

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-203750
(P2005-203750A)

(43) 公開日 平成17年7月28日(2005.7.28)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 41/09	HO 1 L 41/08	C
HO 1 L 41/18	HO 2 N 2/00	B
HO 1 L 41/187	HO 1 L 41/08	M
HO 1 L 41/22	HO 1 L 41/18	1 O 1 D
HO 2 N 2/00	HO 1 L 41/18	1 O 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2004-348081 (P2004-348081)	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社
(22) 出願日	平成16年12月1日 (2004.12.1)		大阪府門真市大字門真1006番地
(31) 優先権主張番号	特願2003-417801 (P2003-417801)	(74) 代理人	100097445 弁理士 岩橋 文雄
(32) 優先日	平成15年12月16日 (2003.12.16)	(74) 代理人	100103355 弁理士 坂口 智康
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100109667 弁理士 内藤 浩樹
		(72) 発明者	喜多 弘行 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	内山 博一 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

最終頁に続く

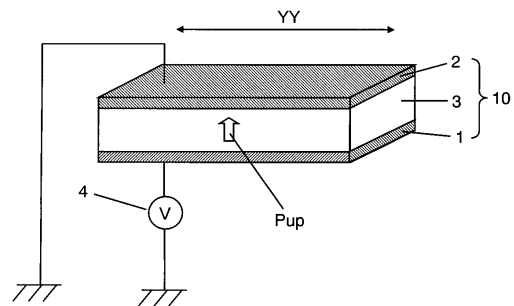
(54) 【発明の名称】 圧電体薄膜装置および圧電体薄膜装置の駆動方法

(57) 【要約】

【課題】従来の圧電体素子は、変位量を保持するのに電圧を常に印加する必要があり、長期間安定して電圧制御しなければ位置を保持することができなかった。

【解決手段】第1電極1、第2電極2および第1電極1と第2電極2との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、第1電極1と第2電極2とを介して所定値以上の電圧が加えられると分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜3からなる圧電体薄膜素子10と、分極ベクトルを反転させる電圧を供給する電源回路4とを備え、圧電体薄膜3は分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有し、電圧が印加されなくなった状態でも分極ベクトル方向に対応した異なった変位位置を保持する圧電体薄膜装置を提供する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 電極、第 2 電極および前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、前記第 1 電極と前記第 2 電極とを介して所定値以上の電圧が加えられると前記分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜からなる圧電体薄膜素子と、前記分極ベクトルを反転させる電圧を供給する電源回路とを備え、前記圧電体薄膜は、前記分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有し、前記圧電体薄膜素子は前記電圧が印加されなくなった状態でも前記分極ベクトルの方向に対応した異なった変位位置を保持することを特徴とする圧電体薄膜装置。

【請求項 2】

第 1 電極、第 2 電極および前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、前記第 1 電極と前記第 2 電極とを介して所定値以上の電圧が加えられると前記分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜からなる第 1 の構造体と、第 3 電極、第 4 電極および前記第 3 電極と前記第 4 電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、前記第 3 電極と前記第 4 電極とを介して所定値以上の電圧が加えられると前記分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜からなる第 2 の構造体とを有し、前記第 1 の構造体と前記第 2 の構造体とが貼り合わされた圧電体薄膜素子と、前記分極ベクトルを反転させる電圧を供給する電源回路とを備え、前記圧電体薄膜は、前記分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有し、前記圧電体薄膜素子は前記電圧が印加されなくなった状態でも前記分極ベクトルの方向に対応した異なった変位位置を保持することを特徴とする圧電体薄膜装置。

【請求項 3】

前記圧電体薄膜素子が、異なった前記変位位置のいずれかを中心に、分極ベクトルが反転しない範囲の電圧で駆動されることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の圧電体薄膜装置。

【請求項 4】

前記圧電体薄膜素子の電極形成面の形状が、多角形状であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれかに記載の圧電体薄膜装置。

【請求項 5】

前記圧電体薄膜素子の多角形状の 1 つの端部もしくは端部近傍で前記圧電体薄膜素子が固定されていることを特徴とする請求項 4 に記載の圧電体薄膜装置。

【請求項 6】

前記圧電体薄膜素子の多角形状の少なくとも 2 つの端部もしくは端部近傍で前記圧電体薄膜素子が支持または固定されていることを特徴とする請求項 4 に記載の圧電体薄膜装置。

【請求項 7】

前記圧電体薄膜素子の電極形成面の形状が、略円形を有する形状であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれかに記載の圧電体薄膜装置。

【請求項 8】

前記略円形の圧電体薄膜素子の外周端部もしくは外周端部近傍で前記圧電体薄膜素子が支持または固定されていることを特徴とする請求項 7 に記載の圧電体薄膜装置。

【請求項 9】

第 1 電極、第 2 電極および前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、前記第 1 電極と前記第 2 電極とを介して所定値以上の電圧が加えられると前記分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜の長手方向の端面部が対向するように設けられた形状の圧電体薄膜素子と、前記分極ベクトルを反転させる電圧を供給する電源回路とを備え、前記圧電体薄膜は、前記分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有し、前記圧電体薄膜素子は前記電圧が印加されなくなった状態でも前記分極ベクトルの方向に対応して前記端面部において開閉の 2 つの動作を保持することを特徴とする圧電体薄膜装置。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

前記端面部を備えた前記圧電体薄膜素子の電極形成面の形状が、円環状または中空状の多角形状であることを特徴とする請求項 9 に記載の圧電体薄膜装置。

【請求項 1 1】

前記端面部を備えた前記圧電体薄膜素子が、バイモルフ構成を有することを特徴とする請求項 9 または請求項 1 0 に記載の圧電体薄膜装置。

【請求項 1 2】

前記第 1 電極と前記第 2 電極が、互いに対向する複数組の電極に分離されていることを特徴とする請求項 9 から請求項 1 1 までのいずれかに記載の圧電体薄膜装置。

【請求項 1 3】

前記端面部を備えた前記圧電体薄膜素子の少なくとも一部が支持または固定されていることを特徴とする請求項 9 から請求項 1 2 までのいずれかに記載の圧電体薄膜装置。 10

【請求項 1 4】

第 1 電極、第 2 電極および前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、前記第 1 電極と前記第 2 電極とを介して所定値以上の電圧が加えられると前記分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜からなる第 1 の圧電体薄膜素子と、第 3 電極、第 4 電極および前記第 3 電極と前記第 4 電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、前記第 3 電極と前記第 4 電極とを介して所定値以上の電圧が加えられると前記分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜からなる第 2 の圧電体薄膜素子とを有し、

前記第 1 の圧電体薄膜素子と前記第 2 の圧電体薄膜素子とのそれぞれの一端部は対向し、それぞれの他端部は支持体に支持固定され、前記支持体とを含めてトライアングル状に構成された圧電体開閉素子と、 20

前記分極ベクトルを反転させる電圧を供給する電源回路とを備え、

前記圧電体薄膜は、前記分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有し、前記分極ベクトルの反転により前記一端部が開閉動作するとともに前記電圧が印加されなくなった状態でも前記分極ベクトルの反転による開閉位置を保持することを特徴とする圧電体薄膜装置。

【請求項 1 5】

第 1 電極、第 2 電極および前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、前記第 1 電極と前記第 2 電極とを介して所定値以上の電圧が加えられると前記分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜からなる第 1 の素子部と、 30

第 3 電極、第 4 電極および前記第 3 電極と前記第 4 電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、前記第 3 電極と前記第 4 電極とを介して所定値以上の電圧が加えられると前記分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜からなる第 2 の素子部とを有し、

前記第 1 の素子部と前記第 2 の素子部とが同一平面上で、かつ長手方向において異なる角度で一体に形成されてなる圧電体薄膜素子と、

前記分極ベクトルを反転させる電圧を供給する電源回路とを備え、

前記圧電体薄膜は、前記分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有し、前記圧電体薄膜素子は前記電圧が印加されなくなった状態でも前記分極ベクトルの方向に対応して、前記第 1 の素子部および前記第 2 の素子部のそれぞれの変位位置を組み合わせることで 2 次元的に複数の変位位置を保持することを特徴とする圧電体薄膜装置。 40

【請求項 1 6】

前記圧電体薄膜の主成分が、チタン酸ジルコン酸鉛であることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 5 までのいずれかに記載の圧電体薄膜装置。

【請求項 1 7】

前記電源回路は、前記分極ベクトルを反転する電圧に加えて、複数の前記変位位置のいずれかを中心に分極ベクトルが反転しない範囲の電圧を切り替えて印加可能な構成としたことを特徴とする請求項 1 から請求項 1 6 までのいずれかに記載の圧電体薄膜装置。

【請求項 1 8】

前記電源回路を制御する制御回路をさらに有することを特徴とする請求項 1 7 に記載の圧 50

電体薄膜装置。

【請求項 19】

第 1 電極、第 2 電極および前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持つ圧電体薄膜からなる圧電体薄膜素子と、

前記第 1 電極と第 2 電極を介して前記圧電体薄膜素子に前記分極ベクトルを反転させる電圧を供給する電源回路とを備え、

前記圧電体薄膜は、前記分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有し、前記圧電体薄膜素子は前記電圧が印加されなくなった状態でも前記分極ベクトルの方向に対応した異なった変位位置を保持する圧電体薄膜装置において、

前記分極ベクトルの反転時のみ電圧を印加し、前記分極ベクトルの反転後、電圧を供給せずに 2 つの変位位置を保持するようにしたことを特徴とする圧電体薄膜装置の駆動方法。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電体薄膜の分極ベクトルの反転を用いた、例えば位置決め装置等に利用される圧電体薄膜装置およびその駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、位置決め装置の駆動素子として、電気・機械エネルギーの変換効率が高く、低消費電力で駆動でき、また発熱量が少なく磁気干渉もないため圧電体素子が用いられ、各種アクチュエータに応用されている。 20

【0003】

しかし、圧電体素子には、印加電圧と変位量との関係にヒステリシスが存在するために、圧電体素子の変位量は印加電圧に対して一義的に定まらない等の問題がある。

【0004】

そこで、圧電体素子のヒステリシスを最小限に抑える駆動方法が提案されている（例えば、特許文献 1）。図 19 は、従来の圧電体素子の変位量と印加電圧の関係を示す特性図である。

【0005】

図 19 において、圧電体素子に印加する最小電圧を V_{min} 、最大電圧を V_{max} とする。ここで、印加電圧を V_{min} から V_1 まで増加させ、その後 V_1 から V_{min} まで減少させた場合、変位は、A-C-B-D-A のようにヒステリシスを描くため、変位が一義的には決まらない。しかし、 V_{min} から V_1 まで増加させ、または V_{max} から V_1 まで減少させる場合には、印加電圧・変位特性曲線はそれぞれ、A-C-B、B-D-A となり、圧電体素子の変位は印加電圧と 1 対 1 に対応する。したがって、圧電体素子に印加電圧 V_1 を印加する前に、予め印加する電圧（以下、予備電圧と記す）を、 V_{min} とすれば変位は X_0 となり、 V_{max} とすれば変位は X_D となる。逆に、変位を X_0 とするには、予備電圧が V_{min} の場合、印加電圧は V_1 となり、予備電圧が V_{max} の場合、印加電圧は V_4 となる。すなわち予備電圧を常に V_{min} とするか、または常に V_{max} とすれば、印加電圧の値のみによって、変位が一義的に定まる。 30 40

【0006】

上記により、圧電体素子にヒステリシスが存在しても、印加電圧のみで圧電体素子の位置決めが一義的にできる。

【0007】

また、金 (Au) 電極 / チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) 膜 / 白金 (Pt) 電極 / 酸化マグネシウム (MgO) 単結晶基板で構成されたユニモルフ型カンチレバーにおいて、その先端部での膜厚方向の変位と印加電圧の関係が開示されている（例えば、非特許文献 1）。この非特許文献で作製された PZT 膜は完全な c 軸配向膜であると推測されている。さらに、印加電圧と変位が高い線形性を有することが開示されている。また、ユニモルフ 50

型カンチレバーに $\pm 35\text{V}$ 、 10Hz の交流電圧を印加した場合、その先端部の変位挙動はバタフライ形状のループを描くとともに、そのループは電圧の極性に対して非対称である。

【特許文献1】特開平3-256375号公報

【非特許文献1】Isaku Kanno、外3名、“Measurement of transverse piezoelectric Properties of PZT thin films”、“SENSORS AND ACTUATORS A: PHYSICAL”、vol.107 Issue 1、1 October 2003、p68-74.

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上記従来のヒステリシスを最小限に抑える駆動方法においては、所望の変位を発生させる前に、必ず V_{min} 、または V_{max} の予備電圧を印加しなければならない。そのため、予備電圧に対応する変位が発生するため、所望の変位を連続して得ることができなかった。また、例えば、所望の変位と予備電圧で決まる変位の2つの変位位置を制御する場合においても、少なくとも一方の変位を維持するためには、その変位に相当する電圧を連続的に印加しなければならない。

【0009】

さらに、これらの従来の駆動方法においては、圧電体素子の分極方向を反転させて駆動することについてはまったく記載されていない。また、従来の圧電体素子を用いたアクチュエータは、分極方向が同一方向の状態では駆動されるものである。一方、分極方向を意識的に反転させて使用する素子としては、強誘電体メモリー等がある。しかし、それらは、圧電性ではなく強誘電性を利用したものに限定されている。

20

【0010】

また、上記従来のユニモルフ型カンチレバーでは、単純な正弦波の交流電圧が継続的に印加された場合、印加電圧の極性に対して非対称な変位を発生することについては示されているが、交流電圧の印加を停止した場合のカンチレバーの変位状態については記載されていない。また、電圧印加に関して、単純な交流電圧を継続的に印加しているのみであり、複雑な位置制御を行うのに適した電圧の印加方法については記載されていない。さらに、薄膜、およびその薄膜の成膜時に用いた基板を有するユニモルフ型カンチレバーの構成について開示されているのみであり、成膜時の基板が除去された構成や、ユニモルフ型以外の原理により変形させる構成に関しては開示されていない。

30

【0011】

本発明は、上記課題を解決して、分極方向を反転させる電圧の切り替えにより、圧電体薄膜素子は固有な2つの変位位置をとり、その位置を電圧の印加を停止した後も保持するとともに、分極方向が反転しない電圧範囲内で、変位位置を連続的に変えられる圧電体薄膜装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を解決するために、本発明の圧電体薄膜装置は、第1電極、第2電極および第1電極と第2電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、第1電極と第2電極を介して所定値以上の電圧が加えられると分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜からなる圧電体薄膜素子と、分極ベクトルを反転させる電圧を供給する電源回路とを備えた構成を有し、圧電体薄膜は分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有し、圧電体薄膜素子は電圧が印加されなくなった状態でも分極ベクトルの方向に対応した異なる変位位置を保持する構成からなる。

40

【0013】

また、第1電極、第2電極および第1電極と第2電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、第1電極と第2電極を介して所定値以上の電圧が加えられると分極ベク

50

トルが反転させられる圧電体薄膜からなる第1の構造体と、第3電極、第4電極および第3電極と第4電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、第3電極と第4電極を介して所定値以上の電圧が加えられると分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜からなる第2の構造体とを貼り合わせた圧電体薄膜素子と、分極ベクトルを反転させる電圧を供給する電源回路とを備えた構成を有し、圧電体薄膜は分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有し、圧電体薄膜素子は電圧が印加されなくなった状態でも分極ベクトルの方向に対応した異なった変位位置を保持する構成としてもよい。これにより、伸縮変形の場合は素子の長手方向において、撓み変形の場合は素子の膜厚方向において、変位位置を保持する圧電体薄膜装置を実現できる。

【0014】

10

また、分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有し、電圧が印加されなくなった状態でも分極ベクトルの方向に対応した異なった変位位置を保持する圧電体薄膜素子が、いずれかの変位位置を中心に、分極ベクトルが反転しない範囲の電圧で駆動されることを特徴とし、変位位置を微調整できる構成としてもよい。

【0015】

また、圧電体薄膜素子の電極形成面の形状が多角形状からなり、多角形状の1つの端部もしくは端部近傍で圧電体薄膜素子が固定される構成としてもよい。あるいは、少なくとも2つの端部もしくは端部近傍部分で支持または固定される構成としてもよい。この構成とすることにより、多様な構造を有する圧電体薄膜装置を実現できる。

【0016】

20

また、第1電極、第2電極および第1電極と第2電極との間に挟まれ膜厚方向に分極ベクトルを持ち、第1電極と第2電極を介して所定値以上の電圧が加えられると分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜の長手方向の端面部が対向するように設けられた形状の圧電体薄膜素子と、分極ベクトルを反転させる電圧を供給する電源回路とを備えた構成を有し、圧電体薄膜は、分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有し、圧電体薄膜素子は電圧が印加されなくなった状態でも、分極ベクトルの方向に対応して端面部において開閉の2つの動作を保持する構成としてもよい。この構成により、端面部間で開閉動作し、例えば微小物体を把持することもできる。

【0017】

また、端面部を備えた圧電体薄膜素子の電極形成面の形状を、円環状または中空状の多角形状とする構成としてもよい。この構成により、単純な形状で、開閉部分の開閉量を比較的大きくすることができる。

30

【0018】

また、端面部を備えた圧電体薄膜素子をバイモルフ構成としてもよく、これにより、把持力を大きくできる。また、平面内の開閉動作のほかに、膜厚方向の変位を付加した動作を実現できる。

【0019】

さらに、端面部を備えた圧電体薄膜素子の第1電極と第2電極を互いに対向する複数組の電極に分離する構成としてもよい。これにより、電極の組毎に独立した変位位置を保持するようにすることもできる。

40

【0020】

また、第1電極、第2電極および第1電極と第2電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、第1電極と第2電極とを介して所定値以上の電圧が加えられると分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜からなる第1の圧電体薄膜素子と、第3電極、第4電極および第3電極と第4電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、第3電極と第4電極とを介して所定値以上の電圧が加えられると分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜からなる第2の圧電体薄膜素子とを有し、第1の圧電体薄膜素子と第2の圧電体薄膜素子のそれぞれ的一端部は対向し、それぞれ他端部は支持体に支持固定され、この支持体を含めてトライアングル状に構成された圧電体開閉素子と、分極ベクトルを反転させる電圧を供給する電源回路とを備えた構成を有し、圧電体薄膜は、分極ベクトルの方向

50

により異なる格子定数を有し、分極ベクトルの反転により一端部が開閉動作するとともに電圧が印加されなくなった状態でもその分極ベクトルの反転による開閉位置が保持される構成としてもよい。これにより、分極ベクトルの反転による開閉位置を保持する圧電体薄膜装置を実現できる。

【0021】

また、第1電極、第2電極および第1電極と第2電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、第1電極と第2電極を介して所定値以上の電圧が加えられると分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜からなる第1の素子部と、第3電極、第4電極および第3電極と第4電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持ち、第3電極と第4電極を介して所定値以上の電圧が加えられると分極ベクトルが反転させられる圧電体薄膜からなる第2の素子部とを有し、第1の素子部と第2の素子部とが同一平面上でかつ長手方向において異なる角度で一体に形成された圧電体薄膜素子と、分極ベクトルを反転させる電極を供給する電源回路とを備えた構成を有し、圧電体薄膜は分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有し、圧電体薄膜素子は電圧が印加されなくなった状態でも分極ベクトルの方向に対応して、第1の素子部および第2の素子部のそれぞれの変位位置を組み合わせて2次元的な変位位置を保持する構成としてもよい。

10

【0022】

また、本発明の圧電体薄膜装置の駆動方法は、第1電極、第2電極、および第1電極と第2電極との間に挟まれ、膜厚方向に分極ベクトルを持つ圧電体薄膜からなる圧電体薄膜素子と、第1電極と第2電極を介して圧電体薄膜素子に分極ベクトルを反転させる電圧を供給する電源回路とを備え、圧電体薄膜は分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有し、圧電体薄膜素子は電圧が印加されなくなった状態でも分極ベクトルの方向に対応した異なった変位位置を保持する圧電体薄膜装置において、分極ベクトルの反転時のみ電圧を印加し、分極ベクトルの反転後、電圧を供給せずに2つの変位位置を保持する方法からなる。これにより、電圧を印加しなくても、異なった2つの変位位置を保持することができる。

20

【発明の効果】

【0023】

本発明の圧電体薄膜装置およびその駆動方法は、圧電体薄膜が分極ベクトルの方向により異なる格子定数を有するという新たな知見に基づいてなされたものである。

30

【0024】

つまり、分極ベクトル方向を反転させるような電圧を印加した後、その分極ベクトル方向の格子定数で決まる変位量は、電圧が印加されなくなった状態でも長期間にわたって保持され、また分極ベクトル方向を反転させれば、その反転方向の格子定数により決まる変位量をとることができ、異なる変位位置を分極ベクトルの方向反転のみで選択できるという効果を有するものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

図1は、本発明の実施の形態に係る圧電体薄膜装置の基本構成を示す斜視図である。

【0026】

はじめに、本発明の実施の形態に係る圧電体薄膜装置を構成する圧電体薄膜素子の基本的な作製方法およびその特性について、PZT薄膜を例に図1を用いて説明する。なお、作製方法等で異なる部分がある場合には、各実施の形態で説明する。

40

【0027】

(100)面のMgO単結晶基板(図示せず)上に、(100)方向に結晶配向したPtからなる第1電極1を形成する。次に、基板温度600に保たれたMgO単結晶基板(以下、MgO基板と記す)上に、PZT薄膜からなる圧電体薄膜3を3μm程度の厚さにスパッタリング法等により成膜する。

【0028】

この時、成膜は、例えば、スパッタリングガスがAr(アルゴン):O₂(酸素)=9

50

0 : 1 0、スパッタリングガス圧が 0 . 5 P a の条件で、スパッタリングターゲットが $P b Z r_{0.53} T i_{0.47} O_3 + 2 0 m o l \% P b O$ の複合酸化物焼結体のスパッタリングによって行われる。

【 0 0 2 9 】

次に、Pt からなる第 2 電極 2 を P Z T 薄膜からなる圧電体薄膜 3 の上に室温中で形成する。

【 0 0 3 0 】

次に、通常のエッチングやダイシング等の薄膜加工法を用い、例えば、長手方向 Y Y が 2 mm、幅が 0 . 5 mm の長方形状に加工する。

【 0 0 3 1 】

そして、リン酸等を用いたウエットエッチング、ドライエッチングや C M P (C h e m i c a l M e c h a n i c a l P l a n a r i z a t i o n) 法等により M g O 基板を除去し、圧電体薄膜素子 1 0 を有する圧電体薄膜装置が作製される。この場合、圧電体薄膜素子 1 0 を支持固定するために、支持固定部 (図示せず) として M g O 基板を残して圧電体薄膜装置を作製してもよい。

【 0 0 3 2 】

以下に、作製された圧電体薄膜 3 の特性について説明する。

【 0 0 3 3 】

上記方法により作製された P Z T 薄膜からなる圧電体薄膜 3 は、X 線回折 (X R D) による分析結果から、ペロブスカイト型の正方晶系の結晶構造を有し、結晶配向度 9 9 % 程度の c 軸配向をしていることがわかった。ここで、正方晶系の P Z T 薄膜の c 軸方向は、分極ベクトル方向であるから、P Z T 薄膜は膜厚方向に分極軸を有することになる。

【 0 0 3 4 】

また、上記で述べた結晶配向度は、X 線回折のピーク比強度 (0 0 1) / (h k l) により求めたものである。ここで、(h k l) は、Cu - K 線源を用いた θ - 2 θ 測定において、2 θ の上限値と下限値を (0 0 1) 反射から (1 1 1) 反射が測定できる最小限の範囲に設定した時に測定される P Z T 薄膜に起因する反射ピーク強度の和である。

【 0 0 3 5 】

また、以後の説明のために、圧電体薄膜 3 の分極ベクトルを以下のように定義する。一般的に、第 1 電極 1 と第 2 電極 2 の間に電源回路 4 から電圧を印加することにより、圧電体薄膜 3 の強誘電ドメインの回転や反転を誘起することが可能である。そこで、十分に大きな正の電圧を第 1 電極 1 に印加することにより、強誘電ドメインの回転や反転がほぼ飽和状態となり、分極ベクトルの膜厚方向成分が第 1 電極 1 から第 2 電極 2 に向かう方向を P u p とする。逆に、十分に大きな負の電圧を第 1 電極 1 に印加することにより、強誘電ドメインの回転や反転がほぼ飽和状態となり、分極ベクトルの膜厚方向成分が第 2 電極 2 から第 1 電極 1 に向かう方向を P d o w n とする。なお、分極ベクトルは、膜厚方向に直交する必要はなく、膜厚方向に対して斜めでもよく、膜厚方向に分極ベクトルの成分を有するものであればよい。

【 0 0 3 6 】

図 2 は、図 1 の構成を用いて測定された上記圧電体薄膜素子 1 0 の分極と印加電圧の関係を示す特性図である。図 2 に示すように、圧電体薄膜素子 1 0 は、非対称のヒステリシス特性を有しており、分極ベクトルの反転を生じる抗電圧 (抗電界) は、 $E c 2 = - 3 0 V (- 1 0 0 k V / c m)$ 、 $E c 1 = 1 5 V (5 0 k V / c m)$ である。

【 0 0 3 7 】

次に、圧電体薄膜 3 に用いた P Z T 薄膜の格子定数の測定結果について説明する。

【 0 0 3 8 】

まず、第 2 電極 (P t) 3 0 n m / P Z T 薄膜 3 μm / 第 1 電極 (P t) 2 0 0 n m / M g O 基板 (1 0 0) 3 0 0 μm の構成を有する圧電体薄膜装置を用い、以下の処理条件で処理した後、P Z T 薄膜の格子定数の測定を行った。

【 0 0 3 9 】

10

20

30

40

50

処理条件1：分極ベクトルが第1電極から第2電極に向いた試料

処理条件2：分極ベクトルが第2電極から第1電極に向いた試料

なお、成膜条件によっては分極処理をしなくてもほぼ完全に第1電極から第2電極に分極ベクトルが整列した処理条件1の試料が得られる。しかし、第1電極から第2電極に分極ベクトルが整列していない場合には、第1電極に、例えば45V(150kV/cm)を5秒間印加することによって、処理条件1の試料を作製できる。また、処理条件2の試料は、第1電極に、例えば-90V(300kV/cm)を5秒間印加することによって作製できる。

【0040】

図3は、圧電体薄膜装置の圧電体薄膜素子10を、上記の処理条件1(実線)と処理条件2(破線)で処理した後、電圧を印加しない状態で測定した高分解能X線回折パターンを模式的に示した図である。X線源としてはCu-K_α線を用い、2θとしては約42度から約44度の角度範囲で測定を行った。図3に示すピークXAは、MgO基板の(200)反射に起因するX線回折ピークである。ピークXAが2本検出されるのは、測定に用いたX線源がCu-K_{α1}線とCu-K_{α2}線の2つの波長を含むことによるものである。もし、測定の分解能が低ければ、ピークXAは、1本のピークとして検出される。一方、図3に示すピークXBは、PZT薄膜の(002)反射に起因するX線回折ピークである。ピークXBに2つのピークが検出される理由も、前述と同様である。処理条件1と処理条件2を比較すると、MgO基板に起因するピークXAの位置が変化していないのに対して、PZT薄膜の(002)反射に起因するピークXBの位置がシフトしていることがわかる。これは、PZT薄膜の膜厚方向である[001]方向の格子定数が、処理条件1と処理条件2で異なることを示している。

【0041】

しかし、上記の高分解能X線回折パターンの結果では、PZT薄膜の膜厚方向に対応する格子定数は求められるが、これはMgO基板上にPZT薄膜がある場合の値である。また、PZT薄膜の膜面内方向に対応する[100]方向の格子定数が求まらない。

【0042】

そこで、上記2つの異なる処理をした圧電体薄膜素子を有する圧電体薄膜装置から、リン酸等を用いたウエットエッチング法等によりMgO基板を除去して圧電体薄膜を作製し、さらに測定の便宜上、粉末にした。そして、粉末にした圧電体薄膜のシンクロトロン放射光(以下、SOR光と記す)回折パターンを測定した。その測定結果を用いて、Rietveld解析法により、PZT薄膜からなる圧電体薄膜の格子定数を求めた。

【0043】

表1に、SOR光回折パターンから、Rietveld解析法により求めた、圧電体薄膜の格子定数を示す。ここで、圧電体薄膜の膜面内方向に対応する[100]方向をa軸とし、その格子定数をa、一方、膜厚方向に対応する[001]方向をc軸とし、その格子定数をcで表している。

【0044】

【表1】

	処理条件1	処理条件2	処理条件2/処理条件1
a	4.071	4.076	1.0012
c	4.121	4.111	0.9976

【0045】

この表1は、処理条件1の試料の長さを1とすれば、分極ベクトルの方向の反転により、a軸の格子定数aが、1.0012に変化することを示している。したがって、上記結

10

20

30

40

50

晶配向を有する圧電体薄膜を用いた圧電体薄膜素子は、分極ベクトルの方向を P u p と P d o w n の切り替えにより、膜面内方向で伸縮する。例えば、図 1 に示す長手方向 Y Y の長さが 2 m m の圧電体薄膜素子 1 0 の場合、その伸縮量は、2 . 4 μ m である。なお、長手方向 Y Y の長さを変えれば、伸縮量は任意に設定可能である。同様に、c 軸の格子定数 c も、0 . 9 9 7 6 に変化し、分極ベクトルの方向を P u p と P d o w n の切り替えにより、膜厚方向で伸縮する。

【 0 0 4 6 】

また、圧電体薄膜素子の伸縮状態は、抗電圧以上の電圧の印加により分極ベクトルを反転させた後、電圧を印加しない状態で 1 0 日間放置しても、その変位量は変わらず安定であった。

10

【 0 0 4 7 】

上述したように、本発明は、圧電体薄膜の格子定数が分極ベクトルの上下 (1 8 0 ° 反転) により異なるという新たな知見に基づいてなされたものである。そして、圧電体薄膜の分極ベクトルの 1 8 0 ° 反転が、印加電圧の極性を切り替えることにより、容易に制御できる点で実用上優れたものである。

【 0 0 4 8 】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら、以下に説明する。

【 0 0 4 9 】

(実施の形態 1)

図 4 (a) は、本発明の実施の形態 1 に係る、分極ベクトル P u p を持つ片持ち梁構成からなる圧電体薄膜装置の断面図である。図 4 (b) は、同圧電体薄膜装置において、分極ベクトルの方向を反転させた時の変位量 伸びた状態を示す断面図である。なお、図面においては、理解を助けるために厚さ方向を拡大して図示している。以下、各実施の形態においても同様である。

20

【 0 0 5 0 】

図 4 (a) において、圧電体薄膜素子 1 0 は、第 1 電極 1 と分極ベクトル P u p を有する圧電体薄膜 3 と第 2 電極 2 とから構成される。また、第 1 電極 1 と第 2 電極 2 には圧電体薄膜 3 の分極ベクトルの方向を反転できる電圧を印加する電源回路 4 とその制御回路 6 が接続される。さらに、圧電体薄膜素子 1 0 の長手方向 Y Y の一端が接着剤等で固定部材 7 に固定される。そして、電源回路 4 から圧電体薄膜 3 に所定値以上の電圧を印加することにより分極ベクトル P u p を図 4 (b) に示すように分極ベクトル P d o w n 方向に反転させ、長手方向 Y Y に変位する片持ち梁構造の圧電体薄膜装置が構成される。その結果、分極ベクトルの反転により、2 つの変位位置を安定して位置決めできる圧電体薄膜装置が実現される。

30

【 0 0 5 1 】

ここで、所定値の電圧とは、分極ベクトルを反転させる電界を生じる電圧を意味する。つまり、上記圧電体薄膜構成においては、図 2 に示す E c 1 、 E c 2 に相当する電圧 (以下、抗電圧と記す) のことである。

【 0 0 5 2 】

なお、上記実施の形態 1 では、固定部材 7 を別の部材とする構成で示したが、これに限定されない。例えば M g O 基板除去時に、圧電体薄膜素子 1 0 部の固定部以外の M g O 基板を除去し、固定部 (図示せず) を形成してもよい。

40

【 0 0 5 3 】

以下に、圧電体薄膜装置の具体的な位置決め動作について説明する。

【 0 0 5 4 】

図 5 は、分極ベクトル P u p を有する圧電体薄膜装置において、電圧を印加しない時の図 4 (a) に示す圧電体薄膜装置の先端の変位 B の位置を基準として、印加電圧と変位量との関係を説明する図である。

【 0 0 5 5 】

変位 A は、例えば図 2 の特性を持つ圧電体薄膜素子において、 - 3 0 V 以上の E c 2 電

50

圧を印加し、分極ベクトル P_{up} を分極ベクトル P_{down} 方向に反転させた後、電圧を零（電圧を印加しない状態）にした時の変位量を示している。また、変位 B は、変位 A の状態から、+15 V 以上の E_{c1} 電圧の印加により、圧電体薄膜の分極ベクトル P_{down} を分極ベクトル P_{up} 方向に反転した後、電圧を零にした時の変位量を示している。

【0056】

つまり、図 5 は、分極ベクトルの方向により、電圧が印加されなくなった状態でも、変位 A または変位 B の 2 つの位置を安定して保持できることを示している。

【0057】

さらに、図 5 の実線で示すように、変位 A または変位 B の位置を中心に、分極ベクトルの反転を生じない範囲内で電圧を印加することにより、高い線形性を持って、圧電体薄膜素子の変位量を制御できることがわかる。例えば、実施の形態 1 に係る圧電体薄膜装置では、抗電圧以下の電圧範囲内において、 $0.05 \mu\text{m}/\text{V}$ で変位量の制御が可能である。

10

【0058】

以下に、圧電体薄膜装置の駆動方法について説明する。

【0059】

図 6 は、圧電体薄膜装置の駆動方法の一例を示す図であり、駆動時の圧電体薄膜の相対変位量と印加電圧の関係を示す図である。図 6 において、期間 AA は、変位が零の初期状態を示している。期間 BB で圧電体薄膜の分極ベクトルを反転させる -30 V の抗電圧を印加すると、分極ベクトル P_{up} は分極ベクトル P_{down} 方向に反転し、圧電体薄膜の格子定数が 0.12 % 伸びる。そして、印加電圧を零にした期間 CC では圧電体薄膜の格子定数が 0.12 % 伸びた状態を保持している。

20

【0060】

さらに、期間 DD で、圧電体薄膜の分極ベクトル P_{down} を分極ベクトル P_{up} 方向に反転させる +15 V の抗電圧を印加すると分極ベクトルの反転により初期状態に戻り、圧電体薄膜の格子定数が 0.12 % 縮む。そして、印加電圧を零にした期間 EE では圧電体薄膜の格子定数が 0.12 % 縮んだ初期状態を保持する。以後、期間 FF から II において、同様の動作を行うことができる。

【0061】

なお、図 6 では、2 つの変位位置を繰り返す動作について説明したが、例えば、期間 CC や期間 EE の変位位置において、電源回路 4 から -30 V 以上、+15 V 以下の電圧範囲内で、制御回路 6 で変位量を制御しながら駆動することにより、期間 CC では変位 0.12 % 伸びた変位位置を中心に、期間 EE では変位が零の初期の位置を中心に、従来の圧電体薄膜と同様、印加電圧に応じて変位量を制御することができる。

30

【0062】

以上、述べたように本発明は、分極ベクトルの反転により、圧電体薄膜の格子定数を変化させ、分極ベクトルの方向により、長手方向 YY において、格子定数の差に基づく 2 つの変位位置を、電圧を印加しなくなった状態でも保持することができる圧電体薄膜装置を実現したものである。

【0063】

また、その駆動方法は、分極ベクトルを反転させる時のみ電圧を印加し、反転後は電圧を印加しない状態でも変位位置を保持できるため、少ない消費電力で駆動できる圧電体薄膜装置が実現される。さらに、圧電体薄膜装置は、分極反転が発生しない範囲の電圧を印加することにより、変位を微調整することができる。

40

【0064】

なお、上記では、長形状の圧電体薄膜素子を用いた圧電体薄膜装置を例に説明したが、圧電体薄膜素子は、板状でかつ電極形成面の形状が多角形状であればよく、特に限定されず、同様の効果が得られる。

【0065】

（実施の形態 2）

図 7 (a) は、本発明の実施の形態 2 に係る、分極ベクトル P_{up} を持つ片持ち梁構成

50

からなるバイモルフ型の圧電体薄膜装置の断面図である。図7(b)は、同圧電体薄膜装置において、分極ベクトルP d o w n方向に反転させた時の変位量 伸びた状態を示す断面図である。図7(c)は、片方の圧電体薄膜素子の分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す断面図である。

【0066】

図7(a)、図7(b)において、第1の構造体20は、第1電極21と分極ベクトルP u pを有する圧電体薄膜23と第2電極22から構成されている。第2の構造体30は、第3電極31と分極ベクトルP u pを有する圧電体薄膜33と第4電極32から構成されている。そして、第1の構造体20の第2電極22と第2の構造体30の第4電極32とが貼り合わされ、バイモルフ型の圧電体薄膜素子40が作製される。

10

【0067】

また、第1電極21と第2電極22および第3電極31と第4電極32に、各圧電体薄膜23、33の分極ベクトルの方向を反転させる電圧を印加する電源回路41、42とその制御回路46が接続されている。

【0068】

そして、バイモルフ型の圧電体薄膜素子40の長手方向Y Yの一端を固定部材7で固定し、電源回路41、42から圧電体薄膜23、33に抗電圧以上の電圧を印加することにより、分極ベクトルの方向を反転させ、図7(a)と図7(b)に示すように長手方向Y Yに変位する片持ち梁構成の圧電体薄膜装置が作製される。

【0069】

以下に、バイモルフ型の圧電体薄膜素子40の作製方法について説明する。

20

【0070】

まず、実施の形態1の方法で作製された圧電体薄膜素子からなる第1の構造体20と第2の構造体30とをM g O基板が外側になるようにして第2電極22と第4電極32側で貼り合わせる。

【0071】

次に、リン酸等を用いたウエットエッチングやC M P法等によりM g O基板を除去し、バイモルフ型の圧電体薄膜素子40が作製される。この場合、第1の構造体20と第2の構造体30の分極ベクトルP u p方向は互いに反対方向である。

【0072】

そして、通常の薄膜加工法を用いて、圧電体薄膜素子40を、例えば、長手方向Y Yが2mm、幅が0.5mmの長形状に加工し、長手方向Y Yの一端を固定することにより、バイモルフ型の圧電体薄膜装置が作製される。

30

【0073】

以下に、上記方法により作製されたバイモルフ型の圧電体薄膜装置の動作を説明する。

【0074】

図7(a)の位置から第1の構造体20の第1電極21と第2の構造体30の第3電極31に、電源回路41と電源回路42により-30V以上の抗電圧を印加すると、第1の構造体20と第2の構造体30の分極ベクトルP u pは分極ベクトルP d o w n方向に反転し、圧電体薄膜素子40は長手方向Y Yに変位量 だけ伸びる。

40

【0075】

また、第1の構造体20と第2の構造体30の第1電極21と第3電極31に、電源回路41と電源回路42により+15V以上の抗電圧を印加すると第1の構造体20と第2の構造体30の分極ベクトルP d o w nは分極ベクトルP u p方向に反転し、圧電体薄膜素子40は初期位置に戻る。

【0076】

なお、上記の場合、第1の構造体20と第2の構造体30を並列駆動構成とすれば、1つの電源で駆動できることはいうまでもない。

【0077】

一方、図7(c)に示すように、例えば、第2の構造体30にのみ、電源回路42から

50

- 30 V以上の抗電圧を印加すれば、第2の構造体30の分極ベクトルPupは分極ベクトルPdown方向に反転し、長手方向YYに伸びる。一方、第1の構造体20は変位しないため、結果的に圧電体薄膜素子40は、下方に撓み変形を生じることになる。

【0078】

逆に、第1の構造体20にのみ、電源回路41から-30 V以上の抗電圧を印加すれば、上方に撓み変形を生じ、電圧を印加しなくなった状態でもその位置を保持する。つまり、この場合には、上方撓み位置、初期位置、下方撓み位置の3つの変位位置を位置決めできる圧電体薄膜装置が実現される。例えば、図7(c)に示すように、入射光Eは圧電体薄膜素子40の下方の撓み変形により、反射光Fの方向に偏向される。また、圧電体薄膜素子40が上方に撓み変形する場合には、入射光Eを対称軸とする反射光Fの反対方向に入射光を偏向させることができる。つまり、圧電体薄膜素子40の撓み変形により、光スイッチ的な機能を有する圧電体薄膜装置を実現できる。さらに、分極ベクトルの反転しない電圧範囲内で変位量を制御することにより、任意の位置に入射光を反射させることもできる。

10

【0079】

また、上記の圧電体薄膜装置をマトリックス状に配置し、入射光の反射方向を制御することにより、画像や文字等の情報表示装置としての利用が可能である。

【0080】

なお、本実施の形態2では、第1の構造体20の第2電極22と第2の構造体30の第4電極32とを貼り合わせる構成について述べた。この理由は、MgO基板上に圧電体薄膜素子が形成された場合を想定したものであり、MgO基板がなければ貼り合わせ方向は、特に限定されない。

20

【0081】

さらに、分極ベクトルの方向についても、第1の構造体と第2の構造体のそれぞれを分極反転させた後に貼り合わせるにより、分極ベクトルの方向も任意に選択可能である。

【0082】

(実施の形態3)

図8(a)は、本発明の実施の形態3に係る、分極ベクトルPupを持つ両端固定構成からなる圧電体薄膜装置の断面図である。図8(b)は、同圧電体薄膜装置において、分極ベクトルPdownに方向を反転させた時の撓み変形した状態を示す断面図である。

30

【0083】

ここで、圧電体薄膜素子10の構成および作製方法は、圧電体薄膜素子10の両端を固定する固定部材8以外は実施の形態1と同様であるので、詳細な説明は省略する。

【0084】

実施の形態1と同様な方法で作製された圧電体薄膜素子10を、通常の薄膜加工法を用いて、例えば、長手方向YYが2 mm、幅が0.5 mmの長形状に加工し、長手方向YYの両端を固定部材8で固定することにより、両端固定の圧電体薄膜装置が作製される。

【0085】

上記方法により作製された両端固定の圧電体薄膜装置の動作は、実施の形態1と同様であり、圧電体薄膜素子10の第1電極1と第2電極2間に分極ベクトルPdown方向に反転させる抗電圧以上の電圧を印加すると圧電体薄膜素子10は長手方向YYに伸びる。しかし、圧電体薄膜素子10の両端が固定されているため、図8(b)のような撓み変形を生じることになる。

40

【0086】

この撓み変形により、例えば、図8(a)の初期位置にある圧電体薄膜素子10に入射する入射光Eを、図8(b)のように反射角度を変えた反射光Fに変換できる光スイッチ等の光路を偏向する圧電体薄膜装置を実現できる。

【0087】

また、図8(b)の凹面部を利用すれば、入射光Gの反射光Hを線状に集光または結像

50

することも可能である。

【0088】

なお、実施の形態3では、圧電体薄膜素子を両端で固定する構成で説明したが、図9のように、両端を支持部材9で支持する圧電体薄膜装置の構成としてもよい。その場合、両端固定時の撓み量よりも、大きな変形量が得られ、例えば、光の反射角度をより広範囲に可変とすることができる。

【0089】

さらに、図10に示すように、実施の形態3の両端固定構成に実施の形態2のバイモルフ型の圧電体薄膜素子を適用することや両端支持構成の圧電体薄膜装置とすることもできる。この構成により、上記各実施の形態と同様の効果を得るとともに、機械的強度を高め、振動や落下衝撃等の外部負荷に強い圧電体薄膜装置を実現できる。

10

【0090】

なお、実施の形態3では、長方形の対向する2つの端部近傍を固定した圧電体薄膜素子を例に述べたが、これに限定されない。例えば、圧電体薄膜素子は、板状でかつ電極形成面の形状が多角形状からなり、少なくとも2つの端部もしくは端部近傍を支持または固定する構成でも同様の動作や効果を得ることができる。

【0091】

さらには、圧電体薄膜素子が略円形状の場合、略円形の外周端部もしくは外周端部近傍を支持または固定することにより、入射光を一点に集光する圧電体薄膜装置を実現することも可能である。

20

【0092】

(実施の形態4)

図11(a)は、本発明の実施の形態4に係る、分極ベクトル P_{up} を持つ円環形状構成からなる圧電体薄膜装置の斜視図である。図11(b)は、同圧電体薄膜装置において、分極ベクトル P_{down} 方向に反転させた時の変位状態を示す斜視図である。

【0093】

図11において、板状の圧電体薄膜素子60の長手方向 YY の端面部が対向するように円環形状に形成した圧電体薄膜素子60は、第1電極61と膜厚方向に分極ベクトル P_{up} を有する圧電体薄膜63と第2電極62から構成されている。

【0094】

また、圧電体薄膜素子60には、第1電極61と第2電極62に圧電体薄膜63の分極ベクトルの方向を反転させる電圧を印加する電源回路64とその制御回路66が接続されている。

30

【0095】

圧電体薄膜素子60の端面部間の長さ65は、少なくとも圧電体薄膜素子60が伸びた時に、端面部が接触しない長さに設定される。例えば、圧電体薄膜素子60の全体長を10mmとし、分極ベクトル反転時の伸縮比を1.0012とすれば、端面部間の長さ65は、少なくとも12 μ m以上とすることが好ましい。

【0096】

上記のように構成した圧電体薄膜装置は、図11のように、分極ベクトル P_{up} から分極ベクトル P_{down} 方向への反転により、例えば10 μ m程度の微小物体67を把持し、再度の分極ベクトルの反転により開放するマイクログリッパーとして用いることができる。

40

【0097】

この時、圧電体薄膜装置は、分極ベクトルを反転させる抗電圧を印加する時以外は、電力の消費を必要とせず、微小物体67を把持し続けることが可能となる。

【0098】

さらに、実施の形態4の変形例として、図12(a)から図12(d)に示すような圧電体薄膜装置を構成することもできる。図12(a)は、トライアングル形状に形成したマイクログリッパー機能を有する圧電体薄膜装置の平面図、図12(b)は図12(a)

50

の A - A 線断面図である。また、図 1 2 (c)、図 1 2 (d) は、図 1 2 (a)、図 1 2 (b) の状態から分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示したものである。

【 0 0 9 9 】

実施の形態 4 の変形例に係る圧電体薄膜装置は、実施の形態 1 と同様な方法で成膜された P Z T 薄膜 / P t 電極膜 / M g O 基板からなる圧電体薄膜素子を、トライアングル形状に加工し第 1 の圧電体薄膜素子 7 0 と第 2 の圧電体薄膜素子 7 3 上に第 2 電極 7 1 と第 4 電極 7 4 を図 1 2 (a) のように形成する。そして、第 1 の圧電体薄膜素子 7 0 と第 2 の圧電体薄膜素子 7 3 の M g O 基板は、エッチング等により除去する。

【 0 1 0 0 】

また、支持体 7 9 は、図 1 2 (b) のように、残した M g O 基板 7 2 とその上に形成された P t 電極膜と P Z T 薄膜で構成される。そして、第 1 の圧電体薄膜素子 7 0 と第 2 の圧電体薄膜素子 7 3 の自由端 7 5 近傍に設けた切り落とし端面 7 6 では対向し、固定端 7 7 では支持体 7 9 に支持固定され、分極ベクトルの反転動作により開閉する圧電体開閉素子を備えた圧電体薄膜装置が作製される。

10

【 0 1 0 1 】

上記のように構成した圧電体薄膜装置は、図 1 2 (b)、図 1 2 (d) のように、分極ベクトル P u p から分極ベクトル P d o w n 方向への反転により、第 1 の圧電体薄膜素子 7 0 と第 2 の圧電体薄膜素子 7 3 が長手方向 Y Y に伸びて、対向する切り落とし端面 7 6 の間隔が狭くなり図 1 2 (c) の状態となる。逆に、分極ベクトル P d o w n から分極ベクトル P u p 方向へ反転させることにより切り落とし端面 7 6 の間隔が広がり図 1 2 (a)

20

【 0 1 0 2 】

以上の開閉動作により物体を把持する圧電体薄膜装置を実現できる。

【 0 1 0 3 】

なお、上記実施の形態 4 の変形例では、M g O 基板を支持体 7 9 とし、第 1 の圧電体薄膜素子 7 0 と第 2 の圧電体薄膜素子 7 3 を一体加工で形成した構成について述べたが、これに限定されない。例えば、第 1 の圧電体薄膜素子 7 0 と第 2 の圧電体薄膜素子 7 3 を別々の分離した状態で形成し、図 1 2 (a) に示す配置で、別の支持体で挟持し支持固定する構成としてもよい。

【 0 1 0 4 】

さらに、上記実施の形態 4 の変形例として、図 1 3 および図 1 4 の斜視図に示すような、例えば、三角形形状や四角形状等で複数組の電極（対向する面の電極は図示していない。）を有する圧電体薄膜装置を構成することもできる。

30

【 0 1 0 5 】

なお、支持方法は図示していないが、図 1 2 (b) のように圧電体薄膜素子の少なくとも一部の M g O 基板を残した構成や、別の支持体で一部を支持固定する構成とすればよい。その場合、分極ベクトルの反転時の伸縮による影響を少なくするために、支持体で支持固定される部分の電極は形成しないほうが好ましい。

【 0 1 0 6 】

また、図 1 3 および図 1 4 では、多角形状の各辺を形成する面をいずれかの電極で覆うように図示しているが、多角形状の各辺の交差する部分は分極ベクトルの反転時、伸縮への寄与が少ないので、電極を形成しない構成でもよい。

40

【 0 1 0 7 】

以下に、実施の形態 4 の変形例に係る圧電体薄膜装置の具体的な動作について説明する。

【 0 1 0 8 】

図 1 3 に示す圧電体薄膜装置は、開閉動作により物体を把持する保持部 8 0 を三角形形状の圧電体薄膜素子の一部に設けたものである。その動作は、図 1 3 (a) の初期状態から、電極 8 6 と電極 8 8 に抗電圧以上の電圧印加により、分極ベクトル P d o w n 方向から分極ベクトル P u p 方向に反転させることで、図 1 3 (b) のように、保持部 8 0 の間隔

50

を広くし開いた状態にする。逆に、分極ベクトル P u p 方向から分極ベクトル P d o w n 方向に反転させることで、図 1 3 (a) のように、保持部 8 0 の間隔を狭くし閉じた状態にするものである。この時、電極 8 2 と電極 8 4 の圧電体薄膜素子には電圧を印加しなくてもよい。

【 0 1 0 9 】

また、同様の動作は、図 1 3 (a) の初期状態から、電極 8 2 と電極 8 4 に抗電圧以上の電圧印加により、分極ベクトル P u p 方向から分極ベクトル P d o w n 方向に反転させることで、図 1 3 (c) のように、電極 8 6 と電極 8 8 に電圧を印加することなく、保持部 8 0 の間隔を変えて開閉動作を実現することも可能である。つまり、電極 8 2 と電極 8 4 を備えた圧電体薄膜素子の伸縮によっても、保持部 8 0 の間隔を変えることができる。

10

【 0 1 1 0 】

さらに、上記で説明した電極 8 2 と電極 8 4 の電圧印加による圧電体薄膜素子の動作と、電極 8 6 と電極 8 8 の電圧印加による圧電体薄膜素子の伸縮動作を同時に行うこともできる。それにより、圧電体薄膜装置の開閉量や保持力を向上することができる。

【 0 1 1 1 】

また、図 1 4 に示す圧電体薄膜装置は、開閉動作により物体を把持する保持部 9 9 を四角形状の圧電体薄膜素子の一部に設けたものである。その動作は、図 1 4 (a) の初期状態から、電極 9 6 と電極 9 8 に抗電圧以上の電圧印加により、分極ベクトル P u p 方向から分極ベクトル P d o w n 方向に反転させ、図 1 4 (b) のように、保持部 9 9 の間隔を狭くし閉じた状態にする。逆に、図 1 4 (b) に示す分極ベクトル P d o w n 方向から分極ベクトル P u p 方向に反転させることで、図 1 4 (a) のように、保持部 9 9 の間隔を元の開いた初期状態にするものである。この時、電極 9 0、電極 9 2 と電極 9 4 の圧電体薄膜素子には電圧を印加しなくてもよい。

20

【 0 1 1 2 】

また、同様の動作は、図 1 4 (b) の変位状態から、電極 9 0 に抗電圧以上の電圧印加により、分極ベクトル P u p 方向から分極ベクトル P d o w n 方向に反転させることで、図 1 4 (c) のように、電極 9 6 と電極 9 8 に電圧を印加することなく、保持部 9 9 の間隔を変えて開閉動作を実現することも可能である。つまり、電極 9 0 の圧電体薄膜素子の伸縮によっても、保持部 9 9 の間隔を変えることができるものである。

【 0 1 1 3 】

さらに、電極 9 0、9 6、9 8 で構成された圧電体薄膜素子の伸縮動作を同時に行うこともできる。それにより、圧電体薄膜装置の開閉量や保持力を向上することができる。

30

【 0 1 1 4 】

なお、電極 9 2 と電極 9 4 を備えた圧電体薄膜素子の伸縮動作は、保持部 9 9 の位置を変える場合に有効であるが、必要がなければ電極を形成しなくてもよい。

【 0 1 1 5 】

また、上記圧電体薄膜素子の構成を実施の形態 2 に示したバイモルフ構成とすることもできる。その場合、マイクログリッパー機能に、膜厚(分極ベクトル)方向に変位する機能を付加した圧電体薄膜装置を実現できる。

【 0 1 1 6 】

さらに、上記実施の形態 4 の変形例として、図 1 5 (a) に示すように、2組の実施の形態 2 で示したバイモルフ型の圧電体薄膜装置を、膜厚(分極ベクトル)方向において所定の間隔で対向して配置した圧電体薄膜装置を実現することもできる。この場合には、図 1 5 (b) のように、2組のバイモルフ型の圧電体薄膜素子を撓み変形させることにより、先端を開閉動作させることができる。

40

【 0 1 1 7 】

なお、圧電体薄膜装置の開閉量をさらに拡大する場合には、この原理を用いた各種ヒンジ機構を適用してもよい。それにより、圧電体薄膜素子の長さや分極ベクトル方向の格子定数の差によって一義的に決まるマイクログリッパーの開閉量を拡大することができるため、より大きな物体を把持することができる。

50

【0118】

(実施の形態5)

図16(a)から図16(d)は、本発明の実施の形態5に係る、2次元の位置決めができる圧電体薄膜装置の各動作を示す斜視図である。

【0119】

図16(e)は、図16(a)から図16(d)の圧電体薄膜装置の一連の変位挙動を模式的に示した図である。

【0120】

図16において、L字形状の圧電体薄膜装置は、膜厚方向に分極ベクトル P_{up} を有し、上下面に第1電極101と第2電極102を有する圧電体薄膜103からなる第1の素子部100と、膜厚方向に分極ベクトル P_{up} を有し、上下面に第3電極201と第4電極202を有する圧電体薄膜203からなる第2の素子部200を有する圧電体薄膜素子で構成されている。

10

【0121】

圧電体薄膜素子の作製方法と圧電体薄膜の成膜方法は、上記各実施の形態と同様であり説明は省略する。

【0122】

以下に、実施の形態5の圧電体薄膜装置の動作について詳細に説明する。

【0123】

図16(a)を初期変位状態とすれば、図16(b)は、第1の素子部100に、例えば-30V以上の抗電圧を印加し、分極ベクトル P_{up} を分極ベクトル P_{down} 方向に反転させ、第1の素子部100が変位した状態を示している。それにより、第1の素子部100は長手方向に+ B伸びることになる。

20

【0124】

次に、図16(c)のように、第2の素子部200に、例えば-30V以上の抗電圧を印加し、分極ベクトル P_{up} を分極ベクトル P_{down} 方向に反転させる。それにより、第2の素子部200は長手方向に+ C伸びる。この時、図16(e)に示すように、第1の素子部100の長手方向をX軸とし、第2の素子部200の長手方向をY軸とすれば、上記動作により、X軸方向に+ B、Y軸方向に+ C変位することになる。

【0125】

さらに、図16(d)のように、第1の素子部100に、例えば+15V以上の抗電圧を印加し、分極ベクトル P_{down} を分極ベクトル P_{up} 方向に反転させる。それにより、第1の素子部100は長手方向に- D縮むことになる。

30

【0126】

そして、図16(a)のように、第2の素子部200に、例えば+15V以上の抗電圧を印加し、分極ベクトル P_{down} を分極ベクトル P_{up} 方向に反転させる。それにより、第2の素子部200は長手方向に- A縮む。

【0127】

ここで、+ Bと- Dまたは+ Cと- Aは、圧電体薄膜の分極ベクトルの反転による格子定数の変化であるから同じ値である。

40

【0128】

したがって、図16(a)から図16(d)に示す一連の動作により、図16(e)のように初期変位状態、つまり初期位置に戻ることになる。

【0129】

以上説明したように、本実施の形態5に係る圧電体薄膜装置によれば、2次元動作が可能な位置決め動作を実現でき、その位置は、電圧を印加しなくなった状態でも保持される。例えば、この圧電体薄膜装置は、4つの位置を選択できる判別素子としての利用も可能である。

【0130】

なお、実施の形態5では、L字形状の圧電体薄膜素子を例に説明したが、これに限定さ

50

れない。例えば、第1の素子部と第2の素子部の長手方向の角度が異なる形状であればよく、それによって同様な動作を実現できる。さらに、コの字形状や複数個のL字形状の圧電体薄膜素子を連結した構造の圧電体薄膜装置としてもよい。

【0131】

これらの構成により、複数の位置を任意に位置決めできる圧電体薄膜装置を実現できる。

【0132】

(実施の形態6)

図17(a)は、本発明の実施の形態6に係る、分極ベクトル P_{up} を持つ圧電体薄膜装置の断面図である。図17(b)は、同圧電体薄膜装置において、分極ベクトルを反転させた時の変位量 縮んだ状態を示す断面図である。なお、図面は、理解を助けるために部分的に拡大して示している。

10

【0133】

図17(a)において、圧電体薄膜装置は、第1電極1と分極ベクトル P_{up} を有する圧電体薄膜3と第2電極2を有する圧電体薄膜素子10とMgO基板300とから構成される。また、第1電極1と第2電極2には圧電体薄膜3の分極ベクトルの方向を反転する電圧を印加する電源回路4とその制御回路6が接続される。

【0134】

そして、図17(a)に示すMgO基板300の上に形成した圧電体薄膜素子10の分極ベクトルの方向を反転させた場合、図17(b)に示すように圧電体薄膜素子10が厚み方向に変位量 だけ変位するものである。また、分極ベクトルを P_{down} から P_{up} 方向に反転させることにより、図17(a)の状態に戻すことができる。

20

【0135】

以下に、実施の形態6の圧電体薄膜装置が、その厚み方向に変位する理由を説明する。

【0136】

上述したように、圧電体薄膜素子10の厚み(約 $3\mu m$)は、MgO基板300の厚み(約 $300\mu m$)に比べて相対的に薄い(1/100程度)ため、膜面内方向(a軸方向)の伸縮がMgO基板300により抑制される。そのため、図17の右図のように膜厚方向(c軸方向)において、分極ベクトルの反転により表1に示す比率(0.9976)で伸縮するものである。

30

【0137】

この構成により、圧電体薄膜素子の厚み方向で位置決めできる圧電体薄膜装置を実現できる。

【0138】

また、上記圧電体薄膜装置を積層構成とすることにより、変位量の拡大および積層数分の位置決めをすることもできる。つまり、積層された圧電体薄膜装置に同時に電圧を印加すれば、積層数倍に変位を拡大できる。一方、積層された圧電体薄膜装置を個別に制御して電圧を印加すれば、積層数に相当する位置決めが可能である。

【0139】

(実施の形態7)

図18(a)は、本発明の実施の形態7に係るユニモルフ型の圧電体薄膜装置の断面図である。図18(b)は、同圧電体薄膜装置において、分極ベクトル P_{down} に方向を反転させた時の撓み変形した状態を示す断面図である。

40

【0140】

図18(a)に示すように、実施の形態6に示した圧電体薄膜装置の片端を固定部材7で支持固定してユニモルフ型の圧電体薄膜装置構成としたものであり、他の構成は同様である。なお、この場合、MgO基板300の厚みを、例えばエッチング法やCMP法等を用いて圧電体薄膜素子10程度にすることが、撓み変位量を拡大できる点等で好ましい。

【0141】

この構成により、図7(c)に示したバイモルフ型の圧電体薄膜装置と同様に、図18

50

(b)に示すように、分極ベクトルの方向を反転させることにより、撓み変位するユニモルフ型の圧電体薄膜装置が得られる。さらに、MgO基板300上に形成した圧電体薄膜素子10からなる圧電体薄膜装置は、接着層が介在しないため機械的な強度に優れるとともに、熱等に対する信頼性を向上できる。

【0142】

また、本発明の圧電体薄膜装置は、分極ベクトルの反転時に電圧を印加するだけで、変位するとともに、変位後の位置を安定して保つことができる。その結果、電力消費が少なく、変位前後の位置の保持特性に優れた圧電体薄膜装置を実現できる。

【0143】

上記各実施の形態では、圧電体薄膜をチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)として説明したが、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、チタン酸ジルコン酸ランタン鉛等でもよいことはいうまでもない。

【0144】

また、圧電体薄膜の分極ベクトルの反転による格子定数の変化量は、材料の組成や成膜の条件等により異なることはいうまでもない。

【0145】

さらに、本発明の実施の形態では、圧電体薄膜素子が2層までの構造について述べてきたが、これに限定されない。例えば、多層構造の圧電体薄膜装置としてもよい。その場合においても、各圧電体薄膜素子を並列駆動等により抗電圧を上げずに動作させることができるとともに、圧電体薄膜素子の機械的強度や振動や落下衝撃等の耐外部負荷特性のさらに向上した圧電体薄膜装置を実現できる。

【産業上の利用可能性】

【0146】

本発明に係る圧電体薄膜装置は、分極ベクトルの方向により、異なる位置状態を電圧が印加されなくなった状態でも保持できる位置決め装置、光スイッチ等の光学装置や静止画表示装置等に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0147】

【図1】本発明の実施の形態に係る圧電体薄膜装置の基本構成を示す斜視図

【図2】同圧電体薄膜装置の圧電体薄膜素子の分極と印加電圧の関係を示す特性図

【図3】同圧電体薄膜装置の圧電体薄膜の分極ベクトルの方向による格子定数の変化を示すX線回折パターンの模式図

【図4】(a)本発明の実施の形態1に係る圧電体薄膜装置で、片持ち梁構成を示す断面図 (b)同圧電体薄膜装置で、分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す断面図

【図5】同実施の形態に係る圧電体薄膜装置の圧電体薄膜の変位量と印加電圧の関係を説明する図

【図6】同実施の形態の圧電体薄膜の相対変位量と印加電圧の駆動時の関係を示す図

【図7】(a)本発明の実施の形態2に係るバイモルフ型の圧電体薄膜装置の断面図 (b)同圧電体薄膜装置で、分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す断面図 (c)同圧電体薄膜装置で、片方の圧電体薄膜素子の分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す断面図

【図8】(a)本発明の実施の形態3に係る圧電体薄膜装置で、両端固定構成を示す断面図 (b)同圧電体薄膜装置で、分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す断面図

【図9】(a)本発明の実施の形態3に係る圧電体薄膜装置で、両端支持構成を示す断面図 (b)同圧電体薄膜装置で、分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す断面図

【図10】(a)本発明の実施の形態3に係る圧電体薄膜装置で、バイモルフ型の両端固定構成を示す断面図 (b)同圧電体薄膜装置で、分極ベクトルの方向を反転させた時の変

位状態を示す断面図

【図11】(a)本発明の実施の形態4に係る圧電体薄膜装置で、円環形状構成を示す斜視図 (b)同圧電体薄膜装置で、分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す斜視図

【図12】(a)本発明の実施の形態4の変形例に係る圧電体薄膜装置で、トライアングル形状構成を示す平面図 (b)図12(a)のA-A線断面図 (c)同圧電体薄膜装置で、分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す平面図 (d)図12(c)のA-A線断面図

【図13】(a)本発明の実施の形態4の変形例に係る圧電体薄膜装置で、三角形状構成を示す斜視図 (b)同圧電体薄膜装置で、分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す斜視図 (c)同圧電体薄膜装置で、別の分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す斜視図

【図14】(a)本発明の実施の形態4の変形例に係る圧電体薄膜装置で、四角形状構成を示す斜視図 (b)同圧電体薄膜装置で、分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す斜視図 (c)同圧電体薄膜装置で、別の分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す斜視図

【図15】(a)本発明の実施の形態4の変形例に係る圧電体薄膜装置で、バイモルフ型のマイクログリッパー構成を示す断面図 (b)同圧電体薄膜装置で、分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す断面図

【図16】(a)本発明の実施の形態5に係る圧電体薄膜装置で、L字形状構成を示す斜視図 (b)同圧電体薄膜装置で、第1の素子部の分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す斜視図 (c)同圧電体薄膜装置で、第2の素子部の分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す斜視図 (d)同圧電体薄膜装置で、第1の素子部の分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す斜視図 (e)同図(a)~(d)の変位動作と変位状態を示す模式図

【図17】(a)本発明の実施の形態6に係る圧電体薄膜装置の断面図 (b)同圧電体薄膜装置で、分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す断面図

【図18】(a)本発明の実施の形態7に係るユニモルフ型の圧電体薄膜装置の断面図 (b)同圧電体薄膜装置で、分極ベクトルの方向を反転させた時の変位状態を示す断面図

【図19】従来の圧電体素子の変位量と駆動電圧の関係を示す特性図

【符号の説明】

【0148】

- 1, 21, 61, 101 第1電極
- 2, 22, 62, 71, 102 第2電極
- 3, 23, 33, 63, 103, 203 圧電体薄膜
- 4, 41, 42, 64 電源回路
- 6, 46, 66 制御回路
- 7, 8 固定部材
- 9 支持部材
- 10, 40, 60 圧電体薄膜素子
- 20 第1の構造体
- 30 第2の構造体
- 31, 201 第3電極
- 32, 74, 202 第4電極
- 65 端面部間の長さ
- 67 微小物体
- 70 第1の圧電体薄膜素子
- 72 残したMgO基板
- 73 第2の圧電体薄膜素子
- 75 自由端

10

20

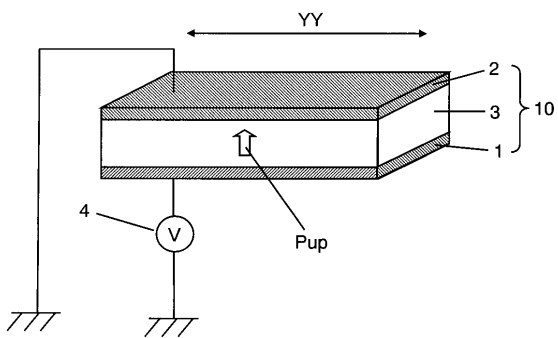
30

40

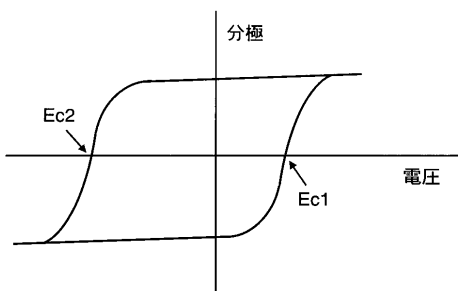
50

- 7 6 切り落とし端面
- 7 7 固定端
- 7 9 支持体
- 8 0 , 9 9 保持部
- 8 2 , 8 4 , 8 6 , 8 8 , 9 0 , 9 2 , 9 4 , 9 6 , 9 8 電極
- 1 0 0 第 1 の素子部
- 2 0 0 第 2 の素子部
- 3 0 0 M g O 基板

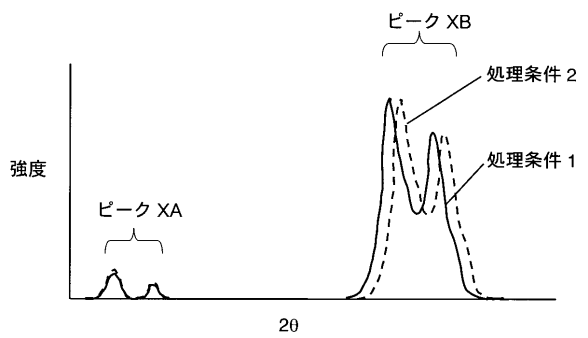
【 図 1 】



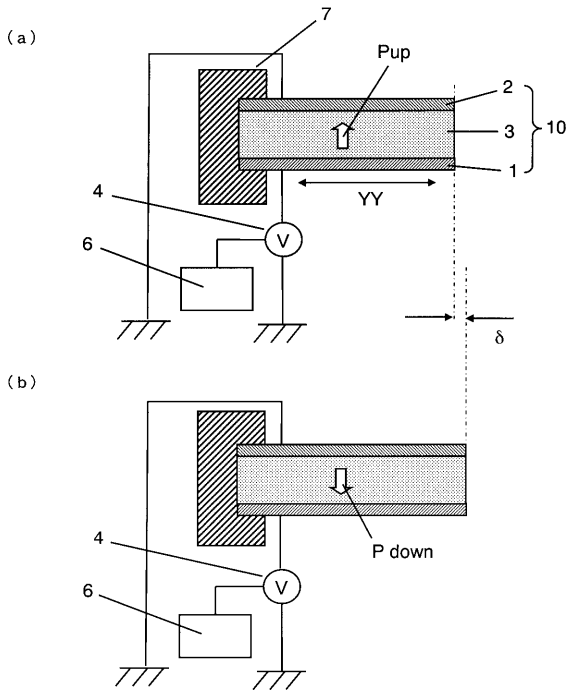
【 図 2 】



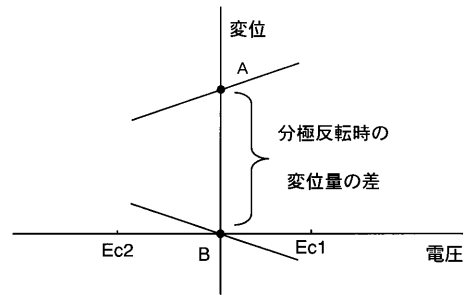
【 図 3 】



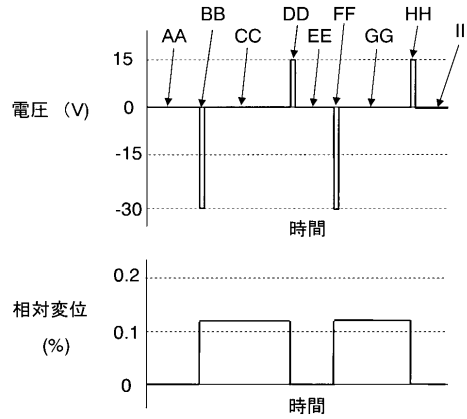
【 図 4 】



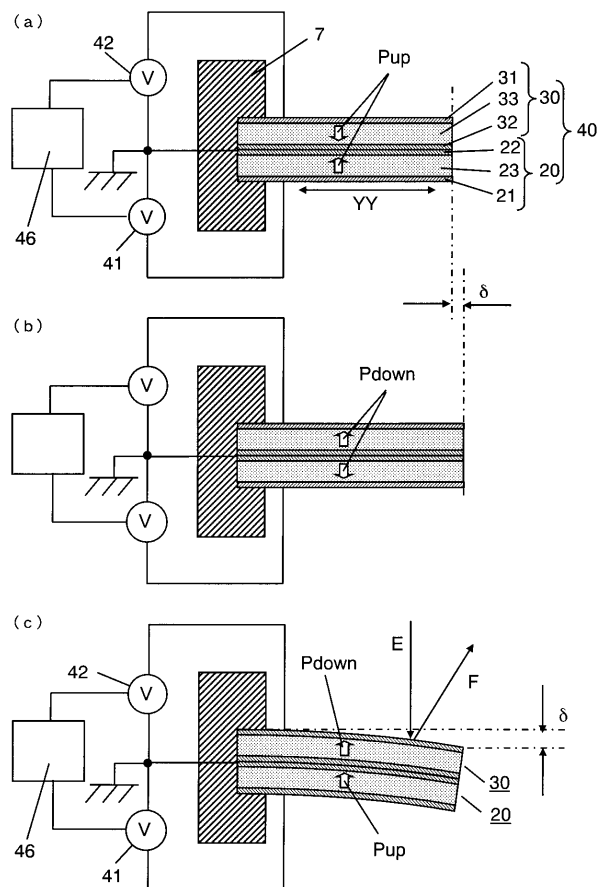
【 図 5 】



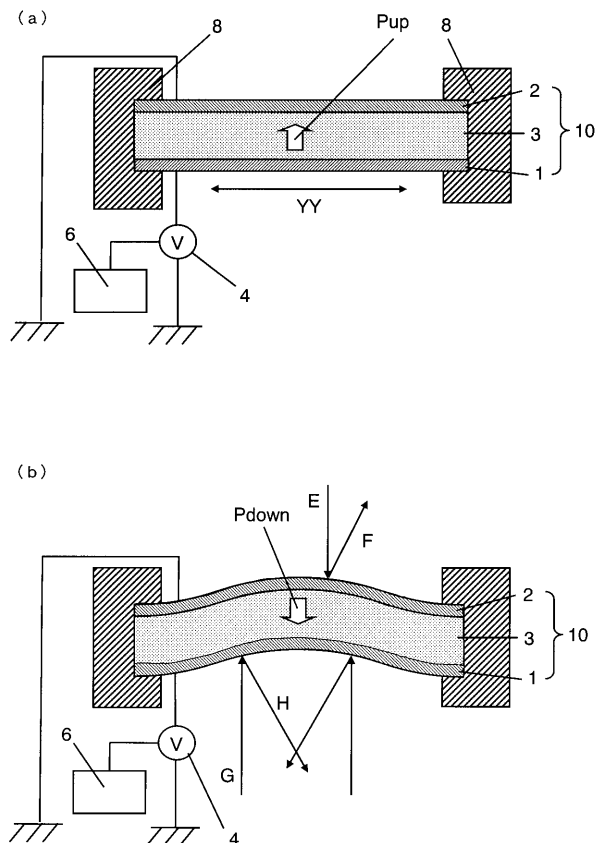
【 図 6 】



【 図 7 】

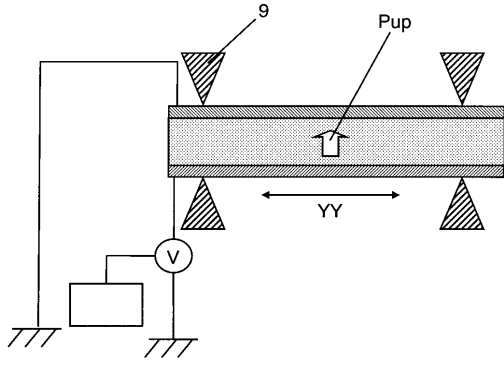


【 図 8 】

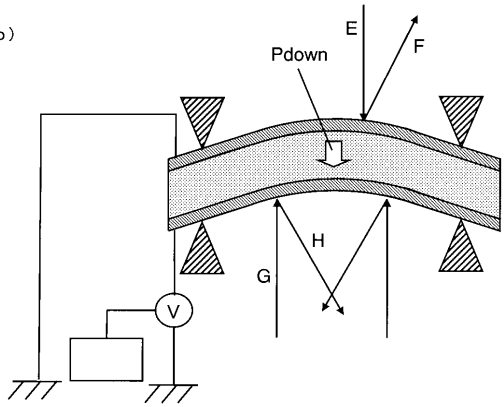


【 図 9 】

(a)

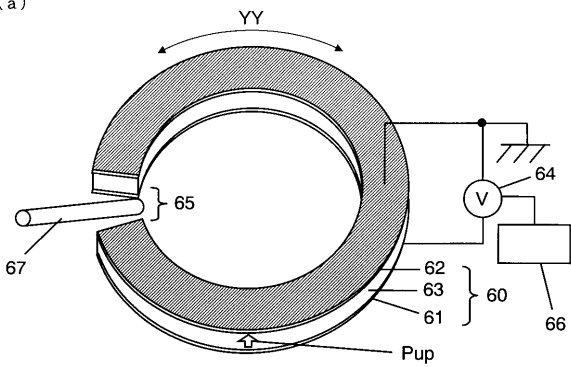


(b)

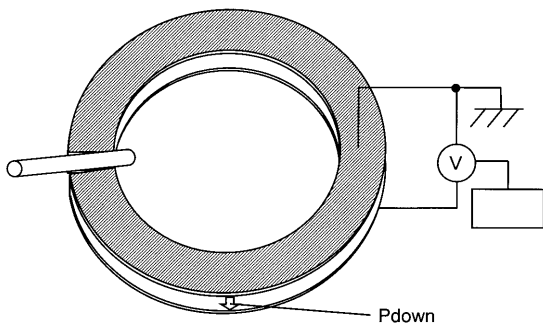


【 図 11 】

(a)

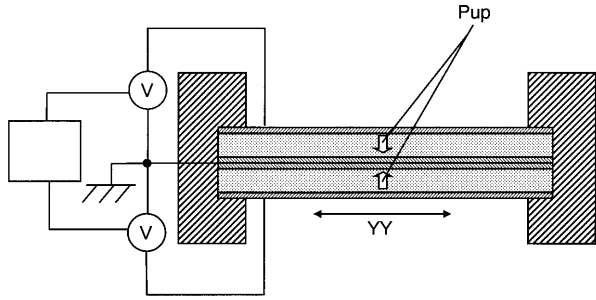


(b)

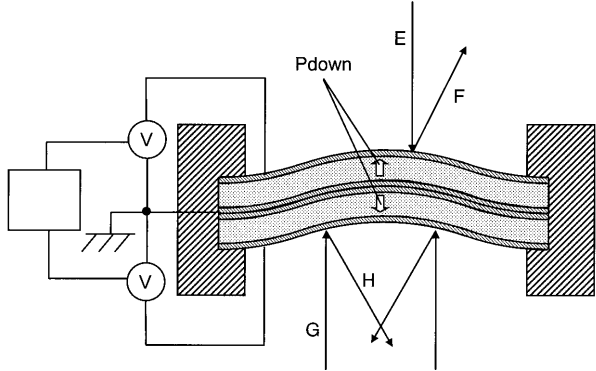


【 図 10 】

(a)

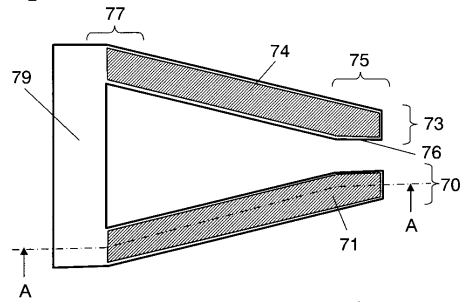


(b)

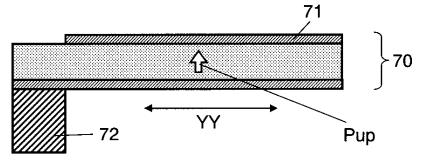


【 図 12 】

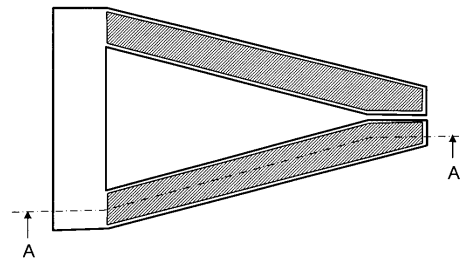
(a)



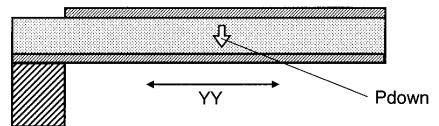
(b)



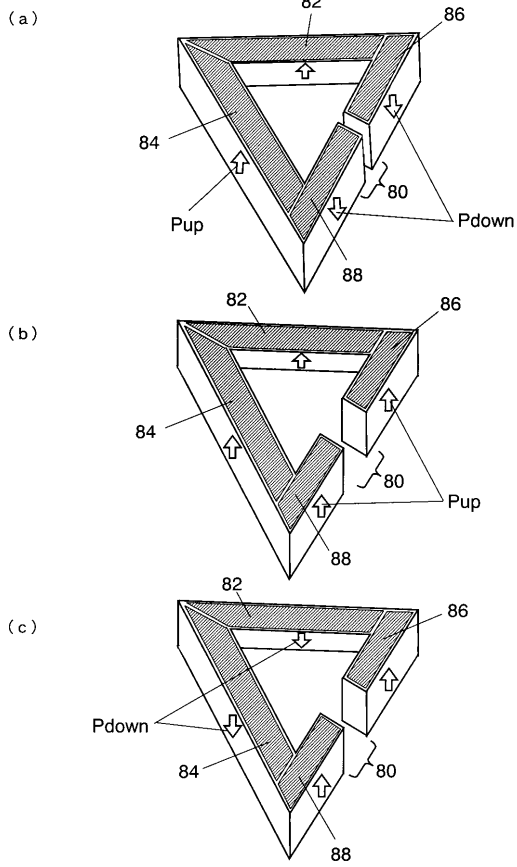
(c)



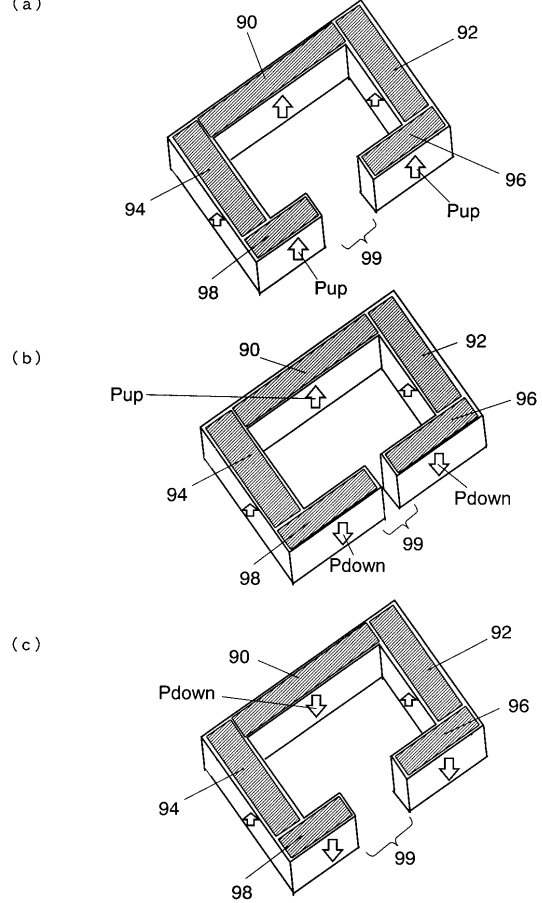
(d)



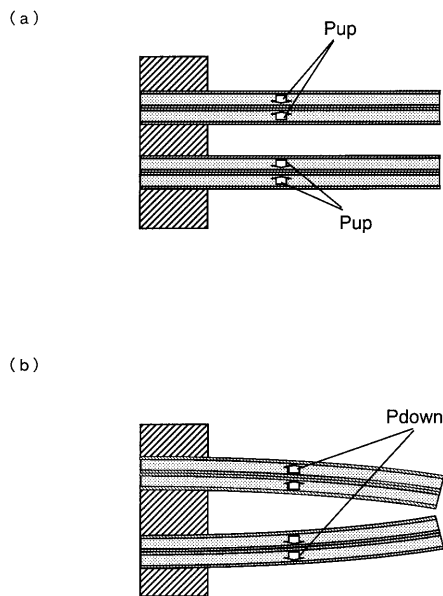
【 図 1 3 】



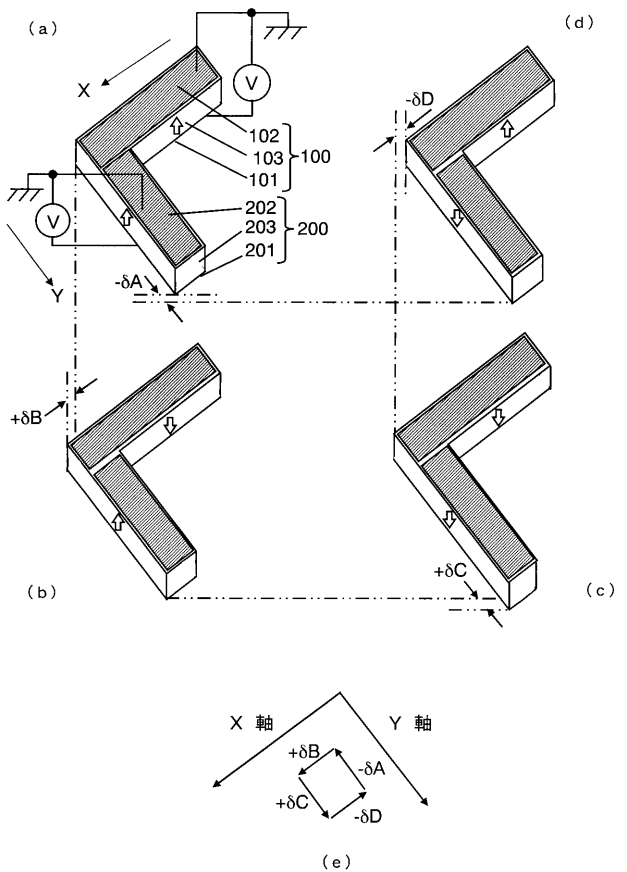
【 図 1 4 】



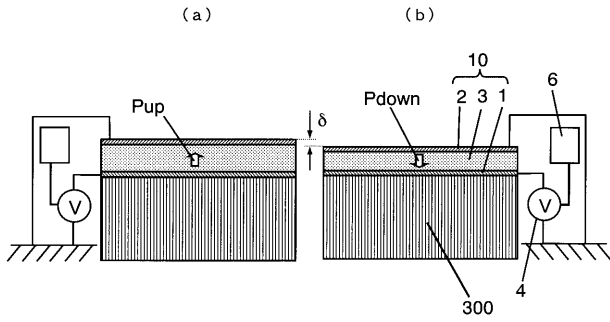
【 図 1 5 】



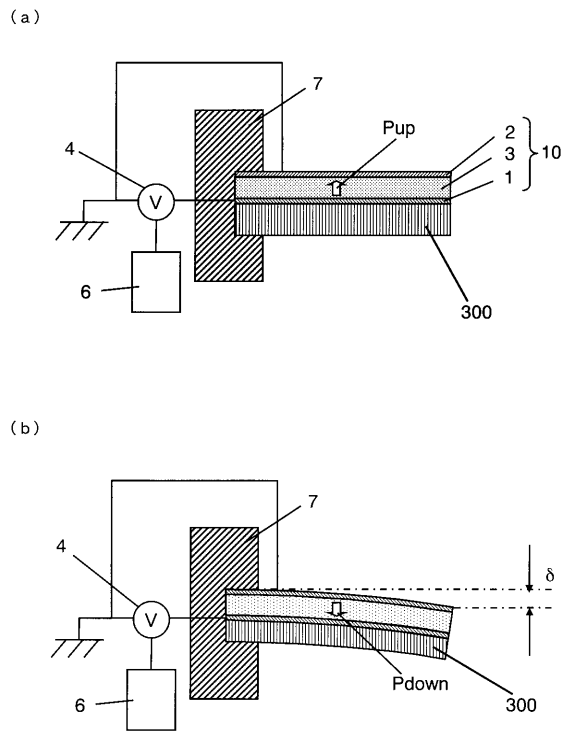
【 図 1 6 】



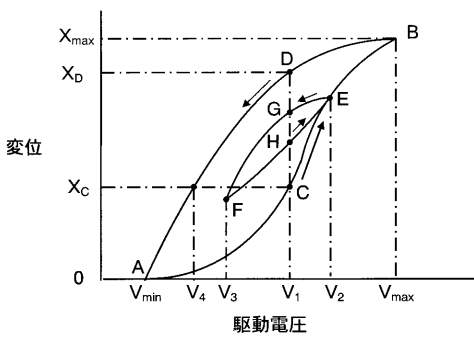
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
	H 0 1 L 41/08	K
	H 0 1 L 41/22	Z

(72)発明者 松永 利之

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

(72)発明者 東條 二三代

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内