

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3616324号  
(P3616324)

(45) 発行日 平成17年2月2日(2005.2.2)

(24) 登録日 平成16年11月12日(2004.11.12)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G01F 1/66

F I

G01F 1/66 1 O 1

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2000-359495 (P2000-359495)	(73) 特許権者	390026996 東京計装株式会社
(22) 出願日	平成12年11月27日(2000.11.27)		東京都港区芝公園1丁目7番24号
(65) 公開番号	特開2002-162269 (P2002-162269A)	(73) 特許権者	500543568 有限会社テクノデータ
(43) 公開日	平成14年6月7日(2002.6.7)		東京都八王子市打越町983-55
審査請求日	平成14年8月5日(2002.8.5)	(74) 代理人	100065086 弁理士 前田 清美
		(72) 発明者	小林 保 神奈川県横浜市磯子区洋光台6-36-17
		(72) 発明者	重田 邦和 東京都八王子市打越町983-55 有限会社 テクノデータ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 伝播時間差方式による超音波流量計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) 流路用管体の流体の流れ方向上流側と下流側における流路用管体の外側にそれぞれ取り付けた1対の超音波振動子と、これら1対の超音波振動子の送信、受信を交互に切り替える切替器と、流体内を伝播する超音波により受信側の超音波振動子に生じる受信信号を増幅する増幅器と、増幅された受信信号を処理して流量信号を出力するデータ処理装置を備え、

(b) 前記データ処理装置はアナログ・デジタル変換器とデジタル信号プロセッサを備え、

(c) 前記アナログ・デジタル変換器は、前記増幅器により増幅した受信信号の増幅波形を複数の電圧値 - 時刻対データに変換し、 10

(d) 前記デジタル信号プロセッサは、上記電圧値 - 時刻対データの波形中において、時刻データに基づいて対象ピークを選び、この対象ピークまたはこの対象ピークに隣接するピークの前後に連なる少なくとも1個のゼロクロス点を、このゼロクロス点の前後時刻に分布する複数の上記電圧値 - 時刻対データから演算により推定し、1個のゼロクロス点の伝播時間または複数のゼロクロス点の平均の伝播時間を求めて流量信号を出力し、

(e) また、前記デジタル信号プロセッサは、前記対象ピークの高さを計測し、超音波が流体の流れに逆らって伝播される場合と流れと同じ向きに伝播される場合における対象ピークの高さを比較して、これら対象ピークの高さの差が予め設定した値よりも大である場合にはゼロクロス点を推定する演算を中止し、繰り返し行なわれる伝播時間測定のうち 20

前回の伝播時間測定において求めた伝播時間測定値あるいは流量出力値を援用して流量信号を出力することを特徴とする伝播時間差方式による超音波流量計。

【請求項 2】

(a) 流路用管体の流体の流れ方向上流側と下流側における流路用管体の外側にそれぞれ取り付けた 1 対の超音波振動子と、これら 1 対の超音波振動子の送信、受信を交互に切り替える切替器と、流体内を伝播する超音波により受信側の超音波振動子に生じる受信信号を増幅する増幅器と、増幅された受信信号を処理して流量信号を出力するデータ処理装置を備え、

(b) 前記データ処理装置はアナログ・デジタル変換器とデジタル信号プロセッサを備え、

(c) 前記アナログ・デジタル変換器は、前記増幅器により増幅した受信信号の増幅波形を複数の電圧値 - 時刻対データに変換し、

(d) 前記デジタル信号プロセッサは、上記電圧値 - 時刻対データの波形中において、時刻データに基づいて対象ピークを選び、この対象ピークまたはこの対象ピークに隣接するピークの前後に連なる少なくとも 1 個のゼロクロス点を、このゼロクロス点の前後時刻に分布する複数個の上記電圧値 - 時刻対データから演算により推定し、1 個のゼロクロス点の伝播時間または複数のゼロクロス点の平均の伝播時間を求めて流量信号を出力し、

(e) また、前記デジタル信号プロセッサは、伝播時間の測定対象とされる前記ゼロクロス点の前後に連なるピークの高さの比を計測し、このピークの高さの比と流体中に気泡や固形粉末等の夾雑物が含まれない場合における同様のピークの高さの比との差が予め設定した値よりも大である場合にはゼロクロス点を推定する演算を中止し、繰り返し行なわれる伝播時間測定のうちの前回の伝播時間測定において求めた伝播時間測定値あるいは流量出力値を援用して流量信号を出力することを特徴とする伝播時間差方式による超音波流量計。

【請求項 3】

(a) 流路用管体の流体の流れ方向上流側と下流側における流路用管体の外側にそれぞれ取り付けた 1 対の超音波振動子と、これら 1 対の超音波振動子の送信、受信を交互に切り替える切替器と、流体内を伝播する超音波により受信側の超音波振動子に生じる受信信号を増幅する増幅器と、増幅された受信信号を処理して流量信号を出力するデータ処理装置を備え、

(b) 前記データ処理装置はアナログ・デジタル変換器とデジタル信号プロセッサを備え、

(c) 前記アナログ・デジタル変換器は、前記増幅器により増幅した受信信号の増幅波形を複数の電圧値 - 時刻対データに変換し、

(d) 前記デジタル信号プロセッサは、上記電圧値 - 時刻対データの波形中において、時刻データに基づいて対象ピークを選び、この対象ピークまたはこの対象ピークに隣接するピークの前後に連なる少なくとも 1 個のゼロクロス点を、このゼロクロス点の前後時刻に分布する複数個の上記電圧値 - 時刻対データから演算により推定し、1 個のゼロクロス点の伝播時間または複数のゼロクロス点の平均の伝播時間を求めて流量信号を出力し、

(e) また、前記デジタル信号プロセッサは、前記対象ピークの高さの変化に応じ、伝播時間の平均値を算出するための基準となるゼロクロス点の個数を変更するようなしたことを特徴とする伝播時間差方式による超音波流量計。

【請求項 4】

(a) 流路用管体の流体の流れ方向上流側と下流側における流路用管体の外側にそれぞれ取り付けた 1 対の超音波振動子と、これら 1 対の超音波振動子の送信、受信を交互に切り替える切替器と、流体内を伝播する超音波により受信側の超音波振動子に生じる受信信号を増幅する増幅器と、増幅された受信信号を処理して流量信号を出力するデータ処理装置を備え、

(b) 前記データ処理装置はアナログ・デジタル変換器とデジタル信号プロセッサを備え、

10

20

30

40

50

(c) 前記アナログ・デジタル変換器は、前記増幅器により増幅した受信信号の増幅波形を複数の電圧値 - 時刻対データに変換し、

(d) 前記デジタル信号プロセッサは、上記電圧値 - 時刻対データの波形中において、電圧値データに基づいて対象ピークを選び、この対象ピークまたはこの対象ピークに隣接するピークの前後に連なる少なくとも1個のゼロクロス点を、このゼロクロス点の前後時刻に分布する複数の上記電圧値 - 時刻対データから演算により推定し、1個のゼロクロス点の伝播時間または複数のゼロクロス点の平均の伝播時間を求めて流量信号を出力し、

(e) また、前記デジタル信号プロセッサは、前記対象ピークの高さの変化に応じ、伝播時間の平均値を算出するための基準となるゼロクロス点の個数を変更するようなしたことを特徴とする伝播時間差方式による超音波流量計。

10

【請求項5】

(a) 流路用管体の流体の流れ方向上流側と下流側における流路用管体の外側にそれぞれ取り付けられた1対の超音波振動子と、これら1対の超音波振動子の送信、受信を交互に切り替える切替器と、流体内を伝播する超音波により受信側の超音波振動子に生じる受信信号を増幅する増幅器と、増幅された受信信号を処理して流量信号を出力するデータ処理装置を備え、

(b) 前記データ処理装置はアナログ・デジタル変換器とデジタル信号プロセッサを備え、

(c) 前記アナログ・デジタル変換器は、前記増幅器により増幅した受信信号の増幅波形を複数の電圧値 - 時刻対データに変換し、

20

(d) 前記デジタル信号プロセッサは、上記電圧値 - 時刻対データの波形中の最高値を取るピークを対象ピークとし、この対象ピークまたはこの対象ピークに隣接するピークの前後に連なる複数のゼロクロス点を、これらのゼロクロス点の前後時刻に分布する複数の上記電圧値 - 時刻対データから演算により推定し、複数のゼロクロス点の平均の伝播時間を求めて流量信号を出力することを特徴とする伝播時間差方式による超音波流量計。

【請求項6】

請求項5に記載のデジタル信号プロセッサは、前記対象ピークの高さを計測して流体中に含まれる気泡や固形粉末等の夾雑物による受信信号の減衰量を演算により推定し、この減衰量が予め設定した値よりも大である場合にはゼロクロス点を推定する演算を中止し、繰り返し行なわれる伝播時間測定のうちの前回の伝播時間測定において求めた伝播時間測定値あるいは流量出力値を援用して流量信号を出力することを特徴とする伝播時間差方式による超音波流量計。

30

【請求項7】

請求項5に記載のデジタル信号プロセッサは、前記対象ピークの高さを計測し、超音波が流体の流れに逆らって伝播される場合と流れと同じ向きに伝播される場合における対象ピークの高さを比較して、これら対象ピークの高さの差が予め設定した値よりも大である場合にはゼロクロス点を推定する演算を中止し、繰り返し行なわれる伝播時間測定のうちの前回の伝播時間測定において求めた伝播時間測定値あるいは流量出力値を援用して流量信号を出力することを特徴とする伝播時間差方式による超音波流量計。

【請求項8】

40

請求項5に記載のデジタル信号プロセッサは、伝播時間の測定対象とされる前記ゼロクロス点の前後に連なるピークの高さの比を計測し、このピークの高さの比と流体中に気泡や固形粉末等の夾雑物が含まれない場合における同様のピークの高さの比との差が予め設定した値よりも大である場合にはゼロクロス点を推定する演算を中止し、繰り返し行なわれる伝播時間測定のうちの前回の伝播時間測定において求めた伝播時間測定値あるいは流量出力値を援用して流量信号を出力することを特徴とする伝播時間差方式による超音波流量計。

【請求項9】

請求項5に記載のデジタル信号プロセッサは、前記対象ピークの高さの変化に応じ、伝播時間の平均値を算出するための基準となるゼロクロス点の個数を変更するようなしたこ

50

とを特徴とする伝播時間差方式による超音波流量計。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 5 に記載のデジタル信号プロセッサは、複数個の前記電圧値 - 時刻対データを最小自乗法により処理し、回帰直線を算出してゼロクロス点の伝播時間を推定することを特徴とする伝播時間差方式超音波流量計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は伝播時間差方式（以下、時間差方式と称す）による超音波流量計の改良に関する。

10

【0002】

【従来の技術】

図 6 は従来の時間差方式による超音波流量計の構成を示し、以下その概要を説明する。同図において符号 1 は直管 1 a の両端に垂直な流体入口 1 b と同出口 1 c を有する流路用管体、2 a 及び 2 b は直管 1 a の両端に設けた 1 対の超音波振動子を示す。

【0003】

3 は切替器であり、励振パルス電圧源 4 と受信信号の増幅器 5 とを上記振動子 2 a または 2 b へ交互に切り替えて接続するが、その切替信号についてはここでは触れない。6 はコンパレータ、7 はその参照電圧源であり、コンパレータ 6 は前記増幅器 5 にて増幅された受信波形が参照電圧を超えた時刻（受信時刻）を検出する。

20

【0004】

8 はデータ処理装置であり、前記コンパレータ 6 からの出力を受けて振動子励振時刻から受信時刻までの時間、すなわち一方の超音波振動子から発せられた超音波が流体を伝播して他方の超音波振動子に至るまでの時間である超音波伝播時間を算出し、次の演算により流量信号を出力する。

【0005】

前記切替器 3 を操作して、超音波が流体の流れに逆らう場合の伝播時間  $T_u$  と、流れと同じ向きの場合の伝播時間  $T_d$  を測定すれば、それらの差から下記のように流速  $V$  が、さらにこれに管断面積  $S$  を乗じて流量  $Q$  が求められることはよく知られているので詳細には述べない。

30

ただし  $C$  は音速、 $L$  は振動子間距離であり、かつ  $C$  は  $(T_u + T_d)$  より求められる。

$$T_u - T_d = 2 L V / C^2$$

$$V = (T_u - T_d) C^2 / 2 L$$

$$Q = S V$$

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら従来の時間差方式には次のような技術的問題が生じる。

超音波流量計では外部からの電氣的パルスノイズの多い環境で使用されると受信波形にノイズが重畳するが、コンパレータでは信号とノイズの識別が困難であり、測定した伝播時間に揺らぎが伴うのは避けられず、流量レンジが低いときにはこの影響が大きくなる。

40

【0007】

また流体中に気泡や固形粉末等の夾雑物が含まれる場合には受信信号の振幅が減衰し、ときに測定が不安定になる。

【0008】

これを図 7 により説明すれば、実線は正常時の受信波形、破線は気泡や固形粉末等の夾雑物による減衰を受けた波形を示し、一点鎖線はコンパレータの参照電圧  $V_c$  を示す。このような減衰を受けたときには、測定対象となる波形が変わってしまい、伝播時間測定値は図中の  $T_a$  になったり、あるいは  $T_b$  となったりして安定した測定はできない。

【0009】

【課題を解決するための手段】

50

上述した課題を解決するために、本発明の請求項 1 に係る伝播時間差方式による超音波流量計は、流路用管体の流体の流れ方向上流側と下流側における流路用管体の外側にそれぞれ取り付けた 1 対の超音波振動子と、これら 1 対の超音波振動子の送信、受信を交互に切り替える切替器と、流体内を伝播する超音波により受信側の超音波振動子に生じる受信信号を増幅する増幅器と、増幅された受信信号を処理して流量信号を出力するデータ処理装置を備え、前記データ処理装置はアナログ・デジタル変換器とデジタル信号プロセッサを備え、前記アナログ・デジタル変換器は、前記増幅器により増幅した受信信号の増幅波形を複数の電圧値 - 時刻対データに変換し、前記デジタル信号プロセッサは、上記電圧値 - 時刻対データの波形中において、時刻データに基づいて対象ピークを選び、この対象ピークまたはこの対象ピークに隣接するピークの前後に連なる少なくとも 1 個のゼロクロス点を、このゼロクロス点の前後時刻に分布する複数個の上記電圧値 - 時刻対データから演算により推定し、1 個のゼロクロス点の伝播時間または複数のゼロクロス点の平均の伝播時間を求めて流量信号を出力し、また、前記デジタル信号プロセッサは、前記対象ピークの高さを計測し、超音波が流体の流れに逆らって伝播される場合と流れと同じ向きに伝播される場合における対象ピークの高さを比較して、これら対象ピークの高さの差が予め設定した値よりも大である場合にはゼロクロス点を推定する演算を中止し、繰り返し行なわれる伝播時間測定のうちの前回の伝播時間測定において求めた伝播時間測定値あるいは流量出力値を援用して流量信号を出力することを特徴としている。

10

## 【0010】

本発明の請求項 2 に係る伝播時間差方式による超音波流量計は、流路用管体の流体の流れ方向上流側と下流側における流路用管体の外側にそれぞれ取り付けた 1 対の超音波振動子と、これら 1 対の超音波振動子の送信、受信を交互に切り替える切替器と、流体内を伝播する超音波により受信側の超音波振動子に生じる受信信号を増幅する増幅器と、増幅された受信信号を処理して流量信号を出力するデータ処理装置を備え、前記データ処理装置はアナログ・デジタル変換器とデジタル信号プロセッサを備え、前記アナログ・デジタル変換器は、前記増幅器により増幅した受信信号の増幅波形を複数の電圧値 - 時刻対データに変換し、前記デジタル信号プロセッサは、上記電圧値 - 時刻対データの波形中において、時刻データに基づいて対象ピークを選び、この対象ピークまたはこの対象ピークに隣接するピークの前後に連なる少なくとも 1 個のゼロクロス点を、このゼロクロス点の前後時刻に分布する複数個の上記電圧値 - 時刻対データから演算により推定し、1 個のゼロクロス点の伝播時間または複数のゼロクロス点の平均の伝播時間を求めて流量信号を出力し、また、前記デジタル信号プロセッサは、伝播時間の測定対象とされる前記ゼロクロス点の前後に連なるピークの高さの比を計測し、このピークの高さの比と流体中に気泡や固形粉末等の夾雑物が含まれない場合における同様のピークの高さの比との差が予め設定した値よりも大である場合にはゼロクロス点を推定する演算を中止し、繰り返し行なわれる伝播時間測定のうちの前回の伝播時間測定において求めた伝播時間測定値あるいは流量出力値を援用して流量信号を出力することを特徴としている。

20

30

## 【0011】

本発明の請求項 3 に係る伝播時間差方式による超音波流量計は、流路用管体の流体の流れ方向上流側と下流側における流路用管体の外側にそれぞれ取り付けた 1 対の超音波振動子と、これら 1 対の超音波振動子の送信、受信を交互に切り替える切替器と、流体内を伝播する超音波により受信側の超音波振動子に生じる受信信号を増幅する増幅器と、増幅された受信信号を処理して流量信号を出力するデータ処理装置を備え、前記データ処理装置はアナログ・デジタル変換器とデジタル信号プロセッサを備え、前記アナログ・デジタル変換器は、前記増幅器により増幅した受信信号の増幅波形を複数の電圧値 - 時刻対データに変換し、前記デジタル信号プロセッサは、上記電圧値 - 時刻対データの波形中において、時刻データに基づいて対象ピークを選び、この対象ピークまたはこの対象ピークに隣接するピークの前後に連なる少なくとも 1 個のゼロクロス点を、このゼロクロス点の前後時刻に分布する複数個の上記電圧値 - 時刻対データから演算により推定し、1 個のゼロクロス点の伝播時間または複数のゼロクロス点の平均の伝播時間を求めて流量信号を出

40

50

かし、また、前記デジタル信号プロセッサは、前記対象ピークの高さの変化に応じ、伝播時間の平均値を算出するための基準となるゼロクロス点の個数を変更するようなしたことを特徴としている。

【0012】

本発明の請求項4に係る伝播時間差方式による超音波流量計は、流路用管体の流体の流れ方向上流側と下流側における流路用管体の外側にそれぞれ取り付けられた1対の超音波振動子と、これら1対の超音波振動子の送信、受信を交互に切り替える切替器と、流体内を伝播する超音波により受信側の超音波振動子に生じる受信信号を増幅する増幅器と、増幅された受信信号を処理して流量信号を出力するデータ処理装置を備え、前記データ処理装置はアナログ・デジタル変換器とデジタル信号プロセッサを備え、前記アナログ・デジタル変換器は、前記増幅器により増幅した受信信号の増幅波形を複数の電圧値 - 時刻対データに変換し、前記デジタル信号プロセッサは、上記電圧値 - 時刻対データの波形中において、電圧値データに基づいて対象ピークを選び、この対象ピークまたはこの対象ピークに隣接するピークの前後に連なる少なくとも1個のゼロクロス点を、このゼロクロス点の前後時刻に分布する複数個の上記電圧値 - 時刻対データから演算により推定し、1個のゼロクロス点の伝播時間または複数のゼロクロス点の平均の伝播時間を求めて流量信号を出力し、また、前記デジタル信号プロセッサは、前記対象ピークの高さの変化に応じ、伝播時間の平均値を算出するための基準となるゼロクロス点の個数を変更するようなしたことを特徴としている。

【0013】

本発明の請求項5に係る伝播時間差方式による超音波流量計は、流路用管体の流体の流れ方向上流側と下流側における流路用管体の外側にそれぞれ取り付けられた1対の超音波振動子と、これら1対の超音波振動子の送信、受信を交互に切り替える切替器と、流体内を伝播する超音波により受信側の超音波振動子に生じる受信信号を増幅する増幅器と、増幅された受信信号を処理して流量信号を出力するデータ処理装置を備え、前記データ処理装置はアナログ・デジタル変換器とデジタル信号プロセッサを備え、前記アナログ・デジタル変換器は、前記増幅器により増幅した受信信号の増幅波形を複数の電圧値 - 時刻対データに変換し、前記デジタル信号プロセッサは、上記電圧値 - 時刻対データの波形中の最高値を取るピークを対象ピークとし、この対象ピークまたはこの対象ピークに隣接するピークの前後に連なる複数のゼロクロス点を、これらのゼロクロス点の前後時刻に分布する複数個の上記電圧値 - 時刻対データから演算により推定し、複数のゼロクロス点の平均の伝播時間を求めて流量信号を出力することを特徴としている。

【0014】

本発明の請求項6に係る伝播時間差方式による超音波流量計は、請求項5に記載のデジタル信号プロセッサが、前記対象ピークの高さを計測して流体中に含まれる気泡や固形粉末等の夾雑物による受信信号の減衰量を演算により推定し、この減衰量が予め設定した値よりも大である場合にはゼロクロス点を推定する演算を中止し、繰り返し行なわれる伝播時間測定のうちの前回の伝播時間測定において求めた伝播時間測定値あるいは流量出力値を援用して流量信号を出力することを特徴としている。

本発明の請求項7に係る伝播時間差方式による超音波流量計は、請求項5に記載のデジタル信号プロセッサが、前記対象ピークの高さを計測し、超音波が流体の流れに逆らって伝播される場合と流れと同じ向きに伝播される場合における対象ピークの高さを比較して、これら対象ピークの高さの差が予め設定した値よりも大である場合にはゼロクロス点を推定する演算を中止し、繰り返し行なわれる伝播時間測定のうちの前回の伝播時間測定において求めた伝播時間測定値あるいは流量出力値を援用して流量信号を出力することを特徴としている。

【0015】

本発明の請求項8に係る伝播時間差方式による超音波流量計は、請求項5に記載のデジタル信号プロセッサが、伝播時間の測定対象とされる前記ゼロクロス点の前後に連なるピークの高さの比を計測し、このピークの高さの比と流体中に気泡や固形粉末等の夾雑物が

10

20

30

40

50

含まれない場合における同様のピークの高さの比との差が予め設定した値よりも大である場合にはゼロクロス点を推定する演算を中止し、繰り返し行なわれる伝播時間測定のうちの前回の伝播時間測定において求めた伝播時間測定値あるいは流量出力値を援用して流量信号を出力することを特徴としている。

本発明の請求項 9 に係る伝播時間差方式による超音波流量計は、請求項 5 に記載のデジタル信号プロセッサが、前記対象ピークの高さの変化に応じ、伝播時間の平均値を算出するための基準となるゼロクロス点の個数を変更するようなしたことを特徴としている。

【0016】

本発明の請求項 10 に係る伝播時間差方式による超音波流量計は、請求項 1 乃至 5 に記載のデジタル信号プロセッサが、複数個の前記電圧値 - 時刻対データを最小自乗法により処理し、回帰直線を算出してゼロクロス点の伝播時間を推定することを特徴としている。

10

【0017】

【実施例】

図 1 に示す具体例に基づいて本発明に係る第 1 の時間差方式の構成を説明する。

なお、同図において符号 1 ~ 5 は図 6 に示した従来のもと同じ構成であるので、説明は省略する。

【0018】

本発明の流量計におけるデータ処理装置 8 は、数 10 MS / s 程度のサンプリング・レートと、10 ~ 12 ビット程度の分解能を有するアナログ・デジタル変換器（以下、ADC と称す）9 と、高速デジタル信号プロセッサ（以下、DSP と称す）10 を備え、増幅器 5 により増幅された受信波形をこのデータ処理装置 8 で処理して流量信号を出力する点を特徴としている。

20

【0019】

まず、受信側の超音波振動子 2 a または 2 b から切替器 3 および増幅器 5 を経てデータ処理装置 8 へ送られた受信信号（アナログ信号）は、ADC 9 によってサンプリングされ、電圧値 - 時刻対のデジタルデータに変換される。

【0020】

ADC 9 による上記サンプリングにおいては、メモリ量が過大なるのを避けるため、適切に時刻設定されたサンプリングウィンドウ SW 内においてデータを取得する。

サンプリングの結果、図 2 の波形グラフに印で示すようなデータが得られる（煩雑さを避けるためにピーク  $P_1$  付近のみにつき、個数も減らして示す）。

30

なお、同波形グラフ上の印はピークに連なるゼロクロス点を示す。

【0021】

本発明における DSP 10 はサンプリングウィンドウ SW が開いてからの特定順位、例えば最初のピークを対象ピークとして選び、すなわち時刻データに基づいて対象ピークを選び、このピーク  $P_1$  に連なるゼロクロス点  $q_1$  またはこのゼロクロス点  $q_1$  およびピーク  $P_1$  に隣接するピーク  $P_2$  に連なるゼロクロス点  $q_1$ 、 $q_2$ 、 $q_3$  等の時刻を、これら各ゼロクロス点の前後時刻に分布する所定個数のサンプリングデータを演算処理して推定する。

【0022】

40

ゼロクロス点が複数の場合にはこれらの時刻値の平均を算出し、超音波の発信時刻からゼロクロス点の平均時刻までの時間をもって超音波伝播時間  $T_u$  または  $T_d$  とする。

実際には切替器 3 を操作して超音波の向きを変え、伝播時間  $T_u$ 、 $T_d$  を測定し、従来方式と同様にこれら伝播時間  $T_u$ 、 $T_d$ 、音速  $C$  および振動子間距離  $L$  から流量値を演算する。

【0023】

次に、本発明に係る第 2 の時間差方式について説明する。

第 2 の時間差方式においては、超音波流量計の構成は第 1 の方式ものと同じであるが、対象ピークの選択方法を異にし、予め指定した特定ピークの高さ（電圧値  $V_1$ 、図 3 に二点鎖線で示す）を超えるピークを対象ピークとする点、すなわち電圧値データに基づいて

50

対象ピークを選択することに特徴がある。

【0024】

すなわち、DSP10はADC9から得られるデータを精査して電圧値がある基準電圧値 $V_1$ を超えるピーク内特定順位の、例えば最初のピーク $P_1$ を対象ピークに選び、このピーク $P_1$ または隣接するピーク $P_2$ に連なる1個または複数個のゼロクロス点 $q_1$ 、 $q_2$ 、 $q_3$ につき第1の方式と同様にデータ処理を行って流量信号を得る。

【0025】

なお、上述した第2の時間差方式を第1の時間差方式と比較すると、流体中の音速が既知で一定と見なせるときにはサンプリングウィンドウSWを適正な波形位置に設定することが容易なので、時刻データに基づいて対象ピークを選択する第1の方式を適用することができるが、音速が不明または変動するときにはサンプリングウィンドウを適正な波形位置に設定することができないので、電圧値データに基づいて対象ピークを選択する第2の方式を適用することになる。

10

【0026】

次に、本発明に係る第3の時間差方式について説明する。

上述の本発明第1および第2の時間差方式においては、対象ピークをサンプリングウィンドウSW内の最初のピークあるいは基準電圧値 $V_1$ を超えるピークとしたが、観察によれば対象ピークの選び方に拘らず、気泡（あるいは固形粉末等の夾雑物）による振幅の減衰量は気泡の量のみに影響を受け、気泡を含む流体中を伝播する受信波形の振幅の包絡線の形は相似的である。

20

したがって、この事実に着目して対象ピークを受信波中で最高値を取るピーク $P_{max}$ とすると、特に気泡の混入による影響を受けにくい流量計を実現するのに好適である。

【0027】

【実施態様1】

図4に減衰がない場合の受信波形を実線で、気泡の影響により激しく減衰した場合の受信波形を破線で示し、また、データ処理の対象とするゼロクロス点を印で示す。同図4において、 $P_{max}$ は流体中に気泡が含まれない場合、 $P'_{max}$ は気泡による減衰がある場合のピーク値を示す。

【0028】

減衰が著しい場合、すなわち $P'_{max}/P_{max}$ が例えば0.1よりも小である場合にはS/N比が不良であると判断することができ、このような場合においてはゼロクロス点における伝播時間データを算出しても精度の高い流量信号を得ることはできない。

30

【0029】

したがって、上述のようにピークの比 $P'_{max}/P_{max}$ が所定の値（例えば上述のように0.1）よりも小である場合には、ゼロクロス点の算出を中止し、繰り返し行なわれる伝播時間測定のうちの前回の伝播時間測定において求めた伝播時間測定値あるいは流量出力値を援用して流量信号を出力するいわゆる出力ホールドを行なう。

【0030】

このように出力ホールドを行なうと、流体中に気泡が含まれていても流量信号の出力値が乱れることがなくなり、したがって流量信号出力を監視する警報器を設けてある場合には、この警報器が気泡の流入によって誤作動するようなことが防止される。

40

【0031】

【実施態様2】

本実施態様2は、流体中に気泡が混入した場合における対象ゼロクロス点を観測した結果、気泡が超音波の伝播経路中にある場合には気泡の量によって若干超音波の伝播時間が変化することに着目したものである。

流体中の気泡による伝播時間の変化量は、伝播時間全体と比較すれば充分に小ではあるが、この変化量は流速の測定範囲最大値に換算するとかなり大であって無視することはできない。

【0032】

50



しかし、振幅減衰量が一定である間、すなわち超音波の伝播経路中に同じ気泡が存在している間に伝播時間差の計測を終了すれば測定誤差を小とすることができる。

【0033】

したがって、本発明の第1および第3の時間差方式において、DSP10は対象ピーク（例えば図4中の対象ピーク $P_{max}$ ）のピーク高さを計測し、超音波が流体の流れに逆らって伝播する場合（Tu測定時）のピーク高さ、超音波が流体の流れと同じ向きに伝播する場合（Td測定時）のピーク高さを比較し、これらピーク高さの差が予め設定した値よりも小であれば気泡に起因する測定誤差が無視できるものと判断し、本発明の第1あるいは第3の時間差方式によって流量信号を出力する。

【0034】

一方、前記ピーク高さの差が予め設定した値よりも大である場合には、気泡に起因する測定誤差が大であると判断してゼロクロス点の算出を中止し、前述した実施態様1と同様に、繰り返し行なわれる伝播時間測定のうちの前回の伝播時間測定において求めた伝播時間測定値あるいは流量出力値を援用して流量信号を出力する出力ホールドを行なう。

【0035】

【実施態様3】

一般に超音波の継続時間は数 $\mu$ 秒であるのに対し、気泡が超音波伝播経路を通過するのに要する時間は数100m秒なので、超音波信号の継続時間中に気泡による減衰量が急変する確率は低いが、減衰量が急変するとゼロクロス点が移動して誤差の原因となる。

【0036】

本実施態様においては、DSP10がゼロクロス点の前後に連なる正負のピーク（例えば図4における正のピーク $P'_{max}$ と負のピーク $P''_{max}$ ）の高さを計測し、これらピークの高さの比と流体中に気泡が含まれていない場合における同様のピークの高さの比とを比較し、これらの比の差が所定の値よりも小であれば気泡に起因する測定誤差が無視できるものと判断し、本発明の第1あるいは第3の時間差方式によって流量信号を出力する。

【0037】

一方、前記ピーク高さの比の差が予め設定した値よりも大である場合には、気泡に起因する測定誤差が大である確率が高いので、ゼロクロス点の算出を中止し、前述した実施態様1、2と同様に、繰り返し行なわれる伝播時間測定のうちの前回の伝播時間測定において求めた伝播時間測定値あるいは流量出力値を援用して流量信号を出力する出力ホールドを行なう。

【0038】

【実施態様4】

本実施態様4において、DSPは減衰がないときには対象ピークの前後に例えば6個（ $q_1 \sim q_6$ ）のゼロクロス点を選び、振幅が減少した場合には、振幅に応じて4個（ $q_1 \sim q_4$ ）、2個（ $q_1$ 、 $q_2$ ）と点数を減少させるよう構成する。点数の減少により測定値の揺らぎは増加するが、従来方式において生じる測定対象となる波形が変わって測定値が不安定になるという現象は防止できる。

【0039】

【実施態様5】

上述した本発明の第1乃至第3の時間差方式による超音波流量計において、複数個のデータからゼロクロス点の時刻を推定するには最小自乗法を適用して最も適合すると見られる回帰直線を算出し、この回帰直線が時間軸（図2～4における波形グラフの横軸）をよぎる値すなわちゼロクロス点を求めればよい。

【0040】

従来方式においてはコンパレータにより受信時刻を検出しているためノイズの影響が避けられないことは前述の通りであるが、本実施態様2によれば少なくとも数個のデータからノイズの影響を少なくした結果が得られ、さらに複数個のゼロクロス点のデータの平均化により、揺らぎは減少する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 1 】

## 【実施態様 6】

本発明の超音波流量計における検出部の構成としては、図 1 に示すように流路用管体 1 の直管 1 a の両端に超音波振動子 2 a、2 b を設ける構成のほかに、例えば図 5 に示すように超音波振動子 1 1 a、1 1 b を、直管よりなる流路用管体 1 2 の外周に設けるいわゆるクランプオン形とする場合もあり、図 1 の構成と同様に適用できて良好な結果が得られる。

## 【 0 0 4 2 】

なお、図 5 においては超音波振動子 1 1 a、1 1 b を流路用管体 1 2 の同側（図 5 では上側）に設けてあるが、流路用管体に対して対向する側に設ける場合もある。

10

## 【 0 0 4 3 】

## 【発明の効果】

上述したように、本発明に係る超音波流量計によれば、受信波形の対象ピークに連なる複数のゼロクロス点を推定して超音波の伝播時間を演算処理するので、従来の単一ゼロクロス点の検出による測定では避けられなかった外部からの電氣的パルスノイズの影響による伝播時間の揺らぎを格段に小さらしめることができ、流体中に気泡や固形粉末等の夾雑物が含まれていて受信信号が減衰している場合であっても安定した測定値を得ることができる。

## 【 0 0 4 4 】

また、請求項 1、2 および請求項 6 乃至 8 の超音波流量計においては、流体中に含まれる気泡等の夾雑物に起因する流量測定値の誤差が大である場合には出力ホールドされるので、流量出力を監視する警報器を設けてある場合であっても流量値の誤差にともなう警報器の誤作動を防止できるという実用上の大なるメリットがある。

20

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る時間差方式による超音波流量計の構成図。

【図 2】本発明に係る第 1 の時間差方式を説明するための受信信号の波形図。

【図 3】本発明に係る第 2 の時間差方式を説明するための受信信号の波形図。

【図 4】減衰を伴う場合の受信信号の波形図。

【図 5】本発明における検出部の他の様態を示す一部破断正面図。

【図 6】従来の時間差方式超音波流量計の構成図。

30

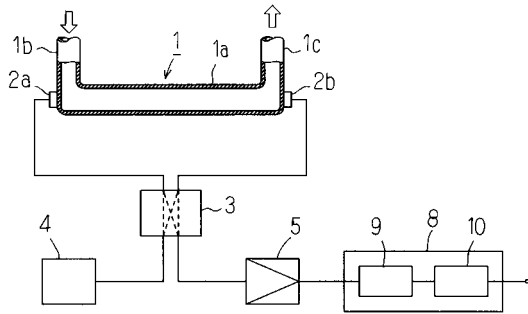
【図 7】従来の時間差方式による受信信号の波形図。

## 【符号の説明】

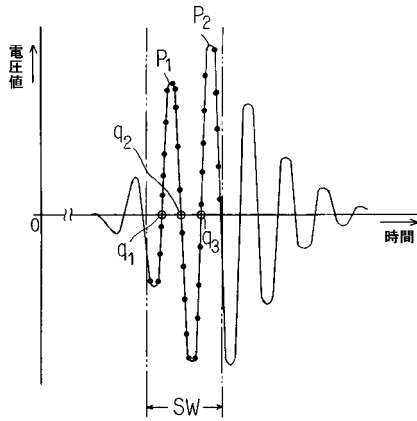
- 1 流路用管体
- 2 a、2 b 超音波振動子
- 3 切替器
- 4 励振電圧源
- 5 増幅器
- 8 データ処理装置
- 9 A D C
- 1 0 高速 D S P
- 1 1 a、1 1 b 超音波振動子
- 1 2 流路用管体

40

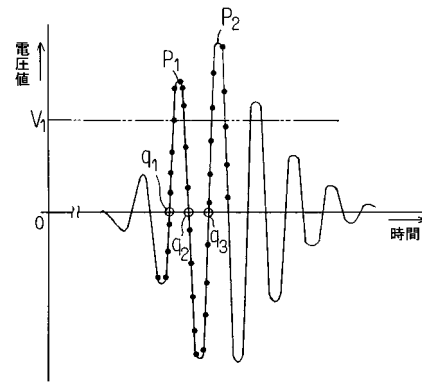
【 図 1 】



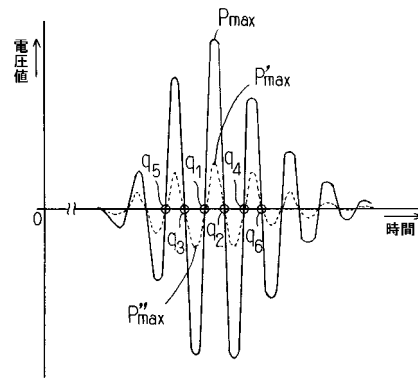
【 図 2 】



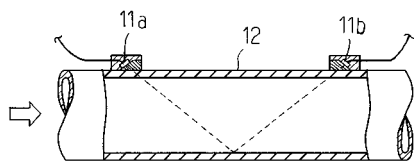
【 図 3 】



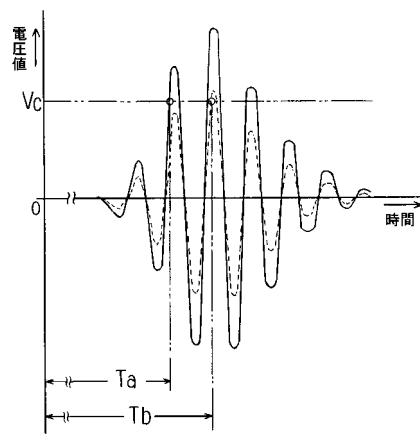
【 図 4 】



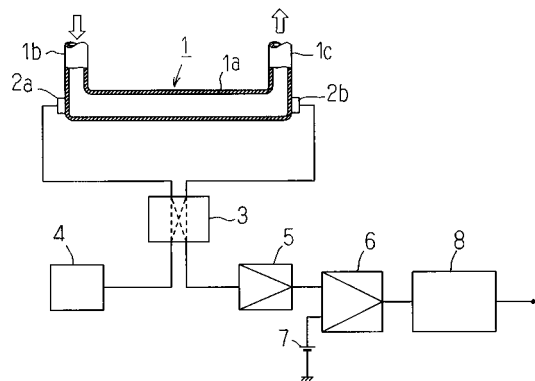
【 図 5 】



【 図 7 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 藤井 徹  
東京都杉並区成田東2 - 17 - 5

審査官 森口 正治

(56)参考文献 特表平11 - 515100 (JP, A)  
特表平11 - 514443 (JP, A)  
特開平11 - 241934 (JP, A)  
特開昭59 - 081514 (JP, A)  
特開昭51 - 101568 (JP, A)  
特開平09 - 236463 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
G01F 1/00-9/04