(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5314932号
(P5314932)

(45)発行日　平成25年10月16日(2013.10.16)　(24)登録日　平成25年7月12日(2013.7.12)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 41/31	(2013.01)	H01L	41/31	
H02N 2/00	(2006.01)	H02N	2/00	B
H01H 57/00	(2006.01)	H01H	57/00	C
B81B 3/00	(2006.01)	B81B	3/00	

請求項の数 2　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願2008-137186 (P2008-137186)
(22)出願日　平成20年5月26日 (2008.5.26)
(65)公開番号　特開2009-283874 (P2009-283874A)
(43)公開日　平成21年12月3日 (2009.12.3)
審査請求日　平成23年3月29日 (2011.3.29)

(73)特許権者　000204284
太陽誘電株式会社
東京都台東区上野６丁目１６番２０号
(74)代理人　100103528
弁理士　原田　一男
(72)発明者　近藤　龍一
東京都台東区上野６丁目１６番２０号　太陽誘電株式会社内
(72)発明者　中村　健太郎
東京都台東区上野６丁目１６番２０号　太陽誘電株式会社内

審査官　桑原　清

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電気式微少機械スイッチ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
一端又は両端が基板に固定された板状の弾性体と、当該弾性体の上面に形成された下部電極と、当該下部電極の上面に形成された圧電体と、当該圧電体の上面に形成された上部電極とを有する駆動部と、
前記駆動部の一部に形成された接点と、
少なくとも一端が基板に固定され且つ前記接点上に延伸している信号線と、
前記駆動部を支持するように前記基板に接合され且つ絶縁体で構成された係止部と、
を有し、
前記駆動部が、前記接点を介して前記信号線と接することができるようになっており、
前記係止部が、前記信号線と反対の側から前記駆動部を支持するようになっており、
前記駆動部が、前記下部電極及び前記上部電極に印加される電圧によって前記圧電体に従って前記接点と前記信号線とが接するように駆動され、
前記係止部が、前記下部電極及び前記上部電極に電圧が印加されない時に、前記接点と前記信号線との距離を一定に保持する
ことを特徴とする電気式微少機械スイッチ。
【請求項２】
前記信号線が、前記駆動部とねじれの位置関係になるように前記接点上に延伸する
ことを特徴とする請求項１記載の電気式微少機械スイッチ。
【発明の詳細な説明】

【技術分野】
【０００１】
本発明は、電気式微少機械装置（ＭＥＭＳ：Micro Electro Mechanical Systems）に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来の電気式微少機械装置（ＭＥＭＳ）におけるアクチュエータは、アクチュエータの駆動部となる駆動アームが基板上に支持され、基板と駆動アームに設けられた静電用電極の一方に正電圧を印加し、他方の静電用電極に負電圧を印加することで、これによって生じる静電気力を用いて駆動アームを基板側に引き寄せるようになっている。また、駆動アームに圧電体層及び圧電駆動電極を設けることにより、圧電力を用いて駆動アームを基板側に引き寄せる構成が知られている。
【０００３】
例えば、特開２００５－３０２７１１号公報には、低電圧で高速駆動が可能なアクチュエータ及びこれを用いた高周波スイッチが開示されている。具体的には、当該公報記載のアクチュエータは、少なくとも表面が絶縁化された基板と、この基板に少なくとも１カ所が支持された駆動アームと、基板および駆動アームにそれぞれ対向する位置に設けられた静電用電極と、この静電用電極に電圧を印加する第１の電圧印加手段とを備える。そして、駆動アームに対してさらに圧電体層の上下面に電極を有する圧電駆動電極を設け、この圧電駆動電極に電圧を印加する第２の電圧印加手段を設けた構成となっている。また、当該公報記載の高周波スイッチでは、駆動アームを上下に駆動させることで、駆動アームの先端に設けられた接続電極と、基板に設けられた端子電極との接続を制御するようになっている。
【特許文献１】特開２００５－３０２７１１号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかしながら、異種材料を組み合わせて駆動部を形成した場合、材料の持つ応力によって反りが生じてしまう。また、反り量を一定に制御することは難しく、電気特性（例えば、駆動電圧、高周波特性など）のばらつきが大きくなる。例えば、駆動アームが当該駆動アーム上に延伸している信号線と接するようになっている電気式微少機械スイッチ（以下、ＭＥＭＳスイッチと呼ぶ場合もある）の場合、駆動アームが下向きに反ってしまうと、信号線と駆動アームとの距離が離れてしまい、その分、駆動電圧を高くしなければならない。
【０００５】
従って、本発明の目的は、材料の応力による反りを抑制し、電気特性のばらつきを小さくすることが可能な電気式微少機械スイッチを提供することである。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本発明に係る電気式微少機械スイッチは、一端又は両端が基板に固定された板状の弾性体と、当該弾性体の上面に形成された下部電極と、当該下部電極の上面に形成された圧電体と、当該圧電体の上面に形成された上部電極とを有する駆動部と、駆動部の一部に形成された接点と、少なくとも一端が基板に固定され且つ接点上に延伸している信号線と、駆動部を支持するように基板に接合され且つ絶縁体で構成された係止部とを有する。そして、駆動部が、接点を介して信号線と接することができるようになっており、係止部が、信号線と反対の側から駆動部を支持するようになっているものである。
【０００７】
このように、例えば、穴、切り欠き部などにおいて、係止部が駆動部を支持するような構成となれば、材料の応力による反りを抑制することができる。すなわち、駆動部と信号線との距離を一定に保つことができ、電気特性のばらつきを小さくすることができる。

【０００８】
また、上で述べた駆動部が、下部電極及び上部電極に印加される電圧によって圧電体に従って接点と信号線とが接するように駆動されるようにしてもよい。
【０００９】
さらに、上で述べた信号線が、駆動部とねじれの位置関係になるように接点上に延伸するようにしてもよい。
【発明の効果】
【００１０】
本発明によれば、材料の応力による反りを抑制し、電気特性のばらつきを小さくすることが可能な電気式微少機械スイッチを実現できる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１１】
図１に、本発明の実施の形態の前提となるアクチュエータの構成を示す上面図を示す。例えば、Ｓｉの基板１の表面には、SiO_2の絶縁層が形成され、その上には、圧電体層の下部電極層となるグランド２が形成されている。さらに、グランド２の上には、圧電体層の上部電極層６が形成されている。なお、同じハッチングは同じ層を示している。駆動アーム８は、信号線３ａ及び３ｂと接する接点８ｃと、接点８ｃとヒンジ部８ｄを介して接続される第１のカンチレバー８ａと、接点８ｃとヒンジ部８ｅを介して接続される第２のカンチレバー８ｂとを有しており、穴５を架橋するように設けられている。ヒンジ部８ｄ及び８ｅにおいては、ヒンジの機能を有効に果たすために穴が形成されている。
【００１２】
信号線３ａは、一端が基板１に支持され、接点８ｃの一部と穴５の一部とを覆うように延伸している。そして、信号線３ａの先端（支持部と反対側）の部分は、幅が除々に狭くなるように形成されている。同様に、信号線３ｂは、一端が基板１に支持され、接点８ｃの一部と穴５の一部とを覆うように延伸している。そして、信号線３ｂの先端（支持部と反対側）の部分は、幅が除々に狭くなるように形成されている。また、信号線３ａ及び３ｂは、駆動アーム８とねじれの関係になるように形成されている。さらに、信号線３ａと信号線３ｂとは、接点８ｃ上において切断されており、上下対称になっている。また、信号線３ａ及び３ｂの左右には、それらと平行に、駆動アーム８と穴５とを架橋するようにグランド線７ａ及び７ｂが形成されている。
【００１３】
図２（ａ）に、上面図（図１）のＡ－Ａ’線での概略断面図を示す。駆動アーム８は、弾性層として機能する基板１の一部の層１ａ、１ｂ及び１ｃと、グランド２ａ、２ｂ及び２ｃと、ＰＺＴ（$Pb(ZrTi)0_3$）等の圧電体層４ａ、４ｂ及び４ｃと、上部電極層６ａ、６ｂ及び６ｃとを有する。また、駆動アーム８は、基板１の一部の層１ａと、グランド２ａと、圧電体層４ａと、上部電極層６ａとで構成される第１のカンチレバー８ａと、基板１の一部の層１ｂと、グランド２ｂと、圧電体層４ｂと、上部電極層６ｂとで構成される第２のカンチレバー８ｂと、基板１の一部の層１ｃと、グランド２ｃと、圧電体層４ｃと、上部電極層６ｃとで構成される接点８ｃとに分けられる。第１のカンチレバー８ａと接点８ｃとは、基板１の一部の層１ａ及びグランド２ａと、基板１の一部の層１ｃ及びグランド２ｃとの間に形成されているヒンジ部８ｄで接続されている。すなわち、上部電極層及び圧電体層は切断されている。同様に、第２のカンチレバー８ｂと接点８ｃとは、基板１の一部の層１ｂ及びグランド２ｂと、基板１の一部の層１ｃ及びグランド２ｃとの間に形成されているヒンジ部８ｅで接続されている。ここでも、上部電極層及び圧電体層は切断されている。また、接点８ｃの上には、信号線３ａ及び３ｂ（信号線３ａはＡ－Ａ’線での断面図では示されない）が延伸している。
【００１４】
そして、第１及び第２のカンチレバー８ａ及び８ｂに電圧を印加することにより、駆動アーム８を駆動させ、接点８ｃと信号線３ａ及び３ｂとを接触させる。具体的には、グランド層２ａ及び２ｂに負電圧を印加し、上部電極層６ａ及び６ｂに正電圧を印加すること

により、駆動アーム８を引き上げる。アクチュエータをスイッチとすると、接点８ｃと信号線３ａ及び３ｂとが接触することで導通する。なお、ヒンジ部８ｄ及び８ｅによって、適切な形で接点８ｃが信号線３ａ及び３ｂに接触するようになる。

【００１５】

しかし、第１及び第２のカンチレバー８ａ及び８ｂには反りが生じるため、図２（ｂ）に示すように、駆動アーム８全体が反ることになる。そのため、信号線３ａ及び３ｂと接点８ｃとの距離が、反り量Ｍの分だけ広がってしまう。なお、例えば、長さ５００μｍのカンチレバーでは数十～百μｍ程度の反りが生じる。また、例えば数十μｍ程度の反りが生じると、元の位置に戻すためには数十Ｖの電圧が必要となる。

【００１６】

そこで、本発明の実施の形態では、図３に示すような構成を採用する。以下、本発明の実施の形態について説明する。

【００１７】

図３は、図１のＡ－Ａ’線での断面図である。なお、上面図は基本的には図１に示したものと同様である。図３では、駆動アーム８を下から（すなわち、信号線３ａ及び３ｂと反対の側から）支持するように、基板１の下にガラスなどの絶縁体である係止部９が設けられている。係止部９は、基板１と接合されており、接点８ｃの下の部分に突起部９ａを有する。すなわち、係止部９は、凸型に形成されている。突起部９ａは、接点８ｃを下から支持することで駆動アーム８全体の反りを抑制するようになっている。なお、突起部９ａと接点８ｃとは接合されておらず、駆動アーム８を駆動させた場合には、接点８ｃは突起部９ａから離れるようになっている。駆動アーム８を駆動させる仕組みについては、上で説明した仕組みと同様であるため、ここでは説明は省略する。このような係止部９を設けることにより、材料の応力による反りを抑制することができる。すなわち、信号線３ａ及び３ｂと接点８ｃとの距離を一定に保つことができ、電気特性のばらつきを小さくすることができる。

【００１８】

次に、図４乃至図８を用いて、図３に示したようなＭＥＭＳスイッチの製造方法を説明する。なお、図４乃至図８において、左側に示す断面図Ａは図１のＡ－Ａ’線での断面図を示し、右側に示す断面図Ｂは図１のＢ－Ｂ’線での断面図を示す。

【００１９】

図４（ａ）に示すように、表面にＳｉ層１０１、当該表面のＳｉ層１０１より下にSiO_2層１０２、そしてSiO_2層１０２の下にＳｉ層１０３が形成されているＳＯＩ（Silicon 0n Insulator）ウエハを用いる。そして、図４（ｂ）に示すように、水又は酸素雰囲気中で、ＳＯＩウエハの上下面の表面を熱酸化させてSiO_2層１０４及び１０５を形成する。このSiO_2層１０４は、図１に示した、基板１の表面の絶縁層である。その後、図４（ｃ）に示すように、スパッタによって圧電体層の下部電極層となるＰｔ／Ｔｉ層１０６をSiO_2層１０４の上に形成する。

【００２０】

そして、図４（ｄ）に示すように、ＳＯＩウエハを回転させ、ＰＺＴゾルゲルの成膜を１μｍ程度行って、ＰＺＴ圧電体層１０７をＰｔ／Ｔｉ層１０６の上に形成する。次に、図４（ｅ）に示すように、再度スパッタによって圧電体層の上部電極となるＰｔ／Ｔｉ層１０８をＰＺＴ圧電体層１０７の上に形成する。ここまでは、断面図Ａ及び断面図Ｂ共に変わりない。

【００２１】

次に、フォトレジストを塗布し、フォトマスクを透過させて露光し、感光したレジストを現像し、不要部分のレジストを除去して、図５（ａ）に示すように、Ｐｔ／Ｔｉ層１０８及びＰＺＴ圧電体層１０７をエッチングするためのレジスト層１０９を形成する。なお、使用するフォトレジストが、ポジ型レジストの場合は感光した部分、ネガ型レジストの場合は感光しなかった部分を不要部分として除去する。断面図Ａでは、第１及び第２のカンチレバー８ａ及び８ｂと、接点８ｃとを切断するため、２つの溝１１０ａ及び１１０ｂ

が形成される。一方、断面図Ｂでは、接点８ｃの部分のみを残すように、一カ所のみレジスト層１０９が形成される。

【００２２】

そして、図５（ｂ）に示すように、エッチングでレジスト層１０９が形成されていない部分のＰｔ／Ｔｉ層１０８及びＰＺＴ圧電体層１０７が削られ、その後レジスト層１０９が除去される。次に、フォトレジストを塗布し、フォトマスクを透過させて露光し、感光したレジストを現像し、不要部分のレジストを除去して、図５（ｃ）に示すように、下部電極層であるＰｔ／Ｔｉ層１０６をエッチングするためのレジスト層１１１を形成する。なお、断面図Ａでは、上部全面にレジスト層１１１が形成されるが、断面図Ｂでは、接点８ｃの部分のみを残すように、一カ所のみレジスト層１１１が形成される。

【００２３】

そして、図５（ｄ）に示すように、エッチングでレジスト層１１１が形成されていない部分のＰｔ／Ｔｉ層１０６が削られ、その後レジスト層１１１が除去される。次に、SiO_2層１０４と、Ｓｉ層１０１と、SiO_2層１０２とを加工するために、フォトレジストを塗布し、フォトマスクを透過させて露光し、感光したレジストを現像し、不要部分のレジストを除去して、図５（ｅ）に示すように、レジスト層１１２を形成する。なお、断面図Ａでは、上部全面にレジスト層１１２が形成されるが、断面図Ｂでは、接点８ｃを分離するために、２つの溝１１３ａ及び１１３ｂが形成される。

【００２４】

その後、図６（ａ）に示すように、エッチングで、レジスト層１１２が形成されていない部分のSiO_2層１０４と、Ｓｉ層１０１と、SiO_2層１０２とが削られ、その後レジスト層１１２が除去される。なお、ヒンジ部８ｄ及び８ｅについてはここでは説明を省略している。このヒンジ部８ｄ及び８ｅを形成するためには、図５（ｃ）及び（ｅ）の段階で断面図Ａにもレジストが形成されない部分が適切に形成される必要がある。

【００２５】

次に、Ａｕの信号線３ａ及び３ｂを形成する前段階として、図６（ｂ）に示すように、溝１１０ａ及び１１０ｂと、溝１１３ａ及び１１３ｂとに埋め込み用レジスト１１４を塗布する。そして、信号線３ａ及び３ｂを形成するために、フォトレジストを塗布し、フォトマスクを透過させて露光し、感光したレジストを現像し、不要部分のレジストを除去して、図６（ｃ）に示すように、犠牲層１１５を形成する。犠牲層１１５は、図２（ａ）に示した長さＬを実現するための厚みを有する。その後、図６（ｄ）に示すように、犠牲層１１５の上に、スパッタで、Ａｕ層１１６を形成する。

【００２６】

そして、フォトレジストを塗布し、フォトマスクを透過させて露光し、感光したレジストを現像し、不要部分のレジストを除去して、図７（ａ）に示すように、レジスト層１１７を形成する。断面図Ａでは、Ａｕ層１１６のうちＡｕ層１１６ａのみが信号線として用いられるため、Ａｕ層１１６ａの上部にのみレジスト層１１７を形成する。一方、断面図Ｂでは、信号線３ａと信号線３ｂとに分離するために、溝１１８が形成される。その後、図７（ｂ）に示すように、エッチングで、レジスト層１１７が形成されていない部分のＡｕ層１１６を削り取る。

【００２７】

次に、裏面のSiO_2層１０５の下に、フォトレジストを塗布し、フォトマスクを透過させて露光し、感光したレジストを現像し、不要部分のレジストを除去して、図７（ｃ）に示すように、レジスト層１１９を形成する。そして、下部からエッチングを行って、図７（ｄ）に示すように、レジスト層１１９が形成されていない部分における、SiO_2層１０５と、Ｓｉ層１０３と、SiO_2層１０２とを削り取る。

【００２８】

その後、埋め込み用レジスト１１４と、犠牲層１１５と、レジスト層１１７と、レジスト層１１９とを除去し、超臨界乾燥を実施すると、図８（ａ）に示すように、係止部９以外の部分が形成された状態となる。一方で、係止部９となるガラス１２０を微細加工する

。信号線３ａ及び３ｂと接点８ｃとの距離を精度よく一定に保つには、係止部９の突起部９ａの高さを精密に加工する必要があり、この加工にはドライエッチングなどの微細加工技術を用いる。そして、ガラス１２０と、SiO_2層１０５との接する部分１２１を接合すると、図８（ｂ）に示すように、完成する。なお、基板１と係止部９とを接合するには、陽極接合などの技術を用いる。図８（ｂ）に示すように、接点８ｃの下には突起部９ａが形成されており、駆動アーム８全体を支持するようになっている。

【００２９】

以上述べたような製造プロセスを実施することによって、図３で示したようなＭＥＭＳスイッチを製造することができる。なお、係止部９以外の部分については、前提となるアクチュエータの製造プロセスをそのまま応用して製造することができる。また、上で述べた各層は、特に触れなかった場合にはｎｍレベルの厚さとなる。

【００３０】

以上本発明の一実施の形態について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば細かい構造は、全て同じでなければならないわけではない。ヒンジ部の構造は、他のヒンジ構造を採用することも可能である。

【００３１】

また、上では、信号線と駆動アームとがねじれの関係になるような構造を例に説明したが、信号線と駆動アームとの位置関係はこれに限定されない。信号線の先端が、駆動アームと重なるような関係であれば、他の構造を採用することも可能である。さらに、上では、基板に穴が設けられるような構造を例に説明したが、必ずしも穴を構成しなければならないわけではない。例えば、切り欠き部が設けられるような場合もある。また、駆動アームを支持するような構造であれば、係止部を他の構造に変形することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【００３２】

【図１】前提となるアクチュエータの上面図である。

【図２】（ａ）乃至（ｂ）は、前提となるアクチュエータの概略断面図である。

【図３】本発明の一実施の形態に係るＭＥＭＳスイッチの概略断面図である。

【図４】（ａ）乃至（ｅ）は、ＭＥＭＳスイッチの製造方法を示す図である。

【図５】（ａ）乃至（ｅ）は、ＭＥＭＳスイッチの製造方法を示す図である。

【図６】（ａ）乃至（ｄ）は、ＭＥＭＳスイッチの製造方法を示す図である。

【図７】（ａ）乃至（ｄ）は、ＭＥＭＳスイッチの製造方法を示す図である。

【図８】（ａ）乃至（ｂ）は、ＭＥＭＳスイッチの製造方法を示す図である。

【符号の説明】

【００３３】

１　基板　　２　グランド

３ａ，３ｂ　信号線

４　圧電体層

５　穴

６　上部電極層

７ａ，７ｂ　グランド線

８　駆動アーム

８ａ　第１のカンチレバー

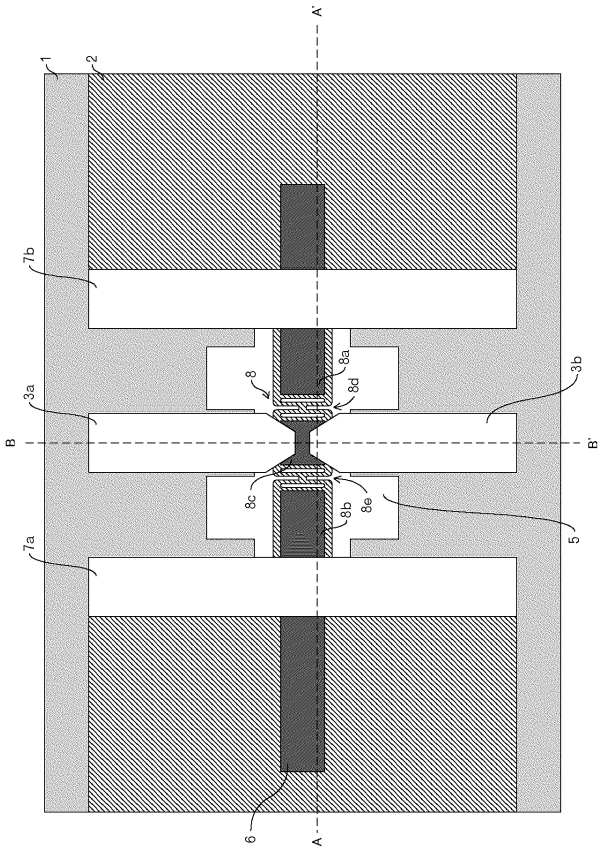
８ｂ　第２のカンチレバー

８ｃ　接点

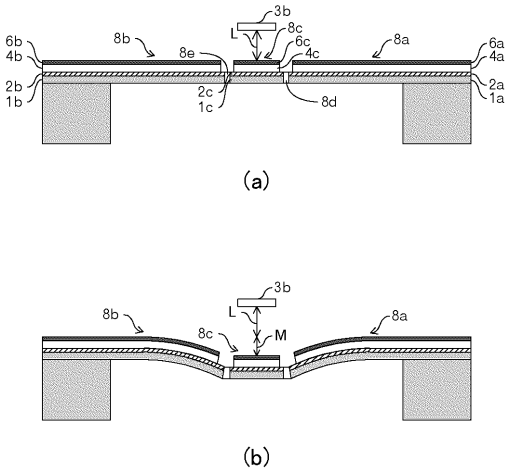
８ｄ，８ｅ　ヒンジ部

９　係止部

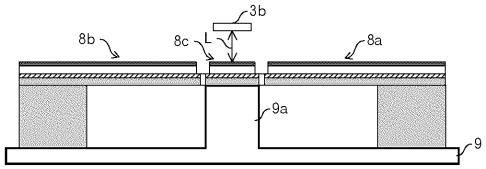
【図１】


A
A'
B
B'
1
2
7b
3a
3b
8
8a
8d
8c
8b
8e
5
7a
6

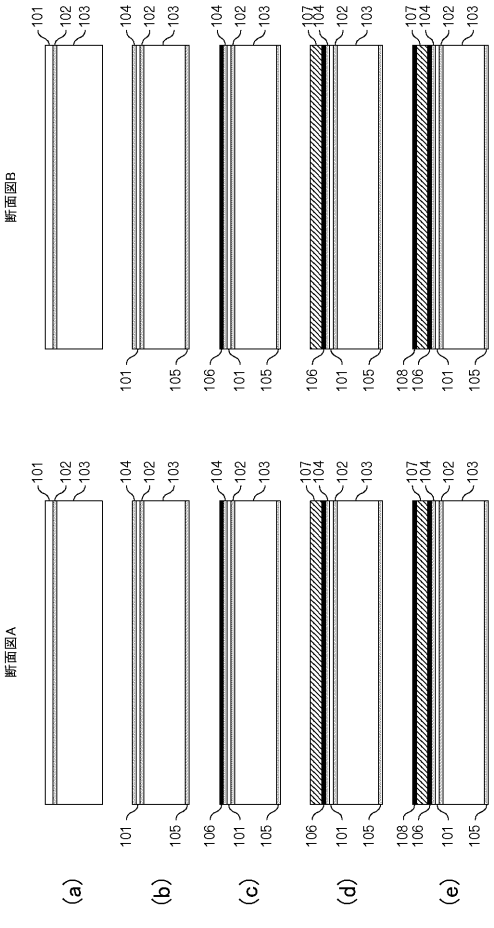
【図２】


3b
L
8b
8c
6c
8e
4c
8a
6b
4b
6a
4a
2b
1b
2c
1c
8d
2a
1a
(a)
3b
L
8b
8c
M
8a
(b)

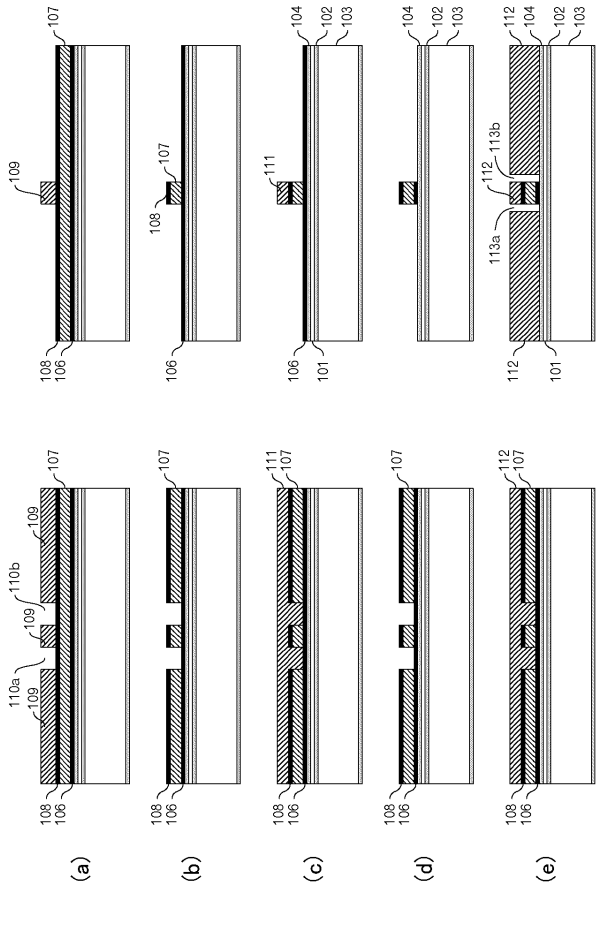
【図３】


3b
8b
8c
L
8a
9a
9

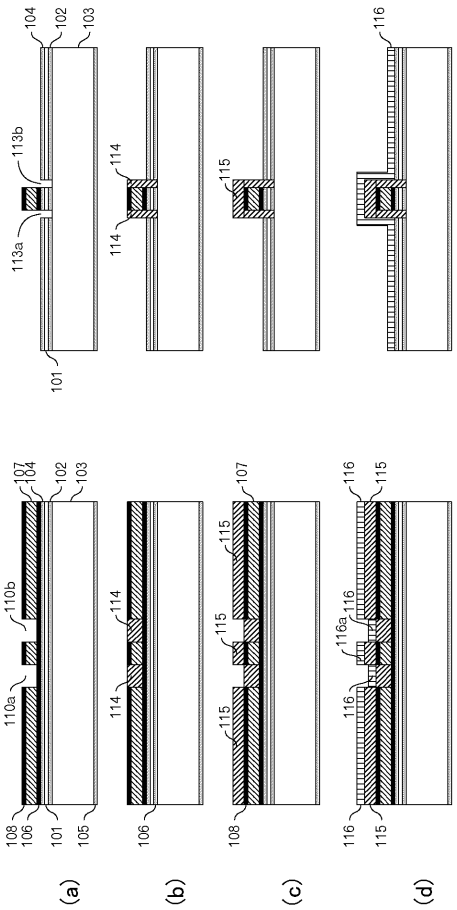
【図４】


断面図B
断面図A
101
102
103
104
105
106
107
108
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)

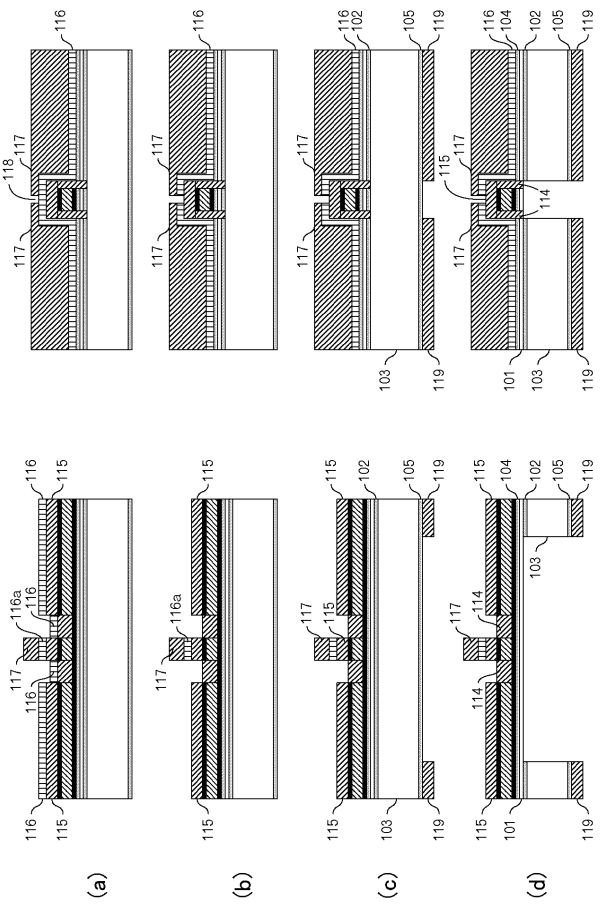
【図５】


107
109
108
106
104
102
103
111
112
113b
113a
101
110b
110a
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)

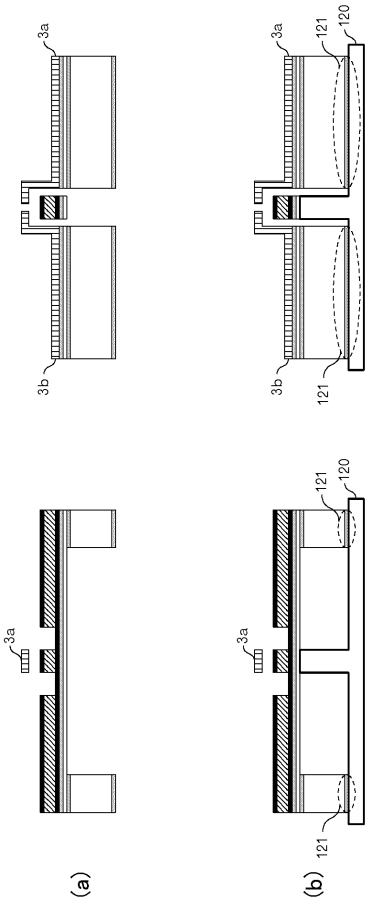
【図６】


104
102
103
113b
113a
101
114
115
116
107
110b
110a
108
106
105
(a)
(b)
(c)
(d)

【図７】


116
117
118
115
114
102
105
119
103
101
104
116a
(a)
(b)
(c)
(d)

【図８】


3a
3b
121
120
(a)
(b)

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００７－２７３８００（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－２１０２５０（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００５／０２７２５７（WO，Ａ１）
特開昭６２－００５５２６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　４１／３１
Ｂ８１Ｂ　３／００
Ｈ０１Ｈ　５７／００
Ｈ０２Ｎ　２／００