

(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2020-8338

(P2020-8338A)

(43) 公開日 令和2年1月16日(2020.1.16)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
GO 1 F 1/684 (2006.01)	GO 1 F 1/684 A	2 F 0 3 5
GO 1 F 1/698 (2006.01)	GO 1 F 1/698 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2018-127368 (P2018-127368)	(71) 出願人	000006666 アズビル株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号
(22) 出願日	平成30年7月4日(2018.7.4)	(74) 代理人	100098394 弁理士 山川 茂樹
		(74) 代理人	100064621 弁理士 山川 政樹
		(72) 発明者	山崎 吉夫 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 アズビル株式会社内
		(72) 発明者	松永 晋輔 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 アズビル株式会社内

最終頁に続く

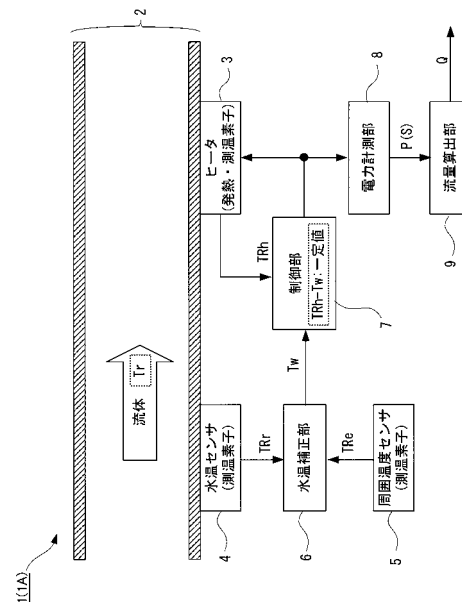
(54) 【発明の名称】 熱式流量計

(57) 【要約】

【課題】 配管を流れる流体の温度と周囲温度に温度差ある環境でも、正確な流量の測定を行えるようにする。

【解決手段】 流体の温度の影響を受けない位置に周囲温度センサ5を設置し、この周囲温度センサ5によって検出される水温センサ4の近傍の周囲温度TReに基づいて、水温センサ4が検出する流体の温度TRrを補正する。例えば、補正後の流体の温度をTw、補正係数をkとし、 $Tw = TRr + k(TRr - TRe)$ として、補正後の流体の温度Twを求める。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象の流体が流れるように構成された配管と、
 前記配管に設置され、電力の供給を受けて発熱するように構成されたヒータと、
 前記ヒータよりも上流側の前記ヒータの熱影響を受けない位置に設置され、前記流体の温度を検出するように構成された温度センサと、
 前記流体の温度の影響を受けない位置に設置され、前記温度センサの近傍の周囲温度を検出するように構成された周囲温度センサと、
 前記温度センサが検出する前記流体の温度を前記周囲温度センサが検出する周囲温度に基づいて補正するように構成された流体温度補正部と、
 前記ヒータの抵抗値変化から検出される前記ヒータの発熱温度と前記流体温度補正部によって補正された流体の温度との温度差を求め、この温度差が一定値となるように前記ヒータへ供給する電力を制御するように構成された制御部と、
 前記制御部によって前記温度差が一定値となるように制御されている時の前記流体における熱拡散の状態に対応する値をセンサ出力として出力するように構成されたセンサ出力部と、
 前記センサ出力部からのセンサ出力に基づいて前記配管を流れる流体の流量を求めるように構成された流量算出部と
 を備えることを特徴とする熱式流量計。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載された熱式流量計において、
 前記流体温度補正部は、
 前記温度センサが検出する流体の温度を $T R r$ 、前記周囲温度センサが検出する周囲温度を $T R e$ 、前記補正後の流体の温度を $T w$ 、補正係数を k として表される下記 (A) 式より、補正後の流体の温度 $T w$ を求める
 ことを特徴とする熱式流量計。

$$T w = T R r + k (T R r - T R e) \quad \dots (A)$$

20

【請求項 3】

請求項 2 に記載された熱式流量計において、
 前記補正係数 k は、
 前記 (A) 式より求められる補正後の流体の温度 $T w$ が実際の流体温度となるような値として定められている
 ことを特徴とする熱式流量計。

30

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載された熱式流量計において、
 前記センサ出力部は、
 前記制御部によって前記温度差が一定値となるように制御されている時の前記ヒータへの供給電力を前記センサ出力として出力する
 ことを特徴とする熱式流量計。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載された熱式流量計において、
 前記センサ出力部は、
 前記制御部によって前記温度差が一定値となるように制御されている時の前記ヒータの上下流の流体の温度差を前記センサ出力として出力する
 ことを特徴とする熱式流量計。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体における熱拡散の作用を利用して配管を流れる流体の流量を測定する熱式流量計に関する。

50

【背景技術】

【0002】

従来より、流路を流れる流体の流量や流速を測定する技術が工業・医療分野などで幅広く利用されている。流量や流速を測定する装置としては、電磁流量計、渦流量計、コリオリ式流量計、熱式流量計など様々な種類があり、用途に応じて使い分けられている。

【0003】

熱式流量計は、気体の検出が可能であり、圧力損失が基本的にはなく、質量流量が測定できるなどの利点がある。また、流路をガラス管から構成することで、腐食性の液体の流量を測定可能とした熱式流量計も用いられている（特許文献1, 2参照）。このような液体の流量を測定する熱式流量計は、微量な流量の測定に適している。

10

【0004】

熱式流量計には、ヒータへの供給電力をセンサ出力とする方式（方式1）と、ヒータの上下流の温度差をセンサ出力とする方式（方式2）とがある。例えば、流体を水とし、この水の流量を測定する場合、ヒータ温度を水温に対し、プラス10 など一定温度となるようにヒータへの供給する電力を制御し、この時のヒータへの供給電力またはヒータの上下流の温度差をセンサ出力（流体における熱拡散の状態に対応する値）とし、このセンサ出力から水の流量を求める。

【0005】

〔方式1〕

図3は、ヒータへの供給電力から流体の流量を測定する熱式流量計の原理（方式1）を説明する図である。この方式1では、測定対象の流体が流れる配管100に水温センサ（測温素子）101とヒータ（発熱・測温素子）102とを設置し、ヒータ102の抵抗値変化から検出される温度（発熱温度） T_{Rh} と水温センサ101が検出する温度（水温） T_{Rr} との温度差が一定値（ $T_{Rh} - T_{Rr} = \text{Const}$ ）になるようにヒータ102へ供給する電力 P を制御する。このとき、流体の流量 Q とヒータ102への供給電力 P とは、 $Q \propto P$ の関係となるため、ヒータ102への供給電力 P から流量 Q を算出することができる。

20

【0006】

〔方式2〕

図4は、ヒータの上下流の温度差から流体の流量を測定する熱式流量計の原理（方式2）を説明する図である。この方式2では、測定対象の流体が流れる配管100に水温センサ（測温素子）101と、ヒータ（発熱・測温素子）102と、上流温度センサ（測温素子）103と、下流温度センサ（測温素子）104とを設置し、ヒータ102の抵抗値変化から検出される温度（発熱温度） T_{Rh} と水温センサ101が検出する温度（水温） T_{Rr} との温度差が一定値（ $T_{Rh} - T_{Rr} = \text{Const}$ ）になるようにヒータ102へ供給する電力 P を制御する。このとき、上流温度センサ103が検出する流体の温度 T_{Ru} と下流温度センサ104が検出する流体の温度 T_{Rd} との温度差（ $T_{Ru} - T_{Rd}$ ）とは、 $Q \propto (T_{Ru} - T_{Rd})$ の関係となるため、ヒータ102の上下流の温度差（ $T_{Ru} - T_{Rd}$ ）から流量 Q を算出することができる。

30

【0007】

なお、上述した方式1では、ヒータ102への供給電力 P がセンサ出力とされ、上述した方式2では、ヒータ102の上下流の温度差（ $T_{Ru} - T_{Rd}$ ）がセンサ出力とされる。ここで、センサ出力を S とした場合、このセンサ出力 S は、簡易的には下記の(1)式で表されることが知られている。

40

【0008】

$$S = (A + B \cdot \mu^{1/2}) \cdot T \cdot \dots \cdot (1)$$

【0009】

この(1)式において、 A , B は水温センサ101やヒータ102などの面積、流体の熱伝導率、流体の密度、流体の粘度、熱容量等から決まる定数、 μ は流速、 T はヒータ102の加熱温度（水温からの加熱温度）である。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2006-010322号公報

【特許文献2】特表2003-532099号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、配管100を流れる水の温度と周囲温度（水温センサ101の近傍の周囲温度）とに差異がある場合、水温センサ101は周囲温度からの熱影響により、配管100を流れる水の温度を正確に検出することができなくなる。

10

【0012】

このため、ヒータ102の抵抗値変化から検出される発熱温度 T_{Rh} と水温センサ101が検出する温度 T_{Rr} との温度差を一定値となるようにヒータ102へ供給する電力を制御しても、実際の水温からの加熱温度 T は一定値に保てなくなり、センサ出力 S に影響を与え、正確な流量の測定が行えなくなる。

【0013】

すなわち、配管100を流れる水の実際の水温（真の水温）を T_r とした場合、周囲温度からの熱影響により水温センサ101が検出する温度 T_{Rr} は実際の水温 T_r よりも低い値となったり、高い値となったりする。水温センサ101が検出する温度 T_{Rr} が実際の水温 T_r よりも低い値となった場合、実際の水温からの加熱温度 T は小さくなる。水温センサ101が検出する温度 T_{Rr} が実際の水温 T_r よりも高い値となった場合、実際の水温からの加熱温度 T は大きくなる。

20

【0014】

例えば、 $T_r = 23$ 、周囲温度 = 23 で温度差がない場合、水温センサ101が検出する温度 T_{Rr} は23で、実際の水温 T_r と等しい。この場合、ヒータ102へ供給する電力を制御する際の一定値（Const）を10とすると、加熱温度 T は10となる（図5参照）。

【0015】

これに対し、例えば、 $T_r = 23$ 、周囲温度 = 5 で、実際の水温 T_r よりも周囲温度が低い場合、水温センサ101が検出する温度 T_{Rr} は22.9など、実際の水温 T_r よりも低い温度になる。このため、発熱温度 T_{Rh} を T_{Rr} よりも10アップするように制御しても、実際には加熱温度 T は9.9になってしまい（図6参照）、センサ出力 S が小さくなってしまふ。

30

【0016】

また、例えば、 $T_r = 23$ 、周囲温度 = 45 で、実際の水温 T_r よりも周囲温度が高い場合、水温センサ101が検出する温度 T_{Rr} は23.1など、実際の水温 T_r よりも高い温度になる。このため、発熱温度 T_{Rh} を T_{Rr} よりも10アップするように制御しても、実際には加熱温度 T は10.1になってしまい（図7参照）、センサ出力 S が大きくなってしまふ。

40

【0017】

図8に、センサ出力 S と流量 Q との関係を示す。同図において、特性Iは実際の水温と周囲温度との温度差がない場合（ $T = 10$ ）、特性IIは実際の水温よりも周囲温度が低い場合（ $T = 9.9$ ）、特性IIIは実際の水温よりも周囲温度が高い場合（ $T = 10.1$ ）を示している。このように、周囲温度の変化によってセンサ出力 S と流量 Q との関係が変化することから、センサ出力 S から得られる流量 Q も変化し、正確な流量の測定が行えなくなる。

【0018】

本発明は、このような課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、配管を流れる流体の温度と周囲温度に温度差ある環境でも、正確な流量の測定を行うこ

50

とが可能な熱式流量計を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0019】

このような目的を達成するために本発明は、測定対象の流体が流れるように構成された配管(2)と、配管に設置され、電力の供給を受けて発熱するように構成されたヒータ(3)と、ヒータよりも上流側のヒータの熱影響を受けない位置に設置され、流体の温度(T_{Rr})を検出するように構成された温度センサ(4)と、流体の温度の影響を受けない位置に設置され、温度センサの近傍の周囲温度(T_{Re})を検出するように構成された周囲温度センサ(5)と、温度センサが検出する流体の温度を周囲温度センサが検出する周囲温度に基づいて補正するように構成された流体温度補正部(6)と、ヒータの抵抗値変化から検出されるヒータの発熱温度(T_{Rh})と流体温度補正部によって補正された流体の温度(T_w)との温度差($T_{Rh} - T_w$)を求め、この温度差が一定値となるようにヒータへ供給する電力を制御するように構成された制御部(7)と、制御部によって温度差が一定値となるように制御されている時の流体における熱拡散の状態に対応する値をセンサ出力(S)として出力するように構成されたセンサ出力部(8)と、センサ出力部からのセンサ出力に基づいて配管を流れる流体の流量を求めるように構成された流量算出部(9)とを備えることを特徴とする。

10

【0020】

本発明では、流体の温度の影響を受けない位置に周囲温度センサを設置し、この周囲温度センサによって検出される温度センサの近傍の周囲温度に基づいて、温度センサが検出する流体の温度を補正する。例えば、温度センサが検出する流体の温度を T_{Rr} 、周囲温度センサが検出する周囲温度を T_{Re} 、補正後の流体の温度を T_w 、補正係数を k とし、 $T_w = T_{Rr} + k(T_{Rr} - T_{Re})$ として、補正後の流体の温度 T_w を求める。

20

【0021】

そして、ヒータの発熱温度と補正された流体の温度との温度差を求め、この温度差が一定値となるようにヒータへ供給する電力を制御し、この時の流体における熱拡散の状態に対応する値(ヒータへの供給電力やヒータの上下流の流体の温度差)をセンサ出力とし、このセンサ出力に基づいて配管を流れる流体の流量を求める。

【0022】

これにより、補正後の流体の温度(T_w)を実際の流体の温度(T_r)に近づけるようにして、配管を流れる流体の温度と周囲温度に温度差ある環境でも、正確な流量の測定を行うことが可能となる。

30

【0023】

なお、上記説明では、一例として、発明の構成要素に対応する図面上の構成要素を、括弧を付した参照符号によって示している。

【発明の効果】

【0024】

以上説明したように、本発明によれば、流体の温度の影響を受けない位置に周囲温度センサを設置し、この周囲温度センサによって検出される温度センサの近傍の周囲温度に基づいて温度センサが検出する流体の温度を補正するようにしたので、補正後の流体の温度を実際の流体の温度に近づけるようにして、配管を流れる流体の温度と周囲温度に温度差ある環境でも、正確な流量の測定を行うことが可能となる。

40

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】図1は、本発明の実施の形態1に係る熱式流量計の要部の構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、本発明の実施の形態2に係る熱式流量計の要部の構成を示すブロック図である。

【図3】図3は、ヒータへの供給電力から流体の流量を測定する熱式流量計の原理(方式1)を説明する図である。

50

【図 4】図 4 は、ヒータの上下流の温度差から流体の流量を測定する熱式流量計の原理（方式 2）を説明する図である。

【図 5】図 5 は、水温センサが検出する温度 T_{Rr} と実際の水温 T_r とが等しい場合を説明する図である。

【図 6】図 6 は、周囲温度からの熱影響により水温センサが検出する温度 T_{Rr} が実際の水温 T_r よりも低い値となった場合を説明する図である。

【図 7】図 7 は、周囲温度からの熱影響により水温センサが検出する温度 T_{Rr} が実際の水温 T_r よりも高い値となった場合を説明する図である。

【図 8】図 8 は、センサ出力 S と流量 Q との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0026】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0027】

〔実施の形態 1〕

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る熱式流量計 1（1A）の要部の構成を示すブロック図である。この熱式流量計 1A は、プロセッサや記憶装置からなるハードウェアと、これらのハードウェアと協働して各種機能を実現させるプログラムとによって実現され、配管 2 と、ヒータ（発熱・測温素子）3 と、水温センサ（測温素子）4 と、周囲温度センサ（測温素子）5 と、水温補正部 6 と、制御部 7 と、電力計測部（センサ出力部）8 と、流量算出部 9 とを備えている。

20

【0028】

配管 2 は、例えばガラスからなり、測定対象の流体（この例では、水）が流れる。ヒータ 3 は、配管 2 の外壁に設置され、制御部 7 から電力の供給を受けて発熱する。

【0029】

水温センサ 4 は、ヒータ 3 よりも上流側の配管 2 の外壁に設置されており、配管 2 を流れる流体の温度を T_{Rr} として検出する。この水温センサ 4 は、ヒータ 3 との距離をある程度離すことにより、ヒータ 3 の熱影響を受けない位置に設置されている。

【0030】

周囲温度センサ 5 は、配管 2 の外側の流体の温度の影響を受けない位置に設置されており、水温センサ 4 の近傍の周囲温度を T_{Re} として検出する。

30

【0031】

水温補正部 6 は、水温センサ 4 が検出する流体の温度 T_{Rr} を周囲温度センサ 5 が検出する周囲温度 T_{Re} に基づいて補正し、その補正された流体の温度 T_{Rr} を T_w として制御部 7 へ送る。

【0032】

本実施の形態において、水温補正部 6 は、補正係数を k とする下記の（2）式より、補正された流体の温度 T_w を求める。

$$T_w = T_{Rr} + k(T_{Rr} - T_{Re}) \quad \dots (2)$$

【0033】

なお、この（2）式において、補正係数 k は、補正後の流体の温度 T_w が実際の流体温度（真の温度） T_r となるような値として定められた定数であり、水温センサ 4 や周囲温度センサ 5 などの熱的位置関係によって定まる。例えば、 $T_r = 23$ 、 $T_{Re} = 45$ の時に水温センサ 4 によって検出された流体の温度 T_{Rr} が 23.1 であるとする。この場合、補正後の流体の温度 T_w が $T_w = 23.1 + k(23.1 - 45) = 23$ となるように、補正係数 k が定まっていればよい。

40

【0034】

制御部 7 は、ヒータ 3 の抵抗値変化から検出されるヒータ 3 の発熱温度 T_{Rh} と、水温補正部 6 から補正された流体の温度 T_w とを入力とし、発熱温度 T_{Rh} と補正された流体の温度 T_w との温度差（ $T_{Rh} - T_w$ ）を求め、この温度差が一定値（例えば、10）となるようにヒータ 3 へ供給する電力を制御する。

50

【0035】

電力計測部 8 は、制御部 7 によって温度差 ($T_{Rh} - T_w$) が一定値となるように制御されている時のヒータ 3 への供給電力 P を計測し、この計測した供給電力 P をセンサ出力 (流体における熱拡散の状態に対応する値) S として流量算出部 9 へ送る。

【0036】

流量算出部 9 は、電力計測部 8 からのセンサ出力 S (供給電力 P) を、予め設定されている流量変換式を用いて流量の値に変換することにより、配管 2 を流れる流体の流量 Q を求める。

【0037】

このようにして、実施の形態 1 の熱式流量計 1 A では、流体の温度の影響を受けない位置に周囲温度センサ 5 を設置し、この周囲温度センサ 5 によって検出される水温センサ 4 の近傍の周囲温度 T_{Re} に基づいて、水温センサ 4 が検出する流体の温度 T_{Rr} を補正することによって、補正後の流体の温度 T_w を実際の流体の温度 T_r に近づけるようにして、配管 2 を流れる流体の温度と周囲温度に温度差ある環境でも、正確な流量の測定を行うことができる。

10

【0038】

〔実施の形態 2〕

図 2 は本発明の実施の形態 2 に係る熱式流量計 1 (1 B) の要部の構成を示すブロック図である。同図において、図 1 と同一符号は図 1 を参照して説明した構成要素と同一或いは同等構成要素を示し、その説明は省略する。

20

【0039】

実施の形態 2 の熱式流量計 1 B では、ヒータ 3 の上流側の流体の温度 T_{Ru} を検出する上流温度センサ (測温素子) 10 と、ヒータ 3 の下流側の流体の温度 T_{Rd} を検出する下流温度センサ (測温素子) 11 とを、ヒータ 3 を挟んで配管 2 の外壁に設けている。また、上流温度センサ 10 および下流温度センサ 11 に対して、温度差算出部 (センサ出力部) 12 を設けている。

【0040】

温度差算出部 12 は、制御部 7 が発熱温度 T_{Rh} と補正後の流体の温度 T_w との温度差 ($T_{Rh} - T_w$) が一定値となるようにヒータ 3 への供給電力を制御している時の、ヒータ 3 の上流側の流体の温度 T_{Ru} と下流側の流体の温度 T_{Rd} との温度差 (ヒータ 3 の上下流の温度差 ($T_{Ru} - T_{Rd}$)) を算出し、この算出したヒータ 3 の上下流の温度差 ($T_{Ru} - T_{Rd}$) をセンサ出力 (流体における熱拡散の状態に対応する値) S として流量算出部 9 へ送る。

30

【0041】

流量算出部 9 は、温度差算出部 12 からのセンサ出力 S (ヒータ 3 の上下流の温度差 ($T_{Ru} - T_{Rd}$)) を、予め設定されている流量変換式を用いて流量の値に変換することにより、配管 2 を流れる流体の流量 Q を求める。

【0042】

このようにして、実施の形態 2 の熱式流量計 1 B でも、流体の温度の影響を受けない位置に周囲温度センサ 5 を設置し、この周囲温度センサ 5 によって検出される水温センサ 4 の近傍の周囲温度 T_{Re} に基づいて、水温センサ 4 が検出する流体の温度 T_{Rr} を補正することによって、補正後の流体の温度 T_w を実際の流体の温度 T_r に近づけるようにして、配管 2 を流れる流体の温度と周囲温度に温度差ある環境でも、正確な流量の測定を行うことができる。

40

【0043】

なお、上述した実施の形態では、流量算出部 9 において、センサ出力 S を流量変換式を用いて流量の値に変換するようにしたが、センサ出力 S に対応する流量 Q の値が登録されている流量変換テーブルを用い、この流量変換テーブルからセンサ出力 S に対応する流量 Q の値を求めるようにしてもよい。

【0044】

50

また、上述した実施の形態では、水温センサ4を配管2の外壁に設置するようにしたが、配管2の内壁に設置するようにしてもよい。配管2の内壁に設置するようにしても、水温センサ4が設置されている部分の温度は周囲温度によって変化する。

【0045】

また、上述した実施の形態では、配管2を流れる流体を水（液体）としたが、配管2を流れる流体は液体に限られるものではなく、気体であってもよい。

【0046】

〔実施の形態の拡張〕

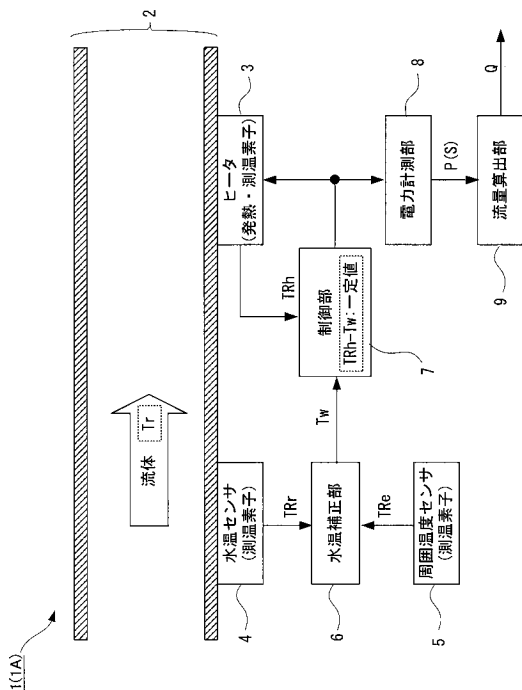
以上、実施の形態を参照して本発明を説明したが、本発明は上記の実施の形態に限定されるものではない。本発明の構成や詳細には、本発明の技術思想の範囲内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

【符号の説明】

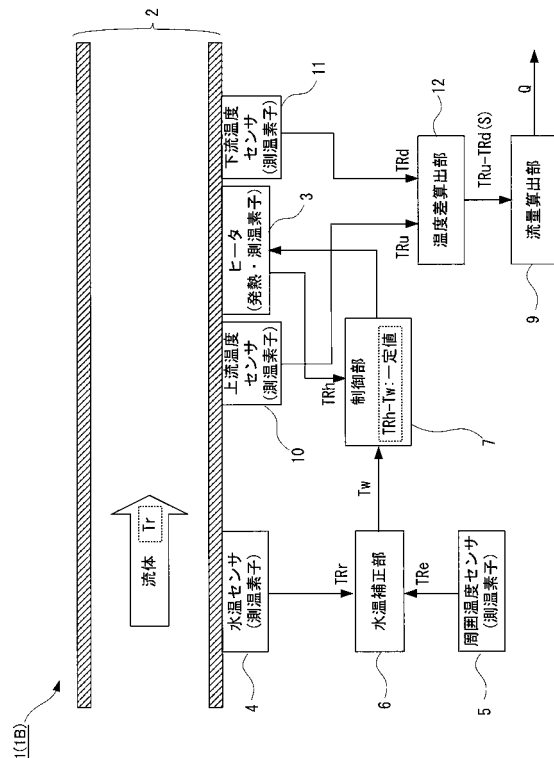
【0047】

1 (1A, 1B) ... 熱式流量計、2 ... 配管、3 ... ヒータ、4 ... 水温センサ、5 ... 周囲温度センサ、6 ... 水温補正部、7 ... 制御部、8 ... 電力計測部、9 ... 流量算出部、10 ... 上流温度センサ、11 ... 下流温度センサ、12 ... 温度差算出部。

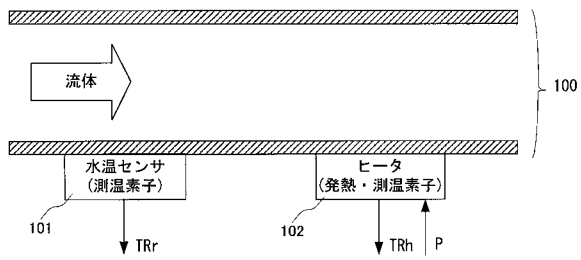
【図1】



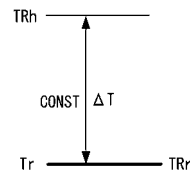
【図2】



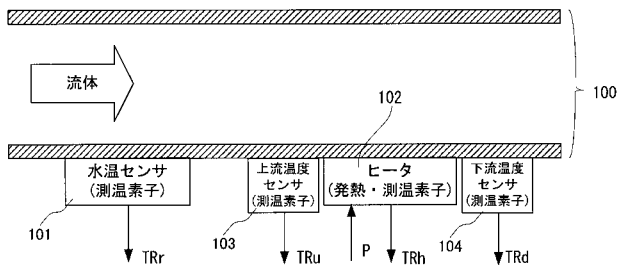
【 図 3 】



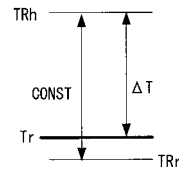
【 図 5 】



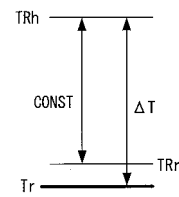
【 図 4 】



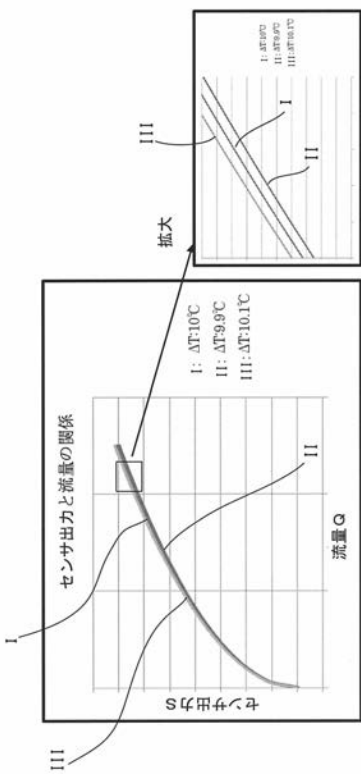
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 青島 滋

東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 アズビル株式会社内

Fターム(参考) 2F035 EA01 EA04 EA05 EA09