

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2012年4月5日(05.04.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/043164 A1

- (51) 国際特許分類:
G01F 1/692 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/070222
- (22) 国際出願日: 2011年9月6日(06.09.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-220248 2010年9月30日(30.09.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立オートモティブシステムズ株式会社 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 浅野 哲 (ASANO Satoshi) [JP/JP]; 〒3191292 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 Ibaraki (JP). 松本 昌大 (MATSUMOTO Masahiro) [JP/JP]; 〒3191292 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 Ibaraki (JP). 中野 洋

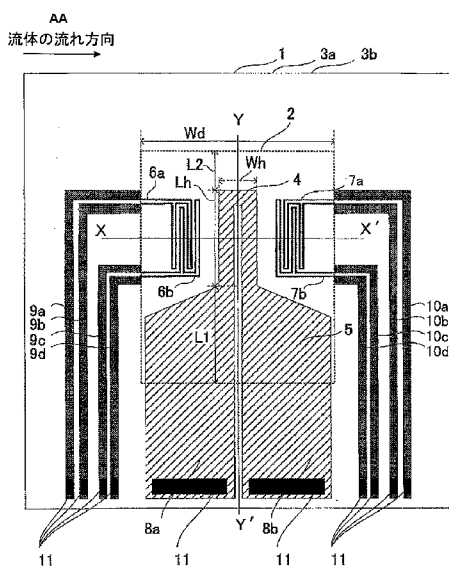
- (NAKANO Hiroshi) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 平木 祐輔 (HIRAKI Yusuke); 〒1050001 東京都港区虎ノ門4丁目3番20号 神谷町MTビル19階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) Title: THERMAL FLOW RATE SENSOR

(54) 発明の名称: 熱式流量センサ

[図1]



AA FLOW DIRECTION OF FLUID

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a compact and high-precision thermal flow rate sensor which achieves a reduction in the change of the detection sensitivity of a sensor element due to the change of the flow direction of an airflow. An embodiment of the present invention is a thermal flow rate sensor which comprises a cavity part (2) formed on a semiconductor substrate (1), an electric insulating film formed so as to cover the cavity part (2), a heat generation resistor (4) formed on the electric insulating film, a temperature-sensitive resistor formed near the heat generation resistor, an electrode part (11) produced from a conductor and disposed approximately parallel to the peripheral edge of a peripheral edge part of the semiconductor substrate, and a wiring part (5) electrically connecting the electrode part and the heat generation resistor, and detects the flow rate of a fluid to be measured on the basis of the amount of heat transferred between the fluid to be measured and the temperature-sensitive resistor, wherein the thermal resistance is adjusted such that the thermal resistance of a first region configured from one side on the electrode part side of the heat generation resistor and one side on the electrode part side of the cavity part and the thermal resistance of a second region configured from another side facing the one side of the heat generation resistor and another side facing the one side of the cavity part are approximately equal.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/043164 A1

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明の目的は、空気流の流れ方向の変化によるセンサ素子の検出感度の変化を低減し、小型・高精度な熱式流量センサを提供することにある。本発明の実施形態は、半導体基板 1 上に形成した空洞部 2 と、前記空洞部 2 を覆うように形成した電気絶縁膜と、前記電気絶縁膜上に形成した発熱抵抗体 4 と、前記発熱抵抗体の近傍に形成した感温抵抗体と、前記半導体基板の周縁部において周縁に対して略並行に配置した導電体からなる電極部 1 1 と、前記電極部と前記発熱抵抗体とを電気的に接続する配線部 5 とを有し、被計測流体と前記感温抵抗体との伝熱量に基づいて被計測流体の流量を検出する熱式流量センサにおいて、前記発熱抵抗体の前記電極部側の一辺と前記空洞部の前記電極部側の一辺とからなる第 1 領域の熱抵抗と、前記発熱抵抗体の一辺と対向する他辺と前記空洞部の一辺と対向する他辺とからなる第 2 領域の熱抵抗とがほぼ等しくなるように熱抵抗を調整する。

明 細 書

発明の名称：熱式流量センサ

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センサに係り、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センサに関する。

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センサとして、質量流量を直接測定できる熱式の空気流量センサが主流になっている。

[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厚の電気絶縁膜上に発熱抵抗体を形成している。また、このようなセンサ素子では、発熱抵抗体の近傍に感温抵抗体を形成し、発熱抵抗体上を流れる被計測流体から感温抵抗体への伝熱量をもとに流量を測定する方法が主流となっている。発熱抵抗体の大きさは数百ミクロンと微細であり、数ミクロンの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。

[0004] その反面、流路上に存在するオイルやダストなどの飛散物による破損など信頼性においては現在も様々な改善取り組みがなされている。例えば、センサ素子の汚損を低減するために、空気流の一部を取り込む通路内にセンサ素子を配置し、この通路を多様な形状に曲げることにより慣性効果を用いてオイルやダストなどがセンサ素子に衝突しにくい構造をとる方法がある。

[0005] しかし、このような多様な形状で曲げた構造の通路にセンサ素子を配置したとき、通路内を流れる流量に応じて空気流に働く慣性効果が変化し、センサ素子上を流れる空気の方向が流量に応じて変化してしまう。そして、センサ素子上を流れる空気の方向が変化すると、センサ素子で検出した流量に誤

差が発生してしまう。

[0006] この原因の一因としては、発熱抵抗体周辺の構造の不均一性に伴い発熱抵抗体周辺の温度分布が不均一となるため、空気流量方向の微小な変化でもセンサ素子の検出感度が変化するという点がある。さらに、発熱抵抗体が小型になると、発熱抵抗体の周辺の温度分布の均一性がさらに悪化して測定誤差がさらに大きくなる。この問題を解決するために、例えば、特許文献1では、発熱抵抗体の配線幅を局所的に増減させることによって発熱抵抗体の発熱量を調節し、温度分布の平滑化を図っている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2009-198299号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかし、従来では、発熱抵抗体の配線幅が局所的に相対的に細くなる部分があり、また小型のセンサ素子を構成する際に該当部位の強度が低下するため、オイルやダスト等による破損や、エレクトロマイグレーション等による劣化の恐れがある。特許文献1では発熱抵抗体周辺の温度分布に関しては考慮されていたが、発熱抵抗体の構造強度に関しては十分な配慮がなされていなかった。

[0009] そこで、本発明は上記課題に鑑みてされたものであり、その目的とするところは、自動車などの内燃機関に搭載する際に、発熱抵抗体の構造強度を低下することなく、空気流の流れ方向の微小な変化によるセンサ素子の検出感度の変化を低減することで流量測定誤差を低減し、小型かつ低消費電力で高精度な熱式流量センサを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 上記目的を達成するために、本発明の熱式流量センサは、発熱抵抗体の電極部側の一辺と前ダイヤフラム部の電極部側の一辺とからなる第1領域の熱

抵抗と、発熱抵抗体の一辺と対向する他辺と空洞部の一辺と対向する他辺とからなる第2領域の熱抵抗とがほぼ等しくなるように熱抵抗を調整する構成とした。

[0011] 本明細書は本願の優先権の基礎である日本国特許出願2010-220248号の明細書および／または図面に記載される内容を包含する。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、空気流の流れ方向の微小な変化によるセンサ素子の検出感度の変化を低減することで流量測定誤差を低減し、小型かつ低消費電力で高精度な熱式流量センサを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]第1実施例におけるセンサ素子の平面図。
[図2]第1実施例におけるセンサ素子のX-X'断面構造及び温度分布。
[図3]熱式流量センサの検出回路構成。
[図4]領域1および領域2の解説図。
[図5]センサ素子の実装形態例。
[図6]本発明適応以前におけるセンサ素子の構成。
[図7]本発明適応以前におけるセンサ素子のY-Y'断面構造及び温度分布。
[図8]本発明適応以前における領域1および領域2の熱抵抗の関係図。
[図9]本発明適応以前における発熱抵抗体周辺の平面図上の温度分布。
[図10]第1実施例におけるセンサ素子のY-Y'断面構造及び温度分布。
[図11]第1実施例における領域1および領域2の熱抵抗の関係図。
[図12]第1実施例における発熱抵抗体周辺の平面図上の温度分布。
[図13]発熱抵抗体の配置指標値(=L1/L2)と電気絶縁膜厚との相関。
[図14]発熱抵抗体の配置指標値(=L1/L2)と点A-点B間の温度差との相関。
[図15]第2実施例におけるセンサ素子の平面図。
[図16]第2実施例におけるセンサ素子のY-Y'断面構造及び温度分布。
[図17]第3実施例におけるセンサ素子の平面図。

[図18]第3実施例におけるセンサ素子のY-Y' 断面構造及び温度分布。

[図19]第4実施例におけるセンサ素子の平面図。

[図20]第4実施例におけるセンサ素子のY-Y' 断面構造及び温度分布。

[図21]第5実施例におけるセンサ素子のY-Y' 断面構造及び温度分布。

[図22]第6実施例におけるセンサ素子の平面図。

[図23]第7実施例におけるセンサ素子の平面図。

[図24]第7実施例におけるセンサ素子のX-X' 断面構造及び温度分布。

[図25]第7実施例における熱式流量センサの検出回路構成。

[図26]第8実施例におけるセンサ素子の平面図。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明に係る一実施例について図1から図26を用いて説明する。

[0015] 実施例1

本発明に係る第1の実施例について、以下説明する。

[0016] 本実施例による熱式流量計のセンサ素子の構成について、図1、図2を用いて説明する。

[0017] 図1において、センサ素子を構成する半導体基板1は、ケイ素(Si)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、半導体基板1上に電気絶縁膜3aを形成し、半導体基板1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2を形成する。ダイアフラム2上の電気絶縁膜3aの表面には発熱抵抗体4と発熱抵抗体4に通電するための配線部5とを形成する。

[0018] ここで、発熱抵抗体4は、Y-Y'線方向に対して、配線部5が形成される側の空洞部2の短辺の端部から発熱抵抗体4の配線部側端部までの距離をL1、配線部5が形成される側とは反対側の空洞部2の短辺の端部から発熱抵抗体4の先端部までの距離をL2とすると、 $L1 > L2$ なる位置に発熱抵抗体4を配置する。また、X-X'線方向に対しては、ダイアフラム2の中央に発熱抵抗体4を配置する。

[0019] さらに、発熱抵抗体4の両側には上流側感温抵抗体6a、6b、下流側感

温抵抗体 7 a, 7 b を形成する。上流側感温抵抗体 6 a, 6 b は発熱抵抗体 4 に対して流体の流れ方向の上流側に配置し、下流側感温抵抗体 7 a, 7 b は発熱抵抗体 4 に対して流体の流れ方向の下流側に配置する。さらに、センサ素子の最表面は電気絶縁膜 3 b によって覆われ、電気絶縁膜 3 b は電氣的絶縁を行うほか保護膜として働く。さらに、ダイアフラム 2 外部の半導体基板 1 上には、発熱抵抗体 4, 上流側感温抵抗体 6 a, 6 b, 下流側感温抵抗体 7

a, 7 b を構成する各抵抗体を駆動・検出回路と接続するための引出し配線部 8, 9, 10 及び電極パッド部 11 を設ける。尚、電極パッド部 11 はアルミニウム (Al) などで形成する。

[0020] ここで、これらの発熱抵抗体 4, 上流側感温抵抗体 6 a, 6 b, 下流側感温抵抗体 7 a, 7 b 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ケイ素や単結晶ケイ素などの半導体材料、また白金 (Pt), モリブデン (Mo), タングステン (W), 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 3 a, 3 b は二酸化ケイ素 (SiO_2) や窒化ケイ素 (Si_3N_4) 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。

[0021] また、発熱抵抗体 4 はダイアフラム 2 上の発熱の主となる部分であり、発熱抵抗体 4 に電氣的に接続されていたとしても、配線部 5 の様に配線幅を広くすることにより単位長さあたりの抵抗値を小さくしている部位や、発熱抵抗体 4 からの突起状に形成されたパターン等の電流通路として成り立たない部位は発熱抵抗体 4 の範囲には含まれない。例えば、発熱抵抗体 4 の単位長さあたりの抵抗値は、配線部 5 の単位長さあたりの抵抗値に対して 10 倍以上大きいことが望ましい。

[0022] 次に、第 1 実施例のセンサ素子の製造方法に関して説明する。

[0023] 半導体基板 1 としては、単結晶ケイ素等の半導体を用いる。ベースとなる単結晶ケイ素による半導体基板 1 の表面を、熱酸化あるいは CVD 法等によ

り所定の厚さ約 $1 \mu\text{m}$ の電気絶縁膜 3 a となる二酸化ケイ素と窒化ケイ素を形成する。次に、抵抗体として、厚さ約 $1 \mu\text{m}$ の多結晶ケイ素半導体薄膜を CVD 法等により積層する。

[0024] 次に、多結晶ケイ素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ピング処理を行う。更に、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等の方法により多結晶ケイ素半導体薄膜をパターニングし、発熱抵抗体 4、配線部 5、感温抵抗体 6 a、6 b、7 a、7 b、引出し配線部 8 a、8 b、9 a~9 d、10 a~10 d が得られる。

[0025] その後、工程では保護膜として電気絶縁膜 3 b を電気絶縁膜 3 a と同様に、二酸化ケイ素と窒化ケイ素を約 1 ミクロン厚に CVD 法等により形成する。

[0026] 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 1 1 に保護膜 3 b を除去し、アルミニウム、金等で形成される。なお、各抵抗体と端子を接続するための引出し配線部 8 a、8 b、9 a~9 d、10 a~10 d を、多結晶ケイ素半導体薄膜とアルミニウム、金等の多層膜構成としてもかまわない。

[0027] 最終工程では、単結晶ケイ素半導体基板 1 の裏面にエッチングのマスク材を所定の形状にパターニングし、水酸化カリウム (KOH) 等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部を形成して、ダイアフラム 2 を形成する。

[0028] 以上の工程により、センサ素子が完成する。

[0029] 次に、熱式流量センサの検出原理について図 2 を用いて説明する。

[0030] 図 2 に示した温度分布 1 2 a、1 2 b はセンサ素子の X-X' 線上の温度分布である。温度分布 1 2 a は、無風時のダイアフラム 2 表面上の温度分布であり、温度分布 1 2 b は、空気流が発生したときのダイアフラム 2 表面上の温度分布である。空気流が発生することにより、発熱抵抗体 4 の上流側は空気流により冷却され温度が下がり、下流側は発熱抵抗体 4 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、上流側感温抵抗体 6 a, 6 b と下流側感温抵抗体 7 a, 7 b とによって発熱抵抗体 4 の上流部と下流部の温度差 ΔT_s を測定することにより、流量を計測することができる。

[0031] 次に、温度差 ΔT_s を測定するための回路動作について図 3 を用いて解説する。

[0032] 図 3 に示す回路は、発熱抵抗体 4 を発熱させるために必要な駆動電圧 V_h を印加する駆動回路 100 と、 ΔT_s を測定するためのブリッジ回路 200 により構成する。駆動回路 100 は、発熱抵抗体 4 と固定抵抗 110 a とからなる直列回路と、固定抵抗 110 b と固定抵抗 110 c 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、各直列回路に駆動電圧 V_h 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 111 に接続する。増幅器 111 の出力は、トランジスタ 112 のベースに接続する。トランジスタ 112 のコレクタを V_h に接続し、エミッタは発熱抵抗体 4 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 4 の温度 T_h は空気流の温度 T_a に対して一定温度 $\Delta T (= T_h - T_a)$ 高くなるように制御される。尚、固定抵抗 110 a、110 b、110 c は、発熱抵抗体 4 に対して熱的に隔離された場所に配置する。例えば、半導体基板 1 上であってダイアフラム 2 上でない部分に配置してもよく、また半導体基板 1 上でない別の部位に設けても良い。ブリッジ回路 200 は、感温抵抗体 6 a 及び 7 a からなる直列回路と、6 b 及び 7 b からなる直列回路とを並列に接続したブリッジ回路構成をとり、基準電圧 V_{ref} が印加される。次に、空気流により上流側感温抵抗体 6 a, 6 b と下流側感温抵抗体 7 a, 7 b とに温度差 ΔT_s が発生すると、各抵抗体それぞれの温度に応じて抵抗値が変化するため、ブリッジ回路の抵抗バランスに変化が生じ、各中間電圧間には差電圧が発生する。この差電圧から増幅器 13 によって流量に応じた出力 V_{out} が得られる。なお、上述したように、感温抵抗体は発熱抵抗体に対して流体の流れ方向の上流側に配置された上流側感温抵抗体 6 a, 6 b と、発熱抵抗体

となる様に配置されている。このセンサ素子のY-Y'線に沿った断面構造を図7に示す。センサ素子は、電気絶縁膜3a, 3b及び配線部5が領域1を構成しており、電気絶縁膜3a, 3bが領域2を構成する。ここで、発熱抵抗体4, 上流側感温抵抗体6a, 6b, 下流側感温抵抗体7a, 7b、及び配線部5は、例えば、不純物をドーピングした多結晶ケイ素や単結晶ケイ素などの半導体材料、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。また、電気絶縁膜3a, 3bは二酸化ケイ素や窒化ケイ素により形成する。一般的に、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や、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は、二酸化ケイ素や窒化ケイ素に比べて熱抵抗が小さい。故に、領域1におけるY-Y'軸方向の長さL1と熱抵抗Rt1の関係と領域2におけるY-Y'軸方向の長さL2と熱抵抗Rt2の関係は図8に示す様に、領域1の方が1/Lの増加に応じた熱抵抗の増加率が小さい。そのため、L1=L2の場合は、センサ素子上の温度は点Aよりも点B側が高い状態となり、

Y-Y'軸方向の温度分布は図7のような温度分布18aの形をとる。また、このときのセンサ素子の平面図における温度分布18aの状態を表す等温線19aは図9で示される通りである。

[0037] ここで、センサ素子の実装形態例を図5に示す。空気流15aが流れる通路14a内に、通路14aの壁面から突出する形状のベース部材16を設け、ベース部材16にはサブ通路14bが形成されており、通路14a内を流れる空気流15aの一部が取り込まれる構造となっている。また、ベース部材16には駆動回路100および検出回路200を搭載した回路基板17が設けられており、回路基板17の一部がサブ通路14b内に突出する様に配置する。そして、サブ通路14b内に突出した回路基板17上にセンサ素子を配置し、サブ通路14b内を流れる空気流15bにより流量測定を行う。

[0038] センサ素子の汚損を低減するために、サブ通路14bは略U字状に曲げた構造としている。そのためサブ通路14bでは、流量に応じて空気流15b

に生じる慣性力が変化するため、センサ素子上での空気流 15 b の方向は流量に応じて変化する。

[0039] なお、本実施例ではサブ通路 14 b の形状を略 U 字状に曲げた構造としているが、サブ通路 14 b の構造はこれに限らず、サブ通路 14 b に取り込まれた空気流 15 b に慣性力が生じるような構造であればよい。また、慣性力に限らず、センサ素子の汚損を低減するために、サブ通路 14 b に取り込まれた空気流 15 b に遠心力が働く構造とする場合もあり、このような場合であっても、流量に応じて遠心力が変化するため、センサ素子上での空気流 15 b の方向は流量に応じて変化する。

[0040] 次に、空気流 15 b の方向が変化することによる検出感度の低下について詳細に説明する。図 9 の等温線 19 a の状態において、慣性効果により傾いた空気流 20 a, 20 b が、それぞれダイアフラム 2 に流れ込んだ場合、発熱抵抗体 4 を通過して温度上昇した空気流が下流側感温抵抗体 7 a, 7 b に流れる。発熱抵抗体 4 上において、空気流 20 a と空気流 20 b とで通過する場所の温度が異なるため、下流側感温抵抗体 7 a, 7 b に流れ込む空気の温度は、空気流 20 a の場合、温度が高くなり、空気流 20 b の場合、温度が低くなる。すると、空気流 20 a の場合は、より多くの熱量が下流側感温抵抗体 7 a, 7 b

に伝わるため、下流側感温抵抗体 7 a, 7 b の抵抗値が大きく変化し、良好な検出感度が得られる。一方、空気流 20 b の場合は、20 a の場合に比べて下流側感温抵抗体 7 a, 7 b に伝わる熱量が小さいため、下流側感温抵抗体 7 a, 7 b の抵抗値の変化は小さく、よって検出感度が低下する。

[0041] したがって、従来の熱式流量センサでは、空気流の方向が変化することによって感度変化が発生してしまうため、流量測定精度の低下を招いていた。

[0042] 次に、本発明における第 1 実施例では、図 1 に示す様に $L1 > L2$ を満たす位置に発熱抵抗体 4 を配置している。尚、図 10 は図 1 のセンサ素子の Y-Y' 線に沿った断面構造とダイアフラム 2 表面における温度分布を示す。式 1, 式 2 によれば、 $L1 > L2$ とすることにより、 R_{t1} をより大きく、

R t 2 をより小さくする効果がある。そのため、図 1 1 に示す様に、 $L 1 > L 2$ の場合は R t 1 及び R t 2 をほぼ同等値とすることができる。この時のセンサ素子上の温度分布は図 1 0 の温度分布 1 8 b の形をとる。

[0043] 図 1 2 は、温度分布 1 8 b の状態を表す等温線 1 9 b を示した図である。図 1 2 の温度分布 1 9 b の状態において、傾いた空気流 2 0 a, 2 0 b がダイアフラム 2 に流れ込んだ場合、発熱抵抗体 4 を通過して温度上昇した空気流が下流側感温抵抗体 7 a, 7 b に流れる。発熱抵抗体 4 上において、空気流 2 0 a と空気流 2 0 b とで通過する場所の温度はほぼ同じなので、下流側感温抵抗体 7 a, 7 b に流れ込む空気の温度は、空気流 2 0 a の場合でも、空気流 2 0 b の場合でもほぼ同じ温度となる。そのため、空気流の方向が変化しても空気流から下流側感温抵抗体 7 a, 7 b に伝わる熱量は変化せず、流量検出において安定した感度を維持することができ、良好に空気流の測定が可能となる。

[0044] また、加えて、配線部 5 は、発熱抵抗体 4 の線幅よりも大きい幅をもって設けると良い。これにより、配線部 5 の抵抗値を低減でき、配線部 5 に流れる電流による温度上昇を低減することができ、発熱抵抗体 4 周辺の温度分布をより均一にすることができる。

[0045] 次に、さらに好ましい L 1 及び L 2 のとり方を、図 1 3, 図 1 4 を用いて解説する。

[0046] より有益な熱式流量センサを構成するためには、L 1 及び L 2 の比率 $L 1 / L 2$ が 1.5 以上となる構造にすると良い。ここで、 $R t 1 = R t 2$ を満たす時の $L 1 / L 2$ は式 3 により算出することができる。ここでは簡単化のため、 $\eta 2 = 0$ としている。

[0047] $L 1 / L 2 = (k 1 t 1 + k 2 t 2 + \eta 1 k 3 t 3) / (k 1 t 1 + k 2 t 2)$
 … (式 3)

式 3 によれば、 $R t 1 = R t 2$ とするためには、L 1, L 2 の比率を変更する方法のほかに、 $t 1, t 2 \gg t 3$ とする方法がある。電気絶縁膜 3 a,

3 bを構成する二酸化ケイ素の膜厚 t_1 、および窒化ケイ素の膜厚 t_2 を、発熱抵抗体 4、感温抵抗体 6 a, 6 b, 7 a, 7 b および配線部 5 を構成する素材の膜厚 t_3 に対して十分大きくすることにより、発熱抵抗体 4、感温抵抗体 6 a, 6 b, 7 a, 7 b および配線部 5 が熱抵抗 R_{t1} , R_{t2} に占める割合を相対的に小さくすることができる。しかし、一方で、窒化ケイ素は大きな引張応力 (1 GPa) を有しているため、膜厚 t_2 が大きくなりすぎると、ダイアフラムにクラックが発生するなど、電気絶縁膜 3 a, 3 b の破損要因となることがあるため、内部応力に対して注意を払う必要がある。

[0048] 図 13 は、 L_1/L_2 と L_1/L_2 において $R_{t1} = R_{t2}$ を満足する電気絶縁膜 3 a, 3 b の膜厚に応じた内部応力との関係を示す。図 13 によれば、 $L_1/L_2 < 1.5$ においては、急峻に内部応力が増加することがわかる。例えば、 $L_1/L_2 = 1.4$ においては、およそ $1 \text{ MPa} \cdot \mu\text{m}$ の内部応力が生じ、電気絶縁膜 3 a, 3 b が破損する可能性がある。一方、 $L_1/L_2 \geq 1.5$ では、内部応力は安定して小さい値となる。

[0049] また、 $L_1/L_2 < 1.5$ の領域においては、 $R_{t1} = R_{t2}$ を満足するために必要な電気絶縁膜厚が急峻に増大する。対して、より良好な空気流の測定感度を得るためには、電気絶縁膜 3 a, 3 b の熱絶縁性を向上させることが必要である。そのため、 $L_1/L_2 \geq 1.5$ の構成とすることは、センサ素子の小型化に際しても有効である。

[0050] また、電気絶縁膜 3 a, 3 b の膜厚が一定の時の L_1/L_2 と点 A 一点 B 間の温度差 ΔT_{ab} との相関を図 14 に示す。図 14 によれば、 L_1/L_2 と ΔT_{ab} の相関曲線は下降型の収束曲線を描く。さらに検討によれば、 $L_1/L_2 \geq 1.5$ とすれば、 $L_1 = L_2$ の場合に対して ΔT_{ab} を半減以下にすることができる。

[0051] これにより、領域 1 および領域 2 の長手方向の熱抵抗の不等性を緩和することができ、温度分布の偏りを改善することができ、さらに、電気絶縁膜をより薄膜化することができ、更なる小型化・高感度化を図ることができる。

[0052] 実施例 2

本発明に係る第 2 の実施例について、図 1 5、図 1 6 を用いて以下説明する。

[0053] 図 1 5 は、本実施例における熱式流量計のセンサ素子の構成を示した図である。

[0054] 第 2 の実施例におけるセンサ素子は、第 1 の実施例におけるセンサ素子の構成に加えて、領域 2 内の発熱抵抗体 4 近傍に、 $Y-Y'$ 軸に対称な形状の調整体 2 1 を設けることにより構成される。この調整体 2 1 は、例えば発熱抵抗体 4 と同じ素材を用いて形成され、発熱抵抗体 4 及び感温抵抗体 6 a、6 b、7 a、7 b、及び配線部 5 の成型時に、追加のレジストパターンを設けることにより形成することができる。

[0055] 図 1 6 に示す様に、調整体 2 1 を、各抵抗体と同じ素材を用いて構成することにより、領域 2 の層構造（例えば、二酸化ケイ素および窒化ケイ素）を、領域 1 の層構造（例えば、二酸化ケイ素および窒化ケイ素および多結晶ケイ素）に近づけることができる。故に、熱抵抗 R_{t1} 、 R_{t2} の値をより近づけることができる。すなわち、より領域 1 および領域 2 の長手方向の熱抵抗の不等性を緩和することができ、1 8 c に示すように偏りのない良好な温度分布にすることができる。

[0056] また、小型のセンサ素子においては、センサ素子端部に外部回路と接続するための電極やボンディングワイヤー等の凹凸物が存在するため、凹凸物により発生した乱流が発熱抵抗体 4 周辺の温度分布に影響を与える可能性がある。そのため、センサ素子の物理寸法が制限され、 L_1/L_2 の値が制限される場合がある。本実施例によれば、調整体 2 1 を領域 2 に設けることでセンサ素子の寸法を変更せずに温度分布の偏りを改善することができるため、小型のセンサ素子などに対しては特に効果的である。

[0057] また、調整体 2 1 の形状は図 1 5 に示す様な多角形の形状でもよいが、分割した形状をとっても良い。また、より効果を高める手段として、調整体 2 1 が領域 2 内に占める面積比率 η_2 を式 4 により求め構造に反映すると良い

。これにより、 R_{t1} と R_{t2} をほぼ同等とすることができ、より高い効果が得られる。

$$[0058] \quad \eta_2 = (L_2/L_1) (k_1 t_1 + k_2 t_2 + \eta_1 k_3 t_3) / (k_3 t_3) \quad \dots (式4)$$

実施例3

次に、本発明に係る第3の実施例について、以下説明する。

[0059] 本実施例による熱式流量計のセンサ素子の構成について、図17、図18を用いて説明する。

[0060] 第3の実施例におけるダイアフラム2は、図4のセンサ素子のダイアフラム2の構成に加えて、領域2内に配線部5と略対称な疑似配線部22a、22bを設けることにより構成する。疑似配線部22a、22bは、例えば発熱抵抗体4と同じ素材を用いて設けることにより構成する。この疑似配線部22a、22bは、発熱抵抗体4及び感温抵抗体6a、6b、7a、7b、及び配線部5の成型時に、追加のレジストパターンを設けることにより形成することができる。すると、センサ素子の断面構造は、図18に示す様に領域1

および領域2の構造が略対称となるため、熱抵抗 R_{t1} および R_{t2} は、式1及び式2よりほぼ等しくなる。そのため、センサ素子上の温度分布は図18の温度分布18dに示すように、偏りのない良好な温度分布が得られる。すなわち、より領域1および領域2の長手方向の熱抵抗の不等性を緩和することができ、温度分布の偏りを改善することができる。

[0061] 実施例4

本発明に係る第4の実施例について、以下説明する。

[0062] 本実施例による熱式流量計のセンサ素子の構成について、図19、図20を用いて解説する。

[0063] 第4の実施例におけるダイアフラム2は、図4のセンサ素子のダイアフラム2の構成に加えて、領域2において電気絶縁膜3a、3bに加え、電気絶縁膜3bの上層に保護膜23を形成することで構成する。保護膜23は、例

ダイアフラム 2 表面上が発熱することに加え、センサの周囲温度が大きく変化する。そのため、熱応力や振動などの機械的応力がダイアフラム 2 の破損につながる可能性がある。本実施例によれば、膜厚 T 1 及び T 2 の境界に生じる応力を分散させることができるため、領域 1 および領域 2 の長手方向の熱抵抗の不等性を緩和しつつ、ダイアフラム 2 の強度・耐久性および電気絶縁膜の強度を向上させることができ、高信頼な流量センサを実現することができる。

[0070] 実施例 6

本発明に係る第 6 の実施例について、以下説明する。

[0071] 本実施例による熱式流量計のセンサ素子の構成について、図 2 2 を用いて解説する。

[0072] 第 6 の実施例におけるセンサ素子は、第 4 の実施例のダイアフラム 2 内において、膜厚 T 1 と膜厚 T 2 との境界が成す境界線 2 5 が、少なくとも 1 つ以上の屈曲部を有する様に保護膜 2 3 を形成することにより構成する。本構成とすることにより、膜厚 T 1 と膜厚 T 2 との境界において、力学的応力を分散させる構造となる。そのため、領域 1 および領域 2 の長手方向の熱抵抗の不等性を緩和しつつ、よりダイアフラム 2 の強度・耐久性および電気絶縁膜の強度を向上させることができ、高信頼な流量センサを実現することができる。

[0073] 実施例 7

本発明に係る第 7 の実施例について、以下図 2 3 ~ 図 2 5 を用いて説明する。

[0074] 本実施例による熱式流量計のセンサ素子の構成について図 2 3 を用いて解説する。

[0075] 第 7 の実施例におけるセンサ素子は、第 1 の実施例におけるセンサ素子の構成に加えて、測温抵抗体 2 6 を発熱抵抗体 4 の近傍に設け、さらに固定抵抗 2 7 a, 2 7 b, 2 7 c をダイアフラム 2 外部に形成する。続いて、測温抵抗体 2 6 および固定抵抗 2 7 a, 2 7 b, 2 7 c によりブリッジ回路を形

成し、各抵抗体の中間電圧は引出配線部 28 a, 28 b, 28 c, 28 d および電極パッド部 11 に接続される。

[0076] 次に、第 7 の実施例における熱式流量センサの動作原理について、図 24 を用いて解説する。

[0077] 図 24 に示したセンサ素子の断面構成図と共に示した温度分布 12 a, 12 b はセンサ素子の表面温度の分布である。温度分布 12 a は、無風時のダイアフラム 2 表面上の温度分布を示す。温度分布 12 b は、空気流が発生したときのダイアフラム 2 表面上の温度分布である。空気流が発生することにより、発熱抵抗体 4 の上流側は空気流により冷却され温度が下がり、下流側は発熱抵抗体 4 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、上流側感温抵抗体 6 a, 6 b と下流側感温抵抗体 7 a, 7 b とによって発熱抵抗体 4 の上下流の温度差 ΔT_s を測定することにより、流量を計測することができる。

[0078] 次に、第 7 の実施例における駆動・検出回路について図 25 を用いて解説する。

[0079] 第 7 の実施例における駆動回路 101 は、発熱抵抗体 4 の温度によって抵抗値が変化する測温抵抗体 26 と固定抵抗 27 a とからなる直列回路と、固定抵抗 27 b と固定抵抗 27 c 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 29 に接続する。増幅器 29 の出力は、トランジスタ 30 のベースに接続する。トランジスタ 30 のコレクタは電源 V_h に接続し、エミッタは発熱抵抗体 4 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 4 の温度 T_h は空気流の温度 T_a に対して一定温度 $\Delta T (= T_h - T_a)$ 高くなるように制御される。

[0080] 第 7 の実施例における検出回路は、第 1 の実施例におけるブリッジ回路 200 と同じ構成をとる。ブリッジ回路 200 は、感温抵抗体 6 a 及び 7 a からなる直列回路と、6 b 及び 7 b からなる直列回路とを並列に接続したブリッジ回路構成をとり、基準電圧 V_{ref} が印加される。次に、空気流により

上流側感温抵抗体 6 a, 6 b と下流側感温抵抗体 7 a, 7 b とに温度差 ΔT_s が発生すると、上流側感温抵抗体 6 a, 6 b と下流側感温抵抗体 7 a, 7 b は、それぞれの温度に応じて抵抗値が変化するため、ブリッジ回路の抵抗バランスに変化が生じ、各中間電圧間には差電圧が発生する。この差電圧から増幅器 13 によって流量に応じた出力 V_{out} が得られる。

[0081] 第 7 の実施例の熱式流量センサにより得られる利点は、第 1 の実施例における熱式流量センサによって得られる利点に加え、発熱抵抗体 4 に供給する電力を低減することができ、発熱抵抗体 4 をさらに小型化できる。従って、ダイヤフラム 2 内における発熱抵抗体 4 の配置自由度が向上し、より温度分布の改善に有利な部位に発熱抵抗体 4 を配置することが可能となる。また、本実施例は第 2 ～第 6 の実施例、および後述する第 8 の実施例に対しても適用可能である。

[0082] 実施例 8

本発明に係る第 8 の実施例について以下説明する。

[0083] 本実施例による熱式流量計のセンサ素子の構成について図 26 を用いて解説する。

[0084] 第 8 の実施例における発熱抵抗体 4 は、第 1 の実施例において、第 1 の実施例における発熱抵抗体 4 よりも配線幅を細くし、さらに多数の折り返し形状を持たせた構成をとる。これにより単位面積あたりの発熱密度を向上することができる。

[0085] 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は、ポリシリコンなどの半導体材料に比べて耐熱性が高いため、熱抵抗体 4 の加熱温度の高温化が図れるが、加熱温度を上げると消費電力が増加するため、低消費電力・低電圧・低電流でのセンサ動作を行うには、発熱抵抗体 4 をより小型に形成することが望ましい。

[0086] 第 8 の実施例における利点は、第 1 の実施例における熱式流量センサによって得られる利点に加え、発熱抵抗体 4 の単位面積あたりの発熱密度が大きくなるため発熱量を大きくでき、同時に発熱抵抗体 4 を小型化することがで

きる点である。従って、ダイアフラム2内における発熱抵抗体4の配置自由度が向上し、より温度分布の改善に有利な部位に発熱抵抗体4を配置することが可能となる。また、本実施例は第2～第7の実施例に対しても適用可能である。

[0087] また、本実施例における発熱抵抗体4は略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。

[0088] 前述の各実施例において、発熱抵抗体4の上流部および下流部に二対の感温抵抗体6a, 6b, 7a, 7bを配置した場合について説明したが、一対の感温抵抗体の構成であっても各実施例により得る利点と同様の利益を得られる。

符号の説明

- [0089] 1 … 半導体基板
2 … ダイアフラム
3 a, 3 b … 電気絶縁膜
4 … 発熱抵抗体
5 … 配線部
6 a, 6 b, 7 a, 7 b … 感温抵抗体
8 a, 8 b, 9 a, 9 b, 9 c, 9 d, 10 a, 10 b, 10 c, 10 d,
28 a, 28 b, 28 c, 28 d … 引出し配線部
11 … 電極パッド部
12 a, 12 b, 18 a, 18 b, 18 d, 18 e … 温度分布
13, 29 … 増幅器
14 a … 通路
14 b … サブ通路
15 a, 15 b … 空気流
16 … ベース部材
17 … 回路基板
19 a, 19 b … 等温線

- 20 a, 20 b … 空気流の方向
- 21 … 調整体
- 22 a, 22 b … 疑似配線部
- 23 … 保護膜
- 24 … 膜厚変化点
- 25 … 膜厚境界線
- 26 … 測温抵抗体
- 27 a, 27 b, 27 c, 110 a, 110 b, 110 c … 固定抵抗
- 30, 112 … トランジスタ
- 100, 101 … 駆動回路
- 111 … 演算増幅器
- 200 … 検出回路

本明細書で引用した全ての刊行物、特許および特許出願をそのまま参考として本明細書にとり入れるものとする。

請求の範囲

[請求項1] 半導体基板上に形成した空洞部と、前記空洞部を覆うように形成した電気絶縁膜と、前記電気絶縁膜上に形成した発熱抵抗体と、前記発熱抵抗体の近傍に形成した感温抵抗体と、前記半導体基板の周縁部において周縁に対して略並行に配置した導電体からなる電極部と、前記電極部と前記発熱抵抗体とを電氣的に接続する配線部とを有し、被計測流体と前記感温抵抗体との伝熱量に基づいて被計測流体の流量を検出する熱式流量センサにおいて、

前記発熱抵抗体の前記電極部側の一辺と前記空洞部の前記電極部側の一辺とからなる第1領域の熱抵抗と、前記発熱抵抗体の一辺と対向する他辺と前記空洞部の一辺と対向する他辺とからなる第2領域の熱抵抗とがほぼ等しくなるように前記熱抵抗を調整したことを特徴とする熱式流量センサ。

[請求項2] 請求項1に記載の熱式流量センサにおいて、

前記配線部は、前記発熱抵抗体の前記電極部側の一辺から前記空洞部の前記電極部側の一辺方向に延伸されており、

前記熱抵抗は、前記発熱抵抗体の長手方向の配置により調整され、前記発熱抵抗体の前記電極部側の一辺と前記空洞部の前記電極部側の一辺との距離 L_1 、前記発熱抵抗体の一辺と対向する他辺と前記空洞部の一辺と対向する他辺との距離 L_2 とすると、前記発熱抵抗体の長手方向の配置を $L_1 > L_2$ となるように配置したことを特徴とする熱式流量センサ。

[請求項3] 請求項2に記載の熱式流量センサにおいて、

前記発熱抵抗体の長手方向の配置が $L_1 / L_2 \geq 1.5$ を満足することを特徴とする熱式流量センサ。

[請求項4] 請求項1に記載の熱式流量センサにおいて、

前記熱抵抗は、前記発熱抵抗体の近傍の前記電気絶縁膜上に設けられた前記第1領域および前記第2領域の熱抵抗の不等性を緩和する調

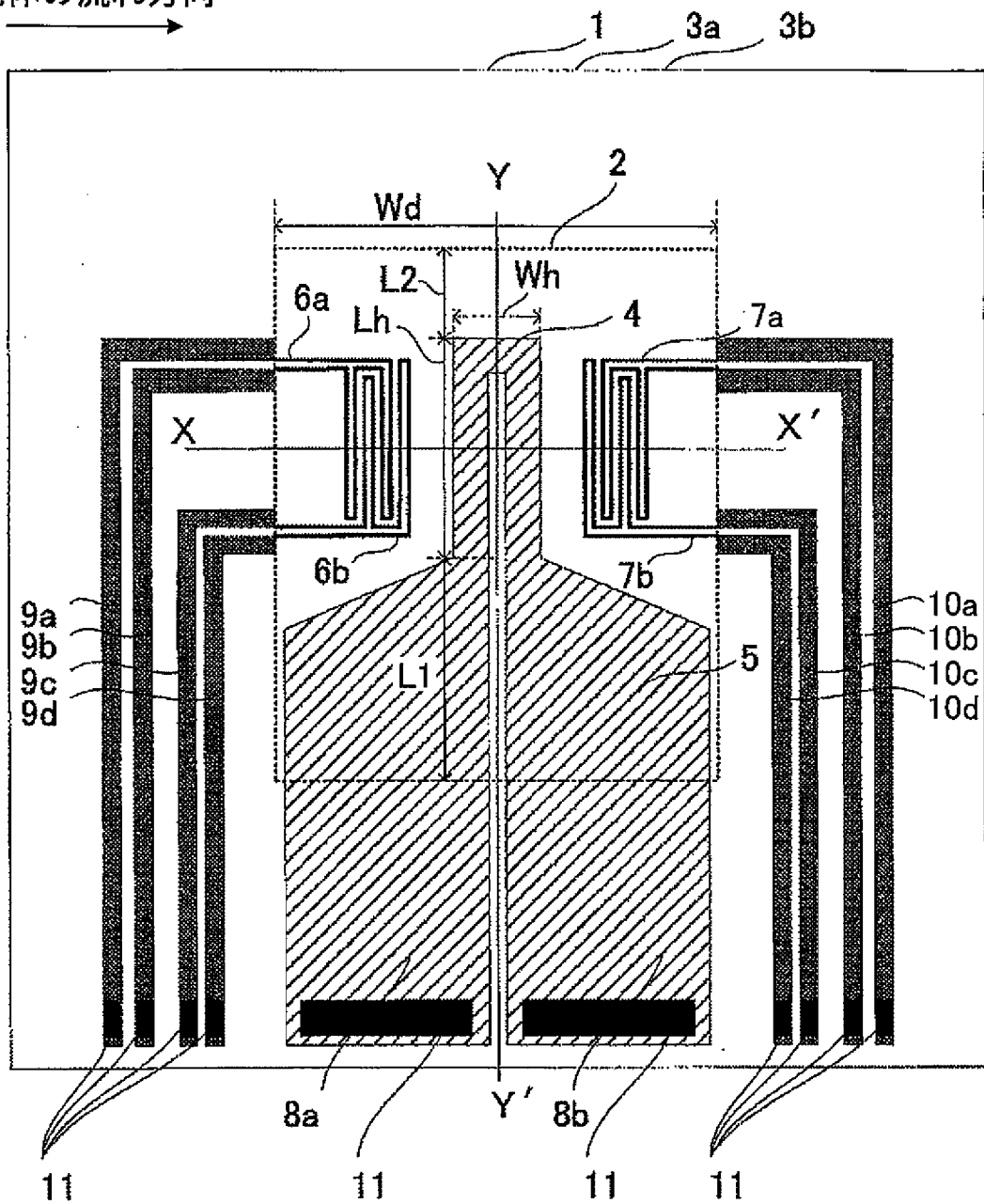
整体により調整されることを特徴とする熱式流量センサ。

- [請求項5] 請求項4に記載の熱式流量センサにおいて、
前記調整体は、前記第2領域内に設けられたことを特徴とする熱式流量センサ。
- [請求項6] 請求項4に記載の熱式流量センサにおいて、
前記調整体は、前記空洞部の中心軸に対して対称な形状であることを特徴とする熱式流量センサ。
- [請求項7] 請求項4に記載の熱式流量センサにおいて、
前記調整体は、前記発熱抵抗体と同一材料で形成したことを特徴とする熱式流量センサ。
- [請求項8] 請求項1に記載の熱式流量センサにおいて、
前記空洞部の一方側の前記電気絶縁膜上に前記配線部を形成し、
前記空洞部の他方側に前記配線部と略対称な疑似配線部を設けることにより前記熱抵抗を調整することを特徴とする熱式流量センサ。
- [請求項9] 請求項1に記載の熱式流量センサにおいて、
前記熱抵抗は、前記第1領域および前記第2領域における前記電気絶縁膜の積層膜の膜厚によって調整され、
前記第1領域における積層膜の平均膜厚を T_1 とし、前記第2領域における積層膜の平均膜厚を T_2 とすると、前記平均膜厚の膜厚分布が $T_1 < T_2$ を満たす膜厚分布であることを特徴とする熱式流量センサ。
- [請求項10] 請求項9に記載の熱式流量センサにおいて、
前記 T_1 から前記 T_2 に変化する境界において段階的に前記電気絶縁膜の積層膜の膜厚を変化させたことを特徴とする熱式流量センサ。
- [請求項11] 請求項9に記載の熱式流量センサにおいて、
前記電気絶縁膜の積層膜は、前記 T_1 と前記 T_2 との境界線において少なくとも1つの屈曲部を有することを特徴とする熱式流量センサ。

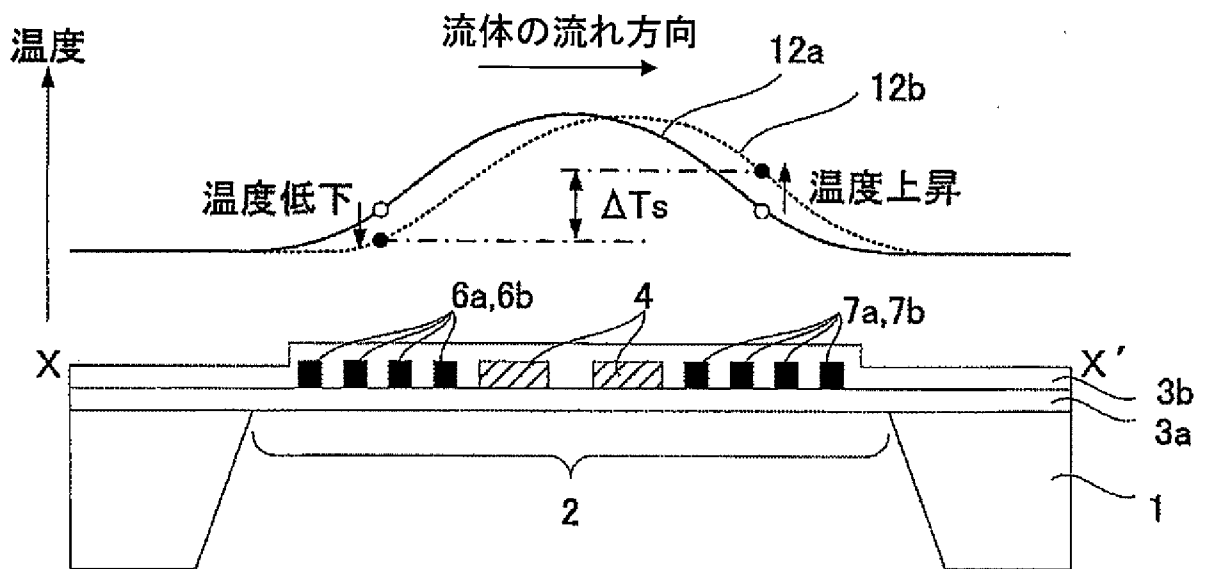
- [請求項12] 請求項1に記載の熱式流量センサにおいて、
前記発熱抵抗体の温度を検出するための測温抵抗体が前記電気絶縁膜上に形成され、前記測温抵抗体の抵抗値に基づいて前記発熱抵抗体の発熱量を制御する駆動回路が前記発熱抵抗体に電氣的に接続されたことを特徴とする熱式流量センサ。
- [請求項13] 請求項1に記載の熱式流量センサにおいて、
前記感温抵抗体は、前記発熱抵抗体に対して被計測流体の流れ方向の上流側に配置された第1の感温抵抗体と、前記発熱抵抗体に対して前記被計測流体の流れ方向の下流側に配置された第2の感温抵抗体を有し、
前記第1の感温抵抗体および前記第2の感温抵抗体は、前記発熱抵抗体に対して略対称に配置されたことを特徴とする熱式流量センサ。
- [請求項14] 請求項1に記載の熱式流量センサにおいて、
前記発熱抵抗体は、少なくとも1つの屈曲部を有していることを特徴とする熱式流量センサ。
- [請求項15] 請求項1に記載の熱式流量センサにおいて、
前記配線部の線幅は、前記発熱抵抗体の線幅よりも広いことを特徴とする熱式流量センサ。
- [請求項16] 請求項1に記載の熱式流量センサにおいて、
前記発熱抵抗体は、導電性素材を用いて形成され、ジュール熱により発熱することを特徴とする熱式流量センサ。

[図1]

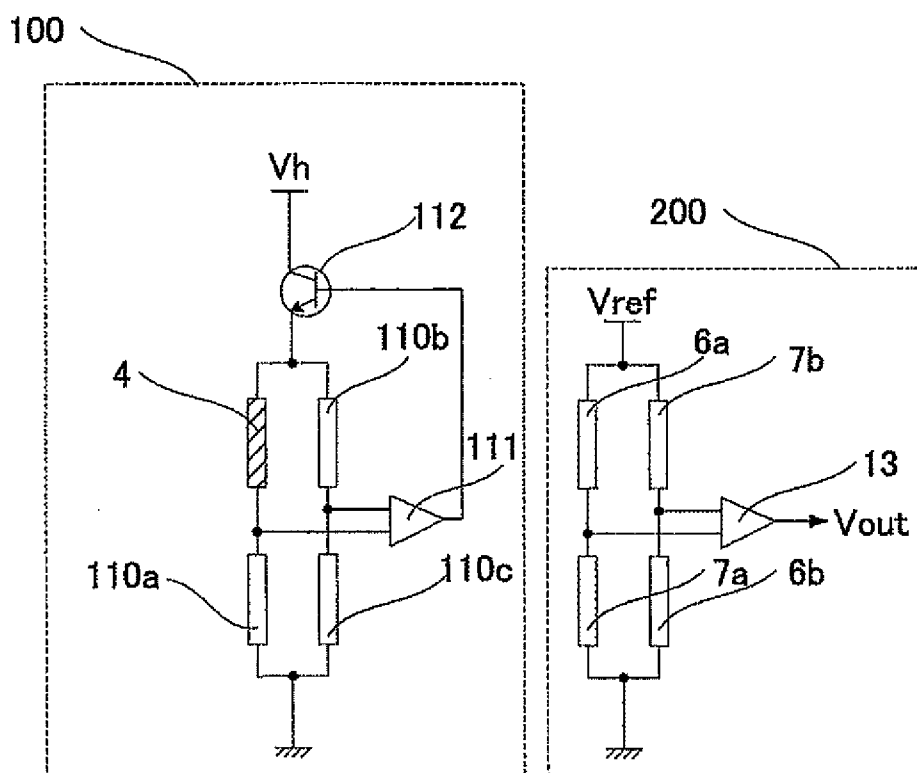
流体の流れ方向

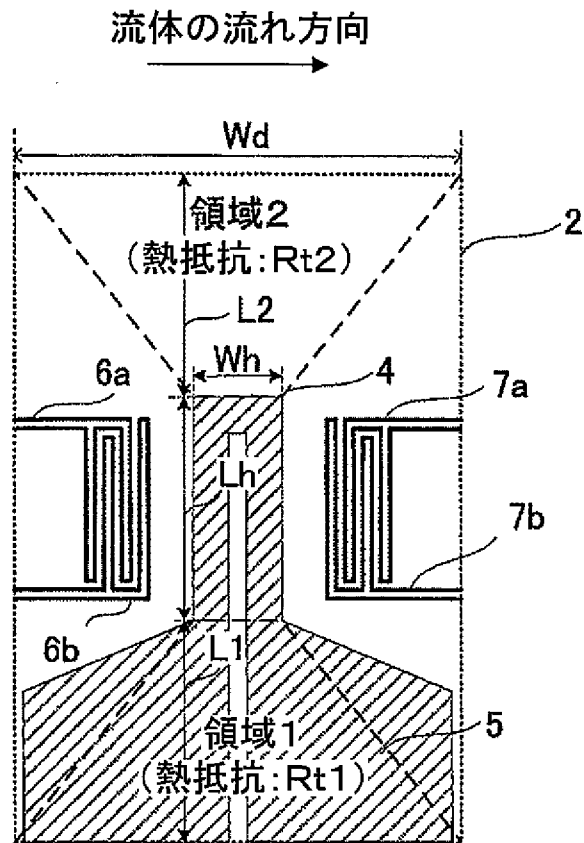
[図2]



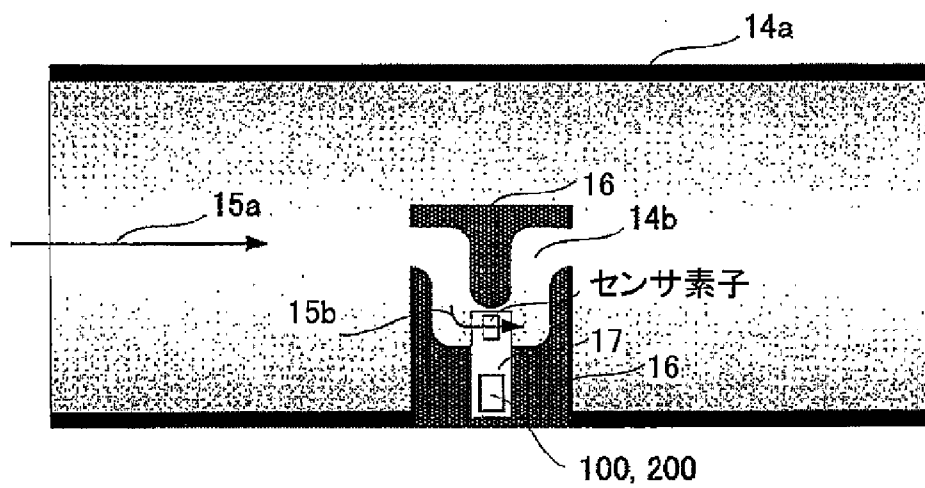
[図3]




[図4]

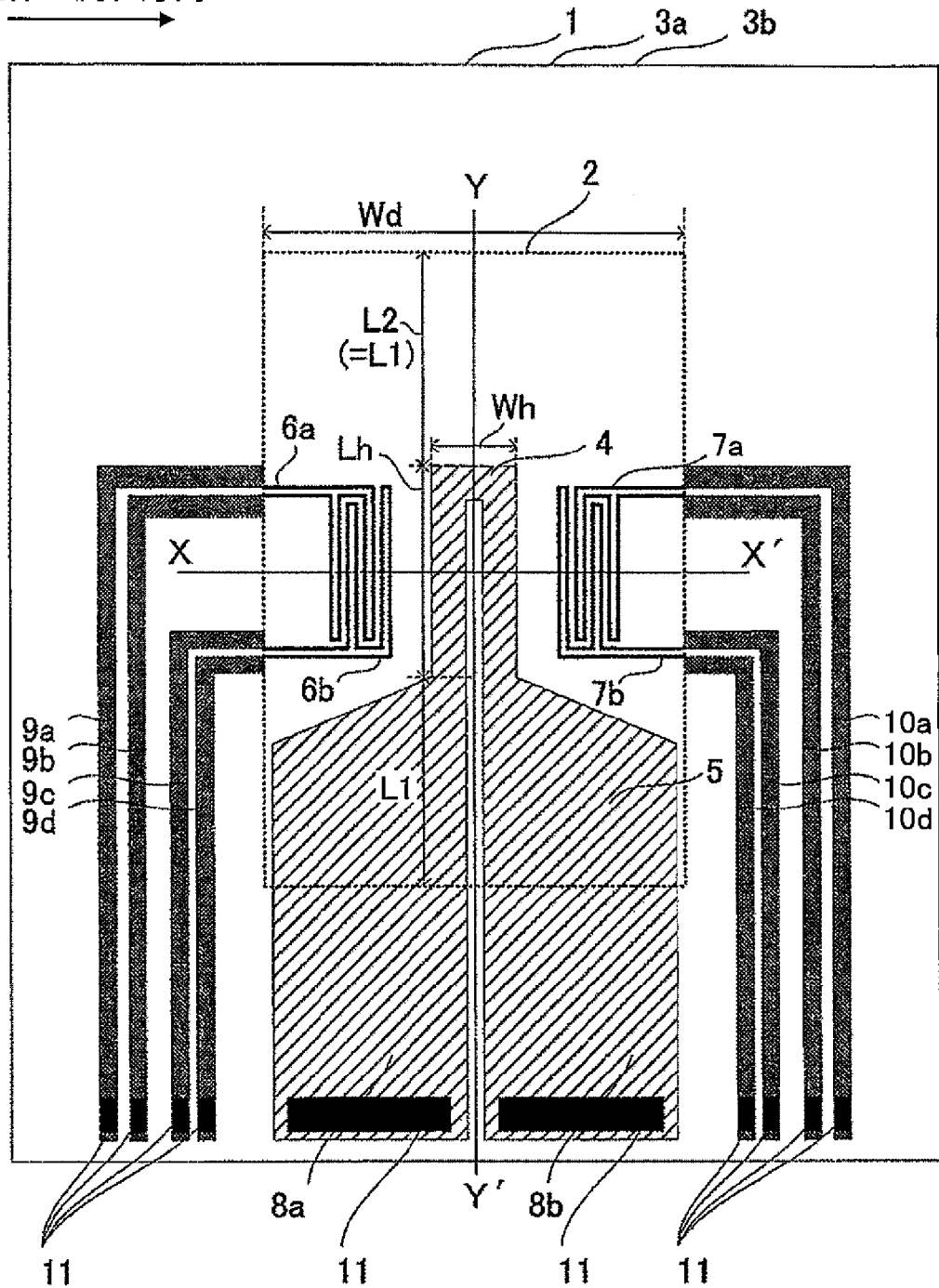


[図5]

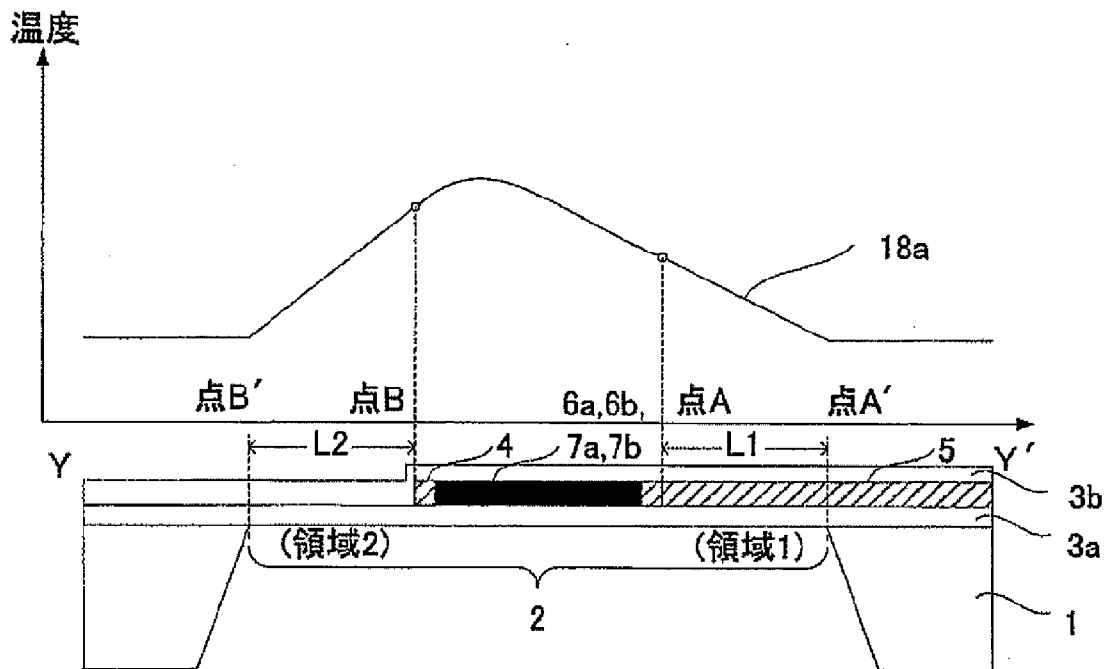


[図6]

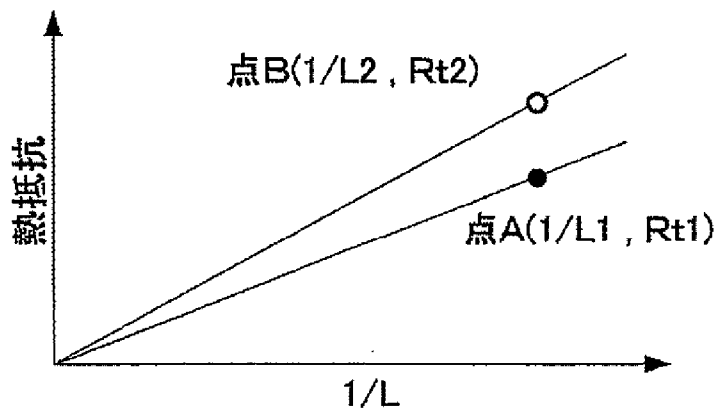
流体の流れ方向




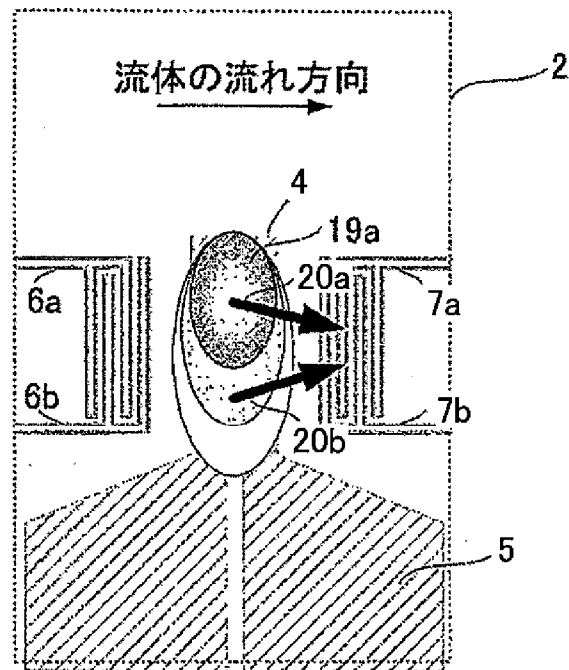
[图7]



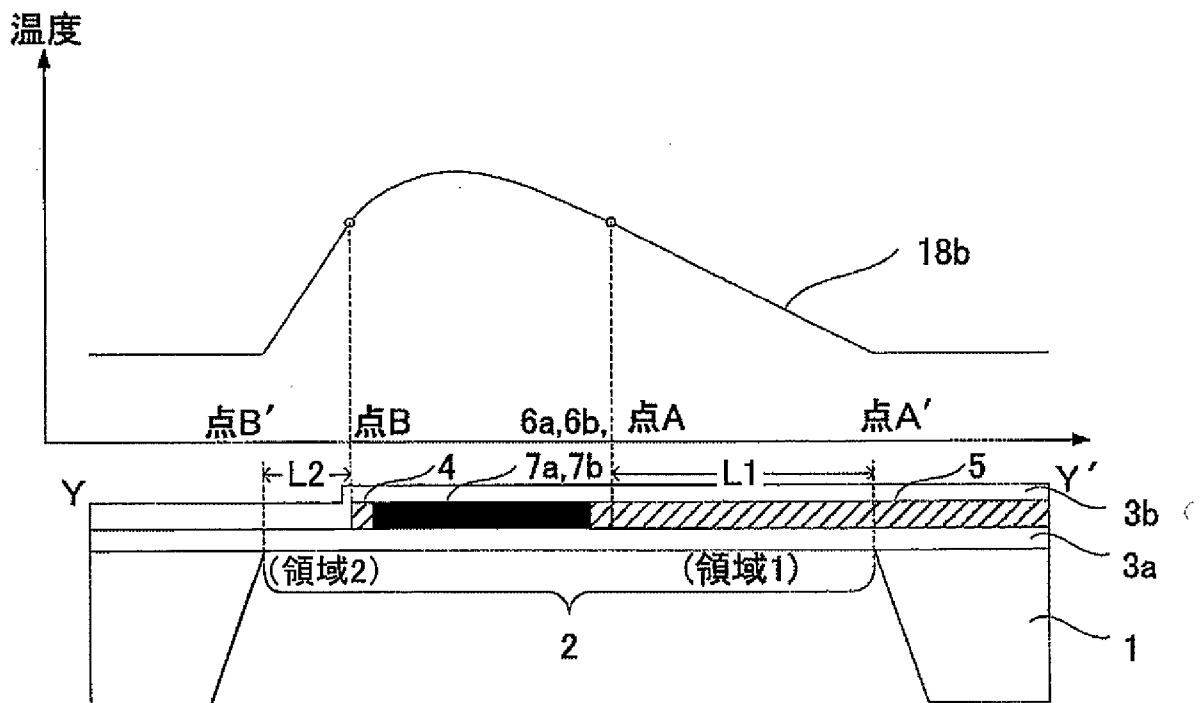
[图8]



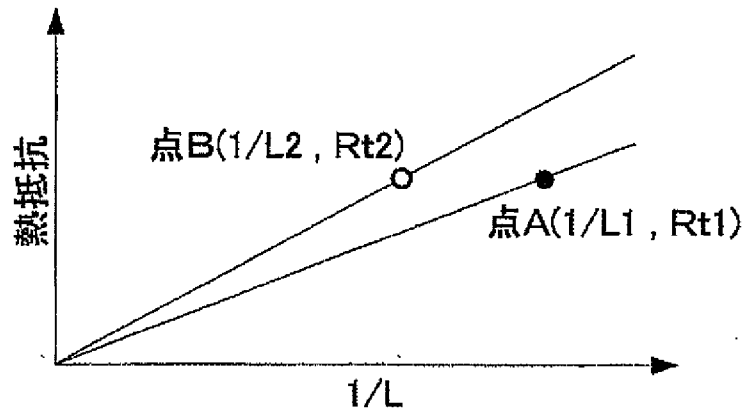
[図9]



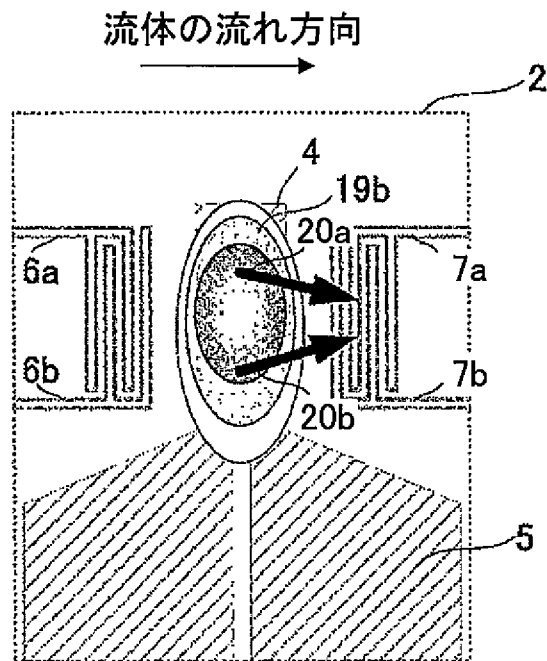
[図10]



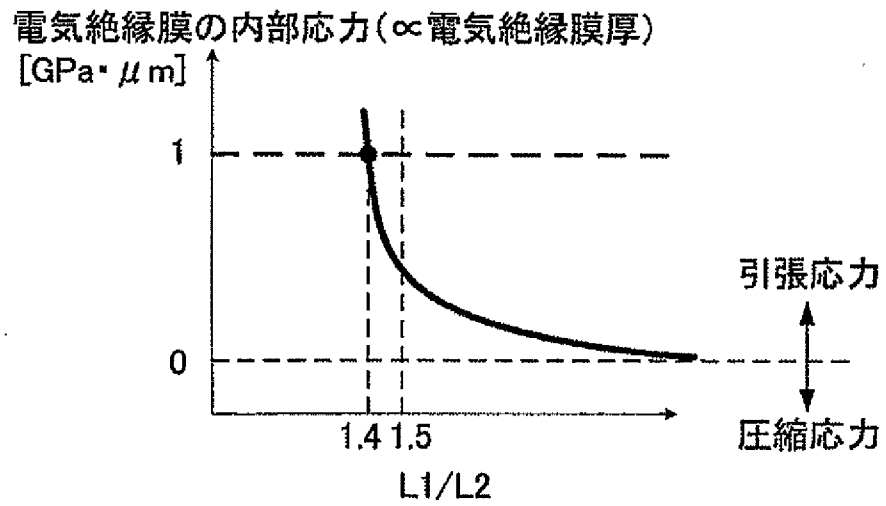
[図11]



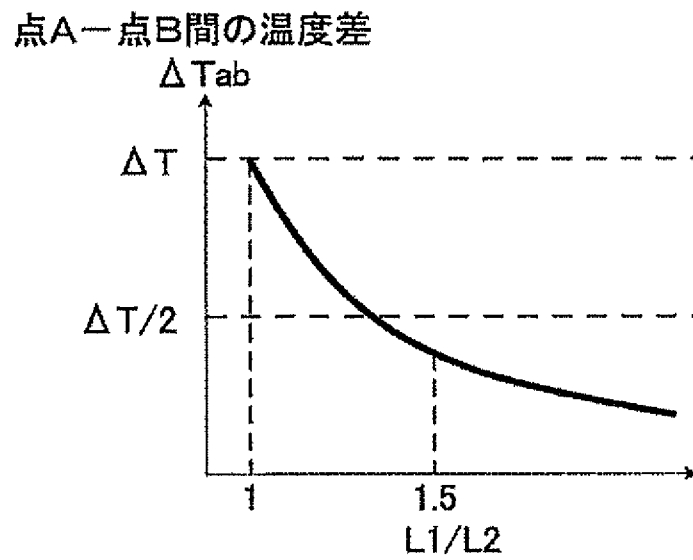
[図12]




[図13]

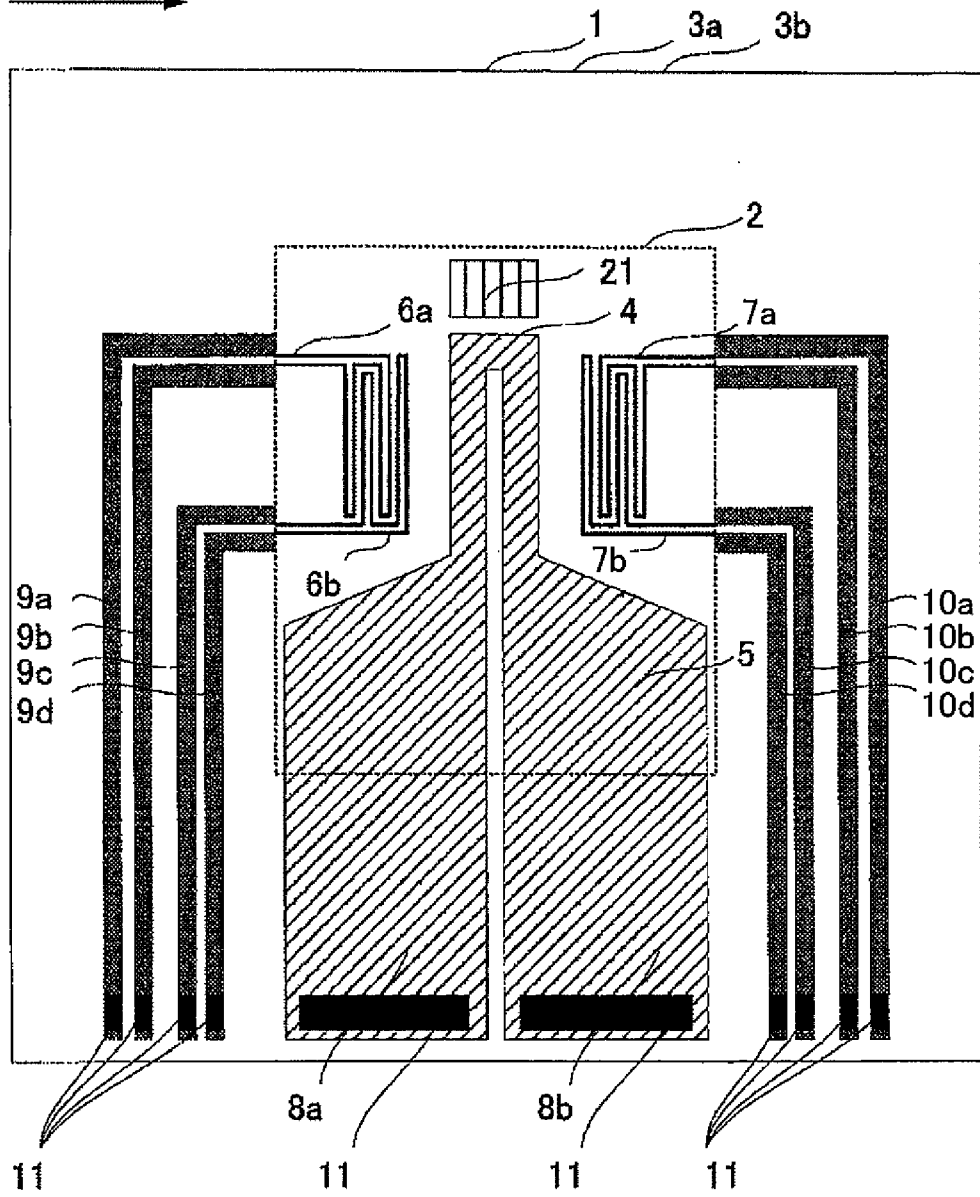


[図14]

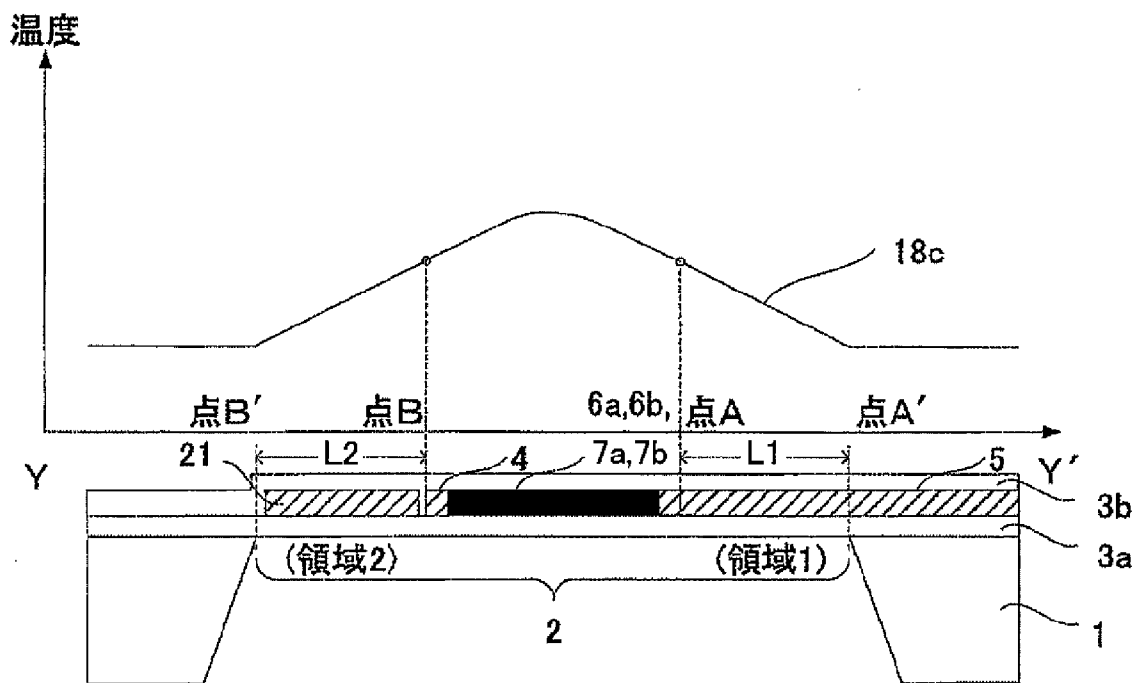


[図15]

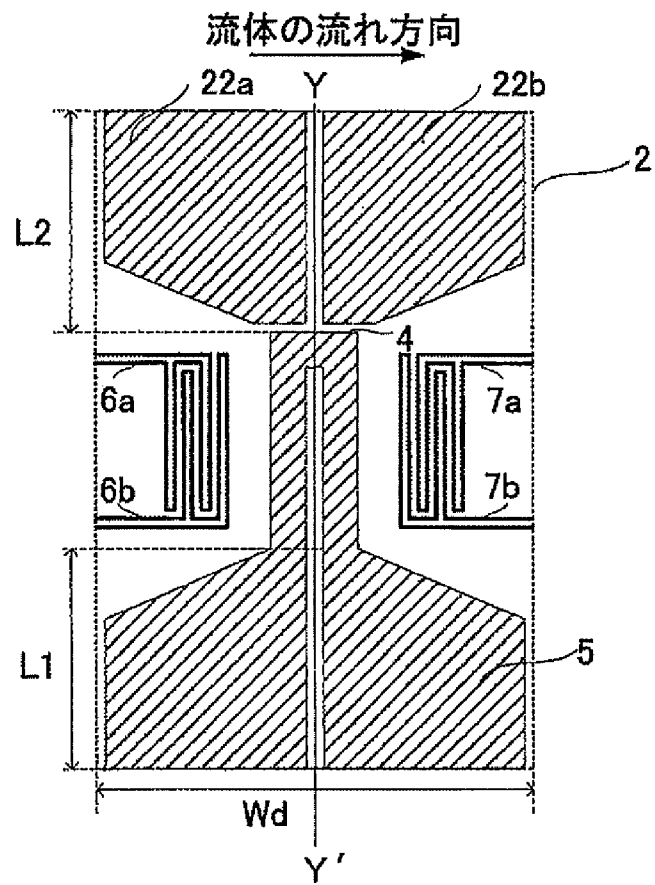
流体の流れ方向




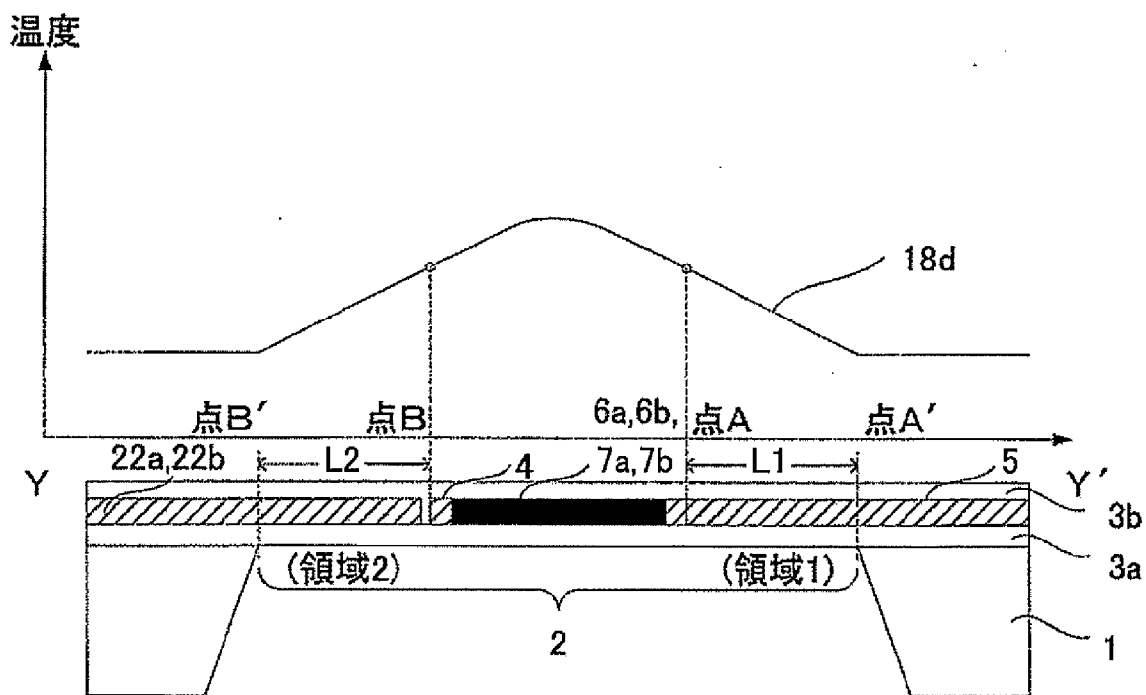
[图16]



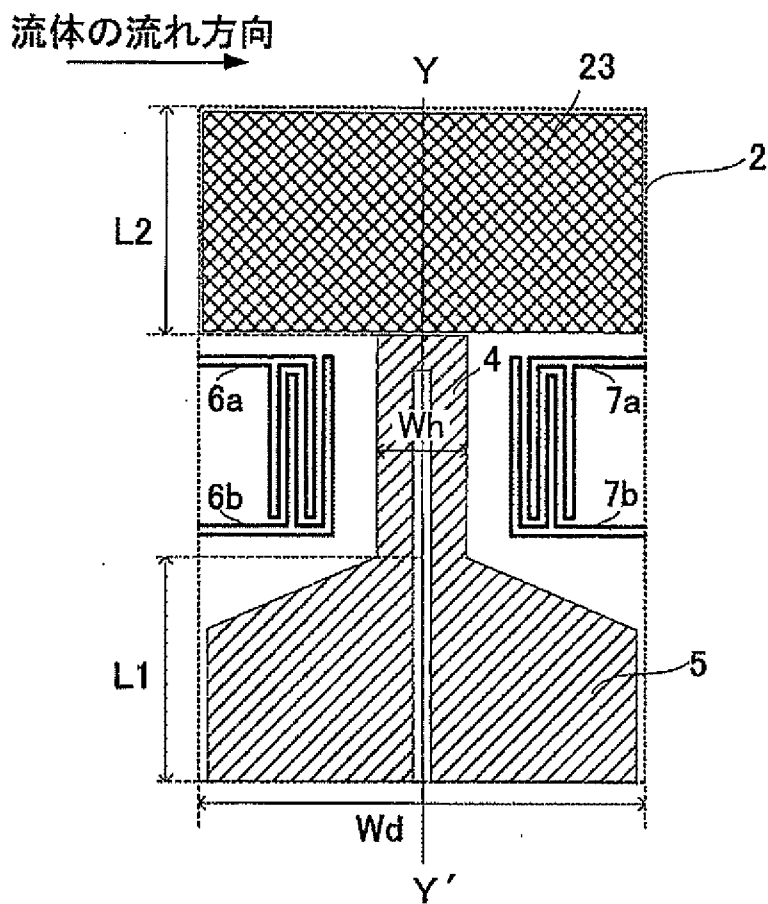
[図17]



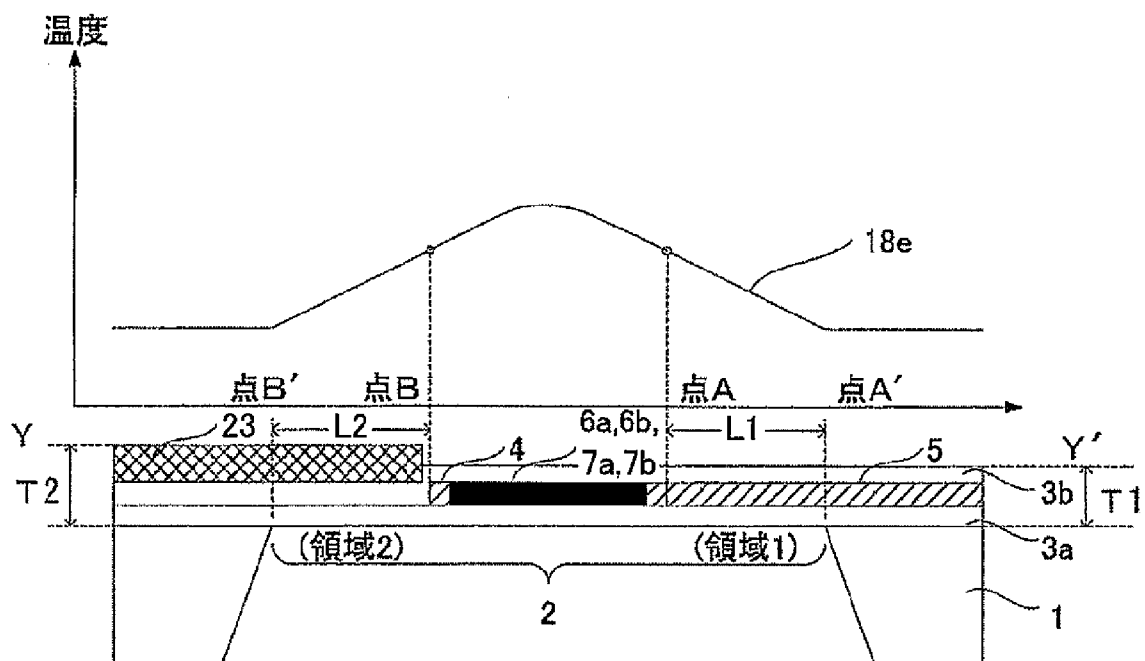
[图18]



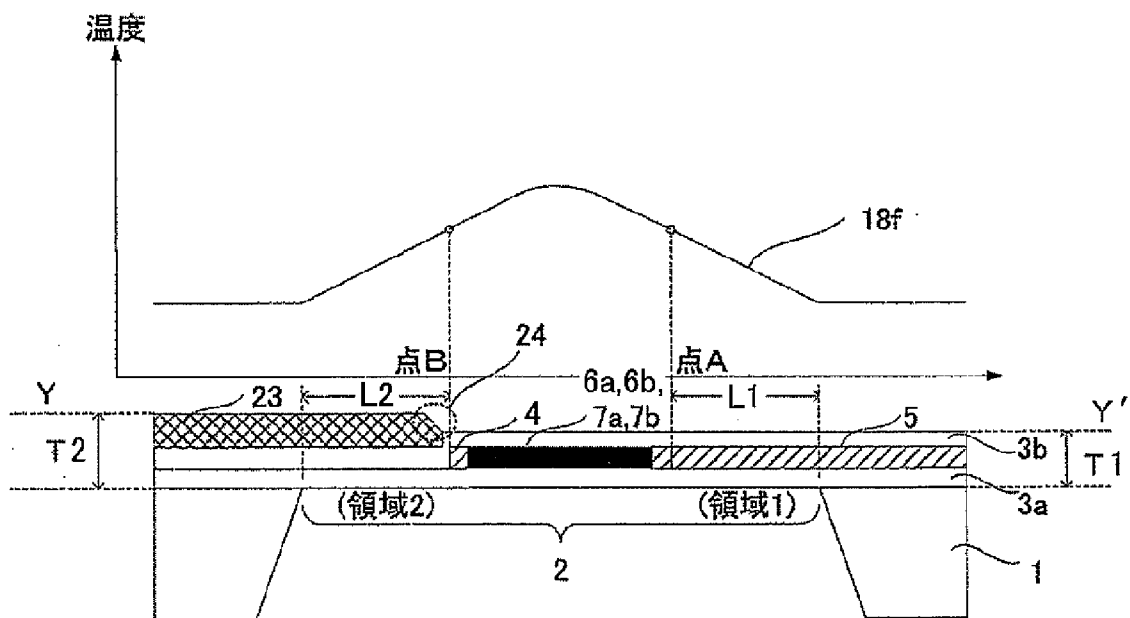
[図19]



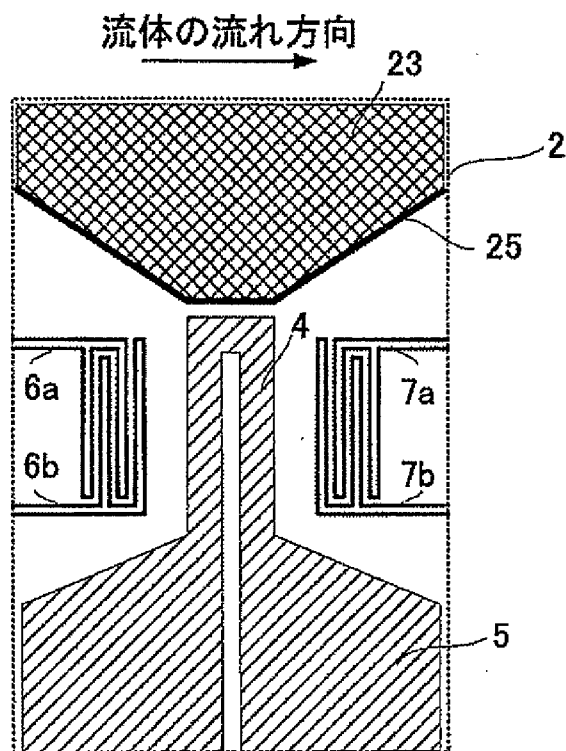
[図20]



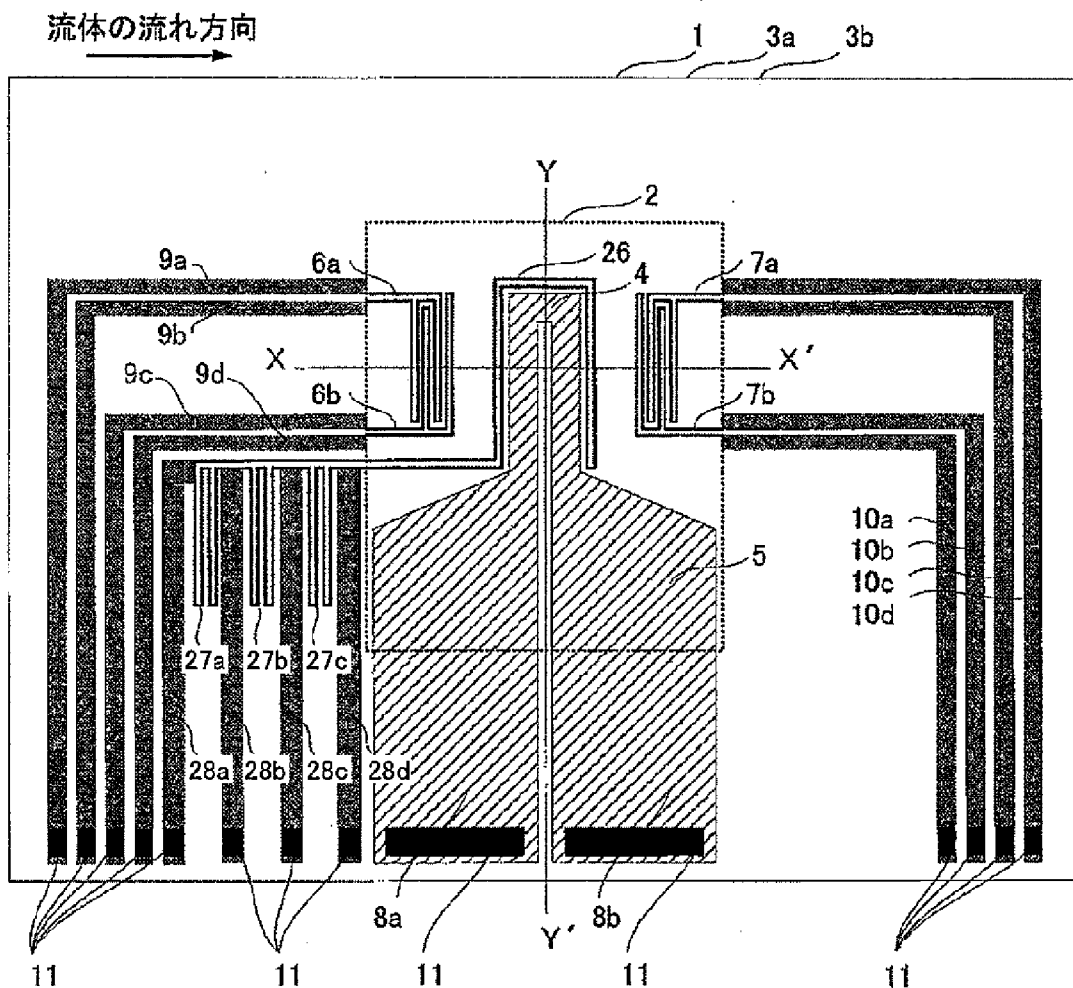
[図21]



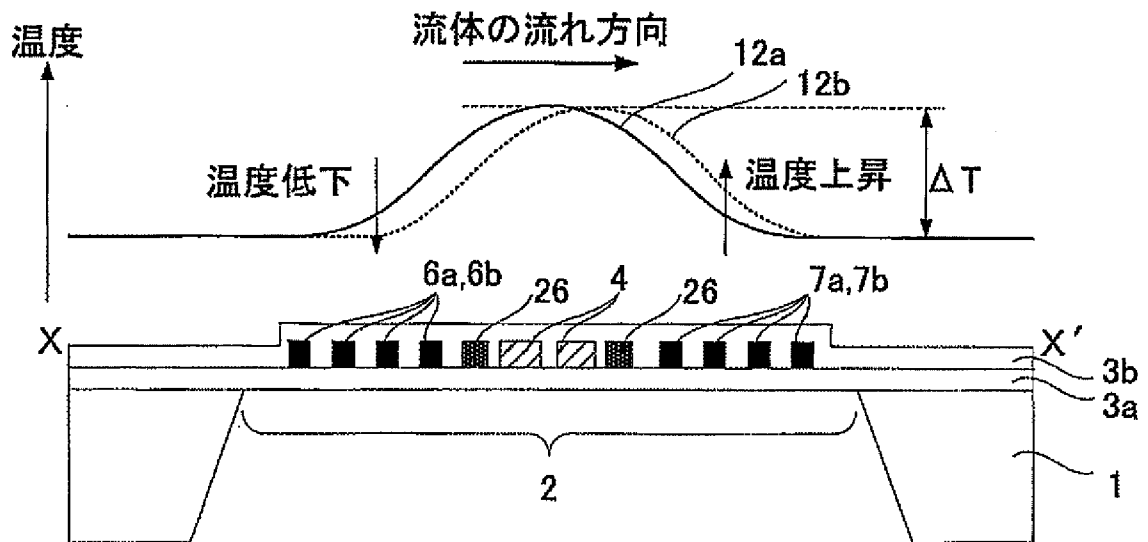
[図22]



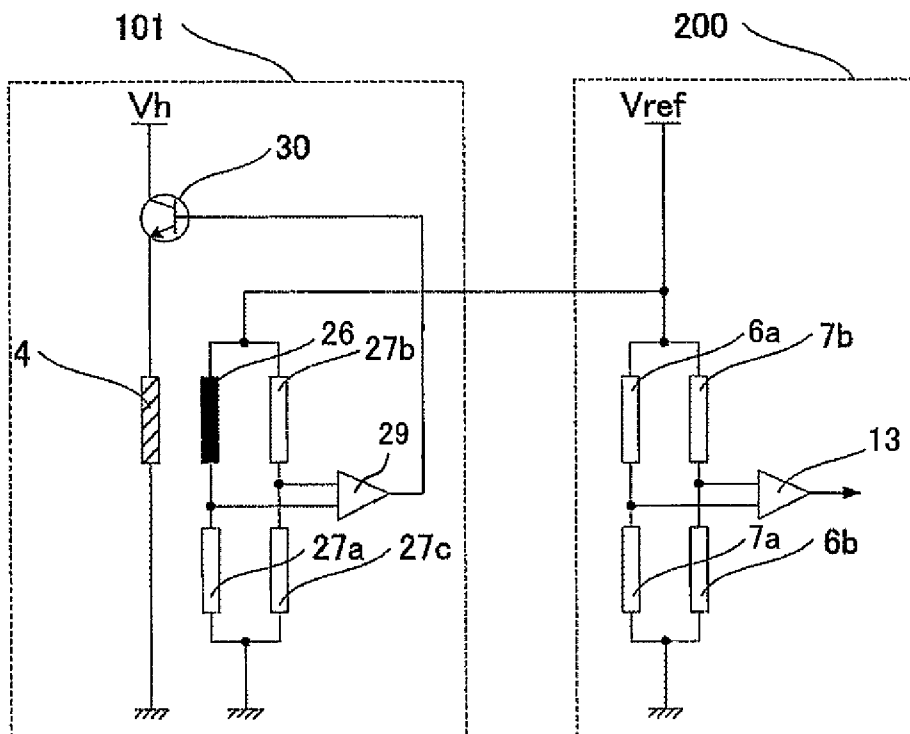
[図23]



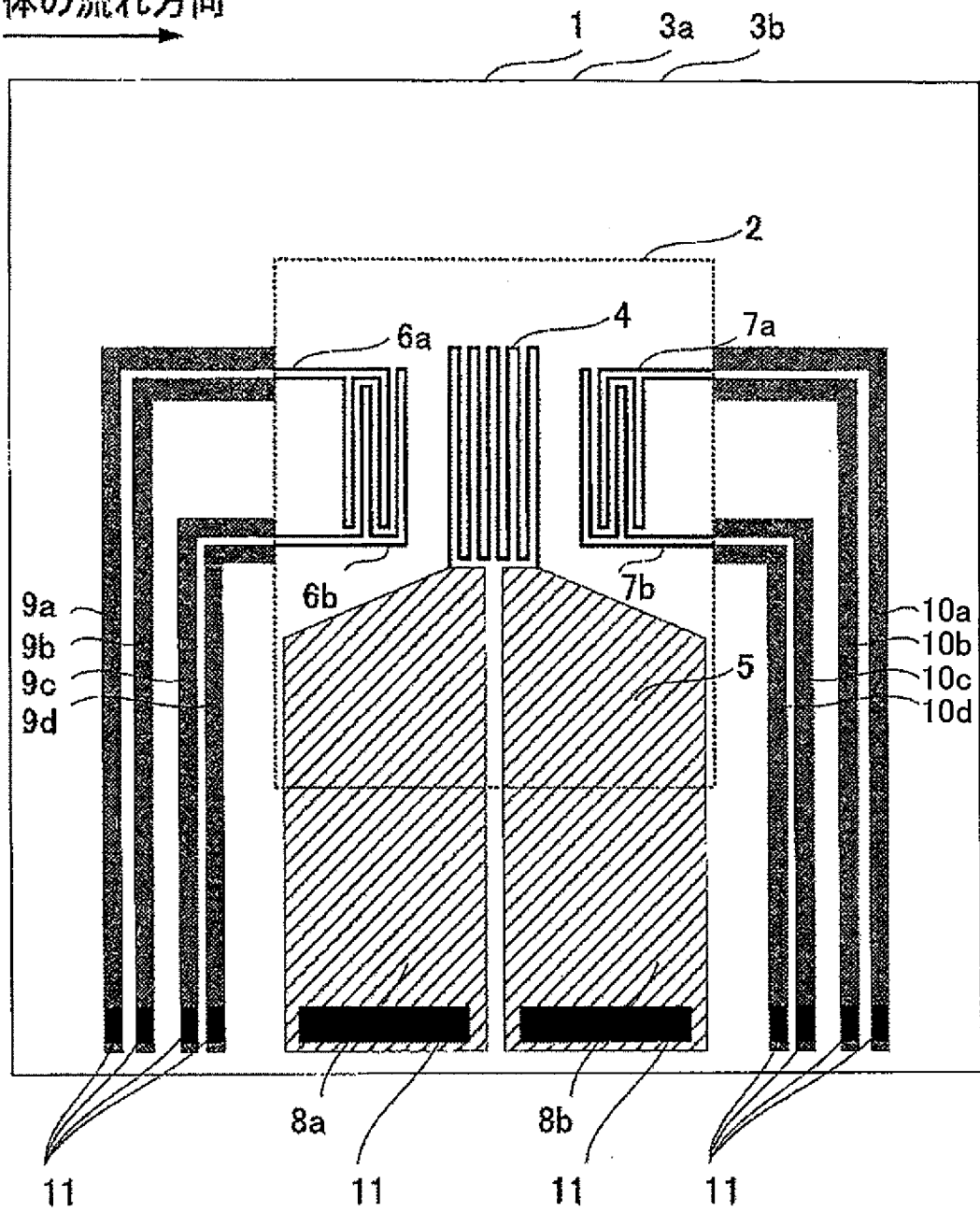
[図24]



[図25]



[図26]

流体の流れ方向
→

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/070222

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01F1/692 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01F1/692

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2000-213973 A (Mitsubishi Electric Corp.), 04 August 2000 (04.08.2000), paragraphs [0027] to [0033]; fig. 1 to 3 & US 6470742 B1 column 5, line 34 to column 8, line 32; fig. 1 to 3 & DE 19942675 A	1, 4-8, 12-16 2-3, 9-11
Y A	JP 2001-41790 A (Hitachi, Ltd.), 16 February 2001 (16.02.2001), fig. 1, 6, 8, 9 & US 6557411 B1 & DE 10035665 A	1, 4-8, 12-16 2-3, 9-11
A	JP 2005-172463 A (Hitachi, Ltd.), 30 June 2005 (30.06.2005), entire text; all drawings & US 2005/0120789 A1 & EP 1541974 A1	1-16

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 October, 2011 (04.10.11)Date of mailing of the international search report
11 October, 2011 (11.10.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/070222

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-101561 A (Yamatake Corp.), 19 April 2007 (19.04.2007), entire text; all drawings & JP 4271888 B & US 6536274 B1 & EP 1124114 A1 & WO 2000/077478 A1 & AU 5246800 A & CN 1318147 A	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01F1/692(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01F1/692

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2000-213973 A (三菱電機株式会社) 2000.08.04, 【0027】-【0033】, 第1-3 図 & US 6470742 B1, 第5 欄第34 行-第8 欄第32 行, 第1-3 図 & DE 19942675 A	1, 4-8, 12-16 2-3, 9-11
Y A	JP 2001-41790 A (株式会社日立製作所) 2001.02.16, 第1, 6, 8, 9 図 & US 6557411 B1 & DE 10035665 A	1, 4-8, 12-16 2-3, 9-11

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.10.2011

国際調査報告の発送日

11.10.2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

岸 智史

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

2F

3603

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-172463 A (株式会社日立製作所) 2005.06.30, 全文, 全図 & US 2005/0120789 A1 & EP 1541974 A1	1-16
A	JP 2007-101561 A (株式会社山武) 2007.04.19, 全文, 全図 & JP 4271888 B & US 6536274 B1 & EP 1124114 A1 & WO 2000/077478 A1 & AU 5246800 A & CN 1318147 A	1-16