

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5492834号
(P5492834)

(45) 発行日 平成26年5月14日(2014.5.14)

(24) 登録日 平成26年3月7日(2014.3.7)

(51) Int.Cl. F I
G O 1 F 1/682 (2006.01) G O 1 F 1/68 1 O 4 A

請求項の数 13 (全 33 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-162751 (P2011-162751) (22) 出願日 平成23年7月26日 (2011.7.26) (65) 公開番号 特開2013-24822 (P2013-24822A) (43) 公開日 平成25年2月4日 (2013.2.4) 審査請求日 平成25年8月21日 (2013.8.21)</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 (74) 代理人 100098660 弁理士 戸田 裕二 (74) 代理人 100091720 弁理士 岩崎 重美 (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</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】

被測定流体の流れに曝されるように配設した基板と、前記基板の一部を矩形状に除去することにより形成した薄膜部と、前記薄膜部に設けた発熱手段と、前記薄膜部に設けた少なくとも第1から第4の温度検出体と、前記第1から第4の温度検出体のそれぞれが接続された第1から第4の配線を備え、前記被測定流体の流れによる前記薄膜部上の温度分布の変化を前記第1から第4の温度検出体で検出することにより、前記被測定流体の流量を検出する熱式流量計において、

前記第1から第4の温度検出体は、前記薄膜部内で前記第1から第4の配線と接続されており、

前記第1から第4の配線は、前記薄膜部の端部の4辺のうち前記被測定流体の流れに沿った辺を通して前記薄膜部外に引き出され、且つ、前記薄膜部の端部の4辺のうち流体の流れに交差する辺を通る2つの線により挟まれた領域において前記第1から第4の配線が結線されることによってブリッジ回路が形成されたことを特徴とする熱式流量計。

【請求項2】

請求項1記載の熱式流量計において、

前記発熱手段は、電流を流すことにより発熱する発熱抵抗体であり、

前記被測定流体の流れに沿い且つ前記発熱抵抗体の中心を通る中心線により分割される領域のうち、一方の領域側において、前記発熱抵抗体と前記薄膜部内で接続された第5の配線が前記薄膜部外に引き出され、他方の領域側において、前記第1から第4の配線が前

記薄膜部外に引き出されていることを特徴とする熱式流量計。

【請求項 3】

請求項 2 記載の熱式流量計において、

前記第 5 の配線は、前記薄膜部外に引き出されたのち、前記薄膜部に対して前記流れの上流側または下流側を通る様に延設されたことを特徴とする熱式流量計。

【請求項 4】

請求項 3 記載の熱式流量計において、

前記薄膜部外に引き出された前記第 5 の配線のうち前記薄膜部に近い方の配線を低電位、前記薄膜部から遠い方の配線を高電位としたことを特徴とする熱式流量計。

【請求項 5】

請求項 2 記載の熱式流量計において、

前記ブリッジ回路の中間電圧を取り出す検出配線が前記第 1 から第 4 の配線のいずれかに電氣的に接続されており、

前記検出配線を前記薄膜部に対して前記流れの上流側または下流側を通るように延設したことを特徴とする熱式流量計。

【請求項 6】

請求項 5 記載の熱式流量計において、

前記ブリッジ回路に電圧を供給する 2 つの電圧供給配線が前記第 1 から第 4 の配線のいずれかに電氣的に接続されており、

前記検出配線を前記 2 つの電圧供給配線で作られる領域に延設したことを特徴とする熱式流量計。

【請求項 7】

請求項 1 記載の熱式流量計において、

前記発熱手段は、電流を流すことにより発熱する発熱抵抗体であり、

前記被測定流体の流れに沿い且つ前記発熱抵抗体の中心を通る中心線により分割される領域のうち、

一方の領域側において、前記発熱抵抗体接続された一端の配線が前記薄膜部外に引き出され、

他方の領域側において、前記第 1 から第 4 の配線および前記発熱抵抗体に接続された他端の配線が前記薄膜部外に引き出されていることを特徴とする熱式流量計。

【請求項 8】

請求項 7 記載の熱式流量計において、

前記発熱抵抗体の両端に接続された配線のうち、前記他方の領域側において前記薄膜部外に引き出される側の配線を低電位、他方の配線を高電位としたことを特徴とする熱式流量計。

【請求項 9】

請求項 1 記載の熱式流量計において、

前記発熱手段は、前記第 1 から第 4 の温度検出体であることを特徴とする熱式流量計。

【請求項 10】

請求項 9 記載の熱式流量計において、

前記薄膜部内で前記第 1 から第 4 の温度検出体に接続される前記第 1 から第 4 の配線が、前記薄膜部の端部の 4 辺のうち前記流体の流れに沿った 2 辺の両辺から前記薄膜部の外に引き出され、且つ、前記薄膜部の端部の 4 辺のうち流体の流れに交差する辺を通る 2 つの線により挟まれた領域において、前記第 1 から第 4 の配線が結線されることによりブリッジ回路が形成されたことを特徴とする熱式流量計。

【請求項 11】

請求項 1 記載の熱式流量計において、

前記基板に半導体集積回路からなる温度検出回路を形成し、

前記温度検出回路は、前記第 1 から第 4 の配線を結線することにより形成された前記ブリッジ回路に接続されていることを特徴とする熱式流量計。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

請求項 2 記載の熱式流量計において、

前記基板に半導体集積回路からなるヒータ温度制御回路を形成し、前記第 5 の配線が前記ヒータ温度制御回路に接続されていることを特徴とする熱式流量計。

【請求項 1 3】

請求項 9 または請求項 1 0 記載の熱式流量計において、

前記基板に半導体集積回路からなるヒータ温度制御回路を形成し、前記第 1 から第 4 の配線のいずれかに接続されていることを特徴とする熱式流量計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、被計測流体中の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する。

【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。

【0003】

近年では、MEMS 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。発熱抵抗体の近傍の上流側と下流側に対となる温度センサ (感温抵抗体) を形成し、空気が流れることにより発生する発熱抵抗体の上流側と下流側の温度差から流量を検出することができる。また、この方式によれば、順流と逆流の判別も可能である。さらに、発熱抵抗体の大きさは数百マイクロメートルと微細であり、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・小型化が可能である。

20

【0004】

センサ素子に関連する従来技術として、特許文献 1、特許文献 2 に記載のものがある。特許文献 1 には、半導体センサ素子と制御回路チップとターミナル素材をモールド成型により一体化することにより、部品数の削減及び低コスト化を図っている。また、特許文献 2 では、薄膜部の配線パターンの引き出し方により、流量の検出感度の改善を図っている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開平 1 1 - 6 7 5 2 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 0 - 1 0 7 4 9 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0006】

特許文献 1 に示される熱式流量計のセンサ素子は、制御回路やリード等とを射出成形により一体成形することでモールド材によって覆われる構造である。モールド材としては、エポキシ系樹脂等が用いられる。しかし、モールド材でセンサ素子を覆うと、成形時の応力や、熱式流量計が設置される環境の温度が変化したときのモールド材の熱膨張、熱収縮により、センサ素子に大きな応力が加わる。特許文献 1 では、センサ素子のおよそ半分の部位がモールド材によって覆われている。熱式流量計の組み立て時の製造誤差を低減という観点からは、センサ素子の広範囲をモールド材で覆うことが有効である。しかし、センサ素子の広範囲をモールド材で覆うことによりさらにモールド材による応力が増加してしまう。

50

【0007】

また、センサ素子の部品コストを低減するためにはセンサ素子の小型化も必要である。射出成型技術は製造精度に優れ、大量生産が容易であることから小型化したセンサ素子の実装方法として有効である。しかし、センサ素子を小型化すると、センサ素子の全体面積に対するセンサ素子の空洞部の領域が相対的に大きくなりセンサ素子の応力に対する変形が大きくなる。

【0008】

また、センサ素子に応力が加わると、センサ素子上に形成した配線に応力が加わり配線の抵抗値が変動する。特に、温度検出素子に接続された配線は、抵抗の微小変化で温度検出精度に大きな誤差を与える。特に熱式流量計の低流量の測定精度が悪化することになる。

10

【0009】

特許文献2に記載の熱式流量計では、センサ素子の薄膜部に形成した温度検出体の配線が薄膜部の角を交差しないように引き出すことにより薄膜部の耐圧力性を向上している。しかし、特許文献2には、薄膜部の耐圧力性に関して述べられているが、配線が受ける応力については検討がされておらず、応力が加わることで配線の抵抗値が変動することによる測定精度の悪化については何ら検討がされていない。

【0010】

本発明の目的は、測定精度を向上した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】

20

【0011】

上記目的を達成するために、本発明の熱式流量計は、被測定流体の流れに曝されるように配設した基板と、前記基板の一部を矩形状に除去することにより形成した薄膜部と、前記薄膜部に設けた発熱手段と、前記薄膜部に設けた少なくとも第1から第4の温度検出体と、前記第1から第4の温度検出体のそれぞれが接続された第1から第4の配線を備え、前記被測定流体の流れによる前記薄膜部上の温度分布の変化を前記第1から第4の温度検出体で検出することにより、前記被測定流体の流量を検出する熱式流量計において、前記第1から第4の温度検出体は、前記薄膜部内で前記第1から第4の配線と接続されており、前記第1から第4の配線は、前記薄膜部の端部の4辺のうち前記被測定流体の流れに沿った辺を通して前記薄膜部外に引き出され、且つ、前記薄膜部の端部の4辺のうち流体の流れに交差する辺を通る2つの線により挟まれた領域において前記第1から第4の配線が結線されることによってブリッジ回路が形成されている。

30

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、測定精度を向上した熱式流量計を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1の実施例におけるセンサ素子を示す平面図である。

【図2】第1の実施例におけるセンサ素子を示す断面図である。

【図3】センサ素子の駆動・検出回路を示す回路図である。

40

【図4】第1の実施例における薄膜部周辺の詳細図である。

【図5】上流側温度センサと下流側温度センサから成るブリッジ回路の詳細図である。

【図6】センサ素子の基板の応力分布の解析結果の概略図である。

【図7】第2の実施例におけるセンサ素子を示す平面図である。

【図8】第2の実施例におけるセンサ素子の駆動・検出回路を示す回路図である。

【図9】第2の実施例における薄膜部周辺の詳細図である。

【図10】第3の実施例におけるセンサ素子を示す平面図である。

【図11】第3の実施例における薄膜部周辺の詳細図である。

【図12】第4の実施例におけるセンサ素子を示す平面図である。

【図13】第4の実施例におけるセンサ素子の駆動・検出回路を示す回路図である。

50

【図14】第4の実施例における薄膜部周辺の詳細図である。

【図15】第5の実施例におけるセンサ素子を示す平面図である。

【図16】第5の実施例における薄膜部周辺の詳細図である。

【図17】第6の実施例におけるセンサ素子を示す平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明に係る実施例について説明する。

【実施例1】

【0015】

本発明に係る第1の実施例について以下説明する。

10

【0016】

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。センサ素子1の基板2は被測定流体である空気の空気流6に曝されるように配設しており、基板2は、シリコンやセラミック等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薄膜部4を形成する。

【0017】

薄膜部4上の電気絶縁膜3aの中心付近の表面には発熱手段としての発熱抵抗体5を形成する。さらに薄膜部4上には、発熱抵抗体5の上流側に上流側温度センサ8a、8b、発熱抵抗体5の下流側に下流側温度センサ9a、9bを形成する。上流側温度センサ8a、8bは発熱抵抗体5の中心に対して空気流6の上流側、下流側温度センサ9a、9bは発熱抵抗体5の中心に対して空気流6の下流側であれば良い。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他、保護膜としても働く。薄膜部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を配置する。

20

【0018】

これら発熱抵抗体5、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、タンゲステン、ニッケル合金などの金属材料などの他、熱伝対やサーミスタなどを用いることができる。

30

【0019】

また、電気絶縁膜3a、3bは二酸化ケイ素(SiO_2)や窒化ケイ素(Si_3N_4)の他、これらを複合した積層膜により約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。

【0020】

さらにセンサ素子1の端部には、発熱抵抗体5、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を駆動・検出回路へ接続するための電極パッド13a、13b、13c、13d、13e、13f、13gを設ける。尚、これらの電極パッドはアルミなどで形成する。

40

【0021】

発熱抵抗体5と電極パッド13b、13cは配線18a、18bにより接続される。また、上流側温度センサ8a、8bおよび下流側温度センサ9a、9bはブリッジ回路となるようにセンサ素子1の基板2上で結線されている。上流側温度センサ8a、8b、下流側温度センサ9a、9bによって構成されたブリッジ回路には、基準電圧の供給および差電圧の検出のために配線18c、18d、18e、18fが接続される。さらに配線18c、18d、18e、18fは電極パッド13d、13e、13f、13gに接続される。

【0022】

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。図2に示したセンサ素子

50

1の断面構成と共に示した温度分布14はセンサ素子1の表面温度の分布である。温度分布14の実線は無風時の薄膜部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14の破線は、空気流6が流れたときの薄膜部4の温度分布である。空気流6が流れることにより、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、上流側温度センサ8a、8bと下流側温度センサ9a、9bとによって発熱抵抗体5の上流側と下流側の温度差 T_s を測定することにより流量が計測される。

【0023】

次に、センサ素子1の駆動・検出回路について説明する。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と抵抗体11とから成る直列回路と、感温抵抗体10と抵抗体12とから成る直列回路とを並列に接続したブリッジ回路を構成する。このブリッジ回路の各直列回路の中間電圧を取り出し、増幅器15に接続する。増幅器15の出力は、トランジスタ16のベースに接続する。トランジスタ16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と感温抵抗体10に接続する。また、抵抗体11と抵抗体12の間は基準電位に接続するか、または接地電位に接続する。発熱抵抗体5と抵抗体11と感温抵抗体10と抵抗体12の抵抗バランスを適宜設定することにより、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。

【0024】

本実施例では、ヒータ温度制御回路として、増幅器15およびトランジスタ16により発熱抵抗体5の加熱温度を制御する構成としているが、ブリッジ回路の差電圧を検出し、検出した差電圧に応じた電流を発熱抵抗体5に供給する構成であれば良い。例えば、ブリッジ回路の差電圧をAD変換器でデジタル信号に変換し、変換したデジタル信号に対し補正を加えたのち、DA変換により電圧または電流に変換し発熱抵抗体5の加熱電流を制御する構成でもよい。

【0025】

上流側温度センサ8aと下流側温度センサ9bとからなる直列回路と、下流側温度センサ9aと上流側温度センサ8b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6により上流側温度センサ8a、8bと下流側温度センサ9a、9b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。この差電圧を増幅器17によって検出し空気流量に応じた出力が得られる。

【0026】

本実施例における薄膜部4の周辺の配線の構成について図4を用いて詳細に説明する。上流側温度センサ8aの一端に接続された配線19aと、上流側温度センサ8aの他端に接続された配線19dを備える。また、上流側温度センサ8bの一端に接続された配線19bと、上流側温度センサ8bの他端に接続された配線19cを備える。また、下流側温度センサ9aの一端に接続された配線20aと、上流側温度センサ9aの他端に接続された配線20dを備える。また、下流側温度センサ9bの一端に接続された配線20bと、下流側温度センサ9bの他端に接続された配線20cを備える。配線19aと配線19dで第1の配線を構成し、配線19bと配線19cで第2の配線を構成し、配線20aと配線20dで第3の配線を構成し、配線20bと配線20cで第4の配線を構成する。なお、第1～第4の配線は薄膜部4内で上流側温度センサ8a、8bおよび下流側温度センサ9a、9bと接続されている。

【0027】

これらの第1～第4の配線が薄膜部4の端部の4辺(辺4a、辺4b、辺4c、辺4d)のうち空気流6の流れに沿った辺4aを通り薄膜部4の外に引き出され、且つ薄膜部4の端部の4辺のうち流体の流れに交差する2辺(辺4c、辺4d)を通る2つの線 Y_1 、 Y_2 により挟まれた領域において、第1～第4の配線が結線され、ブリッジ回路が形成さ

10

20

30

40

50

れて成るように構成する。

【0028】

上記第1～第4の配線によるブリッジ回路の接続方法について図5を用いて説明する。下流側温度センサ9aと上流側温度センサ8bは、第3配線を成す配線20aと第2配線を成す配線19bを接続することにより直列接続される。また、上流側温度センサ8aと下流側温度センサ9bは、第1配線を成す配線19aと第4配線を成す配線20bを接続することにより直列接続される。下流側温度センサ9aと上流側温度センサ8aは、第3の配線を成す配線20dと第1の配線を成す配線19dを介して接続されている。また、上流側温度センサ8bと下流側温度センサ9bは、第2の配線を成す配線19cと第4の配線を成す配線20cを介して接続されている。このように第1から第4の配線が結線されブリッジ回路と成る。

10

【0029】

ただし、これらの第1から第4の配線を温度検出のためのブリッジ回路として結線するには、第1から第4の配線のうちいずれかの配線を交差させる必要がある。本実施形態では、図4に示すように、配線19bと配線20aを接続するために、他の層に形成した配線21cを用いている。配線21cとしては、アルミ配線などを用い比較的抵抗率が低い金属材料を用いることが望ましい。

【0030】

上記の上流側温度センサ8a、8bおよび下流側温度センサ9a、9bおよびこれらを接続する配線19a、19b、19c、19d、配線20a、20b、20c、20dは、薄膜部4の端部の4辺のうち空気流6の流れ方向に交差する2辺(辺4c、辺4d)を通る2つの線Y1、Y2により挟まれた領域内に配置している。言い換えれば、上流側温度センサ8a、8bおよび下流側温度センサ9a、9bおよびこれらを接続する配線19a、19b、19c、19d、配線20a、20b、20c、20dを含んで形成される閉ループが、薄膜部4の端部の4辺のうち空気流6の流れ方向に交差する2辺(辺4c、辺4d)を通る2つの線Y1、Y2により挟まれた領域内に位置する構成である。

20

【0031】

上記のように構成したブリッジ回路には、配線18c、18d、18e、18fが接続されブリッジ回路への電源供給と、ブリッジ回路の差動電圧を取り出している。配線18cからは基準電圧Vrefが供給され、配線18fは接地電位に接続され、配線18dと配線18fにより差動電圧を取り出している。さらに具体的には、配線18cは配線19dと配線20dのいずれかの部分に接続され、配線18fは配線19cと配線20cのいずれかの部分に接続され、配線18dは配線20aと配線19bのいずれかの部分に接続され、配線18eは、配線19aと配線20bのいずれかの部分に接続されている。

30

【0032】

ただし、これらの配線18c、18d、18e、18fをブリッジ回路に接続するためには、他の配線と交差させる必要がある。本実施形態では、図4に示すように配線18cをブリッジ回路に接続するために他の層に形成した配線21aを用いている。また、配線18fをブリッジ回路に接続するために他の層に形成した配線21bを用いている。配線21aおよび配線21bとしては、アルミ配線などを用い比較的抵抗率が低い金属材料を用いることが望ましい。

40

【0033】

本実施例における構成により得られる効果について、以下説明する。

【0034】

図6は、本実施例におけるセンサ素子1が、他の支持部材に接着固定されたときに受けるセンサ素子1の基板2の応力分布の解析結果の概略図を示す。図6の応力分布は、センサ素子1の周囲を樹脂で覆うことにより固定され、センサ素子1と樹脂の熱膨張の違いによりセンサ素子1の上端22aとセンサ素子1の下端22bの2方から引っ張られた状態を想定している。センサ素子1がこのように引っ張られたときの応力は、薄膜部4の端部の角部23a、23b、23c、23dにおいて応力集中が発生する。また、センサ素子

50

1の周辺部も樹脂により接着されているため比較的応力が大きくなる。

【0035】

上記の応力分布において、線Y1と線Y2に挟まれた領域と、その他の領域とで比較すると、線Y1と線Y2によって挟まれる領域の方が、応力が小さいことが分かる。したがって、前述した上流側温度センサ8a、8bと下流側温度センサ9a、9bおよびこれらを接続する配線19a、19b、19c、19d、配線20a、20b、20c、20dを含んで形成される閉ループが線Y1と線Y2に挟まれた領域に位置するように形成することにより、これらの配線が受ける応力を低減することができる。応力が上記配線へ与える影響としては、ピエゾ抵抗変化、ストレスによる配線の劣化が起きる。

【0036】

本実施例の構成とすることにより、ブリッジ回路の閉ループを成す配線19a、19b、19c、19d、配線20a、20b、20c、20dが受ける応力を低減することができる。これにより、上流側温度センサ8a、8bおよび下流側温度センサ9a、9bの温度差の検出精度を高めることが可能であり、高精度な熱式流量計が得られる。特に、低流量の検出については検出電圧が微小であることからより効果が得られる。

【0037】

本実施例において、前記第1から第4配線を形成する材料としては、上流側温度センサ8a、8bおよび下流側温度センサ9a、9bに用いられる材料と同一の材料を用いることができる。また、上流側温度センサ8a、8bおよび下流側温度センサ9a、9bに用いられる材料とは異なる材料で形成しても良い。例えば配線21cのように複数の材料で構成することもできる。この場合の配線19bの領域は、上流側温度センサ8bに接続される部分から、配線18dがブリッジ回路の閉ループに接続される部分までとなり配線21cを含むことになる。

【0038】

本実施形態では図4に示すように第1の配線(配線19a、配線19d)、第2の配線(配線19b、配線19c)、第3の配線(配線20a、配線20d)、第4の配線(配線20b、配線20c)のすべての配線を薄膜部4の外に引き出す構成としているが、他の方法としては、例えば第1配線を成す配線19dと第3配線を成す配線20dを薄膜部4の内部で結線することもできる。すなわち、第1から第4の配線の各々の配線の少なくとも2本の配線のうち一方の配線が前記薄膜部4の外に引き出され、他方の配線は前記薄膜部4の内部で他の配線に接続される構成でも良い。

【0039】

ただし、配線21aのように他の層に形成した配線を用いる場合については、配線21aは薄膜部4の外に位置する方が望ましい。これは、複数の層に形成した配線を接続する接続部分においては、ストレスにより接続部の界面に空洞(ポイド)が発生するなど、接触抵抗が増加また断線する可能性が高い。特に高温に曝されると影響が顕著になる。そのため、複数の層に形成した配線の接続部は、高温となる薄膜部4を避けるようにした方が望ましい。

【0040】

さらに本実施例においては上記に加えて以下のように構成することが望ましい。図4の構成図において、空気流6の流れに沿い、且つ発熱抵抗体5の中心を通る中心線Xにより分割される領域のうち、一方の領域側において発熱抵抗体5に接続された第5の配線(配線18a、配線18b)が薄膜部4の外へ引き出され、他方の領域側において、第1~第4の配線(配線19a~19d、配線20a~20d)が薄膜部4の外へ引き出されてなるように構成する。この構成とすることにより、第1から第4の配線と、第5の配線が異なる側から引き出されるため、配線の線幅を広く形成し配線抵抗体を小さくすることが容易になる。第1から第4の配線の抵抗値が小さくなることにより、配線抵抗が小さくなり応力による抵抗変化の影響を更に低減できるとともに、配線抵抗の電圧降下による温度検出感度の低下を低減することができる。また、第5の配線の抵抗値が小さくなることにより、第5の配線による電力損失および発熱が低減でき低消費電力化に有効である。また、

10

20

30

40

50

第5の配線には、発熱抵抗体5を駆動するため電圧が供給されており、この電圧により発生する電氣的なノイズの影響が、第1から第4の配線に影響を及ぼさないように、第5の配線と第1から第4の配線との距離を離し電氣的なカップリングを低減する構成とすることができる。

【0041】

第5の配線は、発熱抵抗体5に接続されて、発熱抵抗体5に電流を流すために用いられる他、発熱抵抗体5の抵抗変化を検出し、発熱抵抗体5の温度制御をするために用いることもできる。

【0042】

また、第5の配線は、発熱抵抗体5の高電位側と低電位側の両端に接続され、少なくとも高電位側に接続される配線（配線18b）と低電位側に接続される配線（配線18a）2本の配線から成る。第5の配線を形成する材料としては、発熱抵抗体5や上流側温度センサ8a、8b、下流側温度センサ9a、9bに用いられる材料と同一の材料を用いることもできる他、材料とは異なる材料で形成してもよく、また、複数の材料で構成することもできる。

10

【0043】

更に、センサ素子1基板2上にブリッジ回路の中間電圧を取り出す配線（配線18c、配線18d、配線18e、配線18f）を設け、これらの配線を、薄膜部4に対して空気流6の下流側を通るように延設した場合、以下のように構成することが望ましい。ブリッジ回路に電圧を供給する2つの電圧供給配線（配線18c、配線18f）を設け、検出配線（配線18d、配線18e）が2つの電圧供給配線（配線18c、配線18f）に挟まれる部位をもつ、すなわち、2つの電圧供給配線（配線18c、配線18f）で作られる領域に延設されている。2つの電圧供給配線は、接地電位または固定電位に接続することができ、このような構成により、検出配線（配線18d、配線18e）が接地電位または固定電位の配線（配線18c、配線18f）に囲まれ、発熱抵抗体5および、発熱抵抗体5に接続される配線18bから発生する電氣的なノイズや、外部環境からの電磁波の混入を低減することができ、高精度化に有利である。

20

【実施例2】

【0044】

本発明に係る第2の実施例について以下説明する。本実施例では、第1の実施例と異なる構成についての説明とし、第1の実施例と同様な構成については符号を同じくして説明を省略する。

30

【0045】

本実施例による熱式流量計のセンサ素子24の構成を図7により説明する。図7は、センサ素子24を示す平面図である。薄膜部4上の中心付近には発熱手段としての発熱抵抗体5を形成する。さらに薄膜部4上に、発熱抵抗体5の上流側に上流側温度センサ8a、8b、発熱抵抗体5の下流側に下流側温度センサ9a、9bを形成する。上流側温度センサ8a、8bは発熱抵抗体5の中心に対して空気流6の上流側、下流側温度センサ9a、9bは発熱抵抗体5の中心に対して空気流6の下流側に配置する。薄膜部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を配置する。

40

【0046】

さらにセンサ素子24の端部には、発熱抵抗体5、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を駆動・検出回路へ接続するため電極パッド13a、13b、13c、13d、13e、13f、13gを設ける。

【0047】

発熱抵抗体5と電極パッド13b、13cは配線18a、18bにより接続される。また、上流側温度センサ8a、8bおよび下流側温度センサ9a、9bはブリッジ回路となるように結線されている。上流側温度センサ8a、8b、下流側温度センサ9a、9bによって構成されたブリッジ回路には、基準電圧の供給および差電圧を検出するために配線

50

18c、18d、18e、18fが接続さる。さらに配線18c、18d、18e、18fは電極パッド13d、13e、13f、13gに接続される。

【0048】

次に、センサ素子24の駆動・検出回路について図8を用いて説明する。

【0049】

抗体11と発熱抗体5とから成る直列回路と、抗体12と感温抗体10とから成る直列回路とを並列に接続したブリッジ回路を構成する。このブリッジ回路の各直列回路の中間電圧を取り出し、増幅器15に接続する。増幅器15の出力は、トランジスタ16のベースに接続する。トランジスタ16のコレクタは電源VBに接続し、エミッタは抗体11と抗体12に接続する。また、発熱抗体5と感温抗体10の間は接地電位に接続する。発熱抗体5と抗体11と感温抗体10と抗体12の抵抗バランスを適宜設定することにより、発熱抗体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。

10

【0050】

上流側温度センサ8aと下流側温度センサ9bとからなる直列回路と、下流側温度センサ9aと上流側温度センサ8b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6により上流側温度センサ8a、8bと下流側温度センサ9a、9b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17によって空気流量に応じた出力が得られる。

20

【0051】

本実施例における薄膜部4の周辺の配線の構成について図9を用いて詳細に説明する。上流側温度センサ8aの一端に接続された配線19aと、上流側温度センサ8aの他端に接続された配線19dを備える。また、上流側温度センサ8bの一端に接続された配線19bと、上流側温度センサ8bの他端に接続された配線19cを備える。また、下流側温度センサ9aの一端に接続された配線20aと、上流側温度センサ9aの他端に接続された配線20dを備える。また、下流側温度センサ9bの一端に接続された配線20bと、下流側温度センサ9bの他端に接続された配線20cを備える。配線19aと配線19dで第1の配線を構成し、配線19bと配線19cで第2の配線を構成し、配線20aと配線20dで第3の配線を構成し、配線20bと配線20cで第4の配線を構成する。そしてこれらの第1～第4の配線が薄膜部4の端部の4辺(辺4a、辺4b、辺4c、辺4d)のうち空気流6の流れに沿った辺4bを通り薄膜部4の外に引き出され、且つ薄膜部4の端部の4辺のうち流体の流れに交差する2辺(辺4c、辺4d)を通る2つの線Y1、Y2により挟まれた領域において、第1～第4の配線が結線され、ブリッジ回路が形成されてなるように構成する。

30

【0052】

第1の実施例と異なる構成は、第1から第4の配線を薄膜部4の端部の辺4aに対向する辺4bから引き出している点である。本実施例においても、上記の上流側温度センサ8a、8bおよび下流側温度センサ9a、9bおよびこれらを接続する配線19a、19b、19c、19d、配線20a、20b、20c、20dは、薄膜部4端部の4辺のうち流体の流れに交差する2辺(辺4c、辺4d)を通る2つの線Y1、Y2により挟まれた領域内に配置している。言い換えれば、上流側温度センサ8a、8bおよび下流側温度センサ9a、9bおよびこれらを接続する配線19a、19b、19c、19d、配線20a、20b、20c、20dを含んで形成される閉ループが、薄膜部4端部の4辺のうち流体の流れに交差する2辺(辺4c、辺4d)を通る2つの線Y1、Y2により挟まれた領域内に位置する構成である。

40

【0053】

さらに本実施例においては上記に加えて以下のように構成することが望ましい。図9の構成図において、空気流6の流れに沿い、且つ発熱抗体5の中心を通る中心線Xにより分割される領域のうち、一方の側において発熱抗体5に接続された第5の配線(配線1

50

8 a、配線 1 8 b) が薄膜部 4 の外へ引き出され、他方の側において、第 1 ~ 第 4 の配線が薄膜部 4 の外へ引き出されてなるように構成する。この構成とすることにより、第 1 から第 4 の配線と、第 5 の配線が異なる側から引き出されるため、配線の線幅を広く形成し配線抵抗体を小さくすることが容易になる。前記第 1 から第 4 の配線の抵抗値が小さくなることにより、配線抵抗が小さくなり応力による抵抗変化の影響を更に低減できるとともに、配線抵抗の電圧降下による温度検出感度の低下を低減することができる。

【 0 0 5 4 】

更に図 7 に示すように、第 5 の配線 (配線 1 8 a、配線 1 8 b) が薄膜部 4 の外側へ引き出されたのち薄膜部 4 に対して空気流 6 の上流側を通るように延設する構成としている。この場合、以下のように構成することが望ましい。少なくとも 2 本の配線からなる第 5 の配線 (配線 1 8 a、配線 1 8 b) のうち薄膜部 4 に近い方の配線 (配線 1 8 b) を低電位、薄膜部 4 から遠い方の配線 (配線 1 8 a) を高電位となるように構成する。具体的には、図 8 の回路図に示すように、配線 1 8 b は接地電位に接続し、配線 1 8 a は抵抗体 1 1 に接続し、電流が流れる方向が配線 1 8 a から配線 1 8 b に向かうように構成する。これにより、低電位側の配線 1 8 b を接地電位とすることができ、こうすることにより、高電位側の配線 1 8 a と、薄膜部 4 との間に接地電位に接続した配線 1 8 b を設けることができる。これにより高電位側の配線 1 8 a から発生する電氣的なノイズが、薄膜部 4 に形成された上流側温度センサ 8 a、8 b などへ伝わることを低減することができ、高精度化に有利である。

【 0 0 5 5 】

本実施形態では、第 5 の配線 (配線 1 8 a、配線 1 8 b) を薄膜部 4 に対して空気流 6 の上流側に延設しているが、薄膜部 4 に対して空気流 6 の下流側に延設する構成でも良い。

【実施例 3】

【 0 0 5 6 】

本発明に係る第 3 の実施例について以下説明する。本実施例では、第 1 の実施例と異なる構成についての説明とし、第 1 の実施例と同様な構成については符号を同じくして説明を省略する。

【 0 0 5 7 】

本実施例による熱式流量計のセンサ素子 2 5 の構成を図 1 0 により説明する。図 1 0 は、センサ素子 2 5 を示す平面図である。薄膜部 4 上の中心付近には発熱手段としての発熱抵抗体 5 を形成する。さらに薄膜部 4 上には、発熱抵抗体 5 の上流側に上流側温度センサ 8 a、8 b、発熱抵抗体 5 の下流側に下流側温度センサ 9 a、9 b を形成する。上流側温度センサ 8 a、8 b は発熱抵抗体 5 の中心に対して空気流 6 の上流側、下流側温度センサ 9 a、9 b は発熱抵抗体 5 の中心に対して空気流 6 の下流側に配置する。薄膜部 4 の外部の電気絶縁膜 3 a 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 1 0 を配置する。

【 0 0 5 8 】

さらにセンサ素子 2 5 の端部には、発熱抵抗体 5、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 を駆動・検出回路へと接続するための電極パッド 1 3 a、1 3 b、1 3 c、1 3 d、1 3 e、1 3 f、1 3 g を設ける。

【 0 0 5 9 】

発熱抵抗体 5 と電極パッド 1 3 b、1 3 c は配線 1 8 b、1 8 a により接続される。また、上流側温度センサ 8 a、8 b および下流側温度センサ 9 a、9 b はブリッジ回路となるように結線されている。上流側温度センサ 8 a、8 b、下流側温度センサ 9 a、9 b によって構成されたブリッジ回路には、基準電圧の供給および差電圧を検出するために配線 1 8 c、1 8 d、1 8 e、1 8 f が接続される。さらに配線 1 8 c、1 8 d、1 8 e、1 8 f は電極パッド 1 3 d、1 3 e、1 3 f、1 3 g に接続される。

【 0 0 6 0 】

図 1 1 に示すように、センサ素子 2 5 は、空気流 6 の流れに沿い、且つ発熱抵抗体 5 の

中心を通る中心線Xにより分割される領域のうち、一方の領域側において発熱抗体5の一端の配線18aが薄膜部4の外へ引き出され、他方の領域側において、第1配線(配線19a、配線19d)と第2の配線(配線19b、配線19c)と第3の配線(配線20a、配線20d)と第4の配線(配線20b、配線20c)および発熱抗体5の他端の配線(配線18b)が薄膜部4の外へ引き出されるように構成している。このような構成の場合、上記に加え以下のように構成することが望ましい。発熱抗体5の両端に接続された配線(配線18a、配線18b)のうち、第1から第4の温度検出体に接続された配線が引き出される側の配線(配線18b)を低電位、他方の配線(配線18a)を高電位となるように構成する。具体的には、図8の回路図に示すように、配線18bは接地電位に接続し、配線18aは抗体11に接続し、電流が流れる方向が配線18aから配線18bに向かうように構成する。この構成により、発熱抗体5に接続された低電位側の配線18bは、接地電位に接続することができる。こうすることにより、発熱抗体5に接続された高電位側の配線18aと、上流側温度センサ8a、8bおよび下流側温度センサ9a、9bに接続された第1から第4の配線との距離が離れ、発熱抗体5に接続された高電位側の配線18aから発生する電氣的ノイズが、第1から第4の配線に混入することを低減することができ、高精度化に有利である。

10

【実施例4】**【0061】**

本発明に係る第4の実施例について以下説明する。本実施例では、第1の実施例と異なる構成についての説明とし、第1の実施例と同様な構成については符号を同じくして説明を省略する。

20

【0062】

本実施例による熱式流量計のセンサ素子26の構成を図12により説明する。薄膜部4上には、薄膜部4の中心より上流側に配置した上流側温度センサ8a、8bと、薄膜部4の中心より下流側に配置した下流側温度センサ9a、9bを形成する。薄膜部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抗体10を配置する。

【0063】

さらにセンサ素子26の端部には、上流側温度センサ8a、8b、下流側温度センサ9a、9b、感温抗体10を構成する各抵抗体を、駆動・検出回路へ接続するための電極パッド13a、13b、13d、13e、13f、13gを設ける。

30

【0064】

上流側温度センサ8a、8bおよび下流側温度センサ9a、9bはブリッジ回路となるように結線されている。上流側温度センサ8a、8b、下流側温度センサ9a、9bによって構成されたブリッジ回路には、電圧を印加および差電圧を取り出すために配線18c、18d、18e、18fが接続される。さらに配線18c、18d、18e、18fは電極パッド13d、13e、13f、13gに接続される。

【0065】

次に、センサ素子26の駆動・検出回路について説明する。

【0066】

40

図13に、センサ素子26の駆動・検出回路を示す。下流側温度センサ9aと上流側温度センサ8bとから成る直列回路と、上流側温度センサ8aと下流側温度センサ9bとから成る直列回路とを並列に接続したブリッジ回路を構成する。このブリッジ回路と抗体11からなる直列接続と、抗体12と感温抗体10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する。上流側温度センサ8a、8bと下流側温度センサ9a、9bから成るブリッジ回路と抗体11との間の中間電圧と、抗体12と感温抗体10との間の中間電圧を取り出し、増幅器15に接続する。増幅器15の出力は、トランジスタの16のベースに接続する。トランジスタ16のコレクタは電源VBに接続し、エミッタは抗体11と抗体12の間に接続する。また、上流側温度センサ8bと下流側温度センサ9bとの間の電位と、感温抗体10の他方の電位は接地電位となるように接続す

50

る。流側温度センサ 8 a、8 b と下流側温度センサ 9 a、9 b からなるブリッジ回路の合成抵抗と抵抗体 1 1 と感温抵抗体 1 0 と抵抗体 1 2 の抵抗バランスを適宜設定することにより、流側温度センサ 8 a、8 b と下流側温度センサ 9 a、9 b に電流が流れ所定の温度 T_h となるように加熱される。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。

【0067】

本実施例での薄膜部 4 の加熱手段としては、上流側温度センサ 8 a、8 b と下流側温度センサ 9 a、9 b に電流を流すことによって、上流側温度センサ 8 a、8 b と下流側温度センサ 9 a、9 b を発熱させる構成としている。

【0068】

本実施例においても、図 1 4 に示すように、上流側温度センサ 8 a、8 b および下流側温度センサ 9 a、9 b およびこれらを接続する配線 1 9 a、1 9 b、1 9 c、1 9 d、配線 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d は、薄膜部 4 端部の 4 辺のうち流体の流れに交差する 2 辺 (辺 4 c、辺 4 d) を通る 2 つの線 Y 1、Y 2 により挟まれた領域内に配置している。言い換えれば、上流側温度センサ 8 a、8 b および下流側温度センサ 9 a、9 b およびこれらを接続する配線 1 9 a、1 9 b、1 9 c、1 9 d、配線 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d を含んで形成される閉ループが、薄膜部 4 端部の 4 辺のうち流体の流れに交差する 2 辺 (辺 4 c、辺 4 d) を通る 2 つの線 Y 1、Y 2 により挟まれた領域内に位置する構成である。

【0069】

本実施例において、他の領域よりも応力が小さい Y 1、Y 2 により挟まれた領域に第 1 ~ 第 4 の配線が結線され、ブリッジ回路が形成されてなるように構成しているため、ブリッジ回路の閉ループを成す配線 1 9 a、1 9 b、1 9 c、1 9 d、配線 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d が受ける応力を低減することができる。これにより、上流側温度センサ 8 a、8 b および下流側温度センサ 9 a、9 b の温度差の検出精度を高めることが可能であり、高精度な熱式流量計が得られる。特に、低流量の検出については検出電圧が微小であることからより効果が得られる。

【実施例 5】

【0070】

本発明に係る第 5 の実施例について以下説明する。本実施例では、第 4 の実施例と異なる構成についての説明とし、第 4 の実施例と同様な構成については符号を同じくして説明を省略する。

【0071】

本実施例による熱式流量計のセンサ素子 2 7 の構成を図 1 5 により説明する。図 1 5 は、センサ素子 2 7 を示す平面図である。薄膜部 4 上には、薄膜部 4 の中心より上流側に配置した上流側温度センサ 8 a、8 b と、薄膜部 4 の中心より下流側に配置した下流側温度センサ 9 a、9 b を形成する。薄膜部 4 の外部の電気絶縁膜 3 a 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 1 0 を配置する。

【0072】

さらにセンサ素子 2 7 の端部には、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 を構成する各抵抗体を、駆動・検出回路へ接続するための電極が形成された電極パッド 1 3 a、1 3 b、1 3 d、1 3 e、1 3 f、1 3 g を設ける。尚、これらの電極パッドはアルミなどで形成する。

【0073】

上流側温度センサ 8 a、8 b および下流側温度センサ 9 a、9 b はブリッジ回路となるように結線されている。上流側温度センサ 8 a、8 b、下流側温度センサ 9 a、9 b によって構成されたブリッジ回路には、電圧を印加および差電圧を取り出すために配線 1 8 c、1 8 d、1 8 e、1 8 f が接続される。さらに配線 1 8 c、1 8 d、1 8 e、1 8 f は電極パッド 1 3 d、1 3 e、1 3 f、1 3 g に接続される。

【0074】

10

20

30

40

50

本実施例における薄膜部4の周辺の配線の構成について図16を用いて詳細に説明する。上流側温度センサ8a、8bと下流側温度センサ9a、9bに接続される配線が、薄膜部4の端部の4辺のうち空気流6の流れに沿った2辺の両辺(辺4a、辺4b)から薄膜部4の外に引き出され、且つ薄膜部4の端部の4辺のうち流体の流れに交差する辺(辺4c、辺4d)を通る2つの線Y1、Y2により挟まれた領域において配線が結線され、ブリッジ回路が形成されてなるように構成する。

【0075】

具体的には以下のように構成する。上流側温度センサ8aの一端に接続された配線19aと、上流側温度センサ8aの他端に接続された配線19dを備える。また、上流側温度センサ8bの一端に接続された配線19bと、上流側温度センサ8bの他端に接続された配線19cを備える。また、下流側温度センサ9aの一端に接続された配線20aと、上流側温度センサ9aの他端に接続された配線20dを備える。また、下流側温度センサ9bの一端に接続された配線20bと、下流側温度センサ9bの他端に接続された配線20cを備える。配線19aと配線19dで第1の配線を構成し、配線19bと配線19cで第2の配線を構成し、配線20aと配線20dで第3の配線を構成し、配線20bと配線20cで第4の配線を構成する。そしてこれらの第1～第4の配線が薄膜部4の端部の4辺(辺4a、辺4b、辺4c、辺4d)のうち空気流6の流れに沿った辺4aと辺4bを通り薄膜部4の外に引き出される。本実施例では、第1の配線を成す配線19aと第2の配線を成す配線19bと第3の配線を成す配線20aと第4の配線を成す20bが薄膜部4の端部の辺4bから引き出される。また、第1の配線を成す配線19dと第2の配線を成す配線19cと第3の配線を成す配線20cと第4の配線を成す20dが薄膜部4の端部の辺4bに対抗する辺4aから引き出される。さらに、薄膜部4の端部の4辺のうち流体の流れに交差する2辺(辺4c、辺4d)を通る2つの線Y1、Y2により挟まれた領域において、第1～第4の配線が結線され、ブリッジ回路が形成されてなるように構成する。

【0076】

本実施例において、他の領域よりも応力が小さいY1、Y2により挟まれた領域に第1～第4の配線が結線され、ブリッジ回路が形成されてなるように構成しているため、ブリッジ回路を成す配線19a、19b、19c、19d、配線20a、20b、20c、20dが受ける応力を低減することができる。これにより、上流側温度センサ8a、8bおよび下流側温度センサ9a、9bの温度差の検出精度を高めることが可能であり、高精度な熱式流量計が得られる。特に、低流量の検出については検出電圧が微小であることからより効果が得られる。

【実施例6】

【0077】

本発明に係る第6の実施例について以下説明する。本実施例では、第1の実施例と異なる構成についての説明とし、第1の実施例と同様な構成については符号を同じくして説明を省略する。

【0078】

本実施例による熱式流量計のセンサ素子28の構成を図17により説明する。薄膜部4上の中心付近には発熱手段としての発熱抵抗体5を形成する。さらに薄膜部4上に、発熱抵抗体5の上流側に上流側温度センサ8a、8b、発熱抵抗体5の下流側に下流側温度センサ9a、9bを形成する。上流側温度センサ8a、8bは発熱抵抗体5の中心に対して空気流6の上流側、下流側温度センサ9a、9bは発熱抵抗体5の中心に対して空気流6の下流側に配置する。薄膜部4の外部のセンサ素子28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を配置する。

【0079】

第1の実施例と同様に上流側温度センサ8aと下流側温度センサ9bは、第1配線を成す配線19aと第4配線を成す配線20bを接続することにより直列接続される。下流側温度センサ9aと上流側温度センサ8aは、第3の配線を成す配線20dと第1の配線を

成す配線 19 d を介して接続されている。また、上流側温度センサ 8 b と下流側温度センサ 9 b は、第 2 の配線を成す配線 19 c と第 4 の配線を成す配線 20 c を介して接続されている。このように第 1 から第 4 の配線が結線されブリッジ回路として接続される。本実施例におけるブリッジ回路の構成方法は、第 1 の実施例と同様である。

【0080】

上記のように構成したブリッジ回路には、配線 18 c、18 d、18 e、18 f が接続されブリッジ回路への電源供給と、ブリッジ回路の差動電圧を取り出している。配線 18 c からは基準電圧が供給され、配線 18 f は接地電位に接続され、配線 18 d と配線 18 f により差動電圧を取り出している。さらに具体的には、配線 18 c は配線 19 d と配線 20 d のいずれかの部分に接続され、配線 18 f は配線 19 c と配線 20 c のいずれかの部分に接続され、配線 18 d は配線 20 a と配線 19 b のいずれかの部分に接続され、配線 18 e は、配線 19 a と配線 20 b のいずれかの部分に接続されている。

10

【0081】

さらに、配線 18 c、配線 18 d、配線 18 e、配線 18 f は、センサ素子 28 と同一基板に形成した温度検出回路 29 に接続されている。また、配線 18 a、配線 18 b 及び感温抵抗体 10 は、センサ素子 28 と同一基板に形成したヒータ温度制御回路 30 に接続されている。

【0082】

例えば、温度検出回路 29 とは、図 3 の回路構成で示したオペアンプなどを用いた増幅器 17 である。また、ヒータ温度制御回路 30 とは、図 3 の回路構成で示したオペアンプなどを用いた増幅器 15、トランジスタ 16 である。温度検出回路 29 及びヒータ温度制御回路 30 は、センサ素子 28 と同一基板上に半導体プロセスを用いて形成される半導体集積回路である。

20

【0083】

本実施例では、温度検出回路 29 として増幅器 17 としているが、ブリッジ回路の差動電圧を検出するその他の構成として、A/D 変換器なども用いることができる。また、A/D 変換器に加えてデジタル信号処理回路等を設けることも可能である。また本実施例では、ヒータ温度制御回路 30 として、増幅器 15 およびトランジスタ 16 により発熱抵抗体 5 の加熱温度を制御する構成としているが、ブリッジ回路の差電圧を検出し、検出した差電圧に応じた電流を発熱抵抗体 5 に供給する構成であれば良い。例えば、ブリッジ回路の差電圧を A/D 変換器でデジタル信号に変換し、デジタル信号処理回路を用いて補正を加えた後、D/A 変換により電圧または電流に変換し発熱抵抗体 5 の加熱電流を制御する構成でもよい。

30

【0084】

上記構成とすることにより、配線 18 c、配線 18 d、配線 18 e、配線 18 f の長さを短縮することができ、配線 18 c、配線 18 d、配線 18 e、配線 18 f が受ける応力を低減することができる。また、上流側温度センサ 8 a、8 b、下流側温度センサ 9 a、9 b からなるブリッジ回路と温度検出回路 29 との間に、第 1 の実施例の電極パッド 13 e、13 f やボンディングワイヤを設ける必要がなく、小型化が可能になる。また、ボンディングワイヤの劣化や断線、パッド部との接触部の劣化や断線なども考慮する必要がなく、高精度、高信頼な熱式流量計が得られる。なお、実施例は他の実施例との組合せによっても同等の効果を得られる。

40

【符号の説明】

【0085】

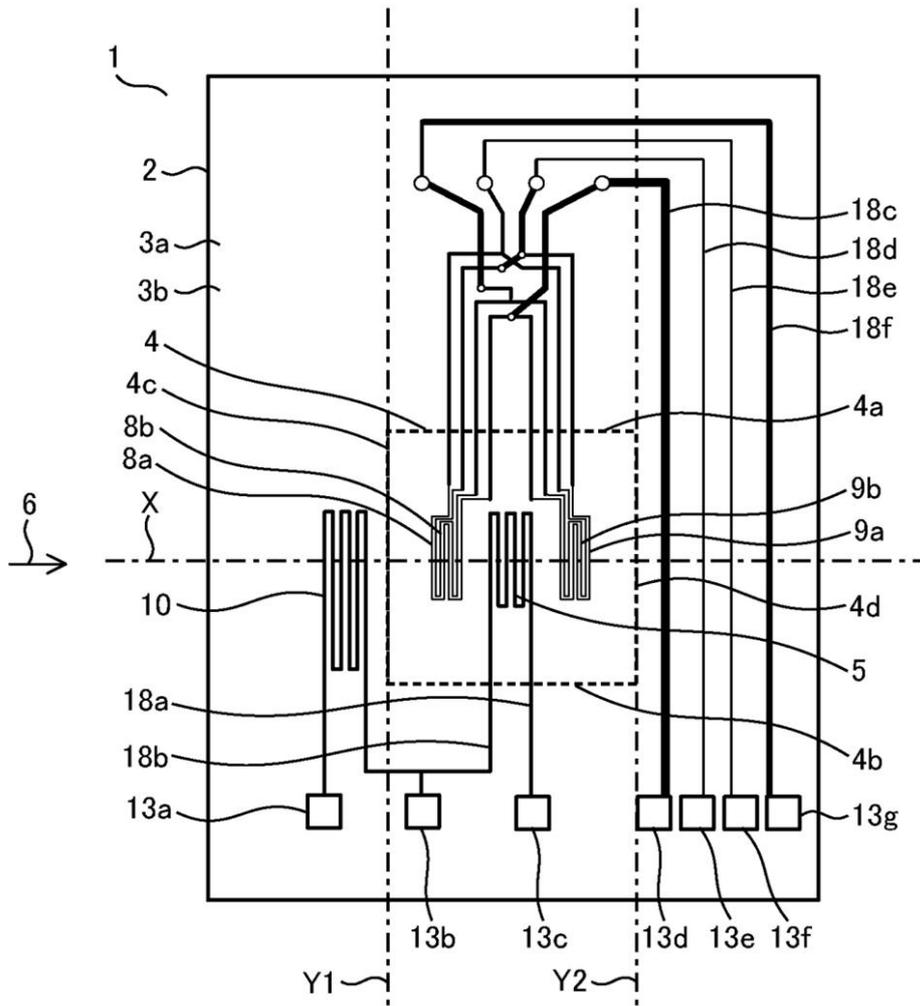
- 1、24、25、26、27、28 センサ素子
- 2 基板
- 3 a、3 b 電気絶縁膜
- 4 薄膜部
- 5 発熱抵抗体
- 6 空気流

50

- 8 a、8 b 上流側温度センサ
- 9 a、9 b 下流側温度センサ
- 10 感温抵抗体
- 11、12 抵抗体
- 13 a ~ 13 g、13 h ~ 13 j 電極パッド
- 14 温度分布
- 15、17 増幅器
- 16 トランジスタ
- 18 a ~ 18 f、19 a ~ 19 d、20 a ~ 20 d、21 a ~ 21 c、21 d 配線
- 22 a センサ素子の上端
- 22 b センサ素子の下端
- 23 a ~ 23 d 角部
- 29 温度検出回路
- 30 ヒータ温度制御回路

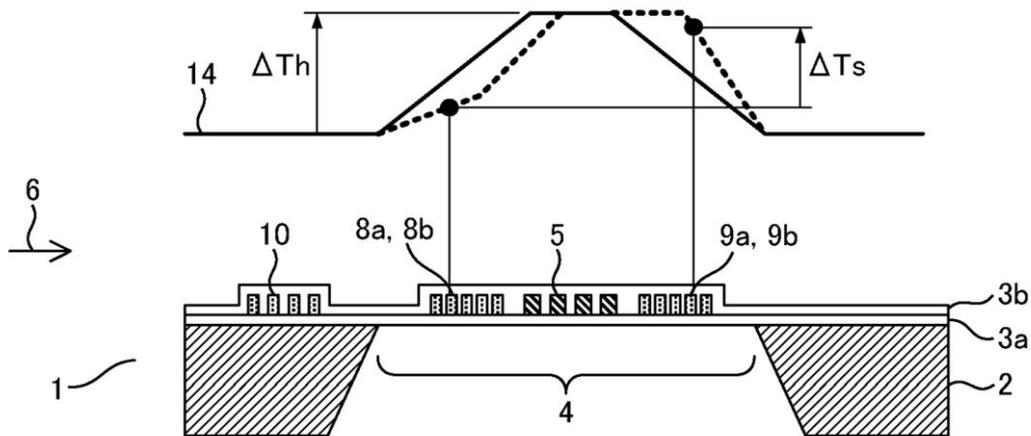
【図1】

図 1



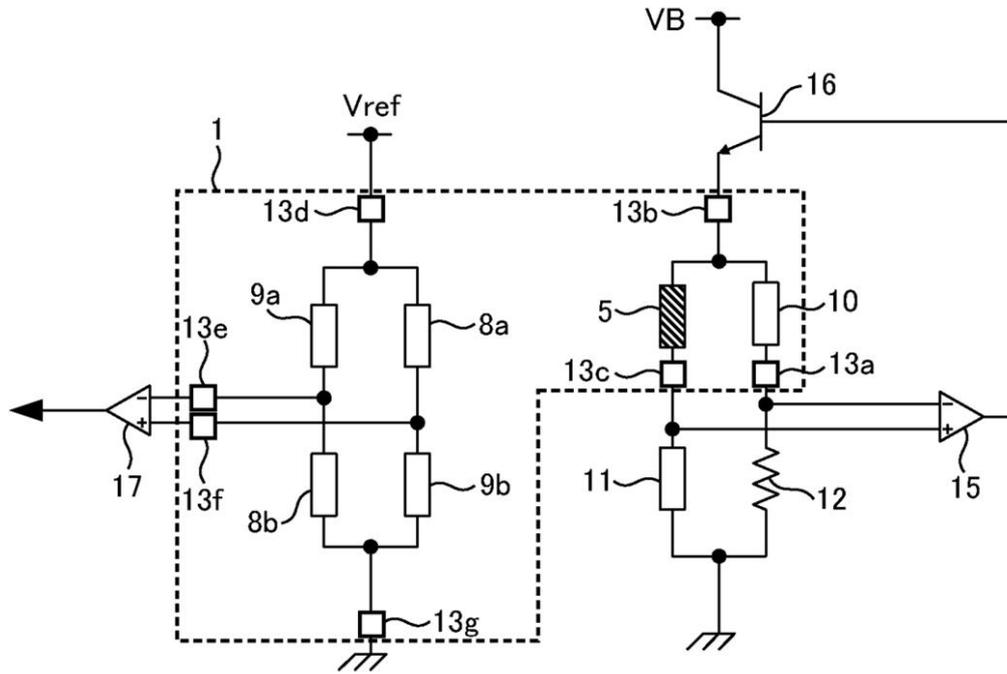
【図2】

図 2



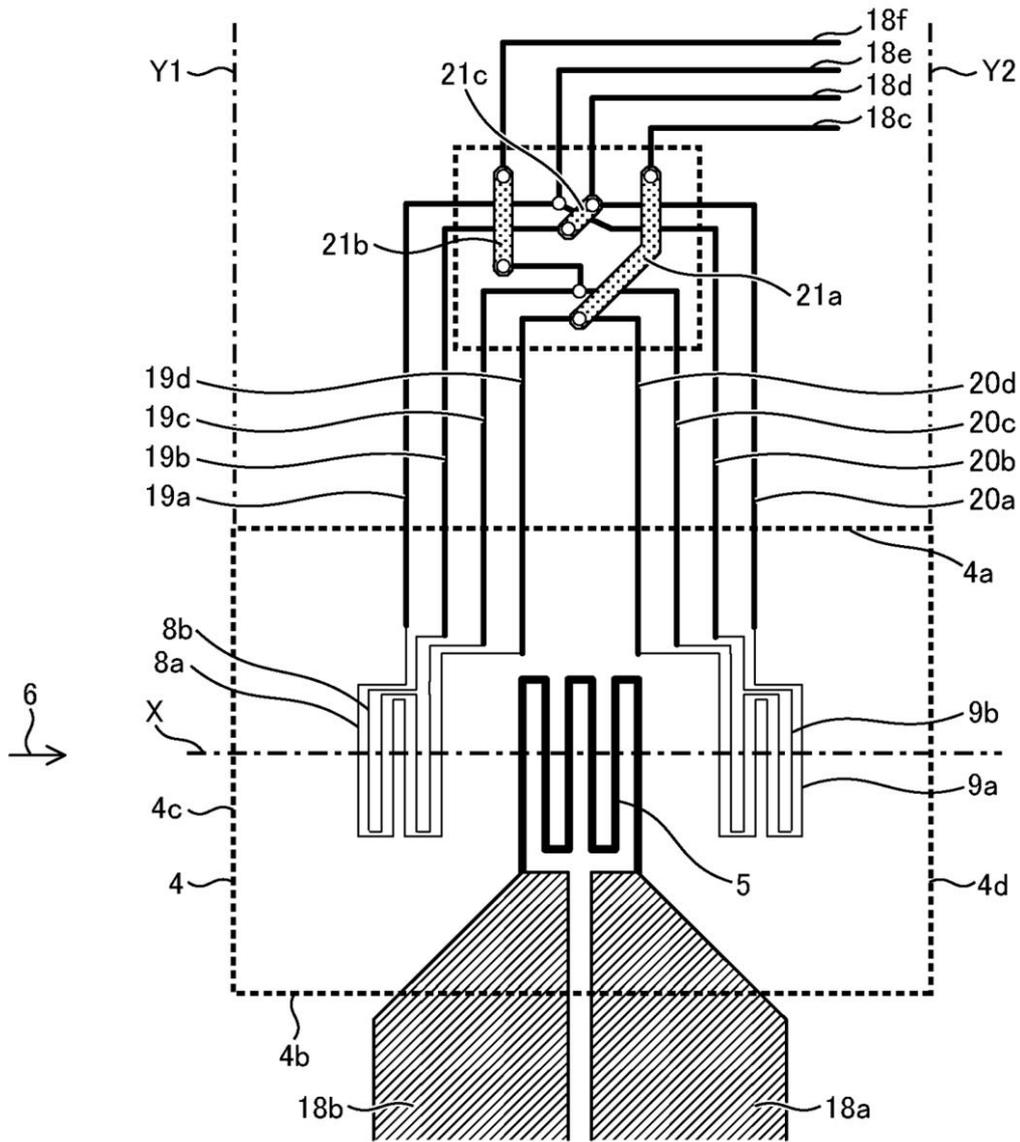
【 図 3 】

図 3



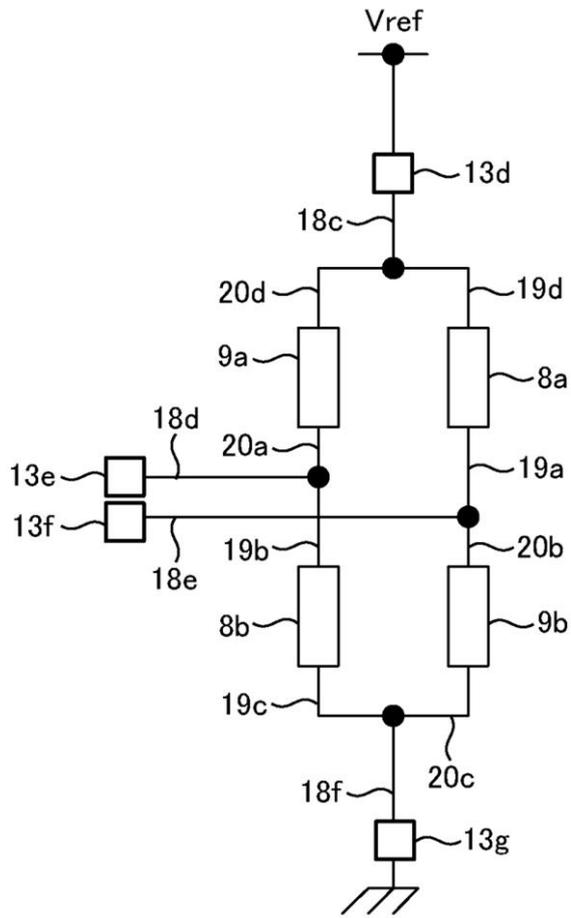
【 図 4 】

図 4



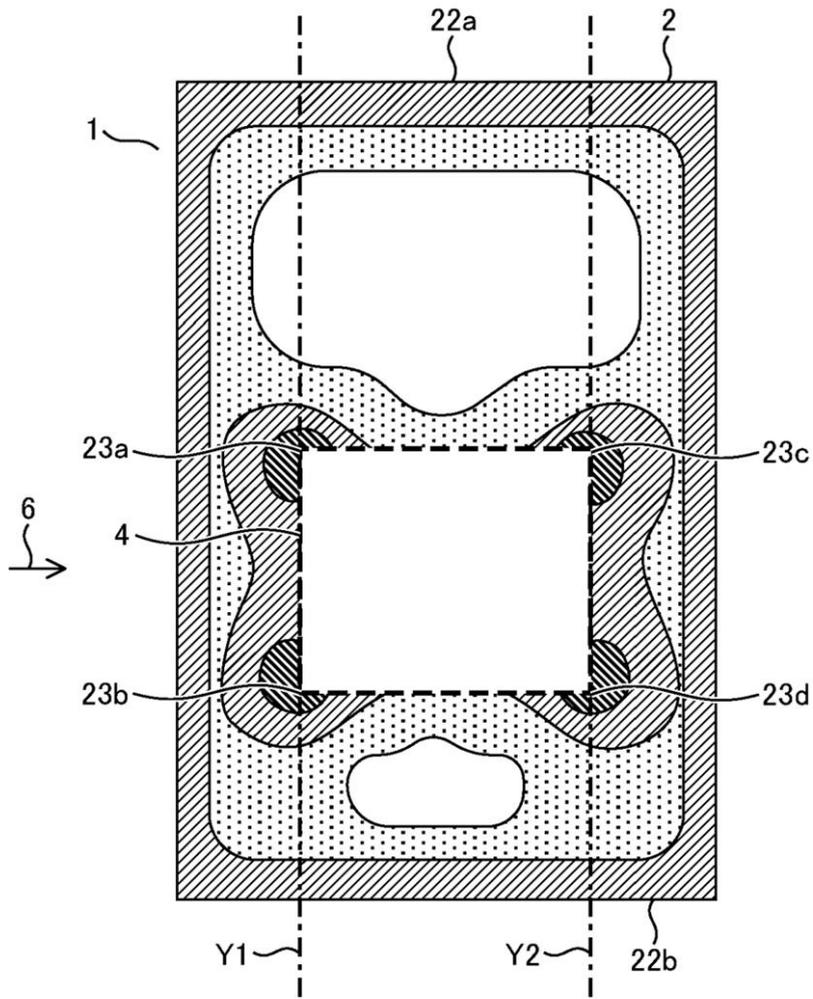
【 図 5 】

図 5



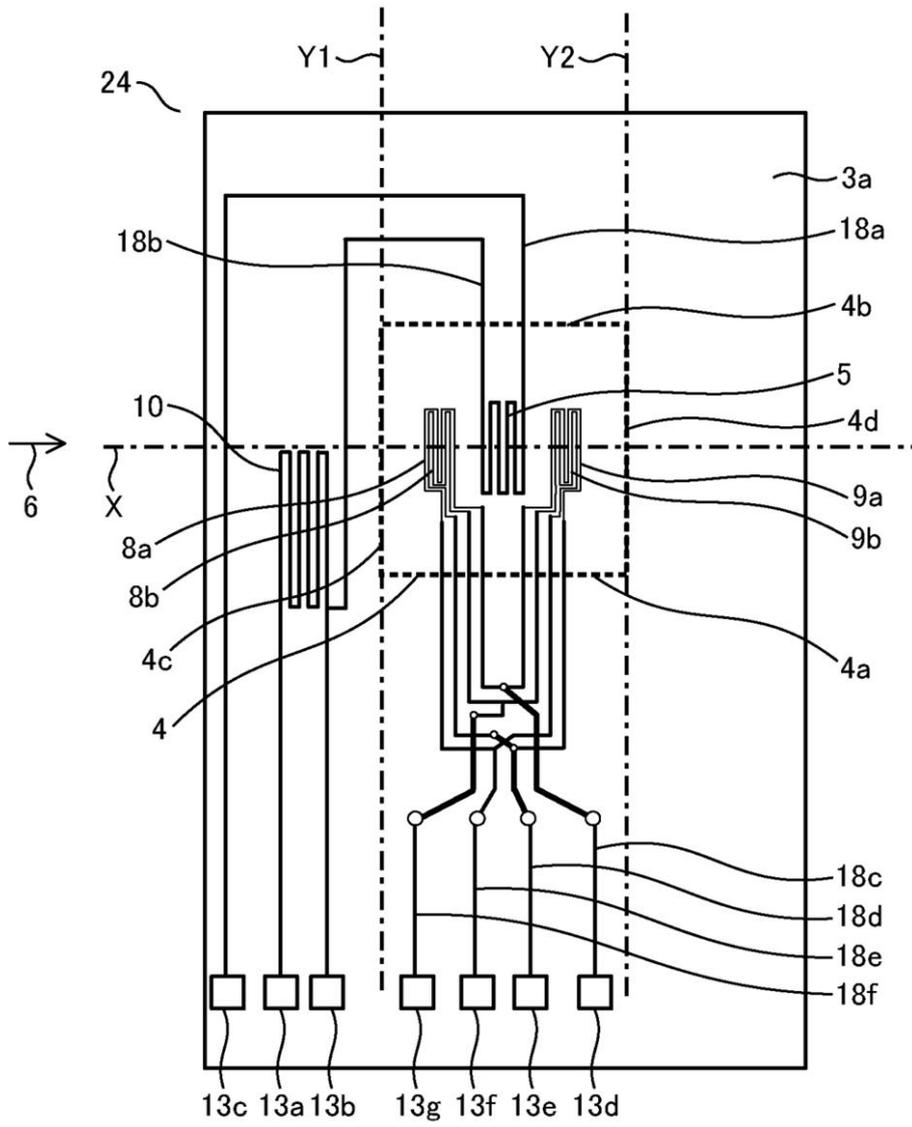
【図6】

図 6



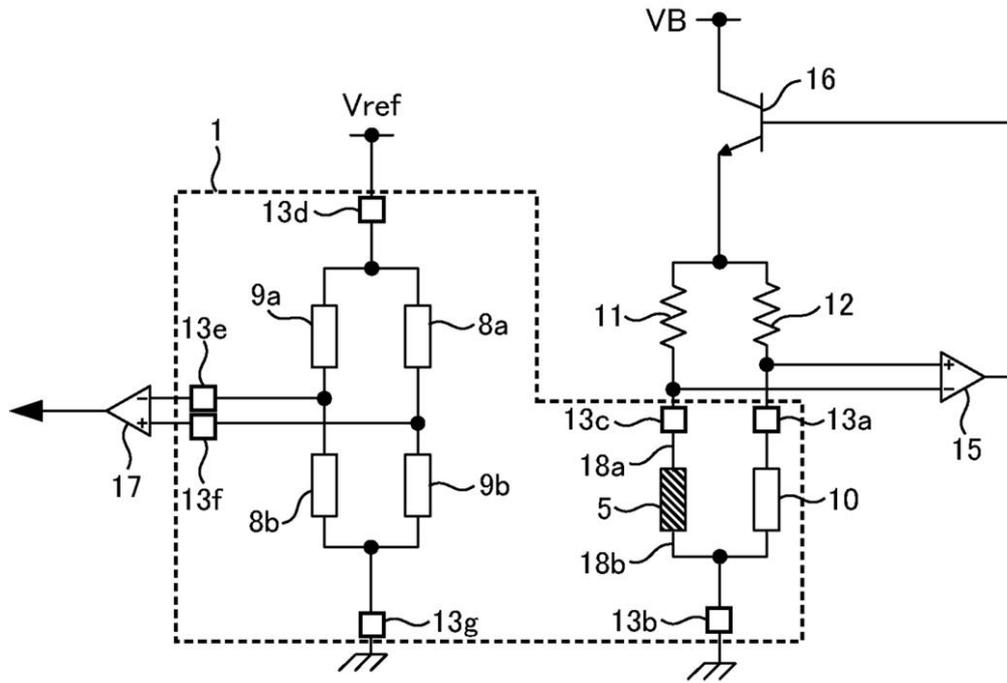
【 図 7 】

図 7



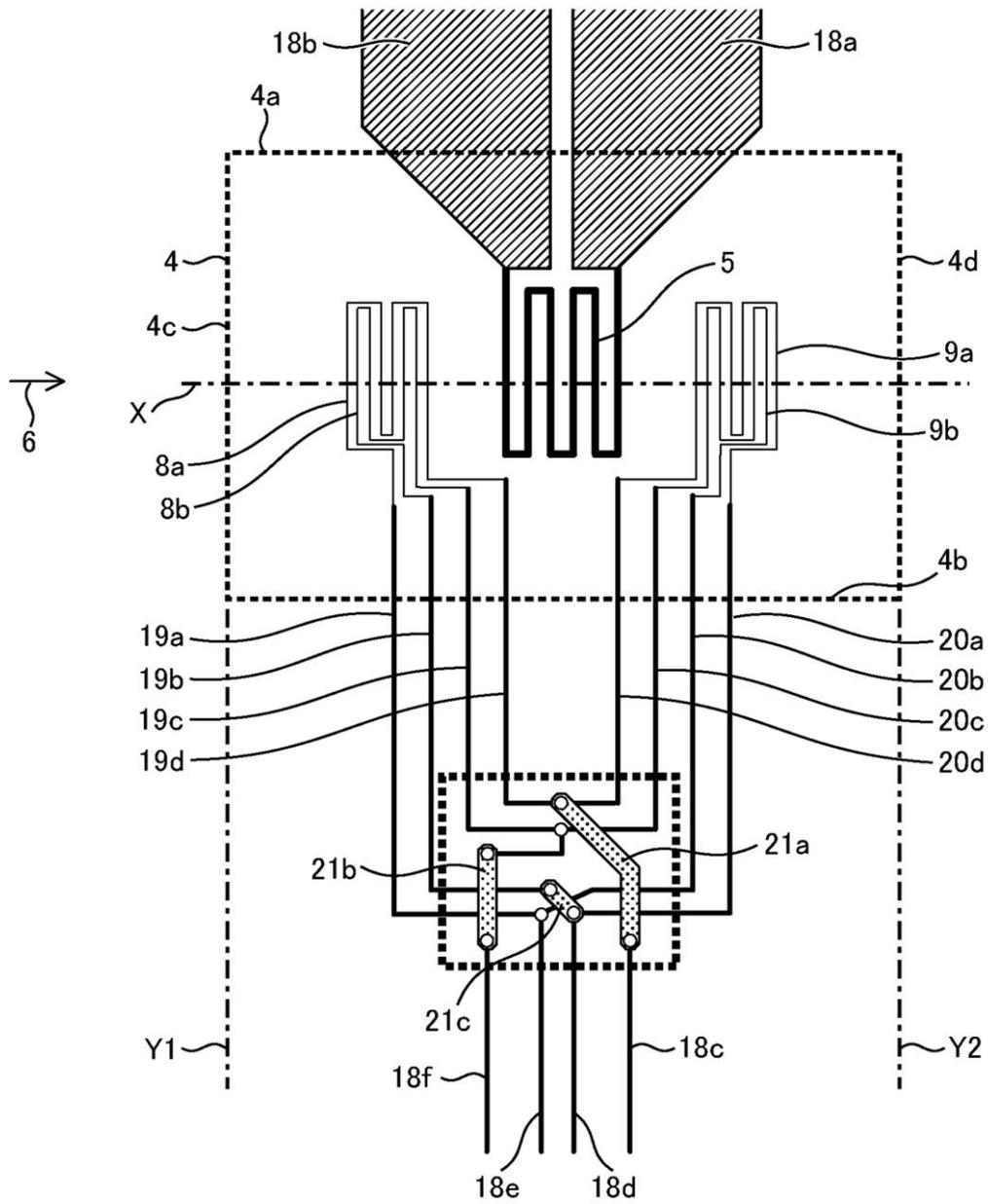
【 図 8 】

図 8



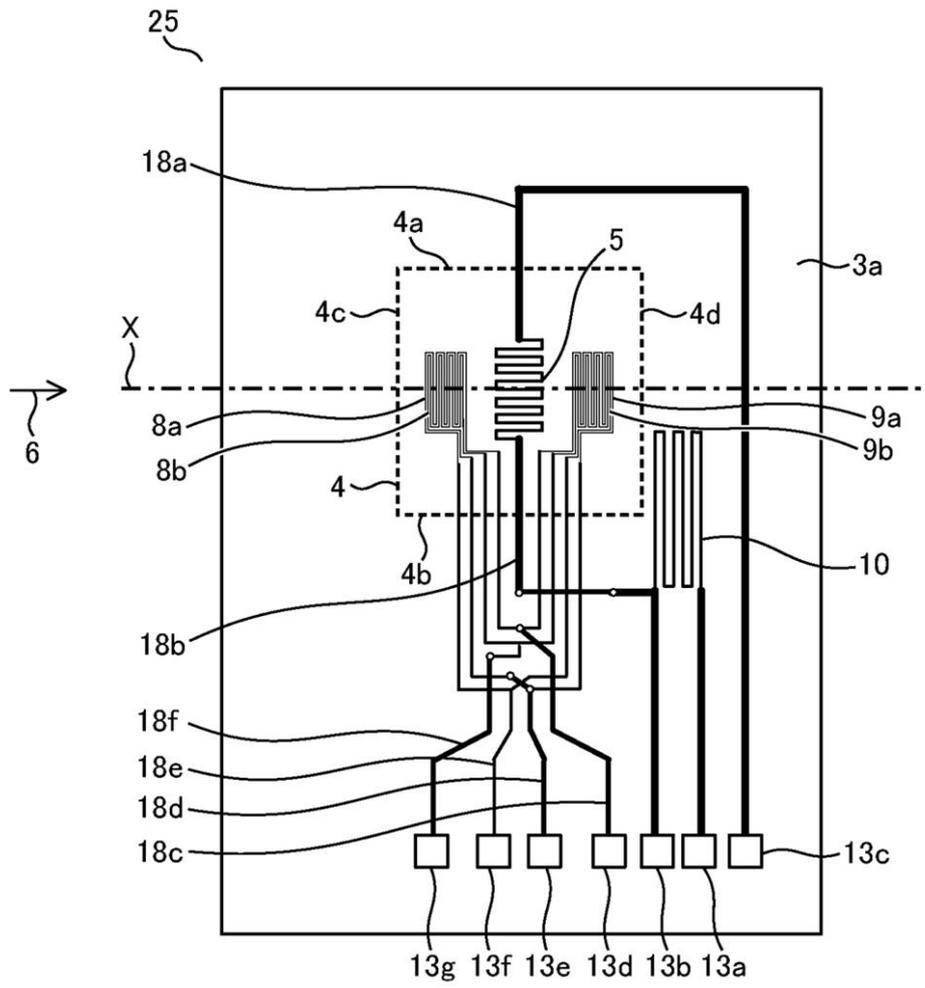
【 図 9 】

図 9



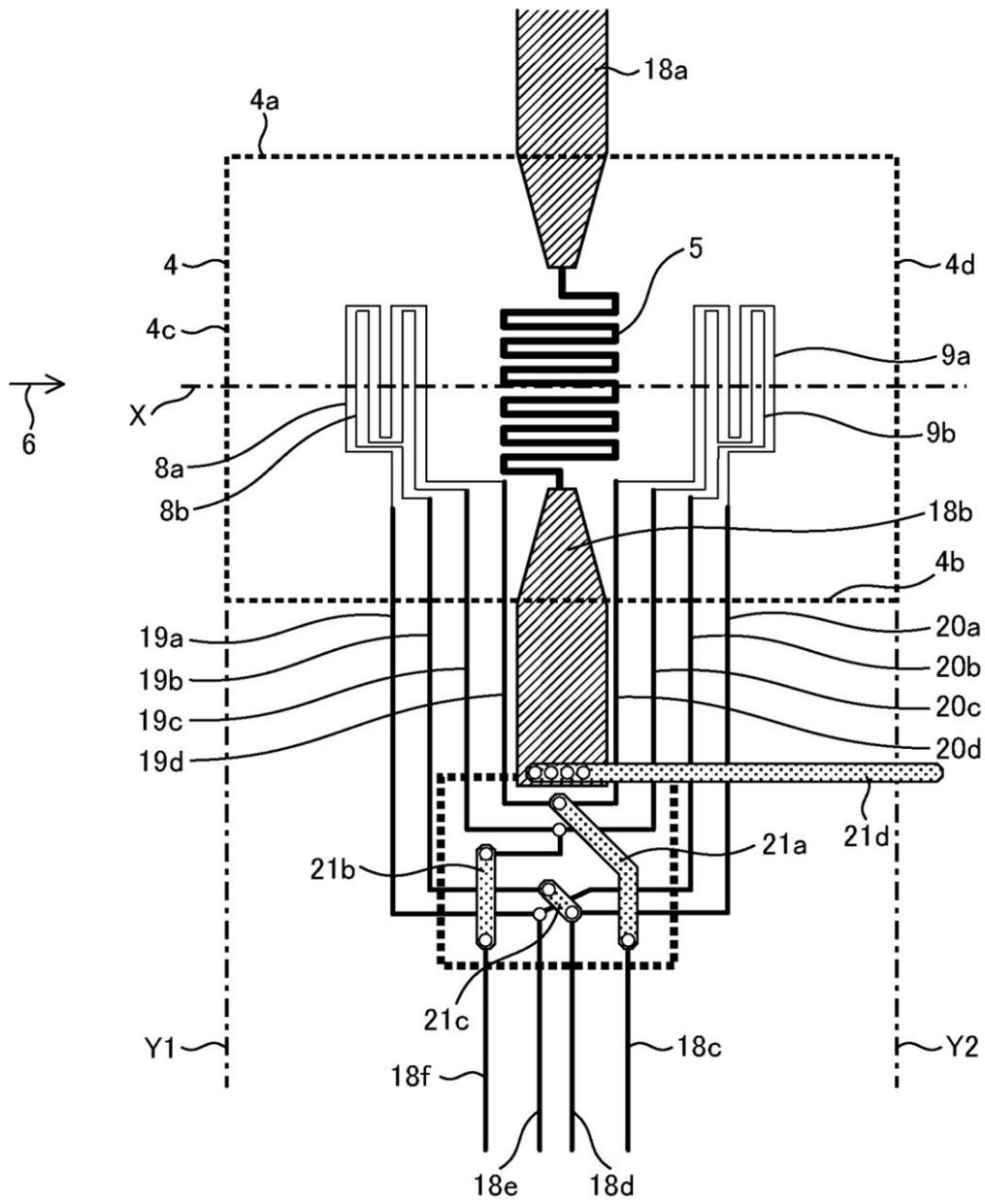
【 図 10 】

図 10



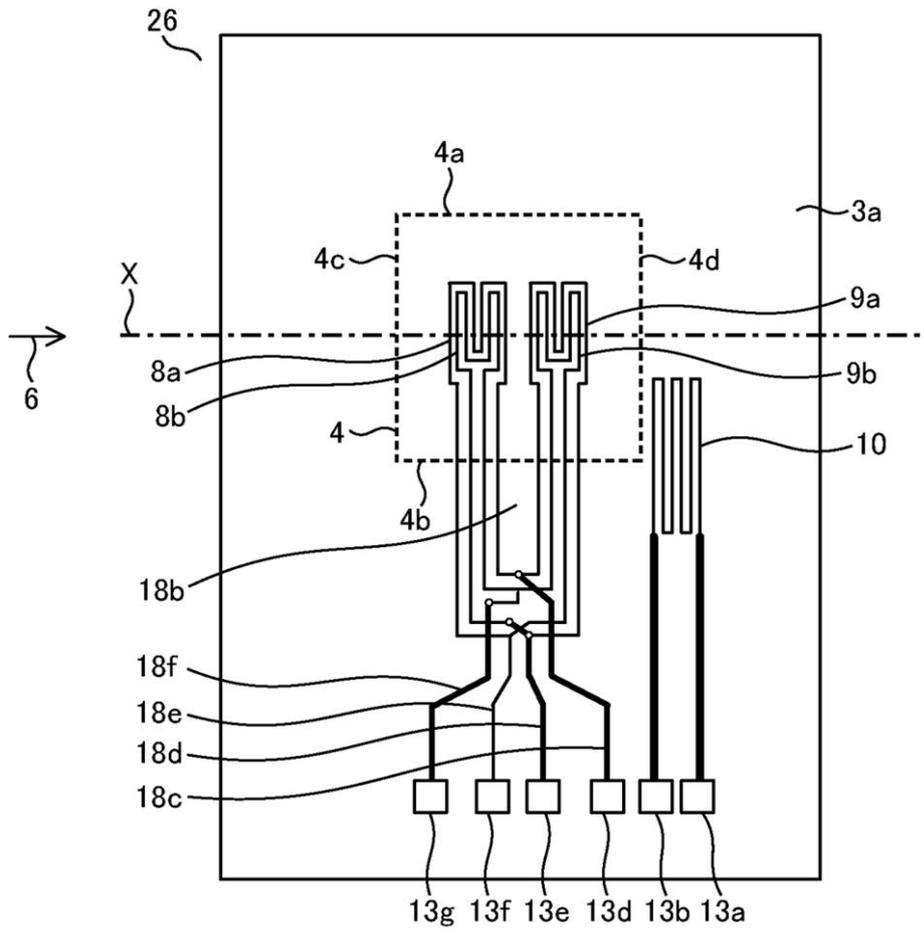
【図11】

図 11



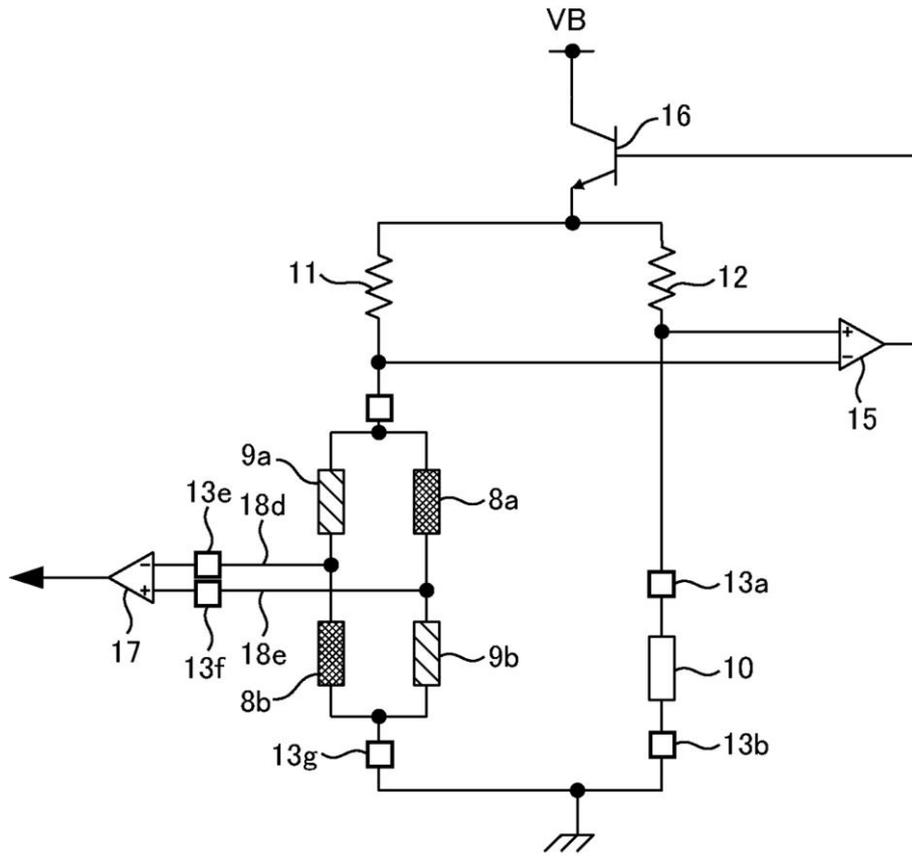
【 図 1 2 】

図 12



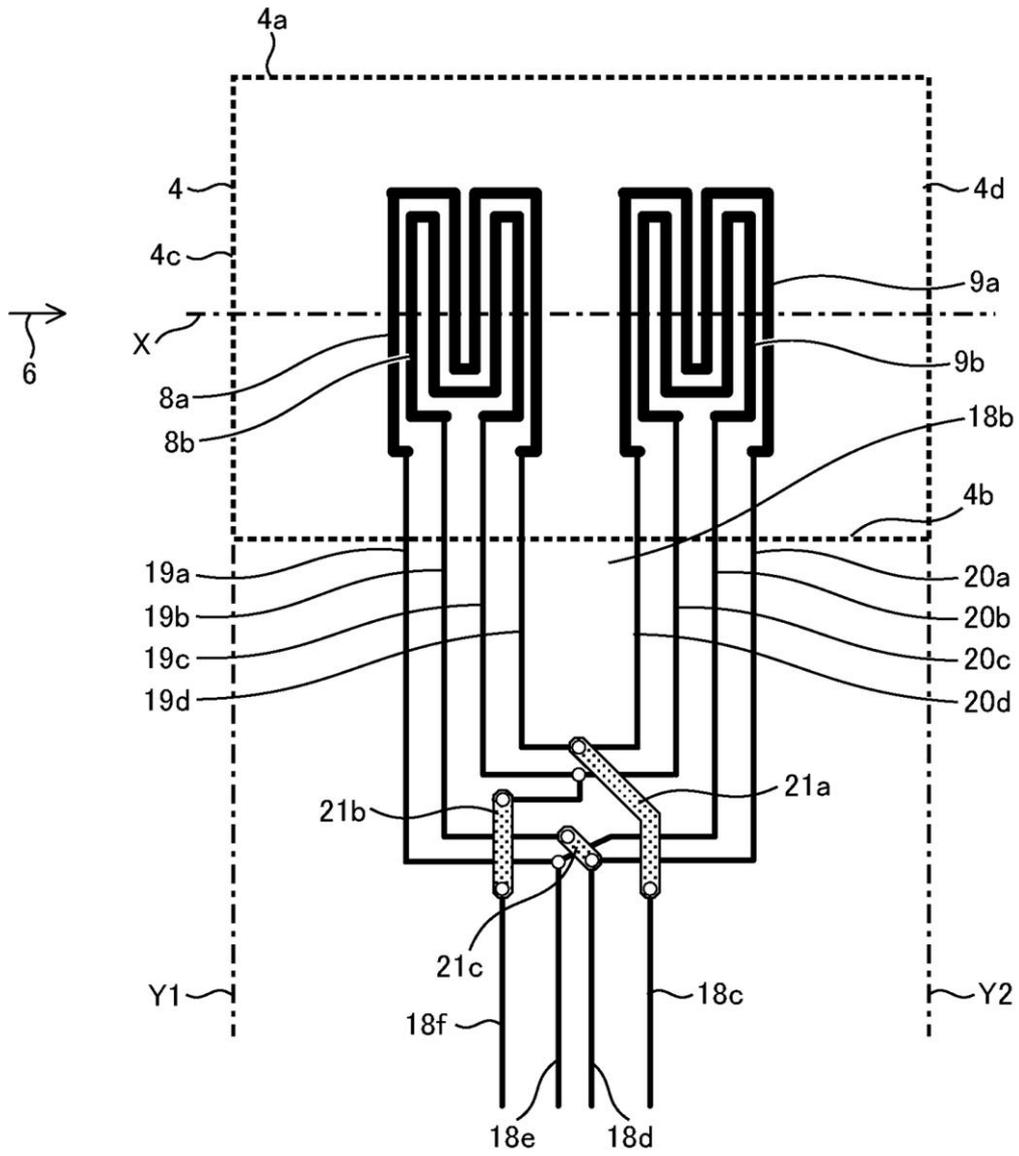
【図13】

図 13



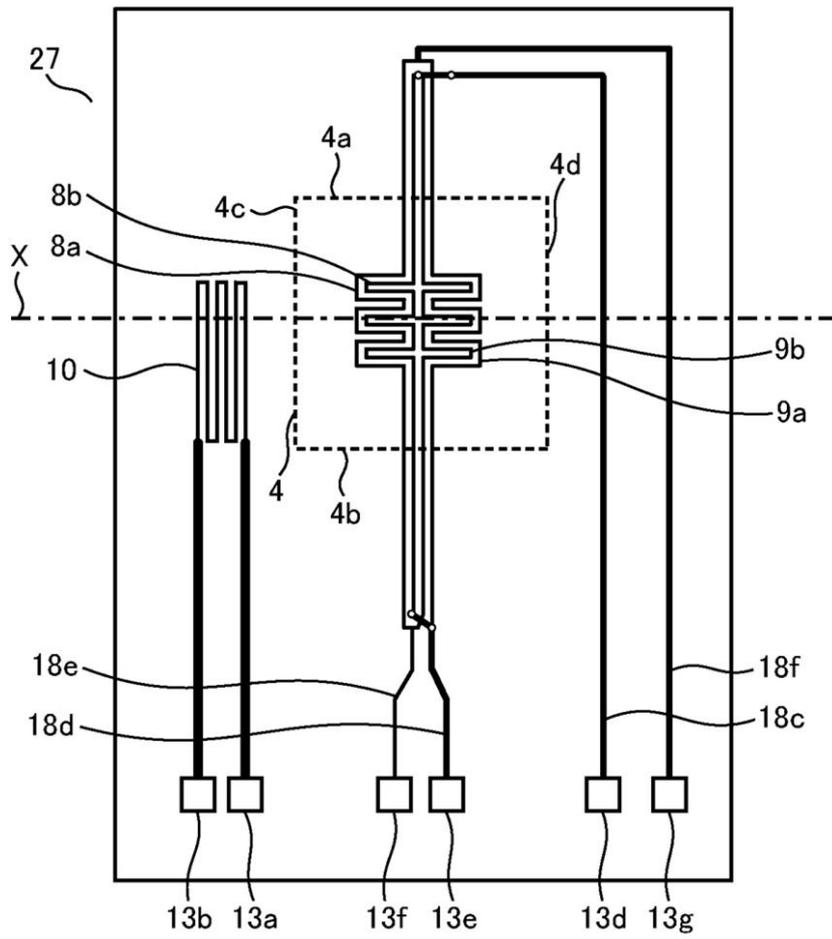
【 図 1 4 】

図 14



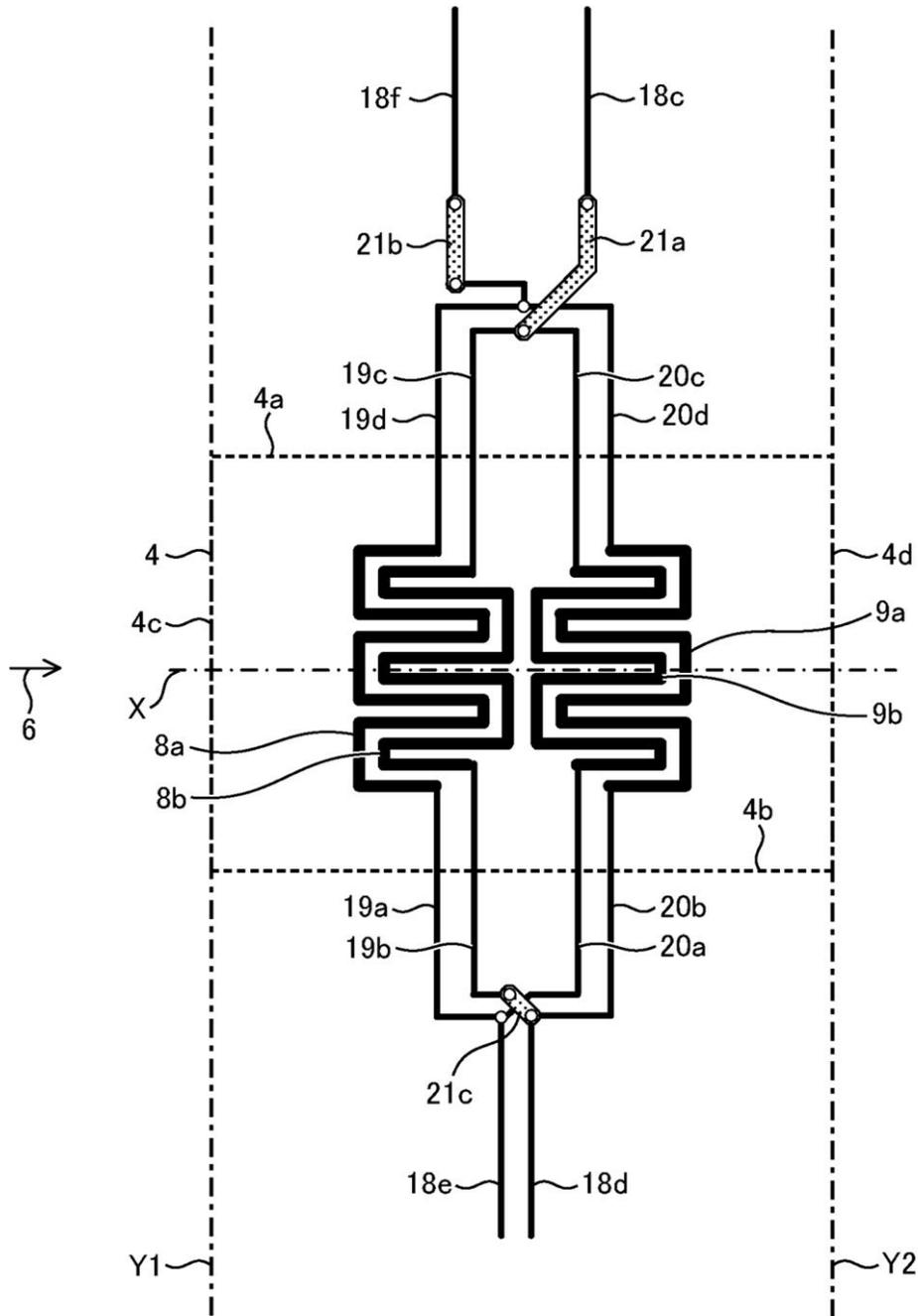
【 図 15 】

図 15



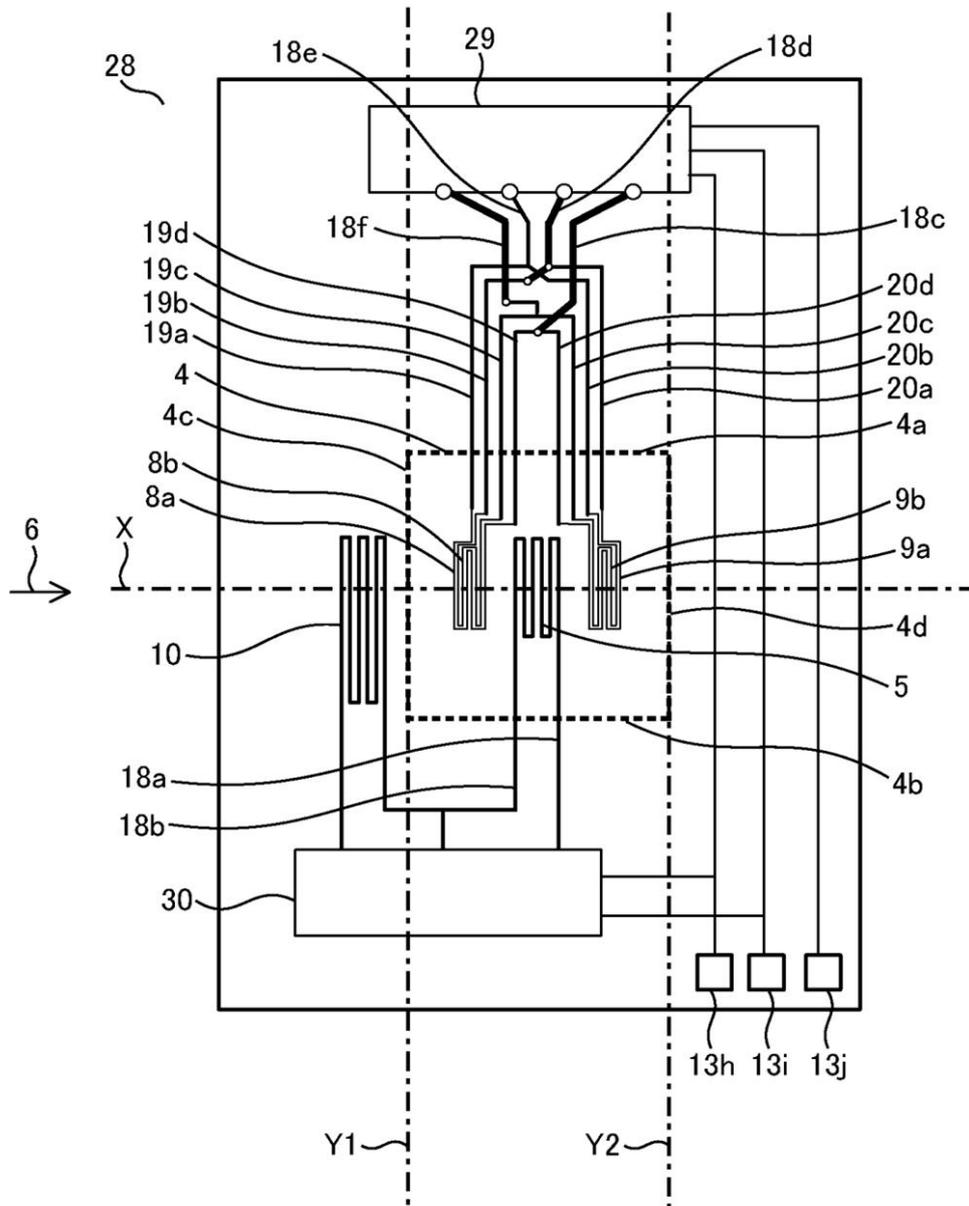
【 図 16 】

図 16



【 図 17 】

図 17



フロントページの続き

- (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
所内 株式会社 日立製作所 日立研究
- (72)発明者 浅野 哲
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
所内 株式会社 日立製作所 日立研究
- (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 里村 利光

- (56)参考文献 特開2001-165734(JP,A)
特開2002-228501(JP,A)
特開2010-107497(JP,A)
特開2006-200991(JP,A)
特開2011-099757(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01F 1/68