

(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2012-127654
(P2012-127654A)

(43) 公開日 平成24年7月5日(2012.7.5)

(51) Int.Cl.
GO1F 1/66 (2006.01)
GO1F 1/86 (2006.01)

F I
GO1F 1/66 1 O 1
GO1F 1/86

テーマコード (参考)
2 F 0 3 5

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2010-276500 (P2010-276500)	(71) 出願人	000005821
(22) 出願日	平成22年12月13日 (2010.12.13)		パナソニック株式会社
		(74) 代理人	110000556
			特許業務法人 有古特許事務所
		(72) 発明者	佐藤 真人
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		(72) 発明者	藤井 裕史
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		(72) 発明者	渡辺 葵
			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)	2F035 DA19 JB02

(54) 【発明の名称】 超音波計測装置

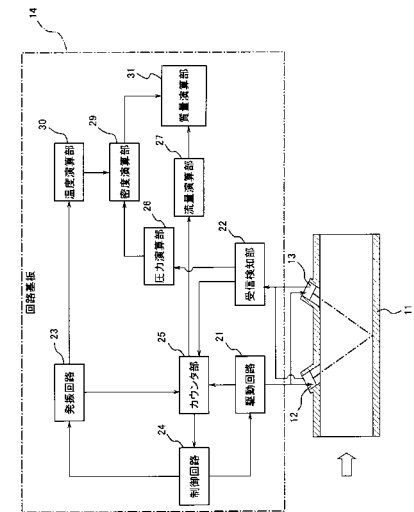
(57) 【要約】

【課題】 本発明は、大きな製造コストをかけることなく、流体の質量流量を求めることができる超音波計測装置を提案する。

【解決手段】

本発明の超音波計測装置1は、超音波の伝搬時間から流体の流速を計測し、流速から体積流量を算出する流量演算部27と、第一、第二超音波センサ12、13それぞれで受信した超音波信号の振幅を示す出力電圧から流体の圧力を求める圧力演算部26と、発振回路23における温度変化に起因する周波数変化から、流体の温度を求める温度演算部30と、流体の圧力と流体の温度とから流体の密度を求める密度演算部29と、求められた流体の体積流量と、求められた流体の密度とから、流体の質量流量を求める質量演算部31とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被計測対象である流体が流れる流路の上流側と下流側とに配置され、この流路内で超音波信号を相互に送受信する第一超音波振動子および第二超音波振動子と、

前記第一超音波振動子および第二超音波振動子との間で送受信される超音波それぞれの伝搬時間を計測するための時間計測手段と、

前記時間計測手段により計測した伝搬時間から流体の流速を計測し、該流速から体積流量を算出する体積流量演算手段と、

前記第一超音波振動子および前記第二超音波振動子それぞれで受信した超音波信号の振幅を示す出力電圧を計測する電圧計測手段と、

前記電圧計測手段によって計測された出力電圧から流体の圧力を求める圧力演算手段と、

前記時間計測手段により前記伝搬時間を計測するための基準クロックを発生する発振回路と、

前記発振回路における温度変化に起因する周波数変化から、流体の温度を求める温度演算手段と、

前記圧力演算手段により求めた前記流体の圧力と、前記温度演算手段により求めた流体の温度とから流体の密度を求める流体密度演算手段と、

前記体積流量演算手段によって求められた流体の体積流量と、前記流体密度演算手段によって求められた流体の密度とから、流体の質量流量を求める質量流量演算手段と、を備える超音波計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波センサによる流速計測から流体の流量を求める超音波計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、一般のガス需要家宅には、計量室を通過する回数でガスの流量を計測する膜式ガスメータが取り付けられている。膜式ガスメータは、計測原理上、計量室に容量が必要なため小型化ができず、その小型化が要望されていた。そこで、ガスメータの小型化を実現するものとして、近年では超音波式ガスメータ（超音波計測装置）が開発されている。超音波計測装置では、ガスが流れる流路の上流と下流とに超音波センサを設け、流路に流れるガスの流速を超音波の到達時間で計測し、ガスの流速からガスの体積流量を計算してガスの使用量を計量している。

【0003】

ところで、体積流量ではなく、絶対流量としての質量流量を計測する要求が出てきた。上述した超音波計測装置を利用して質量流量を計測する方法としては、主として、以下の2つの方法がある。

【0004】

まず、一つ目の方法としては、上述した超音波計測装置と、流管内を流れる流体の密度を計測する密度計とを備え、超音波計測装置にて算出した体積流量に、密度計で計測した密度を乗算して質量密度を求める方法である。

【0005】

二つ目の方法としては、上述した超音波計測装置と、流体の温度を計測する温度計と、流管内を流れる流体の圧力を計測する圧力計とを備え、温度計で計測した温度と圧力計で計測した圧力とから流体の密度を求め、超音波計測装置で求めた体積流量にこの密度を乗算して質量流量を求める方法である。

【0006】

また、これら2つの方法以外にも、特許文献1では、上述した超音波計測装置を設置し

10

20

30

40

50

た流管にバイパスラインを設け、このバイパスライン内を伝播する超音波から密度を求めて、この密度と超音波計測装置で計測した体積流量とを乗算して質量流量を求める質量流量計が提案されている。この質量流量計では、バイパスラインに流れる流体が略静止状態となるように流体の流れが設定されている。そして、このバイパスラインの直管部分の両端に超音波送波計と超音波受波計と対向して設置し、これらの間を伝播する超音波から流体の密度を求めている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平10-90028号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上述のような従来技術は、体積流量とは別に密度を測定するための部品ならびに、この部品を取りつけるための加工が流管に必要となるため、製造コストがかかるという問題がある。

【0009】

より具体的には、上述したように密度を求めるために密度計を備える構成、あるいは密度を求めるために温度計と圧力計とを備える構成では、密度計、または温度計および圧力計が必要な上に、密度計、または温度計および圧力計を取り付けるための加工を流管に施す必要がある。

20

【0010】

特許文献1に開示された質量流量計の場合も、流管に別途バイパスラインを設け、超音波送波計、および超音波受波計をさらに備える必要があり、製造コストがかかる。

【0011】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、大きな製造コストをかけることなく、流体の質量流量を求めることができる超音波計測装置を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

30

本発明に係る超音波計測装置は、上記した課題を解決するために、被計測対象である流体が流れる流路の上流側と下流側とに配置され、この流路内で超音波信号を相互に送受信する第一超音波振動子および第二超音波振動子と、前記第一超音波振動子および第二超音波振動子との間で送受信される超音波それぞれの伝搬時間を計測するための時間計測手段と、前記時間計測手段により計測した伝搬時間から流体の流速を計測し、該流速から体積流量を算出する体積流量演算手段と、前記第一超音波振動子および前記第二超音波振動子それぞれで受信した超音波信号の振幅を示す出力電圧を計測する電圧計測手段と、前記電圧計測手段によって計測された出力電圧から流体の圧力を求める圧力演算手段と、前記時間計測手段により前記伝搬時間を計測するための基準クロックを発生する発振回路と、前記発振回路における温度変化に起因する周波数変化から、流体の温度を求める温度演算手段と、前記圧力演算手段により求めた前記流体の圧力と、前記温度演算手段により求めた流体の温度とから流体の密度を求める流体密度演算手段と、前記体積流量演算手段によって求められた流体の体積流量と、前記流体密度演算手段によって求められた流体の密度とから、流体の質量流量を求める質量流量演算手段と、を備える。

40

【0013】

上記した構成によると、超音波計測装置は、電圧計測手段と圧力演算手段とを備えるため、圧力センサ等を流路内に備えることなく流体の圧力を求めることができる。また、発振回路と温度演算手段とを備えるため、温度計等を備えることなく流体の温度を求めることができる。また、流体密度演算手段を備えるため、密度計等を備えることなく、求めた流体の圧力と温度とから流体の密度を求めることができる。また、質量流量演算手段を備

50

えるため、体積流量演算手段により求めた流体の体積流量と流体密度演算手段により求めた流体の密度とから、流体の質量流量を求めることができる。

【0014】

このように、本発明に係る超音波計測装置は、圧力センサ、温度計、および密度計等の部材を備える必要なく、流体の質量流量を求めることができる。つまり、質量流量を求めるにあたり、圧力センサ、温度計、および密度計等の部材、ならびにこれらの取り付けにかかる加工等のコストが不要となる。

【0015】

したがって、本発明に係る超音波計測装置は、大きな製造コストをかけることなく、流体の質量流量を求めることができるという効果を奏する。

【発明の効果】

【0016】

本発明は以上に説明したように構成され、大きな製造コストをかけることなく、流体の質量流量を求めることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本実施の形態に係る超音波計測装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】流体圧力と受信検知部において受信した超音波の振幅を示す出力電圧との相関関係を示すグラフである。

【図3】ガスの温度と発振回路の発振周波数との相関関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の好ましい実施の形態を、図面を参照して説明する。なお、以下では全ての図を通じて同一又は対応する構成部材には同一の参照符号を付して、その説明については省略する。

【0019】

まず、図1を参照して本実施の形態に係る超音波計測装置1の構成について説明する。

【0020】

図1は、本実施の形態に係る超音波計測装置1の概略構成を示すブロック図である。

【0021】

超音波計測装置1は、ガス配管等の流管11の途中に設置されて、運用時には、ガス使用量として燃料ガスの体積流量を算出したり、質量流量を算出したりすることができる計測装置である。

【0022】

図1に示すように超音波計測装置1は、第一超音波センサ（第一超音波振動子）12、第二超音波センサ（第二超音波振動子）13、および回路基板14を備えてなる構成である。なお、ここでガスは、流管（流路）11内を図1に示すように左から右へと一方向に流れるものとする。

【0023】

第一超音波センサ12および第二超音波センサ13は、相互に超音波を送受信するものである。第一超音波センサ12は、流管11における上流側の側壁に、第二超音波センサ13は流管11における下流側の側壁に設けられている。

【0024】

回路基板14からの駆動信号によって第一超音波センサ12から出力した超音波は、流管11内を下流側に向かって斜め下方向に進み、流管11の側壁で反射され第二超音波センサ13に向かって伝搬する。一方、回路基板14からの駆動信号によって第二超音波センサ13から出力した超音波は、流管11内を上流側に向かって斜め下方向に進み、流管11の側壁で反射され第一超音波センサ12に向かって伝搬する。

【0025】

回路基板14は、超音波計測装置1における計測処理を含む各種処理を行うものである

10

20

30

40

50

。回路基板 14 は、駆動回路 21、受信検知部（電圧計測手段）22、発振回路 23、制御回路 24、カウンタ部（時間計測手段）25、圧力演算部（圧力演算手段）26、流量演算部（体積流量演算手段）27、密度演算部（流体密度演算手段）29、温度演算部（温度演算手段）30、および質量演算部（質量流量演算手段）31を備えてなる構成である。

【0026】

なお、駆動回路 21、受信検知部 22、発振回路 23、制御回路 24、およびカウンタ部 25 は、例えば、超音波計測用にカスタムした L S I（Large Scale Integration）によって実現できる。このカスタム L S I は、超音波測定を可能とするアナログ回路と、後述する超音波の伝搬時間 T1、T2 を計測する動作をシーケンシャルで行うデジタル回路とを 1 チップで構成することができる。

10

【0027】

また、圧力演算部 26、流量演算部 27、密度演算部 29、温度演算部 30、および質量演算部 31 は、上述したカスタム L S I と接続した C P U により実現できる。すなわち、圧力演算部 26、流量演算部 27、密度演算部 29、温度演算部 30、および質量演算部 31 は、C P U が不図示の R O M 等からプログラムを読み出し、R A M 等で実行することにより実現できる。

【0028】

駆動回路 21 は、第一超音波センサ 12 および第二超音波センサ 13 をそれぞれ高電圧で駆動させ、超音波を出力させるものである。駆動回路 21 は、第一超音波センサ 12 および第二超音波センサ 13 に対する高電圧駆動を、制御回路 24 からの制御指示に応じて実行する。

20

【0029】

受信検知部 22 は、第一超音波センサ 12 から第二超音波センサ 13 に出力された超音波、ならびに第二超音波センサ 13 から第一超音波センサ 12 に出力された超音波それぞれの受信を検知するものである。受信検知部 22 は、超音波の受信を検知すると、その旨をカウンタ部 25 に通知する。また、受信検知部 22 は、第一超音波センサ 12、第二超音波センサ 13 それぞれで受信した超音波の振幅を示す信号電圧を計測し、その計測結果を圧力演算部 26 に出力するものでもある。

【0030】

発振回路 23 は、カウンタ部 25 において超音波の伝搬時間を計測するための基準クロックを発生させるものである。発生させた基準クロックはカウンタ部 25 に送信される。また、後述するが、発振回路 23 における温度変化に起因する発振周波数の周波数変化から、流体の温度を求めることができる。このため、発振回路 23 は、発振周波数についての情報を温度演算部 30 に送信している。

30

【0031】

制御回路 24 は、駆動回路 21 および発振回路 23 の起動の指示等、これらの回路を制御するものである。

【0032】

カウンタ部 25 は、発振回路 23 から受信した基準クロック、駆動回路 21 から受信した第一超音波センサ 12 および第二超音波センサ 13 に対する高電圧駆動の実行タイミング、および受信検知部 22 から受信した超音波の受信検知の通知から、超音波の伝搬時間を計測するものである。カウンタ部 25 は、計測した超音波の伝搬時間を流量演算部 27 に対して送信する。

40

【0033】

圧力演算部 26 は、受信検知部 22 により計測された超音波の振幅を示す信号電圧から流管 11 を流れるガスの圧力を求めるものである。この圧力の求め方についての詳細は後述する。圧力演算部 26 は求めたガスの圧力を密度演算部 29 に送信する。

【0034】

流量演算部 27 は、カウンタ部 25 から受信した超音波の伝搬時間に基づき、ガスの流

50

量（体積流量）を求めるものである。この体積流量の求め方についての詳細は後述する。流量演算部 27 は、求めた体積流量を質量演算部 31 に送信する。

【0035】

温度演算部 30 は、発振回路 23 から受信した発振周波数の変化から、流管 11 内を流れるガスの温度を求めるものである。この温度の求め方についての詳細は後述する。温度演算部 30 は、求めた温度を密度演算部 29 に対して送信する。

【0036】

密度演算部 29 は、圧力演算部 26 から受信した圧力と、温度演算部 30 から受信した温度とからガスの密度を算出するものである。この密度の求め方についての詳細は後述する。密度演算部 29 は算出した密度を質量演算部 31 に送信する。

10

【0037】

質量演算部 31 は、流管 11 内を流れるガスの質量流量を求めるものである。質量演算部 31 は、密度演算部 29 から入力された密度と、流量演算部 27 から入力されたガスの流量（体積流量）とから計測対象となるガスの質量流量を求める。この質量流量の求め方についての詳細は後述する。

【0038】

上述した構成となる回路基板 14 においてそれぞれ求められる、ガスの圧力、体積流量、ガスの温度、ガスの密度、ガスの質量流量の算出方法について以下に説明する。

【0039】

（ガスの圧力の算出）

20

ガスの圧力は、上述したように回路基板 14 における圧力演算部 26 により求められる。ここで、ガス（流体）の圧力（流体圧力）の大きさと、受信検知部 22 において受信した超音波の振幅を示す電圧（出力電圧）の大きさは、図 2 に示すように比例関係にある。図 2 は、流体圧力と受信検知部において受信した超音波の振幅を示す出力電圧との相関関係を示すグラフである。

【0040】

つまり、流体圧力が大きくなる、すなわち流体中の分子量が増えると、超音波の減衰が小さくなる。それゆえ、超音波の振幅を示す電圧が大きいほど流体圧力が大きくなる。このような、流体圧力と電圧との関係を利用して、圧力演算部 26 は、受信検知部 22 により計測された超音波の振幅を示す電圧から流管 11 を流れるガスの圧力を求める。なお、この電圧とガスの圧力との対応関係を示すテーブル情報を不図示のメモリに記憶しておき、圧力演算部 26 が受信検知部 22 で測定された電圧に基づき、このテーブル情報を参照してガスの圧力を求めることができる。また、このようなテーブル情報の代わりに、電圧とガスの圧力との関係を示す関係式を不図示のメモリ等に保持しておき、この関係式に、受信検知部 22 で測定された電圧の値を代入してガスの圧力を求める構成であってもよい。

30

【0041】

（体積流量の算出）

次に、流量演算部 27 による体積流量の算出方法について説明する。

【0042】

40

まず、超音波計測装置 1 では、流管 11 における上流側の超音波センサ（第一超音波センサ 12）から超音波を送信し、流管 11 における下流側の超音波センサ（第二超音波センサ 13）に到達するまでの時間をカウンタ部 25 が測定する（この下流側に到達するまでの伝搬時間を T1 とする）。また、下流側の第二超音波センサ 13 から超音波を送信し、流管 11 における上流側の第一超音波センサ 12 に到達するまでの時間をカウンタ部 25 が測定する（この上流側に到達するまでの伝搬時間を T2 とする）。

【0043】

すなわち、カウンタ部 25 は、発振回路 23 からの基準クロック、駆動回路 21 による第一超音波センサ 12 および第二超音波センサ 13 に対する高電圧駆動の実行タイミング、受信検知部 22 による第一超音波センサ 12 および第二超音波センサ 13 それぞれに

50

おける超音波の受信検知の通知から、超音波の伝搬時間 T_1 、 T_2 を計測する。そして、計測した伝搬時間 T_1 、 T_2 を流量演算部 27 に送信する。

【0044】

流量演算部 27 は、カウンタ部 25 から受信した伝搬時間 T_1 、 T_2 に基づき以下のようにしてガスの体積流量を求める。

【0045】

ここで、伝搬時間 T_1 は、超音波がガスの流れに乗るため、ガスの流れがないときに比べて短時間となる。一方、 T_2 は、超音波がガスの流れに逆らうため、ガスの流れがないときに比べて時間が長くなる。この関係から以下の式 (1) から (3) によって、流速 U を求めることができる。

【0046】

$$T_1 = L / (C + U \cos \theta) \cdots (1)$$

$$T_2 = L / (C - U \cos \theta) \cdots (2)$$

$$U = (L / 2 \cos \theta) ((1 / T_1) - (1 / T_2)) \cdots (3)$$

ここで、 L は、伝搬距離 (第一超音波センサと第二超音波センサとの間の距離) であり、 C は、超音波の音速である。 θ は、ガスの進行方向と超音波の伝搬経路の方向とによって成す角度である。

【0047】

また、下記の式 (4) に示すように、このように求めた流速 U にレイノルズ数に従った補正係数 K を乗算して平均流速を求め、この平均流速に流路断面積 A を乗算することで体積流量 Q を求めることができる。

【0048】

$$Q = A \times K \times U \cdots (4)$$

このようにして流量演算部 27 は、ガスの体積流量を算出できる。

【0049】

(ガスの温度の算出)

ガスの温度は、上述したように、発振回路 23 の発振周波数から温度演算部 30 が求める。まず、流管 11 内を流れるガスの温度は、回路基板 14 における温度と対応するものとみなすことができる。また、回路基板 14 における温度変化の影響により、発振回路 23 の発振周波数は変化することが知られている。ガスの温度と発振周波数との関係は、図 3 に示すように温度が高くなるにつれ発振周波数が小さくなる。なお、図 3 は、ガスの温度と発振回路 23 の発振周波数との相関関係を示すグラフである。

【0050】

そこで、温度演算部 30 は、発振回路 23 の発振周波数から温度を求めることができる。なお、この発振周波数とガスの温度との対応関係を示すテーブル情報を不図示のメモリに記憶しておき、温度演算部 30 が発振回路 23 の発振周波数に基づき、このテーブル情報を参照してガスの温度を求めることができる。また、このようなテーブル情報の代わりに、発振周波数とガスの温度との関係を示す関係式を不図示のメモリ等に保持しておき、この関係式に、発振回路 23 の発振周波数を代入してガスの温度を求める構成であってもよい。

【0051】

(ガスの密度の算出)

ガスの密度は、上述したように、圧力演算部 26 により求めたガスの圧力と、温度演算部 26 により求めたガスの温度 (絶対温度) とに基づき密度演算部 29 が算出する。

【0052】

具体的には、密度演算部 29 は以下の式 (5) に、受信した圧力と温度とを当てはめ、計測対象とするガスの密度を算出する。なお、数式 (5) において各変数は次の値を示すものとする。すなわち、 k は定数、 T は温度、 P は圧力、 p_0 はガスの標準密度、 p_1 は計測対象のガスの密度を示す。

【0053】

10

20

30

40

50

$$\rho_1 = \rho_0 \times k \times (T/P) \quad \cdots (5)$$

(質量流量の算出)

ガスの質量流量は、上述したように、質量演算部 31 が、密度演算部 29 から受信したガスの密度と、流量演算部 27 から受信したガスの体積流量とから、以下の式 (6) に従って求めることができる。

【0054】

$$\text{質量流量} = \rho_1 \times Q \quad \cdots (6)$$

以上のように、本実施の形態に係る超音波計測装置 1 は、圧力センサを流管 11 内に設けることなくガスの圧力を圧力演算部 26 により求めることができる。また、温度計を流管 11 に設けることなくガスの温度を温度演算部 30 により求めることができる。また、密度計を流管 11 に設けることなくガスの密度を密度演算部 29 により求めることができる。

【0055】

このため、本実施の形態に係る超音波計測装置 1 は、上述した圧力センサ、温度計、および密度計が不要となるとともに、これらの流管 11 への取り付けにかかる加工等を省くことができる。このため、製造にかかるコストを低減させることができる。特に、圧力センサは、通常、流管 11 の側壁部に外気と連通する開口部を形成し、該開口部にこの圧力センサをはめ込んで設けられる。このため、流管 11 における穴あけ加工および、開口部と圧力センサとの嵌めこみ部分からガスが漏れなうようにするためのシーリング加工が必要となる。しかしながら、本実施の形態に係る超音波計測装置 1 では、これらの加工を不要とすることができ、製造にかかるコストを大幅に低減させることができる。

【0056】

なお、超音波計測装置 1 における計測対象として、家庭で利用される燃料ガスを例に挙げて説明したが、このような燃料ガスに限定されるものではなく、計測対象は流体であればよい。

【0057】

上記説明から、当業者にとっては、本発明の多くの改良や他の実施形態が明らかである。従って、上記説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、本発明を実行する最良の態様を当業者に教示する目的で提供されたものである。本発明の精神を逸脱することなく、その構造及び／又は機能の詳細を実質的に変更できる。

【産業上の利用可能性】

【0058】

本発明の超音波計測装置は、流体の体積流量および質量流量を超音波を使って算出する計測装置として有用である。

【符号の説明】

【0059】

- 1 超音波計測装置
- 11 流管
- 12 第一超音波センサ
- 13 第二超音波センサ
- 14 回路基板
- 21 駆動回路
- 22 受信検知部
- 23 発振回路
- 24 制御回路
- 25 カウンタ部
- 26 圧力演算部
- 27 流量演算部
- 29 密度演算部
- 30 温度演算部

10

20

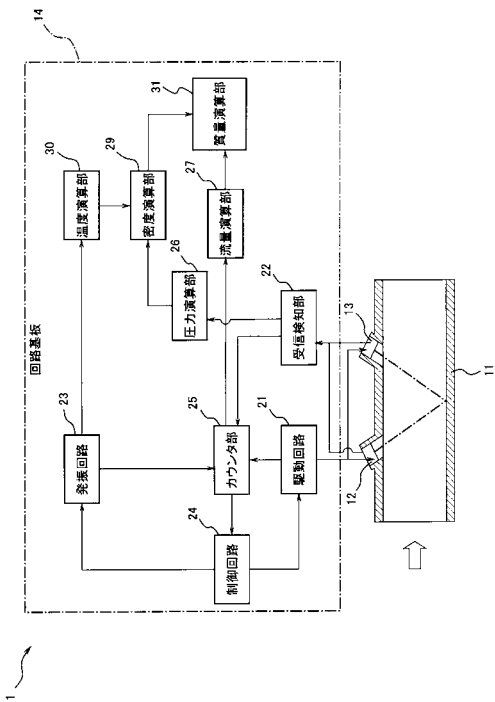
30

40

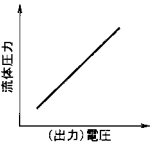
50

3 1 質量演算部

【図 1】



【図 2】



【図 3】

