

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4696488号
(P4696488)

(45) 発行日 平成23年6月8日 (2011.6.8)

(24) 登録日 平成23年3月11日 (2011.3.11)

(51) Int.Cl.	F I
H03H 3/02 (2006.01)	H03H 3/02 D
H03H 3/04 (2006.01)	H03H 3/04 B
H03H 9/02 (2006.01)	H03H 9/02 M
H03H 9/17 (2006.01)	H03H 9/17 C

請求項の数 7 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2004-208591 (P2004-208591)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成16年7月15日 (2004.7.15)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2006-33354 (P2006-33354A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成18年2月2日 (2006.2.2)	(74) 代理人	100095728
審査請求日	平成19年7月3日 (2007.7.3)		弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100107261
			弁理士 須澤 修
		(72) 発明者	桑原 卓男
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		審査官	畑中 博幸
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 圧電振動子の周波数調整方法および圧電振動子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

音叉腕と、前記音叉腕の一方の端部を接続する音叉基部と、を有し、前記音叉腕が屈曲振動を行う圧電振動子の製造方法であって、

前記音叉腕の厚さ方向に対向する面に、溝部を形成する工程と、
前記音叉腕の側面、および前記溝部のそれぞれに、励振電極を形成する工程と、
前記溝部に形成した前記励振電極の一部を除去する工程と、
を有し、

前記溝部を形成する工程は、底部および側面部を有する前記溝部を形成する工程であり、
前記励振電極を形成する工程は、前記溝部の前記底部に底部電極を形成し、前記溝部の前記側面部に溝側面電極を形成する工程を含み、

前記励振電極の一部を除去する工程は、前記底部電極の一部を除去する工程であることを特徴とする圧電振動子の製造方法。

【請求項 2】

前記溝部に形成した励振電極の一部を除去する工程は、レーザ光照射によって行うことを特徴とする請求項 1 に記載の圧電振動子の製造方法。

【請求項 3】

前記溝部に形成した励振電極の一部を除去する工程は、前記音叉腕の前記先端から前記音叉基部に向かう方向に順次レーザ光を照射して、前記底部電極の一部を除去する工程であることを特徴とする請求項 2 に記載の圧電振動子の製造方法。

【請求項 4】

前記溝部に形成した励振電極に順次レーザ光を照射するピッチが、レーザ光のスポット径より小さいことを特徴とする請求項 3 に記載の圧電振動子の製造方法。

【請求項 5】

前記溝部に形成した励振電極に順次レーザ光を照射するピッチは、レーザ光のスポット径より大きく、且つ前記音叉基部に向かい順次大きくなることを特徴とする請求項 3 に記載の圧電振動子の製造方法。

【請求項 6】

前記励振電極の一部を除去する工程よりも前に、前記音叉腕の先端に形成された重りの一部を除去する工程を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の圧電振動子の製造方法。

10

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の圧電振動子の製造方法を用い製造されたことを特徴とする圧電振動子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、音叉腕が屈曲振動を行う圧電振動子の周波数調整方法および、圧電振動子、電子機器に関する。

【背景技術】

20

【0002】

近年、携帯用電子機器等の普及により、これらを構成する電子部品の小型化、高精度化の要求がある。携帯用電子機器の基準信号源として用いられる圧電振動子においても、小型化、高精度化が要求され、従来より様々な提案がされている。例えば、特許文献 1 に示すように、圧電振動子の音叉腕に溝部を設けることにより、振動等価回路における損失を発生させる直列抵抗を減少させ、圧電振動子の小型化を可能とする提案がされている。

【0003】

また、音叉腕に溝部を形成した圧電振動子の周波数調整方法としては、特許文献 1 に開示されているように、圧電振動子の音叉腕先端に設けた金属膜にレーザ光を照射して、金属膜の一部を取り除くという一般的な手法により周波数調整が行われている。

30

【0004】

【特許文献 1】特開昭 56 - 65517 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一般に、圧電振動子の周波数調整においては、音叉腕先端に質量を付加するか、あるいは質量を除去して周波数調整を行っているが、質量変化に対する周波数の変化は圧電振動子が小さくなるに従い大きくなる。このため、小型化された圧電振動子の周波数を所望の値に合わせ込むためには、蒸着などで質量を付加する場合、微量の蒸着量制御が必要であり、また、レーザ光などを照射して質量を除去するには、レーザ光のスポット径を小さくするなどの方法が必要となる。しかしながら、微量の蒸着量制御やレーザ光のスポット径を小さくすることには限界があり、小型化された圧電振動子において、周波数を所望の値に精度よく合わせ込めないという問題があった。

40

【0006】

本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、特に小型化された圧電振動子の周波数を、高精度に合わせ込める圧電振動子の周波数調整方法を提供することにある。また、他の目的として、本発明の圧電振動子の周波数調整方法で周波数調整された圧電振動子および、その圧電振動子を備えた電子機器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

50

上記課題を解決するために、本発明の圧電振動子の製造方法は、音叉腕と、前記音叉腕の一方の端部を接続する音叉基部と、を有し、前記音叉腕が屈曲振動を行う圧電振動子の製造方法であって、前記音叉腕の厚さ方向に対向する面に、溝部を形成する工程と、前記音叉腕の側面、および前記溝部のそれぞれに、励振電極を形成する工程と、前記溝部に形成した前記励振電極の一部を除去する工程と、を有し、前記溝部を形成する工程は、底部および側面部を有する前記溝部を形成する工程であり、前記励振電極を形成する工程は、前記溝部の前記底部に底部電極を形成し、前記溝部の前記側面部に溝側面電極を形成する工程を含み、前記励振電極の一部を除去する工程は、前記底部電極の一部を除去する工程であることを特徴とする。

【0009】

10

また、本発明の圧電振動子の製造方法は、前記溝部に形成した励振電極の一部を除去する工程は、レーザ光照射によって行うことを特徴とする。

【0010】

また、本発明の圧電振動子の製造方法は、前記溝部に形成した励振電極の一部を除去する工程は、前記音叉腕の前記先端から前記音叉基部に向かう方向に順次レーザ光を照射して、前記底部電極の一部を除去する工程であることを特徴とする。

【0012】

また、本発明の圧電振動子の製造方法は、前記溝部に形成した励振電極に順次レーザ光を照射するピッチが、レーザ光のスポット径より小さいことを特徴とする。

【0013】

20

また、本発明の圧電振動子の製造方法は、前記溝部に形成した励振電極に順次レーザ光を照射するピッチは、レーザ光のスポット径より大きく、且つ前記音叉基部に向かい順次大きくなることを特徴とする。

【0014】

また、本発明の圧電振動子の製造方法は、前記励振電極の一部を除去する工程よりも前に、前記音叉腕の先端に形成された重りの一部を除去する工程を有することを特徴とする。

【0015】

また、本発明の圧電振動子の製造方法は、前記音叉腕の先端に形成された重りの一部を除去する工程よりも前に、前記音叉腕の表面に引き回された励振電極のうち前記音叉腕の前記先端と前記溝部との間に位置する励振電極の一部を除去する工程を有することを特徴とする。

30

【0016】

本発明の圧電振動子は、上述の圧電振動子の製造方法を用い製造されたことを特徴とする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の実施形態について図面に従って説明する。

【0019】

(第1の実施形態)

40

図1(a)は、本発明に係る圧電振動子の構成を示す平面図、図1(b)は、同図(a)のA-A断線に沿う断面図である。水晶などの圧電材料からなる圧電振動子1は、2つの音叉腕2、3を有している。音叉腕2、3の一方の端部はそれぞれ音叉基部4に接続され、他方の端部は開放されている。音叉腕2、3の幅方向の中心線を挟んだ中央部には溝部5、6が形成され、この溝部5、6は音叉腕2、3の厚さ方向に対向する上下面に設けられている。また、圧電振動子1には励振電極7、8が設けられ、音叉腕2、3を屈曲振動できるように構成されている。さらに、音叉腕2、3の開放された先端部には重り9が設けられている。励振電極7、8はAuなどの金属膜で形成され、重り9はAgやAuなどの金属膜で形成されている。

【0020】

50

図 2 (a) および図 2 (b) は、図 1 (a) に示す音叉腕 2 の B - B 断線に沿う模式断面図であり、本発明に係る圧電振動子の振動原理を説明する説明図である。音叉腕 2 の溝部 5 の側面には溝側面電極 8 a および、溝底部には底部電極 8 b が設けられている。これらの溝側面電極 8 a および、底部電極 8 b は、図 1 で示した励振電極 8 に含まれるものであり、励振電極 8 として同電極となるように構成されている。また、音叉腕 2 の側面には側面電極 7 a 設けられている。側面電極 7 a は、図 1 で示した励振電極 7 に含まれるもので、励振電極 7 として同電極となるように構成されている。そして、励振電極 7、8 はお互いに異なる電極となるように構成される。

【 0 0 2 1 】

次に、このような、音叉腕 2 の励振電極 7、8 の構成において、音叉腕 2 の動作について説明する。図 2 (a) に示すように、側面電極 7 a に正の電圧、溝側面電極 8 a および溝底部電極 8 b に負の電圧が印加されると、側面電極 7 a から溝側面電極 8 a の向き (矢印に示す向き) に電界が働く。また、図 2 (b) に示すように、側面電極 7 a に負の電圧、溝側面電極 8 a および溝底部電極 8 b に正の電圧が印加されると、溝側面電極 8 a から側面電極 7 a の向き (矢印に示す向き) に電界が働く。

【 0 0 2 2 】

このように、音叉腕 2 の中央から見ると、音叉腕 2 の右側と左側では電界の方向が逆であるため、左右の一方が伸びの歪を生ずれば、他の一方では縮みの歪が生じ、音叉腕 2 は屈曲する。そして、側面電極 7 a と溝側面電極 8 a および溝底部電極 8 b (励振電極 7 と励振電極 8) に交番電圧を印加すれば、音叉腕 2 が屈曲振動をする。また、この音叉腕 2 に働く電界は対向する側面電極 7 a と溝側面電極 8 a に垂直な成分のみとなる。このため、上記のような構成にすれば、音叉腕 2 を効率よく励振させることができ、圧電振動子の小型化を可能にする。なお、上記の説明では溝底部電極 8 b を設けた形態にて説明したが、対向する側面電極 7 a と溝側面電極 8 a を異なる電極として構成すれば、溝底部電極 8 b は音叉腕 2 の屈曲振動には直接関与しないため、溝底部電極 8 b を設けない構成としても良い。

【 0 0 2 3 】

次に、本実施形態の圧電振動子の周波数調整方法について説明する。図 3 は圧電振動子の周波数調整工程を説明するフローチャートである。ステップ S 1 では、図 1 に示したように、圧電振動子 1 の音叉腕 2、3 先端部に Au や Ag を蒸着やスパッタにより、重り 9 を形成する。

【 0 0 2 4 】

次に、圧電振動子 1 を収容容器に固定するマウント工程に進む (ステップ S 2)。図 6 (a) は圧電振動子を収容容器にマウントした状態を示す平面図である。セラミックなどで形成した収容容器 2 1 は、一面が開放されて凹部が設けられている。凹部には台座 2 2 が形成され、この台座 2 2 に圧電振動子 1 が導電性接着剤 2 3 にて接着固定される。また、図示しないが、圧電振動子 1 の励振電極と収容容器 2 1 に配置された回路配線とが、導電性接着剤 2 3 を介して電気的な接続がなされている。

【 0 0 2 5 】

次に、ステップ S 3 に進み、封止工程となる。図 6 (b) は封止工程後の状態を示す概略断面図である。収容容器 2 1 の上部から、透明なガラス材で形成されたリッド 2 4 を配置し、収容容器 2 1 内を真空雰囲気に保持して封止され、圧電振動子 1 がパッケージされた状態となる。

【 0 0 2 6 】

その後、ステップ S 4 からステップ S 6 で圧電振動子の周波数調整が行われる。これらの周波数調整では、図 6 (b) に示したパッケージされた圧電振動子 1 の透明なリッド 2 4 ごしレーザ光を照射して、音叉腕に形成した重りや電極を除去して行う。周波数調整前の圧電振動子 1 の周波数は、重り 9 の付加により、所望の周波数より低く設定されており、重りや電極を除去することにより、周波数を高くする方向で周波数調整が行われる。図 4 は圧電振動子の周波数の調整方法を説明する平面図であり、図 4 (a) は周波数調整

10

20

30

40

50

1、図4(b)は周波数調整2、図4(c)は周波数調整3の工程に対応する平面図である。

【0027】

ステップS4の周波数調整1の工程では、図4(a)に示すように、圧電振動子1の音叉腕2、3先端に形成された重り9にレーザ光スポット10aを照射して、重り9の一部を除去する。この工程では、圧電振動子1の周波数が周波数調整1として決められた所定の値になるまで、数回、音叉腕2、3の重り9にレーザ光スポット10aを照射して、重り9の一部を除去する。また、重り9の一部の除去は、振動のバランスを考慮して音叉腕2、3でほぼ同量になるように設定されている。周波数調整1の工程での調整では、除去した重り9の質量効果により、圧電振動子1の周波数変化は大きく、周波数を粗く調整する。

10

【0028】

次にステップS5の、周波数調整2の工程に進む。周波数調整2の工程では、図4(b)に示すように、音叉腕2、3の先端から少し音叉基部4に近づいた部分にレーザ光スポット10bを照射する。この部分には、圧電振動子1表面に引き回された励振電極7、8の一部が配設されており、レーザ光スポット10bを照射することにより、励振電極7、8の一部を除去する。この工程では、圧電振動子1の周波数が周波数調整2として決められた所定の値になるまで、数回、音叉腕2、3の励振電極7、8にレーザ光スポット10bを照射して、励振電極7、8の一部を除去する。また、励振電極7、8の一部の除去は、振動のバランスを考慮して音叉腕2、3でほぼ同量になるように設定されている。

20

【0029】

周波数調整2の工程での調整では、除去した励振電極7、8の質量効果により、圧電振動子1の周波数を調整できる。励振電極7、8の厚みは重り9の厚みに比べて十分に薄く形成されており、1回のレーザ光スポットの照射における周波数の変化は、周波数調整1に比べて小さい。このように、周波数調整2は周波数調整1に比べて、精度の高い調整が可能である。次に、小型化された圧電振動子など、さらに精度の高い周波数調整が必要な場合には、本発明の要旨であるステップS6の周波数調整3を行う。

【0030】

ステップS6の周波数調整3の工程では、図4(c)に示すように、音叉腕2、3に設けられた溝部5、6にレーザ光スポット10cを照射する。この部分には、圧電振動子1表面に引き回された励振電極7、8の一部である溝底部電極7b、8bが配設されており、レーザ光スポット10cを照射することにより、溝底部電極7b、8bの一部を除去する。この工程では、圧電振動子1の周波数が周波数調整3として決められた所定の値(所望の最終周波数)になるまで、音叉腕2、3の溝底部電極7b、8bにレーザ光スポット10cを照射して、溝底部電極7b、8bの一部を除去する。このとき、複数回のレーザ光スポット10cを照射する必要があるときには、音叉腕2、3の先端から音叉基部4に向かう方向に、順次レーザ光スポット10cを照射していく。また、溝底部電極7b、8bの一部の除去は、振動のバランスを考慮して音叉腕2、3でほぼ同量であることが望ましい。

30

【0031】

周波数調整3の工程での調整では、除去した溝底部電極7b、8bの質量効果により、圧電振動子1の周波数を調整できる。溝底部電極7b、8bの厚みは周波数調整2で除去する励振電極7、8と同じであるが、周波数調整3で除去する位置が、音叉基部4に近いいため、1回のレーザ光スポットの照射における周波数の変化は小さい。このように、周波数調整3は周波数調整2に比べて、精度の高い調整が可能である。また、周波数調整3では、音叉腕2、3の先端から音叉基部4に向かう方向に、順次レーザ光スポット10cを照射することに従い、レーザ光スポット10cの照射位置は音叉基部4に近づいていく。このことは、微量ではあるが、1回のレーザ光スポットの照射における周波数の変化は小さくなっていく。このことから、精度の高い周波数調整が可能となる。また、溝底部電極7b、8bは音叉腕2、3の屈曲振動には直接影響を与えないため、溝底部電極7b、

40

50

8 bを除去しても圧電振動子1の特性には影響を与えず、周波数の調整ができる。

【0032】

上記の実施形態で説明したレーザ光としては、YAGレーザ、YVO4レーザ、YLFレーザなどのレーザ光を利用できる。また、レーザ光スポット径は15 μ mから5 μ m程度のもので使用される。なお、上記実施形態では、周波数調整前の圧電振動子1の周波数を、所望の周波数より低く設定しておき、重りや電極などの質量を除去することにより、周波数を高くする方向で周波数調整を行ったが、周波数調整前の圧電振動子1の周波数を、所望の周波数より高く設定しておき、質量を除去する位置と同様な位置に質量を付加して、周波数を低くする方向で周波数調整をすることもできる。

【0033】

以上のように、音叉腕2、3に形成された溝部5、6の質量を調整することにより、音叉腕2、3の先端部の質量調整に比べて、質量変化に対する周波数の変化が小さく、精度の良い圧電振動子の周波数調整が可能となる。このことから、特に小型の圧電振動子において、周波数調整の最終調整工程にこの方法を用いれば、高精度に周波数を合わせ込みをすることができる。

【0034】

(変形例)

図5は、本発明の実施形態の変形例を示す説明図である。図5(a)では、周波数調整3の工程において、音叉腕2の底部電極8bには2回のレーザ光スポット10cを照射し、音叉腕3の底部電極7bには1回のレーザ光スポット10cを照射して周波数調整を終了している。つまり、音叉腕2と3では異なる質量で圧電振動子1の周波数が調整されている。2つの音叉腕2、3の質量は微量には異なるが、周波数調整量は2つの音叉腕を同質量で調整した場合のほぼ半分となり、周波数調整の精度を上げることができる。特に最終の周波数調整であれば、音叉腕の質量差は微量であり、圧電振動子1の振動に対して特性に影響をすることはない。

【0035】

図5(b)では、周波数調整3の工程において、音叉腕2、3の底部電極7b、8bに順次レーザ光スポット10cを照射するピッチが、レーザ光のスポット径より小さく設定されている。このようにすると、レーザ光スポット10cが重なり合い、2回目のレーザ光スポット10c照射以降、底部電極7b、8bを除去する面積を小さくすることができる。このことから、除去する質量が少なくなり、圧電振動子1の周波数変化を小さくでき、精度の良い周波数調整が可能となる。

【0036】

図5(c)では、周波数調整3の工程において、音叉腕2、3の底部電極7b、8bにレーザ光スポット10cを照射するピッチを音叉基部4に向かい、順次大きくなるよう設定されている。このように、音叉基部4に近くなるに従い、1回のレーザ光スポット10cの照射における周波数の変化は小さくなるため、精度の良い周波数調整が可能となる。

【0037】

(第2の実施形態)

次に、本発明に係る圧電振動子の実施形態について説明する。図6(b)はパッケージされた圧電振動子の構成を示す概略断面図である。収容容器21内には圧電振動子1が接着固定され、収容容器21内を真空雰囲気保持し、リッド24により封止され、パッケージされた圧電振動子20となる。パッケージされた圧電振動子20の周波数は第1の実施形態で述べた、周波数調整方法を用いて、精度よく調整されている。このように、第1の実施形態の圧電振動子の周波数調整方法を用いて、周波数を高精度に合わせ込んだ圧電振動子20を提供できる。

【0038】

(第3の実施形態)

次に、本発明に係る電子機器の実施形態について説明する。

【0039】

図 7 は電子機器の構成を示す概略構成図である。電子機器 30 には上記の第 2 の実施形態で説明した圧電振動子 20 を備えている。上記の実施形態の圧電振動子 20 を用いた電子機器 30 として、携帯電話やデジタルカメラ、ビデオカメラなどの携帯用電子機器が挙げられる。これらの電子機器 30 において圧電振動子 20 は、基準信号源として用いられ、小型で精度の良い圧電振動子 20 を備えることにより、小型で携帯性に優れ、特性の良好な電子機器を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図 1】(a) は第 1 の実施形態の圧電振動子の平面図、(b) は同図 (a) の A - A 断線に沿う断面図。

10

【図 2】圧電振動子の動作原理を説明する模式断面図。

【図 3】周波数調整工程を説明するフローチャート。

【図 4】圧電振動子の周波数調整の調整方法を説明する平面図であり、(a) は周波数調整 1、(b) は周波数調整 2、(c) は周波数調整 3 に対応する平面図。

【図 5】(a)、(b)、(c) は第 1 の実施形態の変形例を示す平面図。

【図 6】(a) は圧電振動子を収容容器に配置した平面図、(b) はパッケージされた圧電振動子の概略断面図。

【図 7】電子機器の構成を示す構成図。

【符号の説明】

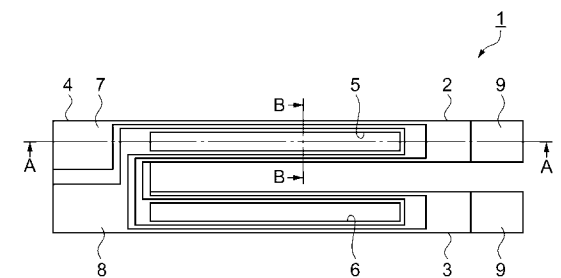
【0041】

20

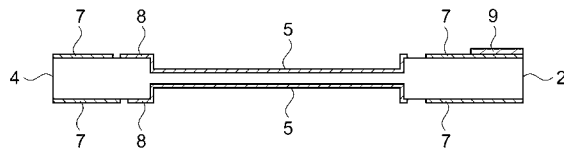
1 ... 圧電振動子、2、3 ... 音叉腕、4 ... 音叉基部、5、6 ... 溝部、7、8 ... 励振電極、7a ... 側面電極、7b ... 溝底部電極、8a ... 溝側面電極、8b ... 溝底部電極、9 ... 重り、10a、10b、10c ... レーザ光スポット、20 ... パッケージされた圧電振動子、30 ... 電子機器。

【図 1】

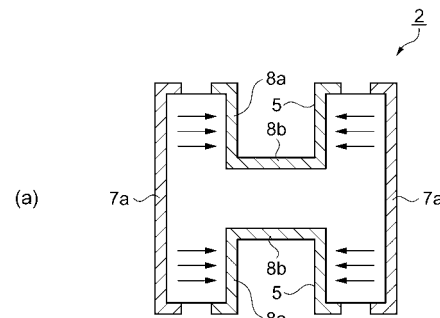
【図 2】



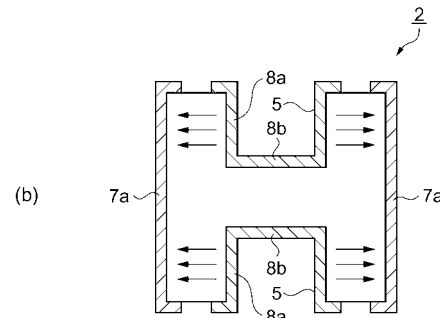
(a)



(b)

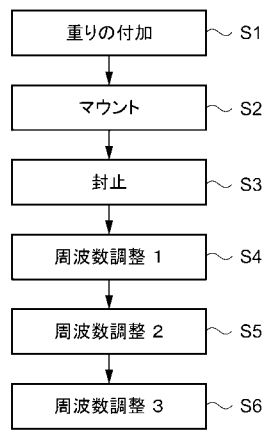


(a)

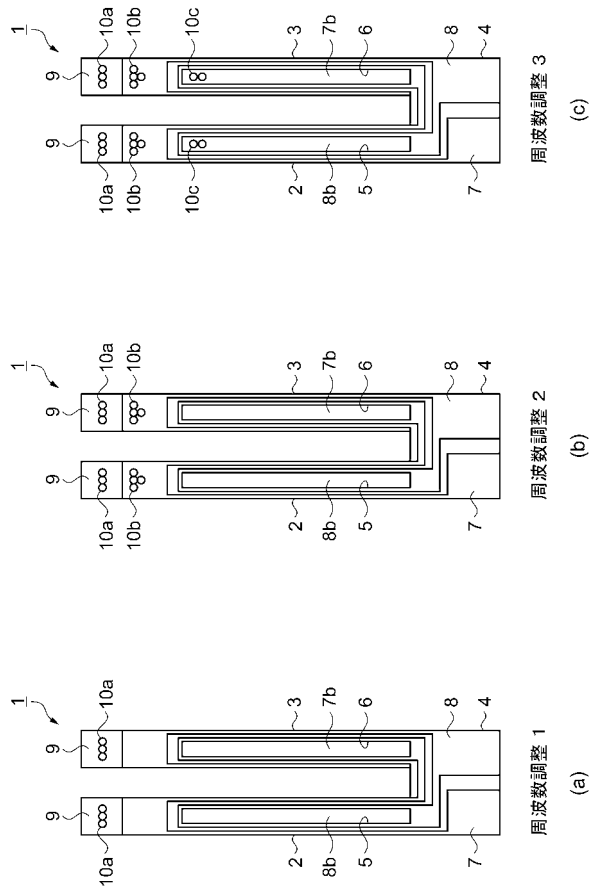


(b)

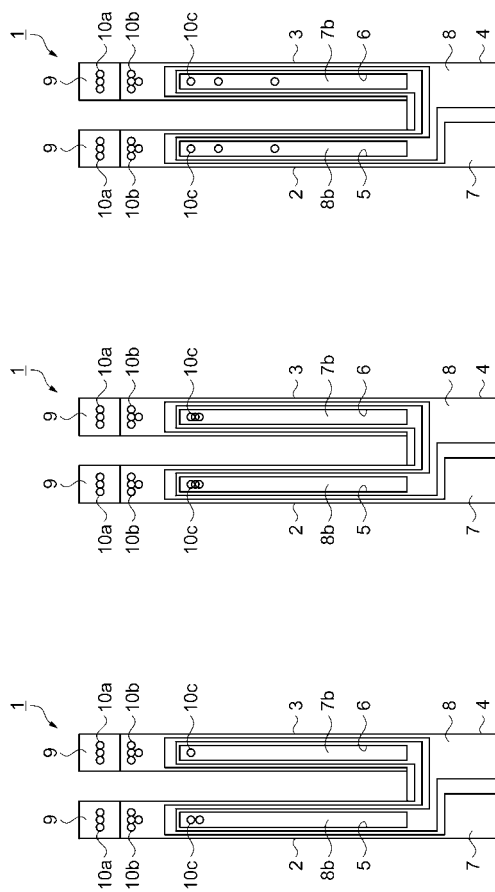
【図 3】



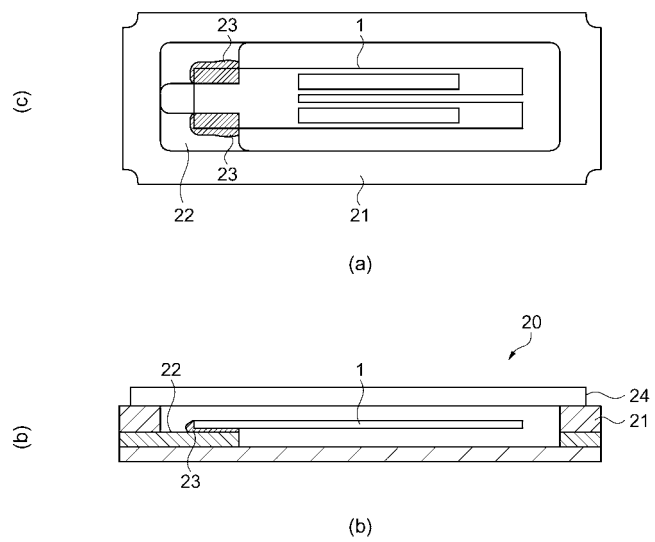
【図 4】



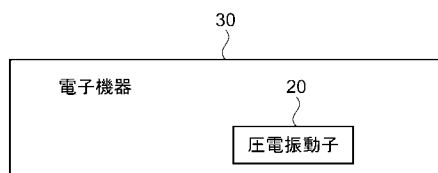
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-201211(JP,A)
特開2004-134852(JP,A)
特開2004-120249(JP,A)
特開2002-252546(JP,A)
特開2003-133885(JP,A)
特開2003-133879(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H	3/02
H03H	3/04
H03H	9/02
H03H	9/17