

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5111846号
(P5111846)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 F 1/66 (2006.01) GO 1 F 1/66 A
HO 4 R 17/00 (2006.01) HO 4 R 17/00 330H

請求項の数 15 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-354917 (P2006-354917)	(73) 特許権者	000006932
(22) 出願日	平成18年12月28日 (2006.12.28)		リコーエレメックス株式会社
(65) 公開番号	特開2008-164464 (P2008-164464A)		愛知県名古屋市千種区内山二丁目14番29号
(43) 公開日	平成20年7月17日 (2008.7.17)	(74) 代理人	100095751
審査請求日	平成21年12月4日 (2009.12.4)		弁理士 菅原 正倫
		(72) 発明者	関根 良浩
			愛知県名古屋市千種区内山二丁目14番29号 リコーエレメックス株式会社内
		審査官	岸 智史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波出力素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

板厚方向に分極処理された圧電セラミック振動板と、
 該圧電セラミック振動板の各主表面を覆う形で該圧電セラミック振動板を挟んで対向形成され、該圧電セラミック振動板を超音波振動させるための駆動電圧が印加される主電極対と、

前記主電極対のいずれとも絶縁分離した形で前記圧電セラミック振動板上に形成され、前記駆動電圧の印加に伴い前記圧電セラミック振動板に生ずる超音波振動の圧電モニタリング信号を取り出すためのモニタ用部分電極と、

を備え、

前記駆動電圧の電源ラインと前記圧電モニタリング信号の出力ラインとのいずれかに前記モニタ用部分電極を切替可能に接続する切替スイッチが設けられ、

前記モニタ用部分電極を前記電源ラインに接続することにより、前記駆動電圧を前記主電極対とともに該モニタ用部分電極にも印加し、その後前記切替スイッチを前記圧電モニタリング信号の出力ライン側に切り替えて、前記圧電モニタリング信号を取り出すことを特徴とする超音波出力素子。

【請求項2】

前記主電極対は、前記圧電セラミック振動板の第一主表面を覆う接地電極と、同じく第二主表面を覆う駆動電極とからなり、前記モニタ用部分電極は、それら接地電極及び駆動電極のいずれよりも前記圧電セラミック振動板に対する被覆面積が小さく形成されている

請求項 1 に記載の超音波出力素子。

【請求項 3】

前記駆動電極は前記接地電極よりも前記圧電セラミック振動板に対する被覆面積が小さく形成されており、該圧電セラミック振動板の前記第二主表面の前記駆動電極に覆われていない残余領域に前記モニタ用部分電極が形成されている請求項 2 に記載の超音波出力素子。

【請求項 4】

前記モニタ用部分電極は圧電セラミック振動板の前記第二主表面の外周縁領域に形成されている請求項 3 に記載の超音波出力素子。

【請求項 5】

前記圧電セラミック振動板が円板状に形成され、前記駆動電極は該圧電セラミック振動板の外周縁に沿う円状の外周縁形状を有するとともに、当該円状の外周縁の一部を半径方向内側に凹状に引っ込ませる形で前記駆動電極の一部が切り欠かれ、その切欠き領域の内側に前記モニタ用部分電極が形成されている請求項 4 に記載の超音波出力素子。

【請求項 6】

前記駆動電極側の外周縁は、前記モニタ用部分電極との隣接位置にて、該駆動電極とモニタ用部分電極との間に所定幅の隙間を形成する形で、該モニタ用部分電極の外周縁に倣う形状に形成されている請求項 4 または請求項 5 に記載の超音波出力素子。

【請求項 7】

前記駆動電極とモニタ用部分電極との間に形成される前記隙間の幅が 0.5 mm 以上 2.5 mm 以下とされている請求項 6 に記載の超音波出力素子。

【請求項 8】

前記圧電セラミック振動板は、前記駆動電極及び前記モニタ用部分電極の形成された第二主表面側がケーシングの底部内面と対向する形で該ケーシング内に配置され、

前記ケーシングの底部裏面に突出形成された駆動端子及びモニタ端子に対し、前記駆動電極及び前記モニタ用部分電極がそれぞれ接続されている請求項 2 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の超音波出力素子。

【請求項 9】

前記圧電セラミック振動板と前記ケーシングの底部との間に絶縁層が配置され、前記駆動端子と前記駆動電極及び前記モニタ端子と前記モニタ用部分電極とが、前記絶縁層を貫く個別のワイヤによりそれぞれボンディングされている請求項 8 に記載の超音波出力素子。

【請求項 10】

前記接地電極への導通経路が、前記圧電セラミック振動板の前記第二主表面側から該圧電セラミック振動板の側周面を経て前記第一主表面側に回り込む形で形成され、前記ケーシングの底部裏面に突出形成された接地端子に前記接地電極が該導通経路を介して接続されている請求項 8 または請求項 9 に記載の超音波出力素子。

【請求項 11】

前記ケーシングの底部と反対側の開口に望む位置に前記圧電セラミック振動板が配置されるとともに、該開口を塞ぐ形で、前記圧電セラミック振動板との接触側と反対側の主表面に超音波放出面が形成された音響インピーダンス整合層が、前記圧電セラミック振動板の前記第一主表面上に形成された前記接地電極と密着する形で設けられている請求項 10 に記載の超音波出力素子。

【請求項 12】

前記導通経路は、前記圧電セラミック振動板の前記第一主表面側にて一端が前記接地電極に半田付けされるワイヤであり、前記音響インピーダンス整合層の該接地電極との対向面に、前記ワイヤの半田付け部を収容する凹状部が形成されている請求項 11 に記載の超音波出力素子。

【請求項 13】

前記導通経路は、一端が前記接地電極に接続し、前記駆動電極及び前記モニタ用部分電

10

20

30

40

50

極のいずれとも絶縁分離された形で前記圧電セラミック振動板の第一主表面に形成された接地用接続パッドに他端が接続する形で前記圧電セラミック振動板の周側面上に形成された接地用リード層と、一端が前記接地用接続パッドに半田付けされ、他端が前記接地端子に半田付けされるワイヤとからなり、

前記接地電極の全面にわたって前記音響インピーダンス整合層が密着配置されている請求項 1 1 に記載の超音波出力素子。

【請求項 1 4】

前記ケーシングは、該ケーシングの底部と、該底部の周縁から立ち上がる側壁部と、該側壁部の前記底部と反対側の開口を塞ぐ天面部とが互いに導通する金属部材にて形成され、前記天面部の内面に前記圧電セラミック振動板の前記第一主表面を覆う前記接地電極が導電性接着層を介して密着配置され、当該ケーシングを介して前記駆動電圧が接地される請求項 8 または請求項 9 に記載の超音波出力素子。

10

【請求項 1 5】

前記天面部の外側主表面に、当該天面部との接触側と反対側の主表面に超音波放出面が形成された音響インピーダンス整合層が密着配置されている請求項 1 4 に記載の超音波出力素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は超音波出力素子に関する。

20

【背景技術】

【0 0 0 2】

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 2 5 1 6 5 3 号公報

【0 0 0 3】

従来、都市ガスや水などの流量を計測するための超音波流量計が知られている。その際の測定原理として、一般には「伝搬時間差法」が用いられる。これは、流路の流体流れ方向上流側及び下流側に一对の超音波送受信部を設け、それら超音波送受信部間の超音波送受信方向を交互に切り替えるとともに、上流側超音波送受信部から発信された超音波ビームが下流側超音波送受信部に到達するまでの時間（順方向伝播時間）と、下流側超音波送受信部から発信された超音波ビームが上流側超音波送受信部に到達するまでの時間（逆方向伝播時間）とを計測して、両者の時間差から流路を流れる流体の平均流速度及び流量を求めるものである（例えば、特許文献 1）。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

上記のような流量計に使用される超音波送受信部（超音波トランスデューサ）は振動駆動部が圧電セラミック振動板にて構成される。該流量計では、超音波送受信部が長期にわたって使用され、最近では使用年数が 1 0 年を超える要求も想定されている。このような長期使用中においては、振動駆動部の経時劣化により超音波送受信部の出力特性がドリフトすることがある。近年、流量計に要求されるスペックがますます厳しくなる中、上記の劣化により超音波送受信部が要求される耐用年数を充足できなくなることが懸念される。流量出力のゼロ点がドリフトすると流量の測定精度が悪化し、正確な計測ができなくなることにつながる。

40

【0 0 0 5】

具体的には、超音波送受信部においては、振動駆動部を駆動してから超音波が被測定流体（媒質：例えば都市ガス）中へ放射されるまでに一定の時間遅れが存在する。すなわち、図 7 に示すように、外部からの駆動信号を受けることで、その信号が圧電セラミック振動板にて機械振動に変換され、さらに音響インピーダンス整合層を伝播して被測定流体へ放射されるので、上記の駆動信号の入力タイミングから超音波が被測定流体に放出されるまでに一定の遅延時間が存在する。

50

【 0 0 0 6 】

従来の流量計測では、超音波の被測定流体への放出タイミングを、駆動信号の入力タイミングに置き換えて超音波伝播時間の計測起点として用いていた。駆動信号の入力タイミングから超音波の被測定流体への放出タイミングに至る遅延時間が一定であれば、該遅延時間の計測誤差への寄与も一定であり容易に補正可能であるが、該遅延時間が振動駆動部の経時劣化に伴い変動すると該寄与は一定でなくなり、補正はもはや不能となる。例えば、工場出荷時に記憶された超音波送受信部の初期ゼロ点流量が経時ドリフトすると、流れがないにも拘わらず流れがあると誤計測したり、逆に流れがあるにも関わらず流れがないと認識してしまったりする問題を引き起こすことになる。

【 0 0 0 7 】

本発明の課題は、駆動信号が入力された圧電セラミック振動板の振動波形をリアルタイムでモニタリングでき、例えば、駆動信号の入力タイミングから超音波の被測定流体への放出タイミングに至る遅延時間を把握する上で好都合な構造を有する超音波出力素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【 0 0 0 8 】

上記の課題を解決するために、本発明の超音波出力素子は、板厚方向に分極処理された圧電セラミック振動板と、該圧電セラミック振動板の各主表面を覆う形で該圧電セラミック振動板を挟んで対向形成され、該圧電セラミック振動板を超音波振動させるための駆動電圧が印加される主電極対と、

主電極対のいずれとも絶縁分離した形で圧電セラミック振動板上に形成され、駆動電圧の印加に伴い圧電セラミック振動板に生ずる超音波振動の圧電モニタリング信号を取り出すためのモニタ用部分電極とを備えたことを前提とする。

【 0 0 0 9 】

上記本発明の超音波出力素子の構成によると、振動駆動部の要部をなす圧電セラミック振動板に、駆動用の電極以外に、駆動電圧の印加に伴い当該の圧電セラミック振動板に生ずる超音波振動の圧電モニタリング信号を取り出すためのモニタ用部分電極を設けたので、駆動信号が入力された圧電セラミック振動板の振動波形をリアルタイムでモニタリングできる。

【 0 0 1 0 】

例えば、駆動信号が入力された後、圧電セラミック振動板での遅延を含めて、実際にいつ超音波振動が圧電セラミック振動板に発生したかを、このモニタ用部分電極の波形を監視することで知ることができる。従って、駆動信号の入力タイミングからモニタ用部分電極の出力に振動波形が現われるまでの時間を計測すれば、駆動信号の入力タイミングから超音波の被測定流体への放出タイミングに至る遅延時間を正確に把握できる。特に、遅延時間が振動駆動部の経時劣化に伴い変動した場合でも、モニタ用部分電極の出力監視により該遅延時間を特定することで、超音波伝播時間の測定基準を、超音波の被測定流体への実際の放出タイミングに近づけることができ、超音波出力素子のゼロ点流量が経時ドリフトの影響を受け難くなる。なお、モニタ用部分電極の出力に特定の振動波形が現われるタイミングを検知して、これを超音波伝播時間の測定基準として使用することも当然可能である。この場合、遅延時間自体を測定により特定する必要は必ずしも生じない。

【 0 0 1 1 】

なお、本発明の超音波出力素子は、電気機械変換素子である圧電セラミック振動板を振動駆動部として採用しているので、別の超音波出力素子から放出された超音波を受けたとき、その超音波が励起する圧電セラミック振動板の機械的振動を、駆動電極から電気信号波形として取り出すことができ、超音波受信素子としても用いることができる。

【 0 0 1 2 】

上記本発明の超音波出力素子において、主電極対は、圧電セラミック振動板の第一主表面を覆う接地電極（GND側に接続される）と、同じく第二主表面を覆う駆動電極（駆動

10

20

30

40

50

電源側に接続される)とからなるものとして構成できる。主電極対による圧電セラミック振動板の振動駆動が妨げられないように、モニタ用部分電極は、それら接地電極及び駆動電極のいずれよりも圧電セラミック振動板に対する被覆面積を小さく形成することが望ましい。

【0013】

この場合、圧電セラミック振動板の両主表面を覆う駆動電極と接地電極とのいずれかの一部領域を切り欠いて、その切り欠かれた領域にモニタ用部分電極を形成するとよい。これにより、圧電セラミック振動板の主表面を覆う駆動電極又は接地電極とモニタ用部分電極とを、周知の電極パターンニング手法(例えばフォトリソグラフィ)により一括形成できる利点がある。

10

【0014】

なお、モニタ用部分電極についても出力取出時の電圧基準を接地により与えてやる必要があるので、駆動電極とモニタ用部分電極とで接地電極を共用する構成が、振動駆動部の構造を簡略化する上でも好都合である。具体的には、駆動電極は接地電極よりも圧電セラミック振動板に対する被覆面積を小さく形成し、該圧電セラミック振動板の第二主表面の駆動電極に覆われていない残余領域にモニタ用部分電極を形成するとよい。

【0015】

この場合、モニタ用部分電極を圧電セラミック振動板の第二主表面の外周縁領域に形成しておくこと、該モニタ用部分電極による圧電セラミック振動板の振動駆動特性への影響を軽減することができる。

20

【0016】

圧電セラミック振動板が円板状に形成される場合、駆動電極は該圧電セラミック振動板の外周縁に沿う円状の外周縁形状を有するものとして形成できる。この場合、当該円状の外周縁の一部を半径方向内側に凹状に引っ込ませる形で駆動電極の一部を切り欠き、その切欠き領域の内側にモニタ用部分電極を形成することができる。このようにすると、モニタ用部分電極の形成面積を十分縮小しつつ、出力取り出し用のワイヤや半田付け部を容易に形成することができる。

【0017】

また、駆動電極側の外周縁は、モニタ用部分電極との隣接位置にて、該駆動電極とモニタ用部分電極との間に所定幅の隙間を形成する形で、該モニタ用部分電極の外周縁に倣う形状に形成することができる。これにより、駆動電極とモニタ用部分電極との絶縁を確保しつつ、圧電セラミック振動板の振動駆動上のデッドエリアとなる、駆動電極とモニタ用部分電極との間の露出部を最小限に留めることができる。駆動電極とモニタ用部分電極との間に形成される隙間の幅は、0.5mm以上2.5mm以下とするのがよい。0.5mm以下では駆動電極とモニタ用部分電極との絶縁性を十分に確保できなくなる場合があり(例えば、メッキ不良や導電性異物付着によるブリッジングなど)、2.5mm以下では圧電セラミック振動板の振動駆動上のデッドエリアが増加しすぎ、超音波振動の駆動効率が低下する問題につながる。

30

【0018】

圧電セラミック振動板は、駆動電極及びモニタ用部分電極の形成された第二主表面側がケーシングの底部内面と対向する形で該ケーシング内に配置することができる。この場合、ケーシングの底部裏面に突出形成された駆動端子及びモニタ端子に対し、駆動電極及びモニタ用部分電極をそれぞれ接続することができる。これにより、駆動電極及びモニタ用部分電極の駆動端子及びモニタ端子への導通経路の引き直し距離を短縮でき、配線構造を単純化でき、信頼性も向上する。この場合、圧電セラミック振動板とケーシングの底部との間に絶縁層を配置することができる。駆動端子と駆動電極及びモニタ端子とモニタ用部分電極とは、絶縁層を貫く個別のワイヤによりそれぞれボンディングすることができるので、ボンディングワイヤの引き直し長を削減できる。これにより、耐ノイズ性の向上や、電極ワイヤ間の機械的干渉回避等を図ることができる。なお、駆動端子及びモニタ端子の接続端を基板上に形成したパッドとし、ここに駆動電極及びモニタ用部分電極を面実装す

40

50

る構成も可能である。

【0019】

一方、接地電極への導通経路は、圧電セラミック振動板の第二主表面側から該圧電セラミック振動板の側周面を経て第一主表面側に回り込む形で形成されることとなる。この場合、ケーシングの底部裏面に突出形成された接地端子に接地電極が該導通経路を介して接続することができる。これにより、ケーシングの裏面に、接地端子、駆動端子及びモニタ端子を集合させることができ、ケーブルコネクタ等の接続も容易である。

【0020】

また、圧電セラミック振動板は、ケーシングの底部と反対側の開口に望む位置に配置することができる。この場合、該開口を塞ぐ形で、圧電セラミック振動板との接触側と反対側の主表面に超音波放出面が形成された音響インピーダンス整合層を、圧電セラミック振動板の第一主表面上に形成された接地電極と密着する形で設けることができる。音響インピーダンス整合層を圧電セラミック振動板に密着配置することで、該圧電セラミック振動板からの超音波の放射効率、あるいは圧電セラミック振動板による超音波の受信効率を高めることができる。

【0021】

上記の構成において導通経路は、圧電セラミック振動板の第一主表面側にて一端が接地電極に半田付けされるワイヤとすることができる。この場合、音響インピーダンス整合層の該接地電極との対向面に、ワイヤの半田付け部を収容する凹状部を形成することで、圧電セラミック振動板と音響インピーダンス整合層との密着に伴う、半田付け部と音響インピーダンス整合層との干渉を回避することができ、半田付け部を保護することができる。また、圧電セラミック振動板の第一主表面側に接地電極に導通するパッドを設ける必要がなくなり、駆動電極の面積を大きく確保することができる。

【0022】

これとは別の構成として、導通経路を、一端が接地電極に接続し、駆動電極及びモニタ用部分電極のいずれとも絶縁分離された形で圧電セラミック振動板の第一主表面に形成された接地用接続パッドに他端が接続する形で圧電セラミック振動板の周側面上に形成された接地用リード層と、一端が接地用接続パッドに半田付けされ他端が接地端子に半田付けされるワイヤとからなるものとして形成することもできる。このようにすると、圧電セラミック振動板の第一主表面側から接地用ワイヤの半田付け部を排除でき、接地電極の全面にわたって音響インピーダンス整合層を密着配置できるので、超音波の放射効率（あるいは超音波の受信効率）をさらに高めることができる。

【0023】

また、さらに別な構成として、ケーシングは、該ケーシングの底部と、該底部の周縁から立ち上がる側壁部と、該側壁部の底部と反対側の開口を塞ぐ天面部とが互いに導通する金属部材にて形成することができる。この場合、天面部の内面に圧電セラミック振動板の第一主表面を覆う接地電極を、導電性接着層を介して密着配置し、当該ケーシングを介して接地電極を接地するように構成することができる。この構成により、ケーシングを駆動用の接地経路として流用でき、接地用の配線部を簡略化することができる。この場合、天面部の外側主表面に、当該天面部との接触側と反対側の主表面に超音波放出面が形成された音響インピーダンス整合層を密着配置することができ、超音波の放射効率（あるいは超音波の受信効率）を高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

本発明の超音波出力素子の実施形態を、超音波流量計に適用した場合を例にとり、図面を参照しつつ説明する。図1は、一般住宅用ガスメータ等として用いられる超音波流量計の一実施例の基本構成である。この超音波流量計1には、被測定流体GFの流路を形成する流路形成部3と、流路形成部3に対し被測定流体GFの流通方向Oにおいて互いに異なる位置に設けられ、一方が被測定流体GFへの測定用超音波の送出側となり、他方が該測定用超音波の受信側となるように機能するとともに、各々測定用超音波として、予め定め

10

20

30

40

50

られた向きへの指向性を有する超音波ビームSWを送出可能な対をなす超音波送受信部2a, 2bとを備えている。流路形成部3と超音波送受信部2a, 2bとが流量計本体1Mを構成し、該流量計本体1Mと制御回路部1Eとにより超音波流量計1の全体が構成されている。

【0025】

流路形成部3は例えば金属製である。測定対象がガスの場合、流路形成部3の軸断面形状は壁部3Jにより閉鎖された空間を形成するものであればよく、例えば、円形状、楕円形状、正方形、矩形等いずれを採用してもよい。本実施形態では、流路形成部3は矩形の流路断面を有するものとして形成され、上壁部3Jaに上流側超音波送受信部2aが、また下壁部3jbに下流側超音波送受信部2bが取り付けられている。つまり、対をなす超音波送受信部2a, 2bが流路を挟む形で振り分けて配置されている。

10

【0026】

超音波送受信部2a, 2bは超音波振動子を有した超音波トランスデューサである。いずれも、本発明の超音波出力素子として構成され、駆動電圧の印加により超音波ビームを送出する超音波送出機能と、超音波ビームの受信により電気信号(受信信号)を出力する超音波受信機能とを複合して備える。いずれも全く同一の構造を有するので、その一方で代表させて説明する(以下、符号「2」により代表させる)。

【0027】

図2は、超音波送受信部2(超音波出力素子)の断面構造の一例を示すものである。超音波送受信部2は、その要部(振動駆動部)が、板厚方向に分極処理された圧電セラミック振動板21と、該圧電セラミック振動板21の各主表面を覆う形で該圧電セラミック振動板21を挟んで対向形成され、該圧電セラミック振動板21を超音波振動させるための駆動電圧が印加される主電極対22, 23と、主電極対22, 23のいずれとも絶縁分離した形で圧電セラミック振動板21上に形成され、駆動電圧の印加に伴い圧電セラミック振動板21に生ずる超音波振動の圧電モニタリング信号を取り出すためのモニタ用部分電極24とを備える。

20

【0028】

圧電セラミック振動板21は、例えばチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)、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のペロブスカイト型強誘電性セラミックにて構成されており、板厚方向に分極処理されている。また、各電極22, 23, 34はCu等の金属蒸着膜からなる。

30

【0029】

主電極対22, 23は、圧電セラミック振動板21の第一主表面を覆う接地電極22(GND側に接続される)と、同じく第二主表面を覆う駆動電極23(駆動電源側に接続される)とからなる。モニタ用部分電極24は、それら接地電極22及び駆動電極23のいずれよりも圧電セラミック振動板21に対する被覆面積を小さく形成されている。電極駆動電極23は接地電極22よりも圧電セラミック振動板21に対する被覆面積が小さく設定され、該圧電セラミック振動板21の第二主表面の駆動電極23に覆われていない残余領域にモニタ用部分電極24が形成される。

【0030】

モニタ用部分電極24は、圧電セラミック振動板21の第二主表面の外周縁領域に形成されている。具体的には、圧電セラミック振動板21が円板状に形成され、駆動電極23は該圧電セラミック振動板21の外周縁に沿う円状の外周縁形状を有する。そして、当該円状の外周縁の一部を半径方向内側に凹状に引っ込ませる形で駆動電極23の一部を切り欠き、その切欠き領域23cの内側にモニタ用部分電極24が形成されている。駆動電極23側の外周縁は、モニタ用部分電極24との隣接位置にて、該駆動電極23とモニタ用部分電極24との間に所定幅の隙間20を形成する形で、該モニタ用部分電極24の外周縁に倣う形状に形成されている。なお、駆動電極23とモニタ用部分電極24との間に形成される隙間20の幅wは、0.5mm以上2.5mm以下に調整される。

40

【0031】

50

なお、モニタ用部分電極 2 4 の形成形態は上記したものに限られるものではなく、例えば、図 1 2 に示すように、駆動電極 2 3 を直線状の隙間 2 0 により切り欠いて、弓形のモニタ用部分電極 2 4 を形成することも可能である。

【 0 0 3 2 】

また、圧電セラミック振動板 2 1 の分極処理は、図 1 3 に示すように、モニタ用部分電極 2 4 と駆動電極 2 3 とをパターンニング形成し、これら電極に対応する形で絶縁分離された分極ブロック 7 1 , 7 2 と、接地電極 2 2 側の分極ブロックとの間に挟みつけて、分極用電源 7 4 から高圧の分極電圧を印加して行なうことができる。一方、図 1 4 に示すように、モニタ用部分電極 2 4 及び駆動電極 2 3 とを一体電極 2 3 G として形成し、一体電極 2 3 G に対応した非分離の分極ブロック 7 2 と、接地電極 2 2 側の分極ブロックとの間に挟みつけて分極処理を行なった後、一体電極 2 3 G をパターンニングする方法を採用することも可能である。

10

【 0 0 3 3 】

図 2 に戻り、圧電セラミック振動板 2 1 は、駆動電極 2 3 及びモニタ用部分電極 2 4 の形成された第二主表面側がケーシング 2 9 の底部 2 8 の内面と対向する形で該ケーシング 2 9 内に配置されている。ケーシング 2 9 の底部 2 8 の裏面には、駆動端子 4 3 及びモニタ端子 4 4 が突出形成され、駆動電極 2 3 及びモニタ用部分電極 2 4 がこれら駆動端子 4 3 及びモニタ端子 4 4 にそれぞれ接続されている。

【 0 0 3 4 】

ケーシング 2 9 の側壁部 3 0 は、例えばステンレス鋼やアルミニウム合金など耐食性に優れる金属材料や、エンジニアリングプラスチック等で構成され、内周面底部側端部が段付き形状に拡径された形で裏面側開口部を形成している。そして、駆動端子 4 3、接地端子 4 1 及びモニタ端子 4 4 を裏面側に立設した基板 2 7 が該裏面側開口部に嵌め込まれ、さらにエポキシ樹脂やシリコン樹脂等の高分子材料が裏面側から充填されて底部 2 8 が形成されている。駆動端子 4 3、接地端子 4 1 及びモニタ端子 4 4 は、該底部 2 8 を貫通して裏面側に延出している。

20

【 0 0 3 5 】

また、圧電セラミック振動板 2 1 は、ケーシング 2 9 の底部 2 8 と反対側の開口に望む位置に配置されている。そして、該開口を塞ぐ形で音響インピーダンス整合層 2 5 が、圧電セラミック振動板 2 1 の第一主表面上に形成された接地電極 2 2 と密着する形で設けられている。音響インピーダンス整合層 2 5 は、例えば、エポキシ樹脂などの樹脂材料をマトリックスとし、空隙形成用フィラー（例えば、ガラスバルーン）を分散させた複合材料により円板状に形成されてなり、圧電セラミック振動板 2 1 との接触側と反対側の主表面に超音波放出面が形成されている。超音波の伝達効率を向上させるために、該音響インピーダンス整合層 2 5 の空隙形成用フィラーの体積配合比率は、圧電セラミック振動板 2 1 と被測定流体（ここでは都市ガス）との中間の音響インピーダンス値（例えば、両者の幾何平均値を目標値とする）となるように調整されている。なお、目的とする音響インピーダンス値を得るために、空隙形成用フィラーを混入しない樹脂材料で音響整合層 1 5 を構成することもある。

30

【 0 0 3 6 】

次に、圧電セラミック振動板 2 1 とケーシング 2 9 の底部 2 8 との間には、シリコン樹脂からなる絶縁層 2 6 が配置されている。駆動端子 4 3 と駆動電極 2 3 及びモニタ端子 4 4 とモニタ用部分電極 2 4 とは、該絶縁層 2 6 を貫く個別のワイヤ 3 3 , 3 4 によりそれぞれ半田付けによりボンディングされている。

40

【 0 0 3 7 】

また、接地電極 2 2 への導通経路 3 1 は、圧電セラミック振動板 2 1 の第二主表面側から該圧電セラミック振動板 2 1 の側周面を経て第一主表面側に回り込む形で形成されている。接地電極 2 2 は、ケーシング 2 9 の底部 2 8 の裏面に突出形成された接地端子 4 1 に対し、導通経路 3 1 を介して接続されている。図 2 において、該導通経路 3 1 は、圧電セラミック振動板 2 1 の第一主表面側に一端が接地電極 2 2 に半田付けされるワイヤ 3 1

50

とされている。また、音響インピーダンス整合層 2 5 の該接地電極 2 2 との対向面には、ワイヤ 3 1 の半田付け部 3 1 s を収容する凹状部 2 5 c が形成されている。

【 0 0 3 8 】

図 1 に戻り、制御回路部 1 E には、前述の超音波駆動機構 4 と周辺回路ブロック 7 ~ 1 1 が設けられている。超音波駆動機構 4 は、送信部 5、受信部 6 及び切り替え部 4 s を有する。送信部 5 は、超音波送受信部 2 a, 2 b に対して駆動信号を入力するための回路である。受信部 6 はスイッチ等から構成され、このスイッチを切り替えることにより、前述の駆動モードの切り替えがなされる。この受信部 6 の切り替え制御は切り替え部 4 s により行われる。増幅部 7 は、受信部 6 により受信された超音波を所定の増幅率で増幅し、ゼロクロスポイント検出部 9 に入力する。ゼロクロスポイント検出部 9 は、受信した超音波波形に含まれる特定順位波（例えば、第 3 波）のゼロクロスポイントを検出するものである。時間計測部 1 0 は、第一駆動モードでの、上流側超音波送受信部 2 a から発信された超音波ビーム S W が下流側超音波送受信部 2 b に到達するまでの順方向伝播時間と、第二駆動モードにおける下流側超音波送受信部 2 b から発信された超音波ビーム S W が上流側超音波送受信部 2 a に到達するまでの逆方向伝播時間とを計測するものである。また、演算部 1 1 は、上記の順方向伝播時間と逆方向伝播時間との時間差から、流路を流れる被測定流体の平均流速及び流量を計算する。

10

【 0 0 3 9 】

図 7 を用いて既に説明したごとく、超音波送受信部 2 は、外部からの駆動信号を受けることで、その信号が圧電セラミック振動版にて機械振動に変換され、さらに音響インピーダンス整合層 2 5 を伝播して被測定流体へ放射されるので、上記の駆動信号の入力タイミングから超音波が被測定流体に放出されるまでに一定の遅延時間が存在する。そして、従来の流量計測（図 7 : (3)）では、駆動信号の入力タイミングを超音波の被測定流体への放出タイミングと等価とみなし、これを超音波伝播時間の計測起点として用いていた。ところが、この計測方法では、超音波伝播時間に上記に遅延時間が計測誤差として含まれてしまうことは明らかであり、該遅延時間が、振動駆動部の経時劣化や、順方向計測時と逆方向計測時との間での、温度変化に対する非対象性などに伴い変動すると（図 7 : (1)）、該遅延時間の、本来の超音波伝播時間（図 7 : (2)）への誤差寄与率も変動し、超音波伝播時間の計測補正が不可能になってしまう問題がある。

20

【 0 0 4 0 】

しかし、上記本発明の超音波出力素子 2 の構成、すなわち、振動駆動部の要部をなす圧電セラミック振動板 2 1 に、駆動用の電極以外に、駆動電圧の印加に伴い当該の圧電セラミック振動板 2 1 に生ずる超音波振動の圧電モニタリング信号を取り出すためのモニタ用部分電極 2 4 を設けた構成を採用することで、駆動信号が入力された圧電セラミック振動板の振動波形をリアルタイムでモニタリングできる。

30

【 0 0 4 1 】

すなわち、図 7 中に破線で示すごとく、駆動信号が入力された後、圧電セラミック振動板の遅延を含んだ形で、実際にいつ超音波振動が圧電セラミック振動板 2 1 に発生したかを、このモニタ用部分電極 2 4 の波形を監視することで知ることができる。従って、駆動信号の入力タイミングからモニタ用部分電極 2 4 の出力に振動波形が現われるまでの時間を計測すれば、駆動信号の入力タイミングから超音波の被測定流体への放出タイミングに至る遅延時間を把握できる。その結果、遅延時間が振動駆動部の経時劣化に伴い変動した場合でも、モニタ用部分電極 2 4 の出力監視により該遅延時間を特定することで、超音波伝播時間の測定基準を、超音波の被測定流体への実際の放出タイミングに近づけることができ（図 7 : (4)）、計測誤差を減ずることができる。

40

【 0 0 4 2 】

図 4 は、図 1 の回路構成の詳細例を示すものである。2 つの超音波送受信部 2 a, 2 b は、いずれも接地端子 4 1 a, 4 1 b が個別のスイッチ S W 3, S W 4 を介して接地ライン G N D に接続されている。接地ライン G N D はスイッチ S W 5 を開始して接地導通とフロートとの間で切り替え可能になっている。一方、駆動端子 4 3 a, 4 3 b は、スイッチ

50

SW1, SW2により駆動入力ラインINPに、択一的に接続切り替え可能につながれている。また、モニタ端子44a, 44bは、スイッチSW8, SW9によりモニタラインMNTに、択一的に接続切り替え可能につながれている。さらに、駆動入力ラインINPとモニタラインMNTとは、増幅部7に対し、スイッチSW6, SW7により択一的に接続切り替え可能につながれている。

【0043】

なお、駆動入力ラインINP上には、並列の双方向ダイオード対からなるインピーダンス変換用のブートストラップ回路51が設けられている。また、モニタラインMNTと接地ラインGNDとの間には、並列の双方向ダイオード対からなる過電圧保護回路52が配置されている。さらに、駆動入力ラインINP上と接地ラインGNDとの間には、耐ノイズ性向上と駆動入力電圧安定化を図るための抵抗R2が挿入されている。また、モニタラインMNT上には、増幅部7への入力インピーダンス調整用の抵抗R1が挿入されている。増幅部7は、入力上段側から、圧電セラミック振動板に生ずる電荷量変化を電圧変換するチャージアンプ71と、該チャージアンプ71の出力電圧を反転増幅する反転増幅部72とを有する。

【0044】

図5は、ゼロクロスコンパレータ部9の回路構成例を示すものであり、増幅部7の波形出力の入力信号は、該入力信号をGND基準で方形波化する第一コンパレータ91と、同じく下限振幅(振幅下限値Vs)を規制しつつ方形波化する第二コンパレータ92とに分配入力される。第一コンパレータ91の出力は、セットリセットフリップフロップ(RSFF)回路93のセット端子に、第二コンパレータ92の出力は同じリセット端子に入力され、該セットリセットフリップフロップ(RSFF)回路93の出力変化エッジをトリガとする形で、単安定回路にて構成されたゼロクロスポイントパルス発生回路94が、増幅部7からの入力波形のうち振幅Vsを超える半波によるゼロクロスポイントに対応したパルス波形を出力する。このパルス波形は、クロックパルス発生回路96からのクロック入力と同期して動作するパルスカウンタ回路95にて計測され、規定数のパルス入力を計数することにより伝播時間の検出信号を出力する。

【0045】

図6は、各部の動作シーケンスを示すタイミング図である。駆動パルス入力により励起された振動波形の増幅出力(Va)は、第一コンパレータ91により方形波化される一方(Vb1)第二コンパレータ92は、振幅Vsを閾値とした反転波形にて上記振動波形を方形化する。これにより、第一コンパレータ91の方形波出力は、振幅Vsを超える半波が入力された場合にのみRSFF回路93によりラッチされ、ゼロクロスポイントパルス発生回路94へのパルス出力トリガとなる入力エッジを生ずる。本実施形態では、振幅が漸増する初期振動波形の所定順位波のゼロクロスポイント(ここでは、第二正半波のゼロクロスポイント(つまり、波形開始点から3番目のゼロクロスポイント)から認識されるように、第二コンパレータ92の振幅閾値が定められている。

【0046】

図4の回路は、以下のように動作する(スイッチの繰り替え駆動は、図1の演算部11(マイクロコンピュータで構成される)が所定の制御プログラムを実行することにより行なわれる)。まず、上流側超音波送受信部2aに駆動信号パルスが入力される。このとき、SW1, SW7, SW8がONとなり、SW3, 4, 5もONとなる。他方、SW2, SW6, SW9はOFFとなる。これにより、上流側超音波送受信部2aは駆動端子43aにて振動励起され、前述の遅延時間を経てモニタ端子44aに駆動モニタ波形が現われる。この波形は、モニタラインMNT(SW7)を経て増幅部7からゼロクロスコンパレータ9に入力され、前述のごとく、所定順位波のゼロクロスポイントが特定され、伝播時間検出信号が時間計測回路10に出力される。時間計測回路10は、駆動信号の入力タイミングを起点として、モニタ波形の上記ゼロクロスポイントまでの時間t0(図7)を測定する。

【0047】

10

20

30

40

50

上流側超音波送受信部 2 a からは上記駆動入力に基づく超音波が被測定媒体中に放出されているので、この波形が下流側超音波送受信部 2 b に到達するまでの間に、SW 7, SW 8 を OFF として、SW 2, SW 6 を ON とする切り替えを行なう (SW 1, 3, 4, 5 は ON 状態を、SW 9 は OFF 状態を継続する)。これにより、下流側超音波送受信部 2 b の受信波形が駆動ライン MNT (SW 6) を経て増幅部 7 からゼロクロスコンパレータ 9 に入力され、所定順位波のゼロクロスポイントが特定され、伝播時間検出信号が時間計測回路 10 に出力される。時間計測回路 10 は、駆動信号の入力タイミングを起点として、受信波形の上記ゼロクロスポイントまでの時間 t_x (図 7) を測定する。これにより、最終的な順方向伝播時間を $t_x - t_0$ として算出できる。

【0048】

続いて、上流側超音波送受信部 2 a と下流側超音波送受信部 2 b との送受信関係を入れ替えて同様の測定が行なわれる。すなわち、下流側超音波送受信部 2 b に駆動信号パルスを入力するため、SW 2, SW 7, SW 9 が ON となり、SW 3, 4, 5 も ON となる。他方、SW 1, SW 6, SW 8 は OFF となる。これにより、下流側超音波送受信部 2 b は駆動端子 43 b にて振動励起され、前述と同様に所定順位波のゼロクロスポイントが特定され、伝播時間検出信号が時間計測回路 10 に出力される。時間計測回路 10 は、駆動信号の入力タイミングを起点として、モニタ波形の上記ゼロクロスポイントまでの時間 t_0' を測定する。次に、SW 7, SW 9 を OFF として、SW 1, SW 2, SW 6 を ON とする切り替えを行なう (SW 2, 3, 4, 5 は ON 状態を、SW 8 は OFF 状態を継続する)。これにより、上流側超音波送受信部 2 a の受信波形のゼロクロスポイントが特定され、伝播時間検出信号が時間計測回路 10 に出力される。時間計測回路 10 は、駆動信号の入力タイミングを起点として、受信波形の上記ゼロクロスポイントまでの時間 t_x' を測定する。これにより、最終的な逆方向伝播時間を $t_x' - t_0'$ として算出できる。そして、前述の順方向伝播時間 $t_x - t_0$ を合わせ用いて、周知の方法にて流速 (あるいは流量) を算出することができる。

【0049】

以下、上記本発明の種々の変形例について説明する。

図 3 A の実施形態では駆動パルスは 1 個のみ入力していたが、駆動波形の均一化及び安定化のために、図 3 B に示すように、複数個の駆動パルスを連続して入力するようにしてもよい。

【0050】

また、図 8 に示すように、駆動端子 43 にモニタ端子を統合し、駆動電極 23 とモニタ部分電極 25 とを、導通接続 / 絶縁分離との間で切り替えるスイッチ SW 10 を設けることも可能である。この構成では、駆動入力時には駆動電極 23 とモニタ部分電極 25 とが導通接続されるようにスイッチ SW 10 を駆動切り替えすることで、モニタ部分電極 25 も駆動電圧の印加を担うことができ、圧電セラミック振動板 21 への駆動電圧印加をより均一に行なうことができる。駆動後は直ちにスイッチ SW 10 を切り替えることで、駆動電極 23 とモニタ部分電極 25 とを絶縁分離でき、モニタ部分電極 25 を介して圧電セラミック振動板 21 の振動波形をより明確にモニタリングできる。図 9 は、この場合の回路構成例である。図 4 のスイッチ SW 8, 9 は省略されており、駆動ライン INP の一部がモニタライン MNT に共用化されている。

【0051】

上流側超音波送受信部 2 a に駆動信号パルスが入力される場合は、SW 1, SW 7, SW 10 が ON となり、SW 3, 4, 5 も ON となる。他方、SW 2, SW 6, SW 11 は OFF となる。受信時は、SW 7, SW 1, SW 10 を OFF として、SW 2, SW 6, SW 11 を ON とする切り替えを行なう。また、下流側超音波送受信部 2 b に駆動信号パルスが入力される場合は、SW 2, SW 7, SW 11 が ON となり、SW 3, 4, 5 も ON となる。他方、SW 1, SW 6 は OFF となる。受信時は、SW 7, SW 2, SW 11 を OFF として、SW 1, SW 6, SW 10 を ON とする切り替えを行なう (SW 3, 4, 5 は ON 状態を継続する)。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

図 10 の構成では、接地用の配線部を、一端が接地電極 2 2 に接続し、駆動電極 2 3 及びモニタ用部分電極 2 4 のいずれとも絶縁分離された形で圧電セラミック振動板 2 1 の第一主表面に形成された接地用接続パッド 3 p に他端が接続する形で圧電セラミック振動板 2 1 の周側面上に形成された接地用リード層 3 1 a と、一端が接地用接続パッド 3 p に半田付けされ他端が接地端子 4 1 に半田付けされるワイヤ 3 1 b とからなるものとして形成している。なお、接地用接続パッド 3 p とモニタ用部分電極 2 4 とは、駆動電極 2 2 による振動駆動分布の幾何学的バランスを考慮して、圧電セラミック振動板 2 1 の第一主表面の中心（幾何学的重心）位置に関してほぼ点対称の位置関係にて配置されている。

【 0 0 5 3 】

また、図 11 の構成においては、ケーシング 2 9 が、底部 2 8 と、該底部 2 8 の周縁から立ち上がる側壁部 3 0 と、該側壁部 3 0 の底部 2 8 と反対側の開口を塞ぐ天面部 2 9 t とが互いに導通する金属部材にて形成することができる。天面部 2 9 t の内面には、圧電セラミック振動板 2 1 の第一主表面を覆う接地電極 2 2 が導電性接着層 4 6 を介して密着配置され、ケーシング 2 9 を介して接地電極 2 2 が接地されるようになっている。また、天面部 2 9 t の外側主表面には、当該天面部 2 9 t との接触側と反対側の主表面に超音波放出面が形成された音響インピーダンス整合層 2 5 が密着配置されている。側壁部 3 0 の内周面にはゴム製の絶縁リングが嵌め込まれ、圧電セラミック振動板 2 1 と底部 2 8 との間の空隙はシリコン系等のゲル状高分子材料により充填されている。なお接地端子 4 1 は底部 2 8 に一体化される形で突出形成されている。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 4 】

【 図 1 】 本発明の適用対象となる超音波流量計の全体構成を示す模式図。

【 図 2 】 本発明の超音波出力素子の一実施形態を示す縦断面図。

【 図 3 A 】 図 1 の超音波出力素子の電極形態を駆動例とともに示す説明図。

【 図 3 B 】 同じく駆動例の第一変形例を示す説明図。

【 図 4 】 図 1 の回路部分の詳細を示す図。

【 図 5 】 図 4 のゼロクロスコンパレータ回路の構成例を示す回路図。

【 図 6 】 図 5 のゼロクロスコンパレータ回路の動作シーケンスを示すタイミング図。

【 図 7 】 図 1 の超音波流量計の動作説明図。

【 図 8 】 図 1 の超音波出力素子に係る端子接続形態の変形例を駆動例とともに示す説明図。

【 図 9 】 図 8 に対応する回路変形例を示す図。

【 図 10 】 図 1 の超音波出力素子の第一変形例を示す説明図。

【 図 11 】 同じく第二変形例を示す説明図。

【 図 12 】 電極形成形態の変形例を示す図。

【 図 13 】 圧電セラミック振動板の分極工程の第一例を示す説明図。

【 図 14 】 同じく第二例を示す説明図。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 5 】

- 3 p 接地用接続パッド
- 2 0 隙間
- 2 1 圧電セラミック振動板
- 2 2 , 2 3 主電極対
- 2 2 接地電極
- 2 3 c 切欠き領域
- 2 4 モニタ用部分電極
- 2 5 音響インピーダンス整合層
- 2 5 c 凹状部
- 2 6 絶縁層

10

20

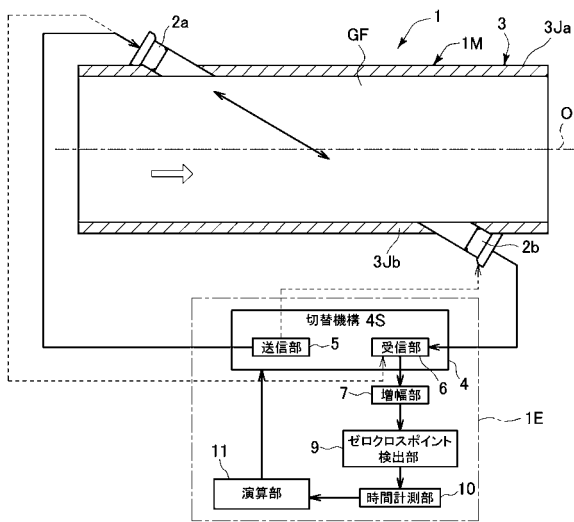
30

40

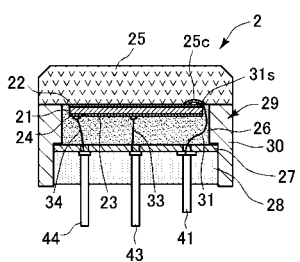
50

- 2 8 底部
- 2 9 ケーシング
- 2 9 t 天面部
- 3 0 側壁部
- 3 1 ワイヤ(導通経路)
- 3 1 b ワイヤ
- 3 1 a 接地用リード層
- 3 1 s 半田付け部
- 4 1 接地端子
- 4 3 駆動端子
- 4 6 導電性接着層

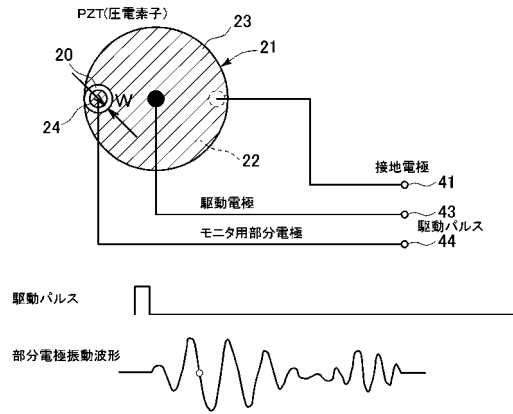
【図1】



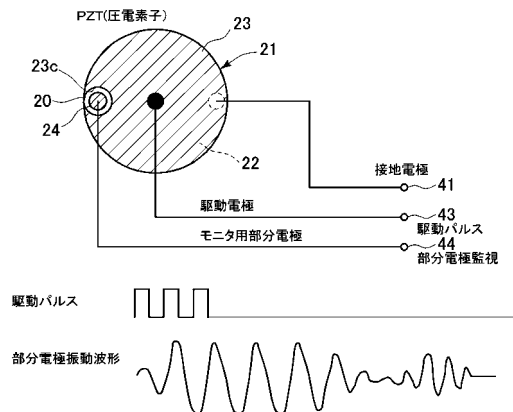
【図2】



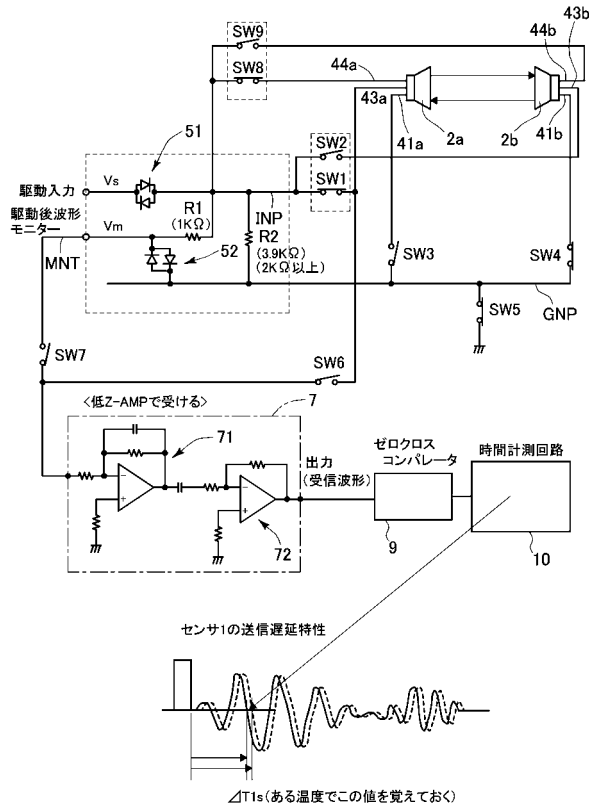
【図3A】



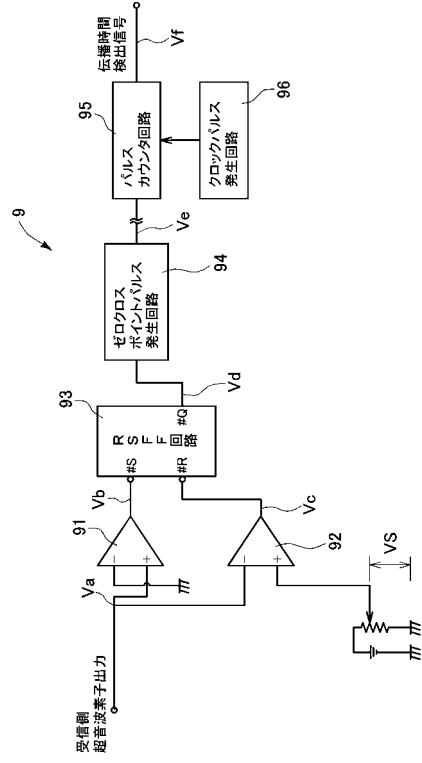
【図3B】



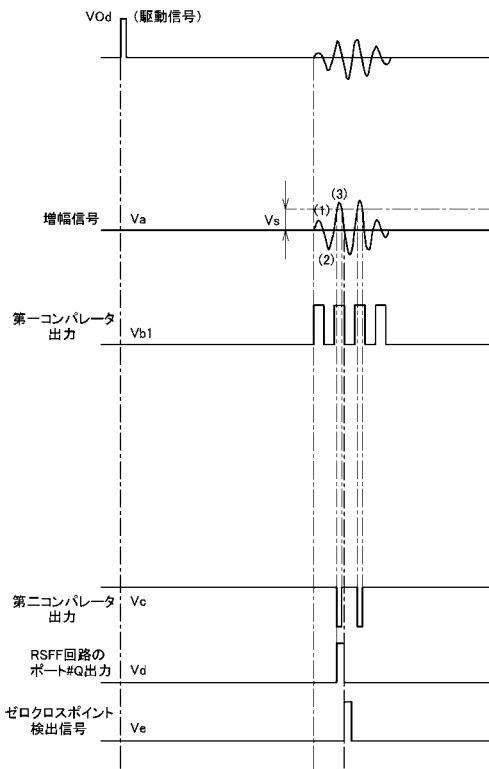
【図4】



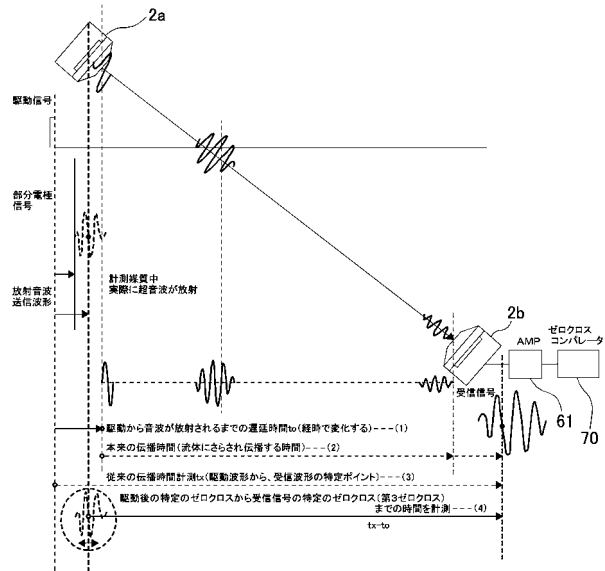
【図5】



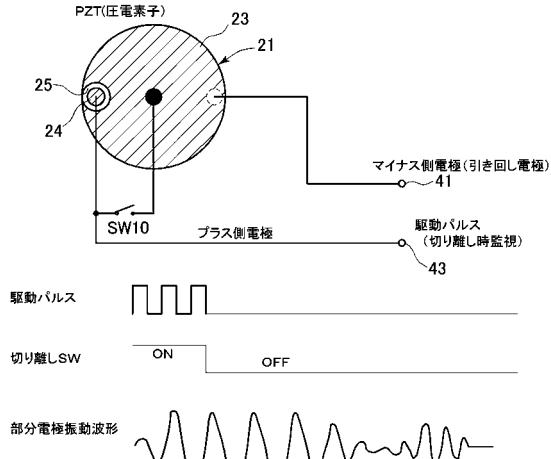
【図6】



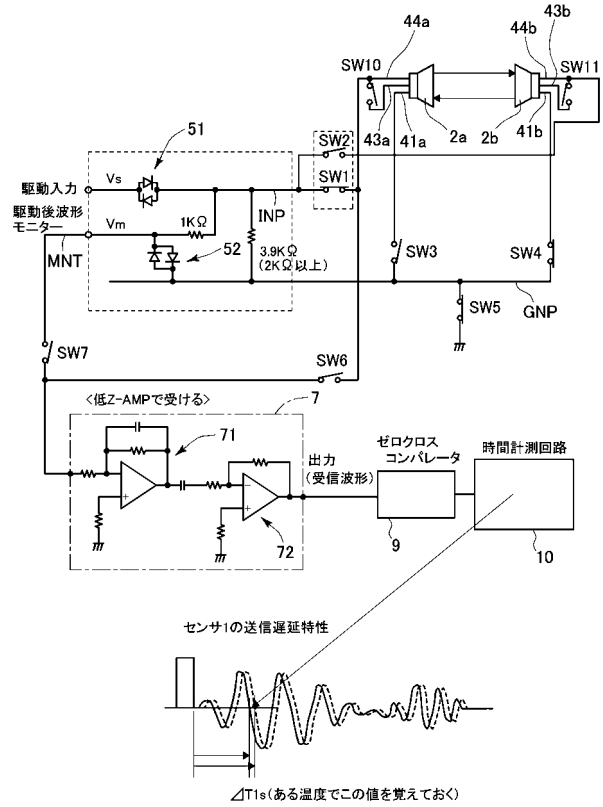
【図7】



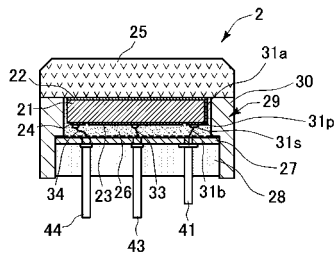
【図8】



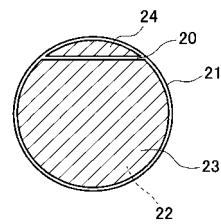
【図9】



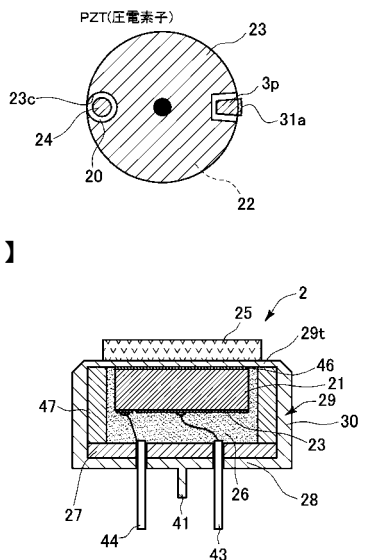
【図10】



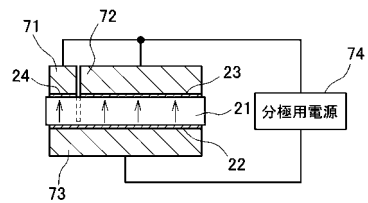
【図12】



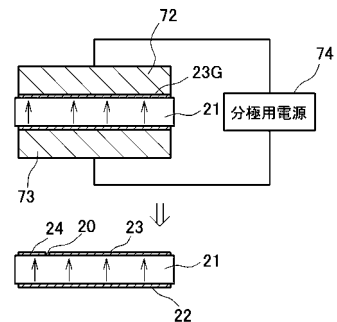
【図11】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09-089616(JP,A)
特開昭58-022039(JP,A)
特開2005-345445(JP,A)
特開2004-349973(JP,A)
特開平06-047042(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01F	1/66
G01S	7/52
H04R	17/00