

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5680178号  
(P5680178)

(45) 発行日 平成27年3月4日(2015.3.4)

(24) 登録日 平成27年1月16日(2015.1.16)

|               |              |                  |        |       |         |
|---------------|--------------|------------------|--------|-------|---------|
| (51) Int. Cl. |              | F I              |        |       |         |
| <b>GO 1 F</b> | <b>1/68</b>  | <b>(2006.01)</b> | GO 1 F | 1/68  | A       |
| <b>GO 1 F</b> | <b>1/698</b> | <b>(2006.01)</b> | GO 1 F | 1/68  | 2 O 2 B |
| <b>FO 2 D</b> | <b>35/00</b> | <b>(2006.01)</b> | FO 2 D | 35/00 | 3 6 6 E |
| <b>FO 2 D</b> | <b>45/00</b> | <b>(2006.01)</b> | FO 2 D | 45/00 | 3 6 6 B |

請求項の数 9 (全 16 頁)

|           |                              |           |  |
|-----------|------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2013-268419 (P2013-268419) | (73) 特許権者 | 000006013<br>三菱電機株式会社<br>東京都千代田区丸の内二丁目7番3号       |
| (22) 出願日  | 平成25年12月26日(2013.12.26)      | (74) 代理人  | 100073759<br>弁理士 大岩 増雄                           |
| 審査請求日     | 平成25年12月26日(2013.12.26)      | (74) 代理人  | 100088199<br>弁理士 竹中 岑生                           |
|           |                              | (74) 代理人  | 100094916<br>弁理士 村上 啓吾                           |
|           |                              | (74) 代理人  | 100127672<br>弁理士 吉澤 憲治                           |
|           |                              | (72) 発明者  | 大塚 和彦<br>東京都千代田区九段北一丁目13番5号<br>三菱電機エンジニアリング株式会社内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流量センサおよび内燃機関の制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

流体の温度を検出する流体温度検出部、

上記流体の流れる方向に対して上流、下流に、互いに熱の干渉を受けるよう配置された第一、第二の発熱体、

上記第一、第二の発熱体の平均温度を、上記流体温度検出部により検出される上記流体の温度よりも、所定の温度だけ高い温度に保つように、上記第一、第二の発熱体の各々に流れる加熱電流を制御する第一の制御部、

上記第一、第二の発熱体の温度差、或いは、上記第一、第二の発熱体に印加される電圧の比が所定の値となるように、上記第一、第二の発熱体の各々に流れる加熱電流を制御する第二の制御部を備え、

上記第二の制御部によって上記流体の流れる方向に応じた検出信号を得ることを特徴とする流量センサ。

【請求項2】

上記第一の発熱体および上記流体から熱の影響を受ける位置に配置された第一の温度検出部、上記第二の発熱体および上記流体から熱の影響を受ける位置に配置された第二の温度検出部を備え、上記平均温度を、上記第一、第二の温度検出部の温度から得ることを特徴とする請求項1記載の流量センサ。

【請求項3】

上記第一の発熱体および上記流体から熱の影響を受ける位置に配置された第一の温度検

10

20

出部、上記第二の発熱体および上記流体から熱の影響を受ける位置に配置された第二の温度検出部を備え、上記温度差を、上記第一、第二の温度検出部の温度差によって得ること、或いは、上記電圧の比を、上記第一、第二の温度検出部に印加される電圧の比によって得ることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の流量センサ。

【請求項 4】

上記第二の制御部は、上記第一、第二の発熱体の温度差が 0 度となるように、上記第一、第二の発熱体の各々に流れる加熱電流を制御することを特徴とする請求項 1 記載の流量センサ。

【請求項 5】

上記第二の制御部は、上記第一、第二の温度検出部の温度差が 0 度となるように、上記第一、第二の発熱体の各々に流れる加熱電流を制御することを特徴とする請求項 3 記載の流量センサ。

10

【請求項 6】

上記第一、第二の発熱体は、電氣的に直列接続されたことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 記載のいずれか一項記載の流量センサ。

【請求項 7】

上記検出信号は、上記第二の制御部によって制御された電流であることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 記載のいずれか一項記載の流量センサ。

【請求項 8】

上記検出信号は、上記第二の制御部によって制御された上記第一の発熱体と上記第二の発熱体とに印加される電圧の比であることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 記載のいずれか一項記載の流量センサ。

20

【請求項 9】

内燃機関に設けられ、上記内燃機関の制御を行う内燃機関の制御システムにおいて、上記内燃機関の吸気系統に設けられた請求項 1 から 8 のいずれか一項記載の流量センサによって、上記吸気系統への吸入空気の流れが順流か逆流かを判定することを特徴とする内燃機関の制御システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、流体中に配置された発熱体から流体に伝達される熱量を電氣的に検出することにより、流体の流量を検出するとともに、流体の流れる方向により異なる検出信号を得る流量センサおよび内燃機関の制御システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、熱式流量センサにおいては、流体中に発熱体および流体温度検出体を配置するとともに、発熱体と流体温度検出体と複数の抵抗によりブリッジ回路を構成し、ブリッジ回路が常に平衡状態を保つように発熱体に供給する加熱電流を制御している。

【0003】

これにより、発熱体の温度は、流体温度検出体により検出される流体の温度よりも常に所定の温度だけ高い温度に保たれる。

40

【0004】

ここで、加熱電流が流体の流量に依存することを利用し、加熱電流を検出信号とする、いわゆる加熱電流検出型が広く用いられているが、その検出信号は流量の絶対値を検出するものであり、流体の流れる方向によらず順流、逆流とも同じ値となる問題があった。

【0005】

この問題を解決する方法として、流体の流れる方向に対して上流及び下流に、互いに熱の干渉を受けるよう配置された 2 組の発熱体および流体温度検出体によりブリッジ回路を構成し、それぞれの発熱体に供給される加熱電流の差を検出信号として用いることで流体の流れる方向により異なる検出信号を得る方法が知られている（特許文献 1 参照）。

50

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平11-201793号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献1の方法は2組のブリッジ回路を必要とすることから、複雑且つ大規模な回路が必要であり、小型化、低コスト化の妨げとなっている。

さらに、精度良く流量を検出するためには2つのブリッジ回路は極めて近い特性が必要であり、製造が非常に困難であった。

10

【0008】

本発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、流量センサにおいて、簡単な回路で安価、且つ容易に、精度良く流体の流れる方向により異なる検出信号を得ることを目的としている。

【0009】

本発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、流量センサを用いた内燃機関の制御システムにおいて、簡単な回路で安価、且つ容易に、精度良く流体の流れる方向により異なる検出信号を得ることを目的としている。

## 【課題を解決するための手段】

20

【0010】

この発明に係わる流量センサは、流体の温度を検出する流体温度検出部、上記流体の流れる方向に対して上流、下流に、互いに熱の干渉を受けるよう配置された第一、第二の発熱体、上記第一、第二の発熱体の平均温度を、上記流体温度検出部により検出される上記流体の温度よりも、所定の温度だけ高い温度に保つように、上記第一、第二の発熱体の各々に流れる加熱電流を制御する第一の制御部、上記第一、第二の発熱体の温度差、或いは、上記第一、第二の発熱体に印加される電圧の比が所定の値となるように、上記第一、第二の発熱体の各々に流れる加熱電流を制御する第二の制御部を備え、上記第二の制御部によって上記流体の流れる方向に応じた検出信号を得るものである。

【0011】

30

また、この発明にかかる内燃機関の制御システムは、内燃機関に設けられ、上記内燃機関の制御を行う内燃機関の制御システムにおいて、上記内燃機関の吸気系統に設けられた上記流量センサによって、上記吸気系統への吸入空気の流れが順流か逆流かを判定するものである。

## 【発明の効果】

【0012】

この発明の流量センサによれば、加熱電流検出型の熱式流量センサにおいて、簡単な回路で、安価、且つ容易に、精度良く、流体の流れる方向に応じた検出信号を得ることが可能となる。

【0013】

40

また、この発明の内燃機関の制御システムによれば、上記の流量センサを用いることで、簡単な回路で、安価、且つ容易に、精度良く、流体の流れる方向に応じた検出信号を得ることが可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明における実施の形態1に係る流量センサの流量検出回路構成を示す図である。

【図2】本発明における、発熱体と温度検出部と流体温度検出部の配置例を示す図である。

【図3】本発明における実施の形態1に係る流量センサの流量検出回路構成例を示す図で

50

ある。

【図 4】本発明における実施の形態 1 に係る流量センサの流量検出回路構成例を示す図である。

【図 5】本発明における分圧手段の構成例を示す図である。

【図 6】本発明における実施の形態 1 に係る、流量と、発熱体に流れる加熱電流との関係を示す図である。

【図 7】本発明における実施の形態 1 に係る、流量と、上流側発熱体と下流側発熱体の抵抗値との関係を示す図である。

【図 8】本発明における実施の形態 1 に係る、流量と、上流側発熱体と下流側発熱体に流れる加熱電流との関係を示す図である。

10

【図 9】本発明における実施の形態 1 に係る、流量と検出信号との関係を示す図である。

【図 10】本発明における実施の形態 2 に係る流量センサの流量検出回路構成を示す図である。

【図 11】本発明における実施の形態 3 に係る流量センサの流量検出回路構成を示す図である。

【図 12】本発明における実施の形態 4 に係る流量センサの流量検出回路構成を示す図である。

【図 13】本発明における実施の形態 5 に係る流量センサの流量検出回路構成を示す図である。

【図 14】本発明における実施の形態 5 に係る、流量と発熱体に印加される電圧との関係を示す図である。

20

【図 15】本発明における実施の形態 5 に係る、流量と、上流側発熱体と下流側発熱体に印加される電圧比との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

実施の形態 1 .

以下、本発明の実施の形態 1 の流量センサについて、図 1 から図 9 を参照して説明する。本発明の流量センサは、加熱電流検出型の熱式流量センサである。図 1 は本発明の実施の形態 1 の流量センサの流量検出回路構成を示した図であり、まず本図を用いて流量検出回路の構成について説明する。

30

【0016】

本発明の実施の形態 1 の流量センサは、流体の温度を検出する流体温度検出部 2、流体の流れる方向に対して上流、下流に、互いに熱の干渉を受けるよう配置された上流側、下流側発熱体（第一、第二の発熱体）12a、12b、上流側発熱体 12a および流体から熱の影響を受ける位置に配置された上流側温度検出部（第一の温度検出部）6a、下流側発熱体 12b および流体から熱の影響を受ける位置に配置された下流側温度検出部（第二の温度検出部）6b を備え、上流側、下流側発熱体 12a、12b の平均温度を上流側、下流側温度検出部 6a、6b の平均温度から得、上流側、下流側温度検出部 6a、6b の平均温度を、流体温度検出部 2 により検出される流体の温度よりも、所定の温度だけ高い温度に保つように、上流側、下流側発熱体 12a、12b の各々に流れる加熱電流  $I_{hu}$ 、 $I_{hd}$  を制御する平均温度制御部（第一の制御部）1a、上流側、下流側発熱体 12a、12b の温度差、或いは、上流側、下流側発熱体 12a、12b に印加される電圧の比を、上流側、下流側温度検出部 6a、6b の温度差、或いは、上流側、下流側温度検出部 6a、6b に印加される電圧の比によって得、上流側、下流側温度検出部 6a、6b の温度差、或いは、上流側、下流側温度検出部 6a、6b の電圧の比が所定の値となるように、上流側、下流側発熱体 12a、12b の各々に流れる加熱電流  $I_{hu}$ 、 $I_{hd}$  を制御する電圧比制御部（第二の制御部）8a を備え、電圧比制御部 8a によって流体の流れる方向に応じた検出信号を得ることを特徴としている。

40

流体温度検出部 2 と温度検出部 6 と発熱体 12 は、例えば、白金やニッケルのような温度によって抵抗値が変化する感温抵抗材料により形成されることにより、上流側、下流側

50

温度検出部 6 a、6 b による分圧比は上流側、下流側温度検出部 6 a、6 b の温度差に依存する。

【0017】

流量検出回路は、互いに熱の干渉を受ける位置に構成され、流体の流れる方向に対し上流側に配置された上流側発熱体 1 2 a と、下流側に配置された下流側発熱体 1 2 b との直列体により構成された発熱体 1 2 と、発熱体 1 2 の平均温度の制御を行う平均温度制御部 1 a とを備えている。さらに、上流側発熱体 1 2 a および流体から熱の影響を受ける位置に配置された上流側温度検出部 6 a と、下流側発熱体 1 2 b および流体から熱の影響を受ける位置に配置された下流側温度検出部 6 b とに印加される電圧比が所定の値となるように上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b に流れる加熱電流の差の制御を行う電圧比制御部 8 a とを構成要素として有している。上流側温度検出部 6 a と、下流側温度検出部 6 b とで温度検出部 6 を構成している。

10

【0018】

平均温度制御部 1 a は、流体の温度を計測する流体温度検出部 2 と、抵抗 3、4、5 と温度検出部 6 とオペアンプ 7 により構成されている。

流体温度検出部 2 と温度検出部 6 と発熱体 1 2 は、例えば図 2 に示すように、流量センサ 20 の、流体が流れる面部に、流体の流れの上流側から下流側に向かって、上流側温度検出部 6 a、上流側発熱体 1 2 a、下流側発熱体 1 2 b、下流側温度検出部 6 b が順に配置され、流体の流れに対し、温度検出部 6 および発熱体 1 2 の配置と平行に流体温度検出部 2 が配置されている。

20

【0019】

流体温度検出部 2 と抵抗 3 と抵抗 4 の直列体は、流体温度検出部 2 側が定電圧源に接続され、抵抗 4 側が接地されるとともに、抵抗 3 と抵抗 4 との接続点がオペアンプ 7 の反転入力端子に接続されている。そして、温度検出部 6 と抵抗 5 の直列体は、温度検出部 6 側が定電圧源に接続され、抵抗 5 側が接地されるとともに、温度検出部 6 と抵抗 5 との接続点がオペアンプ 7 の非反転入力端子に接続されることで、第一のホイートストンブリッジが構成されている。

【0020】

なお、流体温度検出部 2 と抵抗 3 と抵抗 4 との直列体の、流体温度検出部 2 側と、温度検出部 6 と抵抗 5 との直列体の、温度検出部 6 側は、ともに定電圧源に接続しているが、例えば図 3 に示すように、電圧変動を伴う電源に接続しても構わない。

30

この電源に関する事項は以降の実施の形態においても同様である。

【0021】

また、流体温度検出部 2 と抵抗 3 と抵抗 4 との直列体の、流体温度検出部 2 側と、温度検出部 6 と抵抗 5 との直列体の、温度検出部 6 側は、必ずしも同電位である必要はなく、一方の電圧が他方の電圧に比例するような構成であっても構わない。例えば、図 4 に示すように、温度検出部 6 と抵抗 5 との直列体の両端電圧を、抵抗 1 4 a、1 4 b にて分圧し、オペアンプ 1 4 c によるバッファを介し、流体温度検出部 2 と抵抗 3 と抵抗 4 との直列体の、流体温度検出部 2 側に印加する構成とすることも可能である。このことは以降の実施の形態においても同様である。

40

【0022】

オペアンプ 7 の出力端子は発熱体 1 2 に接続され、発熱体 1 2 の他端は接地されており、オペアンプ 7 の出力電圧により発熱体 1 2 に加熱電流  $I_h$  が供給される構成となっている。

【0023】

電圧比制御部 8 a は、分圧手段 9 とオペアンプ 10 と抵抗 1 1 により構成されている。

この電圧比制御部 8 a において、前述の上流側温度検出部 6 a と下流側温度検出部 6 b との接続点が、オペアンプ 10 の反転入力端子に接続されている。そして、分圧手段 9 の入力端子 9 a と 9 b には温度検出部 6 の両端電圧が印加され、分圧手段 9 において任意の

50

分圧比 (  $a_1 : a_2$  ) に分圧し、出力端子 9 c からの出力が、オペアンプ 10 の非反転入力端子に接続され、第二のホイートストンブリッジが構成される。

【 0024 】

分圧手段 9 は、例えば図 5 に示すように、オペアンプ 90 a、90 b と抵抗 91 a、91 b により構成されるが、他の形態であっても構わない。このことは以降の実施の形態においても同様である。

【 0025 】

オペアンプ 10 の出力端子は抵抗 11 を介し、上流側発熱体 12 a と下流側発熱体 12 b との接続点に接続されており、上流側発熱体 12 a と下流側発熱体 12 b に供給される加熱電流の差  $I_h$  を制御する構成となっている。

10

【 0026 】

次に平均温度制御部 1 a の動作について説明する。

前述の平均温度制御部 1 a において構成される第一のホイートストンブリッジは、平衡状態にある時、抵抗 3 の抵抗値を  $R_1$ 、抵抗 4 の抵抗値を  $R_2$ 、抵抗 5 の抵抗値を  $R_3$ 、流体温度検出部 2 の抵抗値を  $R_a$  とおくと、温度検出部 6 の抵抗値  $R_s$  は、次の式 ( 1 ) で表される。

【 数 1 】

数 1

$$R_s = (R_a + R_1) \cdot R_3 / R_2 \quad (1)$$

20

【 0027 】

発熱体 12 にはオペアンプ 7 の出力電圧が印加されることにより加熱電流  $I_h$  が供給され、温度検出部 6 の抵抗値  $R_s$  が式 ( 1 ) で表される値となるように制御される。

【 0028 】

従って、流体流量の変動により温度検出部 6 の温度が変化して、第一のホイートストンブリッジが不平衡状態になると、オペアンプ 7 が発熱体 12 に流れる加熱電流  $I_h$  を制御して、元の平衡状態に復帰させるように作用する。

この結果、温度検出部 6 と流体温度検出部 2 との温度差が常に所定の値に保持される。このとき、流体温度検出部 2 により検出される温度よりも、温度検出部 6 において検出される上流側、下流側温度検出部 6 a、6 b の平均温度の方が所定の温度だけ高い温度に保たれる。

30

【 0029 】

ここで、発熱体 12 の熱放散定数を  $H$ 、発熱体 12 の抵抗値を  $R_h$ 、発熱体温度と流体温度との温度差を  $T_h$  とおくと、加熱電流  $I_h$  は、次の式 ( 2 ) で表され、熱放散定数  $H$  は流体流量に依存することから図 6 に示す関係となる。

【 数 2 】

数 2

$$I_h = (H \cdot \Delta T_h / R_h)^{1/2} \quad (2)$$

40

【 0030 】

次に、電圧比制御部 8 a の動作について説明する。

前述の電圧比制御部 8 a において構成される第二のホイートストンブリッジは、平衡状態にある時、上流側温度検出部 6 a の抵抗値  $R_{su}$  と下流側温度検出部 6 b の抵抗値  $R_{sd}$  の比率は、次の式 ( 3 ) で表され、分圧手段 9 の分圧比と等しくなる。

【 数 3 】

数 3

$$R_{su} : R_{sd} = a_1 : a_2 \quad (3)$$

【 0031 】

ここで、上流側発熱体 12 a と下流側発熱体 12 b、上流側温度検出部 6 a と下流側温

50

度検出部 6 b の特性にバラツキがなく同じ特性であった時、 $a_1 = a_2$  とすることで上流側温度検出部 6 a と下流側温度検出部 6 b との電圧比、つまり抵抗値の比が常に等しくなるよう、オペアンプ 10 により加熱電流の差  $I_h$  が制御される。

【0032】

つまり、上流側温度検出部 6 a と下流側温度検出部 6 b は、流体温度検出部 2 によって検出された温度より、ともに所定の温度だけ高くなるよう、上流側発熱体 12 a と下流側発熱体 12 b に加熱電流  $I_h$  が供給される。

【0033】

ここで、流体の流れる方向が順流の場合、上流側温度検出部 6 a は流体により冷やされ、発熱体 12 からの熱の影響が低減されるが、下流側温度検出部 6 b は発熱体 12 により加熱された流体に触れることにより熱の影響が増加される。

10

【0034】

従って、上流側温度検出部 6 a と、下流側温度検出部 6 b との温度差が 0 度となるように、オペアンプ 7 が制御を行うことにより、流体の流れる方向が順流の場合、上流側発熱体 12 a の温度、つまり抵抗値は、下流側発熱体 12 b より高くなるよう制御され、流体の流れる方向が順流の場合は、前述と逆の動作を行い、図 7 に示す関係となる。

【0035】

さらには、流体の流れる方向が順流の場合は、上流側発熱体 12 a に流れる加熱電流  $I_{hu}$  は、下流側発熱体 12 b に流れる加熱電流  $I_{hd}$  より多くの電流が必要となり、流体の流れる方向が逆流の場合は、前述と逆の動作を行い、図 8 に示す関係となる。

20

【0036】

ここで、平均温度制御部 1 a によって制御される、発熱体 12 に供給される加熱電流を  $I_h$  とおき、電圧比制御部 8 a によって制御される、抵抗 11 に流れる電流を  $I_h$  とおくと、上流側発熱体 12 a に流れる電流  $I_{hu}$  は、次の式 (4) で、下流側発熱体 12 b に流れる電流  $I_{hd}$  は、次の式 (5) で表される。

【数 4】

数 4

$$I_{hu} = I_h \quad (4)$$

【数 5】

数 5

$$I_{hd} = I_h - \Delta I_h \quad (5)$$

30

【0037】

抵抗 11 の抵抗値を  $R_m$  とおいた時、両端には、次の式 (6) で表される電圧  $V_m$  が発生するが、これは式 (4) と式 (5) との差、つまり上流側発熱体 12 a と下流側発熱体 12 b に供給される加熱電流の差  $I_h$  に比例し、図 9 に示す関係が得られ、流体の流れる方向に応じて違った検出信号を得ることができ、流体が流れる方向が順流か逆流かを判定することが可能となる。

【数 6】

数 6

$$\begin{aligned} V_m &= R_m \cdot (I_{hu} - I_{hd}) \\ &= R_m \cdot \Delta I_h \end{aligned} \quad (6)$$

40

【0038】

なお、実際には上流側発熱体 12 a と下流側発熱体 12 b、上流側温度検出部 6 a と下流側温度検出部 6 b の特性にバラツキが生じるため、例えば流量 0 の時に  $V_m = 0$  となるよう、分圧手段 9 の分圧比率 ( $a_1 : a_2$ ) を調整することで、検出信号を任意に補正できることはいうまでもない。

【0039】

50

以上のように、本発明の実施の形態 1 によれば、簡単な回路で安価、且つ容易に、精度良く流体の流れる方向に応じた検出信号を得ることが可能となる。

また、上述の流量センサを、内燃機関の制御を行う内燃機関の制御システムの吸気系統に用いることで、従来よりも簡単な回路で安価、且つ容易に、精度良く流体の流れる方向に応じた検出信号を得ることが可能となる。

【0040】

実施の形態 2 .

図 10 は本発明の実施の形態 2 による流量センサの流量検出回路構成を示した図である。

図 10 において、図 1 と同一符号は同一、または相当部分を示すため、その説明を省略する。

10

【0041】

上述の実施の形態 1 では、平均温度制御部 1 a における制御において、上流側、下流側温度検出部 6 a、6 b の平均温度を、流体温度検出部 2 により検出される流体の温度よりも、所定の温度だけ高い温度に保つように、上流側、下流側発熱体 1 2 a、1 2 b の各々に流れる加熱電流  $I_{hu}$ 、 $I_{hd}$  を制御する例を示したが、この実施の形態 2 の平均温度制御部（第一の制御部）1 b では、上流側、下流側温度検出部 6 a、6 b の平均温度に代えて、上流側、下流側発熱体 1 2 a、1 2 b の平均温度を用いた制御を行うことを特徴としている。

【0042】

20

図 10 に示される流量検出回路は、図 1 に示した流量検出回路と比較すると、平均温度制御部 1 b が、流体温度検出部 2 と抵抗 3、4、5 と、オペアンプ 7 により構成されており、温度検出部 6 を含んでいない点で相違している。

【0043】

まず、実施の形態 1 との相違点である平均温度制御部 1 b の構成について説明する。

流体温度検出部 2 と抵抗 3 と抵抗 4 の直列体は、流体温度検出部 2 側がオペアンプ 7 の出力端子に接続され、抵抗 4 側が接地されるとともに、抵抗 3 と抵抗 4 との接続点がオペアンプ 7 の反転入力端子に接続されており、抵抗 5 の一方端は接地され、他方端はオペアンプ 7 の非反転入力端子に接続されている。

【0044】

30

発熱体 1 2 の一方端はオペアンプ 7 の出力端子と流体温度検出部 2 の接続点に接続され、他方端は抵抗 5 とオペアンプ 7 の非反転入力端子の接続点に接続される。この平均温度制御部 1 b と発熱体 1 2 によって第一のホイートストンブリッジが構成されている。

【0045】

電圧比制御部 8 a は、図 1 における実施の形態 1 と同様の構成であるため、説明を省略する。

【0046】

次に平均温度制御部 1 b の動作について説明する。

前述の平均温度制御部 1 b によって構成される第一のホイートストンブリッジは平衡状態にある時、発熱体 1 2 の抵抗値  $R_h$  は、次の式 (7) で表される。

40

【数 7】

数 7

$$R_h = (R_a + R_1) \cdot R_3 / R_2 \quad (7)$$

【0047】

発熱体 1 2 にはオペアンプ 7 の出力電圧が印加されることにより加熱電流  $I_h$  が供給され、発熱体 1 2 の抵抗値  $R_h$  が、上述の式 (7) で表される値になるようにその温度が制御される。

50

## 【 0 0 4 8 】

従って、流体流量の変動により発熱体 1 2 の温度が変化して、第一のホイートストーンブリッジが不平衡状態になると、オペアンプ 7 が発熱体 1 2 に流れる加熱電流  $I_h$  を制御して、元の平衡状態に復帰させるように作用する。

この結果、発熱体 1 2 と流体温度検出部 2 との温度差が常に所定の値に保持され、加熱電流  $I_h$  は、上述の式 ( 2 ) で表され、図 6 に示す関係となる。

## 【 0 0 4 9 】

電圧比制御部 8 a は実施の形態 1 と同様の動作を行い、上流側温度検出部 6 a の抵抗値  $R_{su}$  と下流側温度検出部 6 b の抵抗値  $R_{sd}$  の比率は、次の式 ( 8 ) で表され、分圧手段 9 の分圧比と等しくなる。

## 【 数 8 】

数 8

$$R_{su} : R_{sd} = a_1 : a_2 \quad (8)$$

## 【 0 0 5 0 】

ここで、上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b、上流側温度検出部 6 a と下流側温度検出部 6 b の特性にバラツキがなく同じ特性であった時、 $a_1 = a_2$  とすることで上流側温度検出部 6 a と下流側温度検出部 6 b の温度は常に等しくなるよう、オペアンプ 1 0 により加熱電流の差  $I_h$  が制御され、上流側発熱体 1 2 a に流れる電流  $I_{hu}$ 、及び下流側発熱体 1 2 b に流れる電流  $I_{hd}$  は、実施の形態 1 と同様に、それぞれ上述の式 ( 4 ) ( 5 ) で表される値となる。

## 【 0 0 5 1 】

つまり、平均温度制御部 1 b と、電圧比制御部 8 a の動作により、上流側温度検出部 6 a と下流側温度検出部 6 b は、流体温度検出部 2 によって検出された温度より、ともに所定の温度だけ高くなるよう、上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b に加熱電流  $I_h$  が供給される。

## 【 0 0 5 2 】

この時、抵抗 1 1 の両端には、上述の式 ( 6 ) で表される電圧が発生するが、これは式 ( 4 ) と式 ( 5 ) との差、つまり上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b に供給される加熱電流の差  $I_h$  に比例し、図 9 に示す関係が得られ、流体の流れる方向により異なる検出信号を得ることができ、流体が流れる方向が順流か逆流かを判定することが可能となる。

## 【 0 0 5 3 】

以上のように、本発明の実施の形態 2 によれば、簡単な回路で安価、且つ容易に、精度高く流体の流れる方向に応じた検出信号を得ることが可能となる。

## 【 0 0 5 4 】

実施の形態 3 .

図 1 1 は本発明の実施の形態 3 による熱式流量センサの流量検出回路構成を示した図である。図 1 1 において、図 1 と同一符号は同一、または相当部分を示し、平均温度制御部 1 a は、図 1 における実施の形態 1 と同様であるため、その説明を省略する。

## 【 0 0 5 5 】

上述の実施の形態 1 では、電圧比制御部 8 a における制御において、上流側、下流側温度検出部 6 a、6 b の温度差、或いは、上流側、下流側温度検出部 6 a、6 b の電圧の比が所定の値となるように、上流側、下流側発熱体 1 2 a、1 2 b の各々に流れる加熱電流  $I_{hu}$ 、 $I_{hd}$  を制御する例を示したが、この実施の形態 3 の電圧比制御部 ( 第二の制御部 ) 8 b では、上流側、下流側温度検出部 6 a、6 b の温度差、或いは電圧比に代えて、上流側、下流側発熱体 1 2 a、1 2 b の温度差、或いは、電圧の比を用いた制御を行うことを特徴としている。

## 【 0 0 5 6 】

図 1 1 に示される流量検出回路は、図 1 に示される流量検出回路と比較すると、電圧比

10

20

30

40

50

制御部 8 b への入力信号が、上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b との接続点と、発熱体 1 2 への印加電圧とである点で相違している。

【 0 0 5 7 】

電圧比制御部 8 b は実施の形態 1 と同様の動作を行い、上流側発熱体 1 2 a に印加される電圧  $V_{hu}$  と、下流側発熱体 1 2 b に印加される電圧  $V_{hd}$  との比率は、次の式 ( 9 ) で表され、分圧手段 9 の分圧比と等しくなる。なお、上流側発熱体 1 2 a の抵抗値を  $R_{hu}$ 、下流側発熱体の抵抗値を  $R_{hd}$  とする。

【 数 9 】

数 9

$$\begin{aligned} & V_{hu} : V_{hd} \\ & = R_{hu} \cdot I_h : R_{hd} (I_h - \Delta I_h) \\ & = a_1 : a_2 \end{aligned} \quad (9)$$

10

【 0 0 5 8 】

上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b の特性にバラツキがなく同じ特性であり、 $a_1 = a_2$  と設定した時、流体の流れる方向が順流の場合、上流側発熱体 1 2 a は流体により冷やされ、発熱体 1 2 からの熱の影響が低減されるが、下流側発熱体 1 2 b は上流側発熱体 1 2 a により加熱された流体に触れることにより熱の影響が増加される。

ここで、上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b との接続点の電圧は、発熱体 1 2 全体に印加される電圧の 1 / 2 以上になろうとするが、オペアンプ 1 0 の出力が低下することにより、上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b に流れる加熱電流の差  $I_h$  が正の値となり、1 / 2 に制御される。

20

【 0 0 5 9 】

流体の流れる方向が逆流の場合は、前述と逆の動作を行い、上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b に流れる加熱電流の差  $I_h$  は負の値となる。

【 0 0 6 0 】

この時、抵抗 1 1 の両端には式 ( 6 ) で表される電圧  $V_m$  が発生するが、これは式 ( 4 ) と式 ( 5 ) との差、つまり上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b に供給される加熱電流の差  $I_h$  に比例し、図 9 に示す関係が得られ、流体の流れる方向に応じた検出信号を得ることができる。

30

【 0 0 6 1 】

つまり、本実施の形態 3 によっても、流体の流れる方向に応じて違った検出信号を得ることができ、流体が流れる方向が順流か逆流かを判定することが可能となる。

【 0 0 6 2 】

以上のように、本発明の実施の形態 3 によれば、簡単な回路で安価、且つ容易に、精度高く流体の流れる方向により異なる検出信号を得ることが可能となる。

【 0 0 6 3 】

実施の形態 4 .

図 1 2 は本発明の実施の形態 4 による熱式流量センサの流量検出回路構成を示した図である。図 1 2 において、図 1 1 と同一符号は同一、または相当部分を示すため、その説明を省略する。

40

【 0 0 6 4 】

上述の実施の形態 1 では、平均温度制御部 1 a における制御において、上流側、下流側温度検出部 6 a、6 b の平均温度を、流体温度検出部 2 により検出される流体の温度よりも、所定の温度だけ高い温度に保つように、上流側、下流側発熱体 1 2 a、1 2 b の各々に流れる加熱電流  $I_{hu}$ 、 $I_{hd}$  を制御する例を示したが、この実施の形態 4 では、上述の実施の形態 2 と同様に、平均温度制御部 ( 第一の制御部 ) 1 b では、上流側、下流側温度検出部 6 a、6 b の平均温度に代えて、上流側、下流側発熱体 1 2 a、1 2 b の平均温度を用いた制御を行うことを特徴としている。

さらに、上述の実施の形態 1 では、電圧比制御部 8 a における制御において、上流側、

50

下流側温度検出部 6 a、6 b の温度差、或いは、上流側、下流側温度検出部 6 a、6 b の電圧の比が所定の値となるように、上流側、下流側発熱体 1 2 a、1 2 b の各々に流れる加熱電流  $I_{hu}$ 、 $I_{hd}$  を制御する例を示したが、この実施の形態 4 では、上述の実施の形態 3 と同様に、電圧比制御部（第二の制御部）8 b では、上流側、下流側温度検出部 6 a、6 b の温度差、或いは電圧比に代えて、上流側、下流側発熱体 1 2 a、1 2 b の温度差、或いは、電圧の比を用いた制御を行うことを特徴としている。

【0065】

図 1 2 に示される流量検出回路は、平均温度制御部 1 b と電圧比制御部 8 b と発熱体 1 2 によって構成されるが、平均温度制御部 1 b は、図 1 0 における実施の形態 2 と同様であり、電圧比制御部 8 b は、図 1 1 における実施の形態 3 と同様であるため、その説明を省略する。

10

【0066】

つまり、本実施の形態 4 においても、上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b とに供給される加熱電流の差  $I_h$  を検出することが可能であり、流体の流れる方向に応じて違った検出信号を得ることができ、流体が流れる方向が順流か逆流かを判定することが可能となる。

【0067】

以上のように、本発明の実施の形態 4 によれば、簡単な回路で安価、且つ容易に、精度良く流体の流れる方向に応じた検出信号を得ることが可能となる。

【0068】

実施の形態 5 .

20

次に、本発明の実施の形態 5 の流量センサについて、図 1 3 から図 1 5 を用いて説明する。図 1 3 は本発明の実施の形態 5 による熱式流量センサの流量検出回路構成を示した図である。図 1 3 において、図 1 と同一符号は同一、または相当部分を示すため、その説明を省略する。

【0069】

上述の実施の形態 1 では、流体が流れる方向の判定を、電圧比制御部 8 a の制御によって得られる加熱電流の差  $I_h$  を検出信号として行っていたが、この実施の形態 5 では、電圧比制御部 8 c の制御によって得る、上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b とに印加される電圧の比を検出信号として行う例について示す。

30

【0070】

図 1 3 に示される流量検出回路は、図 1 に示される流量検出回路と比較すると、抵抗 1 1 が削除され短絡されている点と、上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b の接続位置が逆である点と、上流側温度検出部 6 a と下流側温度検出部 6 b の接続位置が逆である点で相違する。

【0071】

平均温度制御部 1 c は、実施の形態 1 と同様に温度検出部 6 と流体温度検出部 2 との温度差が常に所定の値となるよう、オペアンプ 7 により発熱体 1 2 に加熱電流の供給を行う。

【0072】

また、上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b、上流側温度検出部 6 a と下流側温度検出部 6 b の特性にバラツキがなく同じ特性であった時、 $a_1 = a_2$  とすることで、電圧比制御部 8 c は、実施の形態 1 と同様に上流側温度検出部 6 a と下流側温度検出部 6 b の温度が常に等しくなるよう、オペアンプ 1 0 により加熱電流の制御が行われる。

40

【0073】

ここで、流体の流れる方向が順流の場合、上流側温度検出部 6 a は流体により冷やされ、発熱体 1 2 からの熱の影響が低減されるが、下流側温度検出部 6 b は発熱体 1 2 により加熱された流体に触れることにより熱の影響が増加される。

【0074】

従って、上流側温度検出部 6 a と、下流側温度検出部 6 b との温度差が 0 度となるよう

50

に、オペアンプ7が制御を行うことにより、流体の流れる方向が順流の場合、上流側発熱体12aの温度、つまり抵抗値は、下流側発熱体12bの温度より高くなるよう制御され、図7に示す関係となる。

さらには、この時の上流側発熱体12aに流れる加熱電流 $I_{hu}$ は下流側発熱体12bに流れる加熱電流 $I_{hd}$ より多くの電流が必要となり、図8に示す関係となる。

【0075】

ここで、発熱体12への印加電圧を $V_R$ 、上流側発熱体12aへの印加電圧を $V_{hu}$ 、下流側発熱体12bへの印加電圧を $V_{hd}$ とおくと、それぞれ次の式(10)、図14で表される関係となる。

【数10】

数10

$$\begin{aligned} V_R &= V_{hu} + V_{hd} \\ V_{hu} &= R_{hu} \cdot I_{hu} \\ V_{hd} &= R_{hd} \cdot I_{hd} \end{aligned} \quad (10)$$

【0076】

さらに、上流側発熱体12aへの印加電圧 $V_{hu}$ と、発熱体12への印加電圧 $V_R$ との電圧比は、図15に示すような関係が得られる。

【0077】

上流側発熱体12aへの印加電圧 $V_{hu}$ と、発熱体12への印加電圧 $V_R$ の電圧比の算出は、例えばA/D変換器13により行われる。

A/D変換器13は、発熱体12への印加電圧 $V_R$ を基準電圧とし、入力信号である上流側発熱体12aへの印加電圧 $V_{hu}$ のA/D変換を行う。

A/D変換器13の分解能が $(n)$  bitであった場合、A/D変換器13により量子化されたデジタルデータは、次の式(11)にて表され、流量信号として検出が可能となる。

【数11】

数11

$$V_{hu} / V_R \times (2^{(n)} - 1) \quad (11)$$

【0078】

本実施の形態5では、 $V_{hu}$ と $V_R$ の電圧比を検出信号としているが、 $V_{hu}$ と $V_{hd}$ との電圧比であっても構わない。

【0079】

以上のように、本発明の実施の形態5によれば、簡単な回路で安価、且つ容易に、精度良く流体の流れる方向により異なる検出信号を得ることが可能となる。

【0080】

また、本発明は、その発明の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

【符号の説明】

【0081】

1a、1b、1c 平均温度制御部、2 流体温度検出部、  
3、4、5、11、14a、14b、91a、91b 抵抗、6 温度検出部、  
6a 上流側温度検出部、6b 下流側温度検出部、  
7、10、14c、90a、90b オペアンプ、8a、8b、8c 電圧比制御部、  
9 分圧手段、9a、9b 入力端子、9c 出力端子、12 発熱体、  
12a 上流側発熱体、12b 下流側発熱体、13 A/D変換器、20 流量センサ。

【要約】 (修正有)

10

20

30

40

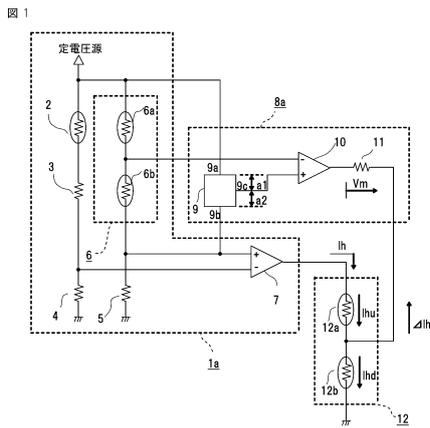
50

【課題】簡単な回路で、流体の流れる方向に応じた検出信号を精度良く検出することができる流量センサを提供する。

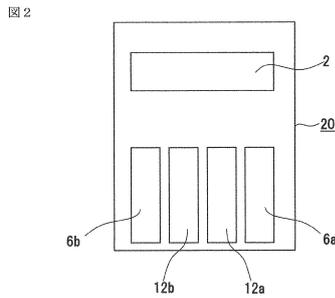
【解決手段】上流側発熱体 1 2 a、下流側発熱体 1 2 b の平均温度を、平均温度制御部 1 a において、流体温度検出部 2 により検出される流体の温度よりも常に所定の温度だけ高い温度に保つとともに、電圧比制御部 8 a において、上流側発熱体 1 2 a と下流側発熱体 1 2 b との温度差、或いは印加される電圧比が所定の値となるよう、それぞれ上流側発熱体 1 2 a、下流側発熱体 1 2 b に流れる加熱電流を制御し、この制御の状態から流体の流れる方向に応じた検出信号を得、流体の流れる方向が順流か逆流かを判定する。

【選択図】図 1

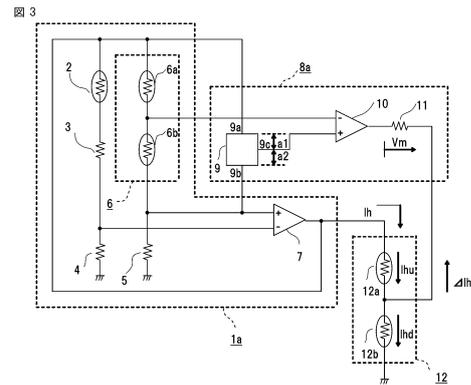
【図 1】



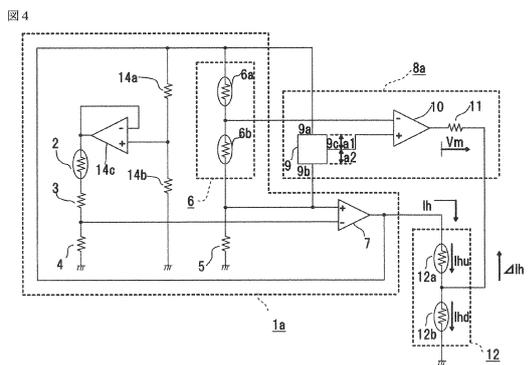
【図 2】



【図 3】

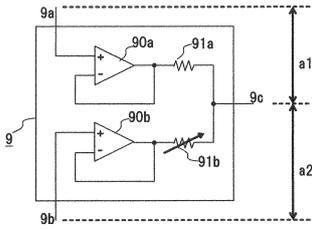


【図 4】



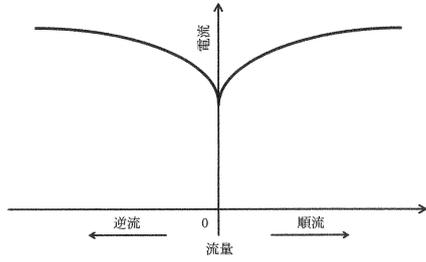
【 図 5 】

图 5



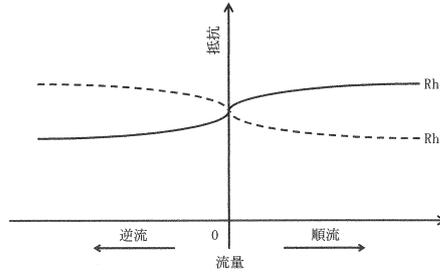
【 图 6 】

图 6



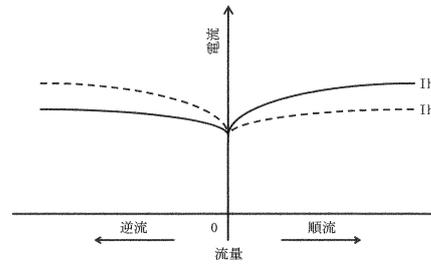
【 图 7 】

图 7



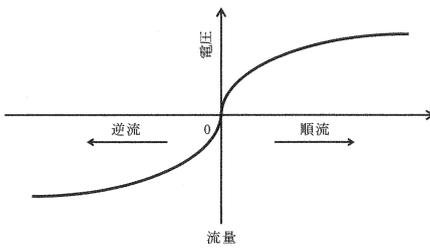
【 图 8 】

图 8



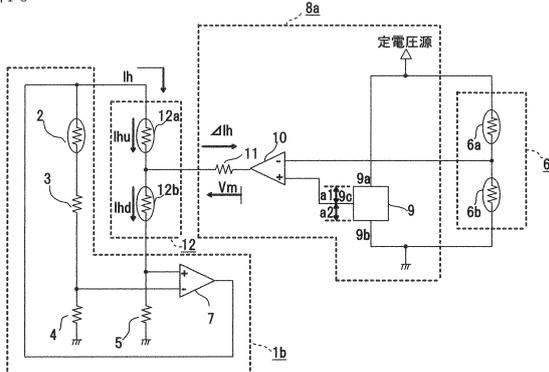
【 图 9 】

图 9



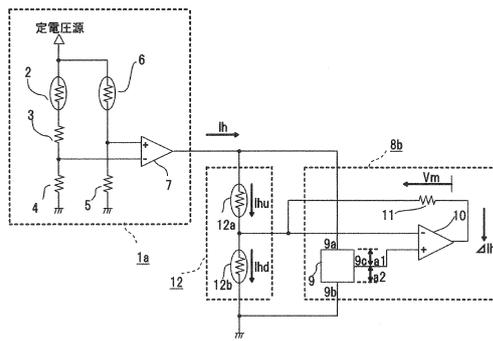
【 图 10 】

图 10



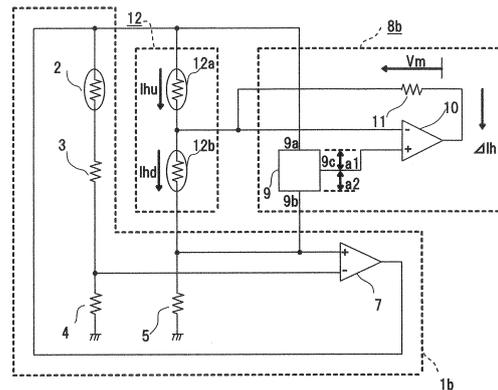
【 图 11 】

图 11



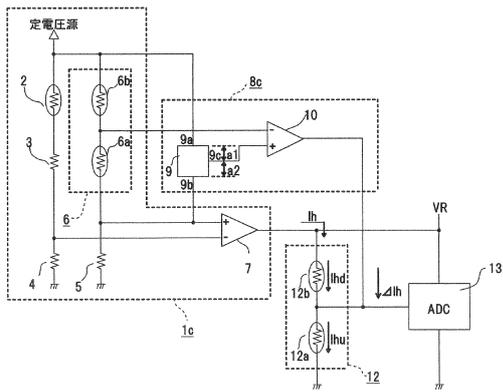
【 图 12 】

图 12



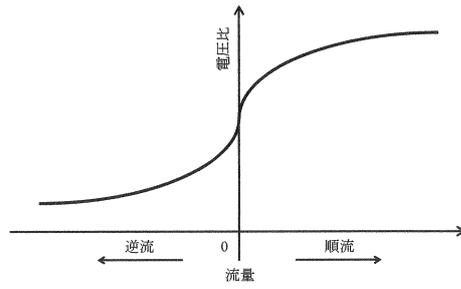
【 13 】

图 13



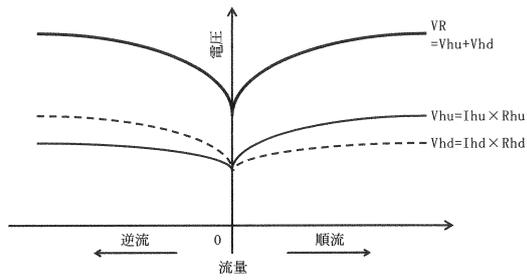
【 15 】

图 15



【 14 】

图 14



---

フロントページの続き

- (72)発明者 有吉 雄二  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 河合 正浩  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 樋 高 慎一郎  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 森 雅之

- (56)参考文献 特許第3658170(JP, B2)  
特許第5523528(JP, B2)  
特許第3200005(JP, B2)  
特許第3193872(JP, B2)  
特開2001-165734(JP, A)  
特許第3761769(JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01F 1/68  
F02D 35/  
F02D 45/