(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2014-115255
(P2014-115255A)
(43)公開日　平成26年6月26日(2014.6.26)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G01S 7/524	(2006.01)	G01S 7/524	Q	5J083

審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 14 頁）

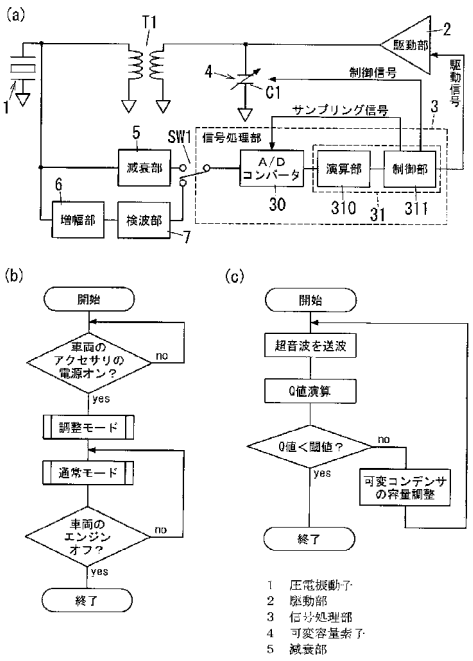
(21)出願番号　特願2012-271606 (P2012-271606)
(22)出願日　平成24年12月12日 (2012.12.12)

(71)出願人　000005821
パナソニック株式会社
大阪府門真市大字門真１００６番地
(74)代理人　100087767
弁理士　西川　惠清
(74)代理人　100155756
弁理士　坂口　武
(74)代理人　100161883
弁理士　北出　英敏
(74)代理人　100167830
弁理士　仲石　晴樹
(72)発明者　只政　逸志
大阪府門真市大字門真１００６番地　パナソニック株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】超音波センサ

(57)【要約】
【課題】近傍に障害物が存在する場合にも残響時間を容易に予測することのできる超音波センサを提供する。
【解決手段】圧電振動子１と、圧電振動子１を駆動する駆動部２と、圧電振動子１と並列に接続される可変容量素子４と、可変容量素子４の容量を調整する信号処理部３と、圧電振動子１から出力される電気信号を減衰して信号処理部３に出力する減衰部５とを備え、信号処理部３は、圧電振動子１から超音波を送波した際に生じる残響信号の減衰振動のピーク電圧を測定し、測定したピーク電圧に基づいて圧電振動子１のＱ値を演算し、且つ演算した圧電振動子１のＱ値に基づいて可変容量素子４の容量を調整する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
超音波を送受波する圧電振動子と、前記圧電振動子を駆動する駆動部と、前記圧電振動子と直列又は並列に接続される可変容量素子と、前記可変容量素子の容量を調整する信号処理部と、前記圧電振動子から出力される電気信号を減衰して前記信号処理部に出力する減衰部とを備え、
前記信号処理部は、前記圧電振動子から超音波を送波した際に生じる残響信号の減衰振動のピーク電圧を測定し、測定した前記ピーク電圧に基づいて前記圧電振動子のＱ値を演算し、且つ演算した前記圧電振動子のＱ値に基づいて前記可変容量素子の容量を調整することを特徴とする超音波センサ。
【請求項２】
前記信号処理部は、前記残響信号の減衰振動のうち、互いに１パルス以上離れた２つの前記ピーク電圧に基づいて前記圧電振動子のＱ値を演算することを特徴とする請求項１記載の超音波センサ。
【請求項３】
前記信号処理部は、所定のパルス数の分だけ前記残響信号の減衰振動のパルスをスキップしてから前記ピーク電圧を測定することを特徴とする請求項１記載の超音波センサ。
【請求項４】
前記信号処理部は、前記残響信号の周期を測定し、前記残響信号の周期に基づいてスキップ数を決定する第１処理と、前記スキップ数の分だけ前記残響信号の減衰振動のパルスをスキップしてから前記ピーク電圧を測定する第２処理とを実行することを特徴とする請求項１記載の超音波センサ。
【請求項５】
前記信号処理部は、前記調整モードにおいて、前記残響信号のゼロクロス点から所定時間遅延したタイミングで前記残響信号をサンプリングし、前記ピーク電圧を測定することを特徴とする請求項１記載の超音波センサ。
【請求項６】
前記所定時間は、前記残響信号の周期の１／４であることを特徴とする請求項５記載の超音波センサ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、超音波センサに関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、超音波を送信した後、障害物からの反射波を受信することにより障害物の有無を検出する障害物検出センサに適用される送受信兼用の超音波センサが知られており、例えば特許文献１に開示されている。この特許文献１に記載の超音波センサは、圧電振動子に対して並列接続される複数のコンデンサと、圧電振動子とコンデンサとの接続状態を切り換える複数のスイッチとを備える。
【０００３】
この超音波センサでは、出力信号処理回路にて、圧電振動子からの受信信号に基づいて圧電振動子の出力の残響時間をセンシングし、マイコンからその残響時間に応じたオンオフ制御信号を出力することで、複数のスイッチのオンオフ組み合わせを変更する。これにより、この超音波センサでは、圧電振動子の静電容量補償を行い、所望の残響時間となるように調整する。
【０００４】
また、超音波パルスを送受波する超音波振動子のＱ値を検出し、検出されたＱ値に応じて超音波の受波時刻を設定する超音波センサが知られており、例えば特許文献２に開示されている。この特許文献２に記載の超音波センサは、検出されたＱ値が小さい場合には、

残響終了時刻が早くなることに合わせて受波時刻を早く設定する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２００４－３４３４８２号公報
【特許文献２】特開平４－０８３１９２号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
しかしながら、超音波センサの近傍に障害物が存在する場合には、圧電振動子から超音波を送波した直後の残響に障害物からの反射波が重畳する虞がある。そして、特許文献１に記載の超音波センサでは、残響に反射波が重畳した場合、残響と反射波との区別がつかないため、残響時間を測定し難いという問題があった。特に、超音波の波長程度の距離に障害物が存在する場合、多重反射によって障害物からの反射波が残響に複数重畳するため、より残響時間を測定し難い。
【０００７】
また、引用文献２に記載の超音波センサでも、残響に反射波が重畳して残響と反射波との区別がつかないため、超音波振動子のＱ値を正確に測定できず、残響終了時刻を予測し難いという問題があった。
【０００８】
本発明は、上記の点に鑑みて為されたもので、近傍に障害物が存在する場合にも残響時間を容易に予測することのできる超音波センサ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】
【０００９】
本発明の超音波センサは、超音波を送受波する圧電振動子と、前記圧電振動子を駆動する駆動部と、前記圧電振動子と直列又は並列に接続される可変容量素子と、前記可変容量素子の容量を調整する信号処理部と、前記圧電振動子から出力される電気信号を減衰して前記信号処理部に出力する減衰部とを備え、前記信号処理部は、前記圧電振動子から超音波を送波した際に生じる残響信号の減衰振動のピーク電圧を測定し、測定した前記ピーク電圧に基づいて前記圧電振動子のＱ値を演算し、且つ演算した前記圧電振動子のＱ値に基づいて前記可変容量素子の容量を調整することを特徴とする。
【００１０】
この超音波センサにおいて、前記信号処理部は、前記残響信号の減衰振動のうち、互いに１パルス以上離れた２つの前記ピーク電圧に基づいて前記圧電振動子のＱ値を演算することが好ましい。
【００１１】
この超音波センサにおいて、前記信号処理部は、所定のパルス数の分だけ前記残響信号の減衰振動のパルスをスキップしてから前記ピーク電圧を測定することが好ましい。
【００１２】
この超音波センサにおいて、前記信号処理部は、前記残響信号の周期を測定し、前記残響信号の周期に基づいてスキップ数を決定する第１処理と、前記スキップ数の分だけ前記残響信号の減衰振動のパルスをスキップしてから前記ピーク電圧を測定する第２処理とを実行することが好ましい。
【００１３】
この超音波センサにおいて、前記信号処理部は、前記調整モードにおいて、前記残響信号のゼロクロス点から所定時間遅延したタイミングで前記残響信号をサンプリングし、前記ピーク電圧を測定することが好ましい。
【００１４】
この超音波センサにおいて、前記所定時間は、前記残響信号の周期の１／４であることが好ましい。

【発明の効果】
【００１５】
本発明では、近傍に障害物が存在したとしても、障害物からの反射波を減衰部で減衰させることができるので、残響信号に反射波が重畳し難い。したがって、本発明は、近傍に障害物が存在する場合にも残響時間を容易に予測することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１６】
【図１】本発明に係る超音波センサの実施形態１を示す図で、（ａ）はブロック図で、（ｂ）は動作の概略を示すフローチャート図で、（ｃ）は調整モードにおける動作のフローチャート図である。
【図２】（ａ），（ｂ）は、それぞれ同上の超音波センサの残響波形を示す図である。
【図３】同上の超音波センサの調整モードにおける他の動作のフローチャート図である。
【図４】同上の超音波センサにおける他の構成を示すブロック図である。
【図５】本発明に係る超音波センサの実施形態２を示す図で、（ａ）はブロック図で、（ｂ）は調整モードにおける動作のフローチャート図である。
【図６】同上の超音波センサの残響波形を示す図である。
【図７】本発明に係る超音波センサの実施形態３を示す図で、（ａ）はブロック図で、（ｂ）はＱ値の演算処理のフローチャート図である。
【図８】同上の超音波センサの動作説明図である。
【図９】本発明に係る超音波センサにおける圧電振動子のＱ値の演算を省略した調整モードの動作を示すフローチャート図である。
【発明を実施するための形態】
【００１７】
（実施形態１）
以下、本発明に係る超音波センサの実施形態１について図面を用いて説明する。本実施形態は、図１（ａ）に示すように、圧電振動子１と、駆動部２と、信号処理部３と、可変容量素子４と、減衰部５と、増幅部６と、検波部７とを備える。本実施形態は、例えば自動車の車体（図示せず）に搭載され、車両の周辺の障害物の有無を検知するために使用される。また、本実施形態は、検知範囲内に障害物が存在する場合には、障害物までの距離を演算する。
【００１８】
圧電振動子１は、図示しない器体に装着され、例えば車体のバンパーに取り付けられる。圧電振動子１は、後述する駆動部２から発振信号を与えられることにより振動し、超音波を送波する。また、圧電振動子１は、障害物で反射した反射波を受波して振動することにより、反射波に基づいた電気信号に変換して出力する。
【００１９】
駆動部２は、所定の周波数の発振信号を発振する発振器（図示せず）と、発振器と圧電振動子１との間の接続を切り替えるスイッチ（図示せず）とを備える。当該スイッチは、後述する制御部３１１から与えられる駆動信号によってオン／オフを切り替える。したがって、駆動部２は、制御部３１１からの駆動信号により圧電振動子１に発振信号を入力し、圧電振動子１を振動させて超音波を送波させる。なお、圧電振動子１と駆動部２との間には、絶縁トランスＴ１を設けている。この絶縁トランスＴ１により、駆動部２からの発振信号の電力を増幅している。
【００２０】
信号処理部３は、Ａ／Ｄコンバータ３０と、制御ブロック３１とから成る。Ａ／Ｄコンバータ３０は、アナログ信号である圧電振動子１の出力信号をディジタル信号に変換する。制御ブロック３１は、例えばマイコンから成り、Ａ／Ｄコンバータ３０からのディジタル信号を受けて各種処理を実行する。制御ブロック３１は、演算部３１０と、制御部３１１とを備える。
【００２１】

なお、演算部３１０及び制御部３１１は、制御ブロック３１が各種プログラムを実行することで機能するプログラムモジュールである。勿論、制御ブロック３１は、その構成がマイコンに限定されるものではなく、演算部３１０及び制御部３１１をそれぞれハードウェアで構成してもよい。

【００２２】

演算部３１０は、後述する通常モードにおいては、圧電振動子１での超音波の送受波のタイミングに基づいて障害物までの距離を演算する処理を実行する。また、演算部３１０は、後述する調整モードにおいては、圧電振動子１を含むシステムのＱ値（以下、「圧電振動子１のＱ値」と呼ぶ）を演算する処理を実行する。

【００２３】

ここで、圧電振動子１のＱ値は、圧電振動子１から超音波を送波した際の残響が持続する時間である残響時間と相関がある。すなわち、圧電振動子１のＱ値が大きければ残響時間が長くなり、Ｑ値が小さければ残響時間が短くなる。したがって、圧電振動子１のＱ値を演算することで残響時間を予測することができる。

【００２４】

圧電振動子１のＱ値は、圧電振動子１が超音波を送波した際の残響の減衰特性から求めることができる。例えば、図２（ａ）に示すように、残響に基づく電気信号（以下、「残響信号」と呼ぶ）の減衰振動の最初のパルスのピーク電圧をＶ１、２番目のパルスのピーク電圧をＶ２としたとき、圧電振動子１のＱ値は以下の式で求めることができる。

【００２５】

Ｑ＝－２π／ｌｎ（Ｖ２／Ｖ１）

なお、残響信号の減衰振動のピーク電圧は、演算部３１０においてピーク検出処理を実行することで測定する。

【００２６】

このように、残響信号の減衰振動の２パルス分、又は数パルス分のピーク電圧を測定すれば圧電振動子１のＱ値を計算することができる。このため、残響時間を直接測定する場合と比較して、短時間で残響時間を予測することができる。なお、更に短時間で残響時間を予測するためには、圧電振動子１から送波する超音波のパルス数を少なくする（例えば、１パルスのみ送波する）とよい。

【００２７】

ここで、圧電振動子１のＱ値をより精度良く求める場合には、残響信号の減衰振動の隣り合うパルスのピーク電圧に基づいて逐次Ｑ値を演算し、その平均値を圧電振動子１のＱ値とすることが望ましい。例えば、残響信号の減衰振動の１，２番目のパルスのピーク電圧に基づいてＱ値を演算、３，４番目のパルスのピーク電圧に基づいてＱ値を演算し、各Ｑ値の平均値を圧電振動子１のＱ値とする。しかしながら、この演算方法では、Ｑ値を複数回演算する必要があるため、処理に要する負荷が大きくなってしまう。

【００２８】

そこで、残響信号の減衰振動のうち、互いに１周期以上離れた２つのパルスのピーク電圧を測定し、これらピーク電圧に基づいて圧電振動子１のＱ値を演算してもよい。すなわち、図２（ｂ）に示すように、残響信号の減衰振動のｎ番目（ｎは３以上の自然数）のパルスのピーク電圧をＶｎとしたとき、圧電振動子１のＱ値は以下の式で求めることができる。

【００２９】

Ｑ＝－ｎπ／ｌｎ（Ｖｎ／Ｖ１）

この演算方法では、Ｑ値の演算を１回行うだけでよいので、処理に要する負荷を低減することができる。

【００３０】

制御部３１１は、上述のように、駆動部２に駆動信号を与えることで、圧電振動子１から超音波を送波させる。また、制御部３１１は、演算部３１０で演算したＱ値に基づいて、後述する可変容量素子４の可変コンデンサＣ１に制御信号を与える。また、制御部３１

１は、Ａ／Ｄコンバータ３０にサンプリング信号を与えている。Ａ／Ｄコンバータ３０は、このサンプリング信号に基づいて、圧電振動子１から出力される電気信号をサンプリングする。

【００３１】

なお、微分回路（図示せず）を別途設け、微分回路を用いて残響信号の減衰振動のピーク電圧を測定する構成でもよい。この構成では、圧電振動子１から出力される電気信号を微分回路で微分し、微分回路の出力信号をコンパレータ（図示せず）に入力する。制御部３１１は、当該コンパレータの出力信号がゼロとなるタイミングでＡ／Ｄコンバータ３０によるサンプリングを実行させる。これにより、残響信号の減衰振動のピーク電圧を測定することができる。

【００３２】

演算部３１０及び制御部３１１は、車両の動作に基づいて、通常モードと、調整モードとの何れかのモードで動作する。通常モードは、検知範囲内（すなわち、超音波の届く範囲内）における障害物の有無を検知するモードである。調整モードは、後述する可変容量素子４の可変コンデンサＣ１の容量を調整することで、圧電振動子１のＱ値を調整するモードである。

【００３３】

例えば、演算部３１０及び制御部３１１は、運転者がイグニッションキーを用いて車両のアクセサリの電源をオンに切り替える、又はエンジンを起動したときに調整モードで動作し、調整モードの終了後に通常モードに切り替える。勿論、アクセサリの電源をオンに切り替える又はエンジンを起動する度に調整モードで動作する必要はなく、調整モードで動作する条件は適宜変更してもよい。本実施形態では、車両のアクセサリの電源をオンに切り替えることを条件にして、演算部３１０及び制御部３１１が調整モードに切り替える。

【００３４】

可変容量素子４は、圧電振動子１に直列又は並列に接続される可変コンデンサＣ１から成る。本実施形態では、可変容量素子４は圧電振動子１に並列に接続している。可変コンデンサＣ１は、制御部３１１から与えられる制御信号により容量を調整することができる。この可変コンデンサＣ１の容量を調整することで、圧電振動子１のＱ値を調整することができる。なお、可変容量素子４は、例えば従来例のように、コンデンサ及びスイッチを直列に接続した直列回路を複数並列に接続して構成してもよい。この構成では、制御部３１１から各スイッチに制御信号を与えて各スイッチのオン／オフを適宜切り替えることで、可変容量素子４の容量を調整することができる。

【００３５】

減衰部５は、圧電振動子１と信号処理部３との間に設けられ、圧電振動子１から出力される電気信号を減衰させる。本実施形態では、増幅部６及び検波部７の直列回路と並列に減衰部５を設けている。増幅部６は、圧電振動子１から出力される電気信号を増幅し、検波部７に出力する。検波部７は、増幅部６の出力信号を包絡線検波し、信号処理部３のＡ／Ｄコンバータ３０に出力する。減衰部５と、増幅部６及び検波部７の直列回路とは並列に接続されている。

【００３６】

なお、減衰部５により、障害物からの反射波に基づく電気信号のみならず残響信号も減衰する。しかしながら、残響信号のレベルの方が、反射波に基づく電気信号のレベルよりも大きい。このため、減衰部５は、反射波の影響を低減する程度に電気信号を減衰させるものであればよく、後段の信号処理部３で飽和しないように決定するのがよい。

【００３７】

本実施形態では、減衰部５の信号処理部３への接続と、増幅部６及び検波部７の直列回路の信号処理部３への接続とを第１スイッチＳＷ１で切り替えている。第１スイッチＳＷ１は、例えば半導体スイッチやリレーから成る。第１スイッチＳＷ１による接続の切り替えは、制御部３１１が行う。すなわち、制御部３１１は、通常モードであれば第１スイッ

チＳＷ１を制御して、増幅部６及び検波部７の直列回路を信号処理部３に接続する。また、制御部３１１は、調整モードであれば第１スイッチＳＷ１を制御して、減衰部５を信号処理部３に接続する。

【００３８】

以下、本実施形態の動作について説明する。先ず、通常モードの動作について説明する。制御部３１１は、所定の間隔で駆動信号を駆動部２に与えることにより、圧電振動子１から所定の間隔で超音波を送波させる。ここで、検知範囲内に障害物が存在する場合には、超音波が障害物で反射する。この反射波を圧電振動子１が受波すると、圧電振動子１は当該反射波を電気信号に変換して出力する。この電気信号を増幅部６で増幅し、さらに検波部７で包絡線検波した後に、Ａ／Ｄコンバータ３０に入力する。

【００３９】

そして、演算部３１０では、Ａ／Ｄコンバータ３０の出力信号に基づいて得られる反射波の受波タイミングと、圧電振動子１の超音波の送波タイミングとに基づいて、障害物までの距離を演算する。制御部３１１は、この演算結果に基づいて、ブザー（図示せず）から警告音を鳴動させたり、ディスプレイ（図示せず）に障害物までの距離を表示させたりしてもよい。この通常モードの動作は、図１（ｂ）に示すように、車両のエンジンをオフに切り替えるまで繰り返す。勿論、通常モードを終了する条件はエンジンをオフに切り替えることに限定される必要はなく、適宜変更してもよい。

【００４０】

次に、調整モードの動作について図１（ｂ），（ｃ）を用いて説明する。車両のアクセサリの電源がオンに切り替わると、演算部３１０及び制御部３１１が調整モードに切り替える。制御部３１１は、駆動信号を駆動部２に与えることにより、圧電振動子１から超音波を送波させる。超音波の送波により生じる残響信号は、減衰部５で減衰し、その後Ａ／Ｄコンバータ３０に入力される。

【００４１】

そして、演算部３１０は、Ａ／Ｄコンバータ３０から出力される残響信号の減衰振動に基づいて圧電振動子１のＱ値を演算する。ここで、制御部３１１では、予め圧電振動子１のＱ値の閾値をメモリ（図示せず）に記憶している。この閾値は、圧電振動子１の許容可能な残響時間に基づいて設定される。制御部３１１は、この閾値と、演算部３１０で得られたＱ値とを比較する。

【００４２】

演算部３１０で得られたＱ値が閾値よりも大きければ、制御部３１１は、制御信号を与えることで可変コンデンサＣ１の容量を調整し、駆動信号を駆動部２に与えることで圧電振動子１から再び超音波を送波させる。そして、演算部３１０及び制御部３１１は、それぞれ圧電振動子１のＱ値を演算する処理、及び得られたＱ値と閾値とを比較する処理を再び実行する。演算部３１０で得られたＱ値が閾値よりも小さければ、演算部３１０及び制御部３１１は調整モードを終了し、通常モードに切り替える。上記の調整モードにより、圧電振動子１のＱ値を適切な値に調整し、残響時間を短縮する。

【００４３】

なお、演算部３１０及び制御部３１１による調整モードでの処理は、以下に示すものでもよい。先ず、図３に示すように、制御部３１１は、駆動信号を駆動部２に与えることにより、圧電振動子１から超音波を送波させる。次に、演算部３１０は、Ａ／Ｄコンバータ３０から出力される残響信号の減衰振動に基づいて圧電振動子１のＱ値を演算する。この演算したＱ値は、メモリに記憶する。そして、制御部３１１は、制御信号を与えることで可変コンデンサＣ１の容量を調整する。

【００４４】

上記の一連の処理を、可変コンデンサＣ１の選択可能な全ての容量について逐次実行する。そして、上記の一連の処理が完了すると、制御部３１１は、記憶しているＱ値を比較し、Ｑ値が最小となるように可変コンデンサＣ１の容量を調整する。この構成では、圧電振動子１のＱ値を最も小さくすることができるので、残響時間をより短縮することができ

る。

【００４５】

上述のように、本実施形態では、残響信号を減衰部５で減衰させた後に、減衰させた残響信号の減衰振動に基づいて圧電振動子１のＱ値を演算することで、残響時間を予測している。このため、本実施形態では、近傍に障害物が存在したとしても、障害物からの反射波を減衰部５で減衰させることができるので、残響信号に反射波が重畳し難い。したがって、本実施形態では、近傍に障害物が存在する場合にも残響時間を容易に予測することができる。

【００４６】

また、本実施形態では、残響信号の減衰振動のピーク電圧の差分からＱ値を演算することで、圧電振動子１の残響時間を予測しているが、これには次のようなメリットがある。例えば、圧電振動子１の残響時間を直接測定する場合には、残響時間が短くなるほど減衰振動の時間が短くなり、測定精度が低下する虞がある。一方、残響信号の減衰振動のピーク電圧の差分は、残響時間が短い方が大きくなるため、差分を測定し易くなる。本実施形態では、残響時間を短縮することを目的としているため、残響信号の減衰振動のピーク電圧の差分からＱ値を演算する構成が望ましい。

【００４７】

なお、図４に示すように、減衰部５と信号処理部３との間に、ローパスフィルタから成るフィルタ部８を設けてもよい。フィルタ部５は、圧電振動子１から出力される電気信号に含まれるノイズを除去する。この構成では、残響からノイズを除去した状態で残響信号の減衰振動のピーク電圧を測定できるので、安定して圧電振動子１のＱ値を演算することができる。

【００４８】

（実施形態２）

以下、本発明に係る超音波センサの実施形態２について図面を用いて説明する。但し、本実施形態の基本的な構成は実施形態１と共通であるので、共通する部位には同一の番号を付して説明を省略する。本実施形態は、図５（ａ），（ｂ）に示すように、コンパレータ９と、周期測定部３１２と、計数部３１３とを備える。

【００４９】

コンパレータ９は、減衰器５から出力される残響信号と、所定の閾値とを比較することで２値信号を出力する。本実施形態では、所定の閾値をゼロに設定している。したがって、コンパレータ９の出力信号は、残響信号のゼロクロス毎にハイレベルとローレベルとを切り替える２値信号となる。

【００５０】

周期測定部３１２は、コンパレータ９の出力する２値信号の周期をタイマ（図示せず）でカウントすることで、残響信号の周期をパルス毎に測定する。また、周期測定部３１２は、測定したパルス毎の周期を比較する。計数部３１３は、周期測定部３１２での比較結果に基づいて、残響信号のパルスをスキップするスキップ数をカウントする。

【００５１】

なお、周期測定部３１２及び計数部３１３は、演算部３１０及び制御部３１１と同様に、制御ブロック３１が各種プログラムを実行することで機能するプログラムモジュールである。勿論、制御ブロック３１は、その構成がマイコンに限定されるものではなく、各部３１０～３１３をそれぞれハードウェアで構成してもよい。

【００５２】

また、本実施形態では、減衰部５の信号処理部３への接続と、減衰部５のコンパレータ９への接続とを第２スイッチＳＷ２で切り替えている。第２スイッチＳＷ２は、第１スイッチＳＷ１と同様に、例えば半導体スイッチやリレーから成る。第２スイッチＳＷ２による接続の切り替えは、制御部３１１が行う。すなわち、制御部３１１は、調整モードにおいて、後述する第１処理を実行する際には第２スイッチＳＷ２を制御して、減衰部５をコンパレータ９に接続する。また、制御部３１１は、後述する第２処理を実行する際には第

２スイッチＳＷ２を制御して、減衰部５を信号処理部３に接続する。

【００５３】

以下、本実施形態における調整モードの動作について説明する。図５（ｂ）に示すように、調整モードを開始すると、演算部３１０及び制御部３１１は、先ず残響信号の周期を測定し、残響信号の周期に基づいてスキップ数を決定する第１処理を実行する。第１処理が完了すると、演算部３１０及び制御部３１１は、スキップ数の分だけ残響信号の減衰振動のパルスをスキップしてからピーク電圧を測定する第２処理を実行する。

【００５４】

第１処理について説明する。先ず、計数部３１３は、スキップ数を初期値のゼロにリセットする。次に、制御部３１１は、駆動信号を駆動部２に与えることにより、圧電振動子１から超音波を送波させる。超音波の送波により生じる残響信号は、減衰部５で減衰し、その後コンパレータ９に入力される。周期測定部３１２は、コンパレータ９の出力信号から残響信号の１周期を測定し、測定した周期をメモリに記憶する。この時点では、未だ１周期しか測定していないので、周期測定部３１２は次の１周期を測定（すなわち、２パルス目の周期を測定）し、測定した周期をメモリに記憶する。

【００５５】

そして、周期測定部３１２は、今回測定した周期と、前回測定した周期とを比較する。比較の結果、各周期が一致する場合には、第１処理を終了して第２処理に移行する。各周期が一致しない場合には、計数部３１３がスキップ数を１増加する。そして、再び周期測定部３１２が次の１周期を測定し、測定した周期をメモリに記憶する。以下、比較動作において各周期が一致するまで、上記の動作を繰り返す。

【００５６】

次に、第２処理について説明する。先ず、制御部３１１は、駆動信号を駆動部２に与えることにより、圧電振動子１から超音波を送波させる。超音波の送波により生じる残響信号は、減衰部５で減衰し、その後Ａ／Ｄコンバータ３０に入力される。そして、演算部３１０は、計数部３１３でカウントしたスキップ数の分だけ残響信号のパルスをスキップしてから、Ａ／Ｄコンバータ３０から出力される残響信号の減衰振動のピーク電圧を測定する。

【００５７】

例えば、残響信号の周期が、減衰振動の３周期目から安定したものとする。この場合、図６に示すように、演算部３１０は、残響信号の減衰振動の１番目及び２番目のパルスをスキップし、３番目以降のパルスのピーク電圧を測定する。そして、演算部３１０は、測定したピーク電圧に基づいて圧電振動子１のＱ値を演算する。したがって、本実施形態では、残響信号の減衰振動の周期が安定してから圧電振動子１のＱ値を演算するので、残響時間を予測する精度を向上させることができる。

【００５８】

また、残響信号の減衰振動の周期を予め測定する第１処理を実行せずに、第２処理において、残響信号の減衰振動のパルスを予め設定している所定のパルス数の分だけスキップして、残響信号の減衰振動のピーク電圧を測定する構成でもよい。この構成でも、残響信号の減衰信号がある程度安定してからＱ値を演算するので、残響時間を予測する精度を向上させることができる。また、この構成では、周期を予め測定する場合と比較して、調整モードの処理に要する時間を短縮することができる。

【００５９】

（実施形態３）

以下、本発明に係る超音波センサの実施形態３について図面を用いて説明する。但し、本実施形態の基本的な構成は実施形態２と共通であるので、共通する部位には同一の番号を付して説明を省略する。本実施形態は、調整モードにおいて、信号処理部３が、残響信号のゼロクロス点から所定時間遅延したタイミングで残響信号をサンプリングすることで、残響信号の減衰振動のピーク電圧を測定することを特徴とする。

【００６０】

図７に示すように、制御部３１１には、コンパレータ９の出力信号を入力する。このコンパレータ９の出力信号により、制御部３１１は、残響信号のゼロクロス点を検出することができる。また、制御部３１１は、周期測定部３１２から残響信号の周期のデータを取得する。以下、残響信号の周期をＴ１とする。

【００６１】

そして、調整モードにおいて、制御部３１１は、残響信号のゼロクロス点から所定時間（本実施形態では、Ｔ１／４）遅延したタイミングでサンプリング信号を出力する（図８参照）。Ａ／Ｄコンバータ３０は、このサンプリング信号に基づいて残響信号をサンプリングすることで、残響信号の減衰振動のピーク電圧を出力する。

【００６２】

上述のように、本実施形態では、信号処理部３が残響信号の減衰振動のピーク電圧のみを出力するようにサンプリングするので、常時サンプリングする場合と比較してサンプリング回数を減らすことができる。したがって、本実施形態では、ハードウェアへの負荷を低減することができる。

【００６３】

また、本実施形態では、残響信号のゼロクロス点からＴ１／４遅延したタイミングで残響信号をサンプリングしているので、以下の利点がある。すなわち、残響信号の減衰振動のピーク付近は電圧の変動が小さい領域であるので、当該領域でサンプリングすることで、残響信号の減衰振動のピーク電圧の測定誤差を小さくすることができる。

【００６４】

なお、上記各実施形態では、圧電振動子１のＱ値を演算した上で可変コンデンサＣ１の容量の調整を行なっているが、圧電振動子１のＱ値の演算を省略する方法も考えられる。以下、圧電振動子１のＱ値の演算を省略した調整モードの動作について図９を用いて説明する。先ず、制御部３１１は、駆動信号を駆動部２に与えることにより、圧電振動子１から超音波を送波させる。次に、演算部３１０は、残響信号の減衰振動の最初のパルスのピーク電圧Ｖ１を測定すると、当該ピーク電圧Ｖ１と、予め設定してある閾値ＶＡ１～ＶＺ１（ＶＡ１＞…＞ＶＺ１）とを比較する。

【００６５】

例えば、演算部３１０は、ピーク電圧Ｖ１が閾値ＶＡ１より大きければ、閾値Ｖｔｈ２の値をＶＡ２に設定する。また、演算部３１０は、ピーク電圧Ｖ１が閾値ＶＡ１よりも小さく、閾値ＶＢ１よりも大きければ、閾値Ｖｔｈ２の値をＶＢ２に設定する。以下、同様に閾値ＶＡ１～ＶＺ１とピーク電圧Ｖ１とを比較することで、演算部３１０は、閾値Ｖｔｈ２をＶＡ２～ＶＺ２（ＶＡ２＞…＞ＶＺ２）の何れかの値に設定する。すなわち、演算部３１０は、残響信号の減衰振動の最初のパルスのピーク電圧Ｖ１に基づいて、２番目のパルスのピーク電圧Ｖ２の閾値Ｖｔｈ２を設定する。

【００６６】

そして、残響信号の減衰振動の２番目のパルスのピーク電圧Ｖ２を測定すると、制御部３１１は、ピーク電圧Ｖ２と閾値Ｖｔｈ２とを比較する。ピーク電圧Ｖ２が閾値Ｖｔｈ２よりも大きければ、制御部３１１は、制御信号を与えることで可変コンデンサＣ１の容量を調整し、駆動信号を駆動部２に与えることで圧電振動子１から再び超音波を送波させる。そして、制御部３１１は、閾値Ｖｔｈ２を設定する処理、及びピーク電圧Ｖ２と閾値Ｖｔｈ２とを比較する処理を再び実行する。ピーク電圧Ｖ２が閾値Ｖｔｈ２よりも小さければ、演算部３１０及び制御部３１１は調整モードを終了し、通常モードに切り替える。

【００６７】

上述のように、圧電振動子１のＱ値の演算を省略した場合でも、可変容量素子４の可変コンデンサＣ１の容量を調整して、圧電振動子１のＱ値を調整することができる。

【符号の説明】

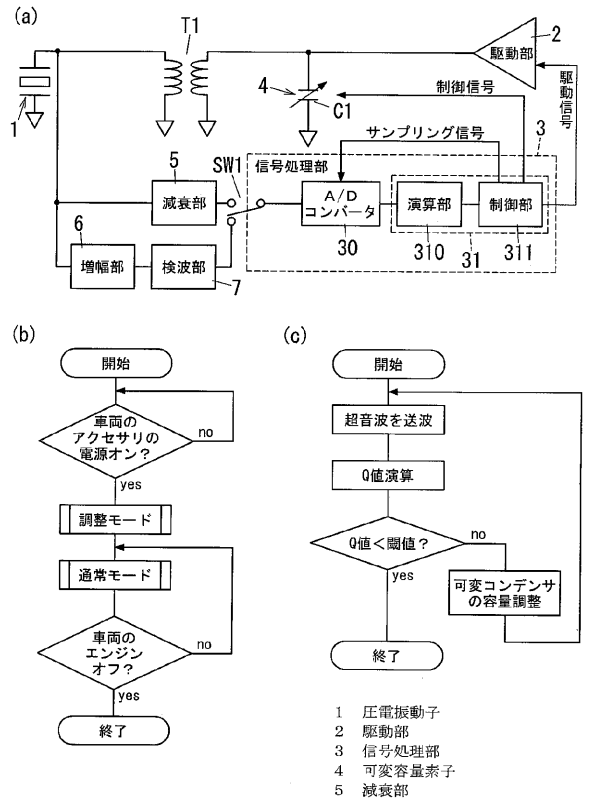
【００６８】

１　圧電振動子

２　駆動部

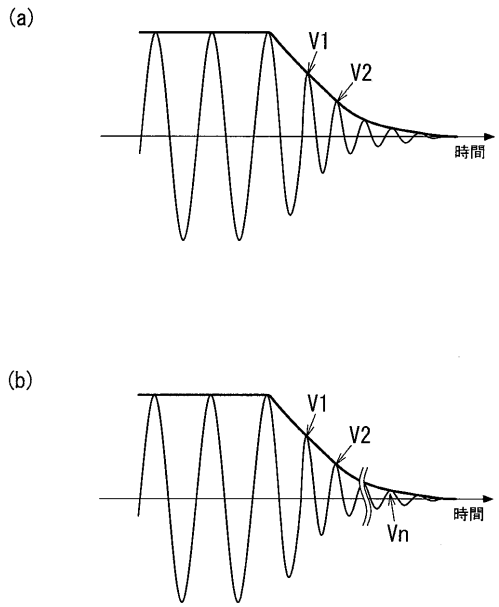
3　信号処理部
4　可変容量素子
5　減衰部

【図１】

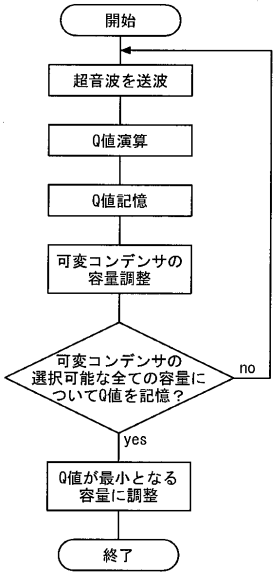


1　圧電振動子
2　駆動部
3　信号処理部
4　可変容量素子
5　減衰部

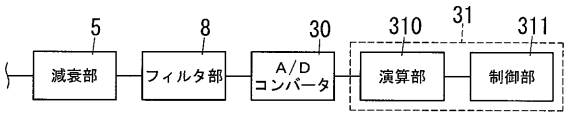
【図２】



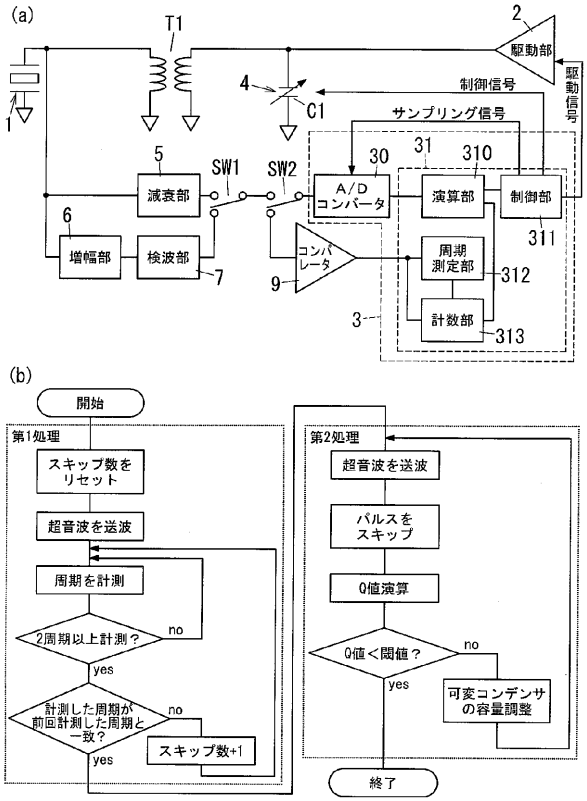
【図３】


開始
超音波を送波
Q値演算
Q値記憶
可変コンデンサの容量調整
可変コンデンサの選択可能な全ての容量についてQ値を記憶？
no
yes
Q値が最小となる容量に調整
終了

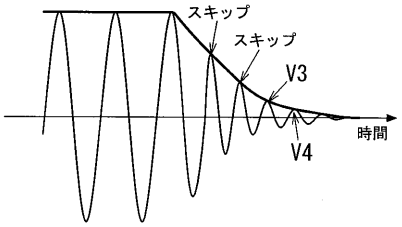
【図４】


5
減衰部
8
フィルタ部
30
A/D コンバータ
310
演算部
31
311
制御部

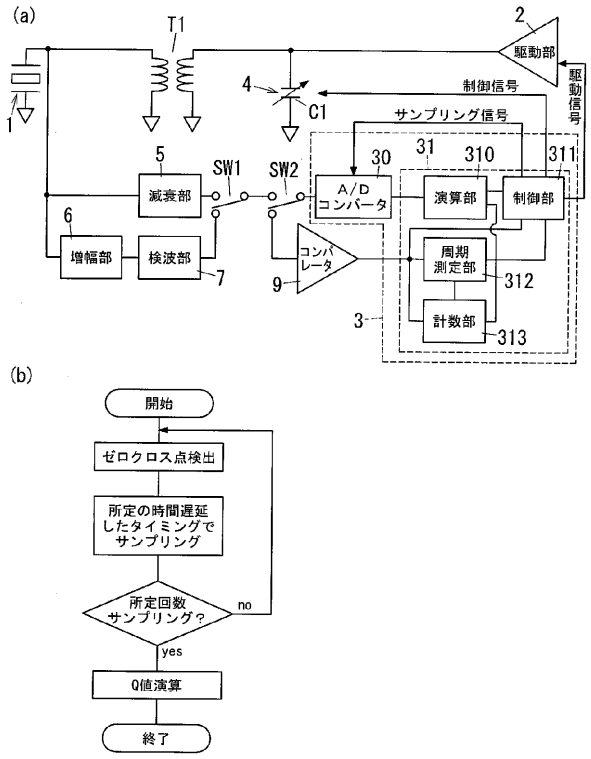
【図５】


(a)
T1
2
駆動部
駆動信号
制御信号
4
C1
サンプリング信号
1
5
減衰部
SW1
SW2
30
A/D コンバータ
31
310
演算部
制御部
311
6
増幅部
検波部
7
コンパレータ
9
周期測定部
312
計数部
313
3
(b)
開始
第1処理
スキップ数をリセット
超音波を送波
周期を計測
2周期以上計測？
no
yes
計測した周期が前回計測した周期と一致？
no
yes
スキップ数+1
第2処理
超音波を送波
パルスをスキップ
Q値演算
Q値＜閾値？
no
yes
可変コンデンサの容量調整
終了

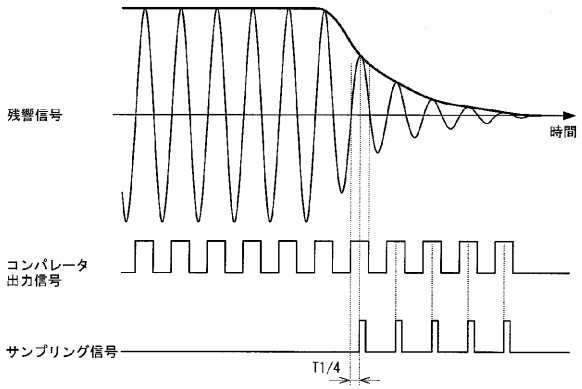
【図６】


スキップ
スキップ
V3
V4
時間

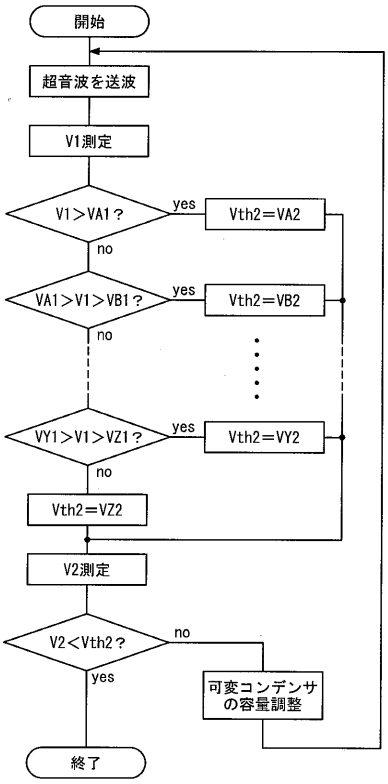
【図７】


(a)
T1
2
駆動部
駆動信号
制御信号
4
C1
サンプリング信号
1
5
減衰部
SW1
SW2
30
A/D コンバータ
31
310
311
演算部
制御部
6
増幅部
検波部
7
コンパレータ
9
周期測定部
312
計数部
313
3
(b)
開始
ゼロクロス点検出
所定の時間遅延したタイミングでサンプリング
所定回数サンプリング？
no
yes
Q値演算
終了

【図８】


残響信号
時間
コンパレータ
出力信号
サンプリング信号
T1/4

【図９】


開始
超音波を送波
V1測定
V1＞VA1？
yes
Vth2＝VA2
no
VA1＞V1＞VB1？
yes
Vth2＝VB2
no
VY1＞V1＞VZ1？
yes
Vth2＝VY2
no
Vth2＝VZ2
V2測定
V2＜Vth2？
no
yes
可変コンデンサ
の容量調整
終了

フロントページの続き

(72)発明者　山内　一將
大阪府門真市大字門真１００６番地　パナソニック株式会社内

Ｆターム(参考) 5J083 AA02 AB13 AC16 AD04 AE06 AF09 BA01 BE12 BE53 CA01
CB01 CC02 EB05 EB08