

(19) 日本国特許庁(JP)

再 公 表 特 許(A1)

(11) 国際公開番号

W02011/036732

発行日 平成25年2月14日 (2013. 2. 14)

(43) 国際公開日 平成23年3月31日 (2011. 3. 31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03H 9/17 (2006.01)	H03H 9/17	E 5J079
H03H 9/02 (2006.01)	H03H 9/02	K 5J108
H03B 5/30 (2006.01)	H03B 5/30	F

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 22 頁)

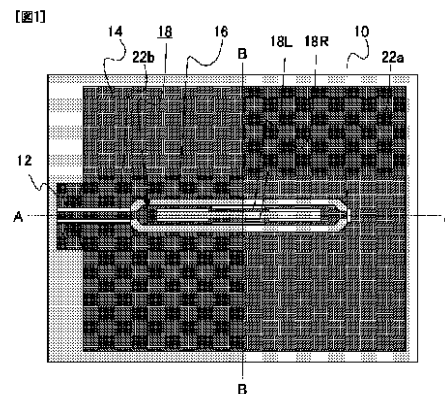
出願番号	特願2011-532813 (P2011-532813)	(71) 出願人	000003078
(21) 国際出願番号	PCT/JP2009/004920		株式会社東芝
(22) 国際出願日	平成21年9月28日 (2009. 9. 28)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(81) 指定国	AP (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW	(74) 代理人	100119035
			弁理士 池上 徹真
		(74) 代理人	100141036
			弁理士 須藤 章
		(74) 代理人	100088487
			弁理士 松山 允之
		(72) 発明者	川久保 隆
			神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 東芝リサーチコンサルティング株式会社内
		(72) 発明者	長野 利彦
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 共振器および発振器

(57) 【要約】

製造プロセスが容易で、超小型化が可能で、温度補償精度が高く、Q値の大きい、圧電膜を使用した温度補償型の共振器および発振器を提供する。基板と、基板上方に形成され、少なくとも下部電極、圧電膜、および上部電極で構成される平板状の積層体と、積層体を、基板上に固定するためのアンカー部と、積層体の内部の切り欠き部と、切り欠き部に形成され、両端を積層体に支持され、少なくとも下部電極、圧電膜、および上部電極で構成される音叉振動子と、積層体および音叉振動子へ外力の印加を抑制する外囲器と、を備えることを特徴とする共振器。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、
前記基板上方に形成され、少なくとも下部電極、圧電膜、および上部電極で構成される平板状の積層体と、
前記積層体を、前記基板上に固定するためのアンカー部と、
前記積層体の内部の切り欠き部と、
前記切り欠き部に形成され、両端を前記積層体に支持され、少なくとも下部電極、圧電膜、および上部電極で構成される音叉振動子と、
前記積層体および前記音叉振動子を非接触に内包し、前記積層体および前記音叉振動子への外力の印加を抑制する外囲器と、
を備えることを特徴とする共振器。

10

【請求項 2】

前記アンカー部が、前記積層体の一端に形成されることを特徴とする請求項 1 記載の共振器。

【請求項 3】

屈曲した支持部を備え、前記アンカー部が前記基板の複数の端部に形成され、前記アンカー部と前記積層体が前記支持部で接続されることを特徴とする請求項 1 記載の共振器。

【請求項 4】

前記積層体および前記音叉振動子が、下部電極、第 1 の圧電膜、中間電極、第 2 の圧電膜、および上部電極で構成されることを特徴とする請求項 1 記載の共振器。

20

【請求項 5】

前記圧電膜が、膜面に対し垂直方向に配向した AlN または ZnO であることを特徴とする請求項 1 記載の共振器。

【請求項 6】

前記音叉振動子の軸方向において、前記積層体の平均の熱膨張係数が、前記音叉振動子の平均の熱膨張係数よりも大きいことを特徴とする請求項 1 記載の共振器。

【請求項 7】

前記切り欠き部に形成され、両端を前記積層体に支持され、少なくとも下部電極、圧電膜、および上部電極で構成される第 1 の音叉振動子と、両端を前記積層体に支持され、少なくとも下部電極、圧電膜、および上部電極で構成される第 2 の音叉振動子とを備え、前記第 1 と第 2 の音叉振動子の共振周波数の温度特性が異なることを特徴とする請求項 1 記載の共振器。

30

【請求項 8】

請求項 1 記載の共振器と、
前記音叉振動子に接続される発振回路と、
前記共振器の温度をモニタする温度センサと、
前記温度センサによりモニタされた温度から前記積層体に印加する直流バイアス電圧を算出する温度補償回路と、
を備えることを特徴とする発振器。

40

【請求項 9】

請求項 1 記載の共振器と、
前記音叉振動子に接続される発振回路と、
前記共振器の温度をモニタする温度センサと、
前記温度センサによりモニタされた温度から前記音叉振動子に印加する直流バイアス電圧を算出する温度補償回路と、
を備えることを特徴とする発振器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、圧電膜を用いた共振器および発振器に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

電子機器の基準周波数発生用として、水晶振動子を使用した発振器が広く利用されている。水晶振動子は水晶の結晶から特定の角度で切り出し、特定のモードで共振させることにより、共振周波数の温度依存性を非常に小さくすることが可能である。代表的な例として、ATカットのTSモード（厚みすべりモード）共振子や、Xカットの2脚音叉振動子などが広く利用されている。

【 0 0 0 3 】

10

水晶振動子はこのような優れた温度特性を持つ反面、水晶結晶の育成にはオートクレーブと呼ばれる高温高压容器中で数ヶ月もかかりため高価であること、非常に高度で精密な加工が必要なこと、共振子を形成するには気密パッケージ内で機械的な実装工程を必要とすること、寸法の小型化にも機械加工のため限界があること、などの多くの欠点がある。

【 0 0 0 4 】

そこで、最近MEMS技術で作成したSi振動子が非常に多くの注目を集めている。Si共振子は半導体工程によりSi基板上に製作されるため、超小型化や低価格化が可能である。また共振子として単結晶Siや十分アニールされた多結晶Siを使用することにより、非常に安定な共振が可能であり、共振のQ値も高い。

【 0 0 0 5 】

20

しかしながら、水晶振動子と異なり、Si振動子は-30ppm/ 程度の共振周波数の温度依存性を持つ。主としてSiの弾性率の温度依存性に由来する。民生機器の使用温度範囲である-30 から85 では約0.3%程度の誤差となる。したがってほとんどの応用分野では何らかの温度補償を行わないと基準周波数発振器として使用することができない。

【 0 0 0 6 】

この問題に対して、Si共振回路の後段でデジタル処理により温度補償をする方法が提案されている（特許文献1）。すなわち、Si振動子を備える第1の共振回路とは別に、インダクタおよび可変キャパシタからなる第2の共振回路、温度センサ、およびPLL回路などを設けてある。Si振動子の共振周波数を基準にし、第2の共振回路の周波数を、温度によってあらかじめ設定された分周比にPLLで制御することによって温度補償を行っている。

30

【 0 0 0 7 】

この方法では比較的高い温度補償精度が得られるが、出力は第2の共振回路から得ており、第2の共振回路はインダクタと可変容量キャパシタからなるLCタンク回路で構成されているため、Q値が小さく、位相ノイズが多いという欠点がある。したがって、携帯電話などの発振の安定度が特に必要とされる分野には適用できないのが現状である。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

40

【 特許文献1 】 米国特許 6 9 9 5 6 2 2 号明細書

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

従来の水晶発振器は小型化、低価格化が難しいという問題点がある。また、これに代わるべく開発されたSi発振器は位相ノイズが多く高度な発振特性の要求される分野には向かないという問題点がある。

【 0 0 1 0 】

本発明は、上記事情を考慮してなされたものであり、製造プロセスが容易で、超小型化が可能で、温度補償精度が高く、Q値の大きい、圧電膜を使用した温度補償型の共振器お

50

よび発振器を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一態様の共振器は、基板と、前記基板上方に形成され、少なくとも下部電極、圧電膜、および上部電極で構成される平板状の積層体と、前記積層体を、前記基板上に固定するためのアンカー部と、前記積層体の内部の切り欠き部に形成され、両端を前記積層体に支持され、少なくとも下部電極、圧電膜、および上部電極で構成される音叉振動子と、前記積層体および前記音叉振動子を非接触に内包し、前記積層体および前記音叉振動子への外力の印加を抑制する外囲器と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

10

【0012】

本発明によれば、製造プロセスが容易で、超小型化が可能で、温度補償精度が高く、Q値の大きい、圧電膜を使用した温度補償型の共振器および発振器を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1の実施の形態の共振器の上面図である。

【図2】図1の共振器のA-A側断面図である。

【図3】図1の共振器のB-B側断面図である。

【図4】第1の実施の形態の振動脚の鳥瞰図である。

20

【図5】第1の実施の形態の共振器において、バイアス電圧を印加したときの周波数変化率を示す説明図である。

【図6】第1の実施の形態の共振器を用いた発振器のブロック図である。

【図7】第1の実施の形態の共振器を用いた別の発振器のブロック図である。

【図8】第1の実施の形態の共振器において、音叉振動子の電極被覆率の影響を示す説明図である。

【図9】第1の実施の形態の共振器の製造方法を示す工程順模式断面である。

【図10】第2の実施の形態の共振器の上面図である。

【図11】図9の共振器のB-B側断面図である。

【図12】第2の実施の形態の振動脚の鳥瞰図である。

30

【図13】第2の実施の形態の振動脚の鳥瞰図である。

【図14】第3の実施の形態の共振器の上面図である。

【図15】第3の実施の形態の振動脚の鳥瞰図である。

【図16】第3の実施の形態の振動脚の鳥瞰図である。

【図17】第3の実施の形態の共振器を用いた発振器のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施の形態の共振器について、図面を参照しつつ説明する。なお、本明細書中、共振器とは、音叉振動子と積層体を主要な構成とする部分をさし、発振器とは、共振器に電気回路等を接続することで実際に基準周波数等を発生する装置をさすものとする。

40

【0015】

(第1の実施の形態)

本実施の形態の共振器は、基板と、基板上方に形成され、少なくとも下部電極、圧電膜、および上部電極で構成される積層構造を有する平板状の積層体と、この積層体を、基板上に固定するためのアンカー部と、積層体の内部の切り欠き部と、切り欠き部に形成され、両端を積層体に支持され、少なくとも下部電極、圧電膜、および上部電極で構成される積層構造を有する音叉振動子と、積層体および音叉振動子を非接触に内包し、積層体および音叉振動子への外力の印加を抑制する外囲器を備える。

【0016】

50

本実施の形態の共振器は、上記構成を有する共振器である。そして、この共振器において、一端を基板に固定された積層体内部の切り欠き部に音叉振動子が形成されることにより、積層体や音叉振動子を構成する圧電膜に生ずる製造時のそりや残留応力の影響をキャンセルすることが可能になる。また外力によって生じる基板の変形の影響も回避することが可能になる。

【0017】

また、積層体部分と、音叉振動子部分における圧電膜と電極の割合を変化させることにより、熱膨張歪が発生し、この熱膨張歪により音叉振動子に長手方向の軸歪を与え、共振周波数を変化させることができる。

【0018】

また、積層体の電極間にバイアス電圧を印加して電歪を発生させ、この電歪により音叉振動子に長手方向の軸歪を与え、共振周波数を変化させることができる。これらの熱膨張歪や電歪による音叉振動子の周波数変化により、音叉振動子が本来持っている共振周波数の温度依存性をキャンセルすることができる。

【0019】

図1は、本実施の形態の共振器の上面図である。図2は、図1の共振器のA-A側断面図である。図3は、図1の共振器のB-B側断面図である。

【0020】

この共振器は、基板10、基板10の端部に固定されたアンカー部12、アンカー部12に一端が接続され、下部電極14a、圧電膜14b、上部電極14cからなる積層体14を有する。積層体14の内部の切り欠き部16には下部電極18a、圧電膜18b、上部電極18cからなる音叉振動子18が形成されている。また、音叉振動子18は2本の振動脚18Lおよび18Rを有している。音叉振動子18の両端は積層体14に接続されている。このように、積層体14および音叉振動子18は、基板10上方に形成され、それぞれが平板状を呈している。

【0021】

さらに、積層体14および音叉振動子18を非接触に内包することで、積層体14および音叉振動子18への外力の印加を抑制する外囲器20または筐体を備える。

【0022】

もし基板10に外力が加わって変形を生じた場合、積層体14は1箇所のアンカー部12でのみ基板10に支持されており、さらに音叉振動子18は積層体14にのみ接続されているので、基板10に生じた変形は積層体12や音叉振動子18には伝わらず、音叉振動子18の共振周波数に影響を及ぼさないという利点がある。

【0023】

すなわち、基板10に印加される外力による変形をアンカー部12が吸収し、積層体12や音叉振動子18に伝えない構成となっている。

【0024】

さらに、外囲器20により、積層体12や音叉振動子18に外力が直接加わらないよう構成されている。したがって、外力が、積層体12や音叉振動子18には伝わらず、音叉振動子18の共振周波数に影響を及ぼさないという利点がある。

【0025】

また、圧電膜14b、18bや、電極14a、14c、18a、18cの成膜時には、残留応力が不可避である。しかし、各膜に残留応力が生じた場合、積層体14と音叉振動子18が一体となって変形し、トータルの軸応力が0になるように応力緩和が生じる。したがって、音叉振動子18に軸方向の応力は加わらず、残留応力が共振周波数に影響を及ぼさないという構造上の利点がある。

【0026】

図4は、音叉振動子が有する振動脚のうちの1本である18Lの鳥瞰図である。振動脚18Lは、下面から、下部電極18a、圧電膜18b、および上部電極18cがこの順に積層されて構成される積層構造を備えている。圧電膜18bは膜厚方向に分極を持つ。こ

10

20

30

40

50

ここで、例えば、電極 18 a、18 c は厚さが 100 nm の Al、圧電膜 18 b は厚さが 1 μm の AlN で形成される。

【0027】

また、振動脚 18 L は、第 1 の部分 18 L'、第 2 の部分 18 L''、および第 3 の部分 18 L''' に分割されている。各部分では、電極 18 a および 18 c が左半面ないしは右半面のみに形成されている。

【0028】

図 4 (a) に示すように、上部電極 18 c に正極、下部電極 18 a に負極の電圧が印加された場合、下部電極 18 a と上部電極 18 c に挟まれた圧電膜 18 b の部分は電歪により伸張する。したがって、図中 1 点鎖線で示すように、振動脚 18 L の中央部 18 L' は面内で右側に屈曲して張り出す。図 4 (b) に示すように、上部電極 18 c に負極、下部電極 18 a に正極の電圧が印加された場合、図中 1 点鎖線で示すように、振動脚 18 L の中央部 18 L' は面内で左側に屈曲して張り出す。

【0029】

したがって、音叉振動子 18 の共振周波数に一致する交番電圧が加わった場合、振動脚 18 L は左右に屈曲して共振を生じる。

【0030】

また、図 1 に示したように、音叉振動子 18 は線対称に構成された 2 本の振動脚 18 L および 18 R を有する。そして、2 本の振動脚 18 L と 18 R は、上部電極 18 c と下部電極 18 a に共振周波数に相当する交番電圧が加わった場合、面内でお互いに逆位相で屈曲変形する。したがって、運動量が相殺され、また振動脚の接続部から少し離れたアンカ一部では変形もほとんど 0 になるため、非常に高い Q 値を持つ共振が得られる。

【0031】

このような音叉振動子の共振周波数 f_r は [1] 式で表される。ただし電極の効果は省略している。

【数 1】

$$f_r = 1.02 \frac{h}{l^2} \left(\frac{E}{\rho} \right)^{1/2} \left(1 + 0.24 \left(\frac{l}{h} \right)^2 \varepsilon \right)^{1/2} \quad [1]$$

ここで、h: 振動脚の幅、l: 振動脚の梁長、E: 圧電膜の弾性率、ρ: 圧電膜の比重、ε: 歪 (後述する)、である。

【0032】

もっとも、共振周波数は、振動脚の幅の 1 乗、長さの - 2 乗に比例する。[1] 式中で圧電膜の弾性率 E は比較的大きな負の温度依存性を持つことから、圧電膜が AlN の場合、共振周波数 f_r は約 - 25 ppm / °C の温度依存性を持つ。動作温度を - 20 ~ 85 とすると、約 0.26 % 程度の温度ドリフトが生じる。

【0033】

したがって、正確な発振周波数を要求される基準発振器にこの音叉振動子を用いる場合は、何らかの方法でこの温度依存性を補償する必要がある。そして、このような音叉共振子は、音叉共振子に加わる軸方向の歪 ε により、共振周波数が変化するという性質を持つ。

【0034】

次に、積層体 14 に直流のバイアス電圧を加えたときの挙動を説明する。積層体 14 の上部電極 14 c は、隔離部 22 a および 22 b (図 1 参照) により音叉振動子 18 の上部電極 18 c と絶縁されている。同様に、積層体 14 の下部電極 14 a は、隔離部 22 c および 22 d により音叉振動子 18 の下部電極 18 a と絶縁されている。したがって、積層体 14 の電極にのみ独立してバイアス電圧を印加することができるよう構成されている。

【 0 0 3 5 】

積層体 1 4 の上部電極 1 4 c と下部電極 1 4 a の間にバイアス電圧を印加した場合、圧電膜 1 4 b は厚さ方向に圧電定数 d_{33} に比例する電歪が、面内方向には圧電定数 d_{31} に比例する電歪が生じる

【 0 0 3 6 】

したがって積層体 1 4 は、面内に均等に電歪が生じるが、音叉振動子 1 8 は幅方向には拘束されておらず、長さ方向にのみ積層体 1 4 に生じた電歪の影響を受ける。音叉振動子 1 8 の幅は積層体 1 4 の幅よりもかなり小さく設計されているので、積層体 1 4 に生じた電歪がほぼそのまま音叉振動子 1 8 の長さ方向に印加される。

【 0 0 3 7 】

長さ方向の歪 ε を受けたときの対向音叉型の音叉振動子 1 8 の共振周波数 f_r は、既に [1] 式に示している。振動脚の長さが長く、幅が狭いほど歪に関する感度が大きくなる。

10

【 0 0 3 8 】

図 5 は、圧電膜を窒化アルミニウム (A l N) とした場合の、積層体 1 4 にバイアス電圧を印加したときの音叉振動子 1 8 の共振周波数の変化率の計算結果を示す図である。圧電膜の厚さは $1 \mu m$ とした。例えば、積層体に 3 V のバイアス電圧を印加し、振動脚の梁長 $200 \mu m$ 、幅 $2 \mu m$ の場合は、共振周波数が約 1 % 変化することになる。

【 0 0 3 9 】

前述したように、A l N を使用した音叉振動子の場合、弾性率の温度依存性に由来して、共振周波数に約 0 . 2 6 % の温度ドリフトが生じる。しかし、何らかの温度測定手段を用い、上記の積層体 1 4 に温度補償用のバイアス電圧を印加すれば、1 V 程度の低電圧で共振周波数の温度ドリフト分をキャンセルすることが可能になる。

20

【 0 0 4 0 】

図 6 は、本実施の形態の共振器をもちいた発振器のブロック図である。この発振器は、上記共振器と、音叉振動子に接続される発振回路と、共振器の温度をモニタする温度センサと、温度センサによりモニタされた温度から音叉振動子に印加する直流バイアス電圧を算出する温度補償回路とを備える。

【 0 0 4 1 】

図に示すように、音叉振動子 1 8 には発振回路 2 4 が接続されている。発振回路 2 4 として、既知のコルピッツ回路などを使用することができる。温度センサ 2 6 の出力は、A / D 変換器 2 8 を介してデジタル補償回路 3 0 に入力される。温度センサ 2 6 としては種々のものが使用できるが、例えばバイポーラトランジスタに一定電流を流したときのベース - エミッタ間の電圧 V_{BE} を測定することで得られる。

30

【 0 0 4 2 】

デジタル補償回路 3 0 において、あらかじめ記憶回路 3 2 に記憶された定数を使用して測定された温度から直流のバイアス電圧が算出される。そして、D / A 変換器 3 4 を通して、この直流のバイアス電圧が積層体 1 4 の上部電極 1 4 c および下部電極 1 4 a に印加される。このようにして音叉振動子 1 8 の共振周波数が温度補償され、出力される。

【 0 0 4 3 】

積層体 1 4 に直流のバイアス電圧を印加することで、音叉振動子 1 8 の共振周波数の温度依存性を補償する方法について説明したが、音叉振動子 1 8 の下部電極 1 8 a と上部電極 1 8 c の間にバイアス電圧を印加する方法によっても、全く同じ効果を得ることが可能である。

40

【 0 0 4 4 】

すなわち、積層体 1 4 に正のバイアス電圧を印加することで積層体 1 4 に正の電歪が生じる。そして、この電歪により音叉振動子 1 8 に引張り歪が印加され、音叉振動子 1 8 の共振周波数が上昇し、共振周波数の温度依存性をキャンセルすることができた。

【 0 0 4 5 】

同様に、音叉振動子 1 8 に負のバイアス電圧を印加することで音叉振動子 1 8 に負の電

50

歪が生じる。そして、この電歪により音叉振動子 18 に引張り歪が印加され、音叉振動子 18 の共振周波数が上昇し、共振周波数の温度依存性をキャンセルすることができる。

【0046】

図 7 は、音叉振動子 18 に直流のバイアス電圧を印加する場合の発振器のブロック図である。この発振器は、上述の共振器と、音叉振動子に接続される発振回路と、共振器の温度をモニタする温度センサと、温度センサによりモニタされた温度から音叉振動子に印加する直流バイアス電圧を算出する温度補償回路とを備える。

【0047】

音叉振動子 18 には発振回路 24 およびバイアス電圧印加回路（図示せず）が接続されている。直流のバイアス電圧が発振回路 24 に加わらないようにするため、発振回路 24 と音叉振動子 18 の間に、共振周波数に対しては十分低いインピーダンスを持つコンデンサ 35 を挿入し、直流成分を遮断することができる。

【0048】

次に、音叉振動子の電極被覆率が共振周波数に及ぼす影響について検討する。図 1 に示したように、積層体 14 はほぼ全面が下部電極 14a および上部電極 14c で覆われている。これに対して、音叉振動子 18 は、図 4 に示したように、部分的にしか下部電極 18a および上部電極 18c により覆われていない。

【0049】

すなわち、音叉振動子における圧電膜の面積に対する下部電極および上部電極の面積の比が、積層体における圧電膜の面積に対する下部電極および上部電極の面積の比よりも小さい。

【0050】

圧電膜 14b および 18b と、電極 14a、14c、18a、および 18c とは熱膨張係数が異なる。このため、温度変動に伴い音叉振動子 18 と積層体 14 の間に熱膨張歪が発生する。熱膨張歪 ε_{tx} は [2] 式で計算される。

【数 2】

$$\varepsilon_{tx} = (c_{ps} - c_{rs}) \Delta T (\alpha_{el} - \alpha_{pz}) \frac{2E_{el}t_{el}}{2E_{el}t_{el} + E_{pz}t_{pz}} \quad [2]$$

ここで、 c_{ps} ：積層体の電極被覆率、 c_{rs} ：音叉振動子の電極被覆率、 ΔT ：温度変動、 α_{el} ：電極の熱膨張係数、 α_{pz} ：圧電膜の熱膨張係数、 E_{el} ：電極の縦弾性率、 E_{pz} ：圧電膜の縦弾性率、 t_{el} ：電極の厚さ、 t_{pz} ：圧電膜の厚さである。

【0051】

図 8 は、上下の電極としてそれぞれ 0.1 μm の厚さの Al、圧電膜として 1 μm の厚さの AlN を使用し、積層体 14 の電極被覆率を 100%、音叉振動子 18 の電極被覆率を 50% としたときの、音叉振動子の温度変化に対する周波数変化率を示す図である。例えば、振動脚の梁長 100 μm で梁幅 4 μm の場合、温度に対する周波数変化率は約 25 ppm/°C になる。前述したように、音叉振動子の弾性率の温度依存性に由来する共振周波数の温度変化率は約 -25 ppm/°C 程度であるので、熱膨張率の差に由来する温度変化率によりほぼ相殺できる。したがって、温度補償されたほぼ一定の共振周波数を持つ音叉振動子の実現できる。

【0052】

積層体 14 の電極被覆率を、音叉振動子 18 の電極被覆率より大きくすることで、音叉振動子 18 の共振周波数の温度依存性を補償する方法について説明した。もっとも、積層体 14 の電極厚さを、音叉振動子 18 の電極厚さより大きくすること、あるいは積層体 14 の圧電膜 14b よりも熱膨張係数の大きな第 3 の膜で積層体 14 の一部を被覆するなどの方法でも、全く同じ効果を得ることが可能である。

【0053】

すなわち、積層体 14 の電極被覆率を、音叉振動子 18 の電極被覆率より大きくするこ

10

20

30

40

50

とで、積層体 14 の平均の熱膨張係数を音叉振動子 18 の平均の熱膨張係数よりも増大させ、温度上昇に伴い音叉振動子 18 に引張り歪が印加され、音叉振動子 18 の共振周波数が上昇する現象により温度依存性をキャンセルすることができた。

【0054】

同様に、積層体 14 の電極厚さを音叉振動子 18 の電極厚さより大きくすることにより、音叉振動子の軸方向において、積層体 14 の平均の熱膨張係数を音叉振動子 18 の平均の熱膨張係数よりも増大させることができる。この構造により、温度上昇に伴い音叉振動子 18 に引張り歪が印加され、音叉振動子 18 の共振周波数が上昇し、音叉振動子 18 の共振周波数の温度依存性をキャンセルすることができる。

【0055】

例えば、積層体 14 および音叉振動子 18 の電極を同時に形成後、既知のリソグラフィーおよびエッチングするプロセスにより、音叉振動子の電極のみをエッチバックして、積層体 14 の電極厚さを音叉振動子 18 の電極厚さより大きくすることが可能になる。

【0056】

同様に、積層体 14 の圧電膜 14b よりも熱膨張係数の大きな第 3 の膜で積層体 14 の一部を被覆することで、音叉振動子の軸方向において、積層体 14 の平均の熱膨張係数を音叉振動子 18 の平均の熱膨張係数よりも増大させることができる。この構造により、温度上昇に伴い音叉振動子 18 に引張り応力が印加され、音叉振動子 18 の共振周波数が上昇し、音叉振動子 18 の共振周波数の温度依存性をキャンセルすることができる。

【0057】

例えば、圧電膜 14b として AlN を使用した場合、AlN よりも熱膨張係数が大きな物質、例えば Ti, Ni, Cr, Zn などの金属材料を第 3 の膜として使用することができる。

【0058】

要するに、音叉振動子 18 の軸方向でみて、何らかの手段により積層体 14 の平均の熱膨張係数を音叉振動子 18 の平均の熱膨張係数よりも増大させることにより、音叉振動子 18 に引張り歪を印加し、音叉振動子 18 の共振周波数が上昇する現象が生じる。このため、音叉振動子 18 の共振周波数の温度依存性をキャンセルすることができる。

【0059】

なお厳密に言うと、電極や圧電膜の熱膨張率は線型ではなく、また圧電膜の弾性率の温度依存性も線型ではない。したがって、上述した熱膨張歪による温度補償効果には限界がある。さらに厳密な温度補償を行う場合は、上述した熱膨張歪による温度補償と、積層体にバイアス電圧を加えることによる温度補償作用を重畳することが可能であることは、いうまでもない。

【0060】

本実施の形態の共振器は既存のプロセスを用いて製造可能である。図 9 は、本実施の形態の共振器の製造方法を示す工程順模式断面である。ここでは、図 1 の A - A 断面を示している。

【0061】

まず、図 9 (a) に示すように、基板 10 の表面にアンカー部 12 を形成する。アンカー部 12 として Si プロセスで多用されるシリコン酸化膜やシリコン窒化膜などを使用することができる。

【0062】

次に、図 9 (b) に示すように、犠牲層 36 を形成する。犠牲層 36 としては、他の膜材料に対して選択エッチングが可能な、無機材料、金属材料、有機材料を使用することが可能であるが、ここでは非晶質シリコンを使用する場合を例に説明する。犠牲層 36 を形成した後、CMP (化学的機械的研磨) 法などを使用してアンカー部 12 の表面を露出させる。

【0063】

次に、図 9 (c) に示すように、アンカー部 12 および犠牲層 36 の上に、下部電極を

10

20

30

40

50

形成する。下部電極として、例えば厚さ100nmのAlを使用し、スパッタにより作製する。公知のリソグラフィーおよびエッチング法を使用してパターンニングを行い、音叉振動子の下部電極18aおよび積層体の下部電極14aを形成する。

【0064】

次に、図9(d)に示すように、圧電膜を形成する。圧電膜として、例えば厚さ1μmのAlNを使用し、スパッタにより作製する。公知のリソグラフィーおよびエッチング法を使用してパターンニングを行い、積層体の圧電膜14bおよび音叉振動子の圧電膜18bを形成する。

【0065】

次に、図9(e)に示すように、上部電極を形成する。上部電極として、例えば厚さ100nmのAlを使用し、スパッタにより作製する。公知のリソグラフィーおよびエッチング法を使用してパターンニングを行い、音叉振動子の上部電極18cおよび積層体の上部電極14cを形成する。

10

【0066】

次に、図9(f)に示すように、犠牲層36を、例えば、XeF₂をエッチングガスとして使用した選択エッチングにより除去する。その後、例えば、樹脂または金属の外囲器20を形成する。以上の、プロセスにより本実施の形態の共振器は製造可能である。

【0067】

なお、本実施の形態では、圧電膜としてc軸に配向したAlNを使用したが、それ以外の圧電膜、例えばc軸に配向したZnO、あるいは強誘電体であるPZT(チタン酸ジルコン酸鉛)、BTO(チタン酸バリウム)などを使用しても良い。

20

【0068】

なお、本実施例では、電極としてAlを使用したが、それ以外のW、Mo、Ta、Nb、Au、Pt、Ruなどの金属や、TiN、RuO₃などの導電性の化合物を使用しても良い。

【0069】

(第2の実施の形態)

本実施の形態の共振器は、第1の実施の形態では積層体および音叉振動子が下部電極、圧電膜、上部電極の3層構造であるのに対し、下部電極、下部圧電膜、中間電極、上部圧電膜、上部電極の5層構造を持つこと、第1の実施の形態では音叉振動子が面内方向に屈曲する2脚音叉振動子であるのに対し、面と垂直方向に屈曲する3脚音叉振動子であること、さらに積層体の支持方法として、第1の実施の形態では積層体の一端にアンカー部を形成しているのに対し、積層体の両側に屈曲した支持部を設けていることに違いがある。もっとも、基本的な構造や役割は、第1の実施の形態とほぼ同様であるため、第1の実施の形態と重複する内容については記載を省略する。

30

【0070】

図10は、本実施の形態の共振器の上面図である。図11は、図1の共振器のB-B断面図である。この共振器は、基板10、基板10の両端部に固定された複数、ここでは4個のアンカー部12および12'、アンカー部12および12'に一端が接続され、他端が積層体14に接続された4本の屈曲した支持部である接続梁42および42'、および積層体14を有する。すなわち、アンカー部12および12'と積層体14が接続梁42および42'で接続されている。積層体14の内部の切り欠き部16には音叉振動子18が形成され、音叉振動子18の両端は積層体14に接続されている。

40

【0071】

さらに、積層体14および音叉振動子18を非接触に内包し、積層体14および音叉振動子18への外力の印加を抑制する外囲器20を備える。

【0072】

このように、積層体14および音叉振動子18は、基板10上方に形成され、それぞれが平板状を呈している。積層体14は下部電極14a、下部圧電膜14b、中間電極14d、上部圧電膜14e、および上部電極14cからなり、同様に音叉振動子18は、下部

50

電極 18 a、下部圧電膜 18 b、中間電極 18 d、上部圧電膜 18 e、および上部電 18 c からなる。音叉振動子 18 は 3 本の振動脚 18 L、18 C、および 18 R を持つ。

【0073】

音叉振動子 18 の各電極 18 a、18 d、18 e は、2 本の接続梁 42 によってアンカー部 12 に電氣的に接続されている。一方、積層体の各電極 14 a、14 d、14 e は 2 本の接続梁 42' によってアンカー部 12' に電氣的に接続されている。

【0074】

もし基板 10 に外力が加わって変形を生じた場合、積層体 14 は 4 本の屈曲した支持部 42 ないし 42' で基板 10 に接続されており、さらに音叉振動子 18 は積層体 14 へのみ接続されているので、基板 10 に生じた変形は、屈曲した支持部 42 ないし 42' の変形により吸収され、積層体 14 や音叉振動子 18 には伝わらず、音叉振動子の共振周波数に影響を及ぼさないという利点がある。

【0075】

さらに、外囲器 20 により、積層体 12 や音叉振動子 18 に外力が加わらないよう構成されている。したがって、外力が、積層体 12 や音叉振動子 18 には伝わらず、音叉振動子 18 の共振周波数に影響を及ぼさないという利点がある。

【0076】

また、圧電膜 14 b、18 b や、電極 14 a、14 c、18 a、18 c の成膜時には残留応力が不可避であるが、各膜に残留応力が生じた場合、積層体 14 と音叉振動子 18 が一体となって変形し、トータルの軸応力が 0 になるように応力緩和が生じるので、音叉振動子 18 に軸応力は加わらず、残留応力が共振周波数に影響を及ぼさないという利点がある。

【0077】

図 12 は、音叉振動子 18 が有する振動脚の 1 本の 4 L の鳥瞰図である。振動脚 4 L は、下面から、下部電極 18 a、下部圧電膜 18 b、中間電極 18 d、上部圧電膜 18 e、および上部電極 18 c がこの順に積層されて構成される、いわゆる圧電バイモルフ構造を有している。上下の圧電膜 18 b ないし 18 e は膜厚方向に分極を持つ。ここで、例えば、電極 18 a、18 d、18 c は厚さが 100 nm の A1、上下の圧電膜 18 b、18 e は厚さが 1 μm の A1N で形成される。

【0078】

また、振動脚 18 L は、第 1 の部分 18 L'、第 2 の部分 18 L''、および第 3 の部分 18 L''' に分割されている。第 1 および第 3 の部分 18 L' および 18 L''' では、電極 18 a、18 d、18 c と圧電膜 18 b、18 e をすべて備えているが、第 2 の部分 18 L'' では、電極 18 d と圧電膜 18 b、18 e のみ備えている。

【0079】

図 12 に示すように、上部電極 18 c および下部電極 18 a に正極、中間電極 18 d に負極の電圧が印加された場合、上部電極 18 c と中間電極 18 d に挟まれた上部圧電膜 18 e は電歪により伸張し、下部電極 18 a と中間電極 18 d に挟まれた下部圧電膜 18 b は電歪により収縮する。したがって、図中 1 点鎖線で示すように、バイモルフ圧電 18 L の中央部 18 L'' は膜面の垂直下方に屈曲する。

【0080】

各電極に逆極性の電圧が印加された場合は、圧電梁 18 L の中央部 18 L'' は膜面の垂直上方に屈曲する。したがって、振動脚 18 L の共振周波数に一致する交番電圧が加わった場合、上下に屈曲して共振を生じる。

【0081】

図 13 は、音叉振動子 18 が有する中央の振動脚 18 C の鳥瞰図である。振動脚 18 C は、下面から、下部電極 18 a、下部圧電膜 18 b、中間電極 18 d、上部圧電膜 18 e、および上部電極 18 c がこの順に積層されて構成される、いわゆる圧電バイモルフ構造を有している。上下の圧電膜 18 b ないし 18 e は膜厚方向に分極を持つ。

【0082】

10

20

30

40

50

また、振動脚 18C は、第 1 の部分 18C'、第 2 の部分 18C''、および第 3 の部分 18C''' に分割されている。第 2 の部分 18C'' では、電極 18a、18d、18c と圧電膜 18b、18c をすべて備えているが、第 1 および第 3 の部分 18C' ないし 18C''' では、中間電極 18d と圧電膜 18b、18c は全面に形成されているが、上下の電極 18a、18c では中央の一部のみに形成されている。

【0083】

図 13 に示すように、上部電極 18c および下部電極 18a に正極、中間電極 18d に負極の電圧が印加された場合、上部電極 18c と中間電極 18d に挟まれた上部圧電膜 18e は電歪により伸張し、下部電極 18a と中間電極 18d に挟まれた下部圧電膜 18b は電歪により収縮する。したがって、図中 1 点鎖線で示すように、バイモルフ圧電梁 18C の中央部 18C'' は膜面の垂直上方に屈曲する。各電極に逆極性の電圧が印加された場合は、圧電梁 18C の中央部 18C'' は膜面の垂直下方に屈曲する。

【0084】

したがって、音叉振動子 18 の共振周波数に一致する交番電圧が加わった場合、両側の振動脚 18L および 18R と、中央の振動脚 18C は、お互いに逆位相で上下に屈曲して共振を生じる。このような音叉では、中央の振動脚 18C の振幅が両側の振動脚 18L、18R の振幅の 2 倍になり、したがって運動量が相殺され、また振動脚の接続部から少し離れた支持部分では変形もほとんど 0 になり、ねじり成分等も発生しないため、非常に高い Q 値を持つ共振が得られる。

【0085】

本実施の形態においても、積層体 14 の上下電極 14a、14c 間に適当なバイアス電圧を加えることで、音叉振動子 18 に軸歪を与えることができ、共振周波数の温度依存性を補償することが可能なのは、第 1 の実施の形態と同様である。

【0086】

また、本実施の形態においても、積層体 14 における電極被覆率と、音叉振動子 18 における電極被覆率の差による熱膨張歪を利用して、音叉振動子 18 の共振周波数の温度依存性を補償することが可能なのは、第 1 の実施の形態と同様である。

【0087】

本実施の形態においては、4 本の接続梁 42、42'' 使用して積層体 14 を両側から基板 10 に固定しているので、圧電膜 14b、14e に成膜残留応力が存在して反りが生じた場合などでも、基板 10 上に変形量が少なく固定できるという利点がある。

【0088】

本実施の形態においては、音叉振動子として面外方向に屈曲する対向型 3 脚音叉を使用しているので、より高い Q 値の共振が得られるという利点がある。

【0089】

(第 3 の実施の形態)

本実施の形態の共振器は、主音叉振動子に加え、温度測定用の副音叉振動子を持つ。主音叉振動子と副音叉振動子の共振周波数の温度特性が異なるように設計することで、主音叉振動子と副音叉振動子の共振周波数の差から温度を求めることができる。主音叉振動子と副音叉振動子を同じような環境に設置することで、主音叉振動子の温度を正確に計測することが可能となる。もっとも、基本的な構造や役割は、第 1 の実施の形態とほぼ同様であるため、第 1 の実施の形態と重複する内容については記載を省略する。

【0090】

図 14 は、本実施の形態の共振器の上面図である。この共振器は、基板 10、基板 10 の端部に固定されたアンカー部 12、アンカー部 12 に一端が接続され、下部電極 14a、圧電膜 14b、上部電極 14c からなる積層体 14 を有する。積層体 14 の内部の切り欠き部 16 には下部電極 18a、圧電膜 18b、上部電極 18c からなる主音叉振動子 18 が形成され、主音叉振動子 18 の両端は積層体 14 に接続されている。さらに、下部電極 48a、圧電膜 48b、上部電極 48c からなる副音叉振動子 48 が形成され、副音叉振動子 48 の両端は積層体 14 に接続されている。

【 0 0 9 1 】

さらに、積層体 1 4 および音叉振動子 1 8 を非接触に内包し、積層体 1 4 および音叉振動子 1 8 への外力の印加を抑制する外囲器（図示せず）を備える。

【 0 0 9 2 】

このように、積層体 1 4、主音叉振動子 1 8、および副音叉振動子 4 8 は、基板 1 0 上方に形成され、それぞれが平板状を呈している。主音叉振動子 1 8 は 2 本の振動脚 1 8 L および 1 8 R を持ち、副音叉振動子 1 8 も 2 本の振動脚 4 8 L および 4 8 R を持つ。

【 0 0 9 3 】

図 1 5 は、主音叉振動子 1 8 が有する振動脚の 1 本の 1 8 L の鳥瞰図である。振動脚 1 8 L は、下面から、下部電極 1 8 a、圧電膜 1 8 b、および上部電極 1 8 c がこの順に積層されて構成される積層構造を備えている。圧電膜 1 8 b は膜厚方向に分極を持つ。ここで、例えば、電極 1 8 a、1 8 c は厚さが 1 0 0 n m の A 1、圧電膜 1 8 b は厚さが 1 μ m の A 1 N で形成される。

10

【 0 0 9 4 】

また、振動脚 1 8 L は、第 1 の部分 1 8 L'、第 2 の部分 1 8 L''、および第 3 の部分 1 8 L''' に分割されている。各部分では、上下電極 1 8 a および 1 8 c が左半面ないしは右半面のみに形成されている。

【 0 0 9 5 】

図 1 6 は、副音叉振動子 4 8 が有する振動脚の 1 本 4 8 L の鳥瞰図である。振動脚 4 8 L は、主共振子 1 8 の振動脚 1 8 L と同様の、下部電極 4 8 a、圧電膜 4 8 b、および上部電極 4 8 c がこの順に積層されて構成される積層構造に加え、圧電膜 4 8 b の上面および下面の露出部に、ダミー電極 4 8 f が形成されている。ダミー電極 4 8 f は、下部電極 4 8 a ないし上部電極 4 8 c とは電氣的に接触しないように形成されている。

20

【 0 0 9 6 】

主音叉振動子 1 8 および副音叉振動子 4 8 は上述した構造の若干の違いから共振周波数がわずかに異なる。また主音叉振動子 1 8 と副音叉振動子 4 8 の電極被覆率の違いから、共振周波数の温度依存性が異なる。したがって、主音叉振動子と副音叉振動子の共振周波数の差を測定することで、主音叉振動子の温度を測定することができる。

【 0 0 9 7 】

この測定された温度情報を使用して、積層体 1 4 の上下電極 1 4 a、1 4 c 間に適当なバイアス電圧を加えることで、主音叉振動子 1 8 の共振周波数の温度依存性を補償することが可能なのは、第 1 の実施の形態と同様である。

30

【 0 0 9 8 】

図 1 7 は、本実施の形態の共振器をもちいた発振器のブロック図である。主音叉振動子 1 8 には主発振回路 5 0 が接続されている。副音叉振動子 4 8 には副発振回路 5 2 が接続されている。主発振回路 5 0、副発振回路 5 2 として、既知のコルピッツ回路などを使用することができる。ここで、副音叉振動子 4 8 が温度モニタとして機能する。

【 0 0 9 9 】

主発振回路 5 0 と副発振回路 5 2 の出力は、温度検出回路 5 4 に入力され、共振周波数の差が求められ、記憶回路 3 2 の情報に基づいて温度に換算される。副音叉振動子 4 8 と温度検出回路 5 4 が温度モニタとして機能する。共振周波数の差を求める方法として、ミキサ、低域通過フィルタおよび周波数カウンタからなる回路などを使用することができる。

40

【 0 1 0 0 】

温度検出回路 5 4 の出力はデジタル温度補償回路 3 0 に入力される。デジタル補償回路 3 0 において、あらかじめ記憶回路 3 2 に記憶された定数を使用して測定された温度から直流のバイアス電圧が算出され、D / A 変換器 3 4 を通して積層体 1 4 に印加される。このようにして主音叉振動子 1 8 の共振周波数が温度補償され、出力される。

【 0 1 0 1 】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。上記、実施の形態は

50

あくまで、例として挙げられているだけであり、本発明を限定するものではない。また、実施の形態の説明においては、共振器、発振器、共振器の製造方法等で、本発明の説明に直接必要としない部分等については記載を省略したが、必要とされる共振器、発振器、共振器の製造方法等に関わる要素を適宜選択して用いることができる。

【 0 1 0 2 】

また、各実施の形態に記載された複数の要素からいくつかを選択し、実施の形態とは別の組み合わせで共振器または発振器を構成しても構わない。

【 0 1 0 3 】

その他、本発明の要素を具備し、当業者が適宜設計変更しうる全ての共振器および発振器波は、本発明の範囲に包含される。本発明の範囲は、特許請求の範囲およびその均等物の範囲によって定義されるものである。

10

【 符号の説明 】

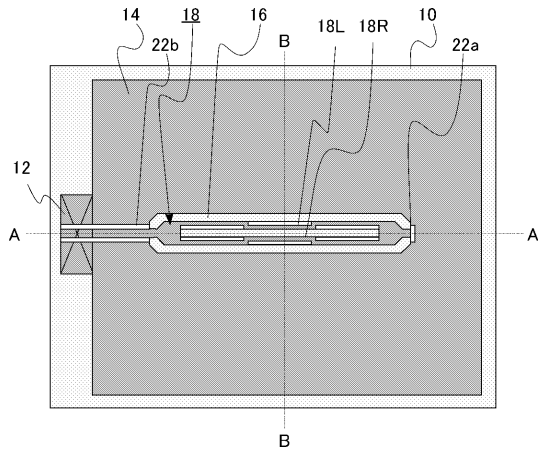
【 0 1 0 4 】

1 0	基板	
1 2	アンカー部	
1 4、1 4 a ~ 1 4 e	積層体	
1 6	切り欠き部	
1 8、1 8 a ~ 1 8 e	音叉振動子	
2 0	外圍器	
2 2 a ~ 2 2 e	隔離部	
2 4	発振回路	
2 6	温度センサ	
2 8	A / D 変換器	
3 0	デジタル温度補償回路	
3 2	記憶回路	
3 4	D / A 変換器	
3 6	犠牲層	
4 2、4 2 '	支持部	
4 8	副音叉振動子	
5 0	主発振回路	
5 2	副発振回路	
5 4	温度検出回路	

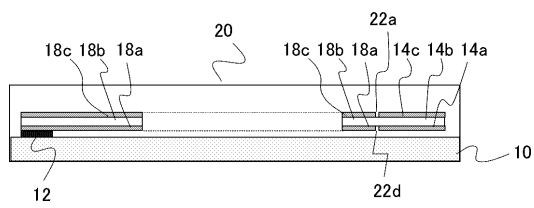
20

30

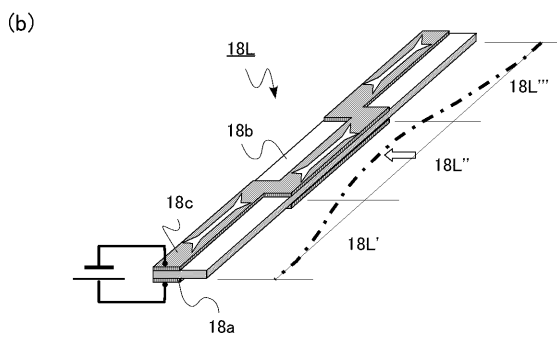
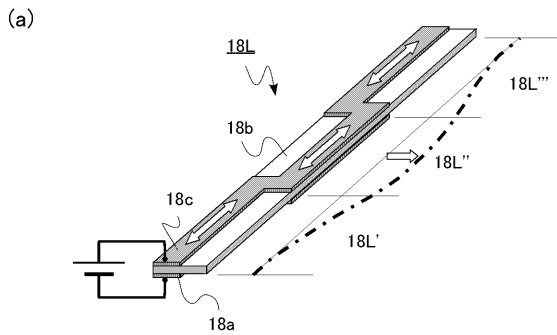
【図 1】



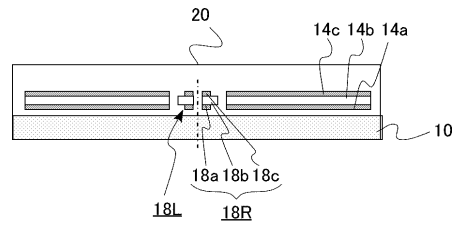
【図 2】



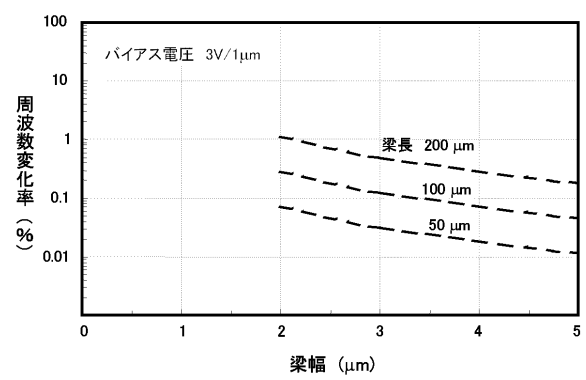
【図 4】



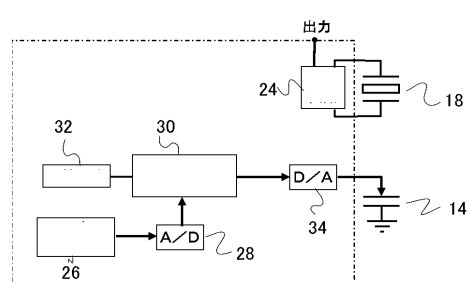
【図 3】



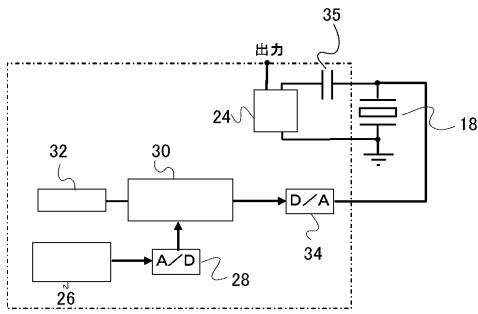
【図 5】



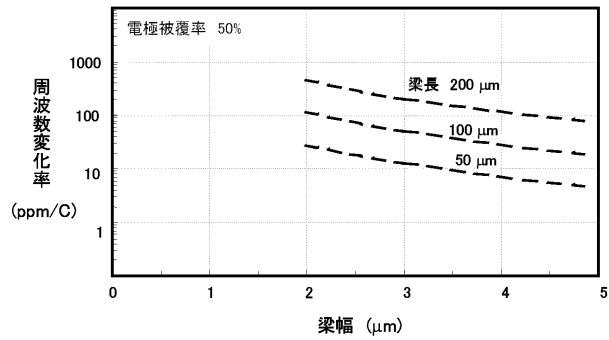
【図 6】



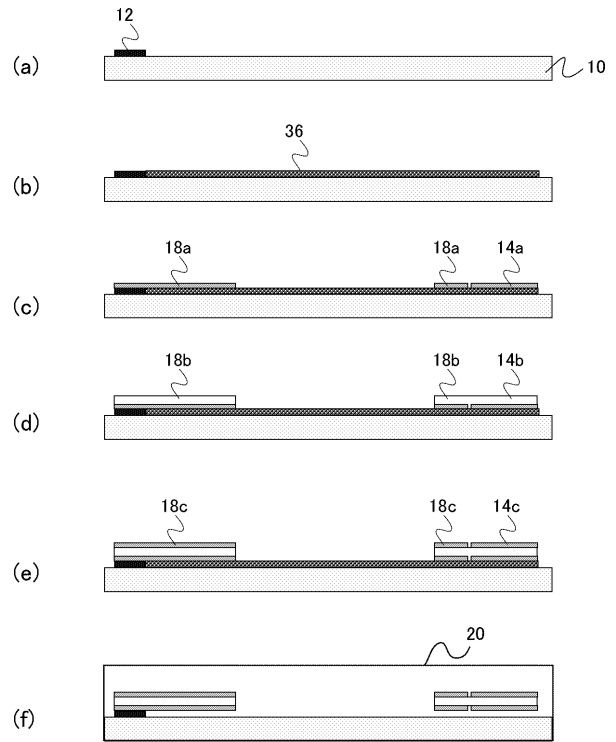
【図 7】



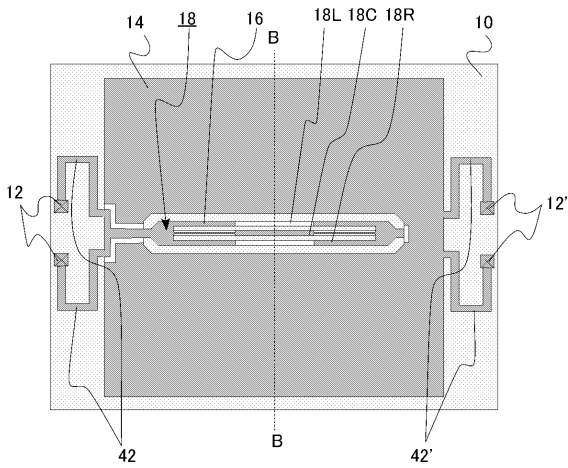
【図 8】



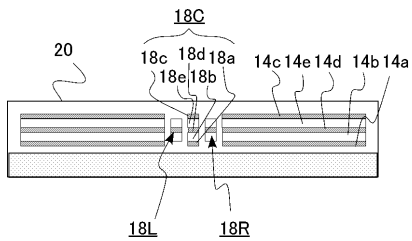
【図 9】



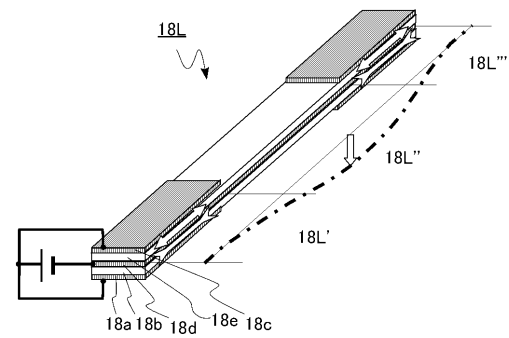
【図 10】



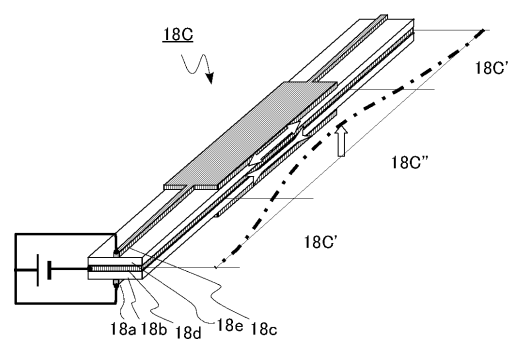
【図 11】



【図 12】



【図 13】



[illegible]

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004920

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/17(2006.01)i, H03H9/21(2006.01)i, H03H9/24(2006.01)i

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)

H03H9/17, H03H9/21, H03H9/24

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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.
A	JP 2008-118264 A (Seiko Epson Corp.), 22 May 2008 (22.05.2008), fig. 1 to 2 (Family: none)	1-9
A	JP 2007-208890 A (Hitachi, Ltd.), 16 August 2007 (16.08.2007), fig. 1 to 4 & US 2007/0182291 A1	1-9
A	JP 2000-258164 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 22 September 2000 (22.09.2000), paragraphs [0011] to [0023]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-9

☒ 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
05 November, 2009 (05.11.09)Date of mailing of the international search report
17 November, 2009 (17.11.09)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004920

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 2007-518351 A (Robert Bosch GmbH), 05 July 2007 (05.07.2007), entire text; all drawings & US 2005/0151592 A1 & EP 1706942 A2 & WO 2005/071842 A2	8-9
A	JP 2006-166393 A (Seiko Epson Corp.), 22 June 2006 (22.06.2006), entire text; all drawings (Family: none)	8-9

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 9 / 0 0 4 9 2 0	
A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H03H9/17(2006.01)i, H03H9/21(2006.01)i, H03H9/24(2006.01)i			
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（I P C）） Int.Cl. H03H9/17, H03H9/21, H03H9/24			
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 1971-2009年 日本国実用新案登録公報 1996-2009年 日本国登録実用新案公報 1994-2009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	
A	JP 2008-118264 A（セイコーエプソン株式会社） 2008.05.22, 図 1-2 （ファミリーなし）	1-9	
A	JP 2007-208890 A（株式会社日立製作所） 2007.08.16, 図 1-4 & US 2007/0182291 A1	1-9	
☒ 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 05.11.2009		国際調査報告の発送日 17.11.2009	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 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） 橋本 和志 電話番号 03-3581-1101 内線 3576	5W 4183

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 9 / 0 0 4 9 2 0
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 2000-258164 A (株式会社村田製作所) 2000.09.22, [0011]-[0023], 図 1-3 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2007-518351 A (ロベルト・ボッシュ・ゲゼルシャフト・ミト・ ベシュレンクテル・ハフツング) 2007.07.05, 全文, 全図 & US 2005/0151592 A1 & EP 1706942 A2 & WO 2005/071842 A2	8-9
A	JP 2006-166393 A (セイコーエプソン株式会社) 2006.06.22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	8-9

フロントページの続き

(72)発明者 西垣 亨彦

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 大野 浩志

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 5J079 AA02 AB03 BA02 BA44 CB04 DA05 DB03 FB38 FB39

5J108 AA03 BB07 BB08 CC06 CC11 EE03 EE07 JJ01

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。