

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3577902号
(P3577902)

(45) 発行日 平成16年10月20日(2004.10.20)

(24) 登録日 平成16年7月23日(2004.7.23)

(51) Int. Cl.⁷

F I

GO 1 P 5/12

GO 1 P 5/12

C

GO 1 F 1/68

GO 1 F 1/68

請求項の数 6 (全 20 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平9-215076 (22) 出願日 平成9年8月8日(1997.8.8) (65) 公開番号 特開平11-51954 (43) 公開日 平成11年2月26日(1999.2.26) 審査請求日 平成14年7月8日(2002.7.8)</p>	<p>(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 100102439 弁理士 宮田 金雄 (74) 代理人 100092462 弁理士 高瀬 彌平 (72) 発明者 有吉 雄二 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 (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 審査官 白石 光男</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱式流速センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、前記発熱部の極めて近傍に設けられた第3の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に前記上流側温度検出部、下流側温度検出部、および第3の温度検出部との間に生じる温度差から流速を検出するようにしたことを特徴とする熱式流速センサ。

【請求項2】

薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、発熱部の上流側近傍に設けられた第4の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記温度差信号に増幅を施す際に、その利得を前記第4の温度検出部の抵抗値によって変化させることを特徴とする熱式流速センサ。

【請求項3】

薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形

成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、発熱部の上流側近傍に設けられた第4の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記上流側、および下流側温度検出部の温度を検出するために流す電流値を前記第4の温度検出部の抵抗値によって変化させることを特徴とする熱式流速センサ。

【請求項4】

薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、発熱部の上流側近傍に設けられた第4の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記温度差信号に加えるバイアス信号を前記第4の温度検出部の抵抗値によって変化させることを特徴とする熱式流速センサ。

10

【請求項5】

薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、発熱部の上流側および下流側にそれぞれ設けられた第4および第5の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記第4、第5の温度検出部の抵抗値を用いて流速以外の原因による請求項2から4に記載の利得、電流、バイアス信号の変動を相殺することを特徴とする熱式流速センサ。

20

【請求項6】

薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記発熱部と温度検出部を前記薄肉部上の空気の流れに対して下流側に偏った位置に配置することを特徴とする熱式流速センサ。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば自動車のエンジン制御や空調機器など、空気等流体の流速計測が必要な場所に使用される流速センサに関し、特にその検出感度向上および測定可能流速範囲の拡大に関するものである。

40

【0002】

【従来の技術】

図27は例えば特公平5-7659号公報に示された従来の熱式流速センサ(従来例1)の要部断面図であり、図28はその上面図である。図において、1はシリコン基板、2はこのシリコン基板1にエッチングにより形成された空気スペース、3、4はこの空気スペース2上に架橋された薄膜部材すなわち薄肉部、5はヒーター、6、7はそれぞれ上流側および下流側熱感知センサ、8は周囲の空気の温度をモニタする比較抵抗である。上流側および下流側熱感知センサ6、7はヒーター5を挟んで対称な位置に配されている。ヒーター5および熱感知センサ6、7は、例えば窒化シリコンからなる薄膜の絶縁層9、10により包まれて薄肉部3、4を形成している。

50

【 0 0 0 3 】

この従来の熱式流速センサの基本的な動作について説明する。図 2 8 において、ヒーター 5 はシリコン基板 1 の温度より 2 0 0 高くなる温度に加熱されている。シリコン基板 1 の温度は周囲の空気の温度とほとんど同じであり、比較抵抗 8 により測定される。空気の流れがないときには、熱感知センサ 6 , 7 は、ヒーター 5 の熱により、平均で約 1 4 0 に熱せられる。すなわち、熱感知センサ 6 , 7 はヒーター 5 に対して正確に対称に配置されているので、空気の流速が 0 のときにはこの 2 つのセンサの温度は同一になり、熱感知センサ 6 , 7 の抵抗値に差は生じない。従って、この 2 つの熱感知センサ 6 , 7 に微小測定電流を流しても電圧の差は発生しない。

【 0 0 0 4 】

空気の流れがあるときには、上流側に位置する熱感知センサ 6 はヒーター 5 へ向かう空気の流れにより熱が運び去られるため冷やされ、一方、下流側に位置する熱感知センサ 7 はヒーター 5 からの空気の流れによって熱せられることになる。図 2 9 に熱感知センサ 6 , 7 の温度の流速依存性を示す。流速が速くなるにつれて、上流側の熱感知センサ 6 の温度は低下し、下流側の熱感知センサ 7 の温度は上昇している。これによって生ずる熱感知センサ 6 , 7 の間の抵抗値の差が電圧値の差をもたらす、この電位差から流速が測定される。この 2 つの熱感知センサの温度差を縦軸にとったグラフを図 3 0 に示す。流速（横軸）と温度差（縦軸）が一对一に対応しており、流速センサとして利用できることが判る。

【 0 0 0 5 】

図 3 1 および図 3 2 にこれらの機能を実現するための回路例を示す。図 3 1 に示された回路はヒーター 5 の温度を制御するためのものであり、図 3 2 に示された回路は熱感知センサ 6 , 7 の間の抵抗値の差に比例する電圧信号を得るためのものである。

【 0 0 0 6 】

図 3 1 に示される温度制御回路は、ヒーター 5 の温度を、比較抵抗 8 によって検出される周囲温度よりも一定温度高く保つためのホイストンブリッジ回路 4 6 により構成される。ホイストンブリッジ回路 4 6 はヒーター 5 と抵抗 4 5 により一辺を、比較抵抗 8 と抵抗 4 7 , 4 8 により他辺を構成している。アンプ 4 9 , 5 0 からなる積分回路は出力の電位を変化させることでブリッジ回路 4 6 がバランスするように動作し、ヒーター 5 によって消費される電力を一定に保つようにする。

【 0 0 0 7 】

図 3 2 に示す回路はヒーター 5 の上流側に位置する熱感知センサ 6 と下流側に位置する熱感知センサ 7 との間の差を検出するためのものである。この回路は、アンプ 7 2 からなる定電流電源部 5 2 と、アンプ 6 6 , 6 8 , 7 0 からなる差動増幅部 5 4 から構成される。定電流電源部 5 2 は、一辺に高インピーダンス抵抗 5 6 , 5 8 と、他辺に零調用可変抵抗 6 0 および熱感知センサ 6 , 7 を有するホイストンブリッジ回路を駆動する。差動増幅部 5 4 の利得は可変抵抗 6 2 により調整される。出力端 6 4 は熱感知センサ 6 , 7 の間の抵抗値の差に比例する出力電圧を出力する。

【 0 0 0 8 】

【 発明が解決しようとする課題 】

このタイプの熱式流速センサを、測定可能流速範囲が広く感度の良いものにするためには、熱感知センサ 6 , 7 の温度が、広い流速範囲にわたって大きく変化することが望ましい。しかし、従来の熱式流速センサでは、流速が 0 の時に下流側の熱感知センサ 7 がすでにヒーター 5 の温度の 6 ~ 7 割近くまで熱せられているため、ヒーター 5 から空気を介して伝達される熱量は少なく、しかも比較的低い流速で飽和温度に達する。図 2 9 を見ると、実際に下流側感温抵抗体 7 の温度変化は小さく、5 m / s 以上ではすでに飽和傾向にあることが判る。

【 0 0 0 9 】

図 3 3 にヒーター 5 および感温抵抗体 6 , 7 における熱の移動を表した模式図を示す。図において、Q 1 はヒーター 5 から空気への熱伝達量、Q 2 はヒーター 5 から薄膜部材を介して上流側熱感知センサ 6 へ伝わる熱伝導量、Q 3 はヒーター 5 から薄膜部材を介して下

10

20

30

40

50

流側熱感知センサ7へ伝わる熱伝導量、Q4は上流側熱感知センサ6から空気への熱伝達量、Q5は空気から下流側熱感知センサ7への熱伝達量である。

【0010】

下流側熱感知センサ7について見ると、Q3とQ5の2つの熱流入が起こっている。このうちQ3は流速には依存せず、流速依存性を持つのはQ5のみである。Q5は熱感知センサ7の上を通過する空気と熱感知センサ7自身との温度差に比例する。流速0のときの熱流入の大半はQ3によると考えてよいが、図29に示したように、この時すでに熱感知センサ7は140℃まで加熱されている。このため、熱感知センサ7と空気との温度差が小さくなり、この温度差に比例するQ5も大きくできない。よって、流れが存在する状態でも熱感知センサ7の温度上昇は小さい。しかも、多少なりとも温度上昇が起これば、空気との温度差はさらに縮小され、飽和状態により近づくことになる。その結果、図30に示したように、流速が増大するとともに上流と下流の熱感知センサ6,7の温度差の変化は小さくなり、感度は低下していく。

10

【0011】

また、上流側熱感知センサ6について言えば、ヒーター5から伝わった熱量Q2の一部がQ4となって空気に伝わる。Q2は空気の流速には依存しないが、Q4は流速が速くなるにつれて増大するので、熱感知センサ6の温度は流速の増大とともに降下する。この場合、Q2の値が大きいほどQ4の変化幅が広くとれ、感度の向上、および測定可能流速範囲の拡大には有利である。図29を見ても、上流側熱感知センサ6の温度は大きな傾きを持って変化している。しかし、例えば自動車のエンジン制御などに使用する場合は、図29に示されている流速範囲(0~2000ft/min=0~10m/sec)では不十分で、少なくとも0~50m/secの測定範囲は必要である。図29の上流側熱感知センサ6の温度変化の勾配を(-40℃)/(10m/sec)と考えれば、流速が50m/secに達するまでに、この温度変化の勾配が徐々に減少していくことは明らかである。その結果、流速が増大するとともに上流側と下流側の熱感知センサ6,7の温度差の変化は小さくなり、感度は低下していく。

20

【0012】

さらに、F. Mayerらの研究(F. Mayer et al : Transducers 95 Eurosensors IX 132-C2 pp. 528-531)によれば、流速が速くなると下流側の熱感知センサ7の温度が低下することが報告されている。この現象は本願発明者の行った実験によっても確認されている(図34)。また、Li Quiらの研究(Li Qui et al : Transducers 95 Eurosensors IX 130-C2 pp. 520-523)によれば、ある流速以上で上下流の熱感知センサ6,7の温度差が低下することが報告されている。これらの報告は、流速が増大すると、出力の2値化(一つの出力に対応する流速ポイントが2つ存在すること)が起こり得ることを示している。これにより、測定可能流速範囲の拡大が制限される。

30

【0013】

このように、従来の温度差を用いた熱式流速センサにおいては、流速が増大するとともに感度が低下し、測定可能流速範囲も大きく取れないという問題点があった。

40

【0014】

本発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、感度を向上できるとともに測定可能流速範囲を拡大できる熱式流速センサを得ることを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の構成による熱式流速センサは、薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、前記発熱部の極めて近傍に設けられた第3の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温

50

度差駆動した時に前記上流側温度検出部、下流側温度検出部、および第3の温度検出部との間に生じる温度差から流速を検出するようにしたものである。

【0016】

本発明の第2の構成による熱式流速センサは、薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、発熱部の上流側近傍に設けられた第4の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記温度差信号に増幅を施す際に、その利得を前記第4の温度検出部の抵抗値によって変化させるようにしたものである。

10

【0017】

本発明の第3の構成による熱式流速センサは、薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、発熱部の上流側近傍に設けられた第4の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記上流側、および下流側温度検出部の温度を検出するために流す電流値を前記第4の温度検出部の抵抗値によって変化させるようにしたものである。

20

【0018】

本発明の第4の構成による熱式流速センサは、薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、発熱部の上流側近傍に設けられた第4の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記温度差信号に加えるバイアス信号を前記第4の温度検出部の抵抗値によって変化させるようにしたものである。

30

【0019】

本発明の第5の構成による熱式流速センサは、薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、発熱部の上流側および下流側にそれぞれ設けられた第4および第5の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記第4、第5の温度検出部の抵抗値を用いて流速以外の原因による請求項2から4に記載の利得、電流、バイアス信号の変動を相殺するようにしたものである。

40

【0020】

本発明の第6の構成による熱式流速センサは、薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記発熱部と温度検出部を前記薄肉部上の空気の流れに対して下流側に偏った位置に配置するようにしたものである。

【0021】

50

【発明の実施の形態】

実施の形態 1 .

以下、本発明の実施の形態を図について説明する。図 1 は本発明の実施の形態 1 を示す上面図、図 2 は図 1 の A - A' 線断面図である。ただし、図 2 の断面図は図 1 の上面図を多少拡大して示しており、これは、以降の同様の A - A' 線断面図においても同じである。図において、1 はシリコン基板、2 はシリコン基板 1 を裏からエッチングして形成した空気スペース、3 は空気スペース 2 上に設けられたダイヤフラム型薄肉部である。5 は発熱部すなわち発熱抵抗体、6, 7 は発熱抵抗体 5 の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部すなわち上流側および下流側感温抵抗体、8 は上流側感温抵抗体 6 より上流側に配置され流体の温度を測定する流体温度検出部すなわち流体温度検出用感温抵抗体、9, 10 は絶縁層、11 は発熱抵抗体 5 のごく近傍に配置された発熱抵抗体温度検出部、すなわち発熱抵抗体温度検出用感温抵抗体、12 は発熱抵抗体 5、上流側および下流側感温抵抗体 6, 7、流体温度検出用感温抵抗体 8、並びに発熱抵抗体温度検出用感温抵抗体 11 の両端をそれぞれボンディングパッド 13 に接続する配線である。薄肉部 3 は絶縁層 9, 10、並びに絶縁層 9, 10 に挟まれた発熱抵抗体 5、及び感温抵抗体 6, 7, 11 から構成されている。

10

【0022】

発熱抵抗体 5、感温抵抗体 6, 7、流体温度検出用感温抵抗体 8 は、スパッタ、あるいは蒸着などの成膜技術により薄膜形成した後、エッチングにより所望の抵抗値になるようにパターンニングしている。抵抗材料としては、信頼性の高い白金などを使用することが望ましい。

20

【0023】

発熱抵抗体 5 は、流体温度検出用感温抵抗体 8 によって測定される空気の温度よりも常に一定温度だけ高くなるように定温度差駆動されている。図 3 は基本的な定温度差駆動回路の簡略回路図であり、発熱抵抗体 5、流体温度検出用感温抵抗体 8、及び固定抵抗 14, 15 によりブリッジ回路を構成している。空気の流速の変動により発熱抵抗体 5 の温度が変化したり、空気の温度が変化して流体温度検出用感温抵抗体 8 の温度が変化したりして、ブリッジ回路のバランスが崩れると、差動増幅器 16、及び、トランジスタ 17 が発熱抵抗体 5 に流れる加熱電流を制御し、元のバランス状態に戻すように働く。この結果、発熱抵抗体 5 と流体温度検出用感温抵抗体 8 との温度差が常に一定に保たれる。18 は電源

30

【0024】

図 4 は基本的な温度差検出回路の簡略図であり、詳しくは、上流側感温抵抗体 6 と下流側感温抵抗体 7 の温度差を検出するための温度差検出回路の簡略図を示す。定電流源 19 により上流側感温抵抗体 6 (R_u) と下流側感温抵抗体 7 (R_d) に一定電流 I_s を流し、両者の両端電圧の差を取って、増幅回路部 20 により増幅し、出力端 21 から出力電圧 V_{out} として出力する。この場合の出力電圧 V_{out} は以下の式で表される。

$$V_{out} = V_{ref} + G \cdot R_{s0} \cdot s \cdot I_s \cdot (T_d - T_u) \quad \dots (1)$$

ここで、 R_{s0} は上流側、および下流側感温抵抗体 6, 7 の 0 の時の抵抗値、 s は上流側、及び下流側感温抵抗体 6, 7 の抵抗温度係数である。また、 V_{ref} (38) は ($T_d - T_u$) が負になった場合、つまり空気の流れが逆流の場合でも正の出力が得られるようにするために加えているバイアス電圧で定電圧源を用いている。上流側、および下流側感温抵抗体 6, 7 を同じ材質で同じパターンに形成することにより、両者の R_{s0} と s はほぼ同一の値が得られる。また、 T_d , T_s はそれぞれ上流側、及び下流側感温抵抗体 6, 7 の温度である。G は増幅回路部により決定されるゲインであり、次式で表される。

$$G = 1 + (R_2 / R_1) \quad \dots (2)$$

ただし、 $R_2 / R_1 = R_4 / R_3$

また、上流側感温抵抗体 6 と下流側感温抵抗体 7 の温度差 ($T_d - T_u$) は近似的に以下のように表せる。

40

50

$$T_d - T_u = A U^n \quad T \quad \dots (3)$$

ここで、 U は空気の流速、 T は図3の定温度差駆動回路により一定に保たれる空気と発熱抵抗体5との温度差、 A は係数である。式(1)と(3)を組み合わせると出力電圧 V_{out} が流速 U に依存することが判る。

$$V_{out} = V_{ref} + G \cdot R_{s0} \cdot s \cdot I_s \cdot A U^n \cdot T \quad \dots (4)$$

【0025】

前述したように、図3に示す定温度差駆動回路により、式(4)中の T は一定に保たれるはずである。しかし、実際には、発熱抵抗体5の発する熱が流体温度検出用感温抵抗体8にも伝わるため、流体温度検出用感温抵抗体8の温度は空気の温度よりも高くなっている。この流体温度検出用感温抵抗体8の温度上昇は空気の流速が小さいほど大きく、流速が速くなるにつれて流体温度検出用感温抵抗体8は冷却され、空気の温度に近づいていく。発熱抵抗体5の温度はこの流体温度検出用感温抵抗体8よりも一定温度高くなるように制御されるため、発熱抵抗体5の温度も空気の流速が大きくなるとともに低下することになる。従って、式(4)の T は実際は一定ではなく、流速が増すにつれて小さくなる。この T の負の流速依存性により、出力電圧 V_{out} の流速依存性が抑えられ、感度や測定可能流速範囲が低下する。

【0026】

本実施の形態では、前述の T の流速による変動を、発熱抵抗体温度検出用感温抵抗体11により検出し、この発熱抵抗体温度検出用感温抵抗体11と上流側感温抵抗体6と下流側感温抵抗体7の3つの感温抵抗体の温度変化から出力電圧を導出するため、 T の持つ負の流速依存性をキャンセルできる。

【0027】

図5は本発明の実施の形態1に係わる温度差検出用回路の簡略図である。この例ではまず、差動増幅器25により、下流側感温抵抗体7の温度に依存する電圧から発熱抵抗体温度検出用感温抵抗体11の温度に依存する電圧を引き算し、その後差動増幅器26によりさらに上流側感温抵抗体の温度に依存する電圧を引き算して出力電圧としている。こうすることにより、発熱抵抗体温度検出用感温抵抗体11の温度低下分が加味された出力電圧が発生するのでセンサの感度や測定可能流量範囲を向上できる。もちろん、図4に示すような増幅回路部を通した後の電圧を出力電圧としても良い。

【0028】

図5に示す3つの感温抵抗体6, 7, 11の+端側の電圧の流速による変化の様子を図6に示す。上流側感温抵抗体6の電圧27(V_u)と発熱抵抗体温度検出用感温抵抗体11の電圧29(V_{sh})は流速が増すにつれて低下し、下流側感温抵抗体7の電圧28(V_d)は流速が増すにつれて上昇する。固定抵抗22, 23, 24を調節することにより、流速が零の時の3つの電圧を $V_d = V_u + V_{sh}$ となるようにすることができる。図6において $V_d - V_{sh}$ を計算すると、流速が零の時に V_u と一致し、傾きが V_d よりも大きい曲線30が得られる。この曲線30からさらに V_u 曲線27を引き算すれば、単に $V_d - V_u$ を計算した曲線より傾きが大きい曲線が得られ、この電圧を出力とすることにより、センサの感度を向上させることが出来る。

【0029】

上記の効果は図5に示した回路だけではなく、図7および図8に示したような回路によっても実現することが出来る。図7はまず上流側感温抵抗体6の電圧27(V_u)と発熱抵抗体温度検出用感温抵抗体11の電圧(V_{sh})を加算回路31により足し算し、その結果得られた電圧を下流側感温抵抗体7の電圧28(V_d)から引算して出力電圧を得る回路、図8はまず上流側感温抵抗体6の電圧27(V_u)から下流側感温抵抗体7の電圧28(V_d)を引き算し、その後、発熱抵抗体温度検出用感温抵抗体11の電圧(V_{sh})を引き算して出力電圧を得る回路である。図5、図7、図8の回路を簡単に式で表すと以下のようになる。

$$\text{図5: } (V_d - V_{sh}) - V_u$$

$$\text{図7: } V_d - (V_u + V_{sh})$$

10

20

30

40

50

図 8 : $(V_d - V_u) - V_{sh}$

【 0 0 3 0 】

また、図 9 に示すような定電圧源 3 2 と定電流源 1 9 を併用した回路でも同様の効果を得ることが出来る。図 9 の回路において電圧 V_d は下式で表される。

$$V_d = R_d \cdot V_c / (R_d + R_{sh}) = 1 \cdot V_c / \{ 1 + (R_{sh} / R_d) \} \dots (5)$$

式 (5) から判るように R_{sh} が低下すると V_d は大きくなる。この V_d から V_u を引き算すれば、発熱抗体温度検出用感温抗体 1 1 の温度低下分を加味した出力電圧 V_{out} が得られる。

【 0 0 3 1 】

さらに、図 1 0 に示すように、上流側感温抗体 6 と発熱抗体温度検出用感温抗体 1 1 を直列に接続して定電流を流し、その最上段の電圧 V_u と下流側感温抗体 7 の電圧 V_d との差を取ることによっても、発熱抗体温度検出用感温抗体 1 1 の温度低下分を加味した出力電圧 V_{out} が得られる。

【 0 0 3 2 】

実施の形態 2 .

図 1 1 は本発明の実施の形態 2 を示す上面図、図 1 2 は図 1 1 の A - A' 線断面図である。図において、シリコン基板 1 の薄肉部 3 に、発熱抗体 5 と発熱抗体 5 の上流側に感温抗体 6 , 3 3 a , 3 3 b、および下流側に感温抗体 7 がそれぞれ形成されている。2 個の上流側感温抗体 3 3 a , 3 3 b は同じ材質で同じパターンに形成されているため、同じ抵抗温度特性を持つ。また、同じ温度になるようにごく近接した位置に形成されている。

【 0 0 3 3 】

この実施の形態においても、前述の実施の形態 1 と同様に、発熱抗体 5、上流側感温抗体 6、下流側感温抗体 7、流体温度検出用感温抗体 8 を用いて温度差検出タイプの空気流速センサが構成される。このタイプのセンサの出力電圧 V_{out} は前述した式 (4) で表される。ここで増幅回路部のゲイン G は図 4 の回路を用いると、前述した式 2 と同様に表される。

【 0 0 3 4 】

図 4 の $R_1 \sim R_4$ は全て固定抵抗を用いていたが、この実施形態では図 1 3 に示すように、 R_1 に図 1 1 の感温抗体 3 3 a を使用し、 R_3 には感温抗体 3 3 b を使用している。この感温抗体 3 3 a と 3 3 b の抵抗値を R_{33} とおくと、増幅回路部のゲイン G は次式のようになる。

$$G = 1 + R_2 / R_{33} \dots (6)$$

感温抗体 3 3 a と 3 3 b はともに発熱抗体 5 の上流側に位置しているため、流速が増大するとともにその温度は低下し、抵抗値も低下する。このため式 (6) で表されるゲイン G は逆に流速が増大するとともに大きくなる。よって式 (4) で表される出力電圧 V_{out} は、流速が増大すると、このゲイン G の増大効果も含んだ形で大きくなり、ゲイン G が固定されている場合に比べ、出力電圧 V_{out} の流量依存性は大きくなり、センサの感度も向上し、測定可能流速範囲も拡大する。

【 0 0 3 5 】

実施の形態 3 .

図 1 4 は本発明の実施の形態 3 に係わる定電流供給回路の簡略図である。図において、3 2 は定電圧源、3 5 , 3 6 は固定抵抗である。図 4 で示した回路では定電流源 1 9 を用いていたが、この図 1 4 に示す回路はこの定電流源 1 9 に代わって感度と測定範囲を改善する働きをする定電流回路である。図のように回路を構成すると、次式で表される定電流 I_s が端子 A B 間に流れる。

$$I_s = V_i / R_{33} = R_{36} \cdot V_c / \{ (R_{35} + R_{36}) \cdot R_{33} \} = V_c / \{ 1 + (R_{35} / R_{36}) \cdot R_{33} \} \dots (7)$$

式 (7) の R_{33} を固定すると一定電流 I_s を得ることが出来る。しかし、本実施形態 3 においては図 1 3 に示すように、この R_{33} に上流側感温抗体 3 3 a を用いることを特

徴とする。上流側感温抵抗体 33a は空気の流速が増大すると冷却され、抵抗値が下がるため、式(7)で表される電流 I_s は逆に流速の増大とともに大きくなる。よって式(4)で表される出力電圧 V_{out} は、流速が増大すると、この電流 I_s の増大効果も含んだ形で大きくなり、電流 I_s が固定されている場合に比べ、出力電圧 V_{out} の流量依存性は大きくなり、センサの感度も向上し、測定可能流速範囲も拡大する。

【0036】

実施の形態 4 .

図15は本発明の実施の形態4に係わる定電流供給回路の簡略図である。この回路を用いると電流 I_s は次式のように表される。

$$I_s = V_i / R_{35} = R_{36} \cdot V_c / \{ (R_{33} + R_{36}) \cdot R_{35} \} = V_c / \{ 1 + (R_{33} / R_{36}) \cdot R_{35} \} \dots (8) \quad 10$$

上流側感温抵抗体 33a は空気の流速が増大すると冷却され、抵抗値 (R_{33}) が下がるため、式(8)で表される電流 I_s は逆に流速の増大とともに大きくなる。よって式(4)で表される出力電圧 V_{out} は、流速が増大すると、この電流 I_s の増大効果も含んだ形で大きくなり、電流 I_s が固定されている場合に比べ、出力電圧 V_{out} の流量依存性は大きくなり、センサの感度も向上し、測定可能流速範囲も拡大する。もちろん、2つの上流側感温抵抗体 33a, 33b を用いて実施の形態3と4を組み合わせ効果を倍増させても良い。

【0037】

実施の形態 5 .

図16は本発明の実施の形態5に係わるバイアス電圧供給回路の簡略図である。図において、32は定電圧源、37は固定抵抗である。図4で示した回路では、バイアス電圧 V_{ref} (38) に定電圧源を用いていたが、本実施形態4においては、図16に示すように定電圧源の電圧を分圧して出力する定電圧回路を用いてバイアス電圧 V_{ref} を印加している。しかも、 R_{33} に図11に示した上流側感温抵抗体 33a を用いている。図16の回路における出力端Cの電圧 (V_{ref}) は次式で表される。

$$V_{ref} = R_{37} \cdot V_c / (R_{37} + R_{33}) = 1 \cdot V_c / \{ 1 + (R_{33} / R_{37}) \} \dots (9) \quad 20$$

【0038】

上流側感温抵抗体 33a は空気の流速が増大すると冷却され、抵抗値 (R_{33}) が下がるため、式(8)で表される電圧 V_{ref} は逆に流速の増大とともに大きくなる。よって式(4)で表される出力電圧 V_{out} は、流速が増大すると、このバイアス電圧 V_{ref} の増大効果も含んだ形で大きくなり、バイアス電圧 V_{ref} が固定されている場合に比べ、出力電圧 V_{out} の流量依存性は大きくなり、センサの感度も向上し、測定可能流速範囲も拡大する。

【0039】

実施の形態 6 .

図17は本発明の実施の形態6を示す上面図、図18は図17のA-A'線断面図である。図において、シリコン基板1の薄肉部3に、発熱抵抗体5と発熱抵抗体5の上流側に感温抵抗体6, 33a, 33b、および下流側に感温抵抗体7, 34a, 34bがそれぞれ形成されている。4個の上流側感温抵抗体 33a, 33b、及び34a, 34bは同じ材質で同じ形成方法により形成されている。また、上流側感温抵抗体 33a と 33b、及び、下流側感温抵抗体 34a と 34b はそれぞれ同じ温度になるようにごく近接した位置に形成されている。

【0040】

この実施の形態においても、前述の実施の形態2と同様に、発熱抵抗体5、上流側感温抵抗体6、下流側感温抵抗体7、流体温度検出用感温抵抗体8を用いて温度差検出タイプの空気流速センサが構成される。実施の形態2では、増幅回路部20のゲインGに上流側感温抵抗体 33a によって流速依存性を持たせてセンサの感度を向上させており、ゲインGは式(6)で $G = 1 + R_2 / R_{33}$)として表された。

【 0 0 4 1 】

しかし、上流側感温抵抗体 3 3 a の抵抗値 R 3 3 は空気の温度や湿度など流速以外の空気の状態によっても変化する。このため、流速が一定でも空気の温度等が変化すればゲイン G も変化する事になり、空気の温度などが変化するような場合には正確な流速検知は出来ない。そこで、本実施の形態 6 では、図 1 9 に示す回路図のように、増幅回路部 2 0 の固定抵抗 R 2 , R 4 の代わりに、下流側感温抵抗体 3 4 a と 3 4 b を用いる。このときゲイン G は次式で表される。

$$G = 1 + R_{34a} / R_{33a} \quad \dots (10)$$

【 0 0 4 2 】

上流側感温抵抗体 3 3 a と 3 3 b は、流速が増大するとともにその温度は低下し、抵抗値も低下する。また、下流側感温抵抗体 3 4 a と 3 4 b は、流速が増大するとともにその温度は若干上昇し、抵抗値も上昇する。このため式 (1 0) で表されるゲイン G は流速が増大するとともに大きくなる。よって式 (4) で表される出力電圧 V o u t は、流速が増大すると、このゲイン G の増大効果も含んだ形で大きくなり、ゲイン G が固定されている場合に比べ、出力電圧 V o u t の流量依存性は大きくなり、センサの感度も向上し、測定可能流速範囲も拡大する。

【 0 0 4 3 】

さらに、流速以外の条件により R 3 3 が変化した場合、同じ材質で同じ方法により形成された R 3 4 も同様に変化するため、ゲイン G は変化しない。例えば、空気の温度が上昇して上流側感温抵抗体 3 3 a と 3 3 b の抵抗値が 1 0 % 増加したとすれば、下流側感温抵抗体 3 4 a と 3 4 b の抵抗値も 1 0 % 増加するため、両者の変化はキャンセルされ、ゲイン G は一定に保たれる。このように、本実施の形態 6 によれば、ゲイン G を流速によってのみ変化させ、空気の温度などその他の因子には依存しないようにでき、空気の温度などが変化する場合にも使用できる。

【 0 0 4 4 】

実施の形態 7 .

本実施の形態 7 に係わるセンサの上面図と断面図は実施の形態 6 で示した図 1 7 , 図 1 8 と同じである。この実施の形態においても、前述の実施の形態 4 と同様に、発熱抵抗体 5 、上流側感温抵抗体 6 、下流側感温抵抗体 7 、流体温度検出用感温抵抗体 8 を用いて温度差検出タイプの空気流速センサが構成される。実施の形態 4 では、上流、及び下流側感温抵抗体 6 , 7 に流す電流値 I s を上流側感温抵抗体 3 3 a を用いて変化させてセンサの感度を向上させており、この電流値 I s は式 (8) で表された。

【 0 0 4 5 】

しかし、上流側感温抵抗体 3 3 a の抵抗値 R 3 3 は空気の温度や湿度など流速以外の空気の状態によっても変化する。このため、流速が一定でも空気の温度等が変化すれば電流値 I s も変化する事になり、空気の温度などが変化するような場合には正確な流速検知は出来ない。そこで、本実施形態 7 では、図 2 0 に示す回路図のように、固定抵抗 R 3 6 の代わりに、下流側感温抵抗体 3 4 a を用いる。このとき電流値 I s は次式で表される。

$$\begin{aligned} I_s &= V_i / R_{35} = R_{34a} \cdot V_c / \{ (R_{33a} + R_{34a}) \cdot R_{35} \} \\ &= V_c / \{ (1 + R_{33a} / R_{34a}) \cdot R_{35} \} \quad \dots (11) \end{aligned}$$

【 0 0 4 6 】

上流側感温抵抗体 3 3 a は、流速が増大するとともにその温度は低下し、抵抗値 R 3 3 a も低下する。また、下流側感温抵抗体 3 4 a は、流速が増大するとともにその温度は若干上昇し、抵抗値 R 3 4 a も上昇する。このため式 (1 1) で表される電流値 I s は流速が増大するとともに大きくなる。よって式 (4) で表される出力電圧 V o u t は、流速が増大すると、この電流値 I s の増大効果も含んだ形で大きくなり、電流値 I s が固定されている場合に比べ、出力電圧 V o u t の流量依存性は大きくなり、センサの感度も向上し、測定可能流速範囲も拡大する。

【 0 0 4 7 】

さらに、流速以外の条件により R 3 3 a が変化した場合、同じ材質で同じ方法により形成された R 3 4 a も同様に変化するため、電流値 I s は変化しない。例えば、空気の温度が上昇して上流側感温抵抗体 3 3 a の抵抗値が 1 0 % 増加したとすれば、下流側感温抵抗体 3 4 a の抵抗値も 1 0 % 増加するため、両者の変化はキャンセルされ、電流値 I s は一定に保たれる。このように、本実施の形態 7 によれば、電流値 I s を流速によってのみ変化させ、空気の温度などその他の因子には依存しないようにでき、空気の温度などが変化する場合にも使用できる。

【 0 0 4 8 】

実施の形態 8 .

本実施の形態 8 に係わるセンサの上面図と断面図は実施の形態 6 で示した図 1 7 , 図 1 8 と同じである。この実施の形態においても、前述の実施の形態 5 と同様に、発熱抵抗体 5 、上流側感温抵抗体 6 、下流側感温抵抗体 7 、流体温度検出用感温抵抗体 8 を用いて温度差検出タイプの空気流速センサが構成される。実施の形態 5 では、バイアス電圧 V r e f を上流側感温抵抗体 3 3 a を用いて変化させてセンサの感度を向上させており、この場合のバイアス電圧 V r e f は式 (9) で表された。

【 0 0 4 9 】

しかし、上流側感温抵抗体 3 3 a の抵抗値 R 3 3 は空気の温度や湿度など流速以外の空気の状態によっても変化する。このため、流速が一定でも空気の温度等が変化すればバイアス電圧 V r e f も変化するることになり、空気の温度などが変化するような場合には正確な流速検知は出来ない。そこで、本実施形態 8 では、図 2 1 に示す回路図のように、固定抵抗 R 3 7 の代わりに、下流側感温抵抗体 3 4 a を用いる。このときバイアス電圧 V r e f は次式で表される。

$$V r e f = R 3 4 a \cdot V c / (R 3 4 a + R 3 3 a) = 1 \cdot V c / \{ 1 + (R 3 3 a / R 3 4 a) \} \dots (9)$$

【 0 0 5 0 】

上流側感温抵抗体 3 3 a は、流速が増大するとともにその温度は低下し、抵抗値 R 3 3 a も低下する。また、下流側感温抵抗体 3 4 a は、流速が増大するとともにその温度は若干上昇し、抵抗値 R 3 4 a も上昇する。このため式 (1 2) で表されるバイアス電圧 V r e f は流速が増大するとともに大きくなる。よって式 (4) で表される出力電圧 V o u t は、流速が増大すると、このバイアス電圧 V r e f の増大効果も含んだ形で大きくなり、バイアス電圧 V r e f が固定されている場合に比べ、出力電圧 V o u t の流量依存性は大きくなり、センサの感度も向上し、測定可能流速範囲も拡大する。

【 0 0 5 1 】

さらに、流速以外の条件により R 3 3 a が変化した場合、同じ材質で同じ方法により形成された R 3 4 a も同様に変化するため、バイアス電圧 V r e f は変化しない。例えば、空気の温度が上昇して上流側感温抵抗体 3 3 a の抵抗値が 1 0 % 増加したとすれば、下流側感温抵抗体 3 4 a の抵抗値も 1 0 % 増加するため、両者の変化はキャンセルされ、バイアス電圧 V r e f は一定に保たれる。このように、本実施の形態 8 によれば、バイアス電圧 V r e f を流速によってのみ変化させ、空気の温度などその他の因子には依存しないようにでき、空気の温度などが変化する場合にも使用できる。

【 0 0 5 2 】

実施の形態 9 .

図 2 2 は本発明の実施の形態 9 を示す上面図、図 2 3 は図 2 2 の A - A ' 線断面図である。図において、シリコン基板 1 の薄肉部 3 に、発熱抵抗体 5 、その上流側に感温抵抗体 6 、および下流側に感温抵抗体 7 がそれぞれ形成されている。抵抗体 5 , 6 , 7 は薄肉部 3 の下流側に偏った位置に形成されているため、上流側感温抵抗体 6 から薄肉部 3 の上流側エッジ部までの距離は、下流側感温抵抗体 7 から薄肉部 3 の下流側エッジ部までの距離よりも大きくなっている。

【 0 0 5 3 】

このように、抵抗体 5 , 6 , 7 を薄肉部 3 の下流側に偏った位置に形成することにより、

10

20

30

40

50

上流側感温抵抗体 6 の流速増大による温度降下を大きくでき、また下流側感温抵抗体 7 の流速増大による温度上昇も大きくできる。

【 0 0 5 4 】

このことを裏付ける実験結果を図 2 4 , 2 5 , 2 6 に示す。この実験は、図 2 4 に示すような薄肉部 3 の幅の異なる 2 種類の流速センサに実際に空気の流れを与え、上流側、及び、下流側感温抵抗体 6 , 7 の温度の流速による変化を調べたものである。その結果が図 2 5 と図 2 6 で、図 2 5 は 2 つのセンサの上流側感温抵抗体 6 の流速による温度変化を比較したグラフ、図 2 6 は 2 つのセンサの下流側感温抵抗体 7 の流速による温度変化を比較したグラフである。

【 0 0 5 5 】

図 2 5 を見ると、薄肉部 3 の幅が大きい方が上流側感温抵抗体 6 の温度変化が大きいことが判る。つまり、上流側感温抵抗体 6 の温度変化を大きくするには薄肉部 3 の幅が大きい方が有利である。また、図 2 6 を見ると、薄肉部 3 の幅が小さい方が下流側感温抵抗体 7 の温度変化が大きいことが判る。つまり、下流側感温抵抗体 7 の温度変化を大きくするには薄肉部 3 の幅が小さい方が有利である。

【 0 0 5 6 】

以上の実験結果から、図 2 2 のように薄肉部 3 の下流側に偏った位置に抵抗体 5 , 6 , 7 を形成することにより、上流側感温抵抗体 6 と下流側感温抵抗体 7 の温度変化を、抵抗体 5 , 6 , 7 が薄肉部の中央にあるときよりも大きくすることができ、両者の温度差もより大きな値が得られる。その結果、センサの感度を向上させ、測定可能流速範囲を拡大することが出来る。

【 0 0 5 7 】

【 発明の効果 】

本発明の第 1 の構成である熱式流速センサによれば、薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、前記発熱部の極めて近傍に設けられた第 3 の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に前記上流側温度検出部、下流側温度検出部、および第 3 の温度検出部との間に生じる温度差から流速を検出するようにしたので、流体温度検出部の温度低下による発熱部の温度低下分が出力に加味され、センサの感度向上と測定可能流速範囲の拡大が実現できる。

【 0 0 5 8 】

また、本発明の第 2 の構成である熱式流速センサによれば、薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、発熱部の上流側近傍に設けられた第 4 の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記温度差信号に増幅を施す際に、その利得を前記第 4 の温度検出部の抵抗値によって変化させるようにしたので、利得の持つ流量依存性の分だけセンサの感度を向上させることができ、測定可能流速範囲も拡大できる。

【 0 0 5 9 】

また、本発明の第 3 の構成である熱式流速センサによれば、薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、発熱部の上流側近傍に設けられた第 4 の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差か

10

20

30

40

50

ら得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記上流側、および下流側温度検出部の温度を検出するために流す電流値を前記第4の温度検出部の抵抗値によって変化させるようにしたので、電流の持つ流量依存性の分だけセンサの感度を向上させることができ、測定可能流速範囲も拡大できる。

【0060】

また、本発明の第4の構成である熱式流速センサによれば、薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、発熱部の上流側近傍に設けられた第4の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記温度差信号に加えるバイアス信号を前記第4の温度検出部の抵抗値によって変化させるようにしたので、バイアス信号の持つ流量依存性の分だけセンサの感度を向上させることができ、測定可能流速範囲も拡大できる。

10

【0061】

また、本発明の第5の構成である熱式流速センサによれば、薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部と、発熱部の上流側および下流側にそれぞれ設けられた第4および第5の温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記第4、第5の温度検出部の抵抗値を用いて流速以外の原因による請求項2から4に記載の利得、電流、バイアス信号の変動を相殺するようにしたので、空気の流速以外の条件が変化する場合でも正確な流速検知ができる。

20

【0062】

また、本発明の第6の構成である熱式流速センサによれば、薄肉部が形成された半導体基板と、この薄肉部に形成された発熱部と、同じく薄肉部に形成され、前記発熱部の上流側および下流側にそれぞれ配置された上流側および下流側温度検出部を備えるとともに、前記上流側温度検出部より上流側に流体温度検出部を備え、前記発熱部を前記流体温度検出部により検出された流体温度に対して定温度差駆動した時に生じる前記上流側温度検出部と下流側温度検出部との温度差から得られる信号により空気流速を検出する熱式流速センサにおいて、前記発熱部と温度検出部を前記薄肉部上の空気の流れに対して下流側に偏った位置に配置するようにしたので、上流側温度検出部と下流側温度検出部の温度変化をより大きくすることができ、両者の温度差もより大きな値が得られ、センサの感度を向上させ、測定可能流速範囲を拡大することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1を示す上面図である。

【図2】図1のA-A線断面図である。

40

【図3】基本的な定温度差駆動回路の簡略図である。

【図4】基本的な温度差検出回路の簡略図である。

【図5】本発明の実施の形態1に係わる温度差検出用回路の簡略図である。

【図6】本発明の実施の形態1に係わる流速による各抵抗の電圧変化を表したグラフである。

【図7】本発明の実施の形態1に係わる温度差検出用回路の簡略図である。

【図8】本発明の実施の形態1に係わる温度差検出用回路の簡略図である。

【図9】本発明の実施の形態1に係わる温度差検出用回路の簡略図である。

【図10】本発明の実施の形態1に係わる温度差検出用回路の簡略図である。

【図11】本発明の実施の形態2, 3を示す上面図である。

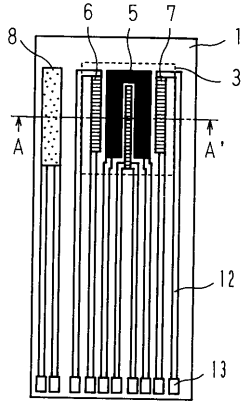
50

- 【図 1 2】図 1 1 の A - A 線断面図である。
- 【図 1 3】本発明の実施の形態 2 に係わる温度差検出用回路の簡略図である。
- 【図 1 4】本発明の実施の形態 3 に係わる定電流供給回路の簡略図である。
- 【図 1 5】本発明の実施の形態 4 に係わる定電流供給回路の簡略図である。
- 【図 1 6】本発明の実施の形態 5 に係わるバイアス電圧供給回路の簡略図である。
- 【図 1 7】本発明の実施の形態 6 を示す上面図である。
- 【図 1 8】図 1 7 の A - A 線断面図である。
- 【図 1 9】本発明の実施の形態 6 に利用される温度差検出回路の簡略図である。
- 【図 2 0】本発明の実施の形態 7 に係わる定電流供給回路の簡略図である。
- 【図 2 1】本発明の実施の形態 8 に係わるバイアス電圧供給回路の簡略図である。 10
- 【図 2 2】本発明の実施の形態 9 に係わる上面図である。
- 【図 2 3】本発明の実施の形態 9 に係わる断面図である。
- 【図 2 4】本発明の実施の形態 9 を裏付ける実験結果を示す図である。
- 【図 2 5】本発明の実施の形態 9 を裏付ける実験結果を示す図である。
- 【図 2 6】本発明の実施の形態 9 を裏付ける実験結果を示す図である。
- 【図 2 7】従来例を示す断面図である。
- 【図 2 8】図 2 7 の上面図である。
- 【図 2 9】従来例に係わる感温抵抗体温度の流速依存性を示す図である。
- 【図 3 0】従来例に係わる感温抵抗体の温度差の流速依存性を示す図である。
- 【図 3 1】従来例に係わるヒーター温度制御回路図である。 20
- 【図 3 2】従来例に係わる温度差検出回路図である。
- 【図 3 3】従来例に係わる薄肉部の熱伝達模式図である。
- 【図 3 4】別の従来例に係わる感温抵抗体温度の流速依存性である。

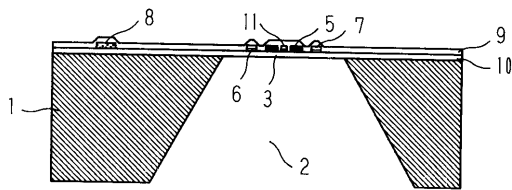
【符号の説明】

1 シリコン基板、2 空気スペース、3 薄肉部、5 発熱抵抗体、6 上流側感温抵抗体、7 下流側感温抵抗体、8 流体温度検出用感温抵抗体、11 発熱抵抗体温度検出用感温抵抗体、33 a, b 上流側感温抵抗体、34 a, b 下流側感温抵抗体。

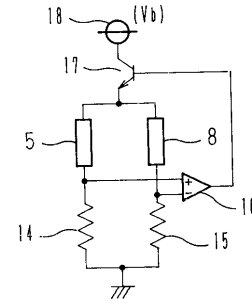
【図1】



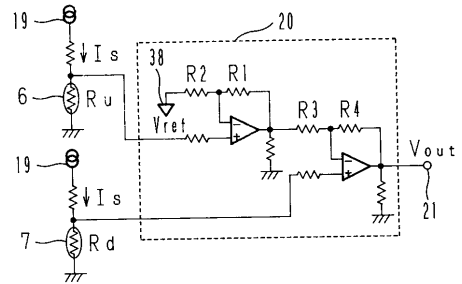
【図2】



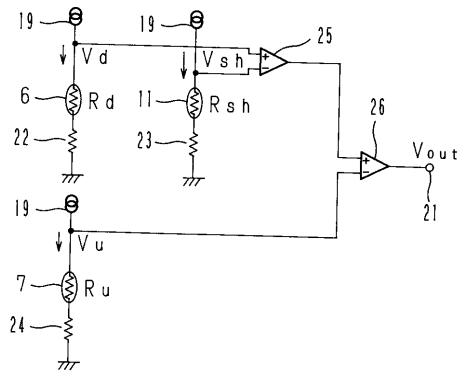
【図3】



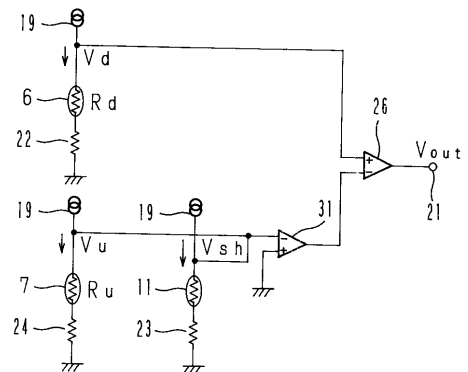
【図4】



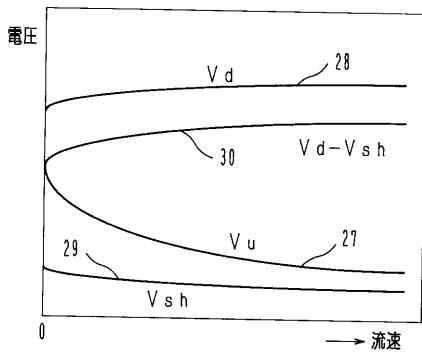
【図5】



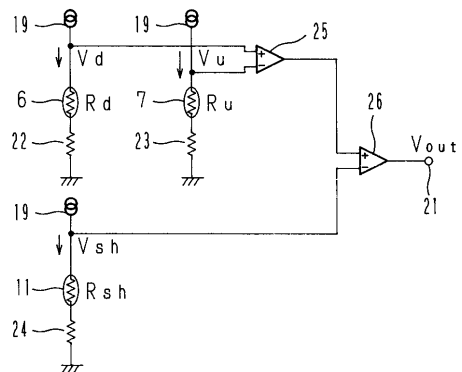
【図7】



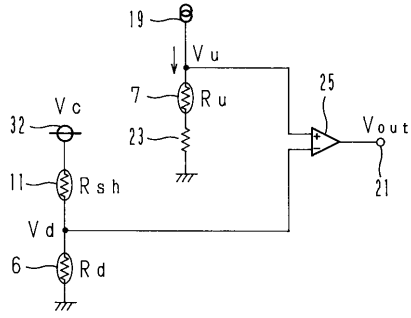
【図6】



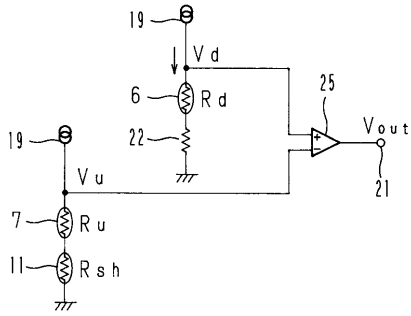
【図8】



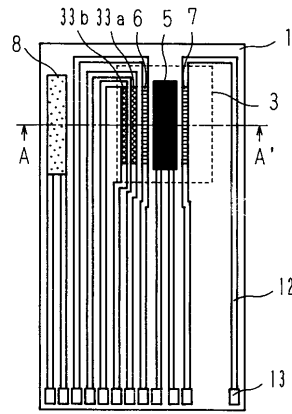
【 図 9 】



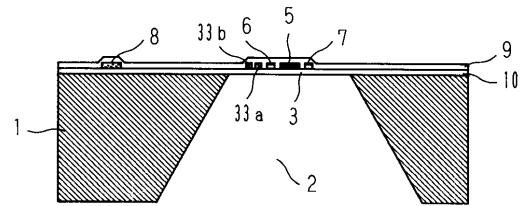
【 図 10 】



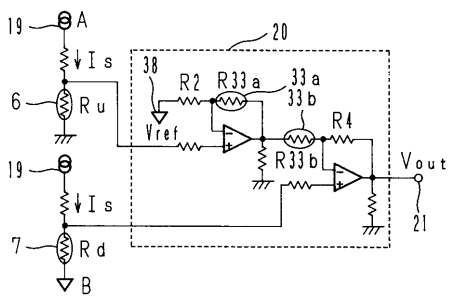
【 図 11 】



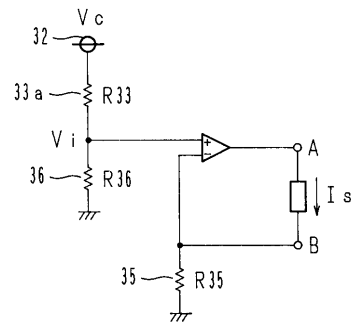
【 図 12 】



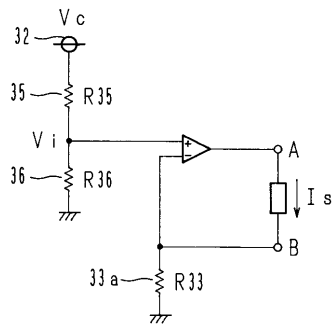
【 図 13 】



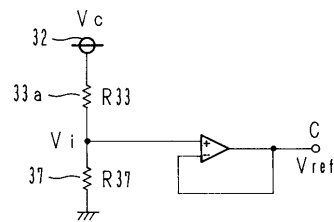
【 図 15 】



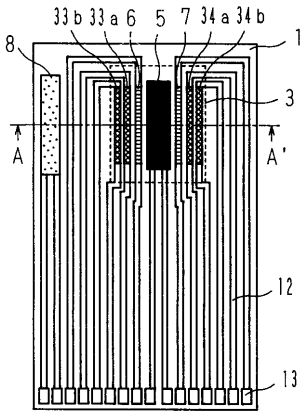
【 図 14 】



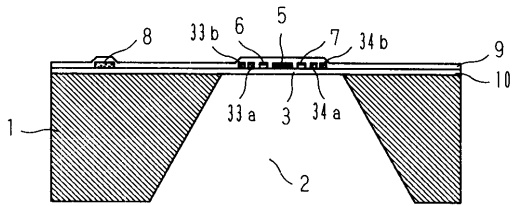
【 図 16 】



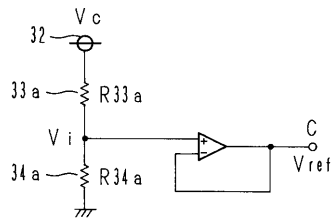
【 図 17 】



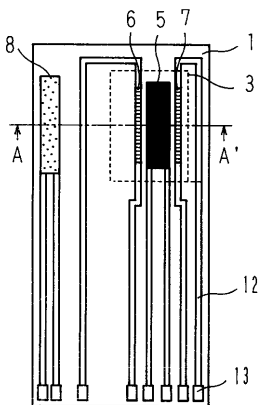
【 図 18 】



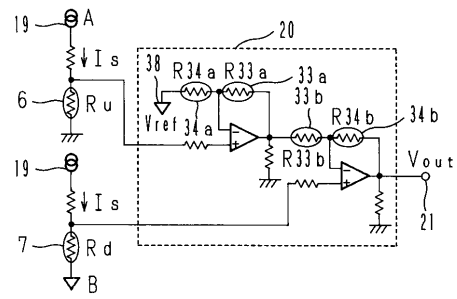
【 図 21 】



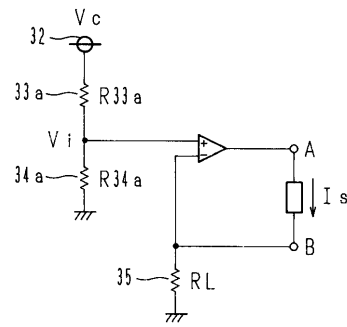
【 図 22 】



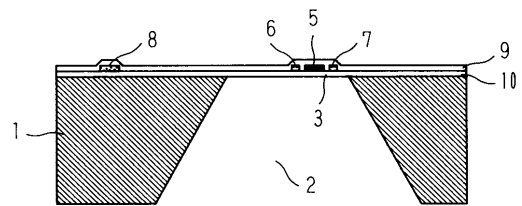
【 図 19 】



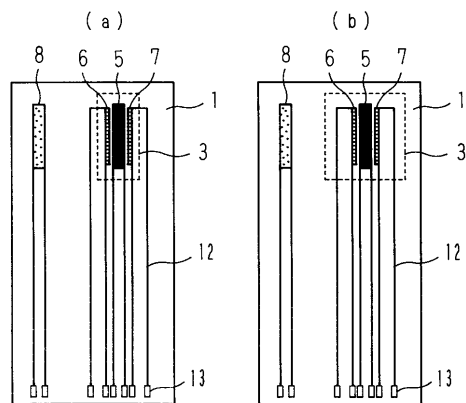
【 図 20 】



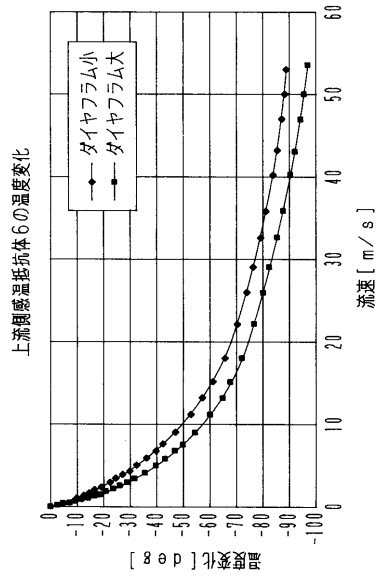
【 図 23 】



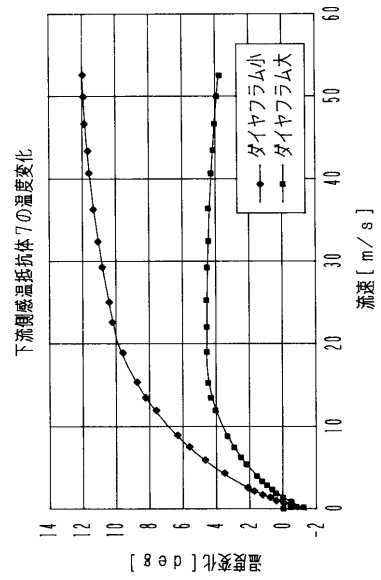
【 図 24 】



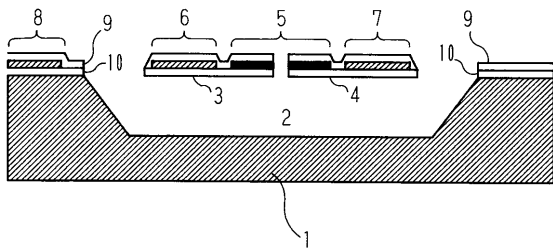
【 図 2 5 】



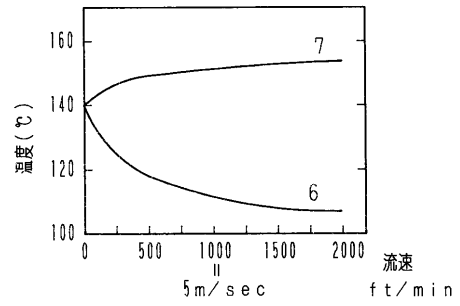
【 図 2 6 】



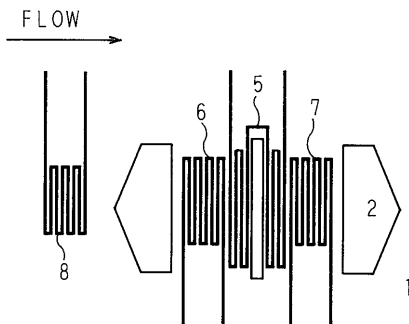
【 図 2 7 】



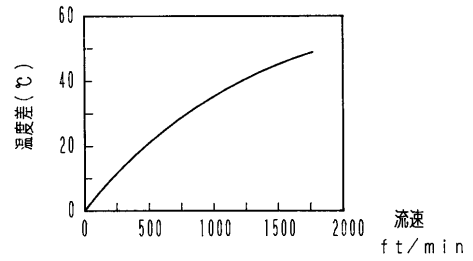
【 図 2 9 】



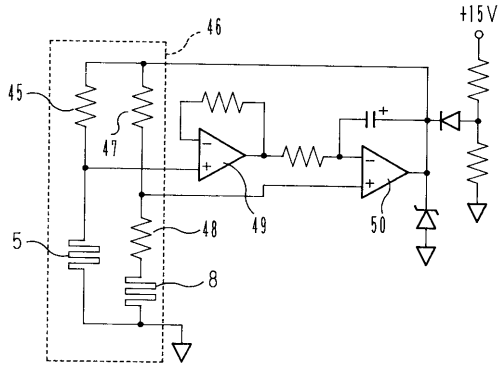
【 図 2 8 】



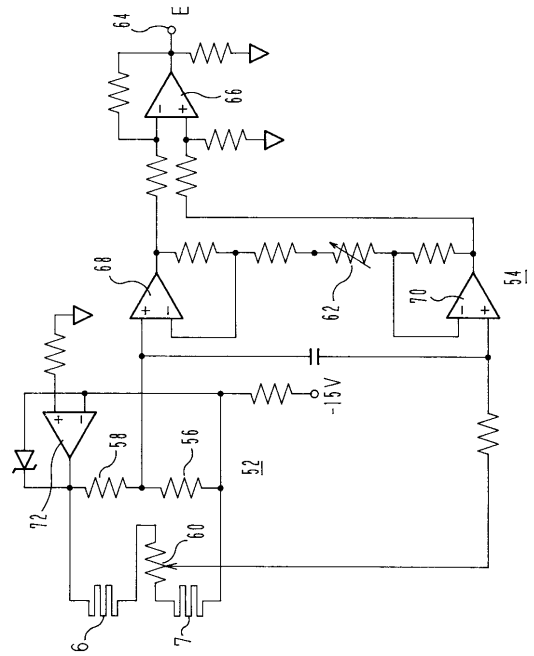
【 図 3 0 】



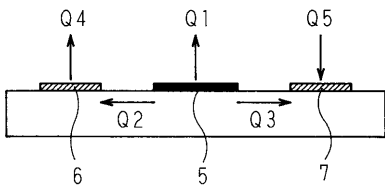
【 図 3 1 】



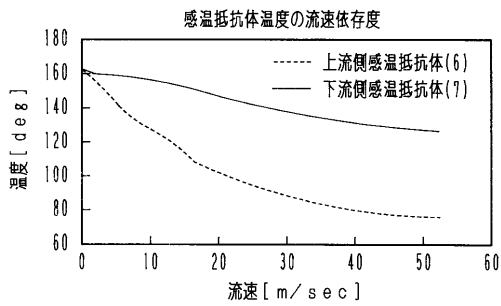
【 図 3 2 】



【 図 3 3 】



【 図 3 4 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-159834(JP,A)
特開昭60-142268(JP,A)