(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 10 月 27 日(27.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/132532 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 41/09 (2006.01) *H01L 41/22* (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01) *H01L 41/24* (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01) *H02N 2/00* (2006.01)
H01L 41/18 (2006.01) *H01H 57/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/058697

(22) 国際出願日: 2011 年 4 月 6 日(06.04.2011)

(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 2010-099778 2010 年 4 月 23 日(23.04.2010) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所 **(Murata Manufacturing Co., Ltd.)** [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 Kyoto (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山本観照 **(YAMAMOTO Kansho)** [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号　株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 山本悌二**(YAMAMOTO Teiji)** [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号　株式会社　村田製作所内 Kyoto (JP). 掘露伊保龍**(KOUTSAROFF P Ivo)** [CA/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号　株式会社　村田製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人　楓国際特許事務所 **(Kaede Patent Attorneys' Office)**; 〒5400011 大阪府大阪市中央区農人橋１丁目４番３４号 Osaka (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, JP, 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.

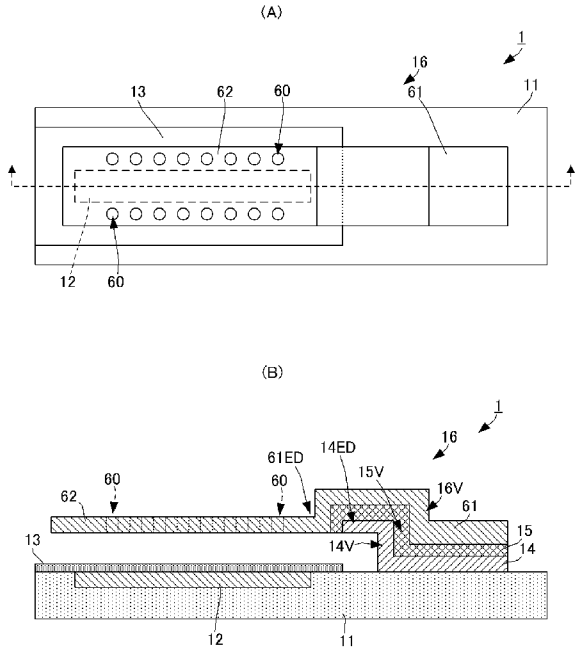
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) **Title**: PIEZOELECTRIC ACTUATOR AND MANUFACTURING METHOD FOR PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(54) 発明の名称 : 圧電アクチュエータおよび圧電アクチュエータの製造方法

[図1]



(57) **Abstract**: Disclosed is a piezoelectric actuator with improved simplicity of construction and manufacturing flow. A fixed electrode (12) is formed on a base substrate (11). A dielectric layer (13) is formed on the surface of the base substrate (11). A lower electrode (14), at least one part of which is formed at a remove from the base substrate (11), is formed on the surface of the dielectric layer (13). A piezoelectric layer (15) is formed on the surface of the lower electrode (14). An upper electrode (16) is formed on the surface of the piezoelectric layer (15). A moveable electrode is formed by at least one part of the upper electrode (16) or the lower electrode (14) being moved by distortion in the piezoelectric layer (15) caused by the application of piezoelectric voltage.

(57) 要約: 従来よりも簡素な構成および簡素な製造フローで形成可能な圧電アクチュエータを実現する。ベース基板（１１）には、固定電極（１２）が形成されている。ベース基板（１１）の表面には、誘電体層（１３）が形成されている。誘電体層（１３）の表面には、少なくとも一部がベース基板（１１）から離間した形状の下部電極（１４）が形成されている。下部電極（１４）の表面には、圧電体層（１５）が形成されている。圧電体層（１５）の表面側には、上部電極（１６）が形成されている。圧電駆動電圧の印加による圧電体層（１５）の歪により、上部電極（１６）もしくは下部電極（１４）の少なくとも一部が可動する可動電極となっている。

WO 2011/132532 A1

(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 ：

圧電アクチュエータおよび圧電アクチュエータの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、圧電材料を用いて、電気的な制御を行う圧電アクチュエータに関する。

背景技術

[0002] 現在、ＭＥＭＳ素子からなるスイッチ素子が各種考案されている。このようなスイッチ素子として、例えば特許文献１に示すように、圧電アクチュエータを利用したものもある。

[0003] 特許文献１に記載の圧電アクチュエータのスイッチ素子では、ベース基板の表面に、片持ちのアームが取り付けられている。アームは、片持ちの支持部となるベース基板に直交する壁面を有する垂直壁部と、当該垂直壁部に支持されたベース基板部平行な壁面を有する水平壁部とを備える。水平壁面上には、可動電極が形成されている。この可動電極の上方には、アームを覆う蓋部の内壁に固定電極が形成されている。

[0004] アームの水平壁部の支持側の端部付近には、下部電極、圧電膜、および上部電極が、この順で配設されており、これらにより圧電駆動部が構成されている。そして、圧電駆動部の下部電極と上部電極との間に駆動電圧を印加すると、圧電膜が歪み、アームが上方に湾曲して、可動電極が固定電極へ近接する。このように、駆動電圧の印加の有無により、可動電極と固定電極との間隔が変化することで、スイッチや可変容量素子として機能する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２００９－２３８５４６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述の特許文献１に示す圧電アクチュエータのスイッチ素子では、可動電極、アーム、および圧電駆動部が個別に形成された構造になっている。したがって、スイッチ素子を構成する構成要素が多く、それぞれの構成要素を形成する製造フローも多くなってしまう。

[0007] 本発明の目的は、従来よりも簡素な構成および簡素な製造フローで形成可能な圧電アクチュエータを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] この発明の圧電アクチュエータは、絶縁性のベース基板、該ベース基板に形成された固定電極、下部電極、圧電体層、上部電極、および可動電極を備える。下部電極は、少なくとも一部がベース基板から離間された形状からなる圧電駆動電圧印加用の電極である。圧電体層は、下部電極のベース基板と反対の面側に形成されている。上部電極は、圧電体層の下部電極と反対の面側に形成された圧電駆動電圧印加用の電極である。可動電極は、圧電駆動電圧の印加による前記圧電体層の歪みにより、固定電極との距離が変化する。このような構成の上で、可動電極の少なくとも一部は、上部電極もしくは下部電極により形成されている。

[0009] この構成では、可動電極自体が湾曲するアームの機能を有するので構成が簡素化される。さらに、上部電極もしくは下部電極が部分的に可動電極へ含まれることで、さらに構成が簡素化される。また、固定電極をベース基板に備えることで、電気回路の機能的にはカバーを必要とせず、これによっても構成が簡素化される。

[0010] また、この発明の圧電アクチュエータでは、可動電極は、一方端が下部電極、圧電体層、および上部電極からなる積層構造部により支持されている。

[0011] この構成では、具体的な可動電極の支持柱の構成を示している。このように、本発明の構成では、可動電極の他に別途アームが無くても可動電極に所望の変化をもたらすことができる。

[0012] また、この発明の圧電アクチュエータでは、可動電極は上部電極により形成されている。

[0013] この構成では、上部電極が可動電極を兼ね、湾曲するアームにもなる。これにより、さらに簡素な構成となる。また、上部電極は、圧電体層よりも製造フローの後段で形成されるため、圧電体層の製造プロセス条件の影響を受けない。このため、上部電極を兼ねる可動電極の材質の選択岐が多くなる。したがって、製品仕様やコスト等に応じて、適する材質を選択し易くできる。

[0014] また、この発明の圧電アクチュエータでは、固定電極と可動電極との間に誘電体層が形成されている。

[0015] この構成では、具体的な圧電アクチュエータの構造として、固定電極と可動電極との間に誘電体層を備える。この誘電体層が存在することで、固定電極と可動電極とが直接に当接しない。したがって、圧電体アクチュエータを、例えば５０ＭＨｚ～１０ＧＨｚといった周波数の高周波スイッチとしても、高周波容量素子としても利用することができる。また、固定電極と可動電極とが直接に当接または近接する場合に比べ、誘電体層を介在することで、過大な信号が通過しても融着しにくいため、駆動電圧印加後にも可動電極をより安定に離間させることができる。これにより、スイッチング動作が可能になる。そして、このような誘電体層を有する構成であっても、他の構成要素が簡素化されているので、誘電体層を備える圧電アクチュエータとしては、従来よりも簡素な構成を実現できる。

[0016] また、この発明の圧電アクチュエータでは、誘電体層は圧電体層により形成されている。

[0017] この構成では、誘電体層を圧電体層で兼用している。これにより、誘電体層を備える圧電アクチュエータを、さらに簡素な構成で実現できる。

[0018] また、この発明の圧電アクチュエータでは、可動電極は、圧電体層の歪み量により固定電極側に近接する面積が変化する形状からなる。

[0019] この構成では、近接する面積が異なることで、連続的または多段的な複数の異なる容量を実現できる。これにより、可変容量素子を構成することができる。そして、このような可変容量素子としての圧電アクチュエータであっ

ても、従来よりも簡素な構成で実現できる。

[0020] また、この発明の圧電アクチュエータでは、固定電極と可動電極とを、高周波信号を伝送する伝送線路に接続する、または伝送線路とグランド線間に接続する。

[0021] この構成では、駆動電圧印加用の電極が高周波信号用の可動電極として兼用されているので、従来のアームと可動電極とを個別に形成する構造よりも、構造を簡素化できる。これにより、圧電アクチュエータを高周波スイッチや可変容量素子として利用する場合に小型化が可能となる。

[0022] また、この発明の圧電アクチュエータでは、圧電体層は、チタン酸ジルコン酸鉛系、窒化アルミニウム系、もしくは酸化亜鉛系の材質により形成されている。

[0023] この構成では、圧電体層の材質を具体的に示している。これらの材質を用いれば、製造が容易であり、本願の圧電アクチュエータに、より有効に作用する。

[0024] また、この発明の圧電アクチュエータでは、圧電体層は、ニオブ酸カリウムナトリウム系の材質により形成されている。

[0025] この構成では、圧電体層を構成する別の材質の具体例を示している。この材質は非鉛圧電材料の中でも圧電性に優れているので、優れた環境性と圧電性とを両立する圧電アクチュエータを構成できる。なお、ニオブ酸カリウムナトリウム系の圧電定数d_{31}は５０～１５０ｐｍ／Ｖである。

[0026] なお、ここで、ニオブ酸カリウムナトリウム系とは、以下の一般式（１）からなるニオブ酸カリウムナトリウム系の材質、または、一般式（１）にＭｎ、Ｍｇ、Ｚｎ、Ｆｅ、Ｃｕ、Ｙｂの少なくとも１種を金属あるいは酸化物として１０ｍｏｌ％以下で添加したニオブ酸カリウムナトリウム系の材質を含む。

[0027] 一般式（１）$(K_{1-a-b}Na_aA_b)(Nb_{1-c}B_c)O_3$

（ＡはＬｉ、Ａｇ、Ｃａ、Ｓｒ、Ｂｉ、Ｇｄからなる少なくとも１種の化合物、ＢはＴａ、Ｚｒ、Ｔｉ、Ａｌ、Ｓｃ、Ｈｆからなる少なくとも１種の化

合物、ａ、ｂ、ｃは０≦ａ≦０．９、０≦ｂ≦０．３、０≦ａ＋ｂ≦０．９、０≦ｃ≦０．３の範囲）。

[0028] また、この発明の圧電アクチュエータでは、固定電極はベース基板に埋め込まれた形状からなる。

[0029] この構成では、固定電極の具体的構成例を示している。このように、固定電極がベース基板に埋め込まれることで、固定電極上に形成される誘電体層や犠牲層を平坦に形成しやすくなる。

[0030] また、この発明の圧電アクチュエータでは、基板がＬＴＣＣ、ガラス、ＳＯＩ、アルミナセラミックス、$LiNbO_3$、$LiTaO_3$、水晶、Ｓｉ、サファイア、ＧａＡｓ、ＧａＮ、Ｇｅ、ＳｉＣである。

[0031] この構成では、ベース基板の具体的構成例を示している。薄膜電極用のベース基板としては、上述の各材質のように、熱収縮が小さく圧電体層と熱膨張係数の近いものが、可動電極の反りや変形が小さくなるので好ましい。

[0032] また、この発明は、圧電アクチュエータの製造方法に関する。この圧電アクチュエータの製造方法では、（１）絶縁性のベース基板に固定電極を形成する工程と、（２）ベース基板の固定電極が形成された面側に犠牲層を形成する工程と、（３）少なくとも一部が犠牲層のベース基板と反対の面側に配設されるように下部電極を形成する工程と、（４）下部電極のベース基板と反対の面側に圧電体層を形成する工程と、（５）圧電体層の下部電極と反対の面側に上部電極を形成する工程と、（６）犠牲層を除去することで可動電極を形成する工程と、を有する。

[0033] この製造方法では、圧電体層の形成後に可動電極を形成するので、可動電極の材質の選択岐の制限が緩和される。具体的には、圧電体層を上述の圧電性の大きなチタン酸ジルコン酸鉛系、ニオブ酸カリウムナトリウム系で形成する場合、成膜プロセスの温度が５００℃～７００℃と高くなる。したがって、圧電体層を形成する前に可動電極を形成しようとすると、当該プロセス温度で変質、変形しない材質に限られてしまう。一方で、圧電体層の形成後に可動電極を形成すれば、このようなプロセス温度による規制を受けない。

これにより、可動電極の材質の選択岐を増やすことができる。

[0034] また、この発明の圧電アクチュエータの製造方法では、犠牲層を形成する工程で、犠牲層に酸化亜鉛を用いる。

[0035] この製造方法では、犠牲層に利用する酸化亜鉛が配向することで、当該犠牲層に接する下部電極や当該下部電極を介して犠牲層に近接する圧電体層の結晶性が向上する。これにより、信頼性や圧電特性に優れる圧電アクチュエータを構成できる。

発明の効果

[0036] この発明によれば、従来よりも簡素な構成で且つ簡素な製造フローによって、圧電アクチュエータを形成することができる。

図面の簡単な説明

[0037] [図1]第１の実施形態に係る圧電アクチュエータ１の平面図および側面断面図である。

[図2]第１の実施形態に係る圧電アクチュエータ１の可動部の湾曲状態における側面断面図である。

[図3]第１の実施形態に係る圧電アクチュエータ１の製造フローを示すフローチャートである。

[図4]図３に示す各フローでの構造を示す側面断面図である。

[図5]第２の実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ａの側面断面図である。

[図6]第３の実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ｂの側面断面図である。

[図7]第４の実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ｃの側面断面図である。

[図8]第５の実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ｄの側面断面図である。

[図9]第６の実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ｅの側面断面図である。

[図10]第７の実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ｆの側面断面図である。

[図11]第８の実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ｇの側面断面図である。

発明を実施するための形態

[0038] 本発明の第１の実施形態に係る圧電アクチュエータについて、図を参照して説明する。図１（Ａ）は本実施形態の圧電アクチュエータ１の平面図であ

り、図１（Ｂ）はその側面断面図である。図２は圧電アクチュエータ１の可動部の湾曲状態における側面断面図である。

[0039] （圧電アクチュエータの構造）

圧電アクチュエータ１は、図１（Ａ）に示すように所定面積で所定厚みからなる絶縁性のベース基板１１を備える。ベース基板１１は、例えば平面視で長さが１．５ｍｍ、幅が０．５ｍｍの大きさで形成されている。ベース基板１１の一方主面（図１（Ｂ）における上面）には、所定領域に凹部が形成されており、凹部内には固定電極１２が形成されている。

[0040] 誘電体層１３は、ベース基板１１の固定電極１２の形成面（一方主面）に、少なくとも固定電極１２を覆うように所定領域に所定厚みで形成されている。

[0041] 下部電極１４は、ベース基板１１の表面における所定領域に所定厚みで形成されている。下部電極１４は、その中間部に直立する屈曲部１４Ｖを有し、下部電極１４の一部１４ＥＤがベース基板１１と所定間隔離間した形状となっている。なお、図１（Ｂ）では屈曲部１４Ｖは直立した形状となっているが、後述する製造方法において所定角度（例えば４５度）に傾斜した形状に形成される。また、屈曲部１４Ｖが設けられる中間部は下部電極１４のどの位置でもよいが、所望の圧電駆動が得られるように、ベース基板１１と離間する部分１４ＥＤの寸法が規定される。

[0042] 圧電体層１５は、下部電極１４を覆うように所定領域に所定厚みで形成されている。また、圧電体層１５は、下部電極１４の屈曲部１４Ｖに倣う屈曲部１５Ｖを有する。この際、圧電体層１５は、ベース基板１１から離間した下部電極１４の一部１４ＥＤも覆うように形成されている。この構造により、後述の上部電極１６が形成される際に、確実に下部電極１４と上部電極１６とを離間することができる。

[0043] 上部電極１６は、支持部６１と可動部６２とが一体形成された構造からなる。なお、支持部６１の端部も圧電体層１５の歪みにより湾曲するが、説明の便宜上、上部電極１６を支持部６１と可動部６２とに分けて説明する。支

持部６１は、圧電体層１５を覆うように所定領域に所定厚みで形成されている。また、上部電極１６は、下部電極１４の屈曲部１４Ｖ、圧電体層１５の屈曲部１５Ｖに倣う屈曲部１６Ｖを有する。支持部６１における下部電極１４と対向していない端部６１ＥＤには、可動部６２が連接して形成されている。可動部６２は、図１（Ａ）に示すように、圧電アクチュエータ１を平面視して、少なくとも固定電極１２と対向するような面積に所定厚みで形成されている。可動部６２には、所定の配列パターンで複数の貫通孔６０が形成されている。貫通孔６０を設けることで可動部６２の長さ方向に直交する断面積が、貫通孔６０のある箇所と貫通孔６０のない箇所で変化する。したがって、可動部６２が湾曲しやすくなり、後述の可変容量素子において可動部６２の連続的または多段的な変化に有効となる。なお、これら複数の貫通孔６０は必ずしも等間隔の配列パターンで形成されなくてもよく、例えば可動部６２の先端側と支持部６１に近い側とで配列パターンを変えるなど、可動部６２の湾曲具合に応じて任意の配列にしてもよい。貫通孔６０は主として断面積の変化を作ることが目的であるので、形状は平面視円形状でなくてもよく、楕円状や多角形状でもよい。貫通孔でなくても半貫通でもよい。所望の圧電駆動が可能であれば貫通孔６０は形成しなくてもよい。

[0044] このような構成とすることで、上部電極１６の平板状の可動部６２は、一方端が上部電極１６の支持部６１、圧電体層１５および下部電極１４の積層構造からなる支持柱により、ベース基板１１の表面から所定間隔で離間して支持される。

[0045] このような構造において、上部電極１６と下部電極１４との間に駆動電圧を印加すると、圧電体層１５が歪み、上部電極１６の支持部６１、圧電体層１５、および下部電極１４からなる支持柱の端付近から可動部６２にかけて湾曲する。この湾曲により、図２に示すように、上部電極１６の可動部６２は、ベース基板１１の誘電体層１３の表面に当接する。これにより、上部電極１６の可動部６２と固定電極１２とが、誘電体層１３を介して対向する。この結果、上部電極１６の可動部６２と固定電極１２との対向面積と、誘電

体層１３の厚みおよび誘電率とによって規定されるコンデンサが形成される。なお、コンデンサの容量としては、０．０１ｐＦ～１０ｐＦである。

[0046] 一方、上部電極１６と下部電極１４への駆動電圧の印加を停止すると、圧電体層１５の駆動電圧印加による歪みは解消され、湾曲状態が元の湾曲していない状態に戻る。これにより、可動部６２と固定電極１２は、誘電体層１３および所定の空間ギャップを介して離間した状態となる。

[0047] ここで、図示は省略するが、上部電極１６と固定電極１２に対して、所望とする高周波信号を伝送する伝送線路を接続する。このような構造とすることで、駆動電圧が無印加状態であれば上部電極１６の可動部６２と固定電極１２が離間されており、高周波信号は導通しない。一方、駆動電圧印加状態であれば、所定容量のコンデンサが形成され、高周波的に導通状態となる。したがって、このような構造とすることで、圧電アクチュエータ１は、高周波スイッチとして機能させることができる。また、高周波信号を伝送する伝送線路間への接続の他に、伝送線路とグランド線間に接続してもスイッチとして機能させることができる。

[0048] この際、上述のように、駆動電圧印加用の上部電極１６が、高周波信号用の可動電極として兼用されているので、従来のアームと可動電極とを個別に形成する構造よりも、構造を簡素化できる。また、下部電極１４、圧電体層１５、上部電極１６の支持部６１がアームの支持柱として機能するので、従来のようにアームを個別設けた後に下部電極１４、圧電体層１５、および上部電極１６を設ける構造よりも、構造を簡素化できる。さらに、固定電極１２をベース基板１１に設けることで、固定電極１２を別途カバー等に設けるよりも、構造を簡素化できる。以上のように、本実施形態の構造とすることで、従来よりも簡素な構造で圧電アクチュエータを形成することができる。

[0049] なお、上述の説明では、駆動電圧印加時と駆動電圧無印加時とで、高周波的なスイッチのオンオフを制御する例を説明したが、駆動電圧レベルを連続的または多段的に調整することで、可変容量素子としても利用することができる。

[0050] すなわち、駆動電圧レベルを連続的または多段的に調整すると、圧電体層１５の歪みも連続的または多段的に調整できる。圧電体層１５の歪み度合いが変化すると、湾曲状態も変化し、上部電極１６の可動部６２が誘電体層１３に当接する面積も変化する。当接面積が変化すれば、上面電極１６の可動部６２、固定電極１２、および誘電体層１３からなるコンデンサの容量値も変化する。このような複数の当接状態を制御することで、連続的または多段的に変化する容量値を、一つの圧電アクチュエータ１で実現でき、当該圧電アクチュエータ１を可変容量素子として利用することができる。

[0051] また、上述の説明では、可動部６２の形状を概略的に示したが、次に示すような構造にするとよりよい。具体的には、可動部６２は、側面視した長さが固定電極１２の側面視した長さよりも長く、且つ、該可動部６２の先端側が、平面視して固定電極１２と重ならないようにする。これにより、可動部６２の先端側が、駆動電圧を印加していない状態で自重により垂れ下がったり、駆動電圧を印加したときに可動部６２の先端側が不所望にもスティッキングを起こして急峻に誘電体層１３と当接しても、可動部６２の先端側が、誘電体層１３を介して固定電極１２に対向することがない。これにより、上述のスイッチとしての機能や、可変容量素子としての機能を、より確実に実現することができる。

[0052] （圧電アクチュエータ１の製造方法）

次に、本実施形態の圧電アクチュエータ１の製造方法について、具体的に図を参照して説明する。図３は第１の実施形態に係る圧電アクチュエータ１の製造フローを示すフローチャートである。図４は、図３に示す各フローでの構造を示す側面断面図である。

[0053] まず、図４（Ａ）に示すように、厚みが１００～５００μｍ（代表例３００μｍ）のガラスからなるベース基板１１に、ドライエッチング法で例えば５００ｎｍ～５μｍ（代表例３μｍ）の凹部を形成して、スパッタ法によりＣｕからなる固定電極１２を形成する（Ｓ１０１）。なお、凹部の形成方法は、ウェットエッチング法やサンドブラスト法等でもよい。また、固定電極

１２の形成方法は、蒸着法またはめっき法、もしくはこれらを組み合わせてもよい。ここで、ベース基板１１の材質としてはガラス以外に、ＬＴＣＣ、ＳＯＩ、アルミナセラミックス、$LiNbO_3$、$LiTaO_3$、水晶、Ｓｉ、サファイア、ＧａＡｓ、ＧａＮ、Ｇｅ、ＳｉＣ等の絶縁材料、圧電材料、半導体材料を用いてもよい。また、固定電極１２の材質としてはＣｕ以外に、Ａｕ、Ａｇ、Ｐｔ、Ｒｕ、Ｉｒ等の融点、導電率が高い金属や、複数の金属を積層した積層電極や、Ｃｕ合金、Ａｇ－ＰｄなどのＡｇ合金を用いてもよい。

[0054] 次に、ベース基板１１の固定電極１２側の表面を、ＣＭＰ等の研磨処理により平坦化する。その後、本図には記載していないが、Ｃｕ等の酸化、拡散を防止するためにＴｉＮ、ＴａＮ、ＴｉＳｉＮ等のバリア膜をスパッタ法で１００ｎｍ程度の厚みでＣｕの電極の上に形成してもよい。

[0055] 次に、図４（Ｂ）に示すように、スパッタ法を用いて、その成膜温度１００℃～７００℃において、Ta_2O_5（誘電率２５）からなる誘電体層１３を、ベース基板１１の固定電極１２側の表面に１００ｎｍ～１μｍ（代表例２００ｎｍ）の厚みとなるように、ドライエッチング法により所定形状にパターニングして形成する（Ｓ１０２）。なお、誘電体層１３の形成方法は、蒸着法やめっき法でもよく、パターニングはウェット法でもよい。ここで、誘電体層１３の材質としてはTa_2O_5以外に、SiN_x、SiO_2、Al_2O_3、（Ｂａ、Ｓｒ）ＴｉＯ系（窒素ドーピングなど）を用いてもよい。誘電率が５～１０００、好ましくは誘電率が２０～１５０のものを用いることが好ましい。複数の誘電体材料を用いて誘電体層１３を多層構造にしてもよい。

[0056] 次に、図４（Ｃ）に示すように、スパッタ法を用いて、その成膜温度１００℃～７００℃において、ＺｎＯからなる犠牲層５０を、誘電体層１３の表面に１～１０μｍ（代表例３μｍ）の厚みとなるように、ウェットエッチング法により所定形状にパターニングして形成する（Ｓ１０３）。なお、犠牲層５０の形成方法は、蒸着法やめっき法でもよく、パターニングはドライエッチング法でもよい。ここで、犠牲層５０の材質としてはＺｎＯ以外に、ポ

リシリコン等を用いてもよい。犠牲層５０にＺｎＯを用いると、当該ＺｎＯの配向により、後段の工程で形成される下部電極１４や圧電体層１５の結晶性が向上する。これにより、圧電アクチュエータ１の特性および信頼性を向上することができる。

[0057] 次に、図４（Ｄ）に示すように、スパッタ法を用いて、その成膜温度１００℃～７００℃において、Ｐｔからなる下部電極１４を、犠牲層５０およびベース基板１１の表面に１００～５００ｎｍ（代表例２００ｎｍ）の厚みになるように、ドライエッチング法を用いて所定形状にパターニングして形成する（Ｓ１０４）。なお、下部電極１４の形成方法は、蒸着法やめっき法でもよく、パターニングはウェットエッチング法でもよい。この際、犠牲層５０の厚みにより下部電極１４に屈曲部１４Ｖが形成され、ベース基板１１から離間した下部電極１４の一部１４ＥＤが形成される。ここで、下部電極１４の材質としては融点が高く、高温でも安定な材質がよく、Ｐｔ以外に、Ｉｒ、Ｒｕ、またはその酸化物、またはＬａＮｉＯ$_3$やＳｒＲｕＯ$_3$，ＳｒＩｒＯ$_3$，ＳｒＣｏＯ$_3$，ＬａＴｉＯ$_2$Ｎ$_1$，（Ｓｒ，Ｌａ）ＴｉＯ$_x$Ｎ$_y$などの導電性酸化窒化物、あるいはその積層構造でもよい。なお、酸化チタン系材質を下地層とするのが好ましい。また、下部電極１４の表層にＬａＮｉＯ$_3$やＳｒＲｕＯ$_3$、ＬａＴｉＯ$_2$Ｎ$_1$，（Ｓｒ，Ｌａ）ＴｉＯ$_x$Ｎ$_y$を用いればそれらの酸化物が配向するために、圧電体層１５の結晶性が向上する。これにより、圧電アクチュエータ１の特性および信頼性を向上することができる。

[0058] 次に、図４（Ｅ）に示すように、スパッタ法を用いて、その成膜温度４００～８５０℃（代表例７００℃）において、ＫＮＮ（ニオブ酸カリウムナトリウム）系からなる圧電体層１５（圧電定数ｄ$_{31}$＝１００ｐｍ／Ｖ）を、下部電極１４や犠牲層５０の表面に、５００ｎｍ～４μｍ（代表例２μｍ）の厚みになるように、ドライエッチング法により所定形状にパターニングして形成する（Ｓ１０５）。なお、圧電体層１５の形成方法は、ＣＶＤ法やＰＬＤ法でもよく、パターニングはウェットエッチング法でもよい。この際、圧電体層１５がベース基板１１から離間した下部電極１４の一部１４ＥＤを覆

うようにパターニングが行われる。これにより、後段の工程である上部電極１６の形成時に、上部電極１６が下部電極１４に接触することを防止できる。なお、圧電体層１５の材質としては、上述の非鉛圧電材料であるＫＮＮ（ニオブ酸カリウムナトリウム）系以外に、ＰＺＴ（チタン酸ジルコン酸鉛）系、ＡｌＮ（窒化アルミニウム）系、ＺｎＯ（酸化亜鉛）系の材質を用いてもよい。これらは、既に圧電薄膜として、特性および製造方法が良く知られたものであるので、安定した品質の圧電体層１５を形成しやすい。特に、ＫＮＮ系を用いると、さらに環境性も向上することができる。また、圧電体層１５を形成した後（上部電極１６を形成する前）に、ＲＴＡ等の５００℃～９００のアニール処理を施すことで、圧電体の結晶性や信頼性、圧電特性を向上させることができる。

[0059] 次に、図４（Ｆ）に示すように、蒸着リフトオフ法を用いて、Ｔｉを密着層として、Ｃｕからなる上部電極１６を、圧電体層１５、および犠牲層５０の表面に、５００ｎｍ～５μｍ（代表例２μｍ）の厚みになるように、ドライエッチング法により所定形状にパターニングして形成する（Ｓ１０６）。なお、上部電極１６の形成方法は、スパッタ法やめっき法でもよく、パターニングはウェットエッチング法でもよい。上部電極１６の材質としては、Ｃｕ以外に、Ａｕ、Ａｇ、Ｎｉ等を用いてもよい。これら金属の合金系でもよい。また、酸化チタン系材質を下地層としたＡｕ積層電極等でもよい。上部電極１６のＣｕ等の酸化、拡散を防止するためにＴｉＮ、ＴａＮ、ＴｉＳｉＮ等のバリア膜をスパッタ法で１００ｎｍ程度の厚みでＣｕ等の電極の上に形成してもよい。上部電極１６は、高温のプロセスとなる圧電体層１５の形成工程よりも後工程となるので、上部電極１６には、当該圧電体層の成膜プロセス温度に影響されることない導電性材質を用いることができる。これにより、下部電極１４や圧電体層１５よりも形成面積の大幅に広い上部電極１６に用いる材質の選択自由度が向上する。したがって、圧電アクチュエータ１を、求められる仕様に応じて、より安価に製造することが可能になる。また、上部電極１６は前段の工程で形成した、犠牲層５０や下部電極１４、圧

電膜１５で生じた応力を上部電極１６の膜厚によって調整することが可能となる。

[0060] 次に、図４（Ｇ）に示すように、犠牲層５０をウェットエッチング法により除去する（Ｓ１０７）。ここで、図４（Ｇ）に示すように、上部電極１６に貫通孔６０を設けることで、ウェットエッチングの速度を向上でき、犠牲層除去工程のタクトアップが可能になる。

以上のような工程を得ることで、圧電アクチュエータ１が完成する。

[0061] なお、上述の製造フローでは、犠牲層５０にＺｎＯを用いた場合を示したが、ポリシリコンを用いた場合には、減圧化学気相成長装置（ＬＰＣＶＤ）を用いて、６５０℃程度の温度で成膜する。その後、下部電極１４、圧電体層１５、および上部電極１６を形成した後に、ポリシリコンからなる犠牲層５０を、例えばＴＭＡＨによるウェットエッチングや、SF_6もしくはXeF_2によるドライエッチングにより除去する。

[0062] また、上述の製造フローにおいて、上部電極１６をめっき法により形成してもよい。この場合、圧電体層１５の形成後に、当該下地電極の全面にレジスト膜を形成し、フォトリソグラフィーを用いて、上部電極１６に対応する領域をパターン化し、該当領域のレジスト膜を除去する。次に、全面に密着層とめっきシード層を形成する。

[0063] 次に、さらにレジスト膜を形成し、上部電極１６に対応する領域をパターン化し、該当領域のレジスト膜を除去する。次に、レジスト膜の開口部へ電解めっき法等により、ＣｕめっきやＡｕめっき層を１μｍ～１０μｍ（代表例３μｍ）に形成する。この後、めっきシード層および当該めっきシード層を挟む二つのレジスト層を除去し、さらに犠牲層５０を除去する。

[0064] なお、上述の製造フローにおいて、下部電極１４と圧電体層１５との間に、下地薄膜（バッファ層）を形成する製造フローを設けてもよい。バッファ層は主として圧電体層の結晶性（配向性）を向上させたり、下部電極１４と圧電体層１５の熱膨張係数の差による圧縮応力、引っ張り応力を緩和させるために形成されるものである。バッファ層の材質としては、高誘電率の酸化

物として、$BaTiO_3$、$SrTiO_3$、$BaZrO_3$、（Ｂａ、Ｓｒ）TiO_3、$GdZrO_3$、または導電性の窒化酸化物である$LaNiO_3$や$SrRuO_3$、$LaTiO_2N_1$，（Ｓｒ，Ｌａ）TiO_xN_yなどの１種、もしくはこれらの組み合わせを用いる。バッファ層の形成方法としては、スパッタ法、蒸着法、またはめっき法などを用いる。バッファ層の厚みは１～１００ｎｍ（代表例１０ｎｍ）である。

[0065] また、上述の製造フローにおいて、圧電体層１５を多層構造にする製造フローにしてもよい。多層構造の材質としては、上述のＫＮＮ（ニオブ酸カリウムナトリウム）系、ＰＺＴ（チタン酸ジルコン酸鉛）系、ＡｌＮ（窒化アルミニウム）系、またはＺｎＯ（酸化亜鉛）系の組み合わせ、もしくは同じ系の組み合わせなどを用いる。多層構造の形成方法としては、スパッタ法、蒸着法、またはめっき法、もしくはこれらの組み合わせを用いる。

[0066] また、上述の製造フローにおいて、ベース基板と下部電極、下部電極と圧電体層、圧電体層と上部電極との間に、絶縁体材料その他の材料からなる中間層を形成する製造フローを設けてもよい。

[0067] 次に、第２の実施形態に係る圧電アクチュエータについて、図を参照して説明する。図５は本実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ａの側面断面図である。本実施形態の圧電アクチュエータ１Ａは、第１の実施形態の圧電アクチュエータ１に対して、上部電極１６Ａの形状が異なり、他の構成は同じである。したがって、上部電極１６Ａの構造のみを説明する。図５に示すように、圧電アクチュエータ１Ａの上部電極１６Ａは、支持部６１Ａと可動部６２Ａとが異なる材質により形成されている。そして、圧電アクチュエータ１Ａでは、可動部６２Ａの一方端が、支持部６１Ａに覆い重なるように形成されている。このような構成であっても、第１の実施形態と同様の作用効果を得ることができるとともに、例えば支持部６１Ａには圧電体層１５との密着性のよいもの（例えばＰｔでも可）を選択し、可動部６２Ａには導電性がよく安価なもの（Ｃｕなど）を選択するといった設計の自由度が得られる。

[0068] 次に、第３の実施形態に係る圧電アクチュエータについて、図を参照して

説明する。図６は本実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ｂの側面断面図である。本実施形態の圧電アクチュエータ１Ｂは、第１の実施形態の圧電アクチュエータ１に対して、下部電極１４Ｂ、圧電体層１５Ｂ、および上部電極１６Ｂの形状が異なり、他の構成は同じである。したがって、下部電極１４Ｂ、圧電体層１５Ｂ、および上部電極１６Ｂの構造のみを説明する。

[0069] 下部電極１４Ｂと圧電体層１５Ｂは、圧電アクチュエータ１Ｂを平面視して、下部電極１４Ｂの端部が圧電体層１５Ｂの端部よりも突出するように、形成されている。上部電極１６Ｂは圧電体層１５の表面にのみ形成された支持部６１Ｂのみが形成される。可動部６３Ｂは、下部電極１４Ｂに接続するように形成されている。なお、図６に示す構成では、可動部６３Ｂは、上部電極１６Ｂに接触しない厚みで形成されているが、上部電極１６Ｂの端部より圧電体層１５Ｂの端部を突出させるなどして、上部電極１６Ｂと可動部６３Ｂが接触しないようにしておけば、可動部６３Ｂの厚みの自由度が得られる。可動部６３Ｂは、下部電極１４Ｂの形成後であれば、どのタイミングで形成することも可能であるが、圧電体層１５の形成後にすることで、上述のような圧電体層１５の形成プロセス温度の影響を考慮する必要が無く、材質の選択自由度を向上できる。

[0070] 次に、第４の実施形態に係る圧電アクチュエータについて、図を参照して説明する。図７は本実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ｃの側面断面図である。本実施形態の圧電アクチュエータ１Ｃは、第１の実施形態の圧電アクチュエータ１に対して、固定電極１２Ｃの形成位置が異なり、他の構成は同じである。したがって、固定電極１２Ｃの構造のみを説明する。

[0071] 圧電アクチュエータ１Ｃでは、平板状のベース基板１１の表面に、固定電極１２Ｃを形成している。そして、当該固定電極１２Ｃをも覆う形状で、誘電体層１３Ｃをパターニングして形成する。このような構成であっても、第１の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0072] 次に、第５の実施形態に係る圧電アクチュエータについて、図を参照して説明する。図８は本実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ｄの側面断面図で

ある。本実施形態の圧電アクチュエータ１Ｄは、第１の実施形態の圧電アクチュエータ１とほぼ同じ構造である。なお、図８では、固定電極１２Ｄが可動部６２の先端部と所定間隔で対向する部分のみとなるように小面積で形成されているが、第１の実施形態の固定電極１２と同じ構造であってもよい。

[0073] 圧電アクチュエータ１Ｄは、駆動電圧を制御することで、上面電極１６の可動部６２が、常に、駆動電圧に応じた空間ギャップＧｏｎをもって、固定電極１２Ｄおよび誘電体層１３から離間する構造からなる。このような構造であっても、第１の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0074] 次に、第６の実施形態に係る圧電アクチュエータについて、図を参照して説明する。図９は本実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ｅの側面断面図である。本実施形態の圧電アクチュエータ１Ｅは、第１の実施形態の圧電アクチュエータ１に対して、誘電体層１３Ｅの構造が異なり、他の構成は同じである。したがって、固定電極１２Ｃの構造のみを説明する。

[0075] 圧電アクチュエータ１Ｅでは、誘電体層１３Ｂが下部電極１４のベース基板１１と離間された一部、圧電体層１５の端部および上部電極１６の可動部６２に当接するように、すなわち誘電体層１３Ｂがベース基板側ではなく可動部側に形成されている。これにより、誘電体層１３Ｂが可動部６２を補強することができる。そして、このような構成であっても、第１の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0076] 次に、第７の実施形態に係る圧電アクチュエータについて、図を参照して説明する。図１０は本実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ｆの側面断面図である。本実施形態の圧電アクチュエータ１Ｆは、第１の実施形態の圧電アクチュエータ１に対して、圧電体層１５Ｆの構造が異なる。

[0077] 圧電アクチュエータ１Ｆの圧電体層１５Ｆは、図１０に示すように、側面視して固定電極１２よりも長い形状で、形成されている。そして、この圧電体層１５Ｆの表面における略全面に可動部６２にもなる上部電極１６が形成されている。このような構成とすることで、上述の誘電体層１３を圧電体層１５Ｆで兼用することができ、誘電体層を省略することができる。これによ

り、さらに簡素な構成の圧電アクチュエータを形成することができる。

[0078] 次に、第８の実施形態に係る圧電アクチュエータについて、図を参照して説明する。図１１は本実施形態に係る圧電アクチュエータ１Ｇの側面断面図である。本実施形態の圧電アクチュエータ１Ｇは、第２の実施形態の圧電アクチュエータ１Ａに対して、上部電極１６Ｇの構造が異なる。

[0079] 圧電アクチュエータ１Ｇの上部電極１６Ｇは、支持部６１Ｇと可動部６２Ｇとの間に絶縁体層６４が形成されている。このような構成とすることで、支持部６１Ｇと可動部６２Ｇとを電気的に分離することができる。絶縁体層６４の材質としては、ガラスやセラミック等の絶縁体材料だけでなく、上述の誘電体材料、圧電体材料、半導体材料等も用いることができる。例えば、支持部６１Ｇを駆動電圧印加用に利用し、可動部６２を高周波信号の伝送用に利用することができる。

[0080] なお、上述の実施形態では、駆動電圧印加用の上部電極を、高周波信号用の可動電極に兼用する例を示したが、駆動電圧印加用の下部電極を伸延し、高周波信号用の可動電極に兼用しても、構造の簡素化が可能である。

符号の説明

[0081] １，１Ａ～１Ｇ－圧電アクチュエータ、１１－ベース基板、１２，１２Ｃ，１２Ｄ－固定電極、１３，１３Ｃ－誘電体層、１４，１４Ｂ－下部電極、１５，１５Ｂ，１５Ｆ－圧電体層、１６，１６Ａ，１６Ｂ，１６Ｇ－上部電極、１４Ｖ，１５Ｖ，１６Ｖ－屈曲部、６０－貫通孔、６１，６１Ａ，６１Ｇ－支持部、６２，６２Ａ，６２Ｇ－可動部、６３Ｂ－可動用電極、６４－絶縁体層

請求の範囲

[請求項1] 絶縁性のベース基板と、

該ベース基板に形成された固定電極と、

少なくとも一部が前記ベース基板から離間された形状からなる圧電駆動電圧印加用の下部電極と、

該下部電極の前記ベース基板と反対の面側に形成された圧電体層と、

該圧電体層の前記下部電極と反対の面側に形成された前記圧電駆動電圧印加用の上部電極と、

前記圧電駆動電圧の印加による前記圧電体層の歪みにより、前記固定電極との距離が変化する可動電極と、を備え、

該可動電極の少なくとも一部は、前記上部電極もしくは前記下部電極により形成されている、圧電アクチュエータ。

[請求項2] 請求項１に記載の圧電アクチュエータであって、

前記可動電極は、一方端が前記下部電極、前記圧電体層、および前記上部電極からなる積層構造部により支持されている、圧電アクチュエータ。

[請求項3] 請求項１または請求項２に記載の圧電アクチュエータであって、

前記可動電極は、前記上部電極により形成されている、圧電アクチュエータ。

[請求項4] 請求項１乃至請求項３のいずれかに記載の圧電アクチュエータであって、

前記固定電極と前記可動電極との間に誘電体層が形成されている、圧電アクチュエータ。

[請求項5] 請求項４に記載の圧電アクチュエータであって、

前記誘電体層は前記圧電体層により形成されている、圧電アクチュエータ。

[請求項6] 請求項１乃至請求項５のいずれかに記載の圧電アクチュエータであ

って、

前記可動電極は、前記圧電体層の歪み量により、前記固定電極側に近接する面積が変化する形状からなる、圧電アクチュエータ。

[請求項7] 請求項１乃至請求項６のいずれかに記載の圧電アクチュエータであって、

前記固定電極と前記可動電極とを、高周波信号を伝送する伝送線路に接続する、または伝送線路とグランド線間に接続する、圧電アクチュエータ。

[請求項8] 請求項１乃至請求項７のいずれかに記載の圧電アクチュエータであって、

前記圧電体層は、チタン酸ジルコン酸鉛系、窒化アルミニウム系、もしくは酸化亜鉛系の材質により形成されている、圧電アクチュエータ。

[請求項9] 請求項１乃至請求項７のいずれかに記載の圧電アクチュエータであって、

前記圧電体層は、以下の一般式（１）からなるニオブ酸カリウムナトリウム系の材質、または、一般式（１）にＭｎ、Ｍｇ、Ｚｎ、Ｆｅ、Ｃｕ、Ｙｂの少なくとも１種を金属あるいは酸化物として１０ｍｏｌ％以下で添加したニオブ酸カリウムナトリウム系の材質により形成されている、圧電アクチュエータ。

一般式（１）$(K_{1-a-b}Na_aA_b)(Nb_{1-c}B_c)O_3$

（ＡはＬｉ、Ａｇ、Ｃａ、Ｓｒ、Ｂｉ、Ｇｄからなる少なくとも１種の化合物、ＢはＴａ、Ｚｒ、Ｔｉ、Ａｌ、Ｓｃ、Ｈｆからなる少なくとも１種の化合物、ａ、ｂ、ｃは$0 \leqq a \leqq 0.9$、$0 \leqq b \leqq 0.3$、$0 \leqq a+b \leqq 0.9$、$0 \leqq c \leqq 0.3$の範囲）

[請求項10] 請求項１乃至請求項９のいずれかに記載の圧電アクチュエータであって、

前記固定電極は、前記ベース基板に埋め込まれた形状からなる、圧

電アクチュエータ。

[請求項11] 請求項１乃至請求項１０のいずれかに記載の圧電アクチュエータであって、

前記ベース基板の材質がＬＴＣＣ、ガラス、ＳＯＩ、アルミナセラミックス、$LiNbO_3$、$LiTaO_3$、水晶、Ｓｉ、サファイア、ＧａＡｓ、ＧａＮ、Ｇｅ、ＳｉＣのいずれかである、圧電アクチュエータ。

[請求項12] 絶縁性のベース基板に固定電極を形成する工程と、

前記ベース基板の前記固定電極が形成された面側に犠牲層を形成する工程と、

少なくとも一部が前記犠牲層の前記ベース基板と反対の面側に配設されるように、下部電極を形成する工程と、

前記下部電極の前記ベース基板と反対の面側に圧電体層を形成する工程と、

前記圧電体層の前記下部電極と反対の面側に上部電極を形成する工程と、

前記犠牲層を除去することで可動電極を形成する工程と、

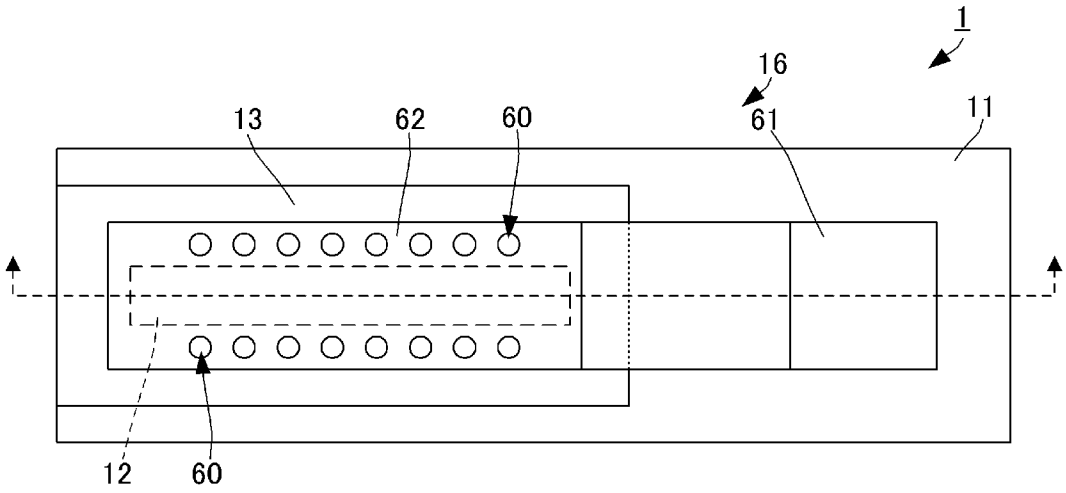
を有する圧電アクチュエータの製造方法。

[請求項13] 請求項１２に記載の圧電アクチュエータの製造方法であって、

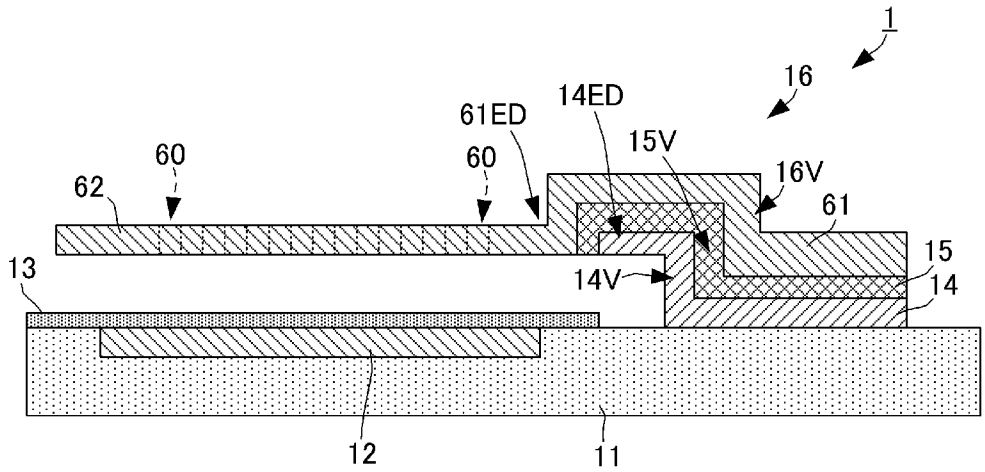
前記犠牲層を形成する工程では、前記犠牲層に酸化亜鉛を用いる、圧電アクチュエータの製造方法。

[図1]

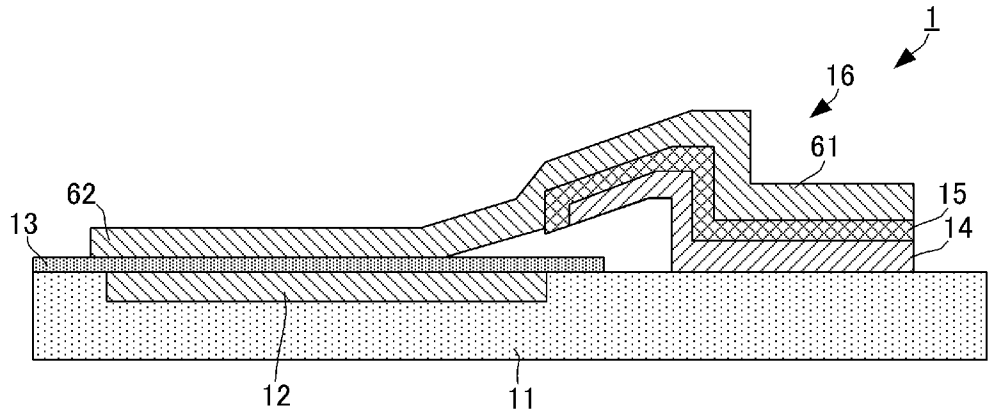
(A)


1
16
13
62
60
61
11
12
60

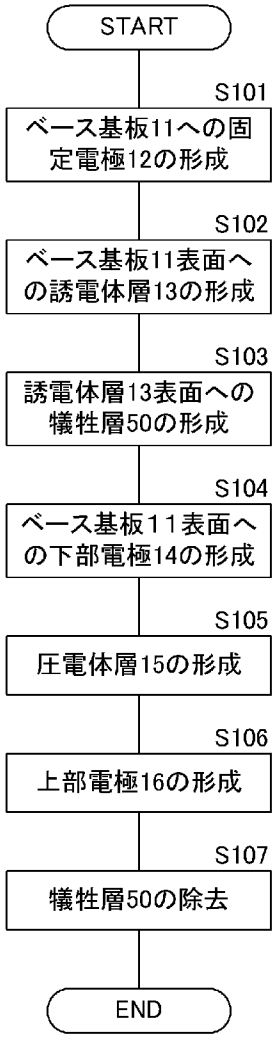
(B)


1
16
61ED
14ED
15V
60
60
62
16V
61
15
13
14V
14
12
11

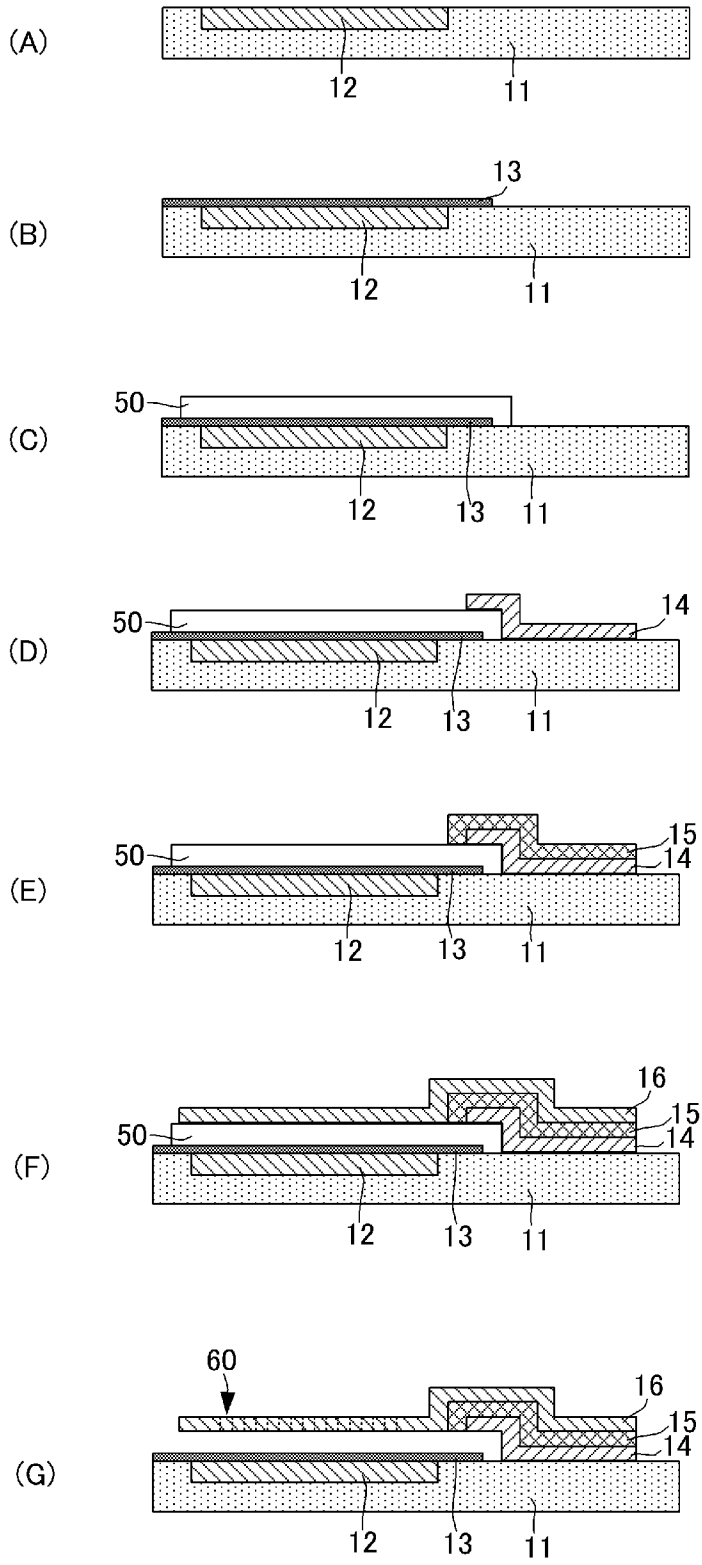
[図2]


1
16
61
62
15
13
14
12
11

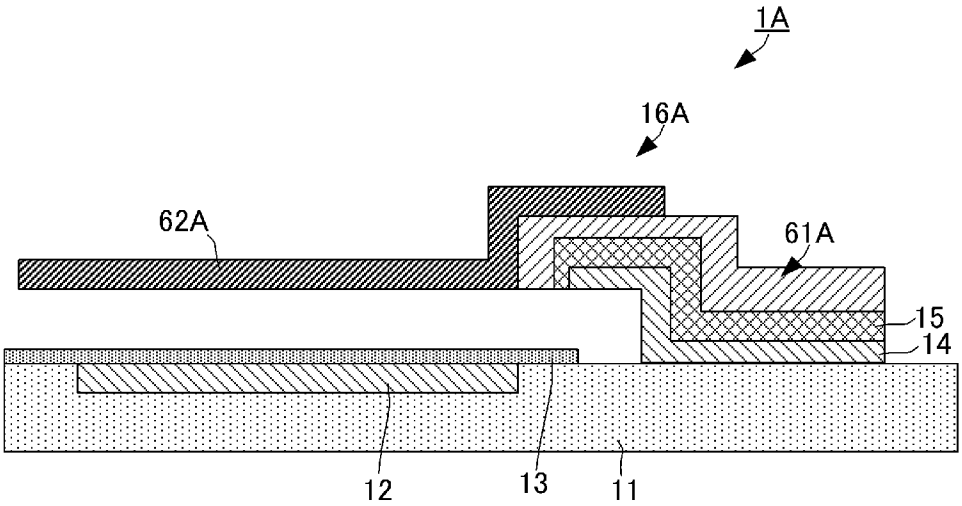
[図3]


START
S101
ベース基板11への固定電極12の形成
S102
ベース基板11表面への誘電体層13の形成
S103
誘電体層13表面への犠牲層50の形成
S104
ベース基板11表面への下部電極14の形成
S105
圧電体層15の形成
S106
上部電極16の形成
S107
犠牲層50の除去
END

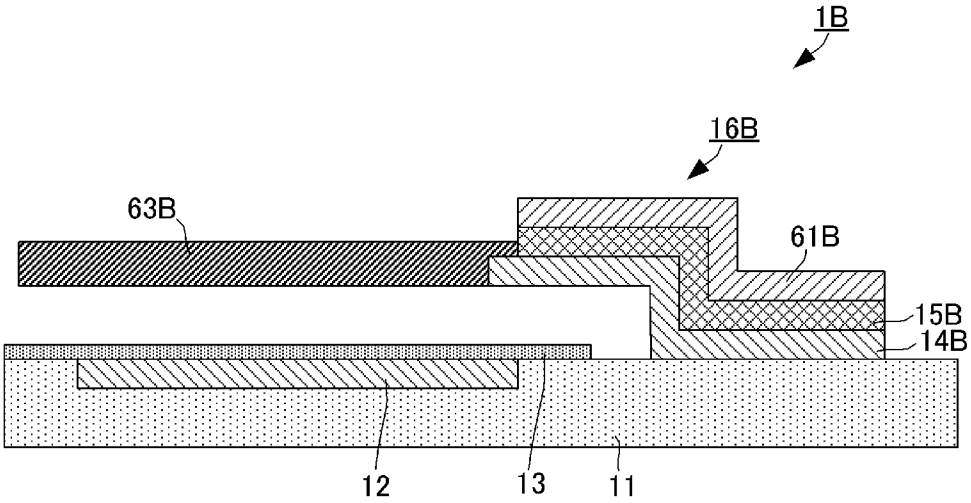
[図4]


(A)
12
11
(B)
13
12
11
(C)
50
12
13
11
(D)
50
14
12
13
11
(E)
50
15
14
12
13
11
(F)
16
50
15
14
12
13
11
(G)
60
16
15
14
12
13
11

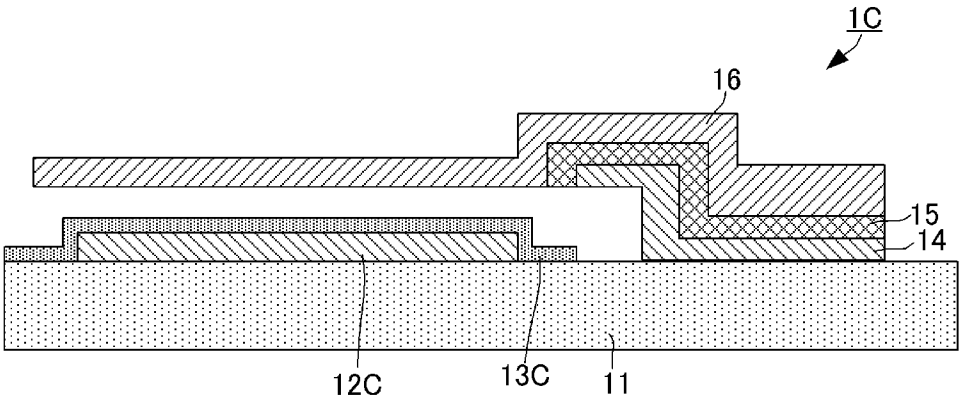
[図5]


1A
16A
62A
61A
15
14
12
13
11

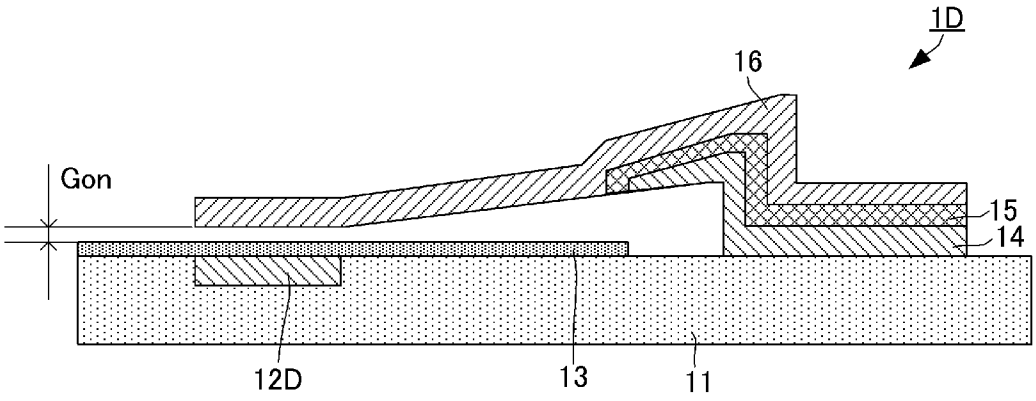
[図6]


1B
16B
63B
61B
15B
14B
12
13
11

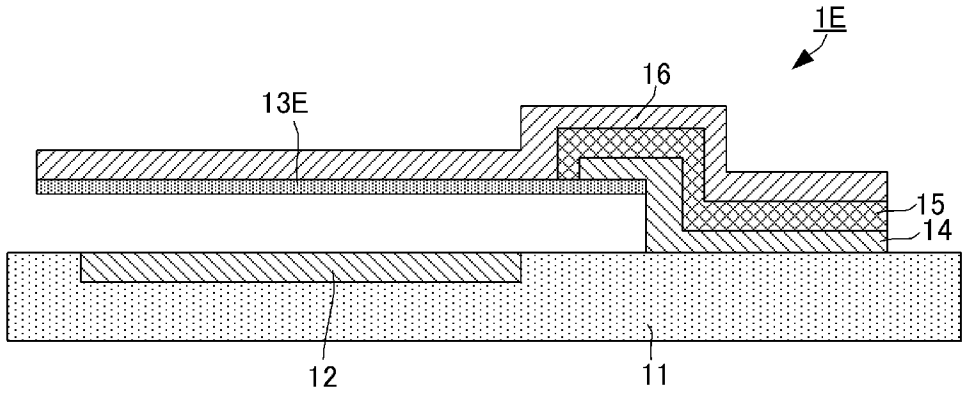
[図7]


1C
16
15
14
12C
13C
11

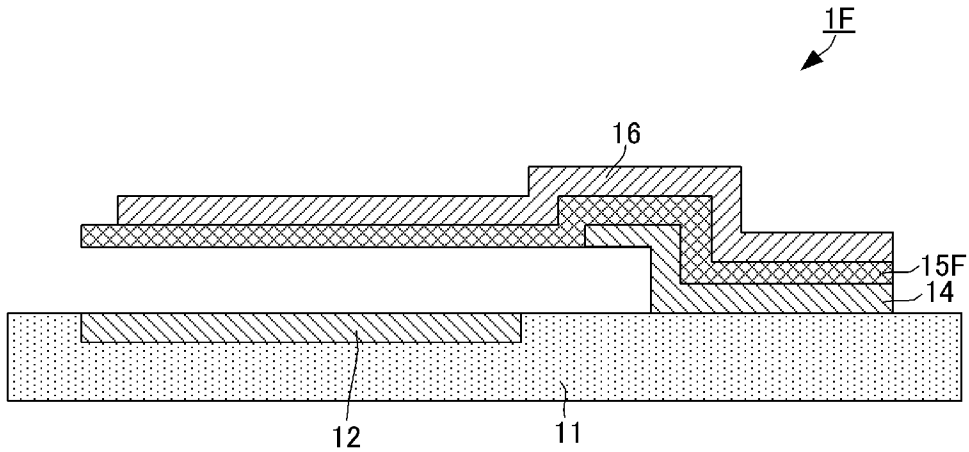
[図8]


1D
16
Gon
15
14
12D
13
11

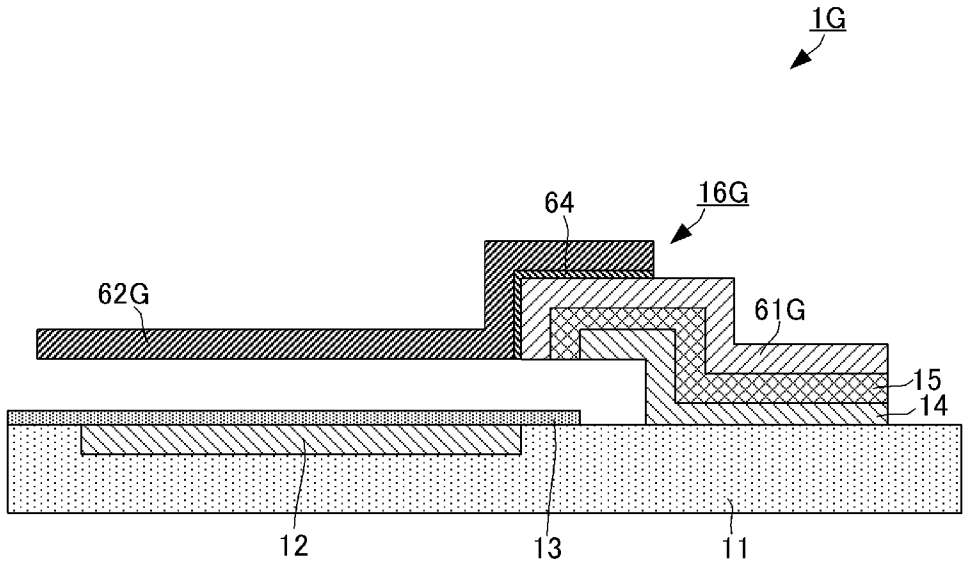
[図9]


1E
16
13E
15
14
12
11

[図10]


1F
16
15F
14
12
11

[図11]


1G
64
16G
62G
61G
15
14
12
13
11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/058697

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L41/09(2006.01)i, *B81B3/00*(2006.01)i, *B81C1/00*(2006.01)i, *H01L41/18*(2006.01)i, *H01L41/22*(2006.01)i, *H01L41/24*(2006.01)i, *H02N2/00*(2006.01)i, *H01H57/00*(2006.01)n
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)
H01L41/09, B81B3/00, B81C1/00, H01L41/18, H01L41/22, H01L41/24, H02N2/00, H01H57/00

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.
X A	JP 2009-55683 A (Toshiba Corp.), 12 March 2009 (12.03.2009), paragraphs [0012] to [0026]; fig. 2 & US 2009/0051251 A1 & CN 101373811 A & KR 10-2009-0021088 A	1,2,4-9, 11-13 3,10
A	JP 2008-258186 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 23 October 2008 (23.10.2008), entire text (Family: none)	1-13
A	JP 2008-238330 A (Toshiba Corp.), 09 October 2008 (09.10.2008), entire text & US 2008/0238257 A1 & KR 10-2008-0087730 A & CN 101276707 A	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 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	Date of mailing of the international search report
06 May, 2011 (06.05.11)	17 May, 2011 (17.05.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/058697

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 2007-273800 A (Toshiba Corp.), 18 October 2007 (18.10.2007), entire text & US 2007/0228887 A1 & CN 101047226 A & KR 10-2007-0098735 A	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/058697

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

In order that a group of inventions set forth in claims comply with the requirement of unity, it is required that a special technical feature for so linking the group of inventions as to form a single general inventive concept is present, but, a group of inventions set forth in claims 1 - 13 are considered to be linked one another by only the matter such as a piezoelectric element set forth in claim 1.

However, the above-said matter cannot be a special technical feature, since said matter is described in the prior art document: JP 2009-55683 A (Toshiba Corp.), 12 March 2009 (12.03.2009), [0012] - [0026], [fig. 2].

Consequently, there is no special technical feature for so linking the inventions as to form a single general inventive concept among the group of inventions set forth in claims 1 - 13.

In conclusion, it is obvious that the group of inventions set forth in claims 1 - 13 does not comply with the requirement of unity of invention.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０５８６９７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L41/09(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, B81C1/00(2006.01)i, H01L41/18(2006.01)i, H01L41/22(2006.01)i, H01L41/24(2006.01)i, H02N2/00(2006.01)i, H01H57/00(2006.01)n

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.　H01L41/09, B81B3/00, B81C1/00, H01L41/18, H01L41/22, H01L41/24, H02N2/00, H01H57/00

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１１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
X	JP 2009-55683 A (株式会社東芝) 2009.03.12, [0012]-[0026],[図2] & US 2009/0051251 A1 & CN 101373811 A & KR 10-2009-0021088	1,2,4-9, 11-13
A	A	3,10
A	JP 2008-258186 A (松下電器産業株式会社) 2008.10.23, 全文 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2008-238330 A (株式会社東芝) 2008.10.09, 全文 & US 2008/0238257 A1 & KR 10-2008-0087730 A & CN 101276707 A	1-13

☑　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 ０６．０５．２０１１	国際調査報告の発送日 １７．０５．２０１１
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）　４Ｍ　３２３８ 河合　俊英 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６２

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 2007-273800 A (株式会社東芝) 2007.10.18, 全文 & US 2007/0228887 A1 & CN 101047226 A & KR 10-2007-0098735 A	1-13

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０５８６９７

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

２．☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

３．☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。
特別ページ参照。

１．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

２．☑ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

４．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

請求の範囲に記載されている一群の発明が単一性の要件を満たすには、その一群の発明を単一の一般的発明概念を形成するように連関させるための、特別な技術的特徴の存在が必要であり、請求項 1-13 に記載されている一群の発明は、請求項 1 に係る圧電素子であるという事項でのみ連関していると認める。

しかしながら、この事項は先行技術文献 JP 2009-55683 A（株式会社東芝）2009.03.12, [0012]-[0026],[図 2]に記載されているため、特別な技術的特徴とはなり得ない。

そうすると、請求項 1-13 に記載されている一群の発明の間には、単一の一般的発明概念を形成するように連関させるための、特別な技術的特徴は存しないこととなる。

そのため、請求項 1-13 に記載されている一群の発明が発明の単一性の要件を満たしていないことは明らかである。