

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7235218号
(P7235218)

(45)発行日 令和5年3月8日(2023.3.8)

(24)登録日 令和5年2月28日(2023.2.28)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 P 13/00 (2006.01) G 0 1 P 13/00 E
G 0 1 P 5/12 (2006.01) G 0 1 P 5/12 C

請求項の数 8 (全14頁)

(21)出願番号	特願2019-38261(P2019-38261)	(73)特許権者	000114215 ミネベアミツミ株式会社
(22)出願日	平成31年3月4日(2019.3.4)		長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1
(65)公開番号	特開2020-143903(P2020-143903 A)		0 6 - 7 3
(43)公開日	令和2年9月10日(2020.9.10)	(74)代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
審査請求日	令和4年2月15日(2022.2.15)	(74)代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
		(72)発明者	秋山 典之 東京都多摩市鶴牧 2 丁目 1 1 番地 2 ミ ツミ電機株式会社内
		(72)発明者	山本 洋太 東京都多摩市鶴牧 2 丁目 1 1 番地 2 ミ ツミ電機株式会社内
		審査官	森 雅之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 流体センサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主発熱抵抗体と、

前記主発熱抵抗体を中心として X 軸方向に対向する位置に配置された一対の X 軸温度検出体と、

前記主発熱抵抗体を中心として Y 軸方向に対向する位置に配置された一対の Y 軸温度検出体と、

前記主発熱抵抗体に接続され、前記 X 軸温度検出体と前記 Y 軸温度検出体との間に配置された、少なくとも 4 つの副発熱抵抗体と、

を有し、

前記少なくとも 4 つの副発熱抵抗体のそれぞれは、前記主発熱抵抗体を中心として、前記少なくとも 4 つの副発熱抵抗体のうちの他の 1 つの副発熱抵抗体と X 軸に対称な位置に配置されると共に、前記少なくとも 4 つの副発熱抵抗体のうちの更に他の 1 つの副発熱抵抗体と Y 軸に対称な位置に配置される、流体センサ。

【請求項 2】

前記少なくとも 4 つの副発熱抵抗体は、前記 X 軸方向及び前記 Y 軸方向に対して 45° の角度をなす位置に配置されている請求項 1 に記載の流体センサ。

【請求項 3】

前記少なくとも 4 つの副発熱抵抗体は、X 軸及び Y 軸に対して対称な形状である請求項 2 に記載の流体センサ。

【請求項 4】

前記少なくとも 4 つの副発熱抵抗体は、ミアンダ構造であると共に、前記主発熱抵抗体より小さい、請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の流体センサ。

【請求項 5】

前記主発熱抵抗体は、第 1 発熱抵抗体と第 2 発熱抵抗体とに分割されており、

前記少なくとも 4 つの副発熱抵抗体は、4 つの前記副発熱抵抗体のうちの 2 つが前記第 1 発熱抵抗体に接続されており、他の 2 つが前記第 2 発熱抵抗体に接続されている請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の流体センサ。

【請求項 6】

前記第 1 発熱抵抗体及び前記第 2 発熱抵抗体は、ミアンダ構造である請求項 5 に記載の流体センサ。 10

【請求項 7】

前記 X 軸温度検出体及び前記 Y 軸温度検出体は、アルミニウム及びチタンがドーピングされた酸化バナジウムにより形成されている請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の流体センサ。

【請求項 8】

前記アルミニウムのドーピング濃度は 1 ~ 10 % の範囲内であり、前記チタンのドーピング濃度は 10 ~ 20 % の範囲内である請求項 7 に記載の流体センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】 20

【0001】

本発明は、流体センサに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、空気等の流体の流れを検出する流体センサが知られている。このような流体センサとして、熱式の流体センサが知られている。この熱式の流体センサには、MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) 方式の流体センサがある。

【0003】

MEMS 方式の流体センサは、センサチップに形成されたメンブレン (薄膜構造体) の中央にヒータを設け、このヒータの上流側及び下流側に温度検出体 (抵抗体) を配置することにより構成されている。検出対象である流体がメンブレン上を流れることにより、ヒータの上流側と下流側とで流体の流れに応じた温度差が生じる。この温度差を、上流側及び下流側に配置された 2 つの温度検出体で検出することにより、流体の流れを検出することができる。 30

【0004】

このような流体センサにおいて、ヒータにより生じる熱の温度分布は、流体の流れが生じていない場合にヒータを中心として対称であることが好ましい。このため、温度分布が均一化に適した各種ヒータ形状が提案されている (例えば、特許文献 1, 2 参照)。

【0005】

また、流体の方向 (流向) を検出するために、ヒータを中心として X 軸方向及び Y 軸方向にそれぞれ一对の温度検出体 (抵抗体) を配置することにより構成されている (例えば、特許文献 3 参照)。この構成によれば、X 軸方向及び Y 軸方向への流体の流れを検出することにより、流向及び流速を検出することができる。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特許 3687724 号

特許 3461469 号

特開 2017-67643 号公報

【発明の概要】 50

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献3に記載の流体センサでは、ヒータによる熱の温度分布を均一化するように、当該温度分布を、ヒータを中心とした円形とすることが考えられる。しかし、このように温度分布を円形とすると、温度検出体がヒータを中心としたX軸及びY軸上に配置されていることにより、X軸又はY軸に沿って流体が流れた場合に対して、X軸及びY軸以外の方向から流体が流れた場合では、温度検出体による検出感度が低下する。

【0008】

このように、特許文献3に記載の流体センサでは、流向及び流速の検出精度の改善が望まれている。

【0009】

本発明は、流向及び流速の検出精度の向上を図ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

開示の技術は、主発熱抵抗体と、前記主発熱抵抗体を中心としてX軸方向に対向する位置に配置された一対のX軸温度検出体と、前記主発熱抵抗体を中心としてY軸方向に対向する位置に配置された一対のY軸温度検出体と、前記主発熱抵抗体に接続され、前記X軸温度検出体と前記Y軸温度検出体との間に配置された、少なくとも4つの副発熱抵抗体と、を有し、前記少なくとも4つの副発熱抵抗体のそれぞれは、前記主発熱抵抗体を中心として、前記少なくとも4つの副発熱抵抗体のうちの他の1つの副発熱抵抗体とX軸に対称な位置に配置されると共に、前記少なくとも4つの副発熱抵抗体のうちの更に他の1つの副発熱抵抗体とY軸に対称な位置に配置される、流体センサである。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、流向及び流速の検出精度の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】第1実施形態に係る流体センサの構造を例示する平面図である。

【図2】図1のA-A線に沿う断面図である。

【図3】発熱抵抗体の付近の拡大図である。

【図4】流速がゼロの場合における温度分布の一例を示す図である。

【図5】従来例における温度分布が流体の流れにより変化する様子を例示する図である。

【図6】本実施形態における温度分布が流体の流れにより変化する様子を例示する図である。

【図7】第1センサ出力信号と第2センサ出力信号との関係を例示するグラフであり、(A)は従来例、(B)は本実施形態に関するグラフである。

【図8】第1変形例に係る流体センサの構造を例示する平面図である。

【図9】第2変形例に係る流体センサの発熱抵抗体の付近の拡大図である。

【図10】第2変形例に係る流体センサの発熱抵抗体の拡大図である。

【図11】第3変形例に係る流体センサの構造を例示する平面図である。

【図12】第3変形例に係る流体センサの発熱抵抗体の付近の拡大図である。

【図13】酸化バナジウムの抵抗温度係数の温度特性を例示するグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照して発明を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。

【0014】

<第1実施形態>

[流体センサの構造]

図1は、第1実施形態に係る流体センサ1の構造を例示する平面図である。図2は、図

10

20

30

40

50

1のA-A線に沿う断面図である。図3は、発熱抵抗体40の付近の拡大図である。

【0015】

流体センサ1は、半導体基板10と、積層構造部20と、X軸温度検出体31a, 31bと、Y軸温度検出体32a, 32bと、発熱抵抗体40と、固定抵抗体50a~50dと、ボンディングパッド(以下、パッドという)60a~60pとを有する。

【0016】

なお、図1~図3では、積層構造部20の直交する2つの辺に平行な軸をX軸及びY軸とし、X軸及びY軸に直交する積層構造部20の厚み方向をZ軸としている。

【0017】

図2に示すように、半導体基板10は、開口部10xを有する枠状のシリコン基板である。積層構造部20は、複数の絶縁膜21~25が積層された構造であり、開口部10xを塞ぐように半導体基板10上に設けられている。積層構造部20の平面形状は、例えば、円形である。積層構造部20において、開口部10x上の領域を、メンブレン(薄膜構造部)20tと称する。積層構造部20の厚みは、0.5~5µm程度である。

10

【0018】

メンブレン20tの平面形状は、例えば、正方形である。メンブレン20tは、半導体基板10と接していないため、熱容量が小さく、温度が上昇し易い。メンブレン20tの上面が、検出対象である流体の流れを検出するための検出面である。

【0019】

積層構造部20には、X軸温度検出体31a, 31bと、Y軸温度検出体32a, 32bと、発熱抵抗体40と、固定抵抗体50a~50dとが設けられている。また、積層構造部20上には、パッド60a~60pが設けられている。

20

【0020】

開口部10xは、半導体基板10にドライエッチング等を施すことにより形成された円筒状の空洞部である。絶縁膜21は、シリコン酸化膜(SiO₂)等からなり、半導体基板10上に形成されている。絶縁膜21は、熱酸化法やCVD(Chemical Vapor Deposition)法により形成される。絶縁膜21上には、シリコン窒化膜(SiN)等からなる絶縁膜22が形成されている。絶縁膜22は、熱CVD法等により形成される。

【0021】

絶縁膜22上には、酸化バナジウム(VO₂)等からなるX軸温度検出体31a, 31b及びY軸温度検出体32a, 32bが形成されている。X軸温度検出体31a, 31b及びY軸温度検出体32a, 32bは、例えば、ゾル-ゲル法により形成される。

30

【0022】

絶縁膜22上には、X軸温度検出体31a, 31b及びY軸温度検出体32a, 32bを覆うように、シリコン酸化膜(SiO₂)等からなる絶縁膜23が形成されている。絶縁膜23は、スパッタリング法やプラズマCVD法により形成される。

【0023】

絶縁膜23上には、白金(Pt)、ニクロム(NiCr)、ポリシリコン等からなる発熱抵抗体40及び固定抵抗体50a~50dが形成されている。発熱抵抗体40及び固定抵抗体50a~50dは、スパッタリング法等により形成される。

40

【0024】

絶縁膜23上には、発熱抵抗体40及び固定抵抗体50a~50dを覆うように、シリコン酸化膜(SiO₂)等からなる絶縁膜24が形成されている。絶縁膜24は、スパッタリング法やプラズマCVD法により形成される。

【0025】

絶縁膜24上には、アルミニウム(Al)や金(Au)等によりパッド60a~60pが形成されている。パッド60a~60pは、スパッタリング法等により形成される。また、絶縁膜24上には、パッド60a~60pの他に、配線が形成されている。

【0026】

絶縁膜24上には、配線を被覆し、かつパッド60a~60pの上面の少なくとも一部

50

を露出させるように、シリコン窒化膜 (S i N) 等からなる絶縁膜 2 5 が形成されている。絶縁膜 2 5 は、低温 C V D 法等により形成される。

【 0 0 2 7 】

また、絶縁膜 2 3 及び絶縁膜 2 4 には、Y 軸温度検出体 3 2 a , 3 2 b 及び Y 軸温度検出体 3 2 a , 3 2 b をそれぞれ配線に接続するためのコンタクトプラグ 2 6 が形成されている。コンタクトプラグ 2 6 は、絶縁膜 2 3 及び絶縁膜 2 4 にコンタクトホールに、タングステン等の導電性材料を充填することにより形成される。このコンタクトホールは、例えば、バッファードフッ酸 (B H F) を用いたウェットエッチングにより形成される。Y 軸温度検出体 3 2 a , 3 2 b 及び Y 軸温度検出体 3 2 a , 3 2 b を形成する酸化バナジウムは、一部に隙間が存在するので、ウェットエッチング時にバッファードフッ酸が酸化バナジウムの下部層まで侵入する可能性がある。この下部層のエッチングを防止するために、Y 軸温度検出体 3 2 a , 3 2 b 及び Y 軸温度検出体 3 2 a , 3 2 b の下地層である絶縁膜 2 4 は、バッファードフッ酸に対する耐性が高いシリコン窒化膜 (S i N) を用いることが好ましい。

10

【 0 0 2 8 】

図 1 に示すように、発熱抵抗体 4 0 は、メンブレン 2 0 t の中央に形成されている。X 軸温度検出体 3 1 a , 3 1 b は、発熱抵抗体 4 0 を中心として X 軸方向に対向する位置に形成されている。Y 軸温度検出体 3 2 a , 3 2 b は、発熱抵抗体 4 0 を中心として Y 軸方向に対向する位置に形成されている。X 軸温度検出体 3 1 a , 3 1 b は、X 軸方向に関する温度差を抵抗値の差として検出する。Y 軸温度検出体 3 2 a , 3 2 b は、Y 軸方向に関する温度差を抵抗値の差として検出する。

20

【 0 0 2 9 】

X 軸温度検出体 3 1 a は、配線 7 1 を介してパッド 6 0 a に接続され、配線 7 2 を介してパッド 6 0 b に接続されている。X 軸温度検出体 3 1 b は、配線 7 3 を介してパッド 6 0 c に接続され、配線 7 4 を介してパッド 6 0 d に接続されている。Y 軸温度検出体 3 2 a は、配線 7 5 を介してパッド 6 0 e に接続され、配線 7 6 を介してパッド 6 0 f に接続されている。Y 軸温度検出体 3 2 b は、配線 7 7 を介してパッド 6 0 g に接続され、配線 7 8 を介してパッド 6 0 h に接続されている。

【 0 0 3 0 】

固定抵抗体 5 0 a ~ 5 0 d はそれぞれ、直線を複数回折り返してなるミアンダ構造の抵抗体である。このミアンダ構造は、抵抗値を大きくすることを目的としている。固定抵抗体 5 0 a は、一端が配線 8 1 を介してパッド 6 0 i に接続されており、他端が配線 8 2 を介して固定抵抗体 5 0 b の一端に接続されている。固定抵抗体 5 0 b の他端は、配線 8 3 を介してパッド 6 0 j に接続されている。

30

【 0 0 3 1 】

固定抵抗体 5 0 c は、一端が配線 8 4 を介してパッド 6 0 j に接続されており、他端が配線 8 5 を介して固定抵抗体 5 0 d の一端に接続されている。固定抵抗体 5 0 d の他端は、配線 8 6 を介してパッド 6 0 k に接続されている。

【 0 0 3 2 】

固定抵抗体 5 0 a ~ 5 0 d は、X 軸温度検出体 3 1 a , 3 1 b 及び Y 軸温度検出体 3 2 a , 3 2 b とでブリッジ回路を構成する。このブリッジ回路を介して、発熱抵抗体 4 0 により生成される熱の温度分布を検出することができる。

40

【 0 0 3 3 】

例えば、パッド 6 0 i とパッド 6 0 k のうち一方に電源電圧を付与し、他方をグランド電位とすることによりパッド 6 0 j に生じる電位を基準電位とする。また、パッド 6 0 a とパッド 6 0 c とを外部配線で接続し、パッド 6 0 b とパッド 6 0 d とのうち一方に電源電圧を付与し、他方をグランド電位とする。この場合に、パッド 6 0 a 及びパッド 6 0 c に生じる電位と上記基準電位との差をセンサンプで検出することにより、第 1 センサ出力信号が得られる。第 1 センサ出力信号は、X 軸温度検出体 3 1 a , 3 1 b の温度差に対応した信号であり、温度差がない場合はほぼゼロとなる。

50

【 0 0 3 4 】

また、パッド 6 0 e とパッド 6 0 g とを外部配線で接続し、パッド 6 0 f とパッド 6 0 h とのうち一方に電源電圧を付与し、他方をグラウンド電位とする。この場合に、パッド 6 0 e 及びパッド 6 0 g に生じる電位と上記基準電位との差をセンサアンプで検出することにより、Y 方向への温度分布に対応する第 2 センサ出力信号が得られる。第 2 センサ出力信号は、Y 軸温度検出体 3 2 a , 3 2 b の温度差に対応した信号であり、温度差がない場合はほぼゼロとなる。

【 0 0 3 5 】

図 3 に示すように、発熱抵抗体 4 0 は、1 つの主発熱抵抗体 4 1 と、4 つの副発熱抵抗体 4 2 a ~ 4 2 d とにより構成されている。主発熱抵抗体 4 1 は、メンブレン 2 0 t の中央に配置されている。本実施形態では、主発熱抵抗体 4 1 は、第 1 発熱抵抗体 4 1 a と、第 2 発熱抵抗体 4 1 b とに分離されている。第 1 発熱抵抗体 4 1 a 及び第 2 発熱抵抗体 4 1 b は、それぞれミアンダ構造である。メンブレン 2 0 t の中心で交差するように X 軸及び Y 軸を定義した場合、第 1 発熱抵抗体 4 1 a と、第 2 発熱抵抗体 4 1 b とは、X 軸に対して対称な形状となっている。

10

【 0 0 3 6 】

副発熱抵抗体 4 2 a ~ 4 2 d は、X 軸及び Y 軸の交点から、X 軸及び Y 軸に対して 4 5 ° の角度をなす方向に配置されている。副発熱抵抗体 4 2 a ~ 4 2 d は、それぞれ、発熱抵抗体 4 0 の配線を延長して複数回折り返すことにより形成したミアンダ構造である。

【 0 0 3 7 】

副発熱抵抗体 4 2 a は、第 1 発熱抵抗体 4 1 a の一端に接続されている。副発熱抵抗体 4 2 b は、第 1 発熱抵抗体 4 1 a の他端に接続されている。すなわち、第 1 発熱抵抗体 4 1 a 、副発熱抵抗体 4 2 a 、及び副発熱抵抗体 4 2 b は、1 つの配線を部分的にミアンダ状に折り返すことにより形成された形状である。副発熱抵抗体 4 2 a は、ほぼ X 軸温度検出体 3 1 a と Y 軸温度検出体 3 2 a との間に配置されている。副発熱抵抗体 4 2 b は、ほぼ Y 軸温度検出体 3 2 a と X 軸温度検出体 3 1 b との間に配置されている。副発熱抵抗体 4 2 a と副発熱抵抗体 4 2 b とは、Y 軸に対して対称な形状となっている。

20

【 0 0 3 8 】

副発熱抵抗体 4 2 c は、第 2 発熱抵抗体 4 1 b の一端に接続されている。副発熱抵抗体 4 2 d は、第 2 発熱抵抗体 4 1 b の他端に接続されている。すなわち、第 2 発熱抵抗体 4 1 b 、副発熱抵抗体 4 2 c 、及び副発熱抵抗体 4 2 d は、1 つの配線を部分的にミアンダ状に折り返すことにより形成された形状である。副発熱抵抗体 4 2 c は、ほぼ X 軸温度検出体 3 1 a と Y 軸温度検出体 3 2 b との間に配置されている。副発熱抵抗体 4 2 d は、ほぼ Y 軸温度検出体 3 2 b と X 軸温度検出体 3 1 b との間に配置されている。副発熱抵抗体 4 2 c と副発熱抵抗体 4 2 d とは、Y 軸に対して対称な形状となっている。

30

【 0 0 3 9 】

また、副発熱抵抗体 4 2 a と副発熱抵抗体 4 2 c は、X 軸に対して対称な形状となっている。さらに、副発熱抵抗体 4 2 b と副発熱抵抗体 4 2 d は、X 軸に対して対称な形状となっている。

【 0 0 4 0 】

副発熱抵抗体 4 2 a の第 1 発熱抵抗体 4 1 a とは反対側の端部は、配線 9 1 を介してパッド 6 0 l に接続されている。副発熱抵抗体 4 2 b の第 1 発熱抵抗体 4 1 a とは反対側の端部は、配線 9 2 を介してパッド 6 0 m に接続されている。

40

【 0 0 4 1 】

副発熱抵抗体 4 2 c の第 2 発熱抵抗体 4 1 b とは反対側の端部は、配線 9 3 を介してパッド 6 0 n に接続されている。副発熱抵抗体 4 2 d の第 2 発熱抵抗体 4 1 b とは反対側の端部は、配線 9 4 を介してパッド 6 0 o に接続されている。

【 0 0 4 2 】

パッド 6 0 l とパッド 6 0 n とは、配線 9 5 を介して接続されている。また、パッド 6 0 m とパッド 6 0 o とは、配線 9 6 を介して接続されている。なお、パッド 6 0 p はダミ

50

ーパッドである。

【0043】

パッド60l及びパッド60nとパッド60m及びパッド60oとの間に電位差を与えることにより、第1発熱抵抗体41a、副発熱抵抗体42a、及び副発熱抵抗体42bの経路で電流が流れるとともに、第2発熱抵抗体41b、副発熱抵抗体42c、及び副発熱抵抗体42dの経路で電流が流れる。これにより、検出面上に、発熱抵抗体40の発熱による温度分布が生じる。

【0044】

図1に示すように、X軸温度検出体31a、31b、Y軸温度検出体32a、32b、発熱抵抗体40、固定抵抗体50a~50d、パッド60a~60p、及び配線71~78、81~86、91~96によるパターンは、X軸及びY軸に対してほぼ対称な形状となっている。

10

【0045】

[温度分布]

次に、本実施形態の発熱抵抗体40により生じる熱の温度分布について説明する。図4は、流速がゼロの場合における温度分布の一例を示す図である。図4において、温度分布D1は、本実施形態の発熱抵抗体40による温度分布の形状を示している。温度分布D0は、副発熱抵抗体42a~42dが存在せず、主発熱抵抗体41のみが存在する場合の温度分布の形状を示している。このように、従来の温度分布D0はほぼ円形であるのに対して、本実施形態では、温度分布D1は正方形に近い形状となる。

20

【0046】

図5は、従来例における温度分布が流体の流れにより変化する様子を例示する図である。図5において、第1の温度分布D0aは、流向がY軸方向に平行である場合を例示している。第2の温度分布D0bは、流向がX軸方向及びY軸方向に対して45°の角度をなす場合を示している。

【0047】

このように、従来例の場合には、流速がゼロの場合の温度分布D0の形状がほぼ円形であるので、流速がゼロでない場合には、温度分布は、流向に応じた方向に回転した形状となる。このため、第1の温度分布D0aでは、Y軸温度検出体32a、32bの温度差が大きく、前述の第2センサ出力信号が増加する。第2の温度分布D0bでは、Y軸温度検出体32a、32bの温度差が低下し、第2センサ出力信号が減少するとともに、X軸温度検出体31a、31bの温度差が増加して、第2センサ出力信号が増加する。従来例の場合には、温度分布が第1の温度分布D0aから第2の温度分布D0bに変化することによるX軸温度検出体31a、31b、Y軸温度検出体32a、32bそれぞれの温度差が小さい。このため、第1センサ出力信号及び第2センサ出力信号がともに小さく、検出感度が低い。

30

【0048】

図6は、本実施形態における温度分布が流体の流れにより変化する様子を例示する図である。図6において、第1の温度分布D1aは、流向がY軸方向に平行である場合を例示している。第2の温度分布D1bは、流向がX軸方向及びY軸方向に対して45°の角度をなす場合を示している。

40

【0049】

このように、本実施形態の場合には、流速がゼロの場合の温度分布D0の形状は、円形でなく正方形に近い形状であるので、流速がゼロでない場合には、温度分布は、流向に応じた方向に一部が延伸した形状となる。従来例と同様に、第1の温度分布D1aでは、Y軸温度検出体32a、32bの温度差が大きく、第2センサ出力信号が増加する。第2の温度分布D1bでは、Y軸温度検出体32a、32bの温度差が低下し、第2センサ出力信号が減少するとともに、X軸温度検出体31a、31bの温度差が増加して、第2センサ出力信号が増加する。

【0050】

50

しかし、本実施形態の場合には、温度分布が第1の温度分布D1aから第2の温度分布D1bに変化することによるX軸温度検出体31a, 31b、Y軸温度検出体32a, 32bそれぞれの温度差が大きくなる。これにより、第1センサ出力信号及び第2センサ出力信号がともに大きくなり、検出感度が向上する。

【0051】

図7(A)は、従来例における第1センサ出力信号と第2センサ出力信号との関係を例示するグラフである。図7(B)は、本実施形態における第1センサ出力信号と第2センサ出力信号との関係を例示するグラフである。図7(A)及び図7(B)において、破線は、検出感度の低下が生じない理想状態における第1センサ出力信号及び第1センサ出力信号の値(理想値)を示している。実線は、流速を6m/sとした場合におけるシミュレーション値であり、理想値で規格化したものである。

10

【0052】

図7(A)に示すように、従来例の場合には、流向がX軸方向及びY軸方向に対して45°の角度をなす場合に、検出感度が大きく低下することが分かる。一方、図7(B)に示すように、本実施形態の場合には、第1センサ出力信号及び第2センサ出力信号の値が理想値に近づき、検出感度の低下が抑制されることが分かる。したがって、本実施形態では、流向及び流速の検出精度が向上する。

【0053】

以下に、上記実施形態の各種変形例について説明する。

【0054】

<第1変形例>

図8は、第1変形例に係る流体センサ1aの構造を例示する平面図である。第1変形例に係る流体センサ1bは、メンブレン20tの平面形状がほぼ正方形とされている点が第1実施形態と異なる。その他の構造は、第1実施形態と同様である。このように、メンブレン20tの平面形状は、円形に限られず、正方形等の形状としてもよい。

20

【0055】

<第2変形例>

図9は、第2変形例に係る流体センサの発熱抵抗体40の付近の拡大図である。本変形例では、主発熱抵抗体41の周囲であって、副発熱抵抗体42aと副発熱抵抗体42bとの間、副発熱抵抗体42bと副発熱抵抗体42dとの間、副発熱抵抗体42dと副発熱抵抗体42cとの間にそれぞれスリット43を設けている。このスリット43の領域では、積層構造部20が除去されている。その他の構造は、第1実施形態と同様である。

30

【0056】

<第3変形例>

図10は、第2変形例に係る流体センサの発熱抵抗体40aの拡大図である。本変形例に係る発熱抵抗体40aは、主発熱抵抗体41に含まれる第1発熱抵抗体41a及び第2発熱抵抗体41b、副発熱抵抗体42a~42dの形状が、第1実施形態と異なる。本実施形態では、主発熱抵抗体41は、全体として多重リング状となっている。

【0057】

<第4変形例>

図11は、第3変形例に係る流体センサ1bの構造を例示する平面図である。図12は、第3変形例に係る流体センサの発熱抵抗体40bの付近の拡大図である。図12に示すように、本変形例に係る発熱抵抗体40bに含まれる主発熱抵抗体41は、第1実施形態に係る発熱抵抗体40とは異なり、分割されておらず、全体としてミアンダ構造となっている。したがって、本変形例では、主発熱抵抗体41、副発熱抵抗体42a~42dは、すべて1つの配線を折り返すことにより構成されている。

40

【0058】

また、図11に示すように、本変形例では、パッド60lとパッド60nとを接続するための配線95、及びパッド60mとパッド60oとを接続するための配線96は設けられていない。これは、本変形例では、パッド60l及びパッド60oには電圧を印加せず

50

ダミーパッドとし、パッド60mとパッド60nとの間に電位差を与えることにより、発熱抵抗体40bに電流を流す。例えば、パッド60mに電源電圧を付与し、パッド60nをグランド電位とすることにより、矢印Iで示すように、副発熱抵抗体42b、副発熱抵抗体42d、主発熱抵抗体41、副発熱抵抗体42a、副発熱抵抗体42cの順に電流が流れる。

【0059】

[温度検出体の材料]

前述のようにX軸温度検出体31a, 31b及びY軸温度検出体32a, 32bは、材料として酸化バナジウムを用いることが好ましいが、さらに感度の向上を図るには、酸化バナジウムにアルミニウム(Al)やチタン(Ti)をドーピングした材料を用いることが好ましい。

10

【0060】

図13は、酸化バナジウムの抵抗温度係数の温度特性を例示するグラフである。抵抗温度係数とは、温度変化に対する抵抗値の変化率を表す値である。

【0061】

破線は、酸化バナジウムにチタンをドーピングした場合の特性を示す。チタンのドーピング濃度は、10~20%である。実線は、酸化バナジウムにアルミニウム及びチタンをドーピングした場合の特性を示す。アルミニウムのドーピング濃度は1~10%の範囲内であり、チタンのドーピング濃度は10~20%の範囲内である。

【0062】

このように、酸化バナジウムにアルミニウム及びチタンをドーピングすることにより抵抗温度係数が一定となる温度範囲が広がることが分かる。したがって、温度検出体の材料として、アルミニウム及びチタンがドーピングされた酸化バナジウムを用いることにより、感度が向上する。

20

【0063】

[副発熱抵抗体の配置箇所]

上記核実施形態では、副発熱抵抗体を、主発熱抵抗体を中心としてX軸方向及び前記Y軸方向に対して45°の角度をなす位置に配置しているが、必ずしも45°の角度をなす位置でなくてもよい。副発熱抵抗体は、X軸温度検出体とY軸温度検出体との間に配置されていればよい。例えば、温度分布を均一にするために、X軸温度検出体及びY軸温度検出体の感度ばらつきを考慮して、X軸温度検出体とY軸温度検出体との間に配置された副発熱抵抗体を、X軸温度検出体側又はY軸温度検出体側に近づけてもよい。

30

【0064】

以上、本発明の好ましい実施の形態について詳説したが、本発明は、上述した実施の形態に制限されることはなく、本発明の範囲を逸脱することなく、上述した実施の形態に種々の変形及び置換を加えることができる。

【符号の説明】

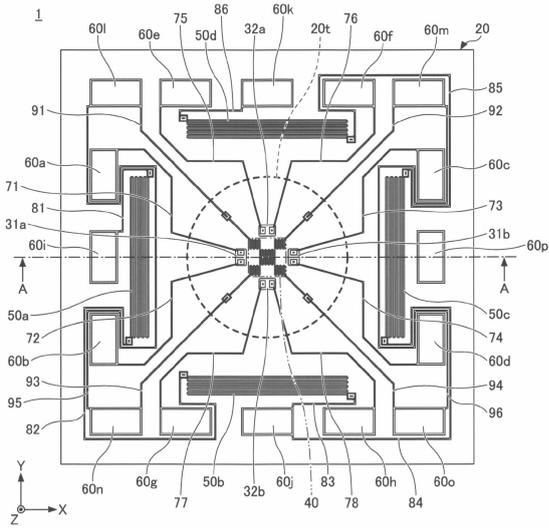
【0065】

1, 1a, 1b 流体センサ、10 半導体基板、10x 開口部、20 積層構造部、20t メンブレン、21~25 絶縁膜、26 コンタクトプラグ、31a, 31b X軸温度検出体、32a, 32b Y軸温度検出体、40, 40a, 40b 発熱抵抗体、41 主発熱抵抗体、41a 第1発熱抵抗体、41b 第2発熱抵抗体、42a~42d 副発熱抵抗体、43 スリット、50a~50d 固定抵抗体、60a~60p ボンディングパッド、71~78, 81~86, 91~96 配線

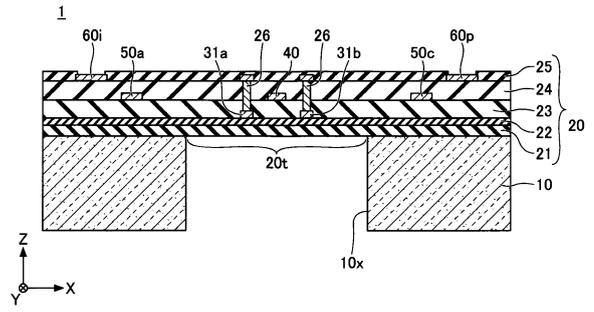
40

【図面】

【図 1】



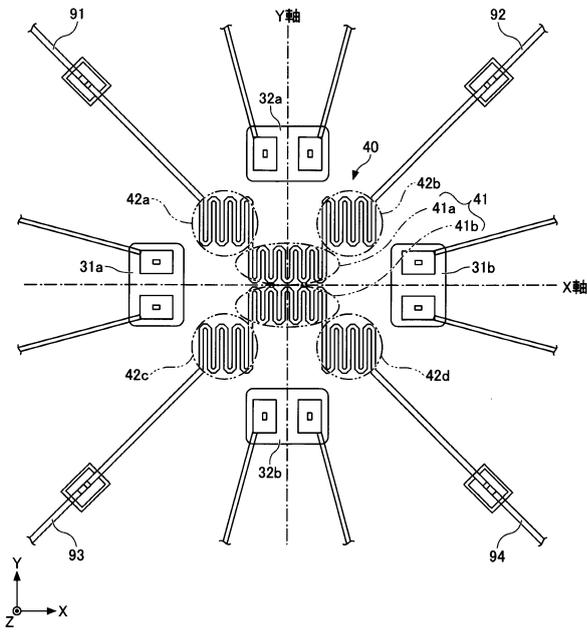
【図 2】



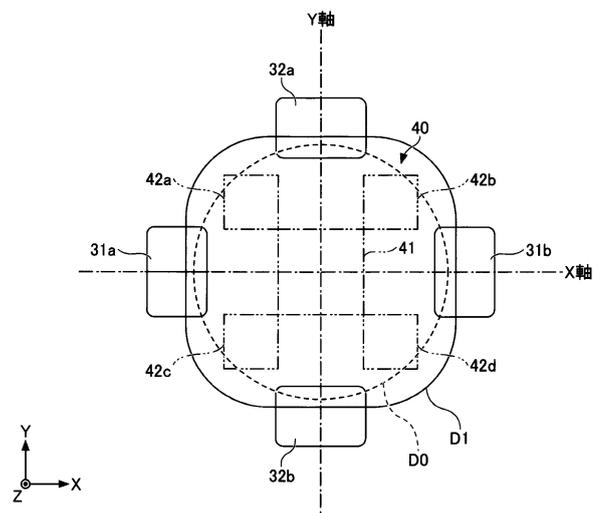
10

20

【図 3】



【図 4】

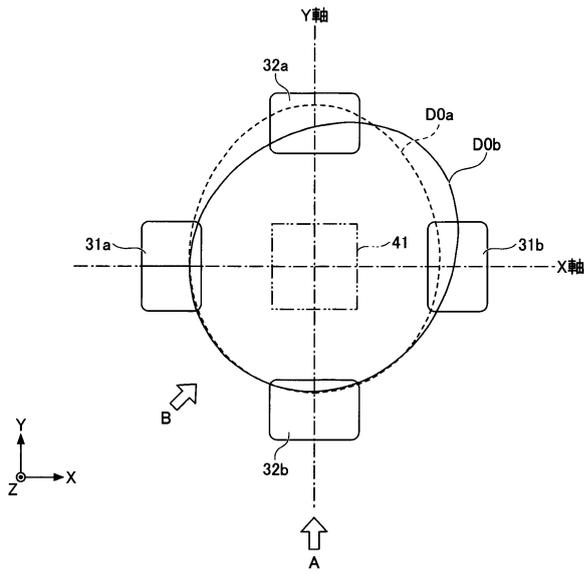


30

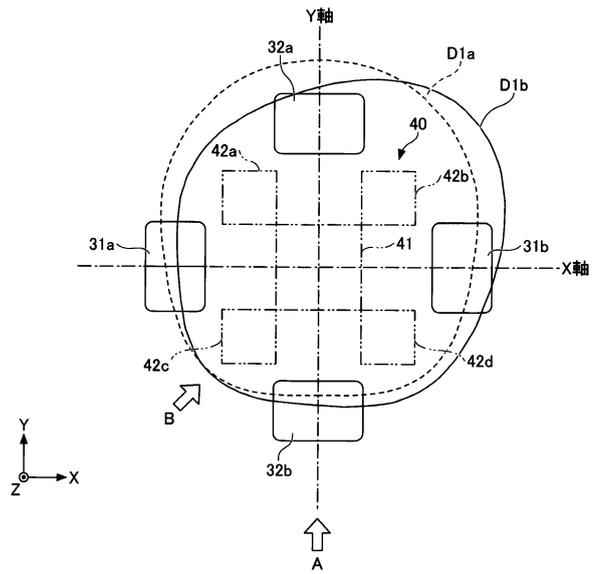
40

50

【図5】



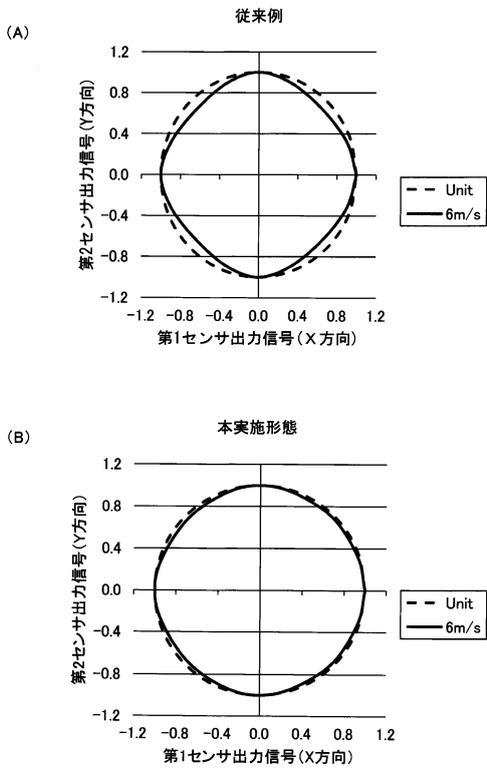
【図6】



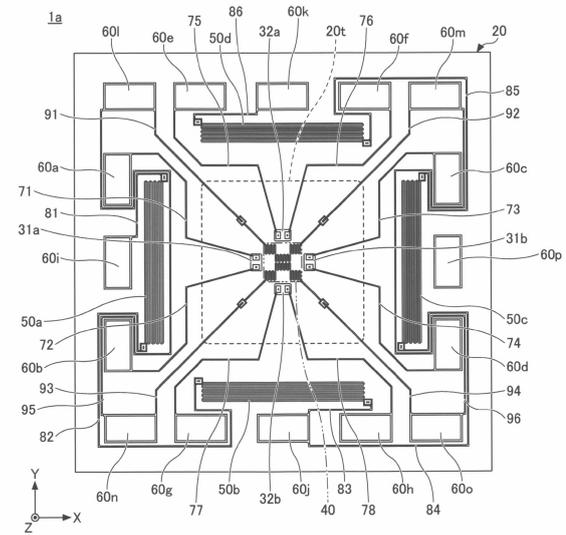
10

20

【図7】



【図8】

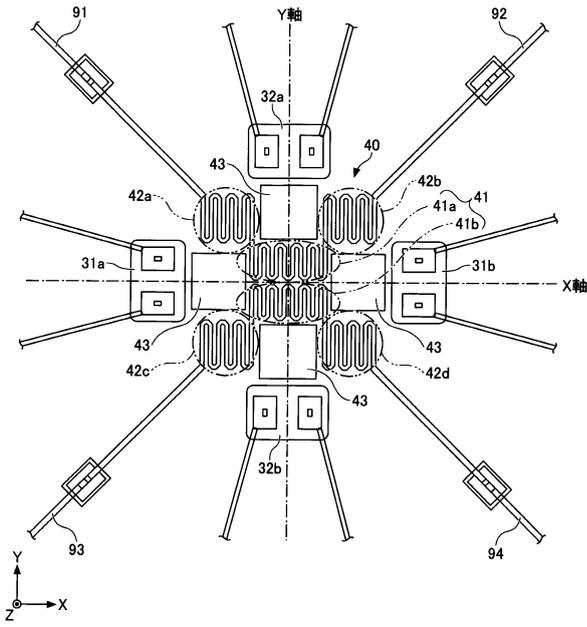


30

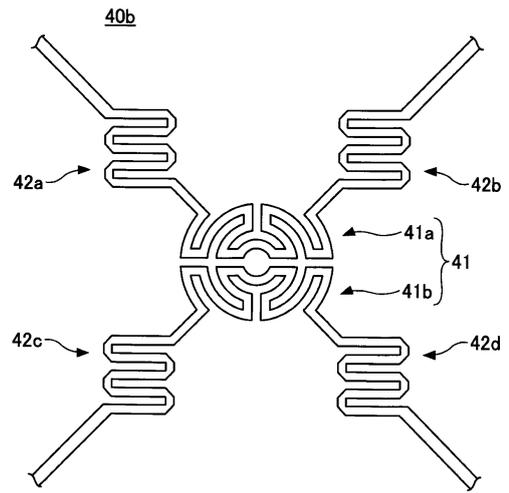
40

50

【図 9】



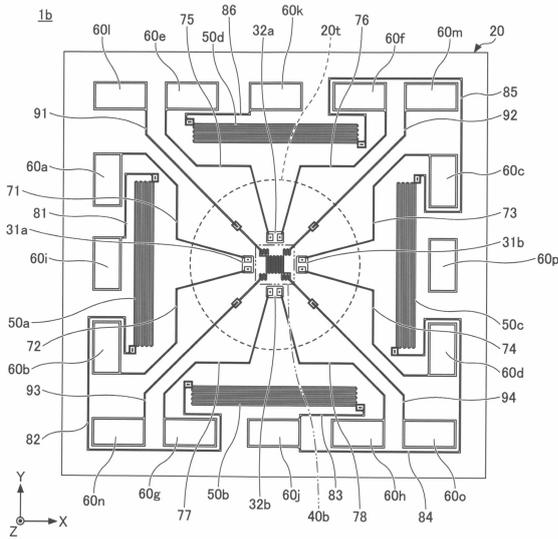
【図 10】



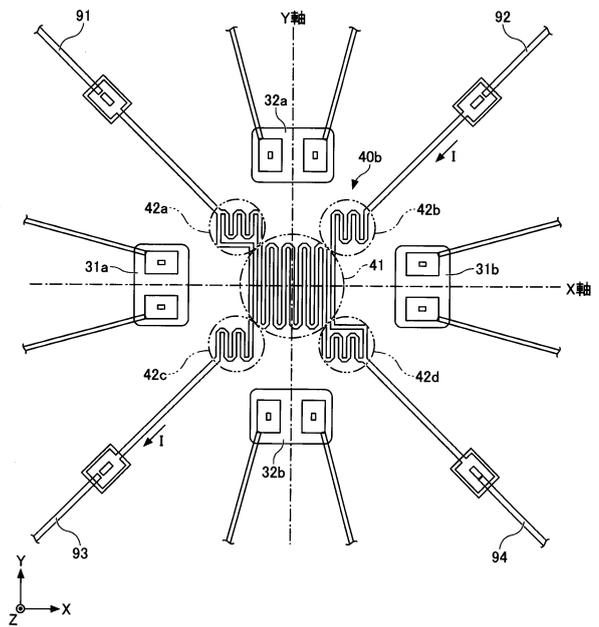
10

20

【図 11】



【図 12】

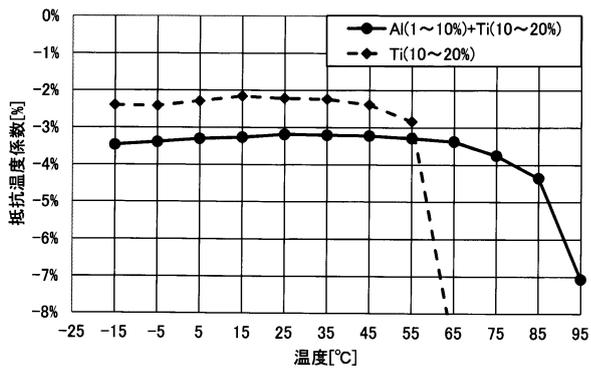


30

40

50

【 図 1 3 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特許第 3 5 0 1 7 4 6 (J P , B 2)
特許第 2 5 6 1 2 3 0 (J P , B 2)
中国特許出願公開第 1 0 1 0 5 9 5 2 8 (C N , A)
特許第 3 6 8 7 7 2 4 (J P , B 2)
特許第 3 4 6 1 4 6 9 (J P , B 2)
特許第 6 6 6 9 9 5 7 (J P , B 2)
特許第 6 8 0 7 0 0 5 (J P , B 2)
特許第 5 9 1 5 0 2 6 (J P , B 2)
特許第 5 2 0 2 0 0 7 (J P , B 2)
特公平 8 - 1 0 2 3 1 (J P , B 2)
米国特許第 9 9 9 5 6 3 9 (U S , B 2)
米国特許第 6 6 3 1 6 3 8 (U S , B 2)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 P