

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5178598号
(P5178598)

(45) 発行日 平成25年4月10日(2013.4.10)

(24) 登録日 平成25年1月18日(2013.1.18)

(51) Int.Cl. F 1
G O 1 F 1/68 (2006.01) G O 1 F 1/68 I O 4 A

請求項の数 6 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2009-71127 (P2009-71127) (22) 出願日 平成21年3月24日 (2009.3.24) (65) 公開番号 特開2010-223747 (P2010-223747A) (43) 公開日 平成22年10月7日 (2010.10.7) 審査請求日 平成23年2月9日 (2011.2.9)</p>	<p>(73) 特許権者 509186579 日立オートモティブシステムズ株式会社 茨城県ひたちなか市高場2520番地 (74) 代理人 100100310 弁理士 井上 学 (72) 発明者 中野 洋 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作 所 日立研究所内 (72) 発明者 松本 昌大 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作 所 日立研究所内</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱式流量計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の吸気管路内に設置し前記吸気管路内を流れる吸気の一部を採り込む通路と、前記通路内に配置され流体の流量を計測するセンサ素子とを備え、前記センサ素子が半導体基板と、前記半導体基板に形成された空洞部と、前記空洞部上に電気絶縁膜を介して形成された発熱抵抗体とを有し、前記発熱抵抗体から被計測流体に放熱することにより前記内燃機関の吸気の流量を計測する熱式流量計において、

前記センサ素子上を流れる流体の流れ方向に対して垂直方向における前記発熱抵抗体の長さを L_h とし、前記センサ素子上を流れる流体の流れ方向における前記発熱抵抗体の上流側端部から前記空洞部の周縁までの最近接距離を W_d 、被計測流体の流れ方向に対して垂直方向における前記発熱抵抗体の端部から前記空洞部の周縁までの最近接距離を L_d とするとき、 L_h と W_d との関係が $W_d < 0.5 L_h$ であり、 L_h と L_d との関係が $L_d < 0.5 L_h$ であることを特徴とする熱式流量計。

【請求項2】

請求項1に記載の熱式流量計において、 W_d と L_d との関係が $L_d < W_d$ であることを特徴とする熱式流量計。

【請求項3】

請求項1または2に記載の熱式流量計において、前記発熱抵抗体の上流側と下流側とにそれぞれ形成された測温抵抗体を備え、被計測流体の流れ方向に対して垂直方向における前記測温抵抗体の長さが被計測流体の流れ方向に対して垂直方向における前記発熱抵抗体

の長さ以下であることを特徴とする熱式流量計。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の熱式流量計において、前記空洞部は被計測流体の流れ方向に沿うように形成された短辺と前記短辺に垂直な長辺とを有する長方形に形成され、前記発熱抵抗体は前記長辺に沿う方向に延設されると共に延設方向の端部で折り返すことによって前記電気絶縁膜上に平行に並んだ複数の抵抗体部分を有し、前記抵抗体部分の延設方向における長さが平行に並んだ前記複数の抵抗体部分の全幅よりも大きいことを特徴とする熱式流量計。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の熱式流量計において、前記発熱抵抗体の加熱温度が被計測流体の温度よりも 200 以上高くなるように加熱制御されることを特徴とする熱式流量計。

10

【請求項 6】

内燃機関の吸気管路内に設置し前記吸気管路内を流れる吸気の一部を採り込む通路と、前記通路内に配置され流体の流量を計測するセンサ素子とを備え、

前記センサ素子は、半導体基板と、前記半導体基板に形成された空洞部と、前記空洞部上に電気絶縁膜を介して形成された発熱抵抗体と、前記流体の流れ方向における前記発熱抵抗体の上流側と下流側とに設けられ前記空洞部上に位置するように前記電気絶縁膜上に形成された測温抵抗体とを有し、

前記空洞部は前記流体の流れ方向に沿うように形成された短辺と前記短辺に垂直な長辺とを有する長方形に形成され、

20

前記発熱抵抗体は、前記長辺に沿う方向に延設され、延設方向の端部で折り返すことによって前記電気絶縁膜上に平行に並んだ複数の抵抗体部分を有すると共に、前記抵抗体部分の延設方向における長さの方が平行に並んだ前記複数の抵抗体部分の全幅よりも大きくなるように形成され、

前記測温抵抗体は、前記流れ方向に対して垂直方向における長さが前記流体の流れ方向に対して垂直方向における前記発熱抵抗体の長さ以下に形成され、

前記流体の流れ方向に対して垂直方向の前記発熱抵抗体の長さを L_h とし、前記流体の流れ方向における前記発熱抵抗体の上流側端部から前記空洞部の周縁までの最近接距離を W_d とし、前記流体の流れ方向に対して垂直方向における前記発熱抵抗体の端部から前記空洞部の周縁までの最近接距離を L_d とするとき、 L_h と W_d との関係が $W_d \geq 0.5 L_h$ であり、 L_h と L_d との関係が $L_d \geq 0.5 L_h$ であることを特徴とする熱式流量計。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被計測流体中に発熱抵抗体を設置し流量を測定する熱式流量計に係り、特に、自動車の内燃機関の吸入空気流量や排ガス流量の測定に好適な熱式流量計に関わる。

【背景技術】

【0002】

自動車などの内燃機関の吸入空気量を検出する空気流量計として、質量流量を直接測定できる熱式の空気流量計が主流になっている。

40

【0003】

近年では、マイクロマシン技術を用いてシリコン (Si) などの半導体基板上に熱式流量計のセンサ素子を製造するものが提案されている。このような半導体タイプのセンサ素子は、半導体基板の一部を矩形状に除去した空洞部を形成し、この空洞部に形成した数ミクロンの電気絶縁膜上に発熱抵抗体を形成している。発熱抵抗体の大きさは数百ミクロンと微細であり、薄膜状に形成されることから、熱容量が小さく高速応答・低消費電力化が可能である。また、発熱抵抗体の近傍の上下流に温度センサ (測温抵抗体) を形成し、発熱抵抗体の上下流の温度差から流量を検出する温度差方式により、順流と逆流の判別も可能である。

50

【 0 0 0 4 】

自動車などの内燃機関に上記のような空気流量計を搭載して過酷な環境条件において長期間使用する場合、センサ素子の汚損に対する信頼性を確保することが重要である。熱式流量計を長期間吸入空気流に晒した場合、センサ素子の空洞部上の電気絶縁膜にカーボンなどの浮遊性粒子が熱泳動効果により堆積し、計測精度が損なわれる。このような汚損に対応した従来技術としては、特許文献 1 に記載されたものがある。

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 に記載の技術は、電気絶縁膜上の発熱抵抗体の加熱温度と、発熱抵抗体の端部から空洞部上の電気絶縁膜の端部までの距離を規定し、前記発熱抵抗体の端部から上流側の電気絶縁膜の端部までの温度分布が緩やかに変化するようにしている。これにより、熱泳動現象による汚損物の堆積が緩和される。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 6 - 5 2 9 4 4 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

しかし、特許文献 1 のような構成により対策する場合、発熱抵抗体の加熱温度を低く設定するか、空洞部を広げ薄膜部を拡大することが必要である。発熱抵抗体の加熱温度を低く設定すると、被計測流体の流れにより生じる発熱抵抗体の上下流の温度差が小さくなり流量の検出感度が低下してしまう。また、空洞部を広げる場合、薄膜部の面積が拡大し強度が低下するという課題がある。

20

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、自動車などの内燃機関に搭載し、過酷な汚損環境にて長期間使用した場合でも、センサ素子の発熱抵抗体が形成される薄膜部にカーボンなどの浮遊性粒子の堆積を防止することができ、高感度な熱式流量計を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するために、本発明の熱式流量計は、内燃機関の吸気管路内に設置し前記吸気管路内を流れる吸気の一部を採り込む通路と、前記通路内に配置され被計測流体の流量を計測するセンサ素子とを備え、前記センサ素子が半導体基板と、前記半導体基板に形成された空洞部と、前記空洞部上に電気絶縁膜を介して形成された発熱抵抗体とを有し、前記発熱抵抗体から被計測流体に放熱することにより前記内燃機関の吸気の流量を計測する熱式流量計において、前記センサ素子上を流れる流体の流れ方向に対して垂直方向における前記発熱抵抗体の長さを L_h とし、前記センサ素子上を流れる流体の流れ方向における前記発熱抵抗体の上流側端部から前記空洞部の周縁までの最近接距離を W_d 、被計測流体の流れ方向に対して垂直方向における前記発熱抵抗体の端部から前記空洞部の周縁までの最近接距離を L_d とするとき、 L_h と W_d との関係は $W_d \geq 0.5 L_h$ とし、 L_h と L_d との関係が $L_d \geq 0.5 L_h$ としたものである。

30

40

【 0 0 1 0 】

また、被計測流体の流れ方向に対して垂直方向における前記発熱抵抗体の端部から前記空洞部の周縁までの最近接距離を L_d とするとき、 L_h と L_d との関係を $L_d \geq 0.4 L_h$ にするとよい。好ましくは L_h と L_d との関係を $L_d \geq 0.5 L_h$ にするとよい。こうすることで、発熱抵抗体の加熱温度を上げることにより、カーボンなどの浮遊性微粒子の付着がより低減される構成となる。

【 0 0 1 1 】

従来技術では、発熱抵抗体の加熱温度を上げると熱泳動効果が促進され付着量が増大するが、上記の構成とすることで浮遊性微粒子の付着を抑制できるので、発熱抵抗体の加熱温度を上げセンサ素子の流量検出感度を向上することが容易になる。また、発熱抵抗体を

50

小型にできることから消費電力を小さくできセンサ素子を低電力で駆動することが可能である。

【0012】

また、 W_d と L_d との関係は $L_d < W_d$ であるとよい。これにより、より効果的に浮遊性微粒子の付着を抑制できる。さらに、電気絶縁膜3bに浮遊性微粒子が付着することにより発熱抵抗体5から半導体基板2への熱伝導が増加するが、電気絶縁膜3bへの浮遊性微粒子の付着を低減できるので、発熱抵抗体5から半導体基板2への熱伝導を低減することができ、低消費電力化が可能である。

【0013】

また、前記発熱抵抗体の上流側と下流側とにそれぞれ形成された測温抵抗体を備え、被計測流体の流れ方向に対して垂直方向における前記測温抵抗体の長さが被計測流体の流れ方向に対して垂直方向における前記発熱抵抗体の長さ以下であるとよい。これにより、空洞部（ダイヤフラム）上の温度分布は発熱抵抗体の中心がピーク温度になることから、上流側の側温抵抗体と下流側の側温抵抗体の長さを短くし、発熱抵抗体の中心付近に集約することにより、流量計測感度を向上することができる。また、被計測流体の流れ方向が傾くなどの偏流が発生したことによる浮遊性微粒子の付着箇所の変化などに対する計測精度の悪化を低減することができる。

【0014】

前記空洞部は被計測流体の流れ方向に沿うように形成された短辺と前記短辺に垂直な長辺とを有する長方形に形成され、前記発熱抵抗体は前記長辺に沿う方向に延設されると共に延設方向の端部で折り返すことによって前記電気絶縁膜上に平行に並んだ複数の抵抗体部分を有し、前記抵抗体部分の延設方向における長さを平行に並んだ前記複数の抵抗体部分の全幅よりも大きくするとよい。

【0015】

前記発熱抵抗体の加熱温度が被計測流体の温度よりも200以上高くなるように加熱制御するとよい。これにより、自動車などの内燃機関に使用するオイルが吸入空気中に混入した場合でも、オイルを蒸発させることができ、オイルなどの付着によるカーボンなどの付着の促進を抑制することができる。

【0016】

さらに、本発明の熱式流量計は、内燃機関の吸気管路内に設置し前記吸気管路内を流れる吸気の一部を採り込む通路と、前記通路内に配置され流量を計測するセンサ素子とを備え、前記センサ素子は、半導体基板と、前記半導体基板に形成された空洞部と、前記空洞部上に電気絶縁膜を介して形成された発熱抵抗体と、前記流れ方向における前記発熱抵抗体の上流側と下流側とに設けられ前記空洞部上に位置するように前記電気絶縁膜上に形成された測温抵抗体とを有し、前記空洞部は前記流れ方向に沿うように形成された短辺と前記短辺に垂直な長辺とを有する長方形に形成され、前記発熱抵抗体は、前記長辺に沿う方向に延設され、延設方向の端部で折り返すことによって前記電気絶縁膜上に平行に並んだ複数の抵抗体部分を有すると共に、前記抵抗体部分の延設方向における長さの方が平行に並んだ前記複数の抵抗体部分の全幅よりも大きくなるように形成され、前記測温抵抗体は、前記流れ方向に対して垂直方向における長さが前記流れ方向に対して垂直方向における前記発熱抵抗体の長さ以下に形成され、前記流れ方向に対して垂直方向の前記発熱抵抗体の長さを L_h とし、前記流れ方向における前記発熱抵抗体の上流側端部から前記空洞部の周縁までの最近接距離を W_d とし前記流れ方向に対して垂直方向における前記発熱抵抗体の端部から前記空洞部の周縁までの最近接距離を L_d とすると、 L_h と W_d との関係が $W_d < 0.5 L_h$ であり、 L_h と L_d との関係が $L_d < 0.5 L_h$ であるとよい。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、熱泳動効果によるカーボンなどの浮遊性微粒子が付着することを防止ことができ信頼性を向上できるとともに、高感度で低消費電力な熱式流量センサを提

10

20

30

40

50

供できる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の第1実施例である熱式流量センサのセンサ素子1の平面を示す図である。

【図2】図1のセンサ素子1のX-X断面を示す図である。

【図3】図1のセンサ素子1を駆動する電気回路である。

【図4】熱式流量センサのセンサ素子1の実装構造を示す図である。

【図5】図1のセンサ素子1のダイアフラム4部の拡大図である。

【図6】ダイアフラム部の温度分布を示す図である。

10

【図7】ダイアフラム部に付着した浮遊性微粒子などの分布を示す図である。

【図8】浮遊性微粒子などの付着によって発生した熱式流量センサの計測誤差の実験結果を示す図である。

【図9】本発明の第2実施例である熱式流量センサのセンサ素子のダイアフラム部4の拡大図である。

【図10】本発明の第3実施例である熱式流量センサのセンサ素子のダイアフラム部31の拡大図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明に係る実施例について説明する。

20

【実施例1】

【0020】

本発明に係る第1の実施例について以下説明する。

【0021】

本実施例による熱式流量計のセンサ素子1の構成を図1、図2により説明する。図1は、センサ素子1を示す平面図である。また図2は、図1におけるX-X線に沿った断面図を示す。センサ素子1の基板2は、シリコンやセラミックなどの熱伝導率の良い材料で構成される。そして、基板2上に電気絶縁膜3aを形成し、基板2を裏面からエッチングすることで空洞部を形成しダイアフラム4を形成する。

【0022】

30

ダイアフラム4上の電気絶縁膜3aの中心付近の表面には発熱抵抗体5を形成する。発熱抵抗体5の周囲に発熱抵抗体5の加熱温度を検出する加熱温度センサ8が、発熱抵抗体5を取り巻くように形成される。発熱抵抗体5の温度を加熱温度センサ7で検出し、空気流6の温度に対して一定温度高くなるように加熱制御されている。さらに加熱温度センサ7の両側には上流側温度センサ8a、8b、下流側温度センサ9a、9bを形成する。上流側温度センサ8a、8bは発熱抵抗体5よりも上流側、下流側温度センサ9a、9bは発熱抵抗体5よりも下流側に配置する。センサ素子1の最表面は電気絶縁膜3bによって覆われ、電気絶縁膜3bは電氣的絶縁を行うほか、保護膜として働く。ダイアフラム4の外部の電気絶縁膜3a上には、空気流6の温度に応じて抵抗値が変化する感温抵抗体10、11、12を配置する。

40

【0023】

これらの発熱抵抗体5、加熱温度センサ7、上流側温度センサ8a、8b、下流側温度センサ9a、9b、感温抵抗体10、11、12は温度によって抵抗値が変化する比較的抵抗温度係数が大きい材料で形成する。例えば、不純物をドーピングした多結晶シリコンや単結晶シリコンなどの半導体材料、また白金、モリブデン、タングステン、ニッケル合金などの金属材料などで形成すると良い。また、電気絶縁膜3a、3bは二酸化ケイ素(SiO₂)や窒化ケイ素(Si₃N₄)により約2ミクロン厚の薄膜状に形成し、熱絶縁効果が十分に得られる構造とする。

【0024】

上記のように、発熱抵抗体5、加熱温度センサ7、上流側温度センサ8a、8b、下流

50

側温度センサ 9 a , 9 b も、感温抵抗体 1 0 , 1 1 , 1 2 と同様に、感温抵抗体である。

【 0 0 2 5 】

さらにセンサ素子 1 の端部には、発熱抵抗体 5 , 加熱温度センサ 7 , 上流側温度センサ 8 a , 8 b , 下流側温度センサ 9 a , 9 b , 感温抵抗体 1 0 , 1 1 , 1 2 を構成する各抵抗体を駆動・検出回路と接続するための電極が形成された電極パッド部 1 3 を設ける。尚、電極はアルミなどで形成する。

【 0 0 2 6 】

本発明の実施例である熱式流量計は、以下のように動作する。

【 0 0 2 7 】

図 2 に示したセンサ素子 1 の断面構成と共に示した温度分布 1 4 はセンサ素子 1 の表面温度の分布である。温度分布 1 4 の実線は無風時のダイアフラム 4 の温度分布を示す。発熱抵抗体 5 は、空気流 6 の温度よりも T_h 高くなるように加熱する。温度分布 1 4 の破線は、空気流 6 が発生したときのダイアフラム 4 の温度分布である。空気流 6 が発生することにより、発熱抵抗体 5 の上流側は空気流 6 により冷却され温度が下がり、下流側は発熱抵抗体 5 を通過し加熱された空気が流れることから温度が上がる。したがって、上流温度センサ 8 a , 8 b と下流温度センサ 9 a , 9 b とによって発熱抵抗体 5 の上下流の温度差 T_s を測定することにより、流量が計測される。

10

【 0 0 2 8 】

次に、センサ素子 1 の駆動・検出回路について説明する。

【 0 0 2 9 】

図 3 に、センサ素子 1 の駆動・検出回路を示す。発熱抵抗体 5 の温度によって抵抗値が変化する加熱温度センサ 7 と感温抵抗体 1 0 とからなる直列回路と、感温抵抗体 1 1 と感温抵抗体 1 2 とからなる直列回路とを並列に接続したブリッジ回路を構成し、各直列回路に基準電圧 V_{ref} を印加する。これらの直列回路の中間電圧を取り出し、増幅器 1 5 に接続する。増幅器 1 5 の出力は、トランジスタ 1 6 のベースに接続する。トランジスタ 1 6 のコレクタは電源 V_B に接続し、エミッタは発熱抵抗体 5 に接続し、フィードバック回路を構成する。これにより、発熱抵抗体 5 の温度 T_h は空気流 6 の温度 T_a に対して一定温度 $T_h (= T_h - T_a)$ 高くなるように制御される。

20

【 0 0 3 0 】

そして、上流温度センサ 8 a と下流温度センサ 9 a とからなる直列回路と、下流温度センサ 9 b と上流温度センサ 8 b とからなる直列回路とを並列に接続したブリッジ回路を構成し、各直列回路に基準電圧 V_{ref} を印加する。空気流により上流温度センサ 8 a , 8 b と下流温度センサ 9 a , 9 b とに温度差が発生すると、ブリッジ回路の抵抗バランスが変化して差電圧が発生する。この差電圧から増幅器 1 7 によって空気流量に応じた出力が得られる。

30

【 0 0 3 1 】

次に、自動車などの内燃機関の吸気管路内にセンサ素子 1、駆動・検出回路を実装した実施例を図 4 に示す。図 4 において、吸気管路 1 8 の壁面から突出するようにベース部材 1 9 を設ける。ベース部材 1 9 には、吸気管路 1 8 を流れる吸気 2 0 の一部を取り込む副通路 2 1 を形成する。副通路 2 1 内に形成した矩形状の凹部に、センサ素子 1 を設置する。センサ素子 1 を設置する部分の副通路 2 1 は流路を直線状とし、その上流側および下流側では流路を湾曲した形状とする。また、ベース部材 1 9 には、センサ素子 1 の駆動・検出回路を搭載した回路基板 2 2 が設けられ、金線ボンディングワイヤー 2 3 によりセンサ素子 1 と回路基板 2 2 を電氣的に接続する。さらに、駆動回路の電源供給、出力信号の取り出しのための端子 2 4 を設け、アルミボンディングワイヤー 2 5 により回路基板 2 2 と端子 2 4 を電氣的に接続する。

40

【 0 0 3 2 】

図 5 にセンサ素子 1 のダイアフラム 4 の近傍の拡大図を示す。

【 0 0 3 3 】

図 5 において、空気流 6 の流れ方向に対して垂直方向の発熱抵抗体 5 の長さを L_h とす

50

る。また空気流 6 の流れ方向において発熱抵抗体 5 の上流側端部からダイアフラム 4 の上流側端部（辺 4 c）までの最近接距離を W_d とする。また、空気流 6 に対して垂直方向の発熱抵抗体 5 の端部からダイアフラム 4 の端部（辺 4 b 又は 4 d）までの最近接距離を L_d とする。これら L_h 、 W_d 、 L_d の関係について本実施例では $W_d = 0.5 L_h$ かつ $L_d = 0.5 L_h$ となるように構成している。言い換えれば、発熱抵抗体 5 の外周からダイアフラム 4 の外周までの最近接距離 X_d が、少なくとも $X_d = 0.5 L_h$ になるように形成している。すなわち、発熱抵抗体 5 の L_h は短くし、ダイアフラム 4 の幅及び長さは大きくなるように形成する。

【0034】

ここで、発熱抵抗体 5 の領域は、ダイアフラム 4 上の発熱の主となる部分であり、図 5 に示した配線部 30 i、30 j のような幅広になる部位や、発熱抵抗体 5 に電氣的に接続されていたとしても、流れる電流が著しく小さくなる抵抗体などは含まれない。或いは、図 5 に示した発熱抵抗体 5 のように、発熱の主となり、形状が U 字や M 字になるような 1 回または複数回の折り返しがある領域である。

【0035】

また本実施例では、ダイアフラム 4 を辺 4 a、4 b、4 c、4 d からなる四角形に形成している。すなわち、辺 4 a、4 b、4 c、4 d はダイアフラム 4 の外周縁を構成する。特に、辺 4 a、4 c を辺 4 b、4 d に対して長くした長方形にしている。長い辺 4 a、4 c は空気の流れ方向を横切る方向に沿うように、また短い辺 4 b、4 d は空気の流れ方向に沿うように、ダイアフラム 4 を形成している。このとき、理想的には辺 4 a、4 c は空気の流れ方向に対して垂直になり、辺 4 b、4 d は空気の流れ方向に平行になる。

【0036】

発熱抵抗体 5 は長い辺 4 a、4 c に沿う方向に延設し、延設方向（空気の流れ方向に対して垂直方向）の端部で折り返すことによって、電気絶縁膜 3 a 上に平行に並んだ複数の抵抗体部分 5 a ~ 5 d を有するように形成する。そして抵抗体部分 5 a ~ 5 d の延設方向における長さ L_h を平行に並んだ複数の抵抗体部分 5 a ~ 5 d の全幅 W_5 よりも大きくする。

【0037】

これにより、発熱抵抗体 5 の形状を適正化しつつ、ダイアフラム 4 の大きさを徒に大きくする必要が無い。そしてダイアフラム 4 を小さくできれば、ダイアフラム 4 の強度が低下するのを防ぐことができる。

【0038】

上記の構成とした場合に、熱式流量計のセンサ素子 1 にカーボンなどの浮遊性微粒子が付着しにくくなる効果について、以下説明する。

【0039】

図 6 は、発熱抵抗体を加熱制御したときのダイアフラム上の温度分布の形状を表すための等温線を示している。図 6 (a) は従来の構成、図 6 (b) は本実施例による構成である。

【0040】

図 6 (a) に示した従来の構成のダイアフラム 27 上の温度分布は、発熱抵抗体 26 の中心をピーク温度とした同心円状の温度分布を示す。また、発熱抵抗体 26 の長さに沿った縦長の楕円形状をした等温線となる。このような形状をもったセンサ素子にカーボンなどの浮遊性微粒子が空気流によって運ばれてくると、発熱抵抗体 26 の発熱により周辺の空気の熱運動が活発になって熱的な障壁ができ、発熱抵抗体 26 の上流側のダイアフラム 27 の端部に沿って微粒子の付着が起きる。さらに、発熱抵抗体 26 の加熱温度を上げると熱泳動効果が高まり、微粒子の付着が促進する。

【0041】

一方、図 6 (b) に示した本実施例の構成におけるダイアフラム 4 上の温度分布は発熱抵抗体 5 の中心をピーク温度とした同心円状になるが、その等温線の形状は真円に近い。このような形状をもったセンサ素子にカーボンなどの浮遊性微粒子が空気流によって運ば

10

20

30

40

50

れてくると、浮遊性微粒子は発熱抵抗体5の発熱による熱的な障壁に当たり、その後、発熱抵抗体5を回避するように、すなわち空気流に対して垂直方向の発熱抵抗体5の端部側を回りこむように流れる。これは、従来構成に比べ本実施例のダイヤフラム4上の上流側の等温線の曲率が大きいためである。従来構成においても、空気流に対して垂直方向の発熱抵抗体26の端部付近では、浮遊性微粒子の周り込みがあり熱的な障壁を回避できるが、ほとんどの浮遊性微粒子は発熱抵抗体26による熱的な障壁に阻まれてしまうため、ダイヤフラム27の上流側の端部付近に停滞し付着してしまう。

【0042】

また、 $Ld = 0.5Lh$ とすることにより、浮遊性微粒子がヒータ5から離れた場所を通過するため、ヒータ5付近への付着を低減することが可能になる。

10

【0043】

以下、ディーゼルエンジンの排気ガスの流れの中に熱式流量計を設置し、排気ガス中のカーボンやオイルなどによるセンサ素子の汚損状態を実験した結果について説明する。熱泳動現象による上流側のダイヤフラム端部への浮遊性微粒子の付着は、被計測流体の流速が比較的低いときに付着する。このことから、本実験に用いたディーゼルエンジンはアイドリング状態とした。このときの被計測流体の流速はおよそ 1.5 m/sec である。また、熱式流量計を排気ガス中に晒した時間は1時間である。この実験によりセンサ素子は、実際に自動車の吸気管に熱式流量計を設置し数万km走行した場合のセンサ素子の汚損状態と似た状態に汚損される。

【0044】

20

図7は、上記実験によりダイヤフラムに付着した浮遊性微粒子の分布の概略図を示す。図7(a)は、従来のダイヤフラム部の構成において、発熱抵抗体の加熱温度(Th)を 100 に設定したときの浮遊性微粒子の付着形状である。発熱抵抗体26の上流側のダイヤフラム27の端部への付着が最も多い(図中の28(a))。また、ダイヤフラム26の全方向の端部に沿ってに薄く付着している(図中の28(b))。図中の28(a)への付着は、発熱抵抗体26の加熱による熱泳動効果による付着が支配的であり、図中28(b)はダイヤフラム27周辺の浮遊性微粒子の拡散によるもの支配的である。

【0045】

図7(b)は本実施例のダイヤフラム部の構成において、発熱抵抗体の加熱温度(Th)を 100 に設定したときの浮遊性微粒子の付着形状である。本実施例の構成では、浮遊性微粒子の付着は、ダイヤフラム4の端部に沿った図中28(c)部に薄く付着しており拡散による付着が支配的である。従来の構成で顕著であった熱泳動効果による発熱抵抗体5の上流側のダイヤフラム4の端部への付着が低減されている。

30

【0046】

図7(c)は、本実施例のダイヤフラム部の構成において、発熱抵抗体5の加熱温度(Th)を 300 に設定したものである。本発明の構成では、 Th を上げても熱泳動効果による付着は促進されない。また、 Th を上げたことにより、ダイヤフラム4上の空気の熱運動が活発になることにより、ダイヤフラム4周辺から発熱抵抗体4へ向かう浮遊性微粒子の拡散が低減され、ダイヤフラム4周辺部の付着域が外側に退く効果が得られる。また、ディーゼルエンジンなどの排気ガス中にはオイルが含まれており、オイルが付着することによりカーボンなどの微粒子がさらに付着しやすくなるが、発熱抵抗体5の加熱温度 Th をあげ、オイルを 200 以上に加熱することによりオイルが蒸発し、浮遊性微粒子の付着がさらに低減される。

40

【0047】

また、本実施例の構成においては浮遊性微粒子の拡散が支配的となることから、発熱抵抗体5からダイヤフラム4の端部までの距離を大きくとる(Ld, Wd を大きくとる)ことによって、拡散によるダイヤフラム4周辺の浮遊性微粒子の付着領域から発熱抵抗体5までの距離を遠ざけることができ、さら浮遊性微粒子の付着により生じる熱式流量センサの計測誤差を低減することができる。

【0048】

50

図8は、上記実験の汚損によって生じた熱式流量計の計測誤差の比較を示す。浮遊性微粒子の付着によりダイアフラム26の温度分布が変化した場合、特に低流量域における熱式流量計の計測誤差に影響する。理由は、低流量域では空気流による上流温度センサ8a, 8bと下流温度センサ9a, 9bの温度差が微小であるためである。このことから、図8に示した流量計測誤差は、空気流の流速が1.5 m/s程度での実験結果である。また、図8に示した測定点(a), (b), (c)は、図7におけるセンサ素子のダイアフラム形状(a), (b), (c)を用いた実験結果に対応している。また、グラフの横軸は、ダイアフラム4の X_d / L_h である。 X_d はこれらのダイアフラム形状において、発熱抵抗体からダイアフラム端部まで最近接距離となる値である。

【0049】

図8において、従来の構成を用いた場合の計測誤差を示す測定点(a)は15%のプラス誤差となる。これは、熱泳動効果により空気流に対して上流側のダイアフラム26の端部の汚損が大きいためであり、発熱抵抗体26の上流側に形成した上流側温度センサ8a, 8bの温度が低下したためである。一方、本実施例での構成を用いた場合の計測誤差を示す測定点(b)は、わずかにマイナス誤差に変化するが従来の構成に比べ十分小さい値である。

【0050】

また、汚損によって生じた計測誤差と X_d / L_h との関係を見ると、 X_d / L_h がおおよそ0.4以下と汚損による計測誤差が急激に増大する。このことから、汚損による計測誤差を±5%以下とするには、 X_d / L_h を0.4以上に設定することが必要である。

【0051】

また、 X_d / L_h が0.5以下では計測誤差がプラス誤差に、 X_d / L_h がおおよそ0.5以上では計測誤差がマイナス誤差になる。これは、計測誤差がプラス誤差となる範囲では、空気流に対して上流側のダイアフラム端部への浮遊性微粒子の付着が大きく熱泳動効果による汚損が支配的であることを意味する。計測誤差がマイナス誤差となる範囲では、浮遊性微粒子の拡散や周り込みによりダイアフラム下流側への付着が上流側に比べ相対的に大きくなる。しかし、拡散などによる微粒子の付着厚さは熱泳動効果の場合にくらべ薄いことから計測誤差への影響も小さい。

【0052】

また、 X_d / L_h がおおよそ0.5となる時は、ダイアフラム4に付着した微粒子が発熱抵抗体5の上流側と下流側とで同程度になる。この場合、微粒子の付着によるダイアフラム4上の温度変化は、発熱抵抗体4の上流側と下流側とで対称になり、上流温度センサ8a, 8bと下流温度センサ9a, 9bの温度差は変化しない。そのため、浮遊性微粒子の付着により発生する計測誤差が小さくなる。したがって、本実施例の構成は、発熱抵抗体の上流側と下流側の温度差を検出する少なくとも一対の測温抵抗体が前記発熱抵抗体の上流側と下流側に形成され、前記一対の測温抵抗体の温度差を用いて被計測流体の流量を計測する熱式流量センサに適用することにより特に効果が得られる。

【0053】

図8の測定点(c)は、本実施例の構成を用い発熱抵抗体5の加熱温度(T_h)を300に上げた場合の計測誤差である。また測定点(d)は従来の構成において発熱抵抗体の加熱温度(T_h)を200に上げた場合の計測誤差である。測定点(d)に示すように従来の構成において発熱抵抗体の加熱温度(T_h)を上げると、熱泳動効果による浮遊性微粒子の付着がますます増大し計測誤差が大きくなる。一方、測定点(c)に示すように本実施例の構成において発熱抵抗体の加熱温度(T_h)を上げると計測誤差が小さくなることがわかる。すなわち、 X_d / L_h が0.5以下では、 T_h を上げると熱泳動効果の影響が増大し、 X_d / L_h が0.5以上では T_h を上げてても熱泳動効果の影響を受けない。

【0054】

以上の結果から、本実施例の構成のように発熱抵抗体5の外周からダイアフラム4の外周までの最近接距離 X_d とし、空気流に対し垂直方向の発熱抵抗体5の長さを L_h とした

10

20

30

40

50

とき、 X_d / L_h が0.5以上になることで、熱泳動現象による浮遊性微粒子の付着を抑制でき、発熱抵抗体5の加熱温度を上げ流量計測感度を向上することができる。さらに望ましくは、センサ素子の製造バラツキや空気流の乱れなどのバラツキを考慮して、 X_d / L_h を0.6以上にすると良い。

【0055】

さらに望ましくは、図5において、上流側温度センサ8a, 8bと下流側温度センサ9a, 9bの被計測流体に対して垂直方向の最大長さ L_s が、発熱抵抗体5の長さ L_h よりも短くなるように設定する。これにより、ダイアフラム4の空気流に対して垂直方向の端部付近に付着した微粒子から、上流側温度センサ8a, 8b, 下流側温度センサ9a, 9bを遠ざけることができ、より浮遊性微粒子の付着の影響を低減することができる。また、ダイアフラム4上の温度分布は発熱抵抗体5の中心がピーク温度になることから、上流側温度センサ8a, 8bと下流側温度センサ9a, 9bの長さを短くして発熱抵抗体5の中心付近に集約することにより、流量計測感度を向上することができる。また、被計測流体の流れ方向が傾くなどの偏流が発生したことによるカーボンなどの浮遊性微粒子の付着箇所の変化などに対する計測精度の悪化を低減することができる。

【0056】

ダイアフラム4の形状を、発熱抵抗体5の長手方向、すなわち空気の流れ方向に垂直な方向の辺を長くした長方形とすることにより、発熱抵抗体5の形状を適正化しつつ、ダイアフラム4の大きさを徒に大きくする必要が無い。このとき、 X_d / L_h を0.4以上、好ましくは0.5以上、更に好ましくは0.6以上にすれば、浮遊性微粒子の付着の影響を低減できることが分かったので、 X_d を最低でもこの関係を満たす範囲のできるだけ小さい値に選定することにより、ダイアフラム4の強度が低下するのを防ぐことができる。

【0057】

また、基板2の大きさは有限であり、ダイアフラム4を広くすると強度的に問題があるので、 X_d / L_h の上限値は無限大ということは有り得ず、有限な値に収まる。すなわち、 X_d / L_h の上限値は基板2の大きさや強度的な問題から決まる設計的な事項であり、各センサ素子毎に適宜適当な値を採用し得るものである。

【実施例2】

【0058】

図9は、本発明の第2の実施例である熱式流量センサ素子1のダイアフラム4の拡大図である。図5の第1の実施例と異なるのは、発熱抵抗体32の中央部が、空気流6の方向に膨らんだ形状としたことである。これにより、発熱抵抗体32の形状が略十字または略円形となり、ダイアフラム4の温度分布が発熱抵抗体32の中心をピークとしたより円形の温度分布にすることができる。円形の温度分布になることにより、カーボンなどの浮遊性微粒子の付着を防止することができる。

【実施例3】

【0059】

図10は、本発明の第3の実施例である熱式流量センサ素子1のダイアフラム31の拡大図である。図5の第1の実施例と異なるのは、空気流の方向に対してダイアフラム31の上流側端部と下流側端部の中央が膨らむ形状になっていることである。これにより、ダイアフラム31の形状が略円形となり、ダイアフラム31上の温度分布が発熱抵抗体32の中心をピークとしたより円形の温度分布にすることができる。円形の温度分布になることにより、カーボンなどの浮遊性微粒子の付着を防止することができる。

【0060】

次に、第1～3実施例のセンサ素子1の製造方法に関して説明する。

【0061】

基板としては、単結晶ケイ素(Si)などの半導体基板2を用いる。ベースとなる単結晶ケイ素(Si)基板2の表面を、熱酸化あるいはCVD法などにより所定の厚さ約1 μ mの電気絶縁膜3aとなる二酸化ケイ素(SiO₂)と窒化ケイ素(Si₃N₄)を形成する。次に、抵抗体として、厚さ約1 μ mの多結晶ケイ素(Si)半導体薄膜をCVD法な

10

20

30

40

50

どにより積層する。

【0062】

次に、多結晶ケイ素（Si）半導体薄膜に不純物拡散を行い、所定の抵抗率となるように高濃度ドーパ処理を行う。更に、公知のホトリソグラフィ技術によりレジストを所定の形状に形成した後反応性イオンエッチングなどの方法により、多結晶ケイ素（Si）半導体薄膜をパターニングし、所定の抵抗体5, 7, 8a, 8b, 9a, 9b, 10, 11, 12と配線部30a~30nが得られる。

【0063】

その後工程では、保護膜として電気絶縁膜3bを電気絶縁膜3aと同様に、二酸化ケイ素（SiO₂）と窒化ケイ素（Si₃N₄）を約1ミクロン厚にCVD法などにより形成する。

10

【0064】

次に、外部回路との接続のための端子となる端子電極が電極パッド部13に保護膜3bを除去し、アルミニウム、金などで形成される。また、各抵抗体と端子を接続するための配線部30a~30nを、多結晶ケイ素（Si）半導体薄膜とアルミニウム、金などの多層膜構成としてもかまわない。

【0065】

最終工程では、単結晶ケイ素（Si）半導体基板2の裏面にエッチングのマスキ材を所定の形状にパターニングし、水酸化カリウム（KOH）などのエッチング液を用いて異方性エッチングすることにより空洞29を形成して、ダイアフラム4を形成する。

20

【0066】

以上の工程により、センサ素子1が完成する。

【0067】

上記各実施例では、抵抗体として多結晶ケイ素（Si）半導体薄膜を用いた実施例に関して説明したが、白金などの金属材料を用いた場合でも同様の効果が得られる。

【0068】

また、発熱抵抗体5として、ダイアフラム部4上に略M字状としたが、略U字状の形状でも、ミアンダ状（蛇行状）でも同様の効果が得られる。

【0069】

また、上記各実施例では、発熱抵抗体5の上下流に配した二対の測温抵抗体8a, 8b, 9a, 9bについて説明したが、一对の測温抵抗体の構成でも同様の効果が得られる。

30

【0070】

また、上記各実施例では、発熱抵抗体5の周囲に配した加熱温度センサ7の抵抗変化により発熱抵抗体5の温度を検出し、発熱抵抗体5の加熱温度を制御する方式としたが、直接発熱抵抗体5の抵抗変化から発熱抵抗体5の温度を検出し、発熱抵抗体5の加熱温度を制御する方式としても同様な効果が得られる。

【0071】

また、上記各実施例では、発熱抵抗体5の上下流に配した温度センサの温度差から流量および流れの方向を計測する温度差方式を説明したが、発熱抵抗体5の加熱電流や抵抗変化から流量および方向を計測する方式においても、同様の効果が得られる。

40

【0072】

上述した実施例を要約すると、以下の構成を有する。

【0073】

被計測流体を採り込む通路21と、通路21内に配置され被計測流体の流量を計測するセンサ素子1とを備え、センサ素子1が半導体基板2と、半導体基板2に形成された空洞部29と、空洞部29上に電気絶縁膜3aを介して形成された発熱抵抗体5とを有し、発熱抵抗体5から被計測流体に放熱することにより被計測流体の流量を計測する熱式流量計において、被計測流体の流れ方向6に対して垂直方向における発熱抵抗体5の長さをLhとし、被計測流体の流れ方向における発熱抵抗体5の上流側端部から空洞部29の周縁29a（ダイアフラムの外周縁4a）までの最近接距離をWdとするとき、LhとWdとの

50

関係を $W d = 0.4 L h$ としたものである。こうすることで、発熱抵抗体 5 の加熱温度を上げることにより、カーボンなどの浮遊性微粒子の付着がより低減される構成となる。好ましくは $L h$ と $W d$ との関係を $W d = 0.5 L h$ にするとよい。

【0074】

また、被計測流体の流れ方向 6 に対して垂直方向における発熱抵抗体 5 の端部から空洞部 29 の周縁 29 a (4 a) までの最近接距離を $L d$ とするとき、 $L h$ と $L d$ との関係を $L d = 0.4 L h$ とする。好ましくは $L h$ と $L d$ との関係を $L d = 0.5 L h$ にするとよい。こうすることで、発熱抵抗体 5 の加熱温度を上げることにより、浮遊性微粒子の付着がより低減される構成となる。

【0075】

従来技術では、発熱抵抗体の加熱温度を上げると熱泳動効果が促進され付着量が増大するが、上記の構成とすることで浮遊性微粒子の付着を抑制できるので、発熱抵抗体 5 の加熱温度を上げセンサ素子 1 の流量検出感度を向上することが容易になる。また、発熱抵抗体 5 を小型にできることから消費電力を小さくできセンサ素子 1 を低電力で駆動することが可能である。

【0076】

また、 $W d$ と $L d$ との関係を $L d = W d$ とする。これにより、より効果的に浮遊性微粒子の付着を抑制できる。さらに、電気絶縁膜 3 b に浮遊性微粒子が付着することにより発熱抵抗体 5 から半導体基板 2 への熱伝導が増加するが、電気絶縁膜 3 b への浮遊性微粒子の付着を低減できるので、発熱抵抗体 5 から半導体基板 2 への熱伝導を低減することができ、低消費電力化が可能である。

【0077】

また、発熱抵抗体 5 の上流側と下流側とにそれぞれ形成された測温抵抗体 8 a, 8 b, 9 a, 9 b を備え、被計測流体の流れ方向 6 に対して垂直方向における測温抵抗体 8 a, 8 b, 9 a, 9 b の長さ $L s$ が被計測流体の流れ方向 6 に対して垂直方向における発熱抵抗体 5 の長さ $L h$ 以下である。これにより、空洞部 29 (ダイヤフラム 4) 上の温度分布は発熱抵抗体 5 の中心がピーク温度になることから、上流側の側温抵抗体 8 a, 8 b と下流側の側温抵抗体 9 a, 9 b の長さを短くし、発熱抵抗体 5 の中心付近に集約することにより、流量計測感度を向上することができる。また、被計測流体の流れ方向 6 が傾くなどの偏流が発生したことによる浮遊性微粒子の付着箇所の変化などに対する計測精度の悪化を低減することができる。

【0078】

空洞部 29 は被計測流体の流れ方向 6 に沿うように形成された短辺 4 b, 4 d と短辺 4 b, 4 d に垂直な長辺 4 a, 4 c とを有する長方形に形成され、発熱抵抗体 5 は長辺 4 a, 4 c に沿う方向に延設されると共に延設方向の端部で折り返すことによって電気絶縁膜 3 a 上に平行に並んだ複数の抵抗体部分 5 a ~ 5 d を有し、抵抗体部分 5 a ~ 5 d の延設方向における長さ $L h$ を平行に並んだ複数の抵抗体部分 5 a ~ 5 d の全幅 $W 5$ よりも大きくする。

【0079】

発熱抵抗体 5 の加熱温度が被計測流体の温度よりも 200 以上高くなるように加熱制御することにより、自動車などの内燃機関に使用するオイルが吸入空気中に混入した場合でも、オイルを蒸発させることができ、オイルなどの付着によるカーボンなどの付着の促進を抑制することができる。

【0080】

さらに、本発明に係る熱式流量計は、被計測流体を採り込む通路 21 と、通路 21 内に配置され被計測流体の流量を計測するセンサ素子 1 とを備え、センサ素子 1 は、半導体基板 2 と、半導体基板 2 に形成された空洞部 29 と、空洞部 29 上に電気絶縁膜 3 a を介して形成された発熱抵抗体 5 と、被計測流体の流れ方向 6 における発熱抵抗体 5 の上流側と下流側とに設けられ空洞部 29 上に位置するように電気絶縁膜 3 a 上に形成された測温抵抗体 8 a, 8 b, 9 a, 9 b とを有し、空洞部 29 は被計測流体の流れ方向 6 に沿うよう

10

20

30

40

50

に形成された短辺 4 b , 4 d と短辺 4 b , 4 d に垂直な長辺 4 a , 4 c とを有する長方形に形成され、発熱抵抗体 5 は、長辺 4 a , 4 c に沿う方向に延設され、延設方向の端部で折り返すことによって電気絶縁膜 3 a 上に平行に並んだ複数の抵抗体部分 5 a ~ 5 d を有すると共に、抵抗体部分 5 a ~ 5 d の延設方向における長さ L h の方が平行に並んだ複数の抵抗体部分 5 a ~ 5 d の全幅 W 5 よりも大きくなるように形成され、測温抵抗体 8 a , 8 b , 9 a , 9 b は、被計測流体の流れ方向 6 に対して垂直方向における長さが被計測流体の流れ方向に対して垂直方向における発熱抵抗体 5 の長さ以下に形成され、被計測流体の流れ方向 6 に対して垂直方向の発熱抵抗体 5 の長さを L h とし、被計測流体の流れ方向 6 における発熱抵抗体 5 の上流側端部から空洞部 2 9 の周縁 2 9 a (4 a) までの最近接距離を W d とし、被計測流体の流れ方向 6 に対して垂直方向における発熱抵抗体 5 の端部から空洞部 2 9 の周縁 2 9 a (4 a) までの最近接距離を L d とするとき、L h と W d との関係は $W d = 0.4 L h$ とし、L h と L d との関係は $L d = 0.4 L h$ とする。

10

【符号の説明】

【 0 0 8 1 】

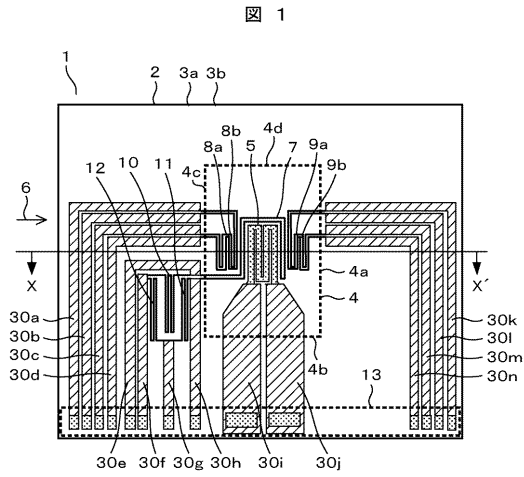
- 1 センサ素子
- 2 基板
- 3 a , 3 b 電気絶縁膜
- 4 , 3 1 ダイアフラム
- 5 , 3 2 発熱抵抗体
- 6 空気流
- 7 加熱温度センサ
- 8 a , 8 b 上流側温度センサ
- 9 a , 9 b 下流側温度センサ
- 1 0 , 1 1 , 1 2 感温抵抗体
- 1 3 電極パッド部
- 1 4 温度分布
- 1 5 , 1 7 増幅器
- 1 6 トランジスタ
- 1 8 吸気管路
- 1 9 ベース部材
- 2 0 吸気
- 2 1 副通路
- 2 2 回路基板
- 2 3 金線ボンディングワイヤー
- 2 4 端子
- 2 5 アルミボンディングワイヤー
- 2 6 従来の発熱抵抗体
- 2 7 従来のダイアフラム
- 2 8 浮遊性微粒子の付着部
- 2 9 空洞部
- 3 0 a ~ n 配線部

20

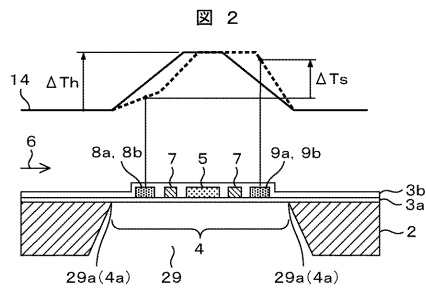
30

40

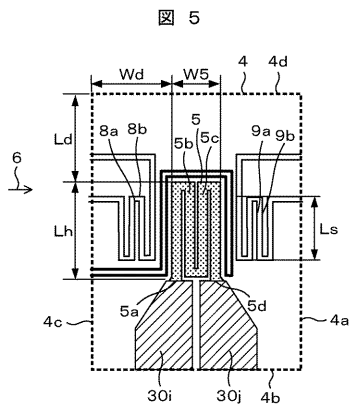
【 図 1 】



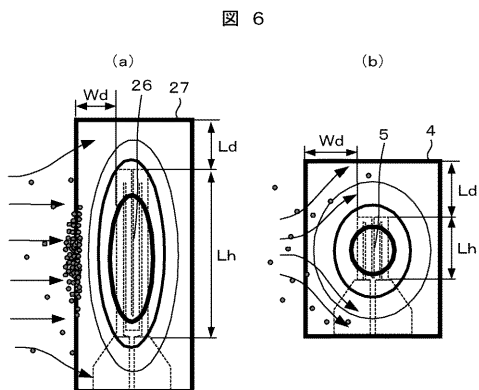
【 図 2 】



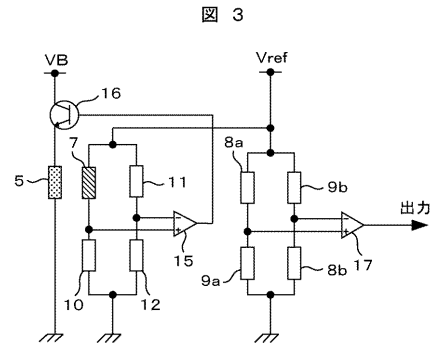
【 図 5 】



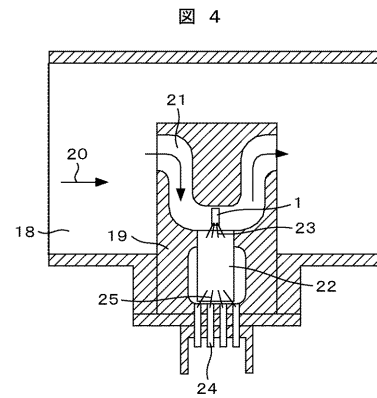
【 図 6 】



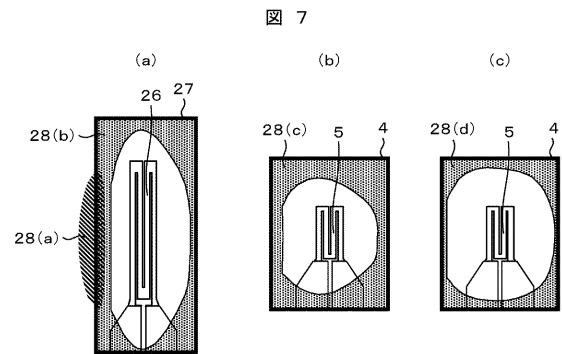
【 図 3 】



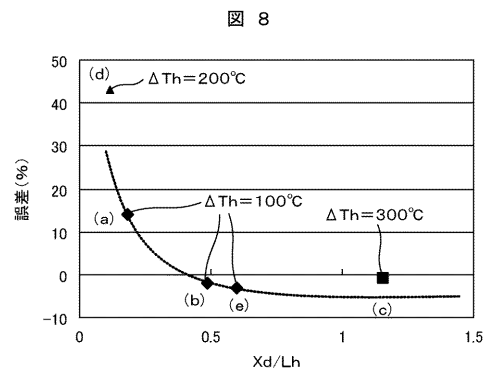
【 図 4 】



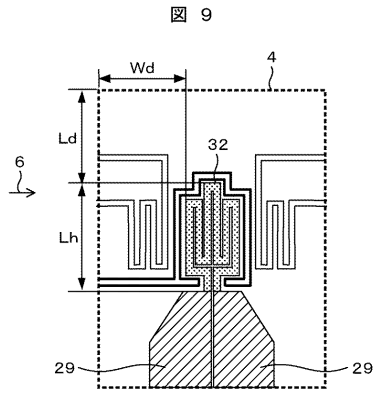
【 図 7 】



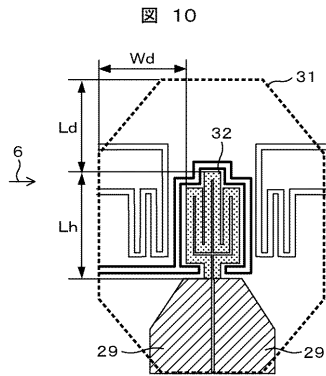
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(72)発明者 半沢 恵二

茨城県ひたちなか市高場2477番地
ング内

株式会社 日立カーエンジニアリ

審査官 石井 哲

(56)参考文献 特開2004-061412(JP,A)

特開2006-052944(JP,A)

特開2004-361271(JP,A)

特開2006-307863(JP,A)

特開2006-349688(JP,A)

特開2008-233012(JP,A)

特開2006-177972(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01F 1/68 - 1/699