

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7419855号
(P7419855)

(45)発行日 令和6年1月23日(2024.1.23)

(24)登録日 令和6年1月15日(2024.1.15)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 1 F	1/696(2006.01)	G 0 1 F	1/696	Z	
G 0 1 F	1/684(2006.01)	G 0 1 F	1/684	A	
G 0 1 F	1/692(2006.01)	G 0 1 F	1/692	A	

請求項の数 15 (全26頁)

(21)出願番号	特願2020-20720(P2020-20720)	(73)特許権者	000002945 オムロン株式会社 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地
(22)出願日	令和2年2月10日(2020.2.10)	(74)代理人	110002860 弁理士法人秀和特許事務所
(65)公開番号	特開2021-127992(P2021-127992 A)	(72)発明者	鈴木 宜暁 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内
(43)公開日	令和3年9月2日(2021.9.2)	(72)発明者	山本 克行 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内
審査請求日	令和4年12月7日(2022.12.7)	(72)発明者	半田 憲一 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 流量測定装置、流量の測定方法及び流量測定プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

主流路を流れる測定対象流体の流量を検出するための流量検出部と、
測定対象流体を加熱する加熱部および測定対象流体の温度を検出する温度検出部を有し、
測定対象流体の特性値を取得するための特性値取得部と、
前記特性値取得部によって取得された測定対象流体の特性値を用いて、前記流量検出部
から出力された検出信号に基づいて算出された測定対象流体の流量を補正する流量補正部
と、
を備え、

前記加熱部および前記温度検出部は、測定対象流体の流れ方向と直交する方向に並んで
配置されており、

前記特性値取得部は、前記加熱部の温度を変化させた前後における、前記温度検出部
により検出された前記測定対象流体の温度の比により、前記特性値を取得することを特徴と
する流量測定装置。

【請求項2】

前記特性値取得部は、前記加熱部の温度を変化させた前後における、前記温度検出部
により検出された前記測定対象流体の温度の差及び比により、前記特性値を取得することを
特徴とする請求項1に記載の流量測定装置。

【請求項3】

前記特性値は、前記加熱部の温度を変化させた前後における、前記温度検出部により検

10

20

出された前記測定対象流体の温度の差及び比、または温度の比に、所定の係数を乗じた値であり、

前記流量補正部は、前記流量検出部から出力された検出信号に、前記特性値を乗じること、前記測定対象流体の流量を補正することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の流量測定装置。

【請求項 4】

一端が前記主流路内に開口した第 1 流入口に連通し、且つ、他端が前記主流路内に開口した第 1 流出口に連通することで前記主流路から分流されるとともに、前記特性値取得部の前記温度検出部が配置された特性値検出流路を有する副流路部をさらに備え、

前記流量検出部は、前記特性値検出流路とは異なる位置に配置される

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の流量測定装置。

10

【請求項 5】

前記特性値取得部の前記温度検出部および前記流量検出部は、前記主流路または、前記副流路部を構成する部材に脱着可能に設けられた流量検出部材に設けられたことを特徴とする請求項 4 に記載の流量測定装置。

【請求項 6】

前記副流路部は、前記流量検出部が配置された流量検出流路と、

一端が前記主流路内に開口した第 1 流入口に連通し、且つ、他端が前記主流路内に開口した第 1 流出口に連通することで前記副流路部から分流された第一副流路部と、

一端が前記第一副流路部に開口した第 2 流入口に連通し、且つ、他端が前記第一副流路部内に開口した第 2 流出口に連通することで前記第一副流路部から分流された第二副流路部と、

を有し、

前記流量検出流路及び前記特性値検出流路はともに、一端が前記第二副流路部に開口した第 3 流入口に連通し、且つ、他端が前記第二副流路部内に開口した第 3 流出口に連通することで前記第二副流路部からさらに分流されることで形成されたことを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の流量測定装置。

20

【請求項 7】

前記副流路部は、前記流量検出部が配置された流量検出流路をさらに有しており、

前記流量検出流路は、一端が前記第 1 流入口に連通し、且つ、他端が前記第 1 流出口に連通しており、

前記第 1 流入口から流入した測定対象流体を、前記特性値検出流路および前記流量検出流路に分流させることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の流量測定装置。

30

【請求項 8】

前記副流路部は、前記流量検出部が配置された流量検出流路をさらに有しており、

前記特性値検出流路は、前記流量検出流路内に設けられており、

前記流量検出流路内を流れる測定対象流体の一部を前記特性値検出流路に流入させることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の流量測定装置。

【請求項 9】

前記副流路部は、前記流量検出部が配置された流量検出流路をさらに有しており、

前記流量検出流路は、一端が前記主流路内に開口した第 4 流入口に連通し、且つ、他端が前記主流路内に開口した第 4 流出口に連通していることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の流量測定装置。

40

【請求項 10】

前記流量検出部は、前記主流路に配置されていることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の流量測定装置。

【請求項 11】

前記加熱部は、当該加熱部の長手方向が測定対象流体の流れ方向に沿って配置されていることを特徴とする請求項 1 から 10 の何れか一項に記載の流量測定装置。

【請求項 12】

50

前記温度検出部は、当該温度検出部の長手方向が測定対象流体の流れ方向に沿って配置されていることを特徴とする請求項 1 から 11 の何れか一項に記載の流量測定装置。

【請求項 13】

前記副流路部は、前記流量検出部が配置された流量検出流路をさらに有しており、前記流量検出流路と前記特性値検出流路は、前記副流路部または該副流路部から分流された流路に、回路基板を前記測定対象流体の流れ方向に平行に配置して前記副流路部または該副流路部を分流することで形成され、

前記流量検出部及び前記特性値取得部の前記温度検出部は、それぞれ、前記回路基板上の一面と、反対面に設けられたことを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の流量測定装置。

【請求項 14】

測定対象流体の流れ方向に並んで配置された、測定対象流体を加熱する加熱部および測定対象流体の温度を検出する温度検出部を有し、主流路を流れる測定対象流体の流量を検出するための流量検出部と、

測定対象流体の流れと直交する方向に並んで配置された、測定対象流体を加熱する第二加熱部および測定対象流体の温度を検出する第二温度検出部を有し、測定対象流体の特性値を取得するための特性値取得部と、

を備えた流量測定装置を用いた前記測定対象流体の流量の測定方法であって、

前記流量検出部によって前記主流路を流れる測定対象流体の流量を検出する流量検出工程と、

前記第二温度検出部により前記測定対象流体の温度を測定する第一温度測定工程と、

前記第二加熱部の温度を変化させる温度変化工程と、

前記温度変化工程の後に、前記第二温度検出部により前記測定対象流体の温度を測定する第二温度測定工程と、

前記第一温度測定工程で測定された前記測定対象流体の温度と、前記第二温度測定工程で測定された前記測定対象流体の温度との比によって、前記特性値を取得する特性値取得工程と、

前記流量検出工程において検出された測定対象流体の流量に、前記特性値を乗じることによって、前記測定対象流体の流量を補正する補正工程と、

を有することを特徴とする流量の測定方法。

【請求項 15】

測定対象流体の流れ方向に並んで配置された、測定対象流体を加熱する加熱部および測定対象流体の温度を検出する温度検出部を有し、主流路を流れる測定対象流体の流量を検出するための流量検出部と、

測定対象流体の流れと直交する方向に並んで配置された、測定対象流体を加熱する第二加熱部および測定対象流体の温度を検出する第二温度検出部を有し、測定対象流体の特性値を取得するための特性値取得部と、

を備えた流量測定装置に、前記測定対象流体の流量の測定させる流量測定プログラムであって、

情報処理装置に、

前記流量検出部によって前記主流路を流れる測定対象流体の流量を検出する流量検出ステップと、

前記第二温度検出部により前記測定対象流体の温度を測定する第一温度測定ステップと、

前記第二加熱部の温度を変化させる温度変化ステップと、

前記温度変化ステップの後に、前記第二温度検出部により前記測定対象流体の温度を測定する第二温度測定ステップと、

前記第一温度測定ステップで測定された前記測定対象流体の温度と、前記第二温度測定ステップで測定された前記測定対象流体の温度との比によって、前記特性値を取得する特性値取得ステップと、

前記流量検出ステップにおいて検出された測定対象流体の流量に、前記特性値を乗じることによって、前記測定対象流体の流量を補正する補正ステップと、

10

20

30

40

50

を実行させるための流量測定プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流量測定装置、流量の測定方法及び流量測定プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、加熱部および温度検出部を備え、測定対象流体の流量を測定する流量測定装置が提案されている。例えば、測定対象流体の物性変化による出力特性の変化を低減させるため、測定対象流体の物性値を検出するための物性値検出部を備える流量測定装置も提案されている（特許文献1）。具体的には、マイクロヒータとサーモパイルとの温度差を検出することにより熱伝導率（熱拡散定数）を求め、センサによって測定された流量を熱伝導率に基づいて補正する。

10

【0003】

さらに、熱拡散率が異なる測定対象流体について、流量の測定の精度を向上させるために、測定対象流体の流れ方向と直交する方向に並んで配置された物質検出用のマイクロヒータとサーモパイルを準備し、マイクロヒータの温度を2段階に変化させた前後において、測定対象流体の温度の差を検出する流量測定装置が提案されている。この技術においては、マイクロヒータの温度を2段階に変化させた前後における測定対象流体の温度の差により特性値を取得し、取得した特性値を用いて測定対象流体の流量を補正する（特許文献2）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2012-233776号公報

【文献】特開2017-129470号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、測定対象の流体の種類が増加した場合には、マイクロヒータの温度を2段階に変化させた前後における、サーモパイルにより検出された測定対象流体の温度の差により、測定対象流体の特性値を取得しただけでは、十分に精度よく、測定対象の流体の物性を識別することが困難であり、熱拡散率が異なる測定対象流体について、流量の測定の精度を十分に向上させることが困難な場合があった。

30

【0006】

本発明は、上記のような問題に鑑みてなされたものであり、熱拡散率が異なる測定対象流体について、流量の測定の精度をさらに向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る流量測定装置は、主流路を流れる測定対象流体の流量を検出するための流量検出部と、測定対象流体を加熱する加熱部および測定対象流体の温度を検出する温度検出部を有し、測定対象流体の特性値を取得するための特性値取得部と、前記特性値取得部によって取得された測定対象流体の特性値を用いて、前記流量検出部から出力された検出信号に基づいて算出された測定対象流体の流量を補正する流量補正部とを備え、前記加熱部および前記温度検出部は、測定対象流体の流れ方向と直交する方向に並んで配置されており、前記特性値取得部は、前記加熱部の温度を変化させた前後における、前記温度検出部により検出された前記測定対象流体の温度の比により、前記特性値を取得する。

40

【0008】

加熱部の温度を変化させた前後における、温度検出部により検出された測定対象流体の温度の比により取得した特性値を用いれば、測定対象流体の熱伝導率や比熱、粘度によっ

50

て変わる熱拡散率に応じた補正を行うことができる。したがって、熱拡散率が異なる測定対象流体について、流量の測定の精度を向上させることができる。

【0009】

また、本発明においては、前記特性値取得部は、前記加熱部の温度を変化させた前後における、前記温度検出部により検出された前記測定対象流体の温度の差及び比により、前記特性値を取得するようにしてもよい。

【0010】

ここで、熱拡散率が異なる測定対象流体の中には、加熱部の温度を変化させた前後における、温度検出部により検出された測定対象流体の温度の差によって精度よく物性を反映できる流体と、加熱部の温度を変化させた前後における、温度検出部により検出された測定対象流体の温度の比によって精度よく物性を反映できる流体とが存在し得る。よって、本発明において、特性値取得部は、前記加熱部の温度を変化させた前後における、前記温度検出部により検出された前記測定対象流体の温度の差及び比により、前記特性値を取得するようにすれば、より精度よく、熱拡散率が異なる測定対象流体の物性を反映した特性値を得ることが可能である。

【0011】

また、特性値は、加熱部の温度を変化させた前後における、温度検出部により検出された測定対象流体の温度の差および/または比に、所定の係数を乗じた値であり、流量補正部は、流量検出部から出力された検出信号に、特性値を乗じることで、測定対象流体の流量を補正するようにしてもよい。具体的には、このような値を特性値として用いることができる。

【0012】

また、一端が主流路内に開口した第1流入口に連通し、且つ、他端が主流路内に開口した第1流出口に連通することで主流路から分流されるとともに、特性値取得部の前記温度検出部が配置された特性値検出流路を有する副流路部をさらに備え、流量検出部は、特性値検出流路とは異なる位置に配置されるようにしてもよい。副流路部を設けることで、主流路の大きさや流量にかかわらず、流量を測定できる装置を提供することができる。また、流量検出部や特性値取得部の前記温度検出部へのダストの侵入を抑制できる。

【0013】

また、特性値取得部の前記温度検出部および流量検出部は、主流路または、副流路部を構成する部材に脱着可能に設けられた流量検出部材に設けられるようにしてもよい。このようにすれば、様々な流量や形状の主流路部2に対して取り付け可能な部品を提供することができ、コストを低減できる。

【0014】

また、副流路部は、流量検出部が配置された流量検出流路と、一端が主流路内に開口した第1流入口に連通し、且つ、他端が主流路内に開口した第1流出口に連通することで副流路部から分流された第一副流路部と、一端が第一副流路部に開口した第2流入口に連通し、且つ、他端が第一副流路部内に開口した第2流出口に連通することで第一副流路部から分流された第二副流路部とを有し、流量検出流路及び特性値検出流路はともに、一端が第二副流路部に開口した第3流入口に連通し、且つ、他端が第二副流路部内に開口した第3流出口に連通することで第二副流路部からさらに分流されることで形成されるようにしてもよい。このように3段階の分流構造を採用すれば、流量検出部や特性値取得部の前記温度検出部へのダストの侵入量をさらに低減することができる。

【0015】

また、副流路部は、流量検出部が配置された流量検出流路をさらに有しており、流量検出流路は、一端が第1流入口に連通し、且つ、他端が第1流出口に連通しており、第1流入口から流入した測定対象流体を、特性値検出流路および流量検出流路に分流させるようにしてもよい。具体的な分流構造としては、このような構成を採用することもできる。

【0016】

また、副流路部は、流量検出部が配置された流量検出流路をさらに有しており、特性値

10

20

30

40

50

検出流路は、流量検出流路内に設けられており、流量検出流路内を流れる測定対象流体の一部を特性値検出流路に流入させるようにしてもよい。具体的な分流構造としては、このような構成を採用することもできる。

【0017】

また、副流路部は、流量検出部が配置された流量検出流路をさらに有しており、流量検出流路は、一端が主流路内に開口した第4流入口に連通し、且つ、他端が主流路内に開口した第4流出口に連通するようにしてもよい。具体的な分流構造としては、このような構成を採用することもできる。

【0018】

また、流量検出部は、主流路に配置されるようにしてもよい。このように、流量検出部が主流路の流体を測定対象とする構成にしてもよい。

10

【0019】

また、加熱部は、当該加熱部の長手方向が測定対象流体の流れ方向に沿って配置されるようにしてもよい。このようにすれば、加熱部は、測定対象流体の流れ方向に亘って広範囲に測定対象流体を加熱することが可能となる。

【0020】

また、温度検出部は、当該温度検出部の長手方向が測定対象流体の流れ方向に沿って配置されるようにしてもよい。このようにすれば、温度検出部は、測定対象流体の流れ方向に亘って広範囲に温度を検出することが可能となる。

【0021】

また、副流路部は、流量検出部が配置された流量検出流路をさらに有しており、流量検出流路と特性値検出流路は、副流路部または該副流路部から分流された流路に、回路基板を測定対象流体の流れ方向に平行に配置して副流路部または該副流路部を分流することで形成され、流量検出部及び特性値取得部の前記温度検出部は、それぞれ、回路基板上の一面と、反対面に設けられるようにしてもよい。具体的な分流構造としては、このような構成を採用することもできる。

20

【0022】

なお、課題を解決するための手段に記載の内容は、本発明の課題や技術的思想を逸脱しない範囲で可能な限り組み合わせることができる。また、課題を解決するための手段に示した流量測定装置の内容は、方法又はプロセッサやマイクロコントローラ等に行わせるプログラムとして提供することができる。

30

【発明の効果】

【0023】

熱拡散率が異なる測定対象流体について、流量の測定の精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】流量測定装置の装置構成を示す斜視図である。

【図2】流量測定装置の縦断面図である。

【図3】流量測定装置の横断面図である。

【図4】流量検出部及び物性値取得部に用いられるセンサ素子の一例を示す斜視図である。

40

【図5】センサ素子の仕組みを説明するための断面図である。

【図6】流量検出部の概略構成を示す上面図である。

【図7】物性値取得部の概略構成を示す上面図である。

【図8】流量測定装置の機能構成を示すブロック図である。

【図9】流量測定処理の一例を示す処理フロー図である。

【図10】特性値取得処理の一例を示す処理フロー図である。

【図11】縦軸にセンサ感度比、横軸に熱伝導率を示すグラフである。

【図12】縦軸にセンサ感度比、横軸に T を示すグラフである。

【図13】流量測定装置を示す図である。

【図14】副流路部を示す斜視図である。

50

【図 15】物性値検出部および流量検出部の概略構成を示す図である。

【図 16】物性値検出用流路および流量検出用流路に分流する測定対象流体の流量を説明するための模式図である。

【図 17】副流路部の上面に形成された、物性値検出用流路および流量検出用流路の変形例を示す上面図である。

【図 18】物性値検出部の変形例の概略構成を示す上面図である。

【図 19】流量測定装置を示す斜視図である。

【図 20】流量測定装置の他の例を示す図である。

【図 21】流量測定装置の他の例を示す図である。

【図 22】他の変形例に係る多段分流型の一例を示す図である。

10

【図 23】他の変形例を説明するための断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

〔適用例〕

以下、本発明の適用例について図面を用いて説明する。本発明は、図 8 のブロック図で示されるような、流量測定装置 1 に適用される。図 8 において流量測定装置 1 は、流量検出部 11 と、物性値検出部 12 と、制御部 13 とを備えている。流量検出部 11 及び物性値検出部 12 は、図 4 に示されるような、マイクロヒータ 101 により形成する加熱部とサーモパイル 102 が形成する温度検出部とを含む、いわゆる熱式のフローセンサ 100 により構成される。流量検出部 11 は、流量検出部内第 1 温度検出部 111 と、流量検出部内第 2 温度検出部 112 とを備える。物性値検出部 12 は、物性値検出部内第 1 温度検出部 121 と、物性値検出部内第 2 温度検出部 122 と、物性値検出部内加熱部 123 とを備える。

20

【0026】

流量検出部 11 は、流量を示す値を制御部 13 に出力する。物性値検出部 12 は、物性値検出部内第 1 温度検出部 121 および物性値検出部内第 2 温度検出部 122 から出力された温度検出信号を流量算出部 133 に出力する。より詳細には、制御部 13 による制御によって物性値検出部内加熱部 123 の温度が 2 段階に変更され、物性値検出部内第 1 温度検出部 121 及び物性値検出部内第 2 温度検出部 122 は、物性値検出部内加熱部 123 の温度変化の前後における出力値を求め、制御部 13 に出力する。

30

【0027】

また、制御部 13 は、補正処理部 131 と、特性値算出部 132 と、流量算出部 133 とを含む。流量算出部 133 は、流量検出部 11 の検出値に基づいて測定対象流体の流量を算出する。特性値算出部 132 は、物性値検出部 12 の検出値に基づいて特性値を算出する。具体的には、特性値算出部 132 は、前述のように物性値検出部 12 の物性値検出部内加熱部 123 であるマイクロヒータ 101 の温度を変化させ、変化の前後において物性値検出部内第 1 温度検出部 121 及び物性値検出部内第 2 温度検出部 122 としてのサーモパイル 102 が検出した測定対象流体の温度の比に所定の係数を乗じて特性値を算出する。補正処理部 131 は、特性値を用いて、流量算出部 133 が算出した流量を補正する。これにより、マイクロヒータの温度を 2 段階に変化させた前後における、サーモパイルにより検出された測定対象流体の温度の差により、測定対象流体の特性値を取得しただけでは、十分に精度よく、測定対象の流体の物性を識別することが困難な場合であっても、熱拡散率が異なる測定対象流体についての流量測定の精度を十分に向上させることが可能となる。

40

【0028】

〔実施例〕

以下、本発明の実施形態に係る流量測定装置について、図面を用いて説明する。なお、以下に示す実施形態は、流量測定装置の一例であり、本発明に係る流量測定装置は、以下の構成には限定されない。

【0029】

50

< 装置構成 >

図 1 は、本実施形態に係る流量測定装置の装置構成を示す斜視図である。図 2 は、流量測定装置の縦断面図である。図 3 は、流量測定装置の横断面図である。流量測定装置は、例えばガスメータや燃焼機器、自動車等の内燃機関、燃料電池に組み込まれ、流路を通過する気体の量を測定する。なお、図 1 の破線の矢印は、流体の流れる方向を例示している。図 1 ~ 図 3 に示すように、本実施形態では、流量測定装置 1 は主流路部 2 の内部に設けられる。また、流量測定装置 1 は、流量検出部 1 1 と、物性値検出部（「温度検出部」とも呼ぶ）1 2 と、制御部 1 3 とを備える。流量検出部 1 1 及び物性値検出部 1 2 は、マイクロヒータが形成する加熱部とサーモパイルが形成する温度検出部とを含む、いわゆる熱式のフローセンサである。

10

【 0 0 3 0 】

図 4 は、流量検出部及び物性値取得部に用いられるセンサ素子の一例を示す斜視図である。また、図 5 は、センサ素子の仕組みを説明するための断面図である。センサ素子 1 0 0 は、マイクロヒータ（加熱部）1 0 1 と、マイクロヒータ 1 0 1 を挟んで両側に設けられたサーモパイル（温度検出部）1 0 2 とを備える。これらの上下には絶縁薄膜が形成され、シリコン基台上に設けられている。また、マイクロヒータ 1 0 1 及びサーモパイル 1 0 2 の下方のシリコン基台には、キャビティ（空洞）が設けられている。マイクロヒータ 1 0 1 は、例えばポリシリコンで形成された抵抗体である。図 5 は、破線の楕円によって、マイクロヒータ 1 0 1 が発熱した場合の温度分布を模式的に示している。なお、破線が太いほど温度が高いものとする。空気の流れがない場合、図 5 の上段（1）に示すようにマイクロヒータ 1 0 1 の両側の温度分布はほぼ均等になる。一方、例えば図 5 の下段（2）において破線の矢印で示す方向に空気が流れた場合、周囲の空気が移動するため、マイクロヒータ 1 0 1 の風上側よりも風下側の方が、温度は高くなる。センサ素子は、このようなヒータ熱の分布の偏りを利用して、流量を示す値を出力する。

20

【 0 0 3 1 】

また、図 1 の制御部 1 3 は、マイクロコントローラ等の演算装置によって形成され、流量検出部 1 1 の出力に基づいて流量を算出したり、物性値検出部 1 2 の出力に基づいて所定の特性値を算出したり、特性値を用いて流量を補正したりする。

【 0 0 3 2 】

< 流量検出部及び物性値取得部 >

30

【 0 0 3 3 】

図 6 は、図 1 に示した流量検出部 1 1 の概略構成を示す上面図であり、図 7 は、図 1 に示した物性値検出部 1 2 の概略構成を示す上面図である。

【 0 0 3 4 】

図 6 に示すように、流量検出部 1 1 は、測定対象流体の温度を検出する第 1 サーモパイル（流量検出部内第 1 温度検出部）1 1 1 および第 2 サーモパイル（流量検出部内第 2 温度検出部）1 1 2 と、測定対象流体を加熱するマイクロヒータ 1 1 3 とを備えている。マイクロヒータ 1 1 3 と、流量検出部内第 1 温度検出部 1 1 1 および流量検出部内第 2 温度検出部 1 1 2 とは、流量検出部 1 1 内において、測定対象流体の流れ方向 P に沿って並んで配置されている。また、マイクロヒータ 1 1 3、流量検出部内第 1 温度検出部 1 1 1、および流量検出部内第 2 温度検出部 1 1 2 の形状は、平面視においてそれぞれ略矩形であり、各々の長手方向は測定対象流体の流れ方向 P と直交する。

40

【 0 0 3 5 】

流量検出部内第 1 温度検出部 1 1 1 および流量検出部内第 2 温度検出部 1 1 2 は、マイクロヒータ 1 1 3 の上流側に流量検出部内第 1 温度検出部 1 1 1 が配置され、下流側に流量検出部内第 2 温度検出部 1 1 2 が配置されて、マイクロヒータ 1 1 3 を挟んで対称な位置の温度を検出する。

【 0 0 3 6 】

流量測定装置 1 では、物性値検出部 1 2 および流量検出部 1 1 に、実質的に同一構造のセンサが用いられており、測定対象流体の流れ方向に対する配置角度を 90° 異ならせて

50

配置されている。これにより、同一構造のセンサを物性値検出部 1 2 または流量検出部 1 1 として機能させることが可能となるため、流量測定装置 1 の製造コストを低減することができる。

【 0 0 3 7 】

一方、図 7 に示すように、物性値検出部 1 2 は、測定対象流体の温度を検出する第 1 サーモパイル（物性値検出部内第 1 温度検出部）1 2 1 および第 2 サーモパイル（物性値検出部内第 2 温度検出部）1 2 2 と、測定対象流体を加熱するマイクロヒータ（物性値検出部内加熱部）1 2 3 とを備えている。物性値検出部内加熱部 1 2 3 と、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 とは、物性値検出部 1 2 内において、測定対象流体の流れ方向 Q と直交する方向に並んで配置されている。また、物性値検出部内加熱部 1 2 3、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1、および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 の形状は、平面視においてそれぞれ略矩形であり、各々の長手方向は測定対象流体の流れ方向 Q に沿っている。また、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 は、物性値検出部内加熱部 1 2 3 を挟んで左右対称に配置されており、物性値検出部内加熱部 1 2 3 の両側の対称な位置の温度を検出する。

10

【 0 0 3 8 】

ここで、測定対象流体の流れによって温度分布は下流側に偏るため、流れ方向と直交する方向の温度分布の変化は、測定対象流体の流れ方向の温度分布の変化に比べて小さい。このため、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 と、物性値検出部内加熱部 1 2 3 と、物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 とを、この順で測定対象流体の流れ方向と直交する方向に並べて配置することにより、温度分布の変化による物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 の出力特性の変化を低減することができる。したがって、測定対象流体の流れによる温度分布の変化の影響を低減して、物性値検出部 1 2 による検出精度を向上させることができる。

20

【 0 0 3 9 】

また、物性値検出部内加熱部 1 2 3 の長手方向が測定対象流体の流れ方向に沿って配置されているため、物性値検出部内加熱部 1 2 3 は測定対象流体の流れ方向に亘って広範囲に測定対象流体を加熱することが可能となる。このため、測定対象流体の流れによって温度分布が下流側に偏った場合であっても、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 の出力特性の変化を低減することができる。したがって、測定対象流体の流れによる温度分布の変化の影響を低減して、測定対象流体の流れによる温度分布の変化の影響を低減して、物性値検出部 1 2 による検出精度を向上させることができる。

30

【 0 0 4 0 】

さらに、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 の長手方向が測定対象流体の流れ方向に沿って配置されているため、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 は測定対象流体の流れ方向に亘って広範囲に温度を検出することが可能となる。このため、測定対象流体の流れによって温度分布が下流側に偏った場合であっても、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 の出力特性の変化を低減することができる。したがって、測定対象流体の流れによる温度分布の変化の影響を低減して、物性値検出部 1 2 による検出精度を向上させることができる。

40

【 0 0 4 1 】

< 機能構成 >

図 8 は、流量測定装置の機能構成を示すブロック図である。流量測定装置 1 は、流量検出部 1 1 と、物性値検出部 1 2 と、制御部 1 3 とを備えている。流量検出部 1 1 は、流量検出部内第 1 温度検出部 1 1 1 と、流量検出部内第 2 温度検出部 1 1 2 とを備える。物性値検出部 1 2 は、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 と、物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 と、物性値検出部内加熱部 1 2 3 とを備える。

50

【 0 0 4 2 】

流量検出部 1 1 は、流量検出部内第 1 温度検出部 1 1 1 および流量検出部内第 2 温度検出部 1 1 2 から出力された温度検出信号に基づいて、測定対象流体の流量を示す値を検出する。具体的には、流量検出部 1 1 は、流量検出部内第 1 温度検出部 1 1 1 から出力された温度検出信号と流量検出部内第 2 温度検出部 1 1 2 から出力された温度検出信号との差分を算出し、差分に基づいて測定対象流体の流量を示す値を求める。そして、流量検出部 1 1 は、流量を示す値を制御部 1 3 に出力する。

【 0 0 4 3 】

物性値検出部 1 2 は、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 から出力された温度検出信号を流量算出部 1 3 3 に出力する。具体的には、物性値検出部 1 2 は、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 から出力された温度検出信号の平均値を求める。また、物性値検出部内加熱部 1 2 3 は、例えば制御部 1 3 による制御に応じて温度を変更する。これにより、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 及び物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 は、物性値検出部内加熱部 1 2 3 の温度変化の前後における出力値を求めることができる。物性値検出部 1 2 は、取得した出力値を制御部 1 3 に出力する。

10

【 0 0 4 4 】

また、制御部 1 3 は、補正処理部 1 3 1 と、特性値算出部 1 3 2 と、流量算出部 1 3 3 とを含む。流量算出部 1 3 3 は、流量検出部 1 1 の検出値に基づいて測定対象流体の流量を算出する。特性値算出部 1 3 2 は、物性値検出部 1 2 の検出値に基づいて特性値を算出する。具体的には、特性値算出部 1 3 2 は、物性値検出部 1 2 のマイクロヒータの温度を変化させ、変化の前後においてサーモパイルが検出した測定対象流体の温度の比に所定の係数を乗じて特性値を算出する。補正処理部 1 3 1 は、特性値を用いて、流量算出部 1 3 3 が算出した流量を補正する。なお、物性値検出部 1 2 と特性値算出部 1 3 2 とを総称して特性値取得部とも呼ぶ。

20

【 0 0 4 5 】

< 流量測定処理 >

図 9 は、流量測定処理の一例を示す処理フロー図である。図 9 に示すように、流量検出部 1 1 は、流量検出部内第 1 温度検出部および流量検出部内第 2 温度検出部 1 1 2 から温度検出信号を出力し、流量算出部 1 3 3 は、2 つの温度検出信号に基づいて測定対象流体の流量を算出する（図 9 : S 1 ）。

30

【 0 0 4 6 】

具体的には、流量検出部 1 1 は、流量検出部内第 1 温度検出部 1 1 1 から出力された温度検出信号と流量検出部内第 2 温度検出部 1 1 2 から出力された温度検出信号とを出力する。また、流量算出部 1 3 3 は、2 つの温度検出信号の差分を算出し、差分に基づいて測定対象流体の流量を示す値を算出する。

【 0 0 4 7 】

なお、流量検出部内第 1 温度検出部 1 1 1 および流量検出部内第 2 温度検出部 1 1 2 から出力された温度検出信号に基づいて測定対象流体の流量を算出する手法は、公知のものをを用いることができる。流量検出部 1 1 は、算出した測定対象流体の流量を制御部 1 3 に出力する。

40

【 0 0 4 8 】

また、物性値検出部 1 2 は、特性値取得処理を実行する（S 2 ）。特性値取得処理の詳細は、図 1 0 を用いて説明する。

【 0 0 4 9 】

図 1 0 は、特性値取得処理の一例を示す処理フロー図である。制御部 1 3 の特性値算出部 1 3 2 は、物性値検出部 1 2 の物性値検出部内加熱部 1 2 3 に、第 1 の温度で加熱させる（図 1 0 : S 1 1 ）。その後、物性値検出部 1 2 の物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 及び物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 は、第 1 の温度を検出する（S 1 2 ）。本ステップは、例えば制御部 1 3 による制御に基づいて行うようにしてもよい。測定対象流体

50

を伝わる熱の速度は、熱伝導率、熱拡散率、比熱などの物性値によって決定される。また、物性値検出部内加熱部 1 2 3 と、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 との温度差を検出することによって、熱伝導率を求めることができる。例えば、物性値検出部内加熱部 1 2 3 と、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 との温度差が大きいほど、熱伝導率は小さくなる。このような性質を利用して、本ステップでは、測定対象流体の流れ方向と直交する方向に配置された物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 によって測定対象流体の温度を検出する。

【 0 0 5 0 】

次に、制御部 1 3 の特性値算出部 1 3 2 は、物性値検出部 1 2 の物性値検出部内加熱部 1 2 3 に、第 2 の温度で加熱させる (S 1 3)。その後、物性値検出部 1 2 の物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 及び物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 は、第 2 の温度を検出する (S 1 4)。本ステップも、例えば制御部 1 3 による制御に基づいて行うようにしてもよい。このようにして、物性値検出部内加熱部 1 2 3 の温度変化の前後において物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 及び物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 により検出された温度を示す値が取得される。

【 0 0 5 1 】

また、特性値算出部 1 3 2 は、検出された温度を用いて特性値を算出する (S 1 5)。本ステップでは、センサ感度比を求める。センサ感度比とは、基準となる気体を流した場合のセンサ出力値に対する、所定の気体を流した場合のセンサ出力値の比であり、熱拡散率を表す特性値である。センサ感度比 は、下記の式 (1) で求められる。

$$= \quad \times \quad r \quad T \quad \cdots (1)$$

は所定の係数である。また、 $r \quad T$ は、物性値検出部内加熱部 1 2 3 の温度変化の前後において物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 及び物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 により出力された検出値の比率である。

【 0 0 5 2 】

その後、図 9 の処理に戻り、制御部 1 3 は、特性値を用いて、流量算出部が算出した測定対象流体の流量を補正する (図 9 : S 3)。具体的には、制御部 1 3 は、下記の式 (2) を用いて、補正後の流量を算出する。

$$\text{補正後の出力} = \text{流量算出部の出力} \times \quad \cdots (2)$$

【 0 0 5 3 】

本実施形態では、マイクロヒータの温度を変化させた前後においてサーモパイルで検出される温度の比 ($r \quad T$) を用いることで、測定対象流体の熱拡散率をより詳細に検出することができるようになる。ここで、熱式のフローセンサが出力する流量は、熱拡散率と相関がある。したがって、本実施形態に係る流量の補正処理によれば、あらゆる気体について適切に補正できるようになる。すなわち、熱拡散率が異なる測定対象流体について、流量の測定の精度を向上させることができる。

【 0 0 5 4 】

図 1 1 は、縦軸にセンサ感度比、横軸に熱伝導率を示すグラフである。ここで、図 1 1 に示すように、例えば組成の異なる混合ガスのように熱伝導率以外の物性値が異なる複数のガス群が存在する場合、物性値としてある熱伝導率が求められただけではいずれのセンサ感度比を用いて補正すればよいのか定まらない。すなわち、マイクロヒータの加熱温度とサーモパイルの検知温度とを 1 組用いて補正を行う手法では、所定のガス群に属する 2 以上の基準ガスに基づいて補正を行っていたところ、複数のガス群について適切に補正を行うことはできなかった。また、物性値検出部内加熱部 1 2 3 の温度変化の前後において物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 及び物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 により出力された検出値の差 $\quad T$ では、十分に精度のよい特性値を算出することが困難であった測定対象流体についても、適切な特性値を算出することが可能である。

【 0 0 5 5 】

図 1 2 (a) は、縦軸にセンサ感度比、横軸に $\quad T$ を示すグラフである。図 1 1 に示し

た、センサ感度比と熱伝導率とが一直線に近似されないガスについても、センサ感度比と T とは一直線に近似される。したがって、本実施形態では熱拡散率が未知のガス群についても補正を行うことができる。図 12 (b) は、物性値検出部内加熱部 123 の温度変化の前後における物性検出部内第 1 温度検出部 121 及び物性検出部内第 2 温度検出部 122 の出力の平均値と、 T と rT との関係を示した図である。

【0056】

なお、本実施形態においては、マイクロヒータの温度を変化させた前後においてサーモパイルで検出される温度の比 (rT) を用いて特性値を算出した。これに加え、本実施形態においては、マイクロヒータの温度を変化させた前後においてサーモパイルで検出される温度の差 (T) をも用いて特性値を算出してもよい。その場合のセンサ感度比は、下記の式 (3) で求められる。

$$= \alpha \times rT + \beta \times T \cdots (3)$$

ここで、 α 、 β は所定の係数である。

これにより、熱拡散率と相関のある、マイクロヒータの温度を変化させた前後においてサーモパイルで検出される温度の比 (rT) と、マイクロヒータの温度を変化させた前後においてサーモパイルで検出される温度の差 (T) の両方を用いて、特性値を算出することができ、より精度よく、特性値を算出することが可能となる。なお、本実施形態において、測定対象流体の熱拡散率と、マイクロヒータの温度を変化させた前後においてサーモパイルで検出される温度の差 (T) との相関が非常に高い場合には、センサ感度比を、 T のみの式 (T に所定の係数を乗じた値) によって定義しても構わない。

【0057】

〔変形例〕

上述した実施形態では、流量測定装置 1 のフローセンサが主流路部 2 内の流体を測定対象とする構成を示したが、このような例には限定されない。例えば、流量測定装置 1 のフローセンサは、主流路部 2 から分岐させた副流路内の流体を測定対象としてもよい。

【0058】

図 13 (a) は、本実施形態に係る流量測定装置 1 を示す分解斜視図であり、図 13 (b) は、図 13 (a) に示される流量測定装置 1 を示す透視図である。図 13 (a) (b) に示すように、変形例に係る流量測定装置 1 は、主流路部 2 と、副流路部 3 と、シール 4 と、回路基板 5 と、カバー 6 とを備えている。

【0059】

主流路部 2 は、長手方向に貫通した管状部材である。主流路部 2 の内周面には、測定対象流体の流れ方向 O に対して、上流側に流入口 (第 1 流入口) 34 が形成され、下流側に流出口 (第 1 流出口) 35 が形成されている。

【0060】

なお、本実施形態では、主流路部 2 の軸方向の長さは約 50 mm であり、内周面の直径 (主流路部 2 の内径) は約 20 mm であり、主流路部 2 の外径は約 24 mm である。

【0061】

副流路部 3 は、主流路部 2 の上に設けられており、その内部および上面には、副流路が形成されている。副流路部 3 は、一端が流入口 34 A に連通し、他端が流出口 35 A に連通している。流量測定装置 1 では、副流路部 3 は、流入用流路 34 と、物性値検出用流路 32 と、流量検出用流路 33 と、流出用流路 35 とから構成されている。

【0062】

流入用流路 34 は、主流路部 2 を流れる測定対象流体を流入させて、物性値検出用流路 32 および流量検出用流路 33 に分流させるための流路である。流入用流路 34 は、主流路部 2 と垂直な方向に、副流路部 3 を貫通して形成されており、一端が流入口 34 A に連通し、他端は主流路部 2 の上面で開口して、物性値検出用流路 32 および流量検出用流路 33 に連通している。これにより、主流路部 2 を流れる測定対象流体の一部を、流入用流路 34 を介して、物性値検出用流路 32 および流量検出用流路 33 に分流させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 3 】

物性値検出用流路 3 2 は、副流路部 3 の上面に形成された、主流路部 2 と平行な方向に延在する、縦断面が略コの字型の流路である。物性値検出用流路 3 2 は、長手方向（主流路部 2 と平行な方向）に延在する部分に、測定対象流体の物性値を検出するための物性値検出部 1 2 が配置されている。物性値検出用流路 3 2 の一端は、流入用流路 3 4 を介して流入口 3 4 A に連通しており、他端は、流出用流路 3 5 を介して流出口 3 5 A に連通している。

【 0 0 6 4 】

流量検出用流路 3 3 は、副流路部 3 の上面に形成された、主流路部 2 と平行な方向に延在する、縦断面が略コの字型の流路である。流量検出用流路 3 3 は、長手方向（主流路部 2 と平行な方向）に延在する部分に、測定対象流体の流量を検出するための流量検出部 1 1 が配置された流量検出用流路 3 3 を有している。流量検出用流路 3 3 の一端は、流入用流路 3 4 を介して流入口 3 4 A に連通しており、他端は、流出用流路 3 5 を介して流出口 3 5 A に連通している。

10

【 0 0 6 5 】

なお、図面では、説明の便宜上、物性値検出部 1 2 および流量検出部 1 1 と、回路基板 5 とが分離された状態で図示しているが、物性値検出部 1 2 および流量検出部 1 1 は、回路基板 5 に実装された状態で物性値検出用流路 3 2 または流量検出用流路 3 3 に配置されている。

【 0 0 6 6 】

流出用流路 3 5 は、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 を通過した測定対象流体を、主流路部 2 に流出させるための流路である。流出用流路 3 5 は、主流路部 2 と垂直な方向に、副流路部 3 を貫通して形成されており、一端が流出口 3 5 A に連通し、他端は主流路部 2 の上面で開口して、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 に連通している。これにより、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 を通過した測定対象流体を、流出用流路 3 5 を介して、主流路部 2 に流出させることができる。

20

【 0 0 6 7 】

このように、同じ流入口 3 4 A から流入させた測定対象流体を、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 に分流させることで、物性値検出部 1 2 および流量検出部 1 1 は、温度、濃度などの条件が等しい測定対象流体に基づいて物性値または流量を検出することができる。したがって、流量測定装置 1 の測定精度を向上させることができる。

30

【 0 0 6 8 】

なお、流量測定装置 1 では、副流路部 3 にシール 4 を嵌め込んだ後、回路基板 5 が配置され、さらにカバー 6 によって回路基板 5 を副流路部 3 に固定することで、副流路部 3 の内部の気密性を確保している。

【 0 0 6 9 】

図 1 4 は、図 1 3 (a) に示される副流路部 3 を示す斜視図である。図 1 4 に示されるように、物性値検出用流路 3 2 は、略コの字型の一端が流入用流路 3 4 に連通し、他端が流出用流路 3 5 に連通している。同様に、流量検出用流路 3 3 は、略コの字型の一端が流入用流路 3 4 に連通し、他端が流出用流路 3 5 に連通している。

40

【 0 0 7 0 】

また、物性値検出用流路 3 2 と流量検出用流路 3 3 との両端部も互いに連通しており、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 は、副流路部 3 の上面において矩形の流路を構成している。

【 0 0 7 1 】

流量測定装置 1 では、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 は、何れも副流路部 3 の上面と垂直な方向から見たときの形状が正方形であり、流入用流路 3 4 と流出用流路 3 5 とを結ぶ直線に対して対象となる位置にそれぞれ形成されている。

【 0 0 7 2 】

なお、本実施形態では、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 の一辺の長さ

50

は、何れも約 4 mm である。

【 0 0 7 3 】

また、本実施形態では、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 の形状を正方形としているが、本発明はこれに限定されない。物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 の形状は、物性値検出部 1 2 または流量検出部 1 1 が配置可能であればよく、配置される物性値検出部 1 2 および流量検出部 1 1 の形状に応じて決定される。

【 0 0 7 4 】

したがって、例えば、物性値検出用流路 3 2 の幅よりも、物性値検出部 1 2 のサイズが小さい場合には、物性値検出用流路 3 2 の幅を物性値検出部 1 2 の幅に一致させてもよい。この場合、物性値検出用流路 3 2 の長手方向に延在する部分は、直線形状に形成されることとなる。なお、流量検出用流路 3 3 についても同様である。

10

【 0 0 7 5 】

図 1 5 (a) は、図 1 3 に示される物性値検出部 1 2 の概略構成を示す上面図であり、図 1 5 (b) は、図 1 3 に示される流量検出部 1 1 の概略構成を示す上面図である。図 1 5 に示す流量測定装置 1 では、物性値検出用流路 3 2 と流量検出用流路 3 3 とは、長手方向に延在する流路の幅がそれぞれ異なっており、物性値検出用流路 3 2 の物性値検出部 1 2 が配置された流路の幅は、流量検出用流路 3 3 の流量検出部 1 1 が配置された流路の幅よりも狭くなっている。これにより、流量測定装置 1 では、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 に分流される測定対象流体の流量を、それぞれ個別に制御されている。

【 0 0 7 6 】

図 1 6 は、図 1 3 に示される物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 に分流する測定対象流体の流量を説明するための模式図である。図 1 6 に示されるように、本実施形態では、物性値検出用流路 3 2 には流量 P の測定対象流体が分流され、流量検出用流路 3 3 には流量 Q の測定対象流体が流れるように、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 の幅が設定されている。

20

【 0 0 7 7 】

この流量 P および流量 Q の値は、主流路部 2 を流れる測定対象流体の流量によって変動するものであるが、通常の使用態様において、流量 P は物性値検出部 1 2 の検出レンジ内の値となり、流量 Q は流量検出部 1 1 の検出レンジ内の値となるように、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 の幅がそれぞれ設定されている。

30

【 0 0 7 8 】

なお、本実施形態では、物性値検出用流路 3 2 の幅は約 0 . 4 mm であり、流量検出用流路 3 3 の幅は約 0 . 8 mm である。

【 0 0 7 9 】

このように、流量測定装置 1 では、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 に分流する測定対象流体の流量を、それぞれの幅を調整することで個別に制御することが可能である。このため、物性値検出部 1 2 の検出レンジに応じて物性値検出用流路 3 2 を流れる測定対象流体の流量を制御し、流量検出部 1 1 の検出レンジに応じて流量検出用流路 3 3 を流れる測定対象流体の流量を制御することができる。

【 0 0 8 0 】

したがって、物性値検出部 1 2 は、固有の検出レンジに応じた最適な流量で、測定対象流体の物性値を検出することができるので、物性値検出部 1 2 の検出精度を高めることができる。

40

【 0 0 8 1 】

同様に、流量検出部 1 1 は、固有の検出レンジに応じた最適な流量で、測定対象流体の流量を検出することができるので、流量検出部 1 1 の検出精度を高めることができる。

【 0 0 8 2 】

上述の変形例では、図 1 6 に示されるように、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 が、何れも略コの字型に形成された構成について説明したが、本発明はこれに限定されない。物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 は、物性値検出用流路 3 2

50

および流量検出用流路 3 3 を通過する測定対象流体の流量が制御可能な幅に設定されていれば、その形状は特に限定されない。

【 0 0 8 3 】

図 1 7 (a) ~ (d) は、図 1 6 に示される副流路部 3 の上面に形成された、物性値検出用流路 3 2 および流量検出用流路 3 3 の変形例を示す上面図である。

【 0 0 8 4 】

図 1 7 (a) に示されるように、例えば、物性値検出用流路 3 2 を直線状に形成し、流量検出用流路 3 3 を略コの字型に形成してもよい。

【 0 0 8 5 】

また、図 1 7 (b) ~ 図 1 7 (d) に示されるように、流量検出用流路 3 3 に対して測定対象流体を流入させる方向と直行する方向から物性値検出用流路 3 2 に対して測定対象流体を流入させるように、物性値検出用流路 3 2 を形成してもよい。

10

【 0 0 8 6 】

この場合、物性値検出部 1 2 と流量検出部 1 1 との配置角度を一致させることができるため、流量測定装置 1 の製造過程において、回路基板 5 に物性値検出部 1 2 および流量検出部 1 1 を実装する工程を簡略化することができる。

【 0 0 8 7 】

上述の変形例では、図 1 5 (a) に示されるように、物性値検出部 1 2 は、測定対象流体を加熱する物性値検出部内加熱部 1 2 3 と、測定対象流体の温度を検出する物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 とを備え、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 および物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 が、物性値検出部内加熱部 1 2 3 を挟んで左右対称に配置された構成について説明したが、本発明はこれに限定されない。

20

【 0 0 8 8 】

図 1 8 は、図 1 5 (a) に示される物性値検出部 1 2 の変形例の概略構成を示す上面図である。図 1 8 に示されるように、物性値検出部内第 2 温度検出部 1 2 2 を省略して、物性値検出部内加熱部 1 2 3 と、物性値検出部内第 1 温度検出部 1 2 1 とで、物性値検出部 1 2 a を構成してもよい。

【 0 0 8 9 】

このように、物性値検出部内加熱部と物性値検出部内第 1 温度検出部を、測定対象流体の流れ方向と直交する方向に並べて配置することで、物性値検出部 1 2 a を実現してもよい。

30

【 0 0 9 0 】

〔変形例 2〕

本発明に係る流量測定装置の他の変形例について、図 1 9 に基づいて説明する。なお、上述した実施形態と対応する部材に関しては、対応する符号を付し、その説明を省略する。本変形例に係る流量測定装置は、流量検出部が主流路に配置される。

【 0 0 9 1 】

図 1 9 (a) は、本変形例に係る流量測定装置 1 a を示す斜視図であり、図 1 9 (b) は、図 1 9 (a) に示される流量測定装置 1 a を示す断面図であり、図 1 9 (c) は、図 1 9 (a) に示される副流路部 3 a を示す上面図である。

40

【 0 0 9 2 】

図 1 9 (a) ~ 図 1 9 (c) に示されるように、流量測定装置 1 a では、主流路部 2 a の内周面の流入口 3 4 A と流出口 3 5 A との間に、開口部 3 7 A が形成されている。

【 0 0 9 3 】

副流路部 3 a の内部には、流量検出部 1 1 が配置されたセル状の流量検出用流路 3 7 a が形成されており、流量検出用流路 3 7 a は開口部 3 7 A に連通している。このため、流量検出用流路 3 7 a には、開口部 3 7 A を介して主流路部 2 a を流れる測定対象流体が流入し、流量検出部 1 1 によってその流量が検出される。

【 0 0 9 4 】

50

なお、開口部 37A の大きさを制御調整することによって、主流路部 2a から流量検出用流路 37a に流入する測定対象流体の流量を制御することができる。

【0095】

副流路部 3a は、流入用流路 34 と、物性値検出用流路 32 と、流出用流路 35 とから構成されており、物性値検出用流路 32 は、長手方向に延在する流路に、測定対象流体の物性値を検出するための物性値検出部 12 が配置された物性値検出用流路 32 を有している。

【0096】

このように、流量測定装置 1a では、物性値検出部 12 が副流路部 3a に配置され、流量検出部 11 が主流路部 2a に配置されている。このため、流量測定装置 1a では、物性値検出部 12 の検出レンジに応じた流量を制御することが可能である。

10

【0097】

それゆえ、本実施形態によれば、測定対象流体の物性変化による出力特性の変化を低減して、高精度に測定対象流体の流量を測定することができる流量測定装置 1a を実現することができる。

【0098】

〔変形例 3〕

本発明に係る流量測定装置の他の変形例について、図 20 に基づいて説明する。なお、実施形態と対応する部材に関しては、対応する符号を付し、その説明を省略する。

【0099】

本変形例に係る流量測定装置は、独立した 2 つの副流路を有する点で、上述の流量測定装置と異なっている。

20

【0100】

図 20 (a) は、本実施形態に係る流量測定装置 1b を示す斜視図であり、図 20 (b) は、図 20 (a) に示される副流路部 3 を示す上面図である。

【0101】

図 20 (a) および図 20 (b) に示されるように、流量測定装置 1b では、副流路部 3b は、その内部および上面に 2 つの副流路部が形成されている。

【0102】

第 1 の副流路部は、流入用流路 34b と、物性値検出用流路 32b と、流出用流路 35b とから構成されており、物性値検出用流路 32b には、長手方向に延在する流路に、測定対象流体の物性値を検出するための物性値検出部 12 が配置されている。

30

【0103】

第 2 の副流路部は、流入用流路 34B と、流量検出用流路 33B と、流出用流路 35B とから構成されており、流量検出用流路 33B には、長手方向に延在する流路に、測定対象流体の流量を検出するための流量検出部 11 が配置されている。

【0104】

このように、流量測定装置 1b では、副流路部 3b が独立した 2 つの副流路を有しており、物性値検出部 12 が第 1 の副流路部に配置され、流量検出部 11 が第 2 の副流路部に配置されている。このため、流量測定装置 1b によれば、物性値検出部 12 および流量検出部 11 の検出レンジに応じた流量を、個別に制御することが可能である。

40

【0105】

それゆえ、本実施形態によれば、測定対象流体の物性変化による出力特性の変化を低減して、高精度に測定対象流体の流量を測定することができる流量測定装置 1b を実現することができる。

【0106】

〔変形例 4〕

本発明に係る流量測定装置の他の変形例について、図 21 に基づいて説明する。なお、実施形態と対応する部材に関しては、対応する符号を付し、その説明を省略する。

【0107】

50

本変形例に係る流量測定装置は、物性値検出用流路が、流量検出用流路内に形成されている点で、上述の流量測定装置と異なっている。

【0108】

図21(a)は、本実施形態に係る流量測定装置1cを示す斜視図であり、図21(b)は、図21(a)に示される副流路部3cを示す斜視図であり、図21(c)は、図21(a)に示される副流路部3cを示す上面図である。

【0109】

図21(a)～図21(c)に示されるように、流量測定装置1cでは、副流路部3cは、流入用流路34と、物性値検出用流路32cと、流量検出用流路33cと、流出用流路35とから構成されている。

10

【0110】

副流路部3cでは、物性値検出用流路32cが、流量検出用流路33c内に形成されており、測定対象流体の流れ方向に対して上流側に流量検出部11が配置され、下流側に物性値検出部12が配置されている。

【0111】

ここで、物性値検出用流路32cは、測定対象流体の流量を制御するための流量制御部材40によって、流量検出用流路33cと仕切られており、物性値検出部12は流量制御部材40の内部に配置されている。

【0112】

流量制御部材40は、物性値検出用流路32cを通過する測定対象流体の流量を制御するためのものであり、第1側壁部40aと第2側壁部40bとから構成されている。第1側壁部40aおよび第2側壁部40bは何れも略コの字型の板状部材であり、それぞれの端部を対向させた状態で、所定の間隔をおいて配置されている。

20

【0113】

したがって、第1側壁部40aと第2側壁部40bとの間隔を制御することによって、流量制御部材40の内部、すなわち、物性値検出用流路32cを通過する測定対象流体の流量を調整することができる。

【0114】

このように、流量測定装置1cでは、副流路部3cが流量制御部材40を備え、流量制御部材40の内部に物性値検出用流路32cが設けられているため、副流路部3c内の任意の位置に物性値検出用流路32cを設けることが可能となる。また、流量制御部材40を備えることで、物性値検出用流路32cを通過する測定対象流体の流量を容易に制御することができる。

30

【0115】

このように、物性値検出用流路32cが、流量検出用流路33c内に形成されて構成であっても、物性値検出部12および流量検出部11の検出レンジに応じた流量を個別に制御することが可能である。

【0116】

それゆえ、本実施形態によれば、測定対象流体の物性変化による出力特性の変化を低減して、高精度に測定対象流体の流量を測定することができる流量測定装置1cを実現することができる。

40

【0117】

〔変形例5〕

図22(a)～図22(c)は、他の変形例に係る多段分流型の一例を示す図である。図22(c)は、主流路部2d及び流量測定装置1dの接続箇所を示す。図22(b)は、図22(c)において破線の長方形で示した箇所を拡大した図である。また、図22(a)は、図22(c)におけるユニット1000のA-A断面図である。図22(b)に拡大して示すように、本変形例では、主流路部2の流れ方向に沿って、主流路部2dよりも細かい(断面積の小さい)副流路部3dが設けられている。また、副流路部3dは、主流路部2dに沿って貫通する主流路2eと、副流路部3dに対しほぼ垂直に接続される副流

50

路部 3 e とに分岐する。そして、図 2 2 (a) に示すように、副流路部 3 e は、流量検出部 1 1 が設けられた副流路部 3 f と、物性値検出部 1 2 が設けられた副流路部 3 g とに分岐する。

【 0 1 1 8 】

上述した副流路を有する変形例によれば、主流路部 2 d の流量（すなわち、主流路部 2 d の太さ（断面積））にかかわらず、小型の流量測定装置 1 d で流量を測定できる。また、上述した副流路を有する変形例によれば、センサチップへのダストの侵入を抑制し、測定精度を向上させることができる。図 2 2 に示す変形例のように 3 段階の分流構造を採用すれば、ダストの侵入量をさらに低減することができる。

【 0 1 1 9 】

また、図 2 2 に示したユニット 1 0 0 0 のように、例えば流量検出部 1 1 が設けられた副流路部 3 f と、物性値検出部 1 2 が設けられた副流路部 3 g とを有する部品を着脱自在な部品として形成するようにしてもよい。このようにすれば、様々な流量や形状の主流路部 2 に対して取り付け可能な部品を提供することができ、コストを低減できる。

【 0 1 2 0 】

図 2 3 は、他の変形例を説明するための断面図である。図 2 3 の例では、回路基板の表裏にそれぞれ流量検出部 1 1 と物性値検出部 1 2 とが配置されている。そして、回路基板を貫通して副流路が設けられている。管状の副流路を設ける態様に限らず、図 2 3 に示すような分流構造を採用してもよい。

【 0 1 2 1 】

なお、以下には本発明の構成要件と実施例の構成とを対比可能とするために、本発明の構成要件を図面の符号付きで記載しておく。

< 発明 1 >

主流路を流れる測定対象流体の流量を検出するための流量検出部（ 1 1 ）と、
測定対象流体を加熱する加熱部（ 1 2 3 ）および測定対象流体の温度を検出する温度検出部（ 1 2 1 、 1 2 2 ）を有し、測定対象流体の特性値を取得するための特性値取得部と、
前記特性値取得部によって取得された測定対象流体の特性値を用いて、前記流量検出部（ 1 1 ）から出力された検出信号に基づいて算出された測定対象流体の流量を補正する流量補正部（ 1 3 1 ）と、

を備え、

前記加熱部（ 1 2 3 ）および前記温度検出部（ 1 2 1 、 1 2 2 ）は、測定対象流体の流れ方向と直交する方向に並んで配置されており、

前記特性値取得部は、前記加熱部（ 1 2 3 ）の温度を変化させた前後における、前記温度検出部（ 1 2 1 、 1 2 2 ）により検出された前記測定対象流体の温度の比により、前記特性値を取得することを特徴とする流量測定装置（ 1 ）。

< 発明 1 4 >

測定対象流体の流れ方向に並んで配置された、測定対象流体を加熱する加熱部（ 1 1 3 ）および測定対象流体の温度を検出する温度検出部（ 1 1 1 、 1 1 2 ）を有し、主流路を流れる測定対象流体の流量を検出するための流量検出部（ 1 1 ）と、

測定対象流体の流れと直交する方向に並んで配置された、測定対象流体を加熱する第二加熱部（ 1 2 3 ）および測定対象流体の温度を検出する第二温度検出部（ 1 2 1 、 1 2 3 ）を有し、測定対象流体の特性値を取得するための特性値取得部と、

を備えた流量測定装置（ 1 ）を用いた前記測定対象流体の流量の測定方法であって、

前記流量検出部（ 1 1 ）によって前記主流路を流れる測定対象流体の流量を検出する流量検出工程（ S 1 ）と、

前記第二温度検出部（ 1 2 1 、 1 2 3 ）により前記測定対象流体の温度を測定する第一温度測定工程（ S 1 2 ）と、

前記第二加熱部（ 1 2 3 ）の温度を変化させる温度変化工程（ S 1 3 ）と、

前記温度変化工程（ S 1 3 ）の後に、前記第二温度検出部（ 1 2 1 、 1 2 3 ）により前記測定対象流体の温度を測定する第二温度測定工程（ S 1 4 ）と、

10

20

30

40

50

前記第一温度測定工程（S12）で測定された前記測定対象流体の温度と、前記第二温度測定工程で測定された前記測定対象流体の温度との比によって、前記特性値を取得する特性値取得工程（S15）と、

前記流量検出工程（S1）において検出された測定対象流体の流量に、前記特性値を乗じることによって、前記測定対象流体の流量を補正する補正工程（S3）と、

を有することを特徴とする流量の測定方法。

< 発明 15 >

測定対象流体の流れ方向に並んで配置された、測定対象流体を加熱する加熱部（113）および測定対象流体の温度を検出する温度検出部（111、112）を有し、主流路を流れる測定対象流体の流量を検出するための流量検出部（11）と、

測定対象流体の流れと直交する方向に並んで配置された、測定対象流体を加熱する第二加熱部（123）および測定対象流体の温度を検出する第二温度検出部（121、123）を有し、測定対象流体の特性値を取得するための特性値取得部と、

を備えた流量測定装置（1）に、前記測定対象流体の流量の測定させる流量測定プログラムであって、

情報処理装置に、

前記流量検出部（11）によって前記主流路を流れる測定対象流体の流量を検出する流量検出ステップ（S1）と、

前記第二温度検出部（121、123）により前記測定対象流体の温度を測定する第一温度測定ステップ（S12）と、

前記第二加熱部（123）の温度を変化させる温度変化ステップ（S13）と、

前記温度変化ステップ（S13）の後に、前記第二温度検出部（121、123）により前記測定対象流体の温度を測定する第二温度測定ステップ（S14）と、

前記第一温度測定ステップ（S12）で測定された前記測定対象流体の温度と、前記第二温度測定ステップで測定された前記測定対象流体の温度との比によって、前記特性値を取得する特性値取得ステップ（S15）と、

前記流量検出ステップ（S1）において検出された測定対象流体の流量に、前記特性値を乗じることによって、前記測定対象流体の流量を補正する補正ステップ（S3）と、

を実行させるための流量測定プログラム。

【符号の説明】

【0122】

1 : 流量測定装置

2 : 主流路部

3 : 副流路部

5 : 回路基板

11 : 流量検出部

111 : 流量検出部内第1温度検出部

112 : 流量検出部内第2温度検出部

113 : マイクロヒータ

12 : 物性値検出部

121 : 物性値検出部内第1温度検出部

122 : 物性値検出部内第2温度検出部

123 : 物性値検出部内加熱部

13 : 制御部

131 : 補正処理部

132 : 特性値算出部

32 : 物性値検出用流路

33 : 流量検出用流路

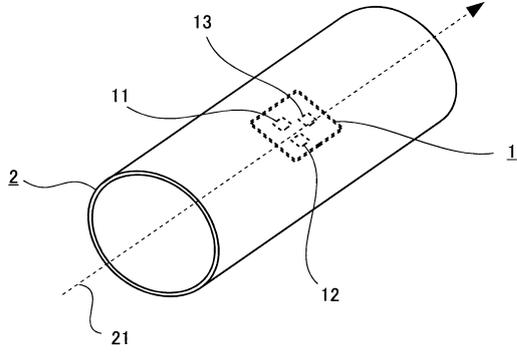
34 : 流入用流路

100 : センサ素子

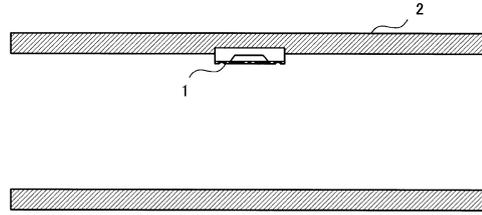
- 101 : マイクロヒータ
- 102 : サーモパイル
- 1000 : ユニット

【図面】

【図1】



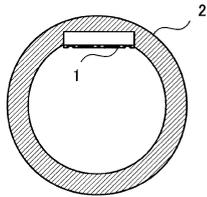
【図2】



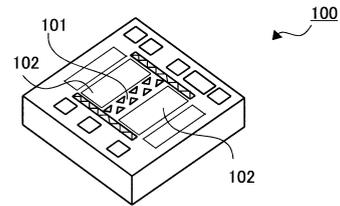
10

20

【図3】



【図4】

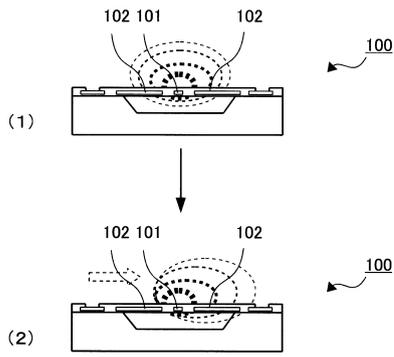


30

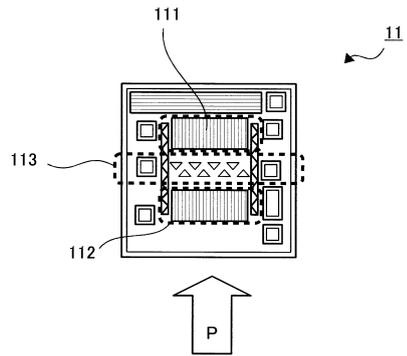
40

50

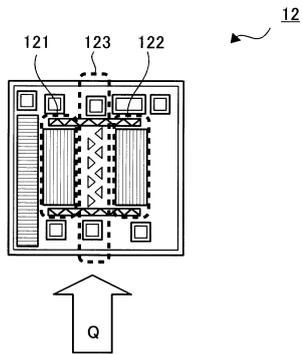
【図5】



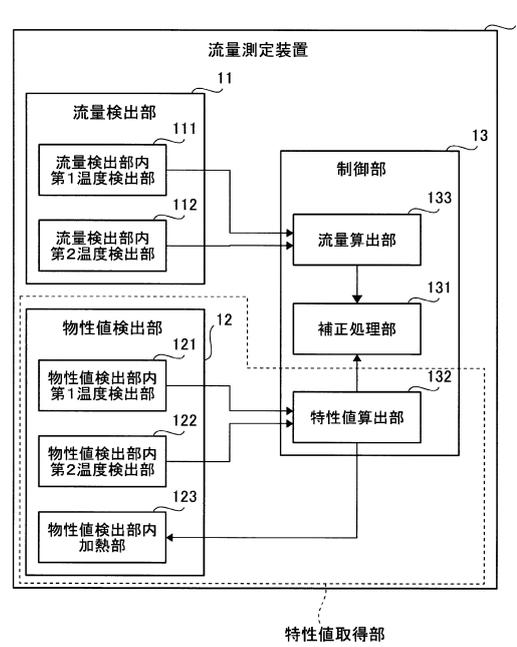
【図6】



【図7】



【図8】



10

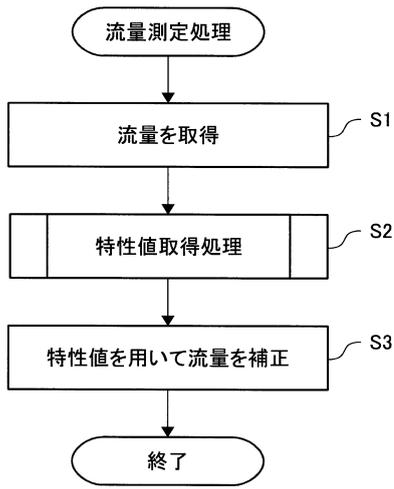
20

30

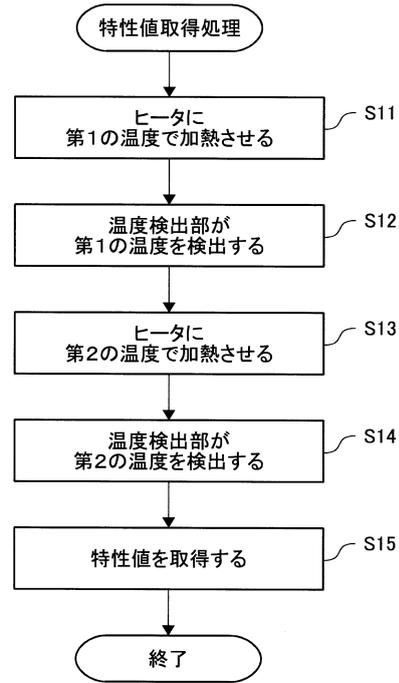
40

50

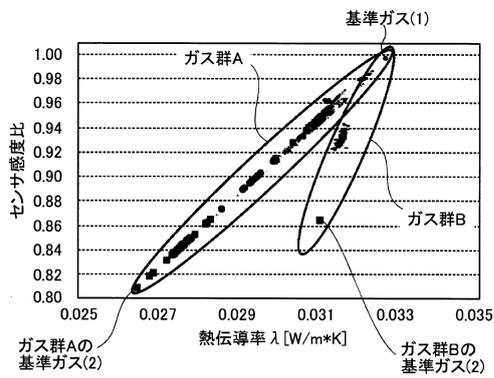
【図9】



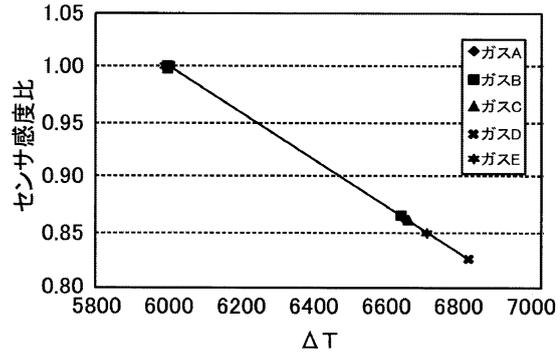
【図10】



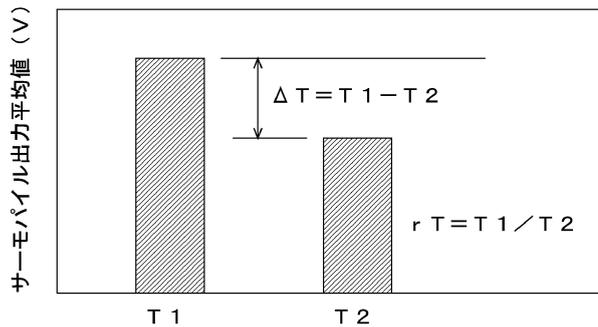
【図11】



【図12】



(a)



(b)

10

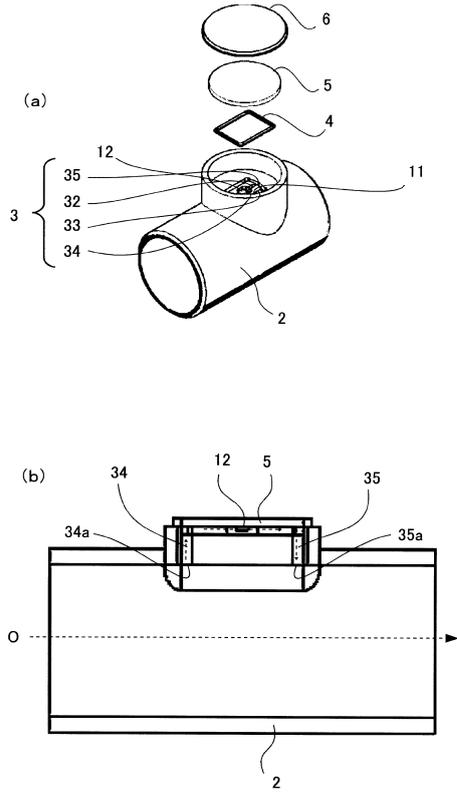
20

30

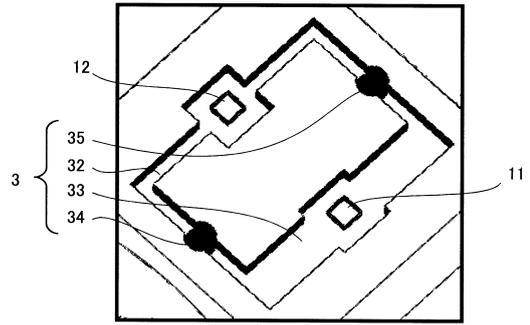
40

50

【 図 1 3 】



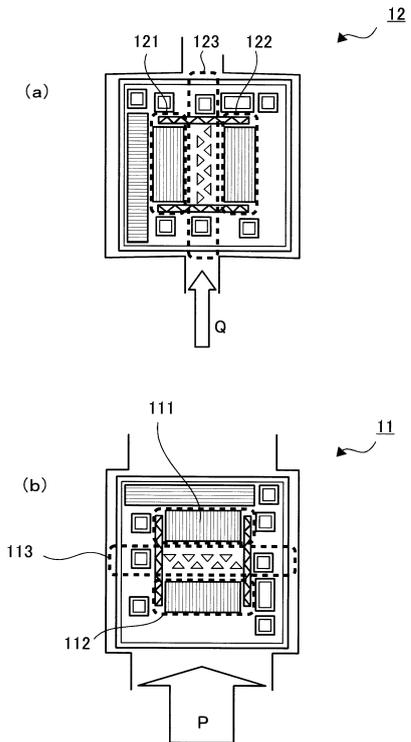
【 図 1 4 】



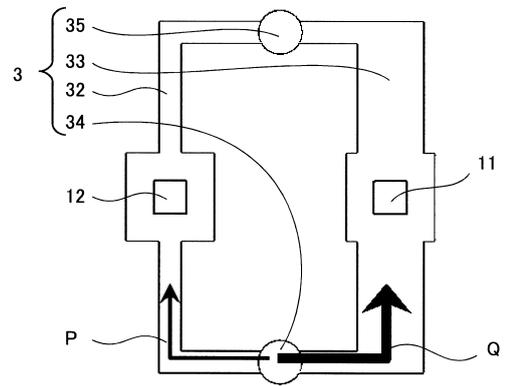
10

20

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

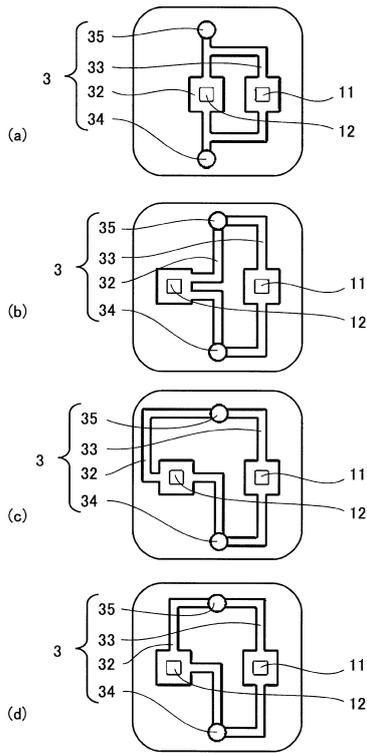


30

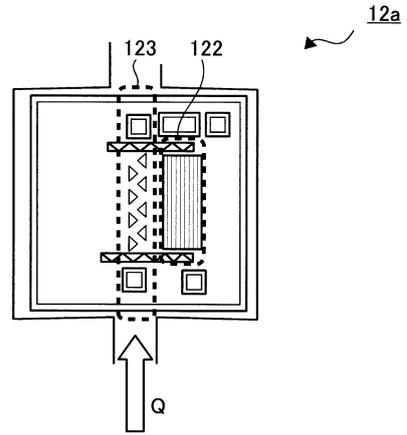
40

50

【 図 1 7 】



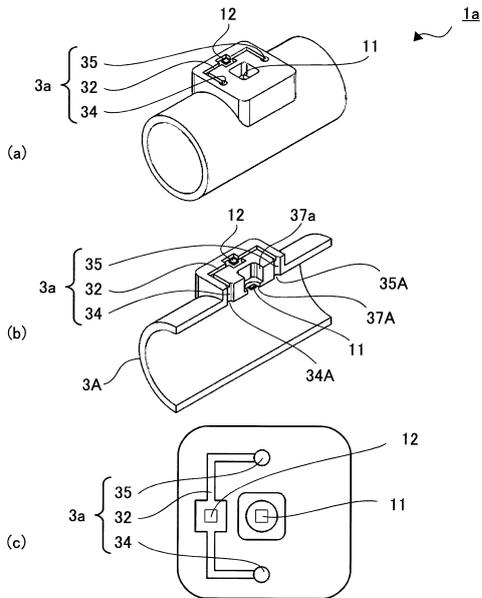
【 図 1 8 】



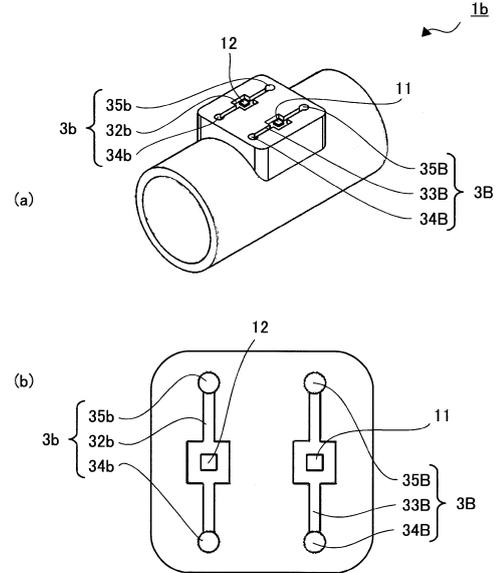
10

20

【 図 1 9 】



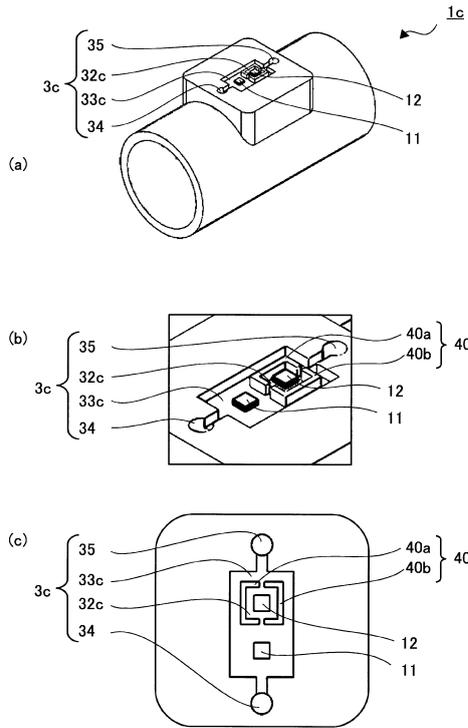
【 図 2 0 】



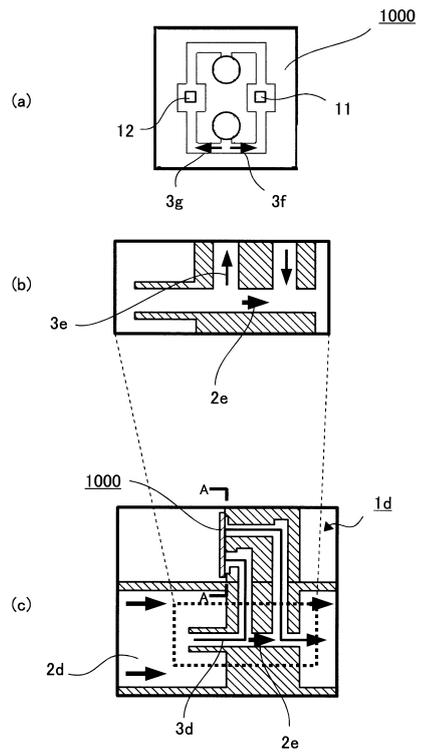
30

40

【 2 1 】



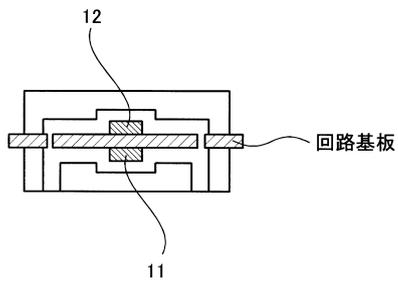
【 2 2 】



10

20

【 2 3 】



30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 中尾 秀之

京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内

審査官 岡田 卓弥

(56)参考文献 特開2017-129470(JP,A)

特開2012-233776(JP,A)

特開2008-46143(JP,A)

米国特許第5515714(US,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01F 1/00 - 9/02

G01F15/00 - 15/18