に成形される。図 9 E を参照して上述したウェットエッチングでは、図 1 1 B に示すように、支持梁 4 2 の下方にアンダーカットを入れて、支持梁 4 2 をベース部 1 4 から離隔させる。具体的には、幅狭な支持梁 4 2 とシリコン層 6 2 の間に介在する絶縁層 6 3 をエッチング除去する。これにより、基部 4 1 の直下に絶縁層 1 5 が形成されることとなる。図 9 F を参照して上述した導体膜形成工程では、図 1 1 C に示すように、導体膜 6 4 は、ストップ部 4 0 の表面をも覆うように形成される。

10 図 9 G を参照して上述したレジストパターン 7 2 は、図 1 1 A に示すように、支持梁 4 2 を露出させるための開口部 7 2 b を更に有する。図 9 H を参照して上述したウェットエッチングでは、図 1 1 B に示すように、支持梁 4 2 を覆う導体膜 6 4 をも除去する。

 ストップ部 4 0 の形成を伴うマイクロスイッチング素子 X 1 の製造においては、図 1 1 C に示すように、支持梁 4 2 を切断する。支持梁 4 2 の切断においては、例えば、エッチングガスとして SF_6 を使用する R I E を採用することができる。

20 具体的には、例えば、支持梁 4 2 の幅が $2 \mu\text{m}$ であり且つ胴部 2 1 の幅が $10 \mu\text{m}$ 以上である場合には、等方性エッチングに近い異方性エッチングの条件で R I E を行うことにより、胴部 2 1 を切断せずに支持梁 4 2 を適切に切断することができる。

 このような方法によると、図 9 E を参照して上述したウェットエッチングを行う際に、可動コンタクト電極 2 2 と固定コンタクト電極 1 3 とが張り付いてしまう現象、即ちスティッキングを、回避することができる。当該ウェットエッチングにおいて可動部 2 0 がベース部 1 4 から離隔して変位可能状態にあると、可動コンタクト電極 2 2 と固定コンタクト電極 1 3 の間や、櫛歯電極部 1 2, 2 3 間の溶液の表面張力に誘発されて、可動コンタクト電極 2 2 と固定コンタクト電極

1 3が接近する。その結果、乾燥後においても、当該コンタクト電極1 3, 2 2
どうしが張り付いたままとなってしまう。これに対し、ストッパ部4 0を伴う上
述の方法によると、図1 1 Cを参照して上述したように支持梁4 2が切断される
までは、可動部2 0は変位可能状態にないため、ウェットエッチングが行われる
5 際にスティッキングは発生しないのである。

図1 2～図1 4は、本発明の第2の実施形態に係るマイクロスイッチング素子
X 2を表す。マイクロスイッチング素子X 2は、固定部1 0と、可動部2 0と、
一組の支持梁3 0 Aと、一組の支持梁3 0 Bと、導通防止壁5 1, 5 2, 5 3,
5 4とを備える。マイクロスイッチング素子X 2は、導通防止壁5 1, 5 2, 5
10 3, 5 4を追加的に備える点において、マイクロスイッチング素子X 1と異なる。
図の明確化の観点より、図1 2においては導通防止壁5 1, 5 2, 5 3, 5 4は、
斜線ハッチングを付して表す。マイクロスイッチング素子X 2の他の構成につい
ては、マイクロスイッチング素子X 1に関して上述したのと同様である。

導通防止壁5 1, 5 2, 5 3, 5 4は、マイクロスイッチング素子X 2の後述
15 の製造過程において、部位間の不当な導通を防止するためのものであり、ベース
部1 4に固定されている。導通防止壁5 1は、図1 2によく表れているように、
一对の固定コンタクト電極1 3を囲むように設けられている。このような導通防
止壁5 1は、固定コンタクト電極1 3およびフレーム1 1の不当な導通、並びに、
固定コンタクト電極1 3および支持梁3 0 Aの間接的な不当な導通を防止する。
20 導通防止壁5 2, 5 3は、各々、図1 2によく表れているように、櫛歯電極部1
2に沿って設けられている。このような導通防止壁5 2, 5 3は、櫛歯電極部1
2およびフレーム1 1の不当な導通、並びに、櫛歯電極部1 2および支持梁3 0
Aの間接的な不当な導通を防止する。導通防止壁5 4は、図1 2によく表れてい
るように、マイクロスイッチング素子X 2の周縁に設けられている。このような
25 導通防止壁5 4は、主に、フレーム1 1および外部構造（例えば隣接マイクロス
イッチング素子）の不当な導通を防止する。各導通防止壁5 1～5 4と、近接す
る部位との離隔距離は、可動部2 0の変位を阻害しない限りにおいて、例えば1
～5 μ mである。

図1 5 A～図1 5 Iは、マイクロスイッチング素子X 2の製造方法における一

連の工程を表す。この方法は、MEMS技術により上述のマイクロスイッチング素子X 2を製造するための一手法である。

図15A～図15Iにおいては、図15Iに示すフレーム11、櫛歯電極部12の基部12aおよび電極歯12b、固定コンタクト電極13のアーム部13b、
5 可動部20の胴部21、可動コンタクト電極22、および櫛歯電極部23（基部23a、電極歯23b）、支持梁30A、並びに導通防止壁53の形成過程を、一の断面により表す。当該一の断面は、図9A～図9Iの表すモデル化連続断面と同一箇所に相当するモデル化連続断面である。

マイクロスイッチング素子X 2の製造においては、まず、図15Aに示すよう
10 に、図18を参照して上述したのと同じ材料基板Sを用意する。次に、図15Bに示すように、シリコン層61上にレジストパターン73を形成する。レジストパターン73は、フレーム11、櫛歯電極部12、固定コンタクト電極13、可動部20、支持梁30A、30B、および導通防止壁51～54へと加工される箇所をマスクするためパターン形状を有する。

15 次に、図15Cに示すように、レジストパターン73をマスクとして、シリコン層61に対して絶縁層63に至るまで異方性エッチング処理を行う。本エッチング工程を経ることにより、シリコン層61において、フレーム11へと加工される構造部11'、櫛歯電極部12へと加工される構造部12'、固定コンタクト電極13へと加工される構造部13'、可動部20へと加工される構造部20'、
20 支持梁30A、30Bへと加工される構造部30'、および導通防止壁51～54へと加工される構造部50'が成形される。

次に、図15Dに示すように、所定の剥離液を作用させることにより、材料基板Sからレジストパターン73を除去する。次に、図15Eに示すように、絶縁層63における所定箇所を、ウェットエッチングにより除去する。本エッチング
25 工程では、レジストパターン73で覆われたシリコン層61の下方にアンダーカットが入るようにエッチング処理を行う。櫛歯電極部12へと加工される構造部12'において電極歯12bに相当する箇所、固定コンタクト電極13へと加工される構造部13'においてアーム部13bに相当する箇所、可動部20へと加工される構造部20'、および支持梁30A、30Bへと加工される構造部30'

は、他の部位よりも有意に幅狭であり、具体的には、これらとシリコン層 6 2 との間に介在する絶縁層 6 3 が除去されるように、エッチング処理を行う。これにより、フレーム 1 1 へと加工される構造部 1 1'、櫛歯電極部 1 2 へと加工される構造部 1 2' において基部 1 2 a に相当する箇所、および固定コンタクト電極 1 3 へと加工される構造部 1 3' において基部 1 3 a に相当する箇所の直下に、絶縁層 1 5 が形成されることとなる。また、本工程を経ることにより、導通防止壁 5 1 ~ 5 4 が形成されることとなる。

次に、図 1 5 F に示すように、例えばスパッタリング法により、材料基板 S に対してシリコン層 6 1 の側から導体膜 6 4 を形成する。導体膜 6 4 の厚さは例えば 3 0 0 ~ 1 0 0 0 nm である。

フレーム 1 1 と櫛歯電極部 1 2 とが、或は、フレーム 1 1 と固定コンタクト電極 1 3 とが比較的離れていても、これらの間には、これらに近接して起立する導通防止壁 5 1 ~ 5 4 が存在する。そのため、フレーム 1 1 と櫛歯電極部 1 2 の間や、フレーム 1 1 と固定コンタクト電極の間にわたるシリコン層 6 2 上においては導体膜は形成されにくい。したがって、本工程を経ても、各部位間にわたって導体膜が連続形成されることに起因する各部位の不当な導通は、防止されるのである。

本工程では、櫛歯電極部 2 3 とフレーム 1 1 は比較的広く離隔するために、櫛歯電極部 2 3 に近接するシリコン層 6 2 上には、例えば導電膜 6 6 が形成される場合がある。しかしながら、櫛歯電極部 2 3 は、シリコン層 6 2 と離隔しているため、導電膜 6 6 を介して何れかの部位と不当に導通してしまうことはない。したがって、櫛歯電極部 2 3 の可動領域を確保するという観点より、当該櫛歯電極部 2 3 とフレーム 1 1 との間には、導通防止壁を設けない方がよい。

次に、図 1 5 G に示すように、材料基板 S におけるシリコン層 6 1 の側にレジストパターン 7 4 を形成する。レジストパターン 7 4 は、可動部 2 0 へと加工される構造部 2 0' の所定箇所を露出させるための開口部 7 4 a を有する。開口部 7 4 a を介して、可動部 2 0 の胴部 2 1 へと加工される箇所の、可動コンタクト電極 2 2 へと加工される箇所の側の先端、を被覆している導体膜 6 4 が露出する。

次に、図 1 5 H に示すように、レジストパターン 7 4 をマスクとして、導体膜

6 4 に対してウエットエッチングを施す。これにより、相互に電氣的に分離している胴部 2 1 および可動コンタクト電極 2 2 を有する可動部 2 0 が形成される。

- 次に、図 1 5 I に示すように、所定の剥離液を作用させることにより、材料基板 S からレジストパターン 7 4 を除去する。その後、必要に応じて材料基板 S (ウエハ) を各素子片に分離する。

- 以上の一連の工程を経ることにより、マイクロスイッチング素子 X 2 を製造することができる。本方法によると、マイクロスイッチング素子 X 2 を単一の材料基板において形成することができるので、比較的少ない工程数でマイクロスイッチング素子を製造することができる。このような製造方法は、マイクロスイッチング素子製造の歩留り向上を図るうえで好適である。

マイクロスイッチング素子 X 2 の製造においては、図 1 5 E を参照して上述した工程で、図 1 5 にて破線で示すようなストッパ部 4 0 が形成される過程を経てもよい。ストッパ部 4 0 の構造および形成手法については、第 1 の実施形態に関して上述したのと同様である。

- 15 ストッパ部 4 0 の形成を伴うマイクロスイッチング素子 X 2 の製造においては、図 1 5 E を参照して上述したウエットエッチングを行う際に、可動コンタクト電極 2 2 と固定コンタクト電極 1 3 とが張り付いてしまう現象、即ちスティッキングを、回避することができる。

請求の範囲

1. フレームと、
第1櫛歯電極部と、
- 5 相互に離隔する一対の固定コンタクト電極と、
前記第1櫛歯電極部と協働して静電気力を発生させるための第2櫛歯電極部、
および、前記固定コンタクト電極に対向する可動コンタクト電極を有し、当該固定コンタクト電極および可動コンタクト電極が当接する位置と離隔する位置との間で変位することが可能な、可動部と、
- 10 前記可動部および前記フレームを連結するための一組の第1支持梁および一組の第2支持梁と、を備え、
前記一組の第1支持梁および前記一組の第2支持梁は、前記可動部の前記変位の方向に離隔している、マイクロスイッチング素子。
- 15 2. 前記第1櫛歯電極部および前記第2櫛歯電極部は、前記一組の第1支持梁および前記一組の第2支持梁の間に位置する、請求項1に記載のマイクロスイッチング素子。
3. 前記フレーム、前記第1櫛歯電極部、および前記一対の固定コンタクト電極
20 を支持するベース部を更に備える、請求項1に記載のマイクロスイッチング素子。
4. 前記第1櫛歯電極部は複数の第1櫛歯電極を含み、前記第2櫛歯電極部は、
各々が1つの前記第1櫛歯電極に対応する複数の第2櫛歯電極を含む、請求項1
に記載のマイクロスイッチング素子。
- 25 5. 前記第1櫛歯電極部において前記第2櫛歯電極部に対向する表面、および、
前記第2櫛歯電極部において前記第1櫛歯電極部に対向する表面は、導体膜により構成されている、請求項1に記載のマイクロスイッチング素子。

6. 前記導体膜は、金、銀、ロジウム、白金、パラジウム、およびルテニウムからなる群より選択される金属、または、当該群より選択される金属を含む合金よりなる、請求項 5 に記載のマイクロスイッチング素子。

5 7. 前記固定コンタクト電極の各々において前記可動コンタクト電極に対向する表面、および、前記可動コンタクト電極において前記固定コンタクト電極に対向する表面は、導体膜により構成されている、請求項 1 に記載のマイクロスイッチング素子。

10 8. 前記導体膜は、金、銀、ロジウム、白金、パラジウム、およびルテニウムからなる群より選択される金属、または、当該群より選択される金属を含む合金よりなる、請求項 7 に記載のマイクロスイッチング素子。

15 9. 前記第 2 櫛歯電極部において前記第 1 櫛歯電極部に対向する表面は第 1 導体膜により構成されており、前記可動コンタクト電極において前記固定コンタクト電極に対向する表面は第 2 導体膜により構成されており、前記第 1 導体膜および前記第 2 導体膜は、分離している、請求項 1 に記載のマイクロスイッチング素子。

20 10. 前記一組の第 1 支持梁は 2 本の第 1 支持梁からなり、前記一組の第 2 支持梁は 2 本の第 2 支持梁からなる、請求項 1 に記載のマイクロスイッチング素子。

25 11. 前記 2 本の第 1 支持梁は、対称に前記可動部から延びており、前記 2 本の第 2 支持梁は、対称に前記可動部から延びている、請求項 10 に記載のマイクロスイッチング素子。

12. 前記 2 本の第 1 支持梁および前記 2 本の第 2 支持梁は、前記変位方向に直交する方向に延びている、請求項 11 に記載のマイクロスイッチング素子。

- 1 3. 前記一对の固定コンタクト電極および／または前記可動コンタクト電極は、可撓構造を有する、請求項 1 に記載のマイクロスイッチング素子。
- 1 4. 前記フレームに沿う導通防止壁を更に備える、請求項 1 に記載のマイクロ
5 スwitching素子。
- 1 5. 前記第 1 櫛歯電極部に沿う導通防止壁を更に備える、請求項 1 に記載のマイクロスイッチング素子。
- 10 1 6. 前記固定コンタクト電極に沿う導通防止壁を更に備える、請求項 1 に記載のマイクロスイッチング素子。
- 1 7. フレームと、第 1 櫛歯電極部と、相互に離隔する一对の固定コンタクト電極と、前記第 1 櫛歯電極部と協働して静電気力を発生させるための第 2 櫛歯電極
15 部、および、前記固定コンタクト電極に対向する可動コンタクト電極、を有する可動部と、前記可動部および前記フレームを連結する複数の支持梁と、を備えるマイクロスイッチング素子を、第 1 層、第 2 層、およびこれらの間の中間層よりなる積層構造を有する材料基板に加工を施すことにより、製造するための方法であって、
- 20 前記第 1 層において前記フレームへと加工される第 1 箇所、前記第 1 櫛歯電極部へと加工される第 2 箇所、前記一对の固定コンタクト電極へと加工される 2 つの第 3 箇所、前記可動部へと加工される第 4 箇所、および前記複数の支持梁へと加工される複数の第 5 箇所をマスクするためのマスクパターンを介し、前記第 1 層に対して前記中間層に至るまで異方性エッチング処理を行うための、第 1 エ
25 ッチング工程と、
- 前記第 4 箇所と前記第 2 層との間に介在する中間層、および、前記複数の第 5 箇所と前記第 2 層との間に介在する中間層を、エッチング除去するための、第 2 エッチング工程と、を含む、マイクロスイッチング素子の製造方法。

1 8. 前記第 2 エッチング工程の後に、前記材料基板における前記第 1 導体層の側に導体材料を成膜するための成膜工程と、

前記成膜工程にて前記第 4 箇所形成された導体膜の一部をエッチング除去することにより、第 2 櫛歯電極部およびこれとは電氣的に分離している可動コン
5 タクト電極、を有する可動部を形成するための、第 3 エッチング工程と、を更に含む、請求項 1 7 に記載のマイクロスイッチング素子の製造方法。

1 9. 前記第 1 エッチング工程における前記マスクパターンは、前記フレームに沿う第 1 導通防止壁へと前記第 1 層において加工される箇所、前記第 1 櫛歯電極
10 部に沿う第 2 導通防止壁へと前記第 1 層において加工される箇所、および前記固定コンタクト電極に沿う第 3 導通防止壁へと前記第 1 層において加工される箇所、から選択される少なくとも 1 つの箇所、を更にマスクし、

前記第 1 エッチング工程では、前記異方性エッチング処理により、前記第 1 箇所に沿う第 1 導通防止壁、前記第 2 箇所に沿う第 2 導通防止壁、および前記第
15 3 箇所に沿う第 3 導通防止壁のうちの少なくとも 1 つが、前記第 1 層にて更に形成される、請求項 1 8 に記載のマイクロスイッチング素子の製造方法。

2 0. 前記第 1 エッチング工程における前記マスクパターンは、前記第 1 層において、前記第 4 箇所と接続する追加支持梁を有するストッパ部へと加工される箇所、
20 所、を更にマスクし、

前記第 1 エッチング工程では、前記異方性エッチング処理により、前記第 4 箇所と接続する追加支持梁を有するストッパ部が前記第 1 層にて形成され、

前記第 2 エッチング工程では、前記追加支持梁と前記第 2 層との間に介在する中間層が更にエッチング除去され、

25 前記第 3 エッチング工程の後に、前記追加支持梁を切断または除去するための工程を更に含む、請求項 1 8 に記載のマイクロスイッチング素子の製造方法。

21. 前記第1エッチング工程における前記マスクパターンは、前記フレームに沿う第1導通防止壁へと前記第1層において加工される箇所、前記第1櫛歯電極部に沿う第2導通防止壁へと前記第1層において加工される箇所、および前記固定コンタクト電極に沿う第3導通防止壁へと前記第1層において加工される箇所、
- 5 から選択される少なくとも1つの箇所、を更にマスクし、

前記第1エッチング工程では、前記異方性エッチング処理により、前記第1箇所に沿う第1導通防止壁、前記第2箇所に沿う第2導通防止壁、および前記第3箇所に沿う第3導通防止壁のうちの少なくとも1つが、前記第1層にて更に形成される、請求項20に記載のマイクロスイッチング素子の製造方法。

FIG. 1

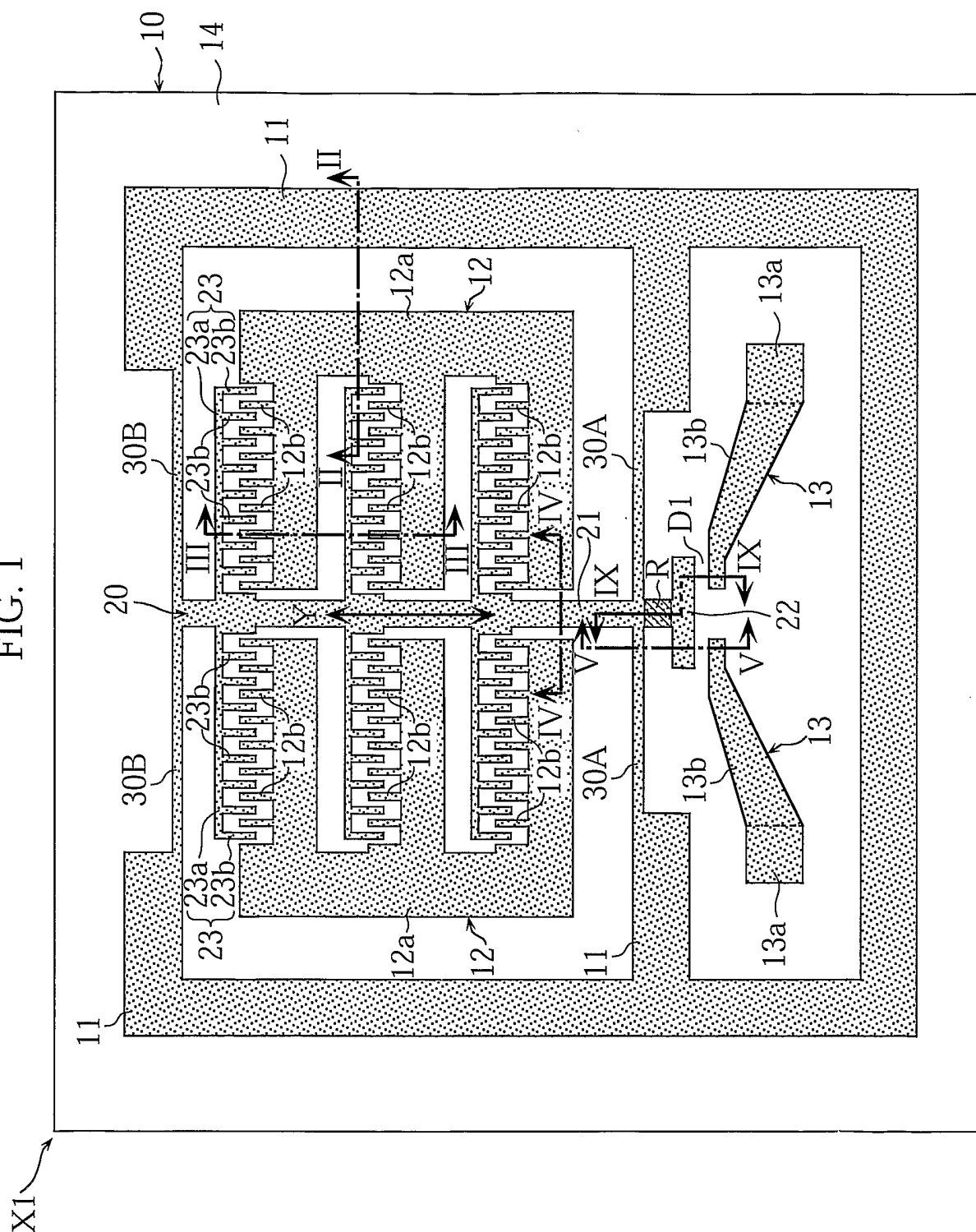


FIG. 2

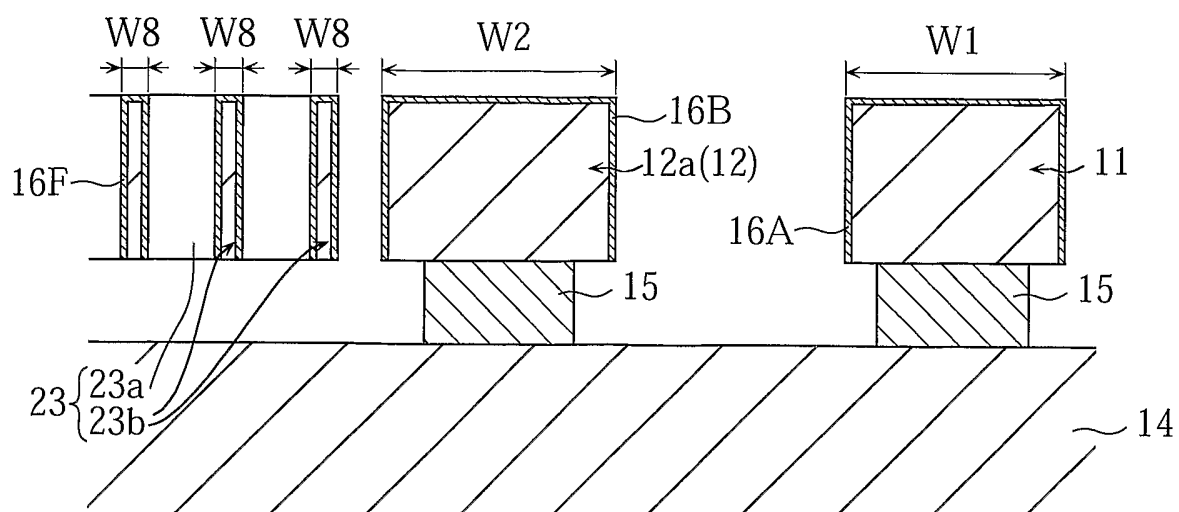


FIG. 3

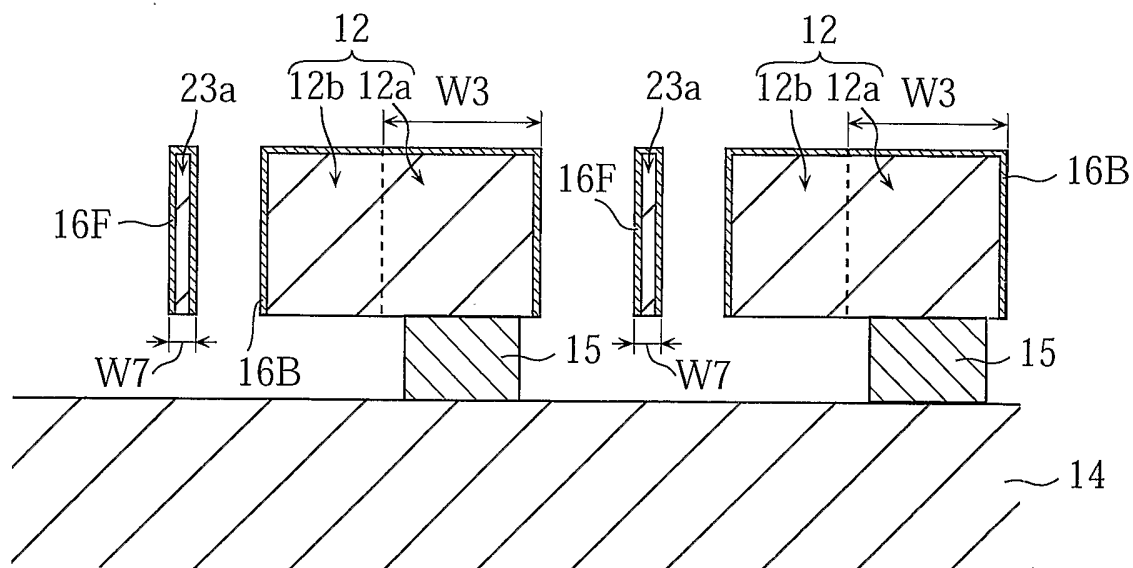


FIG. 4

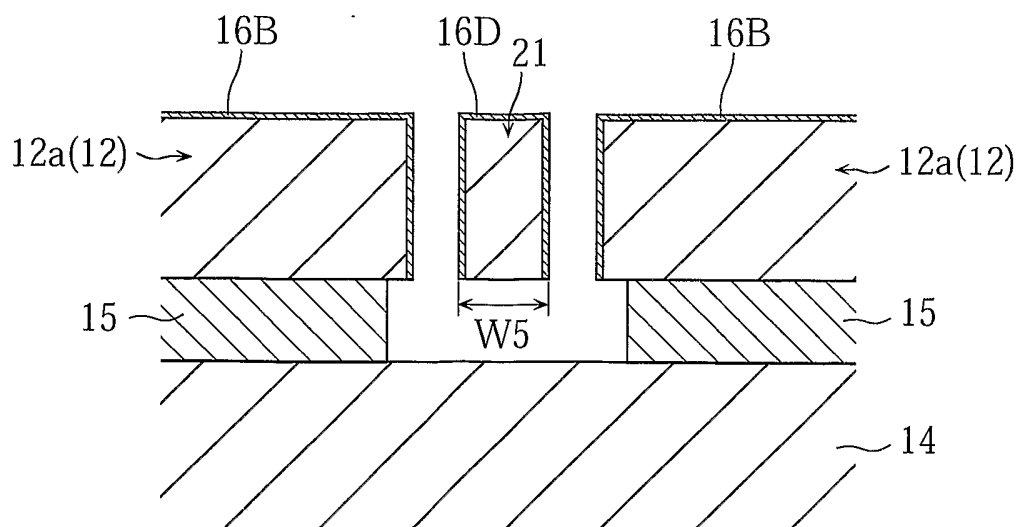


FIG. 5

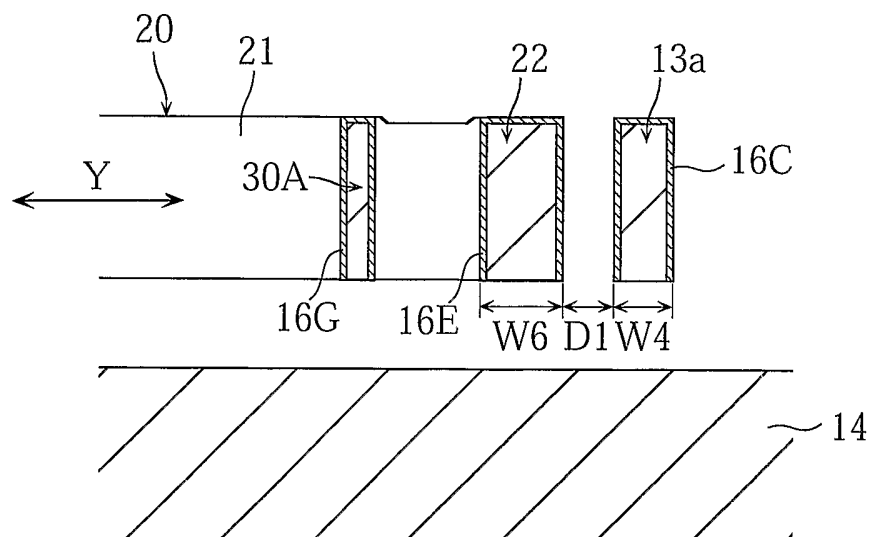


FIG. 6

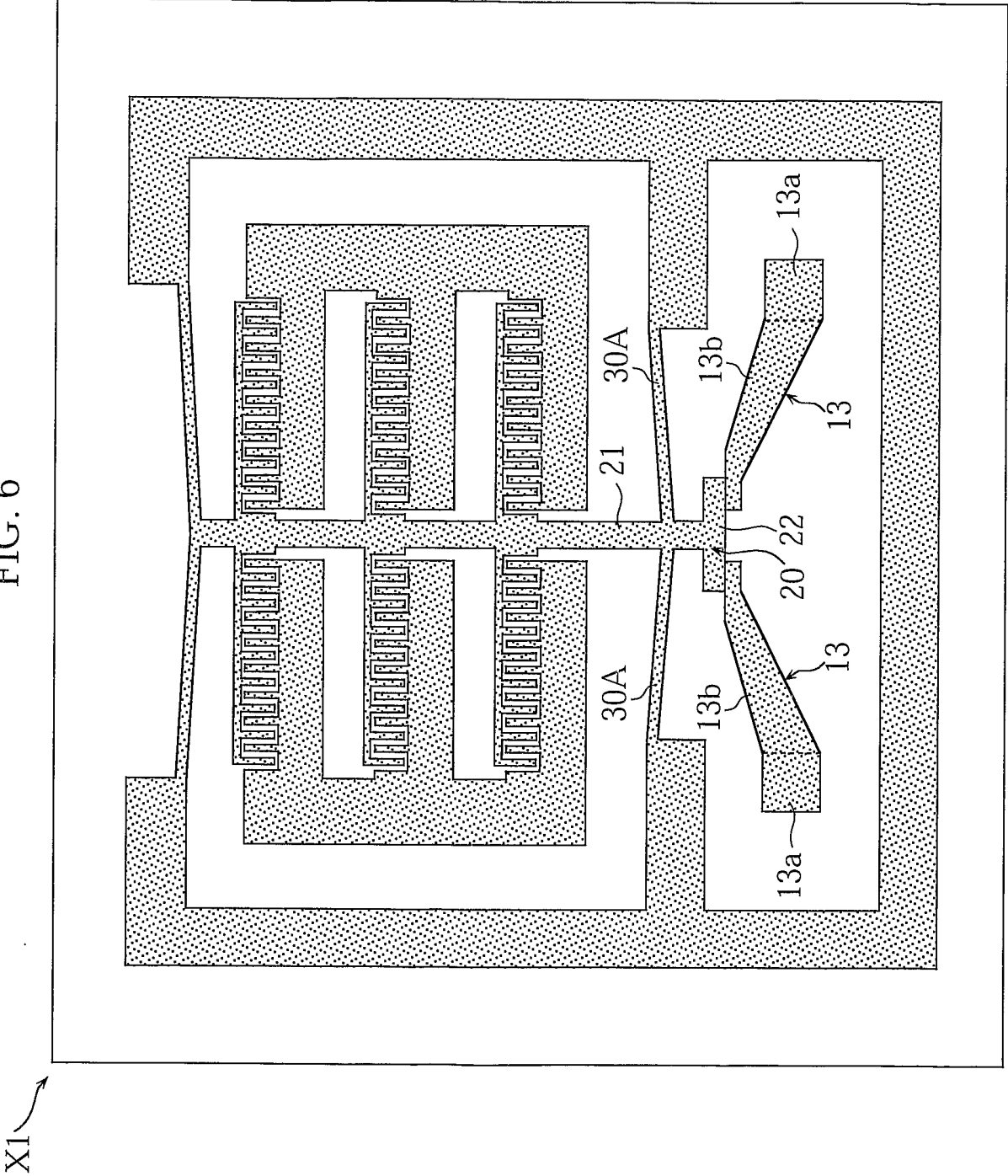


FIG. 7

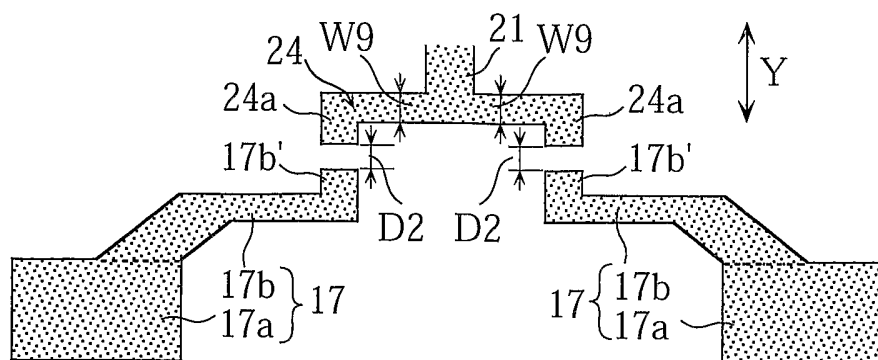
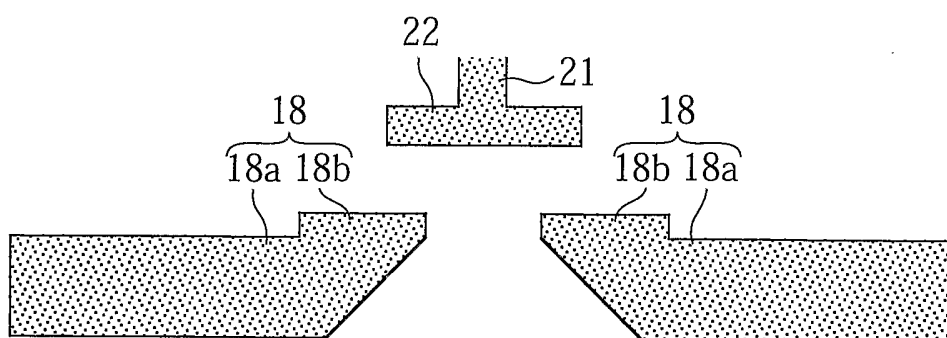


FIG. 8



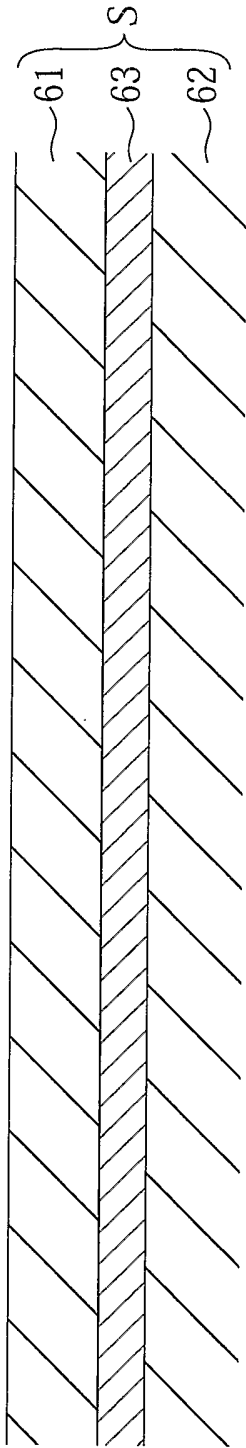


FIG. 9A

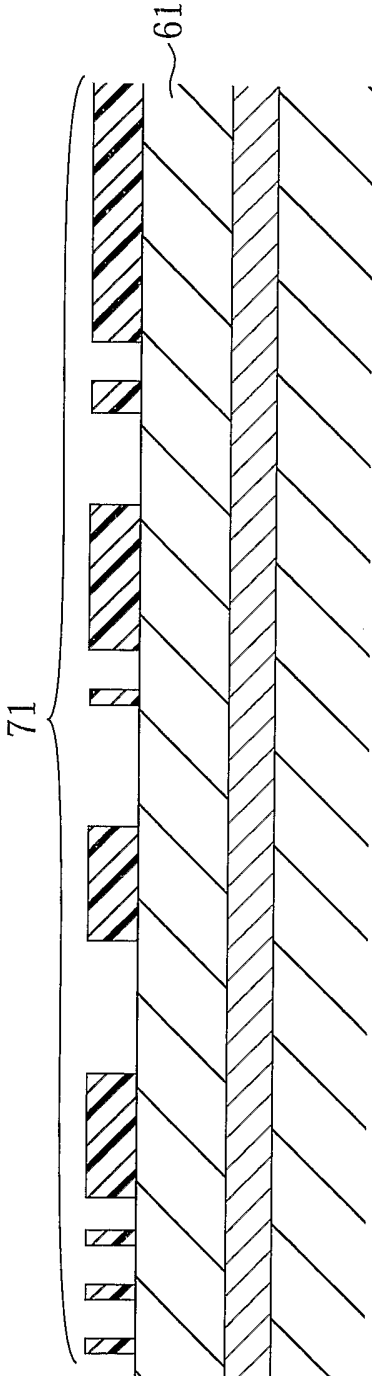


FIG. 9B

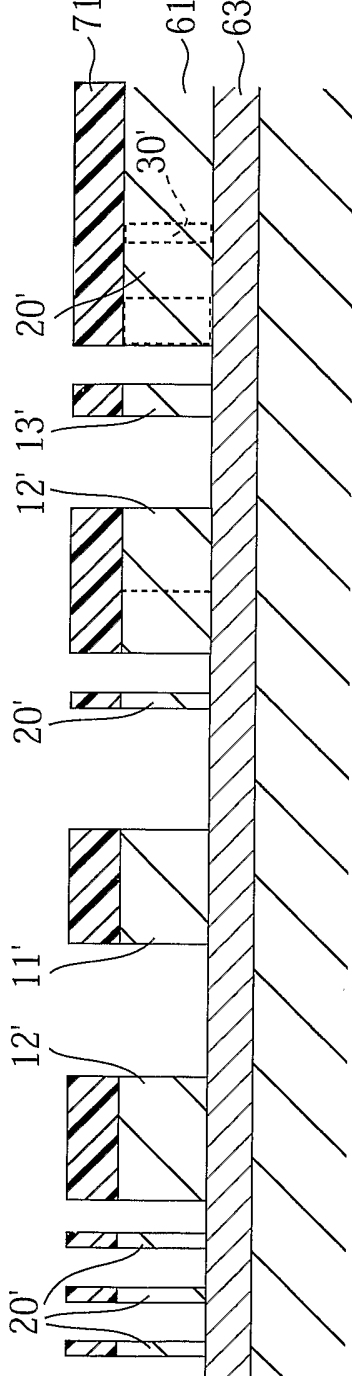


FIG. 9C

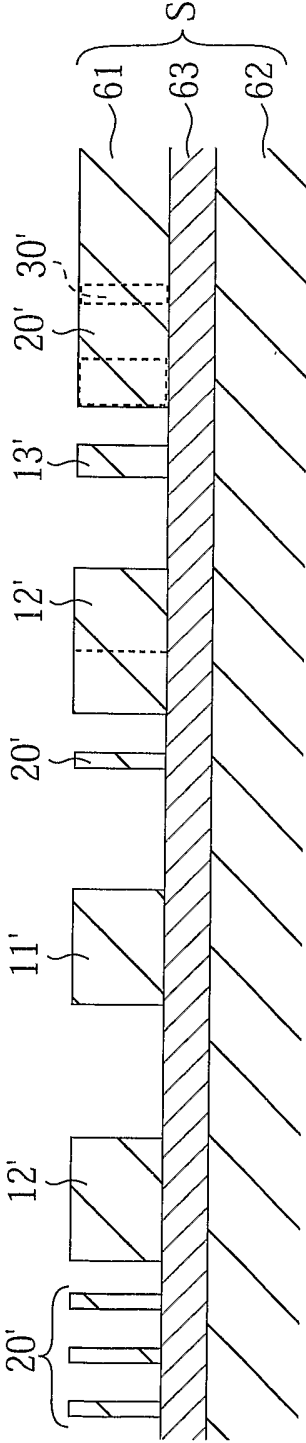


FIG. 9D

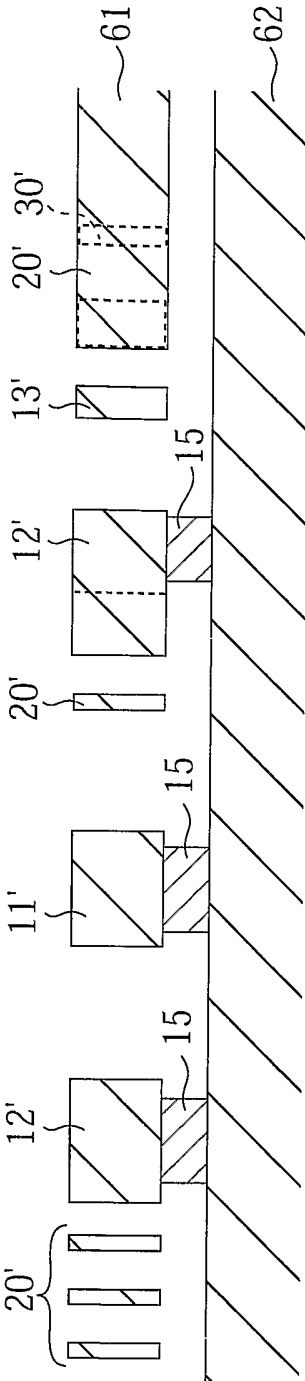


FIG. 9E

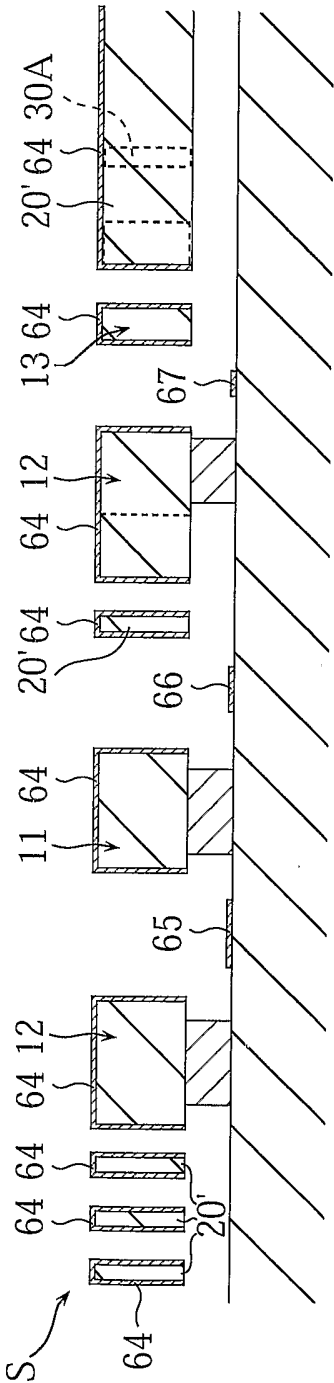


FIG. 9F

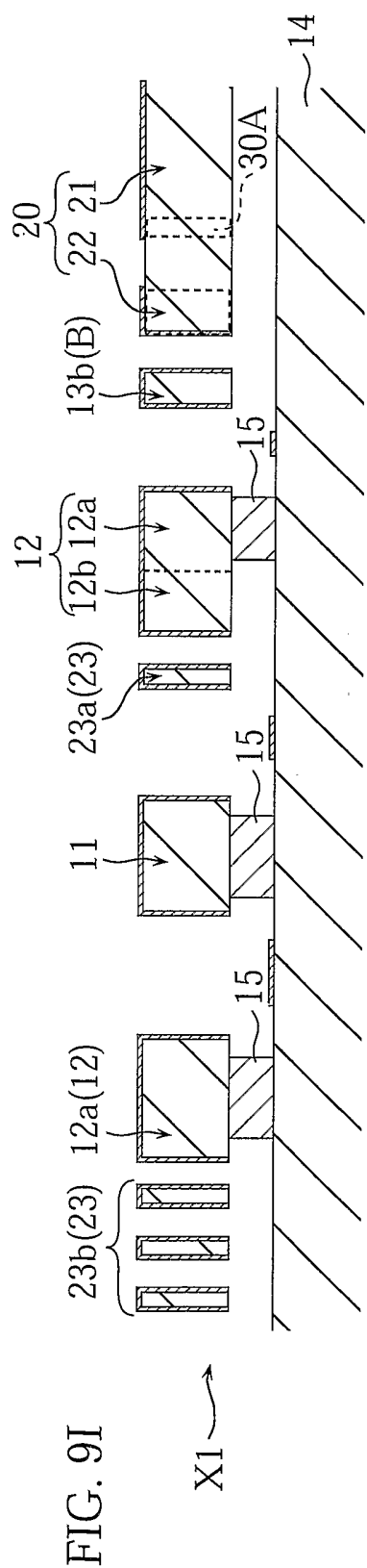
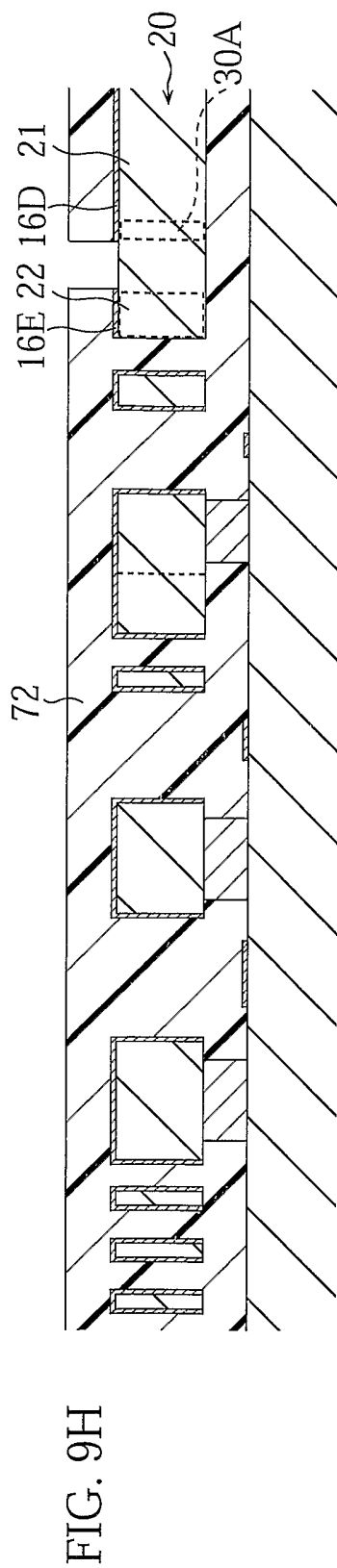
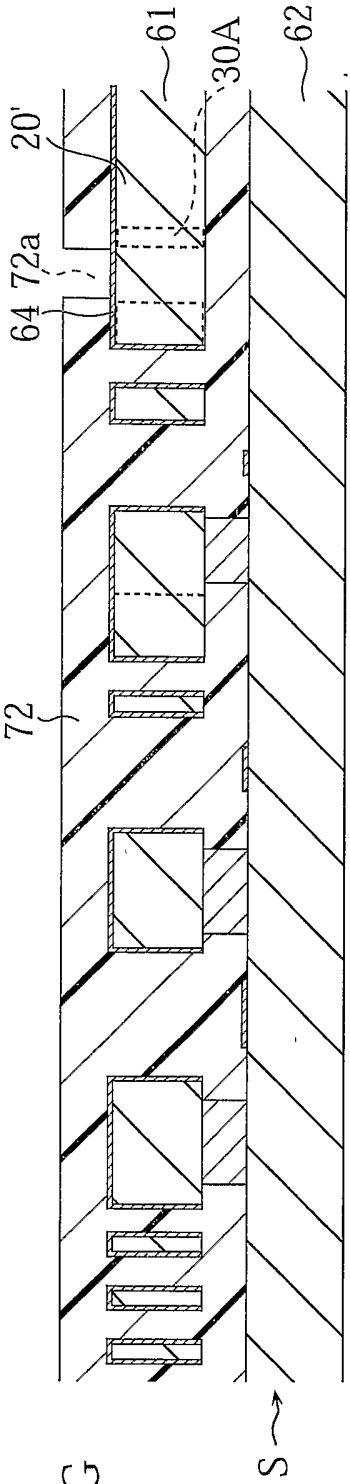


FIG. 10

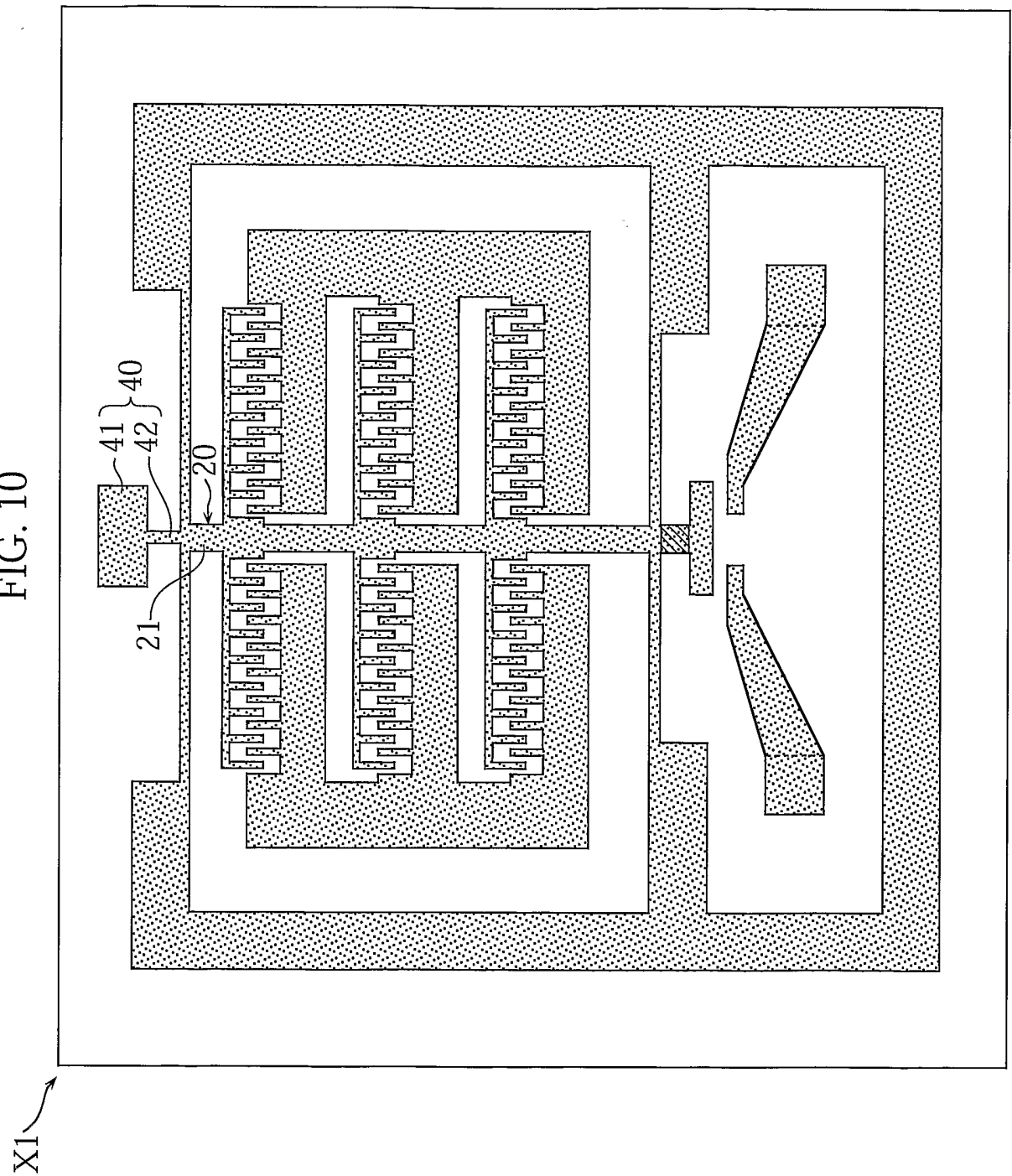


FIG. 11A

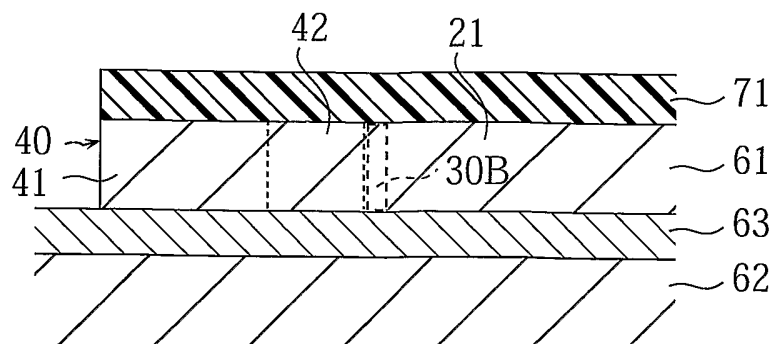


FIG. 11B

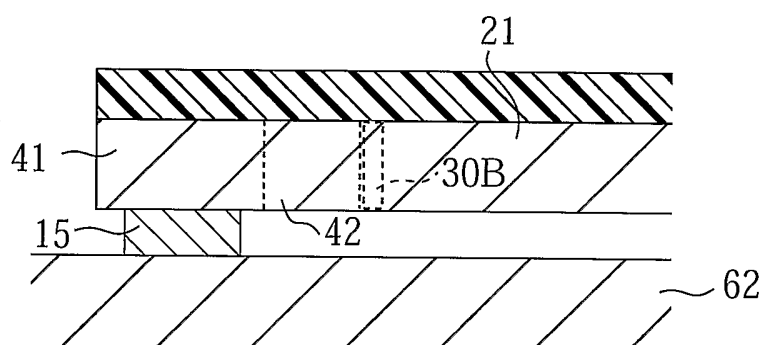


FIG. 11C

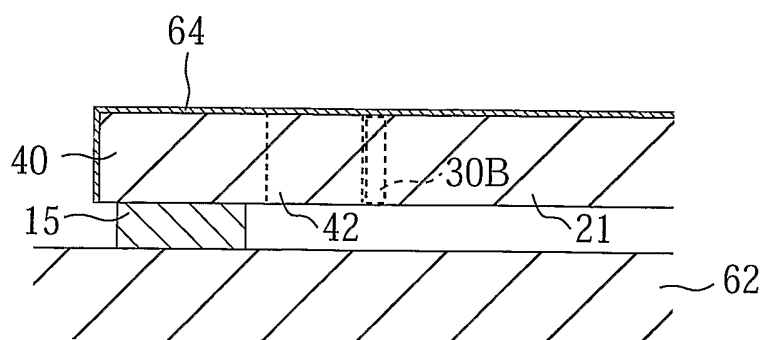


FIG. 11D

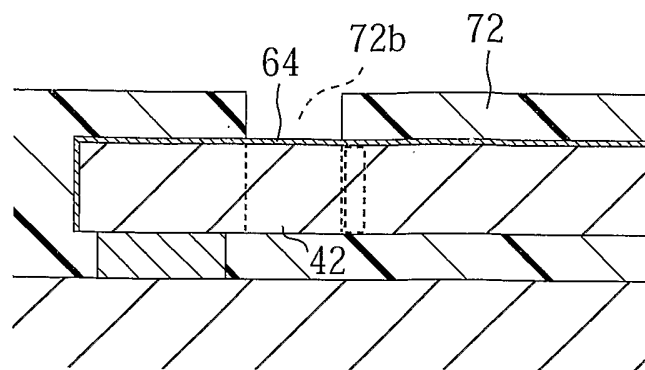


FIG. 11E

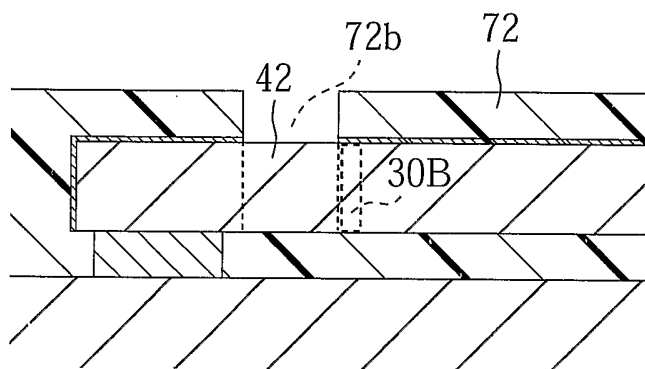
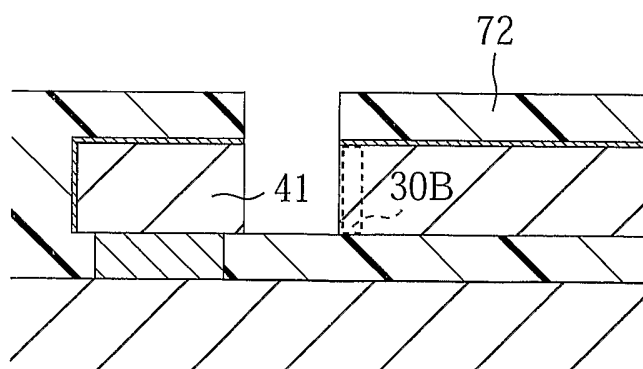


FIG. 11F



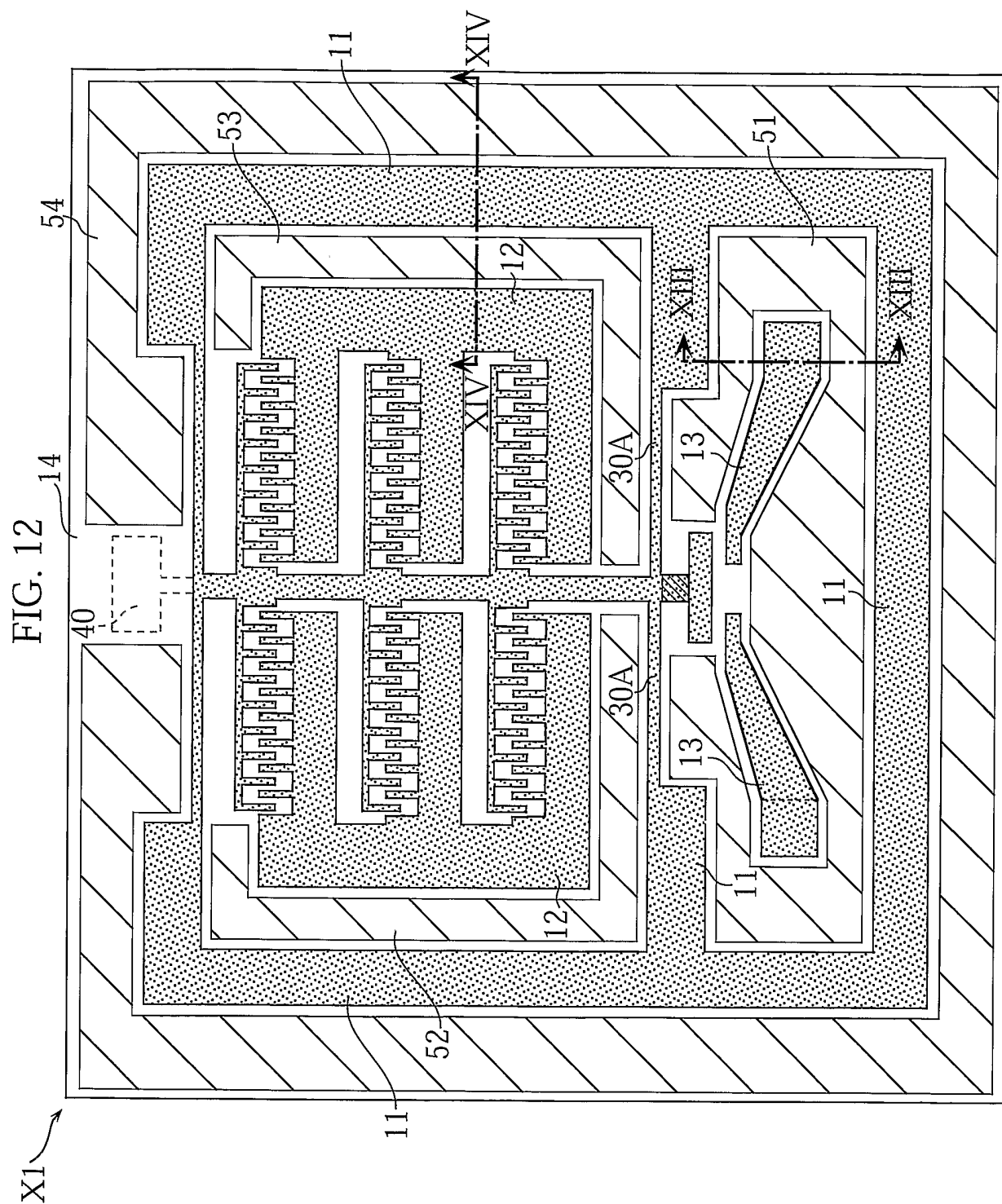


FIG. 13

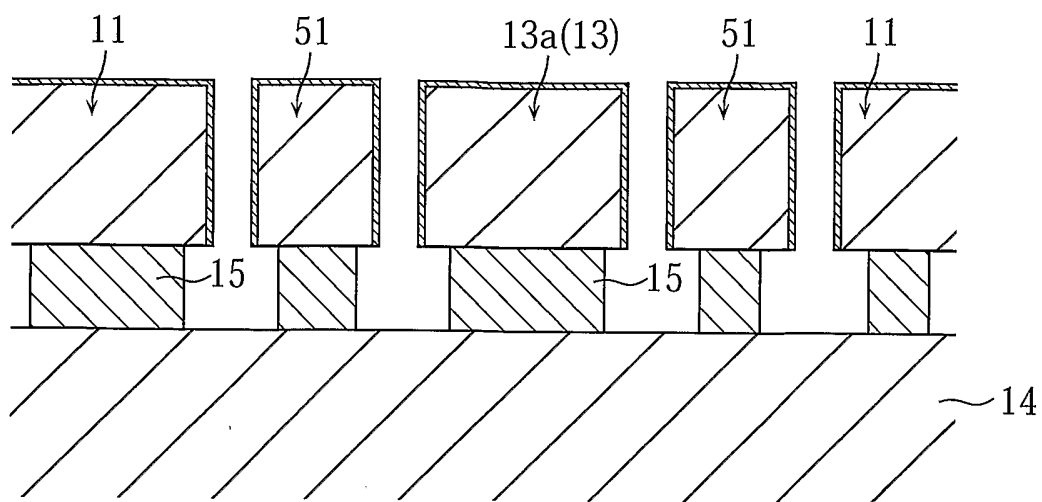
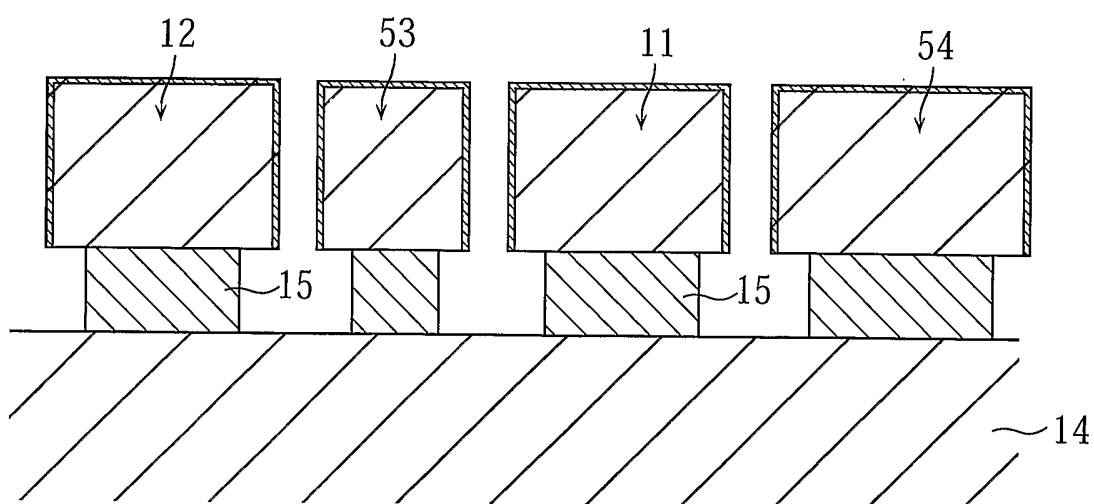


FIG. 14



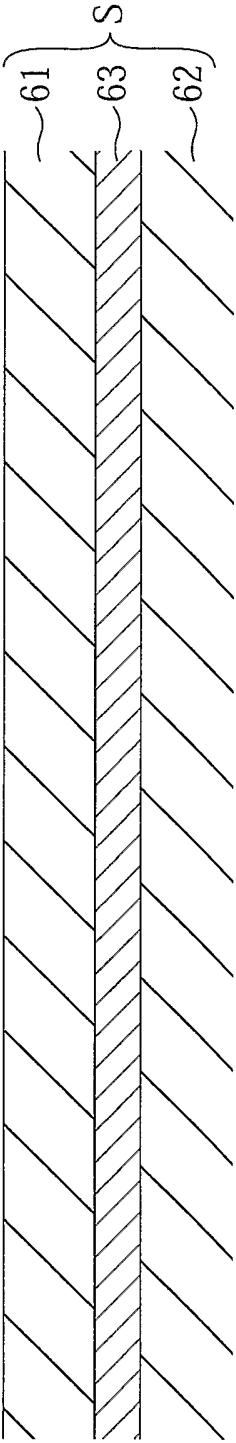


FIG. 15A

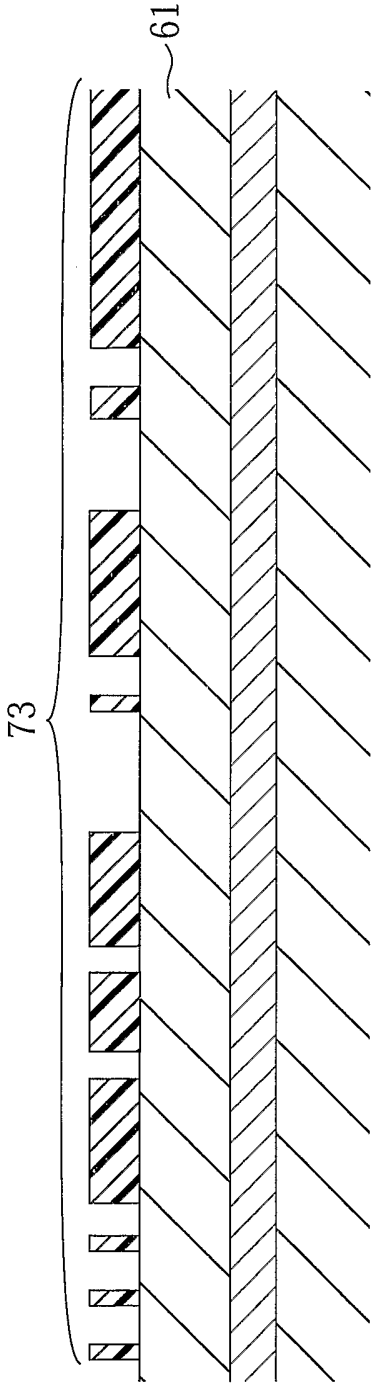


FIG. 15B

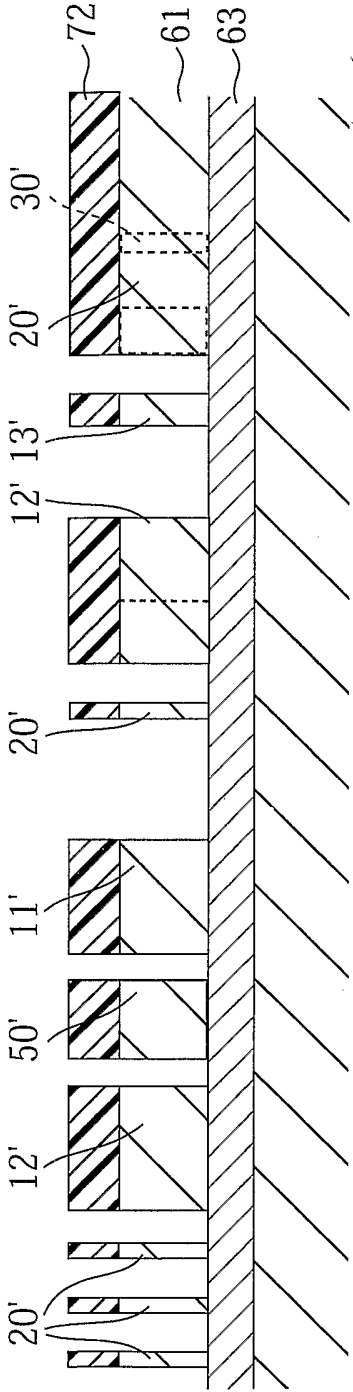


FIG. 15C

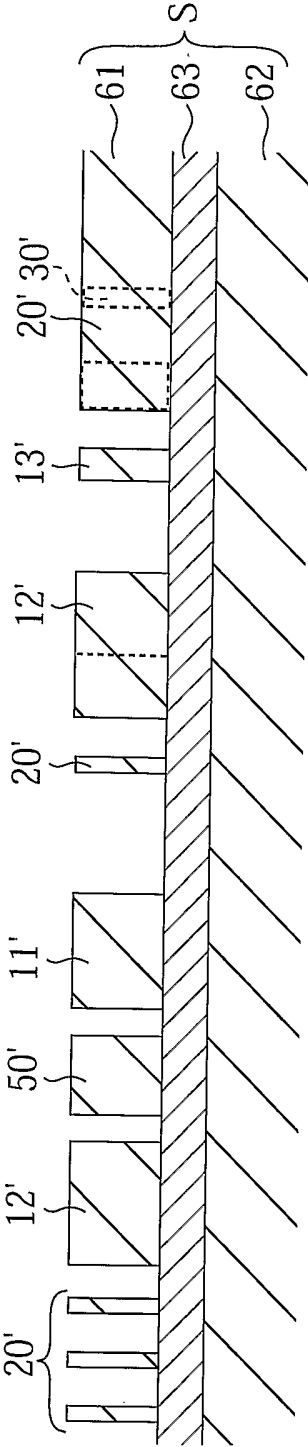


FIG. 15D

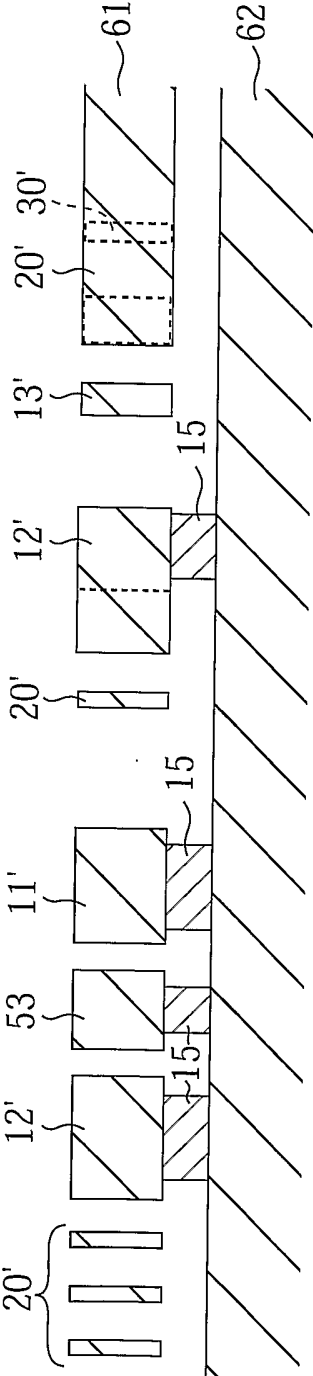


FIG. 15E

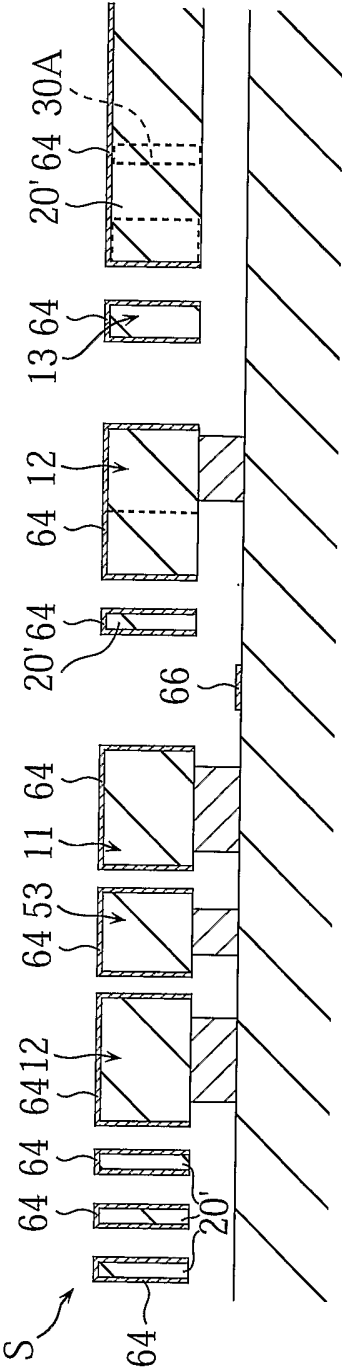
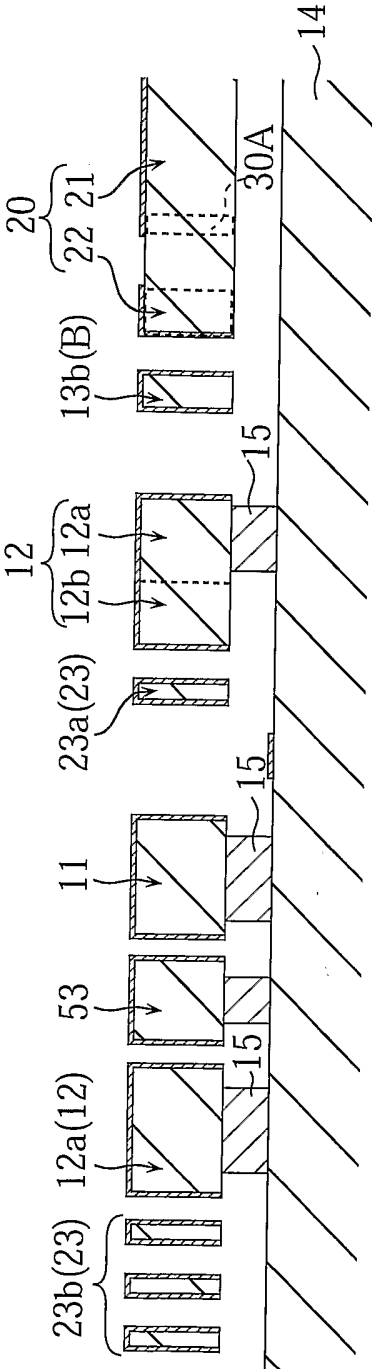
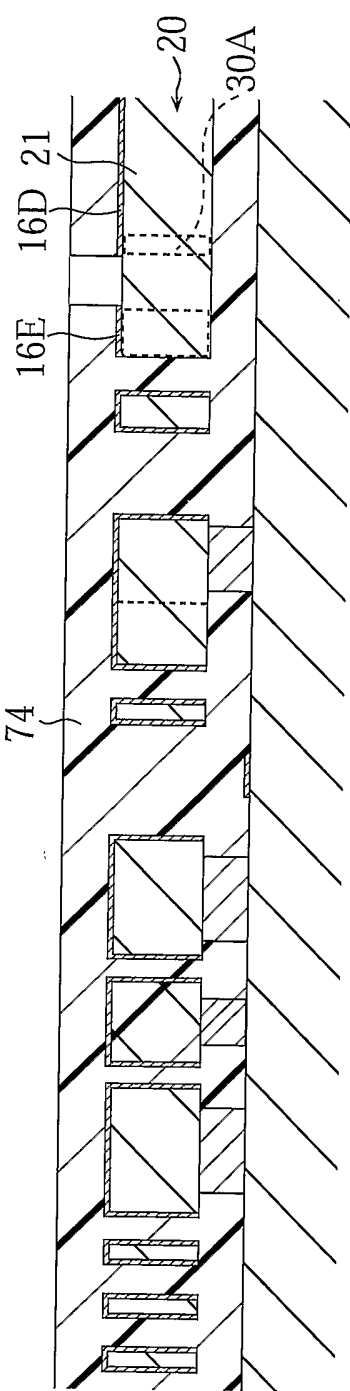
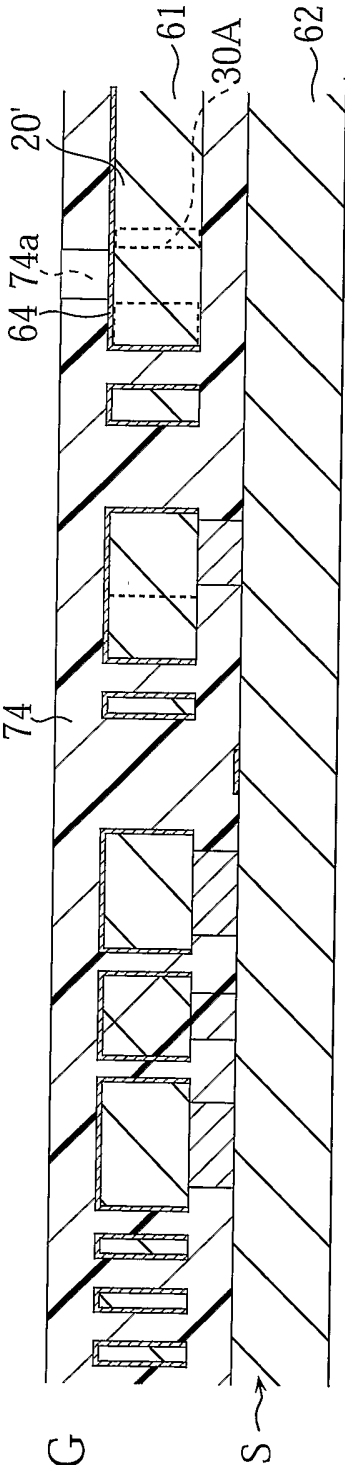


FIG. 15F



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10100

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01H59/00

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)

Int.Cl⁷ H01H59/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

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.
Y	JP 9-251834 A (Omron Corp.),	1-13
A	22 September, 1997 (22.09.97), Full text; all drawings (Family: none)	14-21
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 78654/1974 (Laid-open No. 8438/1976) (Fujitsu Ltd.), 22 January, 1976 (22.01.76), Page 6, lines 1 to 3; Fig. 2 (Family: none)	1-13
Y	EP 1246215 A1 (ABB RESEARCH LTD.), 02 October, 2002 (02.10.02), Fig. 4 (Family: none)	1-13

☒ 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 document 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

"I" 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
04 November, 2003 (04.11.03)

Date of mailing of the international search report
18 November, 2003 (18.11.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10100

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1255268 A1 (ABB RESEARCH LTD.), 02 October, 2002 (02.10.02), Fig. 6 (Family: none)	1-13
Y	JP 5-54782 A (Sharp Corp.), 05 March, 1993 (05.03.93), Page 3, left column, lines 14 to 45 (Family: none)	5-8
Y	JP 2000-348593 A (Omron Corp.), 15 December, 2000 (15.12.00), Page 3, left column, line 43 to right column, line 45; Figs. 3, 7, 8 (Family: none)	13
A	JP 2001-291463 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 19 October, 2001 (19.10.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-16
A	JP 11-176307 A (Omron Corp.), 02 July, 1999 (02.07.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-16
A	JP 3-13695 B2 (Omron Tateisi Electronics Co.), 25 February, 1991 (25.02.91), Full text; all drawings (Family: none)	17-21
A	JP 8-509093 A (Brooktree Corp.), 24 September, 1996 (24.09.96), Page 25, line 6 to page 26, line 15 & WO 94/18688 A1 & EP 681739 B1 & US 5479042 A & US 5620933 A & US 5627396 A	17-21

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. ⁷ H01H 59/00		
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 (IPC)) Int. Cl. ⁷ H01H 59/00		
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 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2003年 日本国登録実用新案公報 1994-2003年 日本国実用新案登録公報 1996-2003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 請求の範囲の番号
Y	JP 9-251834 A (オムロン株式会社) 1997. 09. 22 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
A		14-21
Y	日本国実用新案登録出願49-78654号 (日本国実用新案登録 出願公開51-8438号) の願書に添付した明細書及び図面の内 容を撮影したマイクロフィルム (富士通株式会社), 1976. 01. 22 第6頁第1行-第3行, 第2図 (ファミリーなし)	1-13
☒ C欄の続きにも文献が列举されている。 ☐ 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 04. 11. 03	国際調査報告の発送日 18.11.03	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 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) 岸 智章 電話番号 03-3581-1101 内線 3372	 3X 9327

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 請求の範囲の番号
Y	EP 1 2 4 6 2 1 5 A 1 (ABB RESEARCH LTD) 2 0 0 2 . 1 0 . 0 2 図 4 (ファミリーなし)	1 - 1 3
Y	EP 1 2 5 5 2 6 8 A 1 (ABB RESEARCH LTD) 2 0 0 2 . 1 0 . 0 2 図 6 (ファミリーなし)	1 - 1 3
Y	JP 5-5 4 7 8 2 A (シャープ株式会社) 1 9 9 3 . 0 3 . 0 5 第 3 頁左欄第 1 4 行-第 4 5 行 (ファミリーなし)	5 - 8
Y	JP 2 0 0 0 - 3 4 8 5 9 3 A (オムロン株式会社) 2 0 0 0 . 1 2 . 1 5 第 3 頁左欄第 4 3 行-右欄第 4 5 行, 図 3, 図 7, 図 8 (ファミリーなし)	1 3
A	JP 2 0 0 1 - 2 9 1 4 6 3 A (松下電器産業株式会社) 2 0 0 1 . 1 0 . 1 9 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 6
A	JP 1 1 - 1 7 6 3 0 7 A (オムロン株式会社) 1 9 9 9 . 0 7 . 0 2 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 6
A	JP 3 - 1 3 6 9 5 B 2 (立石電機株式会社) 1 9 9 1 . 0 2 . 2 5 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 7 - 2 1
A	JP 8 - 5 0 9 0 9 3 A (ブルックトゥリー コーポレーショ ン) 1 9 9 6 . 0 9 . 2 4 第 2 5 頁第 6 行-第 2 6 頁第 1 5 行 &WO 9 4 / 1 8 6 8 8 A 1 &EP 6 8 1 7 3 9 B 1 &US 5 4 7 9 0 4 2 A &US 5 6 2 0 9 3 3 A &US 5 6 2 7 3 9 6 A	1 7 - 2 1