

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5123532号
(P5123532)

(45) 発行日 平成25年1月23日(2013.1.23)

(24) 登録日 平成24年11月2日(2012.11.2)

(51) Int.Cl.

F 1

B81B 3/00	(2006.01)	B 81 B 3/00
H01L 41/09	(2006.01)	H 01 L 41/08 U
H01L 41/187	(2006.01)	H 01 L 41/08 C
H01L 41/18	(2006.01)	H 01 L 41/18 1 O 1 B
H01L 41/22	(2013.01)	H 01 L 41/18 1 O 1 C

請求項の数 1 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2007-18810(P2007-18810)
(22) 出願日	平成19年1月30日(2007.1.30)
(65) 公開番号	特開2008-183658(P2008-183658A)
(43) 公開日	平成20年8月14日(2008.8.14)
審査請求日	平成21年12月18日(2009.12.18)

(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
(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
(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

審査官 岩瀬 昌治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】マイクロカンチレバー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一方の面上のほぼ全面に上部電極が形成され他方の面上のほぼ全面に下部電極が形成された略長方形の板状の圧電体と、前記圧電体の前記下部電極形成面に機械的に一体になるよう密着させた板状の弾性体と、前記圧電体と前記弾性体を密着させて形成された駆動部材の長さ方向の一端近傍を片持ち梁状に支持する支持体と、を有するマイクロカンチレバーにおいて、

前記駆動部材の前記支持体に支持された根元部分の近傍に、前記駆動部材の他の部分の厚みよりも薄い薄肉部を有し、

前記薄肉部は、

前記上部電極に形成され、前記上部電極の一部をスリット状または切り欠き状に除去した第1の部分と、

前記弾性体の下面に形成され、変形の中立面に達する深さで形成された第2の部分と、
を含む

ことを特徴とするマイクロカンチレバー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マイクロスイッチ、マイクロアクチュエータ等のMEMS素子（微小電気機械結合素子）の駆動部分であるマイクロカンチレバーに関するものである。

【背景技術】**【0002】**

高周波帯域で使用される多くの電子機器例えば携帯電話や無線機器等は、小型化、軽量化、高性能化されている。これに伴い、例えば既存の電子機器で信号を制御するために使用されるFET（電界効果型トランジスタ）やPINダイオードのような半導体スイッチの代わりとしてMEMS技術を利用したマイクロスイッチなどが提案されている。このようなMEMS素子は、電気回路にその電気回路単独では実現が困難な特徴を付加することができる。例えば電気回路のスイッチ素子として機械式のリレー、FET、PINダイオードが使われているところをMEMSスイッチに置き換えることで、材料に依存していた特性の改善例えば10GHz以上の高周波領域におけるアイソレーションやインサーションロスの低減や使用周波数領域の広域化が期待できる。また、MEMS素子は半導体装置の製造プロセスとの整合性が良いので、薄膜キャパシタや薄膜インダクタなどと一体化させた複合デバイスも実現可能である。

10

【0003】

近年、携帯電話や無線機器等は小型化、高機能化に伴いバッテリー駆動時間の問題が大きくなっている。そのため低消費電力及び低電圧駆動の要求が高まっている。MEMS技術では、静電、電磁、熱など、いくつかの駆動方式がある。この中で、熱駆動や電磁駆動では電流を流すことによる消費電力の増大がある。また、静電駆動では電流を流さないので電力消費は小さいが、一般に20~50Vという高い電圧を必要とする。そこで、低消費電力と低電圧駆動の両立が可能な方式として圧電体が着目されており、これを用いたMEMSスイッチが例えば特開2005-332802号公報等で提案されている。

20

【0004】

このような圧電体を用いたMEMS素子として、駆動部にマイクロカンチレバーを有するものがある。このマイクロカンチレバーは、両面に電極が形成された板状の圧電体と、金属あるいは金属酸化物等のような板状の弾性体とを貼り合せた構造を有しており、基板等の支持体に片持ち梁状に支持されている。このような構造では、電極に電圧を印加することによって圧電体が変位してマイクロカンチレバーが屈曲し、電極への通電を止めると弾性体の弾性により元に戻る。これを利用することにより、マイクロカンチレバーの先端に電気接点を設けてマイクロスイッチを形成したり、マイクロカンチレバーを振動または揺動運動の駆動部とするマイクロアクチュエータを形成することができる。

30

【0005】

【特許文献1】特開2005-332802号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

ところで圧電体の変位の大きさは印加する電圧に比例する。よってマイクロカンチレバーの変位を大きくするには印加する電圧を大きくする必要がある。しかし、MEMS素子には低電圧駆動の要求があるため、マイクロカンチレバーは電圧が同じであれば従来よりも大きな変位が得られ、同じ変位であれば従来よりも低い電圧で得られるようにする必要がある。

40

【0007】

圧電体を用いたマイクロカンチレバーの低電圧駆動を実現するためには、圧電体及び弾性体の厚みをできるだけ薄くする方法がある。しかしながら、薄膜化は膜の厚みを均一にするための制御が難しくなり、圧電特性等の特性の低下を抑えるという点で限界があった。また、変位量を稼ぐために、特開2005-332802号公報にあるような、マイクロカンチレバーを複数連結して変位量を增幅させる方法が考えられているが、このような構成では成膜や加工の工程が増大しつつ複雑化するため、コストがかさむという問題がある。

【0008】

50

本発明は、簡単な構造であって、低電圧でより大きな変位量を得ることができるマイクロカンチレバーを得ることができる手段を提案するものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

発明者らは、マイクロカンチレバーを構成する板状の圧電体が、厚み方向に垂直な長さ方向の変位を起こし、この長さ方向の変位を弾性体の存在によって厚み方向の屈曲に変えることができるが、屈曲と同時にこの弾性体が屈曲に対する反力を持つようになるので、この屈曲に対する反力を低減するような構造にすることによりマイクロカンチレバーの変位量を大きくすることを見出した。そこで本発明では、一方の面上のほぼ全面に上部電極が形成され他方の面上のほぼ全面に下部電極が形成された略長方形の板状の圧電体と、前記圧電体の前記下部電極形成面に機械的に一体になるように密着させた板状の弾性体と、前記圧電体と前記弾性体を密着させて形成された駆動部材の長さ方向の一端近傍を片持ち梁状に支持する支持体と、を有するマイクロカンチレバーにおいて、

前記駆動部材の前記支持体に支持された根元部分の近傍に、前記駆動部材の他の部分の厚みよりも薄い薄肉部を有し、前記薄肉部は、前記上部電極に形成され、前記上部電極の一部をスリット状または切り欠き状に除去した第1の部分と、

前記弾性体の下面に形成され、変形の中立面に達する深さで形成された第2の部分と、を含むことを特徴とするマイクロカンチレバーを提案する。

【0010】

本発明によれば、支持体に支持された根元部分に上部電極の一部がスリット状または切り欠き状になっている薄肉部を設けることにより、この部分の屈曲に対する反力を低下させることができる。また、屈曲に対する反力を低下させることにより、根元部分の変位がマイクロカンチレバーのその他の部分の変位より大きくなるので、梃子の原理により薄肉部の変位が増幅され、マイクロカンチレバーの自由端の変位が大きくなる。すなわち、根元部分の上部電極の一部をスリット状または切り欠き状にして金属膜を除去することによってこの部分における屈曲に対する反力を低下させ、マイクロカンチレバーの屈曲変位を大きくすることができる。

【0011】

また、薄肉部を形成する手法としては、弾性体の厚みを薄くする方法がある。すなわち前記薄肉部において前記弾性体の厚みも薄くなっているマイクロカンチレバーを提案する。弾性体は圧電体に近い部分は圧電体の長さ方向の変位を屈曲に変える作用を有するが、圧電体から遠い部分は屈曲に対する反力が発生するので、根元部分の弾性体を薄くすることにより、この部分における屈曲に対する反力を低下させ、マイクロカンチレバーの屈曲変位を、さらに大きくすることができる。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、簡単な構造でありかつ低電圧でより大きな屈曲変位量を得ることができるマイクロカンチレバーを得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明のマイクロカンチレバーに係る第一の実施形態について、図面に基づいて説明する。図1は本発明のマイクロカンチレバーの第一の実施形態を示す模式断面図である。本発明のマイクロカンチレバー1は、略長方形の板状の圧電体3の両面全面に上部電極4a及び下部電極4bとなる電極膜を形成しつつ前記圧電体3の下部電極4b側に板状の弾性体5を機械的に一体になるように密着させた駆動部材を、支持体2に片持ち梁状に支持させた構造を有する。またさらに、前記弾性体5には、支持体2に支持された根元部分の近傍に薄肉部6が形成されている。このマイクロカンチレバー1は、上部電極4a及び下部

10

20

30

40

50

電極 4 b を通じて電圧を印加して圧電体 3 を変位させることにより駆動される。

【 0 0 1 5 】

圧電体 3 は C V D、スパッタリング等の薄膜形成方法またはゾルゲル法等によって形成され、成膜後にエッチング等で削るか、成膜時にマスキング等を行うことによって例えば矩形の板状に成形される。材料としてはチタン酸ジルコン酸鉛、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、チタン酸バリウム、チタン酸ナトリウムビスマス。ニオブ酸カリウムナトリウム、タンタル酸ストロンチウムビスマス等が用いられる。圧電体 3 は通電して変位させるために分極方向をそろえる分極処理を行う。この分極処理は圧電体に対して 150 ~ 500 kV / cm の電界強度を付与することによって行われる。

10

【 0 0 1 6 】

上部電極 4 a 及び下部電極 4 b は、C V D、スパッタリング等の薄膜形成方法によって圧電体 3 の裏表面にそれぞれ形成される。形成する順序は、圧電体 3 を用意して、その裏表面にそれぞれ形成する方法や、下部電極 4 b 圧電体 3 上部電極 4 a の順に重ねて形成する方法などがある。材料としては、P t、P d、A g、C u、N i、A l、C r、F e、C o、Z n、S n、T i 等の金属単体または合金が用いられる。

【 0 0 1 7 】

弾性体 5 は、S i や S i O₂ 等の半導体材料、アルミナやジルコニア等のセラミックス、あるいはF e、N i、C u 等の金属のような弾性を有する部材単体または複数種類の部材の積層体で構成されている。この弾性体 5 は前述の材質からなる板状部材を用意するか、または後述の支持体からエッチング等の方法で削り出して形成する。この弾性体 5 と、上部電極 4 a 及び下部電極 4 b が形成された圧電体 3 とを密着するように一体的に形成させて駆動部材が形成される。この駆動部材を形成する方法としては、圧電体 3 の下部電極 4 b 側に弾性体 5 を貼り合せる方法と、弾性体 5 上に C V D やスパッタリング等で下部電極 4 b を形成して次いで圧電体 3 及び上部電極 4 a を順次形成する方法がある。

20

【 0 0 1 8 】

支持体 2 は、S i ウェハ等の半導体基板や、アルミナやジルコニア等のセラミック基板で構成されており、前記駆動部材を片持ち梁状に支持するものである。支持体 2 は弾性体 5 と一体化されていても良い。また、マイクロカンチレバー 1 以外の電子部品や配線導体等が形成されていても良い。なお、以後の説明及び図面ではマイクロカンチレバー 1 以外の電子部品や配線導体等は省略している。

30

【 0 0 1 9 】

弾性体 5 に形成された薄肉部 6 は、支持体 2 が駆動部材を支持する根元部分近傍に形成されている。この薄肉部 6 は、支持体 2 に固定された根元部分から長さ 、深さ で形成されている。この は、駆動部材を構成する材料にもよるが、長さが例えば 500 μm であれば 0.5 ~ 30 μm 位であり、 は弾性体 5 の厚みに対して 10 ~ 80 % 位である。駆動部材の厚みは、この薄肉部 6 の部分における厚みが、他の部分の厚みよりも の分だけ薄くなっている。

【 0 0 2 0 】

次に本発明のマイクロカンチレバーの動作について説明する。図 2 は本発明のマイクロカンチレバーの第一の実施形態における動作を示す模式断面図である。また、図 3 は従来のマイクロカンチレバーにおける動作を示す模式断面図である。なお、以降の説明においては、圧電体 3 の分極方向は上部電極 4 a から下部電極 4 b へ向かう方向であり、マイクロカンチレバーの動作時に印加される電圧の方向は下部電極 4 b から上部電極 4 a へ向かう方向とする。

40

【 0 0 2 1 】

本発明のマイクロカンチレバーの動作原理は、詳細については不明であるが、以下の記載のように考えられる。上部電極 4 a 及び下部電極 4 b を通じて直流電圧を印加すると、図 2 及び図 3 に示すように、圧電体 3 が長さ方向に伸びようとする。このとき、弾性体 5 及び 5' は長さ方向に引張り応力を受ける。このとき弾性力による反力が働き、圧電体 3

50

を引き戻そうとする。これによってマイクロカンチレバー 1 及び 1' が変位して屈曲する。このとき弾性体 5 及び 5' においては、中立面 N A を境にして圧電体 3 に近い側は引張り応力を受け、マイクロカンチレバー 1 及び 1' を変位させる働きをする。しかし中立面 N A より圧電体 3 から遠い側は圧縮応力を受ける。そのため圧縮応力の反力により、圧電体 3 の変位を押し戻そうとする力が発生する。

【0022】

ここで、本発明のマイクロカンチレバー 1 では、薄肉部 6 においては、圧縮応力のかかる中立面 N A より圧電体 3 に遠い側の部分が薄くなっているので、圧電体 3 の変位を押し戻そうとする前記圧縮応力の反力がその他の部分及び従来のマイクロカンチレバー 1' より小さくなる。よって薄肉部 6 のある部分においては変位が大きくなる。薄肉部 6 はマイクロカンチレバー 1 の根元部分にあるので、梃子の原理により薄肉部 6 の変位を増幅することができる。これにより従来のマイクロカンチレバー 1' よりも大きな屈曲変位を有するマイクロカンチレバー 1 を得ることができる。以上のこととは電圧を逆向きに印加して逆方向に変位させたときも同様である。なお、中立面 N A はマイクロカンチレバー 1 を構成する圧電体 3 及び弾性体 5 の厚みやヤング率によって位置が決まるものである。よって例えば弾性体 5 全体の厚みを薄くした場合には中立面 N A の位置がそれに伴って変化し、その結果圧電体 3 に近い側の弾性体が薄くなつてマイクロカンチレバー 1 を変位させる作用自体が小さくなつてしまい、本発明の効果は得られなくなる。

【0023】

なお、薄肉部 6 の形状は、図 1 に示すような断面矩形の他に、図 4 に示すようなテープの付いた形状でも良い。また、図 5 に示すような断面略円形形状でもよい。また、図 5 に示すように、支持体 2 の一部をいわゆる座繰り形状に抉る形状でもよい。この抉った部分は、マイクロカンチレバー 1 が下向きに変位したときに、弾性体 5 の一部が支持体 2 に突き当たらないようにして、変位が妨げられないようにすることができます。また、薄肉部 6 の深さ は図 2 にあるように、中立面 N A を超えない程度の中立面 N A 近傍に達しているのが好ましい。

【0024】

次に本発明のマイクロカンチレバーの製造方法について説明する。なお、ここでは一例として、CVD 等で層を形成してエッチング等で削り出しを行う薄膜プロセスによる製造方法で説明する。まず、図 6 (a) に示すように、SOI (Silicon On Insulator) ウェハ 100 を用意する。SOI ウェハ 100 は、Si 基板 101 上に SiO₂ 層 102、その上に Si 層 103 が形成されている構造を有する。

【0025】

続いて図 6 (b) に示すように、SOI ウェハ 100 上に CVD によって Si 酸化膜 104 を形成する。この Si 酸化膜 104 は後に弾性体の一部となる。続いて図 6 (c) に示すように、Si 酸化膜 104 上にスパッタで Pt 金属膜を形成して下部電極 111 を形成する。続いて図 6 (d) に示すように、下部電極 111 上にゾルゲル法によってチタン酸ジルコン酸鉛の層を形成し圧電体層 112 を形成する。続いて図 6 (e) に示すように、圧電体層 112 上にスパッタで Pt 金属膜を形成して上部電極 113 を形成する。このようにして本発明のマイクロカンチレバーに必要な層を形成して図 8 (a) に示すようなウェハを形成する。なお、これらに加えてさらに上部電極 113 を保護する保護層や、マイクロカンチレバーの変位量をヤング率等によって調整する調整層等を必要に応じて形成しても良い。このような保護層または調整層に用いられる材料としては例えば Ta が挙げられる。保護層とする場合は、Ta のヤング率が影響しないように圧電体層 112 より十分に薄く形成し、調整層とする場合は Ta のヤング率が利用できる厚みに形成する。

【0026】

続いて図 7 (a) 及び図 8 (b) に示すように、エッチングによって上部電極 113、圧電体層 112 及び下部電極 111 を除去して駆動部材を形成する。上部電極 113 及び下部電極 111 の除去には ECR (Electron Cyclotron Resonance : 電子サイクロトロン共鳴エッチング) 装置で Ar ガスを用いたドライエッチン

10

20

30

40

50

グを用いる。また、圧電体層 112 の除去にはエッティング液として硝酸 + 10% フッ化水素溶液を用いたウェットエッティングを用いる。残す部分は、表面にレジスト等を塗布してパターンを転写して保護する。

【0027】

続いて図 7 (b) 及び図 8 (c) に示すように、駆動部材の周囲の Si 酸化膜 104、Si 層 103 及び SiO₂ 層 102 をドライエッティングによって除去して、片持ち梁状に駆動部材を支持する構造を形成する。ドライエッティングには D - RIE (Deep Reactive Ion Etching) 装置を用い、エッティングガスとして Si 酸化膜 104 及び SiO₂ 層 102 には CHF₃ を用い、Si 層 103 には SF₆、C₃F₈ 等を用いる。

10

【0028】

続いて図 7 (c) 及び図 8 (d) に示すように、SOI ウェハ 100 の裏面（駆動部材が形成されていない側）から D - RIE 装置を用いたドライエッティングによって Si 基板 101 及び SiO₂ 層 102 を除去してマイクロカンチレバーを駆動させるための空間 105 を形成する。このようにして弾性体が Si 層 103 と Si 酸化膜 104 で形成されかつ支持体となる SOI ウェハ 100 と一体化しているマイクロカンチレバーが得られる。

【0029】

続いてマイクロカンチレバーの弾性体に薄肉部 106 を形成する。まず、図 7 (d) に示すように、弾性体となる Si 層 103 の、支持体との固定端近傍部分以外の表面にレジスト 121 を塗布する。レジスト層 121 は、薄肉部 106 の深さを調節するために、その厚み及びエッティングの選択比等が調整される。続いて D - RIE 装置を用いたドライエッティングによって Si 層 103 の固定端近傍部分を除去し、薄肉部 106 が形成される。

20

【0030】

続いて圧電体 112 に対して分極処理を施す。上部電極 113 及び下部電極 111 を通じて直流電圧を印加し、電界強度が 150 ~ 500 kV/cm になるようにして 1 ~ 10 分処理を行う。印加する電圧は、圧電体 112 の厚みが例えば 1 μm であれば、15 ~ 50 V で良い。

【0031】

次に本発明のマイクロカンチレバーの第一の実施形態における効果について説明する。まず、前述の製造方法によって、長さ 500 μm、幅 150 μm、厚さ 6.8 μm のマイクロカンチレバー 1 を形成する。長さは、支持体 2 との固定端から先端までの距離とする。マイクロカンチレバー 1 を構成する各層の寸法及び物性等は表 1 の通りとする。

30

【0032】

【表 1】

	単位	Si	Si酸化膜	下部電極(Pt)	圧電体層(PZT)	上部電極(Pt)
厚み	μm	5	0.6	0.2	0.8	0.2
幅	μm	150	150	100	100	100
ヤング率	Pa	1.68E+11	6.80E+10	1.71E+11	7.30E+10	1.71E+11
圧電定数d31	—	—	—	—	-1.00E-10	—
比誘電率	—	—	—	—	1200	—

【0033】

40

ここで、薄肉部 6 の長さを 0.5 μm、5.0 μm、10 μm、及び 30 μm のものを用意し、それぞれについて、深さを 1.0 μm、2.0 μm、3.0 μm、3.5 μm、4.0 μm 及び 4.5 μm の試料を作成する。各試料 10 V の直流電圧を印加してそのときの変位を測定し、薄肉部が形成されていない標準試料の変位を 100 %としたときの、変位増加率を算出した。その結果を図 9 のグラフに示した。

【0034】

これらの結果から、弾性体 5 に形成する薄肉部 6 の形状を制御することで、5 ~ 30 % の変位量増加が得られることがわかった。

【0035】

次に、本発明のマイクロカンチレバーに係る第二の実施形態について説明する。図 10

50

は本発明のマイクロカンチレバーの第二の実施形態を示す模式平面図であり、図11はその模式断面図である。このマイクロカンチレバー11の特徴は、薄肉部16が上部電極14aの一部を除去することによって形成されている点である。

【0036】

圧電体13の厚みに対して上部電極14aあるいは下部電極14bの厚みが充分に薄い場合には、圧電体13の変位に対する上部電極14aあるいは下部電極14bの弾性の影響は無視できるものであったが、圧電体13の厚みと上部電極14aあるいは下部電極14bの厚みとが近づいてくると、その弾性体としての作用が無視できなくなってくる。そこで、図11及び図12にあるように、上部電極14aの一部を長さ'、幅'のスリット状に除去した薄肉部16を設けることによって、マイクロカンチレバー11の変位を大きくできるようにしたものである。10

【0037】

薄肉部16は図11のような形状に限らず、図12のマイクロカンチレバー11'に形成されている薄肉部16'のように、2分割された形状でも良い。また、このような矩形形状のスリットではなく、その他の形状や不定形の切り欠き状でもよい。ただし上部電極14aまたは14a'は圧電体13に電圧を印加する役割があるので、一部は除去せずに残しておく必要がある。

【0038】

このようなマイクロカンチレバー11または11'を製造する場合は、上部電極14aまたは14a'となる金属膜を形成するときにマスキング等を行ってパターンを形成するか、またはエッティング時にパターンを形成する方法がある。これによって薄肉部16または16'を形成することができる。20

【0039】

次に本発明のマイクロカンチレバーの第二の実施形態における効果について説明する。前述の製造方法によって、長さ $500\mu\text{m}$ 、幅 $150\mu\text{m}$ 、厚さ $6.8 \sim 8.6\mu\text{m}$ のマイクロカンチレバー11を形成する。長さは支持体12との固定端から先端までの距離とする。マイクロカンチレバー11を構成する各層の寸法及び物性等は表2の通りとする。

【0040】

【表2】

	単位	Si	Si酸化膜	下部電極(Pt)	圧電体層(PZT)	上部電極(Pt)
厚み	μm	5	0.6	0.2	0.8	0.2, 1.0, 2.0
幅	μm	150	150	100	100	100
ヤング率	Pa	1.68E+11	6.80E+10	1.71E+11	7.30E+10	1.71E+11
圧電定数d31	—	—	—	—	-1.00E-10	—
比誘電率	—	—	—	—	1200	—

30

【0041】

ここで、薄肉部16の長さ'を $0.5\mu\text{m}$ に固定し、上部電極14aの厚み(下部電極14bは $0.2\mu\text{m}$)を $0.2\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$ 及び $2.0\mu\text{m}$ にしたもの用意し、それぞれについて、幅'を $5\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ 、 $45\mu\text{m}$ 、 $65\mu\text{m}$ 及び $75\mu\text{m}$ の試料を作成する。各試料 10V の直流電圧を印加してそのときの変位を測定し、薄肉部が形成されていない標準試料の変位を 100% としたときの、変位増加率を算出した。その結果を図13のグラフに示した。40

【0042】

これらの結果から、上部電極14aの一部をスリット状または切り欠き状に除去して形成された薄肉部16の形状を制御することで、最大 5% の変位量増加が得られることがわかった。また、これによる変位増加の効果は上部電極14aの厚みが圧電体13の厚みに近づくほど効果があることがわかった。

【0043】

なお、本発明の第一の実施形態で示した解決手段と第二の実施形態で示した解決手段とを組み合わせても良い。この場合、両方手段の効果を発揮させることができるので、より50

低電圧により大きな変位量を得ることができる。

【産業上の利用可能性】

【0044】

本発明のマイクロカンチレバーは、マイクロスイッチの駆動部として利用できるので、例えばWiMAXに向けたバンド切替型のチューナブルフィルタへ利用できる。また、携帯電話をはじめとする携帯通信機器用の高周波スイッチ等として利用できる。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明のマイクロカンチレバーの第一の実施形態を示す模式断面図である。

【図2】本発明のマイクロカンチレバーの第一の実施形態における動作を示す模式断面図 10 である。

【図3】従来のマイクロカンチレバーにおける動作を示す模式断面図である。

【図4】本発明のマイクロカンチレバーの第一の実施形態の別例を示す模式断面図である。

【図5】本発明のマイクロカンチレバーの第一の実施形態の別例を示す模式断面図である。

【図6】本発明のマイクロカンチレバーの製造方法を示す模式断面図である。

【図7】本発明のマイクロカンチレバーの製造方法を示す模式断面図である。

【図8】本発明のマイクロカンチレバーの製造方法を示す模式平面図であって、(a)は図6(e)、(b)は図7(a)、(c)は図7(b)、(d)は図7(c)以降の図面 20 に対応している。

【図9】薄肉部の長さ 及び深さ と、マイクロカンチレバーの変位増加率の関係を示すグラフである。

【図10】本発明のマイクロカンチレバーの第二の実施形態を示す模式平面図である。

【図11】図10のA-A線における模式断面図である。

【図12】本発明のマイクロカンチレバーの第二の実施形態の別例を示す模式平面図である。

【図13】上部電極厚み及びスリットの長さ ‘ と、マイクロカンチレバーの変位増加率の関係を示すグラフである。

【符号の説明】

【0046】

1、1‘、11、11‘ マイクロカンチレバー

2、12 支持体

3、13、112 圧電体

4a、14a、14a‘、113 上部電極

4b、14b、111 下部電極

5、5‘、15 弹性体

6、16、16‘ 106 薄肉部

100 SOIウェハ

101 Si基板

102 SiO₂層

103 Si層

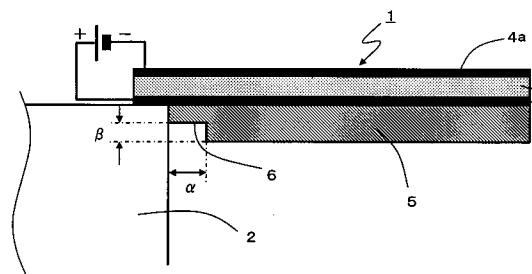
104 Si酸化膜

105 空間

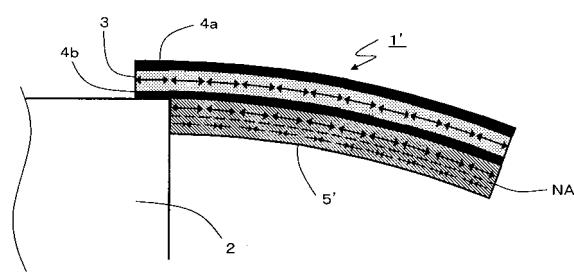
30

40

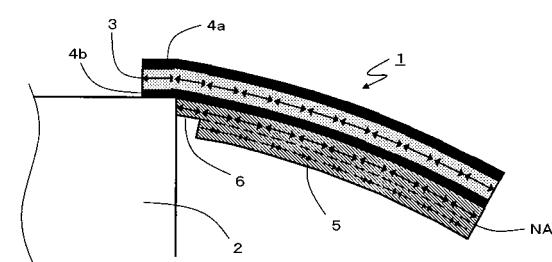
【図1】



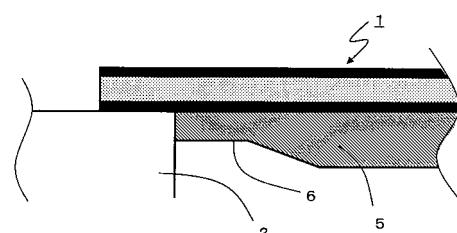
【図3】



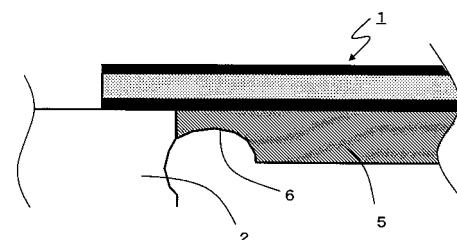
【図2】



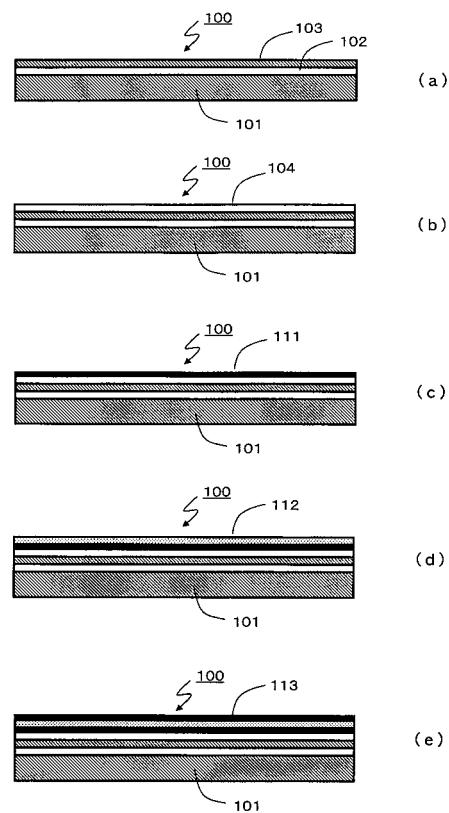
【図4】



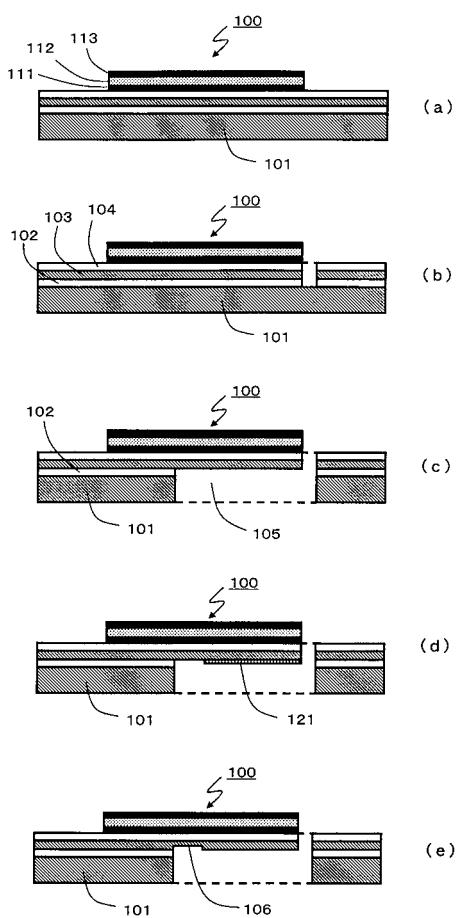
【図5】



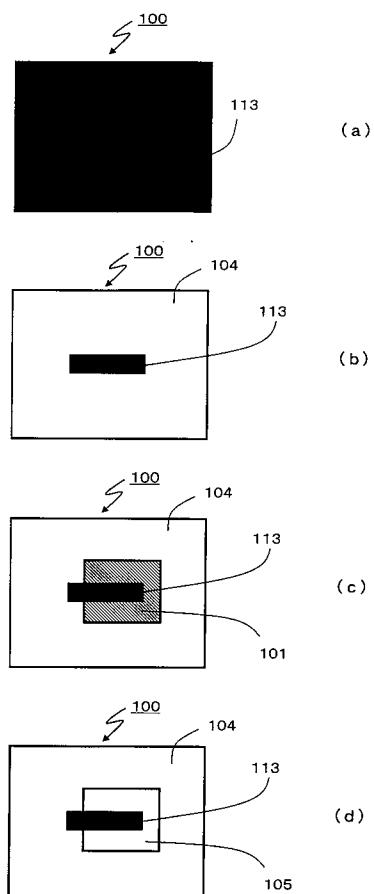
【図6】



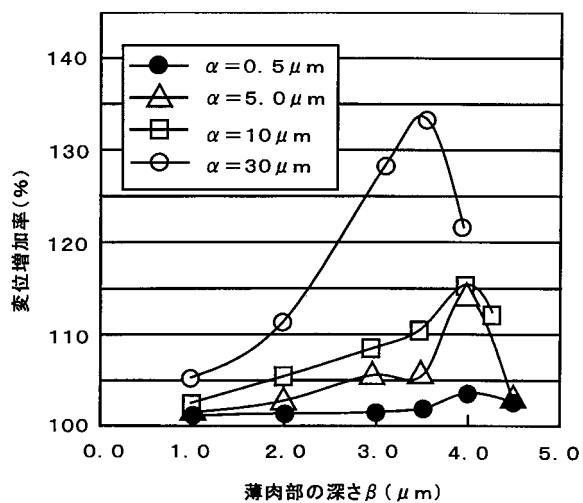
【図7】



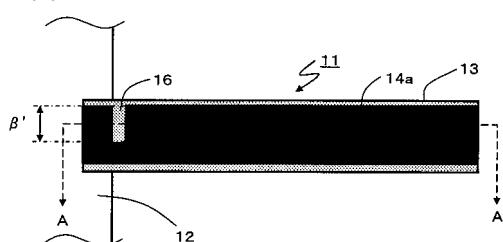
【図 8】



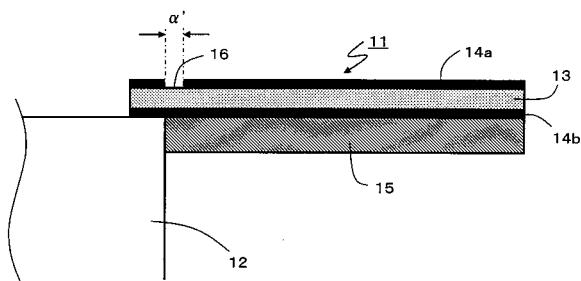
【図 9】



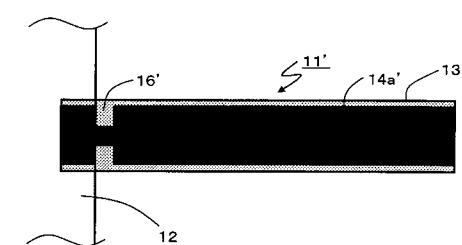
【図 10】



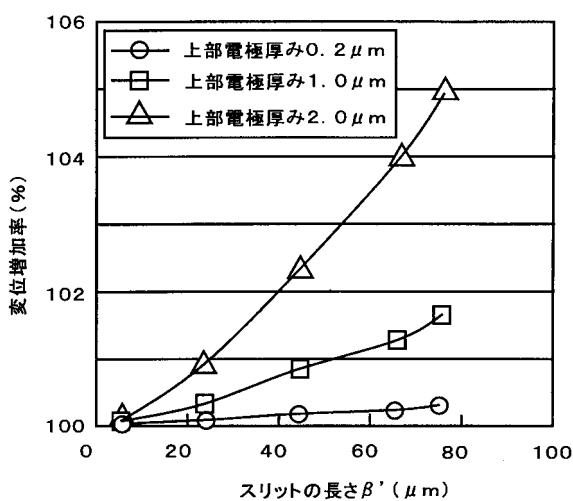
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I		
H 02N 2/00	(2006.01)	H 01L 41/18	1 0 1 D
		H 01L 41/18	1 0 1 Z
		H 01L 41/22	Z
		H 02N 2/00	B

(56)参考文献 特開2006-187060(JP,A)
特開2006-175557(JP,A)
特開2006-024925(JP,A)
特開2005-332802(JP,A)
特開2007-000994(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 81B	3 / 00
H 01L	4 1 / 09
H 01L	4 1 / 18
H 01L	4 1 / 187
H 01L	4 1 / 22
H 02N	2 / 00