(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3707610号

(P3707610)

(45)発行日　平成17年10月19日(2005.10.19)　(24)登録日　平成17年8月12日(2005.8.12)

| (51)Int.Cl.[7] | F I | | |
|---|---|---|---|
| G01F 1/68 | G01F | 1/68 | A |
| G01F 1/696 | G01F | 1/72 | |
| G01F 1/72 | G01F | 1/68 | 201Z |

請求項の数 5　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願2001-148904(P2001-148904)
(22)出願日　平成13年5月18日(2001.5.18)
(65)公開番号　特開2002-340645(P2002-340645A)
(43)公開日　平成14年11月27日(2002.11.27)
審査請求日　平成15年1月10日(2003.1.10)

(73)特許権者　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号
(74)代理人　100094916
弁理士　村上　啓吾
(74)代理人　100073759
弁理士　大岩　増雄
(74)代理人　100093562
弁理士　児玉　俊英
(74)代理人　100088199
弁理士　竹中　岑生
(72)発明者　谷本　考司
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】流量検出装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

被測定流体内に配置された発熱抵抗体から被測定流体への伝熱現象を利用して被測定流体の流量に応じた流量検出信号を出力する流量検出手段と、この流量検出手段からの流量検出信号を増幅して利得を補償する利得補償手段とを備え、前記利得補償手段は、前記被測定流体の脈動最低周波数から感温抵抗体の熱時定数に相当する周波数までの周波数域において、周波数が零のときの直流利得よりも大きく且つほぼ一定の交流利得でもって前記流量検出信号を増幅するものであることを特徴とする流量検出装置。

【請求項２】

被測定流体内に配置された発熱抵抗体の上流側と下流側にそれぞれに設けられた感温抵抗体で得られる各温度の差を検出する温度差検出手段と、この温度差検出手段からの温度差検出信号を流量検出信号として入力し、当該信号を増幅して利得を補償する利得補償手段とを備え、前記利得補償手段は、前記被測定流体の脈動最低周波数から感温抵抗体の熱時定数に相当する周波数までの周波数域において、周波数が零のときの直流利得よりも大きく且つほぼ一定の交流利得でもって前記流量検出信号を増幅するものであることを特徴とする流量検出装置。

【請求項３】

被測定流体内に配置された発熱抵抗体の上流側と下流側にそれぞれ設けられた感温抵抗体の温度を個別に検出する温度検出手段と、この温度検出手段から出力される温度検出信号に基づいて流量検出信号を演算する流量演算手段とを有し、この流量演算手段は、前記

発熱抵抗体よりも上流側に設けた感温抵抗体の温度に対応する温度検出信号の位相を進めた信号を増幅して出力する第１の位相補償手段と、前記発熱抵抗体よりも下流側に設けた感温抵抗体の温度に対応する温度検出信号の位相を進めた信号を増幅して出力する第２の位相補償手段と、両位相補償手段の出力信号の差を流量検出信号として出力する差動増幅器とからなり、前記第１、第２位相補償手段は、共に、前記被測定流体の脈動最低周波数から感温抵抗体の熱時定数に相当する周波数までの周波数域において、周波数が零のときの直流利得よりも大きく且つほぼ一定の交流利得でもって前記温度検出信号を増幅する利得補償手段で構成されていることを特徴とする流量検出装置。

【請求項４】

前記利得補償手段は、前記被測定流体の脈動最低周波数よりも高い周波数における交流利得が約１．０５倍から１．３倍の範囲になるように設定されていることを特徴とする請求項１，２，３のいずれか１項に記載の流量検出装置。

【請求項５】

前記利得補償手段は、演算増幅器と、この演算増幅器の後段側に接続された周波数特性設定用のコンデンサと、この演算増幅器とコンデンサとの直列回路に並列に接続されたバイパス用の抵抗と、前記演算増幅器の反転入力端子に接続された交流利得設定用の抵抗とを備えることを特徴とする請求項１，２，３，４のいずれか１項に記載の流量検出装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

この発明は、例えば自動車用エンジン等の吸入空気量を検出するのに用いられる主に熱式の流量検出装置に関し、特にはエンジン脈動流に対する検出精度を高めるための技術に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

一般に、自動車用エンジン等は、エンジン本体の燃焼室内で燃料と吸入空気との混合ガスを燃焼し、その燃焼圧からエンジンの回転出力を取り出すので、燃焼時の噴射量を適切に制御する上で吸入空気の流量を精度良く検出することが重要である。そこで、従来より吸入空気の流量を検出するために各種の熱式の流量検出装置が提供されている（例えば、特開昭５７－２２５６３号公報等参照）。

【０００３】

ところで、自動車用エンジン等への吸入空気の流量は、エンジンの運転条件によって異なるが、例えば、エンジンの回転数を一定にしてスロットルバルブの開度を大きくする程、スロットルバルブの通気抵抗が減少する。これに伴い、インテークマニホールドの圧力が増大して流量が増加するとともに、脈動流の振幅が大きくなる。

【０００４】

このような脈動流に対して、熱式流量検出装置は、流量と検出出力との関係が非線形であり、かつ、発熱抵抗体の熱的な応答遅れがあるために、検出出力を逐一流量に変換した場合の流量平均値は、実際の流量よりも小さくなる（以下、これをリーン化誤差と称する）。このリーン化誤差は、エンジン回転数が大きくなるほど、また、脈動振幅が大きくなるほど増大する。

【０００５】

図７はスロットルバルブの開度に応じたインテークマニホールドの圧力Ｐと吸入空気の流量（流量信号平均値）Ｑavとの関係を示す特性図である。

ここで、エンジン回転数を一定にした条件の下で、スロットル開度を大きくした場合、実際の流量は図７の符号Ｃａで示す曲線となる。これに対して、従来の熱式流量検出装置で得られる平均流量は、同図の符号Ｃｂで示す曲線となり、両曲線Ｃａ，Ｃｂ間でリーン化誤差Δｌが生じている。曲線Ｃｂのような流量検出特性をもつ場合には、互いに異なる２つの負荷状態において同一の流量が存在することになり、一義的に流量が決まらなくなるという不具合を生じる。

【０００６】
このように、検出流量が実際の吸入空気の流量よりも低下してリーン化誤差Δｌを生じるという問題に対処するため、従来、例えば、特開昭５８－１９５１０号公報に開示されているような分流式の熱式流量検出装置が提案されている（以下、従来技術１という）。
【０００７】
この従来技術１では、発熱抵抗体を配する検出流管となる分流通路を主通路よりも長く形成して分流通路の空気流の慣性力を大きくしている。このようにすると、分流通路の平均流量が定常流の時の流量よりも増加し、さらに分流通路の脈動流速振幅も低減する。したがって、分流通路と主通路の慣性長さの比を適当に設定することにより、前述の発熱抵抗体の熱的応答遅れに起因した脈動流の検出誤差を相殺させることができる。
【０００８】
一方、特開２０００－２０５９１５号公報に開示されているように、流量検出装置内に利得補償手段を付加して脈動流に対する検出流量誤差を補償する熱式流量検出装置も提案されている（以下、従来技術２という）。
【０００９】
この従来技術２の装置は、被測定流体内に設けられた感温抵抗体の抵抗値によって流量に応じた流量検出信号を演算する流量演算回路と、この流量演算回路による流量検出信号を増幅して感温抵抗体の熱時定数によって低下した利得を補償する利得補償手段とから構成されている。
【００１０】
図５は、利得補償手段の利得と周波数特性との関係を示す特性図である。
同図において、縦軸は利得補償回路の利得Ｇを、横軸は周波数ｆを、符号Ｔｏで示す曲線は従来技術２の装置における利得補償手段の周波数特性を示している。
【００１１】
したがって、従来技術２の装置では、流量が第１の所定周波数ｆ１Ｂより低い周波数で脈動する時は、流量演算手段から出力される流量検出信号は、流量の脈動にほぼ対応した値となる。この場合、利得補償手段は、予め決められた一定の利得Ｇ１で流量検出信号を増幅する。
【００１２】
また、流量が第１の所定流量ｆ１Ｂよりも高い周波数で脈動するときは、流量演算回路から出力される流量検出信号は、感温抵抗の熱時定数と流量と流量検出信号の非線形な関係から出力が低下する。このとき、利得補償手段は、周波数に対応した利得Ｇ２で流量信号を増幅する。したがって、感温抵抗体の熱時定数による遅れを補償することになり、利得補償手段の出力は真の流量変動に近い波形が得られる。
【００１３】
さらに、流量が第２の所定周波数ｆ２Ｂよりも高い周波数でもって脈動するとき、流量演算回路から出力される流量検出信号は、利得補償手段において一定の利得Ｇ３（＞Ｇ１）で増幅する。したがって、流量検出にほとんど影響を与えない高周波側の流量検出信号を必要以上に増幅することが無くなるため、高周波側の流量検出信号による誤差が無くなり、検出精度を高めることができる。
【００１４】
【発明が解決しようとする課題】
ところで、上述した従来技術１の装置は、発熱抵抗体の熱的応答遅れに起因した脈動流の検出誤差を相殺することが可能になるものの、分流通路の通路長を確保するための構造が複雑になり、また、発熱抵抗体近傍の流れが乱れ易い。さらに、流量を検出する発熱抵抗体近傍の流速は主流の流速よりも低くなるため、流量検出感度が充分に得られないという不具合がある。
【００１５】
一方、従来技術２の装置は、利得補償手段を設けることで感温抵抗体の熱時定数による流量検出信号の低下を補償できるものの、脈動波形や、感温抵抗体を配した検出流管や感温

抵抗体等の構造によっては、感温抵抗体の熱時定数によって決まる周波数ｆ１Ｂよりも低い周波数を有する脈動流において、前述したような流量検出信号の低下が生じ、実際の流量とのリーン化誤差が大きくなる場合がある。次に、この点についてさらに詳述する。

【００１６】

感温抵抗体の熱時定数によって決まる周波数ｆ１Ｂよりも低い周波数を有する脈動流においてもリーン化誤差が生じる原因の一つとして、主流流管と検出流管との流量比率が、脈動時と定常時とで異なることが挙げられる。例えば、流れの安定化を図るために、検出流管の形状を入口から出口に向かって縮流するような構成とした場合には、出口通路面積が入り口通路面積よりも小さくなる。このような流管形状を有する流量検出装置は、脈動周波数が高くなると、検出流管の出口近傍に定常時には生じなかった渦が生成され、検出流管に流れ難い傾向を示す。このため、脈動時の方が定常状態よりも検出流管の流体的損失が増大し、脈動時の検出流管の平均流量は、定常時の平均流量に比べて低下するようになる。以下、このように、検出流管において脈動時に定常時と異なる現象が生じることを過渡特性と称する。そして、このような過渡特性が問題となる周波数は、一般に、感温抵抗体の熱時定数によって決まる周波数ｆＢ１よりもかなり低い周波数領域である。

【００１７】

ところが、図５の特性曲線Ｔｏで示したように、従来技術２では、感温抵抗体の時定数によって決まる周波数ｆＢ１以下の周波数をもつ脈動流に対して、利得補償手段における利得はＧ１という一定値であるため、利得補償手段の効果を十分に発揮することができず、このため、リーン化誤差を生じて正確な流量を検出できなくなる。

【００１８】

本発明は、上述した従来技術の問題に鑑みてなされたもので、被測定流体が脈動した場合であってもリーン化誤差を有効に低減して被測定流体の流量を正確に検出できるようにし、これによって、流量の検出精度を向上した流量検出装置を提供することを課題とする。

【００１９】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、本発明の流量検出装置は、次の構成を採る。

すなわち、請求項１記載に係る発明では、被測定流体内に配置された発熱抵抗体から被測定流体への伝熱現象を利用して被測定流体の流量に応じた流量検出信号を出力する流量検出手段と、この流量検出手段からの流量検出信号を増幅して当該信号の利得を補償する利得補償手段とを備え、前記利得補償手段は、前記被測定流体の脈動最低周波数から感温抵抗体の熱時定数に相当する周波数までの周波数域において、周波数が零のときの直流利得よりも大きく且つほぼ一定の交流利得でもって前記流量検出信号を増幅するものであることを特徴としている。

【００２０】

請求項２記載に係る発明では、被測定流体内に配置された発熱抵抗体の上流側と下流側にそれぞれに設けられた感温抵抗体で得られる各温度の差を検出する温度差検出手段と、この温度差検出手段からの温度差検出信号を流量検出信号として入力し、当該信号を増幅して利得を補償する利得補償手段とを備え、前記利得補償手段は、前記被測定流体の脈動最低周波数から感温抵抗体の熱時定数に相当する周波数までの周波数域において、周波数が零のときの直流利得よりも大きく且つほぼ一定の交流利得でもって前記流量検出信号を増幅するものであることを特徴としている。

【００２１】

請求項３記載に係る発明では、被測定流体内に配置された発熱抵抗体の上流側と下流側にそれぞれ設けられた感温抵抗体の温度を個別に検出する温度検出手段と、この温度検出手段から出力される温度検出信号に基づいて流量検出信号を演算する流量演算手段とを有し、この流量演算手段は、前記発熱抵抗体よりも上流側に設けた感温抵抗体の温度に対応する温度検出信号の位相を進めた信号を増幅して出力する第１の位相補償手段と、前記発熱抵抗体よりも下流側に設けた感温抵抗体の温度に対応する温度検出信号の位相を進めた信号を増幅して出力する第２の位相補償手段と、両位相補償手段の出力信号の差を流量検

出信号として出力する差動増幅器とからなり、前記第１、第２位相補償手段は、共に、前記被測定流体の脈動最低周波数から感温抵抗体の熱時定数に相当する周波数までの周波数域において、周波数が零のときの直流利得よりも大きく且つほぼ一定の交流利得でもって前記温度検出信号を増幅する利得補償手段で構成されていることを特徴としている。

【００２３】

請求項４記載に係る発明では、請求項１、２、３のいずれか１項に記載の構成において、前記利得補償手段は、前記被測定流体の脈動最低周波数よりも高い周波数における交流利得が約１．０５倍から１．３倍の範囲内になるように設定されていることを特徴としている。

【００２４】

請求項５記載に係る発明では、請求項１、２、３、４のいずれか１項に記載の構成において、前記利得補償手段は、演算増幅器と、この演算増幅器の後段側に接続された周波数特性設定用のコンデンサと、この演算増幅器とコンデンサとの直列回路に並列に接続されたバイパス用の抵抗と、演算増幅器の反転入力端子に接続された交流利得設定用の抵抗とを備えることを特徴としている。

【００２５】

【発明の実施の形態】

実施の形態１．

図１は本発明の実施の形態１における流量検出装置の一部を切断して示す正面図、図２は同装置の側面図である。

【００２６】

この実施の形態１の流量検出装置は、吸入空気などの被測定流体が流れる主流流管１内に挿入配置される素子収納部２と、主流流管１の外側に配置される回路収納部３とを有し、回路収納部３には後述の制御ユニット（ＥＣＵ）４０を電気的に接続するためのコネクタ部４が一体に設けられている。主流流管１の下流側は図示しないスロットルボディへの配管に接続されている。

【００２７】

素子収納部２は、流入側から流出側に向けて次第に縮径された検出流管６を備え、この検出流管６の内部にホルダ７を介して検出素子８が固定されている。この場合、検出素子８の表面はホルダ７とほぼ面一になるように設けられている。一方、回路収納部３の内部には後述の検出回路部３０が収納されている。

【００２８】

上記の検出素子８は、図３に示すように、シリコン基板９の表面側の上下に絶縁膜を介して発熱抵抗体１２と感温抵抗体１３とが共に形成されている。また、両抵抗体１２，１３の熱容量を下げるために、シリコン基板９各抵抗体１２，１３を形成した位置の裏面側の一部はエッチングにより除去されて数μｍの厚みをもつダイアフラム１４，１５が形成されている。

【００２９】

ここで、上記の発熱抵抗体１２および感温抵抗体１３は、共に抵抗値が温度によって変化する例えば白金薄膜からなり、各抵抗体１２，１３はリード１２ａ，１３ａを介してシリコン基板９の末端部まで引き出されている。これらの各抵抗体１２，１３は、蒸着、スパッタリング等でシリコン基板９上に絶縁膜を介して例えば０．２μｍ程度の膜厚で着膜し、その後パターニングして形成されている。また、各抵抗体１２，１３の上には絶縁膜からなる保護膜がスパッタリング等で形成されている。さらに、各リード１２ａ，１３ａの端部は、保護膜の一部が除去、開口されて電極部１２ｂ，１３ｂが形成されており、これらの電極部１２ｂ，１３ｂにより外部との電気的接続を可能にしている。

【００３０】

図４はこの実施の形態１の流量検出装置の全体構成を示す回路図である。

同図において、３０は回路収納部３の内部に設けられた検出回路部、４０はこの検出回路部３０の出力信号に基づいて吸入空気などの被測定流体の流量を決定して例えばエンジン

の燃焼時の噴射量等を制御する制御ユニット（ＥＣＵ）であり、両者３０，４０は前述のコネクタ部４を介して互いに電気的に接続されている。

【００３１】

上記の検出回路部３０は、流量検出手段５０と利得補償手段６０とからなる。この実施の形態１において、流量検出手段５０は、前述の検出素子８の発熱抵抗体１２と感温抵抗体１３とを有するとともに、３つの固定抵抗１９，２０，２１を備え、これらの抵抗１２，１３，１９，２０，２１によってブリッジ回路が構成されている。また、このブリッジ回路の出力を差動増幅する差動増幅器Ａ１、および電流制御用のトランジスタＴｒによって発熱抵抗体１２の温度を一定に保つためのフィードバック系が構成されている。さらに、ブリッジ回路を構成する発熱抵抗体１２と固定抵抗２０との接続中点には、固定抵抗２０により生じる電圧を入力とする演算増幅器Ａ２が接続されている。

【００３２】

この流量検出手段５０において、発熱抵抗体１２は、感温抵抗体１３よりも一定温度高くなるように制御されており、吸入空気等の被測定流体の流れによって発熱抵抗体１２が冷やされると、これに伴い、差動増幅器Ａ１の出力によりトランジスタＴｒのベース電流が変化し、これに応じて発熱抵抗体１２に供給される加熱電流が増加し、これが流量の関数となる。したがって、この発熱抵抗体１２に直列接続されている固定抵抗２０により生じる電圧が加わる演算増幅器Ａ２の出力が流量検出信号Ｓｆとして得られる構成となっている。

【００３３】

一方、利得補償手段６０は、演算増幅器Ａ３と、この演算増幅器Ａ３の非反転入力端子に接続された抵抗Ｒ０と、演算増幅器Ａ３の後段側に接続された周波数特性設定用のコンデンサＣと、抵抗Ｒ０、演算増幅器Ａ３およびコンデンサＣからなる直列回路に対して並列に接続されたバイパス用の抵抗Ｒ１と、演算増幅器Ａ３の反転入力端子に接続された所定周波数域での交流利得設定用の固定抵抗Ｒ２，Ｒ３とから構成されている。

【００３４】

前述のごとく、感温抵抗体１３を配した検出流管６の過渡特性に起因したリーン化誤差は、感温抵抗体１３の熱時定数によって決まる周波数ｆ１Ｂ（図５参照）よりも低い周波数領域において生じる。

【００３５】

そこで、利得補償手段６０において、過渡特性に起因したリーン化誤差を確実に補償するための利得Ｇ３が得られる周波数ｆ２Ａを、エンジン脈動周波数の最低周波数近傍になるように設定する。例えば、４気筒エンジンの場合、アイドリング状態での脈動流の最低周波数は１０～２０Ｈｚとなる。この場合、流量検出信号Ｓｆに対する交流利得Ｇ３は、検出流管６の過渡特性および感温抵抗体１３の時定数等に依存するが、１．０５～１．３の範囲内に設定するのが望ましい。その理由は、交流利得Ｇ３を大きくし過ぎると、利得補償手段６０の出力信号の変動が大きくなり、また、急加速時に流量信号が実流量よりも大きくなって、制御ユニット４０の入力可能範囲の最大値を超えてしまうことがある一方、交流利得Ｇ３が小さ過ぎると利得補償手段６０による補償効果が現れないからである。なお、検出流管の過渡特性が問題にならない周波数ｆ１Ａ以下の場合にはリーン化誤差は極めて小さいので直流利得Ｇ１＝１のままでよい。

【００３６】

以上の観点から、利得補償手段６０における各所定周波数、利得、および回路定数の関係は次のようにして設定される。

$f1A = 1 / \{2\pi CR1\}$

$f2A = 1 / \{2\pi CR1 \cdot (1 + R3 / R2)\}$

$G1 = 1$

$G3 = 1 + (R3 / R2)$

【００３７】

図５において、符号Ｔｉで示す曲線は、この実施の形態１における利得補償手段６０の周

波数特性を示している。なお、符号Ｔｏで示す曲線は従来技術２の利得補償手段の周波数特性である。ｆ１Ａ近傍が前述した検出流管６の過渡特性で決まる周波数に相当し、ｆ２Ａがエンジン脈動周波数の最低周波数に相当し、ｆ１Ｂが感温抵抗体の熱時定数に相当する周波数に相当する。エンジン脈動周波数の最低周波数ｆ２Ａ以上では、利得Ｇ３は周波数によらずほぼ一定となっている。このように、この実施の形態１の流量検出装置において、利得補償手段６０の周波数特性は、従来よりも低い周波数から利得を増大させた特性を示している。

【００３８】

制御ユニット４０は、メモリ４１を備えており、このメモリ４１には、図６に示すように、利得補償手段６０から出力される流量検出信号Ｓｆｃと流量Ｑとの関係を定義した特性曲線Ｕが予め記憶されている。ここで、流量Ｑに対する流量検出手段Ｓｆｃの関係は、非線形な特性となっている。

【００３９】

そして、利得補償手段６０から出力される流量検出信号Ｓｆｃは、制御ユニット４０により、その内部のメモリ４１に予め記憶されている特性曲線Ｕを用いて逐次、流量に変換され、さらに、この流量の平均値Ｑａｖが算出されるようになっている。

【００４０】

次に、上記構成の流量検出装置の流量検出動作について説明する。

吸入空気等の被測定流体の流れによって発熱抵抗体１２が冷やされると、差動増幅器Ａ１の出力によってトランジスタＴｒのベース電流が変化し、これに応じて発熱抵抗体６に供給される加熱電流が増加する。そして、この発熱抵抗体１２に直列接続されている固定抵抗２０により生じる電圧が演算増幅器Ａ２に入力され、この電圧が演算増幅器Ａ２で増幅されて流量検出信号Ｓｆとして出力される。

【００４１】

ここで、図５において、検出流管６内でｆ２Ａからｆ１Ｂ間の周波数で流量が脈動していた場合について着目する。

従来技術２の装置では、ｆ１Ｂの周波数以下では流量演算回路からの流量検出信号Ｓｆは利得補償手段で何ら増幅されずそのまま出力される。このため、図６に示すように、流量検出信号Ｓｆは、検出流管６の過渡特性が原因となって、脈動振幅が低流量側にドリフトする。その結果、制御ユニット４０のメモリ４１に予め登録されている特性曲線Ｕを用いて流量変換した流量信号Ｑ２の平均値Ｑａｖ２は実際の平均流量Ｑａｖよりも小さくなる。

【００４２】

一方、この実施の形態１の流量検出装置の場合、上述した脈動流に対して、流量検出手段５０から出力される流量検出信号Ｓｆは、利得補償手段６０によって予め定められた一定の利得Ｇ３で増幅される。このため、利得補償手段６０から増幅出力される流量検出信号Ｓｆｃを制御ユニット４０のメモリ４１に予め登録されている特性曲線Ｕを用いて流量変換した流量信号Ｑ１は、従来技術２の場合に得られる流量信号Ｑ２よりも振幅が拡大される。つまり、特性曲線Ｕは非線形性を示すために、流量検出信号Ｓｆｃを流量変換して得られる流量信号Ｑ１は、大流量側に一層振幅が拡大されて平均流量Ｑａｖ１が増大する。したがって、利得補償後の流量検出信号Ｓｆｃに基づいて得られる平均流量Ｑａｖ１は、実際の平均流量Ｑａｖに近い値となる。

【００４３】

このように、従来は感温抵抗体の熱時定数に対応した周波数ｆ１Ｂよりも低い周波数領域の脈動流に対しては、一定の利得Ｇ１で増幅していたために、信号振幅が小さく平均流量が少なくなってリーン化誤差が大きくなっていたの対して、この実施の形態１の装置は、一定の利得Ｇ３ではあるが、Ｇ３＞Ｇ１であるため、信号振幅が大きくなって平均流量が実際値に近くなりリーン化誤差が小さくなる。しかも、所定周波数ｆ２Ａよりも十分に高い周波数を持った流量検出信号Ｓｆに対しては、ほぼ一定の利得Ｇ３で増幅するので、流量の検出には殆ど影響を与えない高周波側の流量検出信号Ｓｆを必要以上に増幅すること

がなくなる。

【００４４】

この実施の形態１における利得補償手段６０の作用は、図７を用いれば次のように言い換えることができる。流量検出装置で得られる脈動時の平均流量は、理想的には符号Ｃａで示す実際の流量と同じになることが望ましいが、上述したように、従来装置においては、過渡特性等やその他の要因によって平均流量は符号Ｃｂで示す曲線のようになり、リーン化誤差Δｌが生じる。そこで、この実施の形態１では、熱式流量検出装置で得られる平均流量を符号Ｃｃで示すように上方に立ち上がるように利得補償手段６０において補償していることになる。これにより、低周波数から高周波数まで広い脈動周波数にわたって流量検出精度を高めることができる。

【００４５】

なお、ここでは、脈動時において検出流管６と主流流管１の流速比率が変化するという過渡特性に起因してリーン化誤差が生じる場合について説明したが、検出素子８の形状や発熱抵抗体１２の位置やサイズ等に依存して同様なリーン化誤差が生じることが有る。したがって、このような場合にも上述した利得補償手段６０を設けることにより、リーン化誤差を低減することが可能である。

【００４６】

実施の形態２.

図８はこの実施の形態２における検出素子の構成を示す平面図、図９はこの実施の形態２の流量検出装置の全体構成を示す回路図であり、図１ないし図４に示した実施の形態１と対応する構成部分には同一の符号を付す。

【００４７】

この実施の形態２において、検出素子８は、シリコン基板９上の表面側に絶縁膜を介して上下に発熱抵抗体１２と感温抵抗体１３とが共に形成され、さらに、発熱抵抗体１２を前後に挟んで第１、第２の感温抵抗体１７，１８が隣接して形成されている。この場合、図中矢印で示すように、被測定流体の流れる方向に対して、第１の感温抵抗体１７は発熱抵抗体１２の上流側に、また、第２感温抵抗体１８は発熱抵抗体１２の下流側にそれぞれ位置するように配置されている。そして、各抵抗体１２，１３，１７，１８の熱容量を下げるために、シリコン基板９には、各抵抗体１２，１３，１７，１８を形成した位置の裏面側にダイアフラム１４，１５が形成されている。

【００４８】

これらの各抵抗体１２，１３，１７，１８はいずれも抵抗値が温度によって変化する例えば白金薄膜からなるもので、各抵抗体１２，１３，１７，１８は、リード１２ａ，１３ａ，１７ａ，１８ａを介してシリコン基板９の末端部まで引き出され、各リード１２ａ，１３ａ，１７ａ，１８ａの端部分は保護膜の一部が除去されて外部端子接続用の電極部１２ｂ，１３ｂ，１７ｂ，１８ｂが形成されている。

この検出素子８のその他の構成は実施の形態１の場合と同じであるから、詳しい説明は省略する。

【００４９】

また、この実施の形態２において、回路収納部３の内部に収納された検出回路部３０は、図９に示すように、流量検出手段５０と利得補償手段６０とからなる。そして、流量検出手段５０は、温度差検出手段７０Ａと定温度制御手段８０とを備えている。

【００５０】

温度差検出手段７０は、前述の検出素子８に設けられた第１、第２の感温抵抗体１７，１８を有するとともに、２つの固定抵抗２２，２３を備え、これらの抵抗１７，１８，２２，２３によってブリッジ回路が構成されている。また、このブリッジ回路の出力を差動増幅する差動増幅器Ａ４が設けられている。

【００５１】

そして、被測定流体の流れによって図８に示した発熱抵抗体１２を挟む上流側と下流側の第１、第２の感温抵抗体１７，１８間に生じる温度差を各固定抵抗２２，２３で電圧に変

換した後、差動増幅器Ａ４で両電圧の差を増幅することにより流量検出信号Ｓｆを得る構成となっている。

【００５２】

また、定温度制御手段８０は、実施の形態１の流量検出手段５０の構成から演算増幅器Ａ２が省かれている点を除けば類似した構成になっている。すなわち、この定温度制御手段８０は、前述の検出素子８の発熱抵抗体１２と感温抵抗体１３、および３つの固定抵抗１９，２０，２１によってブリッジ回路が構成されている。また、このブリッジ回路の出力を差動増幅する差動増幅器Ａ１、および電流制御用のトランジスタＴｒによって発熱抵抗体１２の温度を一定に保つためのフィードバック系が構成されている。

【００５３】

したがって、定温度制御手段８０において、吸入空気等の被測定流体の流れによって発熱抵抗体１２が冷やされると、これに伴い、差動増幅器Ａ１の出力によりトランジスタＴｒのベース電流が変化し、これに応じて発熱抵抗体１２に供給される加熱電流が増加して、発熱抵抗体１２の温度が一定に保たれるように制御される。

【００５４】

なお、利得補償手段６０、制御ユニット４０、およびメモリ４１の構成は、実施の形態１の場合と基本的に同じであり、また、利得補償手段６０の回路定数の設定条件等も実施の形態１の場合と同様であるから、ここでは詳しい説明は省略する。

【００５５】

次に、この実施の形態２における流量検出装置の流量検出動作について説明する。

温度差検出手段７０において、図８の矢印で示す方向から被測定流体の流れがあったときには、発熱抵抗体１２の上流側に位置する第１の温度検出抵抗１７が冷却されて温度が下がるのに対して、発熱抵抗体１２の下流側に位置する第２の感温抵抗体１８は、発熱抵抗体１２からの熱を受けるためにさほど温度が下がらず、このため、２つの感温抵抗体１７，１８の間に温度差が生じる。この温度差は流量が大きくなるほど増大する。

【００５６】

発熱抵抗体１２を挟む上流側と下流側の第１、第２の感温抵抗体１７，１８間に生じる温度差による電流変化は、各固定抵抗２２，２３によって電圧に変換される。そして、両電圧の差が差動増幅器Ａ４で増幅されて流量検出信号Ｓｆとして取り出される。

【００５７】

なお、温度差検出手段７０から出力された後の流量検出信号Ｓｆに対する利得補償手段６０の動作や、制御ユニット４０における信号処理の動作は、実施の形態１と同じであるので、ここでは詳しい説明は省略する。

【００５８】

したがって、この実施の形態２の流量検出装置においても、前記の実施の形態１の場合と同様に、第１、第２感温抵抗体１７，１８の熱時定数によって決まる周波数ｆ１Ｂよりも低い周波数を有する脈動流が生じた場合にも流量を正確に検出することができ、リーン化誤差を低減することができる。

【００５９】

しかも、この実施の形態２では、温度差検出手段７０において、発熱抵抗体１２の前後に第１、第２の感温抵抗体１７，１８を配置し、その電圧差を差動増幅器Ａ４で検出して流量検出信号Ｓｆを得ているので、逆流を伴う脈動流に対しても精度良く流量を検出することができる。

【００６０】

実施の形態３.

図１０はこの実施の形態３における流量検出装置の全体構成を示す回路図であり、図９に示した実施の形態２と対応する構成部分には同一の符号を付す。

【００６１】

この実施の形態３において、検出流管６の内部に固定される検出素子８の構成は、図８に示した実施の形態２のものと同じである。一方、この実施の形態３において、検出回路部

３０は、定温度制御手段８０、温度検出手段９０、および流量演算手段１００により構成されている。

【００６２】

定温度制御手段８０は、発熱抵抗体１２の温度を一定に保持するためのもので、その構成および動作は図９に示した実施の形態２の場合と同様であるので、詳しい説明は省略する。

【００６３】

温度検出手段９０は、被測定流体内に配置された発熱抵抗体１２の上流側と下流側にそれぞれ設けられた第１、第２感温抵抗体１７，１８の温度を個別に検出するもので、第１、第２の定電流回路ＣＣ１，ＣＣ２、第１、第２の各感温抵抗体１７，１８、および第１、第２の演算増幅器Ａ５，Ａ６を備える。

【００６４】

そして、第１、第２の定電流回路ＣＣ１，ＣＣ２に対して個別に第１、第２の感温抵抗体１７，１８が接続され、また、第１定電流回路ＣＣ１と第１感温抵抗体１７との接続中点に第１演算増幅器Ａ５の非反転入力端子が接続され、第１演算増幅器Ａ５の出力端子と反転入力端子との間が帰還抵抗２４で接続されている。同様に、第２定電流回路ＣＣ２と第２感温抵抗体１８との接続中点に第２演算増幅器Ａ６の非反転入力端子が接続され、第２演算増幅器Ａ６の出力端子と反転入力端子との間が帰還抵抗２５で接続されている。

【００６５】

これにより、第１演算増幅器Ａ５は、第１感温抵抗体１７の抵抗変化に応じた電圧を増幅して第１の温度検出信号Ｓ１１として出力し、また、第２演算増幅器Ａ６は第２感温抵抗体１８の抵抗変化に応じた電圧を増幅して第２の温度検出信号Ｓ２１として出力するように構成されている。

【００６６】

ここで、第１、第２の感温抵抗体１７，１８は、流量が零の場合にはほぼ同じ温度になるが、図１１に示すように、予め第２演算増幅器Ａ６のオフセット電圧を調整することにより、流量が零の場合でも第２温度検出信号Ｓ２１の出力が第１温度検出信号Ｓ１１よりも一定電圧ΔＥだけ高くなるように設定している。これにより、後述の流量演算手段１００から出力される流量検出信号Ｓｆｃが逆流領域も含めて流量に対して単調増加の特性を示すようになる。このため、脈動波の正流方向だけでなく逆流方向の検出も可能となる。

【００６７】

流量演算手段１００は、温度検出手段９０の第１感温抵抗体１７に対応した第１演算増幅器Ａ５から出力される第１温度検出信号Ｓ１１の位相を進めて増幅する第１の位相補償手段６１と、第２感温抵抗体１８に対応した第２演算増幅器Ａ６から出力される第２温度検出信号Ｓ２１の位相を進めて増幅する第２の位相補償手段６２と、両位相補償手段６１，６２の出力信号Ｓ１２，Ｓ２２の差を流量検出信号Ｓｆｃとして出力する差動増幅器Ａ７とからなる。

【００６８】

ここで、第１、第２の位相補償手段６１，６２の構成は、実施の形態１，２において説明した利得補償手段６０と同じである。そして、第１、第２の位相補償手段６１，６２の回路定数の設定条件等も実施の形態１，２の利得補償手段６０の場合と同様であるから、ここでは詳しい説明は省略する。また、制御ユニット４０、およびメモリ４１の構成は、実施の形態１，２の場合と基本的に同じであるので、詳しい説明は省略する。

【００６９】

次に、この実施の形態３の流量検出装置における流量検出動作について説明する。

温度検出手段９０において、図８の矢印で示す方向から被測定流体の流れがあったときには、発熱抵抗体１２の上流側に位置する第１の温度検出抵抗１７が冷却されて温度が下がるのに対して、発熱抵抗体１２の下流側に位置する第２の感温抵抗体１８は、発熱抵抗体１２からの熱を受けるためにさほど温度が下がらず、このため、２つの感温抵抗体１７，１８の間に温度差が生じ、これに伴って抵抗値も変化する。この変化量は流量が大きくな

るほど増大する。

【００７０】

発熱抵抗体１２を挟む上流側と下流側の第１、第２の感温抵抗体１７，１８の抵抗値変化に伴って生じる各電圧は、第１、第２の演算増幅器Ａ５，Ａ６に個別に加わるため、第１、第２の演算増幅器Ａ５，Ａ６は、この抵抗値変化に比例した電圧を増幅し、これが温度検出信号Ｓ１１，Ｓ２１として取り出される。

【００７１】

第１、第２の位相補償手段６１，６２は、各温度検出信号Ｓ１１，Ｓ１２の位相を進めて増幅し、振幅の拡大した信号Ｓ１２，Ｓ２２を出力する。ここで、温度検出手段９０から出力された後の各温度検出信号Ｓ１１，Ｓ２１に対する第１、第２の位相補償手段６１，６２の具体的な動作は、実施の形態１で説明した利得補償手段６０の場合と同じであるので、詳しい説明は省略する。

【００７２】

第１、第２の位相補償手段６１，６２から出力された信号Ｓ１２，Ｓ２２は、共に差動増幅器Ａ７に加わるため、差動増幅器Ａ７は、両位相補償手段６１，６２の出力信号Ｓ１２，Ｓ２２の差をとって流量検出信号Ｓｆｃとして出力する。この流量検出信号Ｓｆｃは、図１１に示したように単純増加性を示すので、脈動波の正流方向だけでなく逆流方向の検出も可能である。

【００７３】

なお、流量演算手段１００の差動増幅器Ａ７から出力された後の温度検出信号Ｓｆｃに対する制御ユニット４０の信号処理の動作は、実施の形態１，２と同じであるので、ここでは詳しい説明は省略する。

【００７４】

図１２は、この実施の形態３の流量検出装置において、脈動流が生じている場合に各部で得られる信号波形を示す特性図である。

制御ユニット４０のメモリ４１に記憶されている特性曲線Ｕ（図６参照）に基づいて変換した流量信号Ｑが、例えば同図（ｂ）に示すような脈動流を伴う波形であるとしたとき、温度検出手段９０から出力される第１、第２の温度検出信号Ｓ１１，Ｓ２１、および流量演算手段１００から出力される流量検出信号Ｓｆｃの各波形は、同図（ａ）に示すようになっている。

【００７５】

すなわち、第１位相補償手段６１の出力信号Ｓ１２は、第１温度検出信号Ｓ１１の位相遅れを補償した信号であり、また、第２位相補償手段６２の出力信号Ｓ２２は、第２温度検出信号Ｓ２１の位相遅れを補償した信号である。第１、第２のいずれの位相補償手段６１，６２の出力信号Ｓ１２，Ｓ２２も温度検出信号Ｓ１１，Ｓ２１の位相を進め、かつ、振幅を拡大した信号となるため、第１、第２感温抵抗体１７，１８の時定数を小さくしたのと同様な信号が得られている。

【００７６】

つまり、この実施の形態３では、流量が所定周波数ｆ２Ａよりも高い周波数で脈動する時は、脈動周波数に応じて、温度検出信号Ｓ１２，Ｓ２２の位相が進むと同時に出力振幅が大きくなるので、見掛け上、第１、第２感温抵抗体１７，１８の時定数が小さくなり、逆流を伴う脈動流に対して温度検出信号Ｓｆｃの応答性が高くなる。したがって、制御ユニット４０において、この温度検出信号Ｓｆｃをメモリ４１の特性曲線Ｕを用いて流量信号に変換したときには、実際の流量変化に追従した流量信号Ｑが得られる。このため、検出精度が大幅に改善される。

【００７７】

なお、図１２（ａ）において、Ｓｆｏは第１、第２の位相補償手段６１，６２を使用しない場合に得られる流量検出信号であり、また、図１０（ｂ）のＱｏは制御ユニット４０において、この温度検出信号Ｓｆｏをメモリ４１の特性曲線Ｕを用いて変換したときの流量信号である。このように、位相補償手段６１，６２を使用しないときには、実際の流量変

動Ｑに対して平均流量は低くなり、また、遅れにより逆流検出もできていないことが分かる。

【００７８】

【発明の効果】

請求項１記載の発明に係る流量検出装置は、検出流管や流量検出素子等の周囲の流れ特性に起因して流量検出信号の平均値が低下するような所定の周波数領域においては、流量検出信号を脈動がない定常流の場合の利得より高い一定の利得で増幅するので、位相が進むと同時に利得補償手段の出力振幅が大きくなる。その結果、流量特性の非線形性により平均検出流量が増大し、実際の平均流量に近い流量信号が得られる。このため、被測定流体が脈動した場合であっても平均流量信号のリーン化誤差が低減され、被測定流体の流量を正確に検出できるようになる。

【００７９】

請求項２記載の発明に係る流量検出装置は、温度差検出手段によって発熱抵抗体の上下流にそれぞれ配置した感温抵抗体で得られる温度の差を検出するので脈動波の逆流時の検出も可能となる。また、利得補償手段は、温度差検出手段からの温度差検出信号を流量検出信号として入力し、当該信号の位相を進めるので、見掛け上、応答性が速くなり、しかも、流量検出信号を脈動がない定常流の場合の利得より高い一定の利得で増幅するので、平均検出流量が増大し、実際の平均流量に近い流量信号が得られる。このため、請求項１の場合と同様に、被測定流体が脈動した場合であっても平均流量信号のリーン化誤差が低減され、被測定流体の流量を正確に検出できるようになる。

【００８０】

また、請求項３記載の発明に係る流量検出装置は、発熱抵抗体の上下流にそれぞれ配置した感温抵抗体の温度検出信号の位相をそれぞれ進めることで、見掛け上、応答性が速くなり、しかも、脈動波の逆流時の検出も可能となる。このため、感温抵抗体の温度差から演算した流量信号は実際の脈動波形により一層近づくために、検出精度がさらに向上する。しかも、流量検出装置は、位相補償手段が請求項１、２の発明と同じ利得補償手段で構成されているので、請求項１，２記載した発明の効果を同時に奏することができる。

【００８２】

請求項４記載の発明に係る流量検出装置は、請求項１、２、３の効果に加えて、利得補償手段の利得範囲を適切に設定することで、流量検出信号に対して確実な利得補償が行われるとともに、流量検出信号を必要以上に増幅することがない。このため、低周波域から高周波域までの広い範囲の脈動周波数にわたって流量の検出精度を確保することができる。

【００８３】

請求項５記載の発明に係る流量検出装置は、利得補償手段を比較的簡単な構成で、かつ安価に実現することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明の実施の形態１に係る流量検出装置の一部を切断して示す正面図である。

【図２】　同装置の側面図である。

【図３】　本発明の実施の形態１に係る検出素子の平面図である。

【図４】　本発明の実施の形態１に係る流量検出装置の全体構成を示す回路図である。

【図５】　本発明に係る利得補償手段の周波数特性を示す図である。

【図６】　脈動流に対する流量と検出信号との関係を示す特性図である。

【図７】　スロットルバルブ開度に応じたインテークマニホールドの圧力と検出流量の平均値との関係を示す特性図である。

【図８】　本発明の実施の形態２，３に係る検出素子の平面図である。

【図９】　本発明の実施の形態２に係る流量検出装置の全体構成を示す回路図である。

【図１０】　本発明の実施の形態３に係る流量検出装置の全体構成を示す回路図である。

【図１１】　本発明の実施の形態３における流量検出装置における流量特性を示す図であ

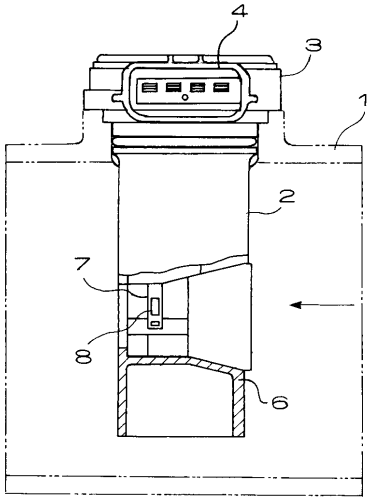
る。

【図１２】　本発明の実施の形態３の流量検出装置において、脈動流が生じている場合の各部で得られる信号波形を示す特性図である。

【符号の説明】

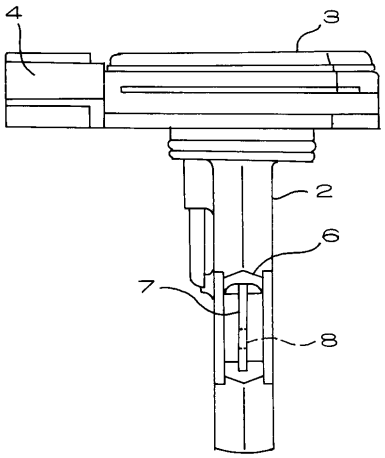
１　主流流管、６　検出流管、８　検出素子、１２　発熱抵抗体、１３　感温抵抗体、１７　第１の感温抵抗体、１８　第２の感温抵抗体、３０　検出回路部、４０　制御ユニット、４１　メモリ、５０　流量検出手段、６０　利得補償手段、６１　第１の位相補償手段、６２　第２の位相補償手段、７０　温度差検出手段、８０　定温度制御手段、９０　温度検出手段、１００　流量演算手段、Ａ３　演算増幅器、Ｃ　コンデンサ、Ｒ１　バイパス用の抵抗、Ｒ２，Ｒ３　交流利得設定用の抵抗、Ａ７　差動増幅器、Ｓｆ　流量検出信号、Ｓｆｃ　利得補償後の流量検出信号、Ｓ１１，Ｓ２１　温度検出信号、Ｓ２１，Ｓ２２　位相補償後の温度検出信号。

【図１】

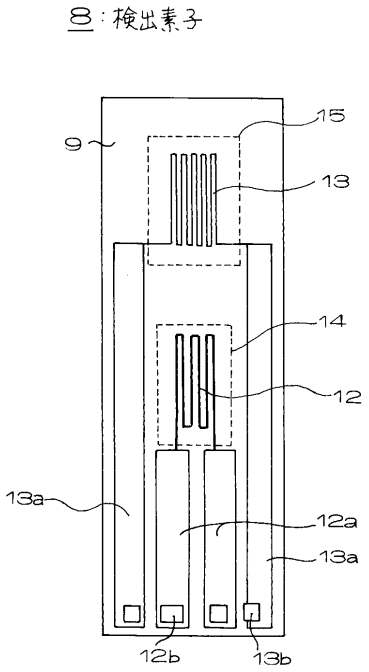



8:検出素子

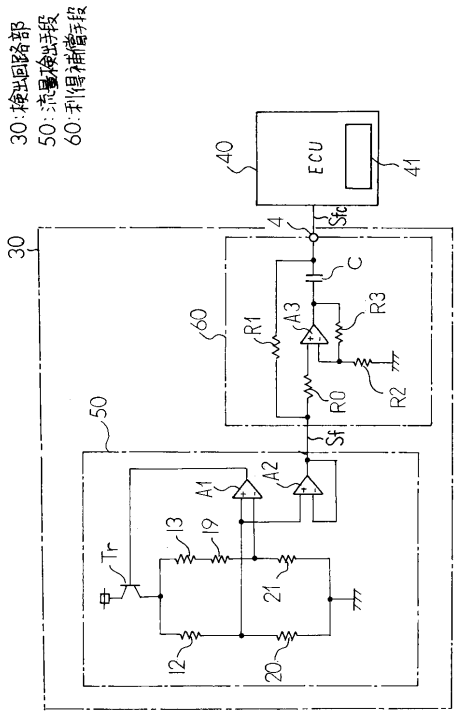
【図２】



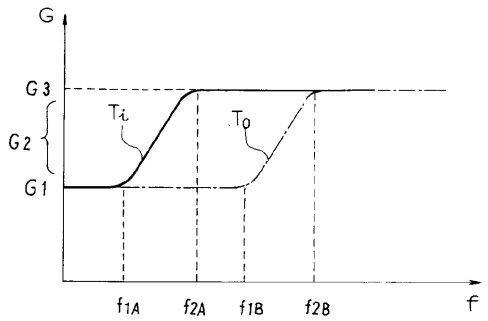
【図３】


8：検出素子
9
15
13
14
12
13a
12a
13a
12b
13b

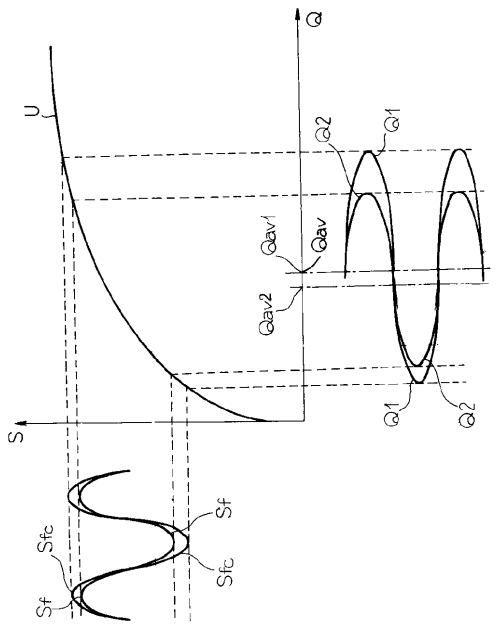
【図４】


30：検出回路部
50：流量検出手段
60：利得補償手段
40
ECU
41
4
Sfc
30
C
60
R1
A3
R3
R0
R2
50
Sf
A2
A1
13
19
Tr
21
12
20

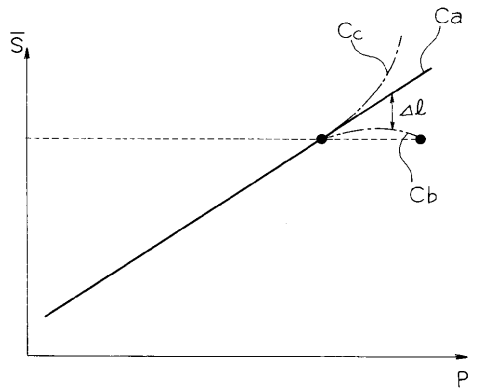
【図５】


G
G3
G2
G1
Ti
To
f1A
f2A
f1B
f2B
f

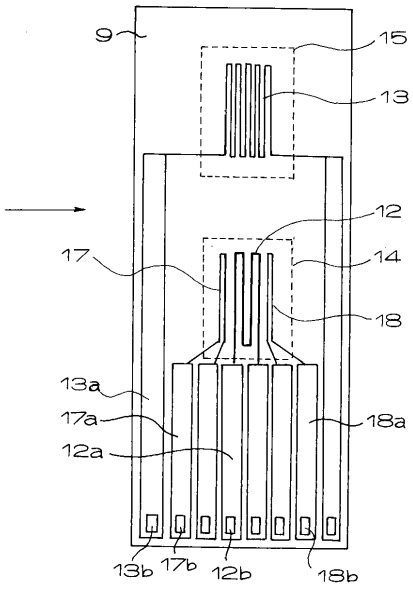
【図６】


Q
U
Q2
Q1
Qav1
Qav
Qav2
S
Q1
Q2
Sf
Sfc
Sfc
Sf

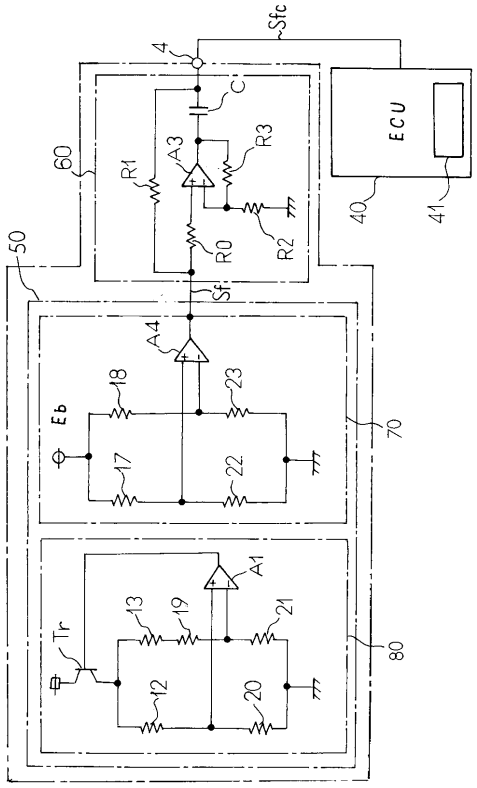
【図７】


SI
Cc
Ca
Δℓ
Cb
P

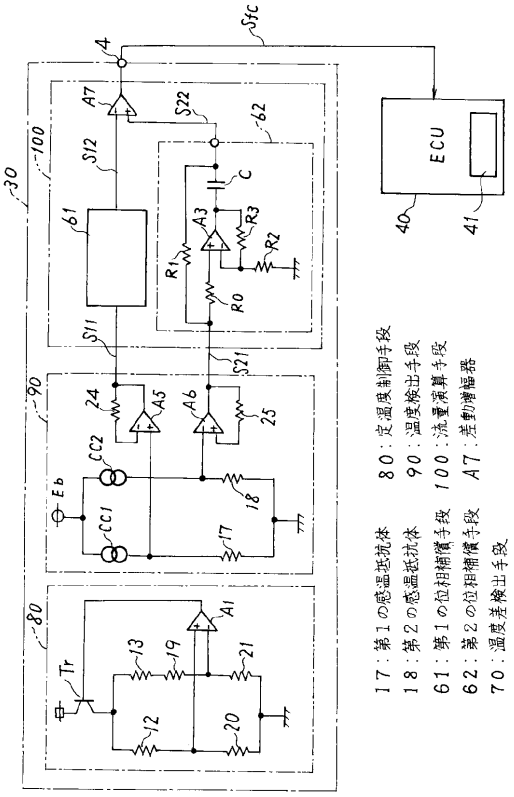
【図８】


9
15
13
12
14
17
18
13a
17a
12a
18a
13b
17b
12b
18b

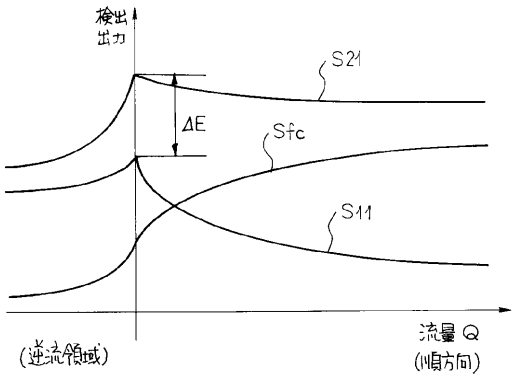
【図９】


Sfc
4
C
A3
R3
R1
R0
R2
60
ECU
40
41
50
Sf
A4
18
23
Eb
17
22
70
A1
Tr
13
19
21
12
20
80

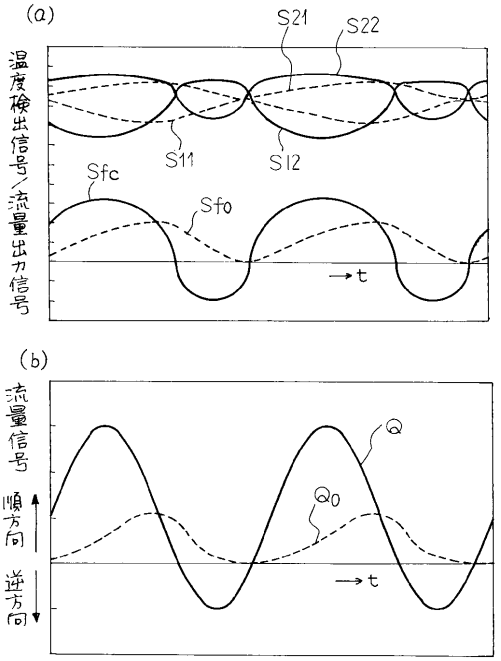
【図１０】


Sfc
4
A7
S22
62
100
S12
30
61
C
A3
R3
R1
R0
R2
ECU
40
41
S11
S21
90
24
A5
A6
25
CC2
CC1
Eb
18
17
80
A1
Tr
13
19
21
12
20
17：第１の感温感抗体　80：定温度制御手段
18：第２の感温感抗体　90：温度検出手段
61：第１の位相補償手段　100：流量演算手段
62：第２の位相補償手段　A7：差動増幅器
70：温度差検出手段

【図１１】


検出出力
S21
ΔE
Sfc
S11
流量 Q
(逆流領域)
(順方向)

【図１２】


(a)
S21
S22
温度検出信号/流量出力信号
S11
S12
Sfc
Sf0
t
(b)
流量信号
Q
Q0
順方向
逆方向
t

フロントページの続き

(72)発明者　谷口　真司
東京都千代田区大手町二丁目６番２号　三菱電機エンジニアリング株式会社内
(72)発明者　山川　智也
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　遠山　隆二
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内

審査官　森口　正治

(56)参考文献　特開２０００－２０５９１５（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－１４５７５４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.$^{7}$，ＤＢ名)
G01F　1/00-9/02