

(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
2019年4月4日(04.04.2019)

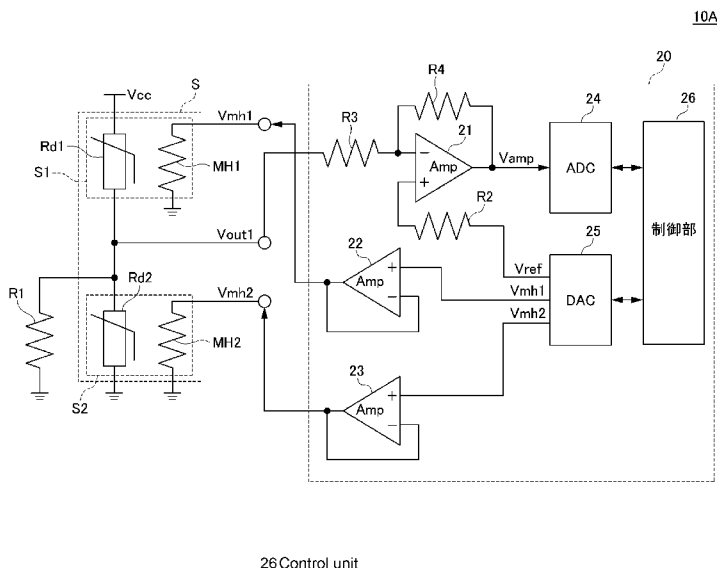


(10) 国際公開番号
WO 2019/065127 A1

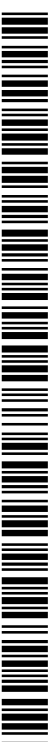
- (51) 国際特許分類:
G01N 27/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/032832
- (22) 国際出願日: 2018年9月5日(05.09.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-184266 2017年9月26日(26.09.2017) JP
特願 2018-129769 2018年7月9日(09.07.2018) JP
- (71) 出願人: T D K株式会社(TDK CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1036128 東京都中央区日本橋二丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 海田 佳生(KAITA Yoshio); 〒1080023 東京都港区芝浦三丁目9番1号 T D K株式会社内 Tokyo (JP). 松尾 裕(MATSUO Yutaka); 〒1080023 東京都港区芝浦三丁目9番1号 T D K株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 鷺頭 光宏, 外(WASHIZU Mitsuhiro et al.); 〒1040061 東京都中央区銀座一丁目5番1号第三太陽ビル7F 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: GAS SENSOR

(54) 発明の名称: ガスセンサ



(57) Abstract: [Problem] To measure the concentration of a gas to be detected while eliminating the influence of a different gas from the gas to be detected. [Solution] The present invention comprises a first thermistor Rd1 that has a resistance that changes with a first sensitivity according to the concentration of a first gas and changes with a second sensitivity according to the concentration of a second gas, a second thermistor Rd2 that is connected in series to the first thermistor and has a resistance that changes with a third sensitivity according to the concentration of the first gas and changes with a fourth



WO 2019/065127 A1

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
 MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
 NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
 QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

sensitivity according to the concentration of the second gas, and a correction resistor R1 that is connected in parallel with the first or second thermistor. In the present invention, the first and second thermistors are connected in series and the potential change according to the concentration of the second gas at the point of connection between the first thermistor and second thermistor is cancelled by the correction resistor, so it is possible, without involving computation processing, to simply and highly accurately remove the influence of the second gas and accurately calculate the concentration of the first gas.

- (57) 要約：【課題】 検出対象ガスとは異なるガスの影響を排除し、検出対象ガスの濃度を測定する。
 【解決手段】 第1のガスの濃度に応じて第1の感度で抵抗値が変化し、第2のガスの濃度に応じて第2の感度で抵抗値が変化する第1のサーミスタRd1と、第1のサーミスタに対して直列に接続され、第1のガスの濃度に応じて第3の感度で抵抗値が変化し、第2のガスの濃度に応じて第4の感度で抵抗値が変化する第2のサーミスタRd2と、第1又は第2のサーミスタに対して並列に接続された補正抵抗R1とを備える。本発明によれば、第1及び第2のサーミスタが直列に接続されるとともに、第2のガスの濃度に応じた第1のサーミスタと第2のサーミスタの接続点の電位変化が補正抵抗によってキャンセルされることから、演算処理を行うことなく、第2のガスの影響を簡単且つ高精度に除去し、第1のガスの濃度を正確に算出することが可能となる。

明 細 書

発明の名称 : ガスセンサ

技術分野

[0001] 本発明は、雰囲気中に含まれるガスを検出するガスセンサに関し、特に、検出対象ガスとは異なるガスの影響をキャンセル可能なガスセンサに関する。

背景技術

[0002] ガスセンサは、雰囲気中に含まれる測定対象ガスの濃度を検出するものであるが、雰囲気中に含まれる検出対象ガスとは異なるガスによって測定値に誤差が生じることがある。特許文献1には、検出対象である水素ガスを検出する水素センサユニットとは別に、酸素濃度測定部や湿度測定部を設け、水素センサユニットから得られる信号を酸素濃度や湿度に基づいて補正する方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-133401号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1に記載された方法では、ガス濃度を算出するために演算処理を行う必要がある。しかも、酸素濃度測定部や湿度測定部は、水素センサユニットの外部に設けられていることから、装置全体が大型化するばかりでなく、正確な補正を行うことが困難であった。

[0005] したがって、本発明の目的は、演算処理を行うことなく検出対象ガスとは異なるガスの影響を高精度に排除可能なガスセンサを提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明によるガスセンサは、第1のガスの濃度に応じて第1の感度で抵抗値が変化し、第2のガスの濃度に応じて第2の感度で抵抗値が変化する第1

のサーミスタと、第1のサーミスタに対して直列に接続され、第1のガスの濃度に応じて第1の感度よりも低い第3の感度で抵抗値が変化し、第2のガスの濃度に応じて第2の感度とは異なる第4の感度で抵抗値が変化する第2のサーミスタと、第1又は第2のサーミスタに対して並列に接続され、第2のガスの濃度に応じた第1のサーミスタと第2のサーミスタの接続点の電位変化をキャンセルする補正抵抗とを備えることを特徴とする。

[0007] 本発明によれば、第1及び第2のサーミスタが直列に接続されるとともに、第2のガスの濃度に応じた第1のサーミスタと第2のサーミスタの接続点の電位変化が補正抵抗によってキャンセルされることから、演算処理を行うことなく、第2のガスの影響を簡単且つ高精度に除去し、第1のガスの濃度を正確に算出することが可能となる。

[0008] 本発明において、第1のサーミスタは第1のヒータによって第1の温度に加熱され、第2のサーミスタは第2のヒータによって第1の温度とは異なる第2の温度に加熱されるものであっても構わない。これによれば、例えば第1のサーミスタと第2のサーミスタを互いに同じ構成とすることができる。

[0009] 本発明において、第4の感度は第2の感度よりも高く、補正抵抗は第2のサーミスタに対して並列に接続されていても構わない。これによれば、実効的に第4の感度が低下することから、第2の感度と一致させることが可能となる。

[0010] 本発明において、第2の感度を a 、第4の感度を b 、第2の温度に加熱された第2のサーミスタの抵抗値を R_{d2} とした場合、補正抵抗の抵抗値 R_1 は、

$$R_1 = (b/a) \times R_{d2}$$

で定義されるものであっても構わない。これによれば、第2のガスの影響をほぼ完全に除去することが可能となる。

[0011] 本発明によるガスセンサは、第1のサーミスタと第2のサーミスタの間に配置された第3のサーミスタをさらに備えるものであっても構わない。これによれば、第1のサーミスタと第2のサーミスタの距離が離れることから、

熱干渉を低減することが可能となる。

[0012] 本発明によるガスセンサは、第3のサーミスタから供給される温度信号に応じて、第1のヒータに供給する第1の制御電圧及び第2のヒータに供給する第2の制御電圧を変化させる制御部をさらに備えるものであっても構わない。これによれば、現在の環境温度にかかわらず第1及び第2のヒータによる加熱温度を設計通りの温度とすることができる。

[0013] 本発明によるガスセンサは、第1のサーミスタを第1の温度に加熱する第1のヒータと、第2のサーミスタを第2の温度に加熱する第2のヒータと、共通制御電圧を受けて第1のヒータに第1の制御電圧を印加する第1のアンプと、共通制御電圧を受けて第2のヒータに第2の制御電圧を印加する第2のアンプとをさらに備えるものであっても構わない。これによれば、電源電位の変動による測定誤差を低減することが可能となる。

[0014] 本発明において、第3の感度は第1の感度の $1/10$ 以下であっても構わない。これによれば、第1のガスの濃度をより正確に算出することが可能となる。

[0015] 本発明において、第1のサーミスタと第2のサーミスタが同じパッケージ内に收容されていても構わない。これによれば、第1のサーミスタと第2のサーミスタの測定条件が一致することから、第2のガスの影響をより正確に除去することが可能となる。

[0016] 本発明において、第1及び第2のサーミスタは熱伝導式のセンサを構成するものであっても構わない。熱伝導式のセンサは高い検出感度を得ることが難しく、検出誤差が大きくなる傾向があるが、本発明によれば、検出対象ガスとは異なるガスに起因する検出誤差を低減することが可能となる。

[0017] 本発明において、第1のガスは CO_2 ガスであり、第2のガスは水蒸気であっても構わない。これによれば、 CO_2 ガスの濃度検出において湿度の影響を排除することが可能となる。

発明の効果

[0018] このように、本発明によれば、演算処理を行うことなく検出対象ガスとは

異なるガスの影響を高精度に排除することができる。これにより、検出対象ガスの濃度を高精度に測定することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]図1は、本発明の第1の実施形態によるガスセンサ10Aの構成を示す回路図である。

[図2]図2は、センサ部Sの構成を説明するための上面図である。

[図3]図3は、図2に示すA-A線に沿った断面図である。

[図4]図4は、サーミスタRd1, Rd2の加熱温度と感度との関係を示すグラフである。

[図5]図5は、制御電圧Vm h 1, Vm h 2の波形の一例を示すタイミング図である。

[図6]図6は実測値を示すグラフであり、(a)はCO₂ガス及び湿度の変化を示し、(b)は検出信号Vout1の変化を示している。

[図7]図7は、本発明の第2の実施形態によるガスセンサ10Bの構成を示す回路図である。

[図8]図8は、本発明の第3の実施形態によるガスセンサ10Cの構成を示す回路図である。

[図9]図9は、本発明の第4の実施形態によるガスセンサ10Dの構成を示す回路図である。

[図10]図10は、第4の実施形態におけるセンサ部Sの構成を説明するための上面図である。

[図11]図11は、図10に示すB-B線に沿った断面図である。

[図12]図12は、温度信号Vout2をサンプリングするタイミングを説明するためのタイミング図である。

[図13]図13は、環境温度と制御電圧Vm h 1, Vm h 2の関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施形態について詳細

に説明する。

[0021] 図1は、本発明の第1の実施形態によるガスセンサ10Aの構成を示す回路図である。

[0022] 図1に示すように、本実施形態によるガスセンサ10Aは、センサ部Sと信号処理回路20を備えている。特に限定されるものではないが、本実施形態によるガスセンサ10Aは、雰囲気中におけるCO₂ガスの濃度を検出するものであり、後述するように、湿度に起因する測定誤差をハードウェア的にキャンセルすることが可能である。本明細書においては、検出対象ガスを「第1のガス」、ノイズとなるガスを「第2のガス」と呼ぶことがある。本実施形態で言えば、第1のガスがCO₂ガスであり、第2のガスが水蒸気である。

[0023] センサ部Sは、検出対象ガスであるCO₂ガスの濃度を検出するための熱伝導式のガスセンサであり、第1のセンサ部S1と第2のセンサ部S2を有している。第1のセンサ部S1は、第1のサーミスタRd1及びこれを加熱する第1のヒータ抵抗MH1を含む。同様に、第2のセンサ部S2は、第2のサーミスタRd2及びこれを加熱する第2のヒータ抵抗MH2を含む。図1に示すように、第1及び第2のサーミスタRd1、Rd2は、電源電位Vccが供給される配線と接地電位GNDが供給される配線との間に直列に接続されている。第1及び第2のサーミスタRd1、Rd2は、例えば、複合金属酸化物、アモルファスシリコン、ポリシリコン、ゲルマニウムなどの負の抵抗温度係数を持つ材料からなる。サーミスタRd1、Rd2は、いずれもCO₂ガスの濃度を検出するものであるが、後述するように動作温度が互いに異なっている。

[0024] 第1のサーミスタRd1は、第1のヒータ抵抗MH1によって加熱される。第1のヒータ抵抗MH1による第1のサーミスタRd1の加熱温度は例えば150℃である。第1のサーミスタRd1を加熱した状態で測定雰囲気中にCO₂ガスが存在すると、その濃度に応じて第1のサーミスタRd1の放熱特性が変化する。かかる変化は、第1のサーミスタRd1の抵抗値の変化と

なって現れる。第1のサーミスタRd1の加熱温度が150℃である場合、第1のサーミスタRd1の抵抗値は、CO₂ガスの濃度に応じて第1の感度で変化する。第1の感度は、第1のサーミスタRd1と第2のサーミスタRd2の接続点に現れる検出信号Vout1の電位を十分に変化させることが可能な感度を有している。

[0025] 第1のサーミスタRd1を加熱した状態においては、測定雰囲気中に水蒸気が存在すると、その濃度に応じて第1のサーミスタRd1の放熱特性が変化する。第1のサーミスタRd1の加熱温度が150℃である場合、第1のサーミスタRd1の抵抗値は、湿度に応じて第2の感度で変化する。

[0026] 第2のサーミスタRd2は、第2のヒータ抵抗MH2によって加熱される。第2のヒータ抵抗MH2による第2のサーミスタRd2の加熱温度は例えば300℃である。第2のサーミスタRd2を加熱した状態で測定雰囲気中にCO₂ガスが存在しても、第2のサーミスタRd2の抵抗値はほとんど変化しない。これは、第2のサーミスタRd2の加熱温度が300℃である場合、第2のサーミスタRd2の抵抗値は、CO₂ガスの濃度に応じて第3の感度で変化するものの、第3の感度は第1の感度よりも大幅に低く、好ましくは第1の感度の1/10以下、より好ましくはほぼゼロだからである。このため、CO₂ガスの濃度が変化しても、第2のサーミスタRd2の抵抗値はほとんど変化しない。

[0027] 第2のサーミスタRd2を加熱した状態においては、測定雰囲気中に水蒸気が存在すると、その濃度に応じて第2のサーミスタRd2の放熱特性が変化する。第2のサーミスタRd2の加熱温度が300℃である場合、第2のサーミスタRd2の抵抗値は、湿度に応じて第4の感度で変化する。第4の感度は、上述した第2の感度よりも大きい。

[0028] さらに、本実施形態によるガスセンサ10Aは、第2のサーミスタRd2に対して並列接続された補正抵抗R1を備えている。後述するように、補正抵抗R1は、第1のサーミスタRd1の湿度に対する感度（第2の感度）と第2のサーミスタRd2の湿度に対する感度（第4の感度）の差をキャンセ

ルするために設けられる。

- [0029] 上述の通り、第1のサーミスタ $Rd1$ と第2のサーミスタ $Rd2$ は直列に接続されており、その接続点から検出信号 $Vout1$ が出力される。検出信号 $Vout1$ は、信号処理回路20に入力される。
- [0030] 信号処理回路20は、差動アンプ21~23、ADコンバータ(ADC)24、DAコンバータ(DAC)25、制御部26及び抵抗 $R2\sim R4$ を備えている。差動アンプ21は、検出信号 $Vout1$ とリファレンス電圧 $Vref$ を比較し、その差を増幅する回路である。差動アンプ21のゲインは、抵抗 $R2\sim R4$ によって任意に調整される。差動アンプ21から出力される増幅信号 $Vamp$ は、ADコンバータ24に入力される。
- [0031] ADコンバータ24は増幅信号 $Vamp$ をデジタル変換し、その値を制御部26に供給する。一方、DAコンバータ25は、制御部26から供給されるリファレンス信号をアナログ変換することによってリファレンス電圧 $Vref$ を生成するとともに、第1及び第2のヒータ抵抗 $MH1, MH2$ に供給する制御電圧 $Vmh1, Vmh2$ を生成する役割を果たす。制御電圧 $Vmh1$ は、ボルテージフォロアである差動アンプ22を介して第1のヒータ抵抗 $MH1$ に印加される。同様に、制御電圧 $Vmh2$ は、ボルテージフォロアである差動アンプ23を介して第2のヒータ抵抗 $MH2$ に印加される。
- [0032] 図2は、センサ部Sの構成を説明するための上面図である。また、図3は、図2に示すA-A線に沿った断面図である。尚、図面は模式的なものであり、説明の便宜上、厚みと平面寸法との関係、デバイス相互間の厚みの比率などは、本実施形態の効果が得られる範囲内で現実の構造とは異なっても構わない。
- [0033] センサ部Sは、 CO_2 ガスの濃度に応じた放熱特性の変化に基づいてガス濃度を検出する熱伝導式のガスセンサであり、図2及び図3に示すように、2つのセンサ部 $S1, S2$ と、これらセンサ部 $S1, S2$ を収容するセラミックパッケージ51を備えている。
- [0034] セラミックパッケージ51は、上部が開放された箱形のケースであり、上

部にはリッド52が設けられている。リッド52は複数の通気口53を有しており、これにより、雰囲気中のCO₂ガスがセラミックパッケージ51内に流入可能とされている。尚、図面の見やすさを考慮して、図2においてはリッド52が省略されている。

[0035] 第1のセンサ部S1は、基板31と、基板31の下面及び上面にそれぞれ形成された絶縁膜32、33と、絶縁膜33上に設けられた第1のヒータ抵抗MH1と、第1のヒータ抵抗MH1を覆うヒータ保護膜34と、ヒータ保護膜34上に設けられた第1のサーミスタRd1及びサーミスタ電極35と、第1のサーミスタRd1及びサーミスタ電極35を覆うサーミスタ保護膜36とを備える。

[0036] 基板31は、適度な機械的強度を有し、且つ、エッチングなどの微細加工に適した材質であれば特に限定されるものではなく、シリコン単結晶基板、サファイア単結晶基板、セラミック基板、石英基板、ガラス基板などを用いることができる。基板31には、第1のヒータ抵抗MH1による熱が基板31へ伝導するのを抑制するため、平面視で第1のヒータ抵抗MH1と重なる位置にキャビティ31aが設けられている。キャビティ31aにより基板31が取り除かれた部分は、メンブレンと呼ばれる。メンブレンを構成すれば、基板31を薄肉化した分だけ熱容量が小さくなるため、より少ない消費電力で加熱を行うことが可能となる。

[0037] 絶縁膜32、33は、酸化シリコン又は窒化シリコンなどの絶縁材料からなる。絶縁膜32、33として例えば酸化シリコンを用いる場合には、熱酸化法やCVD (Chemical Vapor Deposition) 法などの成膜法を用いればよい。絶縁膜32、33の膜厚は、絶縁性が確保される限り特に限定されず、例えば0.1~1.0μm程度とすればよい。特に、絶縁膜33は、基板31にキャビティ31aを形成する際のエッチング停止層としても用いられるため、当該機能を果たすのに適した膜厚とすればよい。

[0038] 第1のヒータ抵抗MH1は、温度によって抵抗率が変化する導電性物質か

らなり、比較的高融点の材料からなる金属材料、例えば、モリブデン (Mo)、白金 (Pt)、金 (Au)、タングステン (W)、タンタル (Ta)、パラジウム (Pd)、イリジウム (Ir) 又はこれら何れか2種以上を含む合金などが好適である。また、イオンミリングなどの高精度なドライエッチングが可能である導電材質であることが好ましく、特に、耐腐食性が高い白金 (Pt) を主成分とすることがより好適である。また、絶縁膜33との密着性を向上させるために、Ptの下地にチタン (Ti) などの密着層を形成することが好ましい。

[0039] 第1のヒータ抵抗MH1の上部には、ヒータ保護膜34が形成される。ヒータ保護膜34の材料としては、絶縁膜33と同じ材料を用いることが望ましい。第1のヒータ抵抗MH1は、常温から150℃にまで上昇し、再び常温へ下がるという激しい熱変化を繰り返し生じるため、絶縁膜33及びヒータ保護膜34にも強い熱ストレスがかかり、この熱ストレスを継続的に受けると層間剥離やクラックといった破壊につながる。しかしながら、絶縁膜33とヒータ保護膜34を同じ材料によって構成すれば、両者の材料特性が同じであり、且つ、密着性が強固であることから、異種材料を用いた場合と比べて、層間剥離やクラックといった破壊が生じにくくなる。ヒータ保護膜34の材料として酸化シリコンを用いる場合、熱酸化法やCVD法などの方法により成膜すればよい。ヒータ保護膜34の膜厚は、第1のサーミスタRd1及びサーミスタ電極35との絶縁が確保される膜厚であれば特に限定されず、例えば0.1~3.0 μm 程度とすればよい。

[0040] 第1のサーミスタRd1は、複合金属酸化物、アモルファスシリコン、ポリシリコン、ゲルマニウムなどの負の抵抗温度係数を持つ材料からなり、スパッタ法、CVDなどの薄膜プロセスを用いて形成することができる。第1のサーミスタRd1の膜厚は、目標とする抵抗値に応じて調整すればよく、例えばMnNiCo系酸化物を用いて室温での抵抗値(R25)を2M Ω 程度に設定するのであれば、一对のサーミスタ電極35間の距離にもよるが0.2~1 μm 程度の膜厚に設定すればよい。ここで、感温抵抗素子としてサ

ーミスタを用いているのは、また、白金測温体などに比べて抵抗温度係数が大きいことから、大きな検出感度を得ることができるためである。また、薄膜構造であることから、第1のヒータ抵抗MH1の発熱を効率よく検出することも可能となる。

[0041] サーミスタ電極35は、所定の間隔を持った一对の電極であり、一对のサーミスタ電極35間に第1のサーミスタRd1が設けられる。これにより、一对のサーミスタ電極35間における抵抗値は、第1のサーミスタRd1の抵抗値によって決まる。サーミスタ電極35の材料としては、第1のサーミスタRd1の成膜工程および熱処理工程などのプロセスに耐えうる導電性物質であって、比較的高融点の材料、例えば、モリブデン(Mo)、白金(Pt)、金(Au)、タングステン(W)、タンタル(Ta)、パラジウム(Pd)、イリジウム(Ir)又はこれら何れか2種以上を含む合金などが好適である。

[0042] 第1のサーミスタRd1及びサーミスタ電極35は、サーミスタ保護膜36で覆われる。尚、第1のサーミスタRd1と還元性を持つ材料を接触させて高温状態にすると、サーミスタから酸素を奪って還元を引き起こし、サーミスタ特性に影響を与えてしまう。これを防止するためには、サーミスタ保護膜36の材料としては、シリコン酸化膜等の還元性を持たない絶縁性酸化膜であることが望ましい。

[0043] 図2に示すように、第1のヒータ抵抗MH1の両端は、サーミスタ保護膜36の表面に設けられた電極パッド37a, 37bにそれぞれ接続される。また、サーミスタ電極35の両端は、サーミスタ保護膜36の表面に設けられた電極パッド37c, 37dにそれぞれ接続される。これらの電極パッド37a~37dは、ボンディングワイヤ55を介して、セラミックパッケージ51に設けられたパッケージ電極54に接続される。パッケージ電極54は、セラミックパッケージ51の裏面に設けられた外部端子56を介して、図1に示す信号処理回路20に接続される。

[0044] このように、第1のセンサ部S1は、第1のヒータ抵抗MH1と第1のサ

ーミスタR d 1が基板3 1上に積層された構成を有していることから、第1のヒータ抵抗MH 1によって生じる熱が第1のサーミスタR d 1に効率よく伝わる。

[0045] 同様に、第2のセンサ部S 2は、基板4 1と、基板4 1の下面及び上面にそれぞれ形成された絶縁膜4 2、4 3と、絶縁膜4 3上に設けられた第2のヒータ抵抗MH 2と、第2のヒータ抵抗MH 2を覆うヒータ保護膜4 4と、ヒータ保護膜4 4上に設けられた第2のサーミスタR d 2及びサーミスタ電極4 5と、第2のサーミスタR d 2及びサーミスタ電極4 5を覆うサーミスタ保護膜4 6とを備える。

[0046] 基板4 1は、第1のセンサ部S 1に用いられる基板3 1と同様の材料からなるとともに、同様の構成を有している。つまり、平面視で第2のヒータ抵抗MH 2と重なる位置にキャビティ4 1 aが設けられ、これにより、第2のヒータ抵抗MH 2による熱が基板4 1へ伝導するのを抑制している。絶縁膜4 2、4 3の材料についても絶縁膜3 2、3 3と同様であり、酸化シリコン又は窒化シリコンなどの絶縁材料が用いられる。絶縁膜4 2、4 3の厚みも絶縁膜3 2、3 3と同様である。

[0047] また、第2のヒータ抵抗MH 2、ヒータ保護膜4 4、第2のサーミスタR d 2、サーミスタ電極4 5及びサーミスタ保護膜4 6についても、第1のセンサ部S 1に用いられる第1のヒータ抵抗MH 1、ヒータ保護膜3 4、第1のサーミスタR d 1、サーミスタ電極3 5及びサーミスタ保護膜3 6とそれぞれ同じ構成を有している。第2のヒータ抵抗MH 2の両端は、サーミスタ保護膜4 6の表面に設けられた電極パッド4 7 a、4 7 bにそれぞれ接続される。また、サーミスタ電極4 5の両端は、サーミスタ保護膜4 6の表面に設けられた電極パッド4 7 c、4 7 dにそれぞれ接続される。これらの電極パッド4 7 a～4 7 dは、ボンディングワイヤ5 5を介して、セラミックパッケージ5 1に設けられたパッケージ電極5 4に接続される。

[0048] 以上の構成を有するセンサ部S 1、S 2は、いずれもウェハ状態で多数個同時に作製され、ダイシングによって個片化された後、ダイペースト（図示

せず)を用いてセラミックパッケージ51に固定される。その後、電極パッド37a~37d, 47a~47dと、対応するパッケージ電極54を、ワイヤボンディング装置を用いてボンディングワイヤ55で接続する。ボンディングワイヤ55の材料としては、Au、Al、Cuなど、抵抗の低い金属が好適である。

[0049] 最後に、接着性樹脂(図示せず)などを用いて、外気との通気口53を有するリッド52をセラミックパッケージ51に固定する。この際、接着性樹脂(図示せず)の硬化加熱時に、接着性樹脂に含まれる物質がガスとなって発生するが、通気口53により容易にパッケージ外へ放出されるため、センサ部S1, S2に影響を与えることはない。

[0050] このようにして完成したセンサ部Sは、外部端子56を介して信号処理回路20や電源に接続される。また、補正抵抗R1は、信号処理回路20に内蔵するか、セラミックパッケージ51内に收容するか、或いは、信号処理回路20が実装される回路基板上に設けられる。

[0051] 以上が本実施形態によるガスセンサ10Aの構成である。次に、本実施形態によるガスセンサ10Aの動作について説明する。

[0052] 本実施形態によるガスセンサ10Aは、CO₂ガスの熱伝導率が空気の熱伝導率と大きく異なっている点を利用し、CO₂ガスの濃度によるサーミスタRd1, Rd2の放熱特性の変化を検出信号Vout1として取り出すものである。しかしながら、測定雰囲気熱伝導率は、CO₂ガスの濃度だけでなく、湿度、つまり水蒸気の濃度によっても変化するため、湿度の影響が測定誤差となってしまう。そこで、本実施形態によるガスセンサ10Aは、第1のサーミスタRd1の湿度による誤差成分と第2のサーミスタRd2の湿度による誤差成分が一致するよう、補正抵抗R1の抵抗値を調整することによって、湿度に基づく検出信号Vout1の変化をキャンセルする。

[0053] 図4は、サーミスタRd1, Rd2の加熱温度と感度との関係を示すグラフである。

[0054] 図4に示すように、サーミスタRd1, Rd2の加熱温度が150℃以下

である場合には、CO₂ガスの濃度に対して十分に高い感度が得られる一方、加熱温度が150℃を超えるとCO₂ガスの濃度に対する感度が低下し、加熱温度が300℃に達するとCO₂ガスの濃度に対する感度がほぼゼロとなる。実際には、加熱温度が300℃であってもCO₂ガスの濃度に対して僅かな感度は存在するが、加熱温度が150℃である場合と比べると大幅に低く、約1/10以下であるため、ほぼ無視することが可能である。

[0055] 上記の点を考慮し、本実施形態によるガスセンサ10Aは、第1のサーミスタRd1を150℃に加熱することによってCO₂ガスの濃度に対する感度（第1の感度）を十分に確保する一方、第2のサーミスタRd2を300℃に加熱することによってCO₂ガスの濃度に対する感度（第3の感度）をほぼゼロとしている。そして、第1のサーミスタRd1と第2のサーミスタRd2は直列に接続されていることから、湿度の影響がなければ、検出信号Vout1のレベルはCO₂ガスの濃度を示すことになる。

[0056] 一方、第1のサーミスタRd1の加熱温度が150℃である場合の湿度に対する感度（第2の感度）と、第2のサーミスタRd2の加熱温度が300℃である場合の湿度に対する感度（第4の感度）は互いに異なっている。具体的には、第2の感度が約120μV/%RHであるのに対し、第4の感度が約200μV/%RHである。したがって、第1のサーミスタRd1と第2のサーミスタRd2を単に直列に接続しただけでは、検出信号Vout1に湿度の影響が反映されてしまう。

[0057] そこで、本実施形態によるガスセンサ10Aは、湿度に応じた検出信号Vout1の変化がキャンセルされるよう、第2のサーミスタRd2に対して並列に補正抵抗R1を接続している。ここで、第2の感度をa、第4の感度をb、300℃に加熱された第2のサーミスタRd2の抵抗値をRd2とした場合、補正抵抗R1の抵抗値は、

$$R1 = (b/a) \times Rd2$$

に設定することによって、湿度に応じた検出信号Vout1の変化をほぼキャンセルすることができる。上述した例に当てはめれば、

$$R1 = (200 / 120) \times Rd2 = (5 / 3) \times Rd2$$

に設定すれば良い。

- [0058] これにより、湿度が第1のサーミスタRd1に与える影響と第2のサーミスタRd2に与える影響が実効的に一致することから、湿度が変化しても検出信号Vout1は変化しなくなる。したがって、検出信号Vout1のレベルは、CO₂ガスの濃度によって決まることになる。
- [0059] 図5は、制御電圧Vmh1, Vmh2の波形の一例を示すタイミング図である。図5に示すように、本実施形態においては、制御電圧Vmh1と制御電圧Vmh2を同時に活性レベルとすることによって、第1のヒータ抵抗MH1と第2のヒータ抵抗MH2を同時に加熱する。そして、制御電圧Vmh1, Vmh2を活性化させたタイミングで検出信号Vout1をサンプリングすれば、湿度の影響をキャンセルするための演算処理を行うことなく、CO₂ガスの濃度を測定することができる。
- [0060] 図6は実測値を示すグラフであり、(a)はCO₂ガス及び湿度の変化を示し、(b)は検出信号Vout1の変化を示している。図6に示すように、補正抵抗R1を用いない場合には、検出信号Vout1のレベルが湿度によって大きく変化しているのに対し、補正抵抗R1を用いると、検出信号Vout1から湿度の影響がほぼ完全にキャンセルされていることが分かる。
- [0061] このように、本実施形態によるガスセンサ10Aは、加熱温度の異なる2つのサーミスタRd1, Rd2を直列に接続するとともに、第2のサーミスタRd2に対して並列に補正抵抗R1を接続していることから、第1及び第2のサーミスタRd1, Rd2の接続点に現れる検出信号Vout1のレベルは、湿度の影響を受けることなく、CO₂ガスの濃度を正確に表すことになる。このため、湿度の影響をキャンセルするための演算処理を行うことなく、直ちにCO₂ガスの濃度を測定することが可能となる。
- [0062] 図7は、本発明の第2の実施形態によるガスセンサ10Bの構成を示す回路図である。
- [0063] 図7に示すように、本実施形態によるガスセンサ10Bは、差動アンプ2

2, 23に共通制御電圧 V_{mh} が共通に供給されるとともに、差動アンプ23がボルテージフォロア接続されておらず、抵抗 $R_5 \sim R_7$ を用いてゲイン調整されている点において、図1に示した第1の実施形態によるガスセンサ10Aと相違している。その他の構成は、第1の実施形態によるガスセンサ10Aと同一であることから、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

[0064] 抵抗 $R_5 \sim R_7$ は、差動アンプ23のゲインを調整するための要素であり、例えばこれらの抵抗値を

$$R_5 = R_6 = R_7$$

に設定することによって、

$$V_{mh2} = 2 \times V_{mh1}$$

とすることができる。つまり、共通制御電圧 V_{mh} を用いて互いに異なる2つの制御電圧 V_{mh1} , V_{mh2} を生成することが可能となる。

[0065] これにより、例えば電源電位の変動によって共通制御電圧 V_{mh} のレベルが一時的に変化したとしても、共通制御電圧 V_{mh} に連動して制御電圧 V_{mh1} , V_{mh2} の両方が同時に変動することから、制御電圧 V_{mh1} , V_{mh2} の変動による影響が相殺される。このため、共通制御電圧 V_{mh} が変動しても、検出信号 V_{out1} のレベルは実質的に変化しない。したがって、本実施形態によれば、 CO_2 ガスの濃度をより安定的に測定することが可能となる。

[0066] 図8は、本発明の第3の実施形態によるガスセンサ10Cの構成を示す回路図である。

[0067] 図8に示すように、本実施形態によるガスセンサ10Cは、補正抵抗 R_1 が第1のサーミスタ R_{d1} に対して並列に接続されている点において、図7に示した第2の実施形態によるガスセンサ10Bと相違している。その他の構成は、第2の実施形態によるガスセンサ10Bと同一であることから、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

[0068] 本実施形態が例示するように、第1のサーミスタ R_{d1} の湿度に対する感

度（第2の感度）が第2のサーミスタR d 2の湿度に対する感度（第4の感度）よりも高い場合には、第2の感度を実効的に低減すべく、第1のサーミスタR d 1に対して補正抵抗R 1を並列に接続すればよい。

[0069] 図9は、本発明の第4の実施形態によるガスセンサ10Dの構成を示す回路図である。

[0070] 図9に示すように、本実施形態によるガスセンサ10Dは、センサ部Sに温度センサである第3のセンサ部S 3及び抵抗R 8が追加されている点において、図1に示した第1の実施形態によるガスセンサ10Aと相違している。第3のセンサ部S 3は第3のサーミスタR d 3からなり、電源電位V c cが供給される配線と接地電位G N Dが供給される配線との間に、第3のサーミスタR d 3と抵抗R 8が直列に接続されている。第3のサーミスタR d 3と抵抗R 8の接続点からは、温度信号V o u t 2が出力される。温度信号V o u t 2は、A Dコンバータ24に供給される。その他の回路構成は、第1の実施形態によるガスセンサ10Aと同一であることから、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

[0071] 図10は、本実施形態におけるセンサ部Sの構成を説明するための上面図である。また、図11は、図10に示すB-B線に沿った断面図である。尚、図面は模式的なものであり、説明の便宜上、厚みと平面寸法との関係、デバイス相互間の厚みの比率などは、本実施形態の効果が得られる範囲内で現実の構造とは異なっても構わない。

[0072] 図10及び図11に示すように、本実施形態においては、第1のセンサ部S 1と第2のセンサ部S 2の間に第3のセンサ部S 3が配置されている。特に限定されるものではないが、本実施形態においては単一の基板61上に3つのセンサ部S 1～S 3が集積されている。基板61には、3つのセンサ部S 1～S 3に対応する3つのキャビティ61 a～61 cが形成されている。

[0073] 基板61は、絶縁膜62、63と、ヒータ保護膜64と、キャビティ61 cと重なる位置においてヒータ保護膜64上に設けられた第3のサーミスタR d 3及びサーミスタ電極65と、第1のサーミスタR d 1～R d 3及びサ

ーミスタ電極35, 45, 65を覆うサーミスタ保護膜66とを備える。図10に示すように、第3のセンサ部S3を構成するサーミスタ電極65の両端は、サーミスタ保護膜66の表面に設けられた電極パッド67a, 67bにそれぞれ接続される。これらの電極パッド67a, 67bは、ボンディングワイヤ55を介して、セラミックパッケージ51に設けられたパッケージ電極54に接続される。その他の基本的な構成は、図2及び図3に示した構成と同じであることから、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

[0074] 以上が本実施形態によるガスセンサ10Dの構成である。このように、本実施形態によるガスセンサ10Dは、3つのセンサ部S1~S3が1つの基板61に集積されていることから、部品点数を増やすことなく、温度センサである第3のセンサ部S3を追加することができる。しかも、第3のセンサ部S3を中央に配置することにより、第1のセンサ部S1と第2のセンサ部S2の距離を離すことができるため、相互の熱干渉を低減することができる。つまり、第1のセンサ部S1と第2のセンサ部S2は、加熱温度が互いに異なり、且つ、同時に加熱されるため、両者の距離が近いと熱干渉が生じるおそれがある。しかしながら、本実施形態においては、第1のセンサ部S1と第2のセンサ部S2の間に第3のセンサ部S3を配置していることから、第1のセンサ部S1と第2のセンサ部S2の間の熱干渉が低減され、より正確な測定が可能となる。

[0075] 図12は、温度信号Vout2をサンプリングするタイミングを説明するためのタイミング図である。図12に示すように、本実施形態においても、制御電圧Vmh1と制御電圧Vmh2を同時に活性レベルとすることによって、第1のヒータ抵抗MH1と第2のヒータ抵抗MH2を同時に加熱する。そして、制御電圧Vmh1, Vmh2を活性化させたタイミングで検出信号Vout1をサンプリングするとともに、制御電圧Vmh1, Vmh2を活性化させる前のタイミングで温度信号Vout2をサンプリングする。これにより、第1及び第2のヒータ抵抗MH1, MH2による加熱の影響を受け

ることなく、第3のセンサ部S3によって環境温度を正確に測定することが可能となる。

[0076] 温度信号Vout2は、図9に示すADコンバータ24に供給される。ADコンバータ24に供給された温度信号Vout2はデジタル変換されて、制御部26に供給される。制御部26の内部には、環境温度と制御電圧Vmh1, Vmh2の関係を示す数式あるいはテーブルが格納されており、これによって制御電圧Vmh1, Vmh2が補正される。図13は、環境温度と制御電圧Vmh1, Vmh2の関係を示すグラフである。図13に示すように、制御部26は、環境温度が高くなるほど制御電圧Vmh1, Vmh2のレベルが下がるよう、制御電圧Vmh1, Vmh2を補正する。このように、温度信号Vout2によって得られた現在の環境温度に応じて、制御電圧Vmh1, Vmh2のレベルを変化させることにより、現在の環境温度にかかわらず第1及び第2のヒータ抵抗MH1, MH2による加熱温度を設計通りの温度とすることができる。

[0077] 以上説明したように、本実施形態によるガスセンサ10Dは、温度信号Vout2に基づいて制御電圧Vmh1, Vmh2が補正されるだけでなく、第1のセンサ部S1と第2のセンサ部S2の間に第3のセンサ部S3が配置されていることから、第1のセンサ部S1と第2のセンサ部S2の間の熱干渉が低減される。これにより、CO₂ガスの濃度をより正確に測定することが可能となる。

[0078] しかも、第3のセンサ部S3は、第1のセンサ部S1と第2のセンサ部S2と同じチップ上に配置されているため、第1のセンサ部S1と第2のセンサ部S2が受けている環境温度とほぼ等しい環境温度を、第3のセンサ部S3で測定することが可能となる。これにより非常に正確な温度測定が可能となることから、第1及び第2のヒータ抵抗MH1, MH2による加熱温度をほぼ設計通りとすることができる。

[0079] 以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、上記の実施形態に限定されることなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲で種々の変

更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることはいうまでもない。

[0080] 例えば、上記実施形態では、第1のガスがCO₂ガスであり、第2のガスが水蒸気である場合を例に説明したが、本発明がこれに限定されるものではない。また、本発明において使用するセンサ部が熱伝導式のセンサであることは必須でなく、接触燃焼式など他の方式のセンサであっても構わない。

符号の説明

- [0081] 10A～10D ガスセンサ
- 20 信号処理回路
- 21～23 差動アンプ
- 24 ADコンバータ
- 25 DAコンバータ
- 26 制御部
- 31, 41, 61 基板
- 31a, 41a, 61a～61c キャビティ
- 32, 33, 42, 43, 62, 63 絶縁膜
- 34, 44, 64 ヒータ保護膜
- 35, 45, 65 サーミスタ電極
- 36, 36, 66 サーミスタ保護膜
- 37a～37d, 47a～47d, 67a, 67b 電極パッド
- 51 セラミックパッケージ
- 52 リッド
- 53 通気口
- 54 パッケージ電極
- 55 ボンディングワイヤ
- 56 外部端子
- MH1, MH2 ヒータ抵抗
- R1 補正抵抗

R 2 ~ R 8 抵抗

R d 1, R d 3 サーミスタ

S センサ部

S 1 第 1 のセンサ部

S 2 第 2 のセンサ部

S 3 第 3 のセンサ部

請求の範囲

- [請求項1] 第1のガスの濃度に応じて第1の感度で抵抗値が変化し、第2のガスの濃度に応じて第2の感度で抵抗値が変化する第1のサーミスタと、
、
前記第1のサーミスタに対して直列に接続され、前記第1のガスの濃度に応じて前記第1の感度よりも低い第3の感度で抵抗値が変化し、前記第2のガスの濃度に応じて前記第2の感度とは異なる第4の感度で抵抗値が変化する第2のサーミスタと、
前記第1又は第2のサーミスタに対して並列に接続され、前記第2のガスの濃度に応じた前記第1のサーミスタと前記第2のサーミスタの接続点の電位変化をキャンセルする補正抵抗と、を備えることを特徴とするガスセンサ。
- [請求項2] 前記第1のサーミスタは第1のヒータによって第1の温度に加熱され、前記第2のサーミスタは第2のヒータによって前記第1の温度とは異なる第2の温度に加熱されることを特徴とする請求項1に記載のガスセンサ。
- [請求項3] 前記第4の感度は前記第2の感度よりも高く、前記補正抵抗は前記第2のサーミスタに対して並列に接続されていることを特徴とする請求項2に記載のガスセンサ。
- [請求項4] 前記第2の感度をa、前記第4の感度をb、前記第2の温度に加熱された前記第2のサーミスタの抵抗値を R_{d2} とした場合、前記補正抵抗の抵抗値 R_1 は、
$$R_1 = (b/a) \times R_{d2}$$
で定義されることを特徴とする請求項3に記載のガスセンサ。
- [請求項5] 前記第1のサーミスタと前記第2のサーミスタの間に配置された第3のサーミスタをさらに備えることを特徴とする請求項2乃至4のいずれか一項に記載のガスセンサ。
- [請求項6] 前記第3のサーミスタから供給される温度信号に応じて、前記第1

のヒータに供給する第1の制御電圧及び前記第2のヒータに供給する第2の制御電圧を変化させる制御部をさらに備えることを特徴とする請求項5に記載のガスセンサ。

[請求項7] 共通制御電圧を受けて前記第1のヒータに第1の制御電圧を印加する第1のアンプと、

前記共通制御電圧を受けて前記第2のヒータに第2の制御電圧を印加する第2のアンプと、をさらに備えることを特徴とする請求項2乃至6のいずれか一項に記載のガスセンサ。

[請求項8] 前記第3の感度は、前記第1の感度の $1/10$ 以下であることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか一項に記載のガスセンサ。

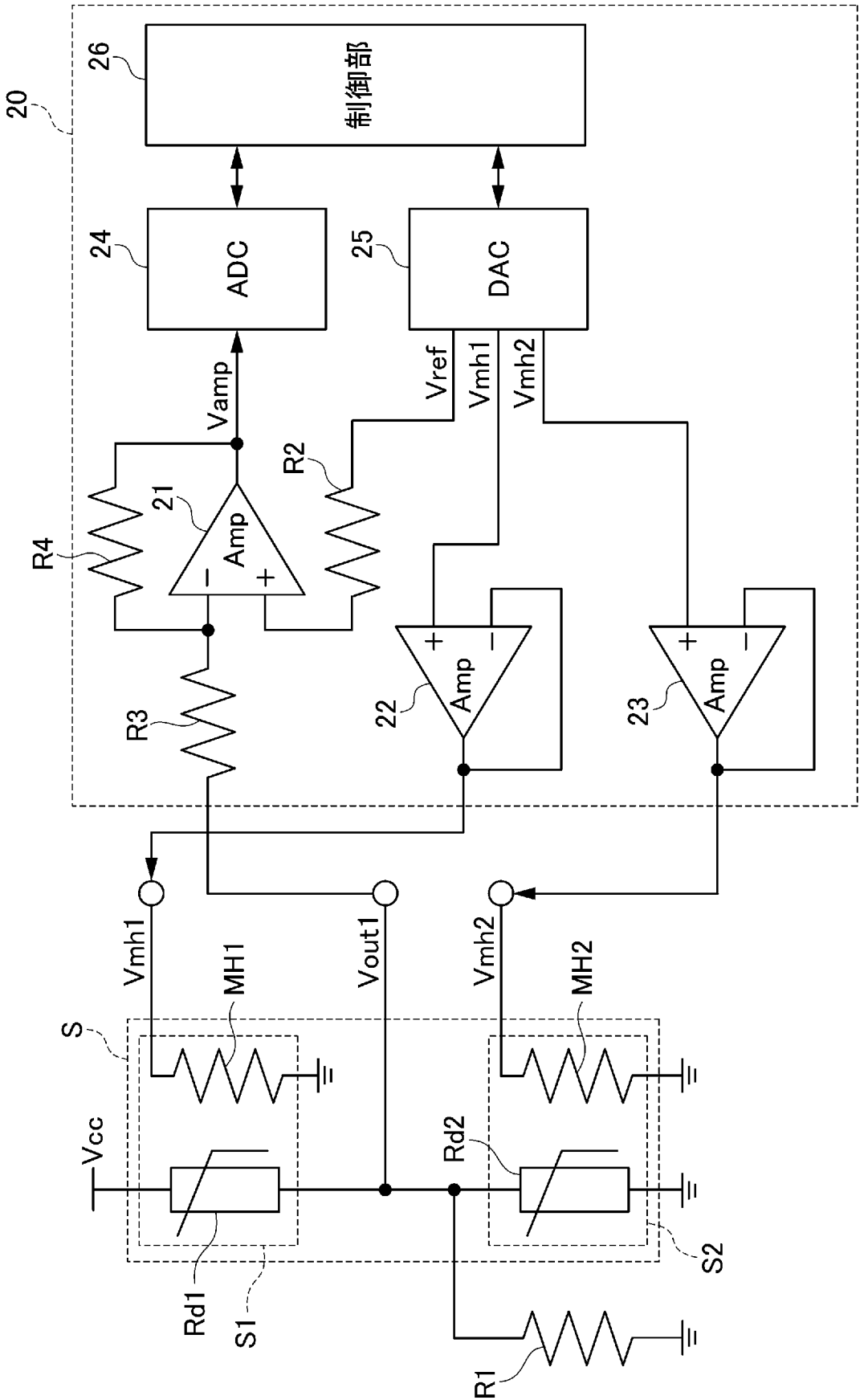
[請求項9] 前記第1のサーミスタと前記第2のサーミスタが同じパッケージ内に収容されていることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか一項に記載のガスセンサ。

[請求項10] 前記第1及び第2のサーミスタは、熱伝導式のセンサを構成することを特徴とする請求項1乃至9のいずれか一項に記載のガスセンサ。

[請求項11] 前記第1のガスは CO_2 ガスであり、前記第2のガスは水蒸気であることを特徴とする請求項10に記載のガスセンサ。

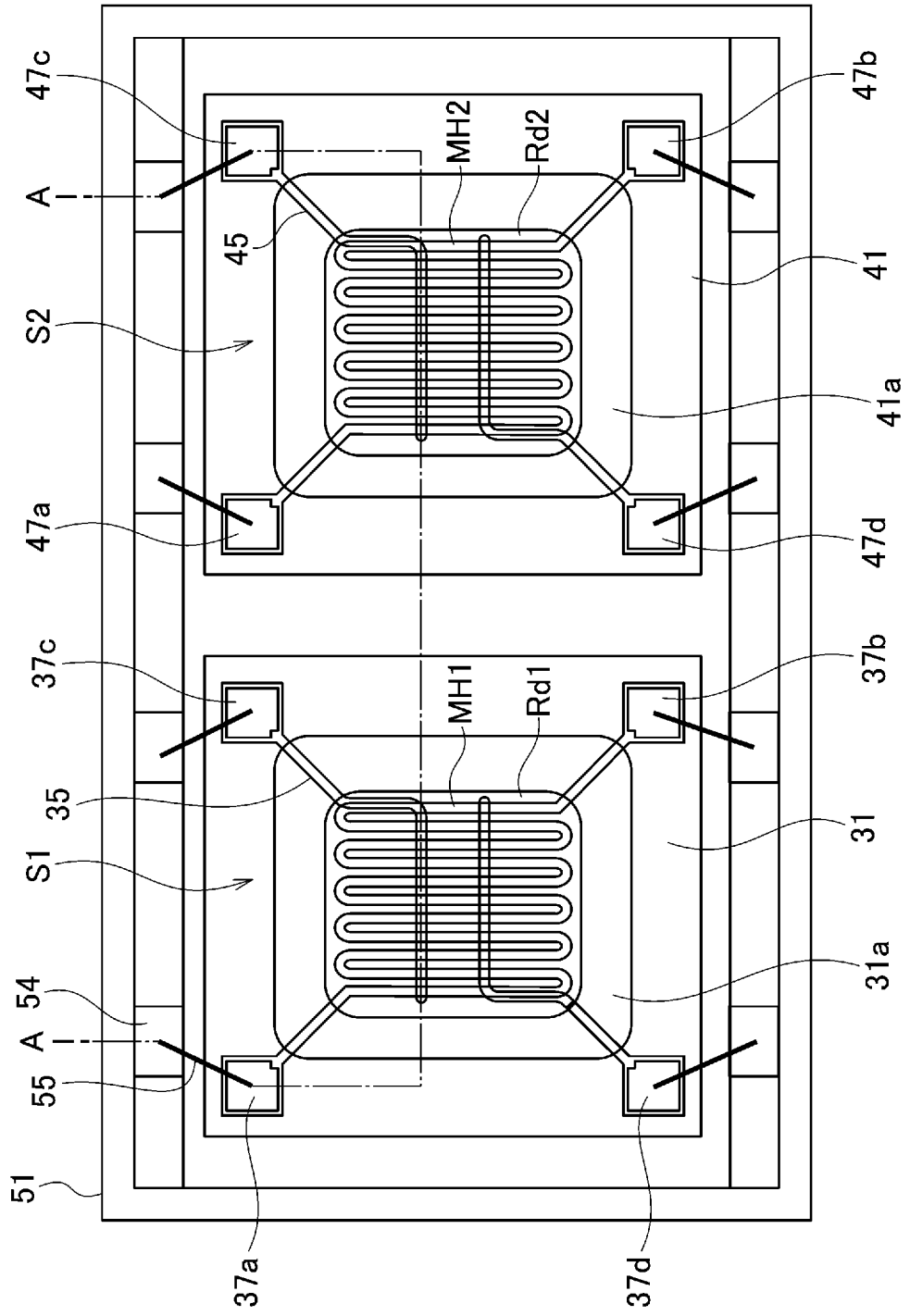
[図1]

10A



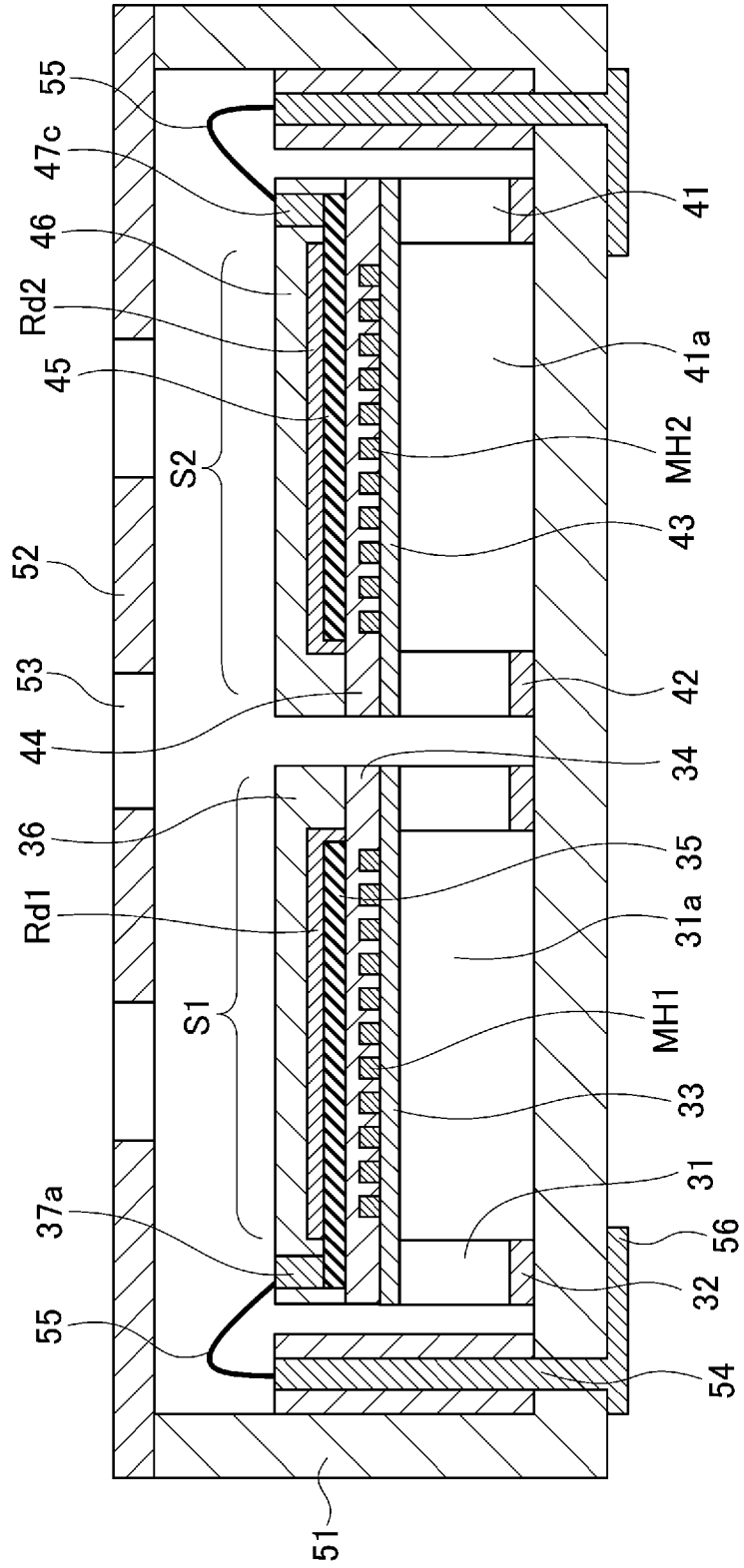
[図2]

S

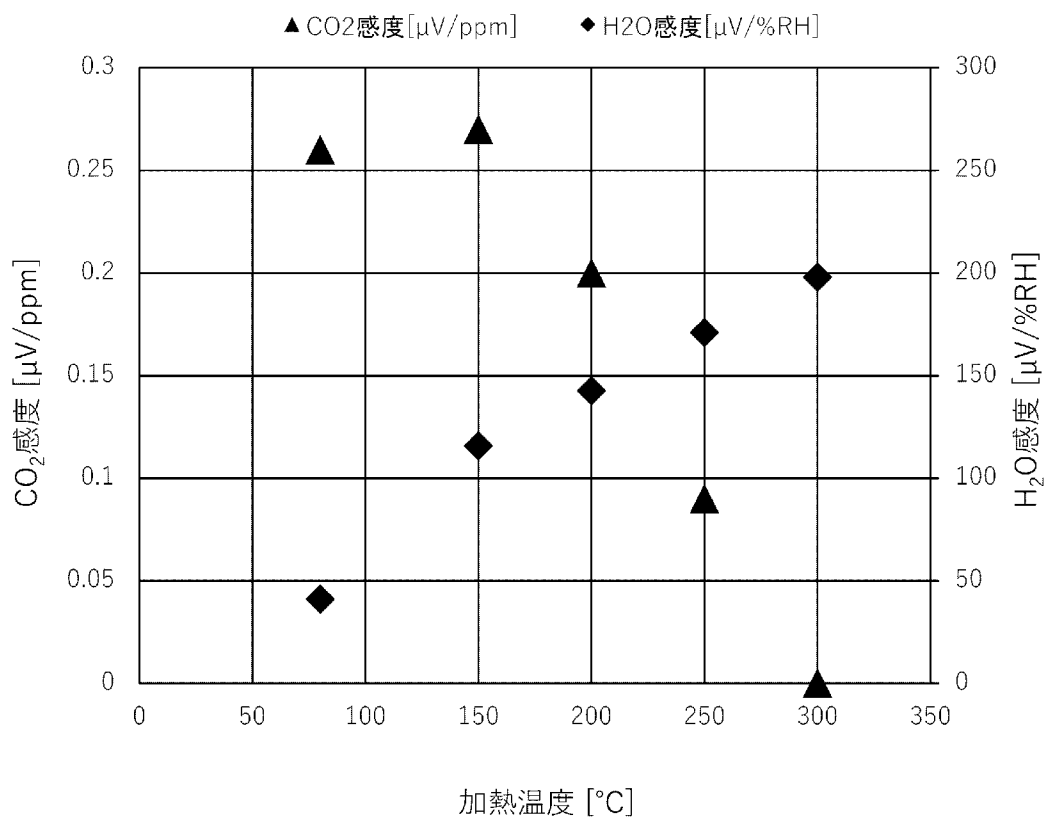


[3]

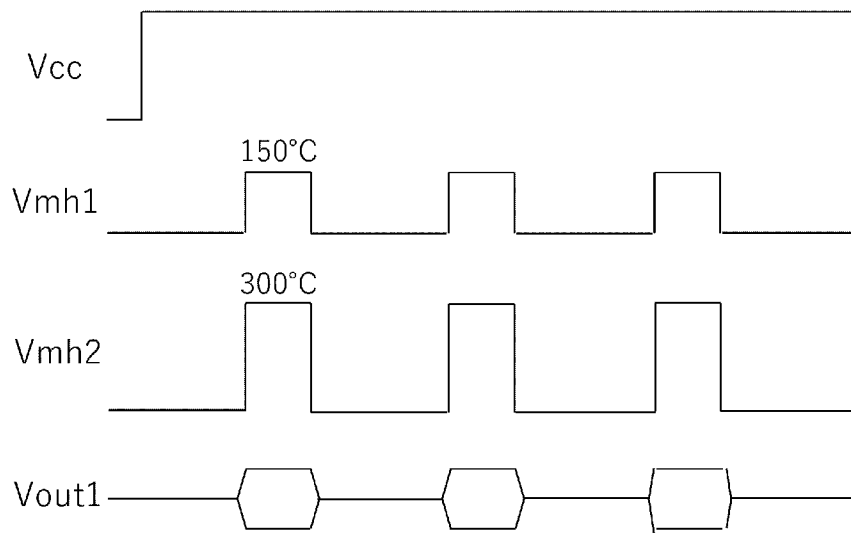
S|



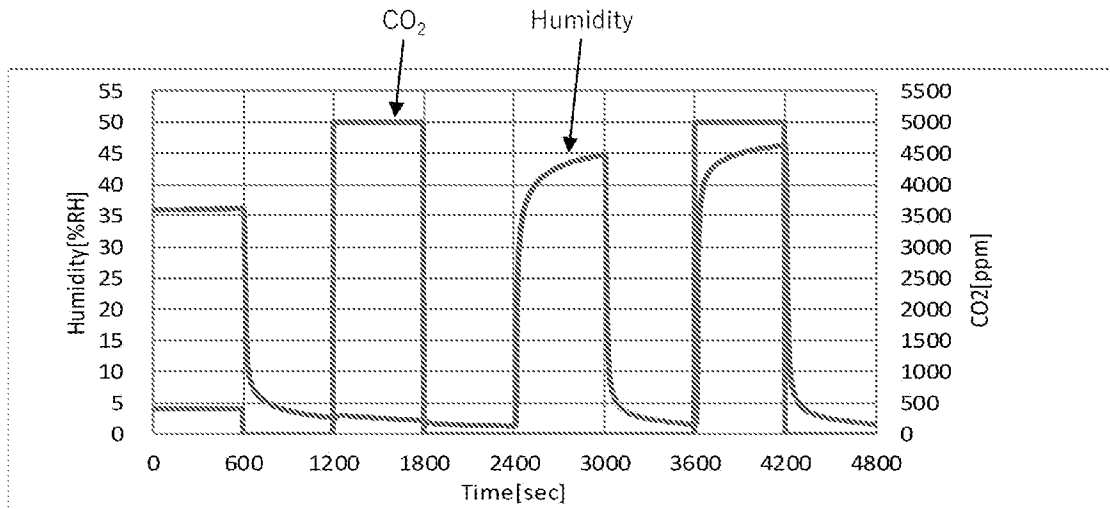
[図4]



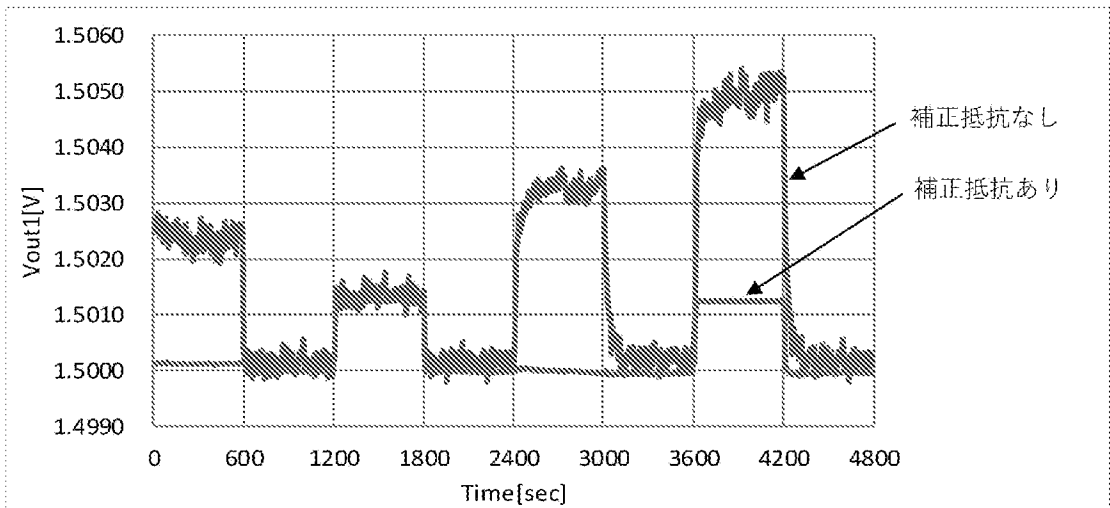
[図5]



[図6]

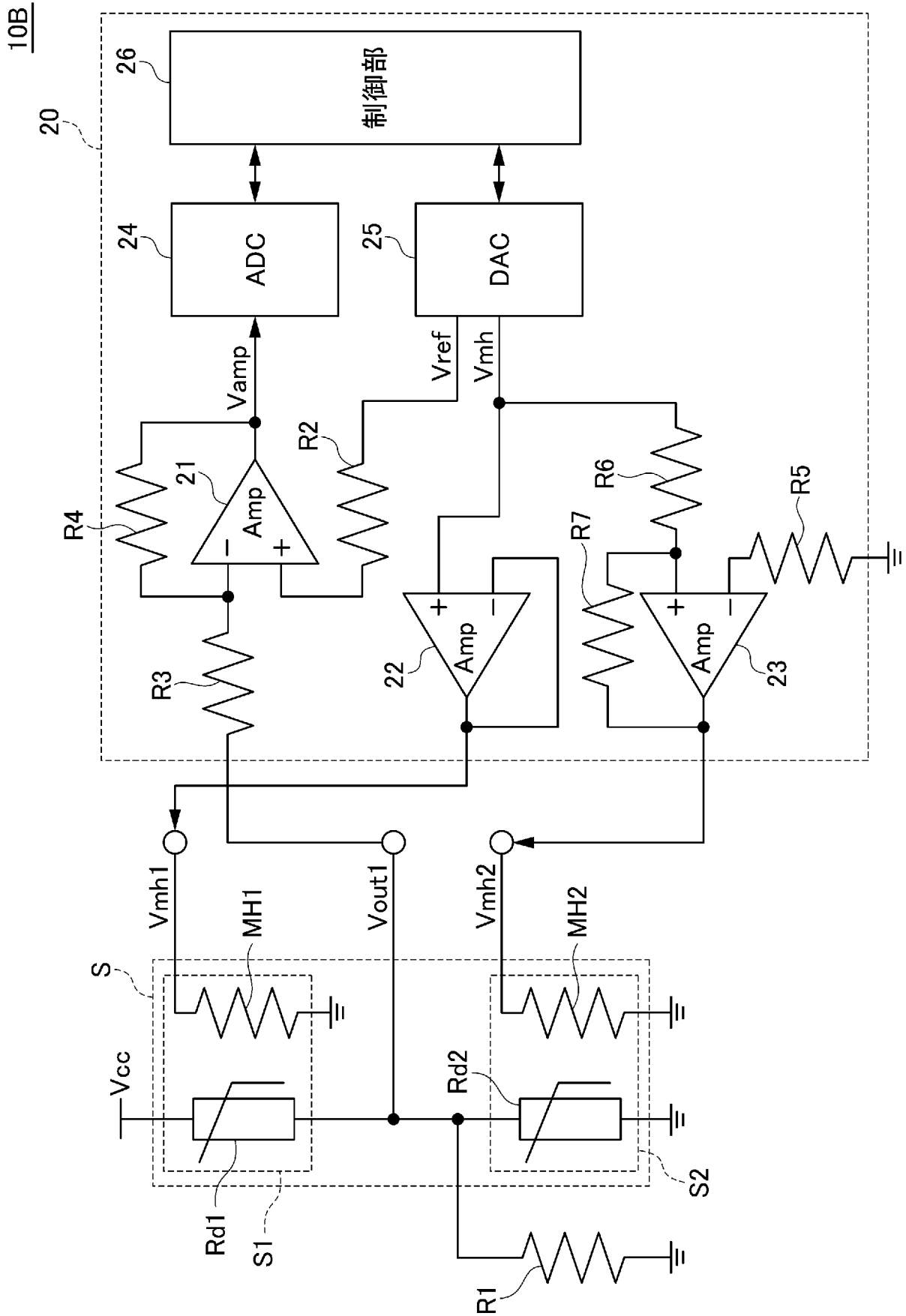


(a)

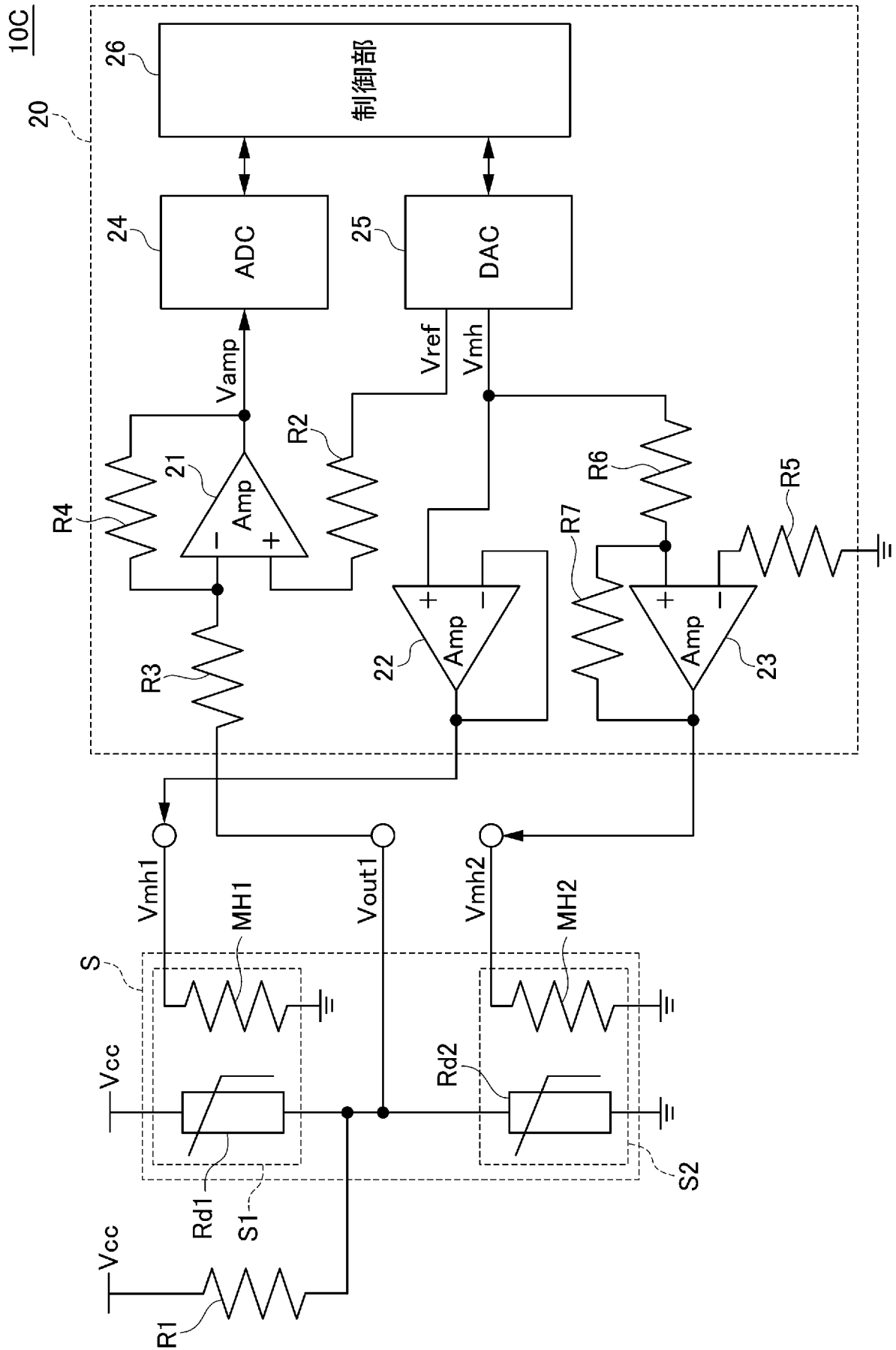


(b)

[図7]

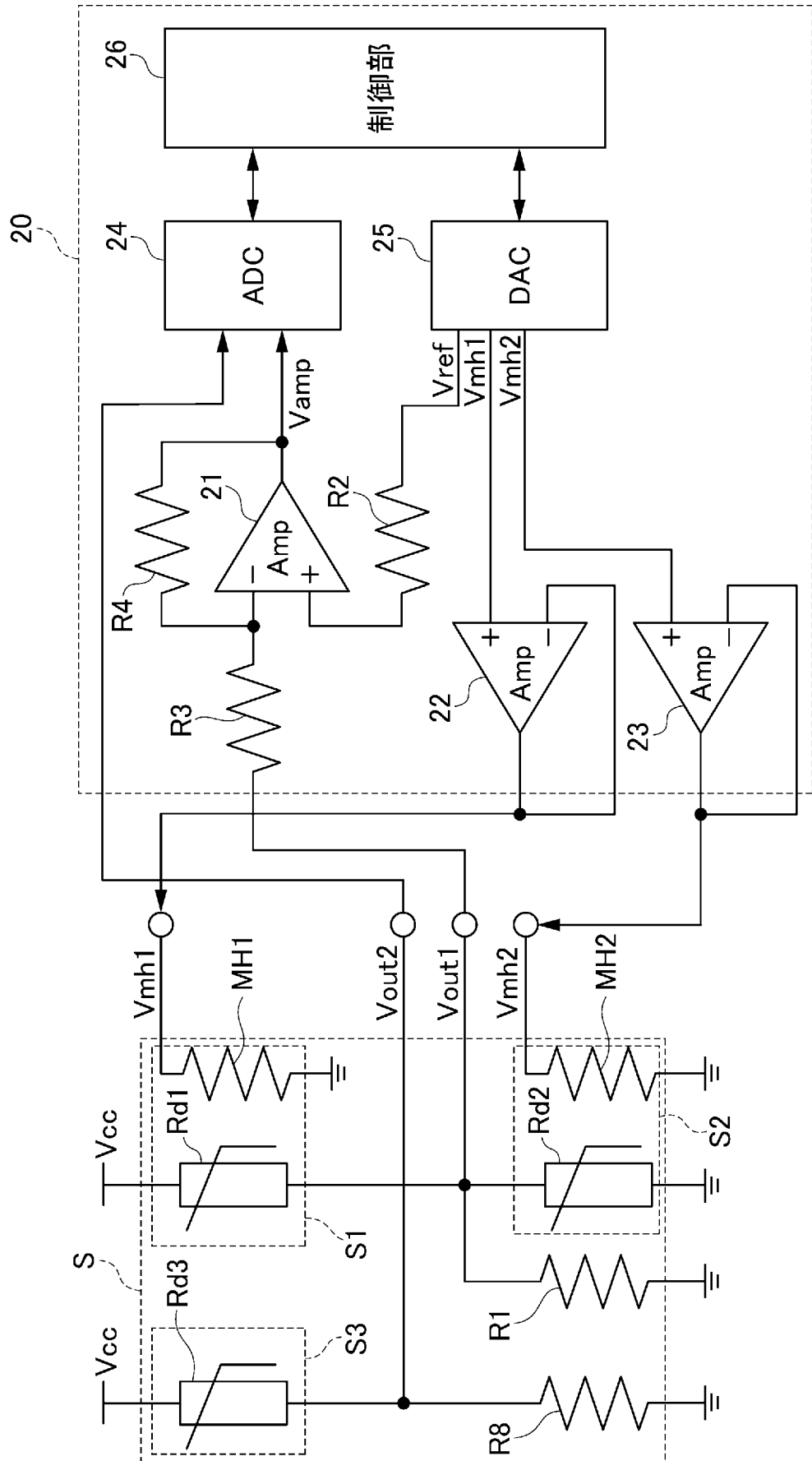


[図8]



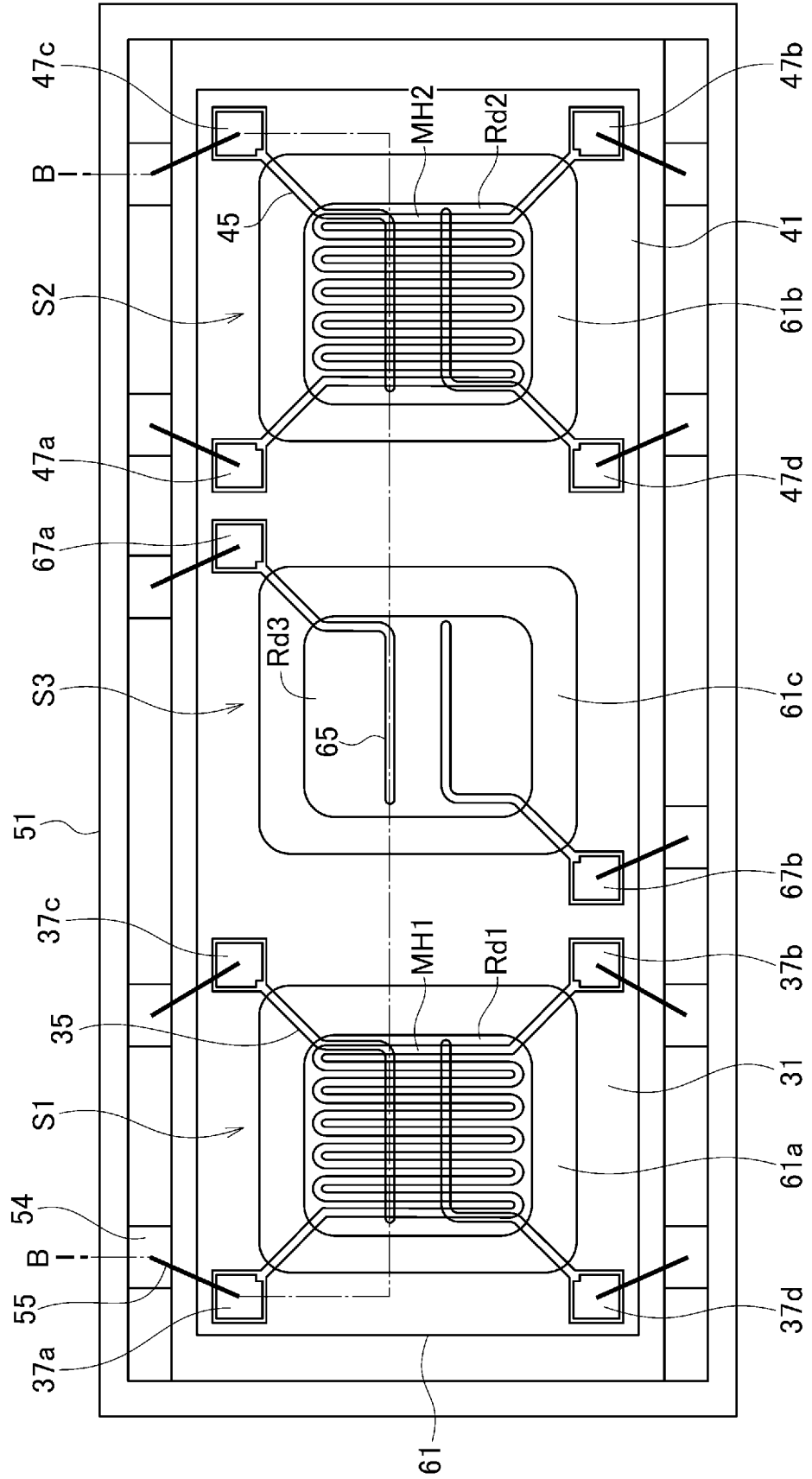
[図9]

10D

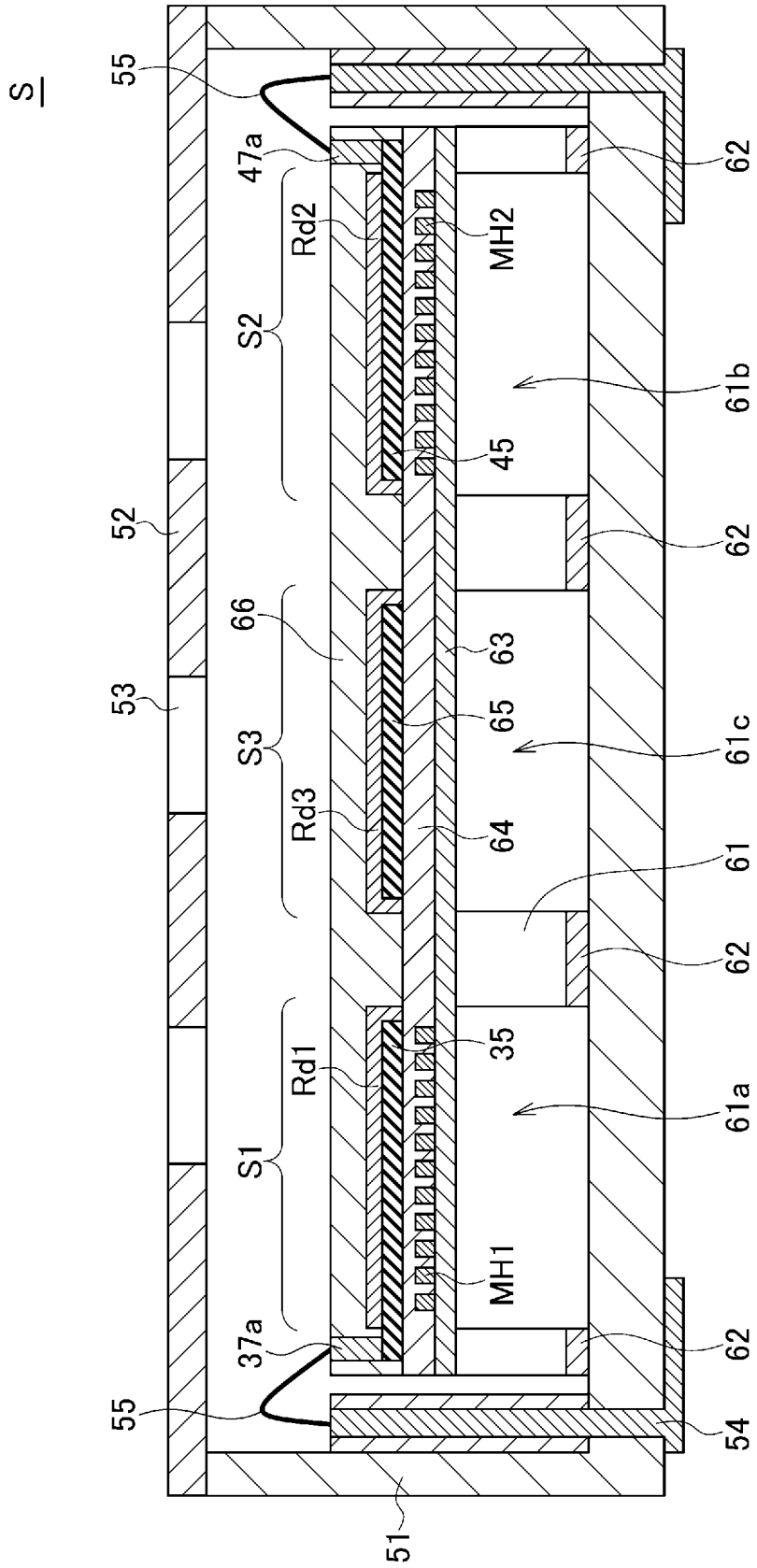


[10]

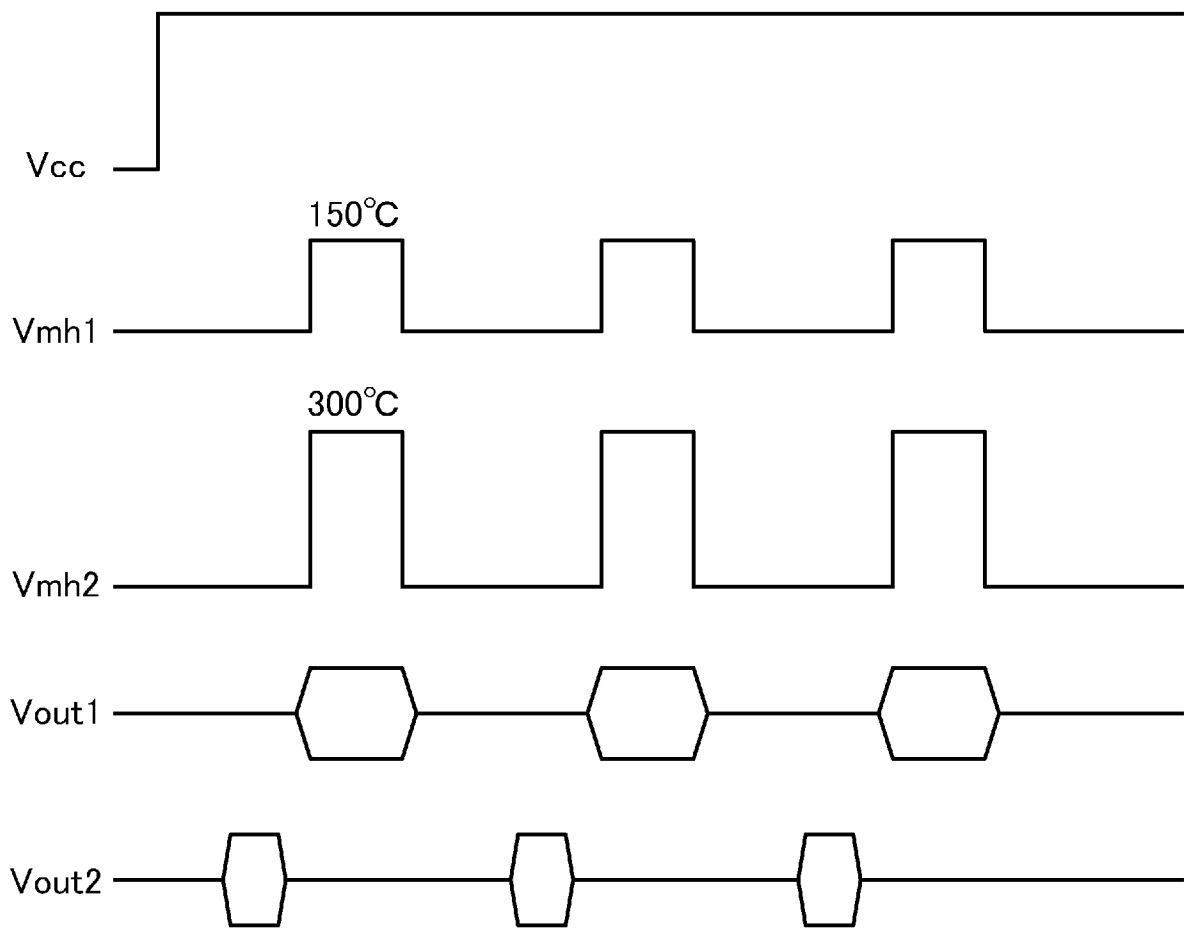
S



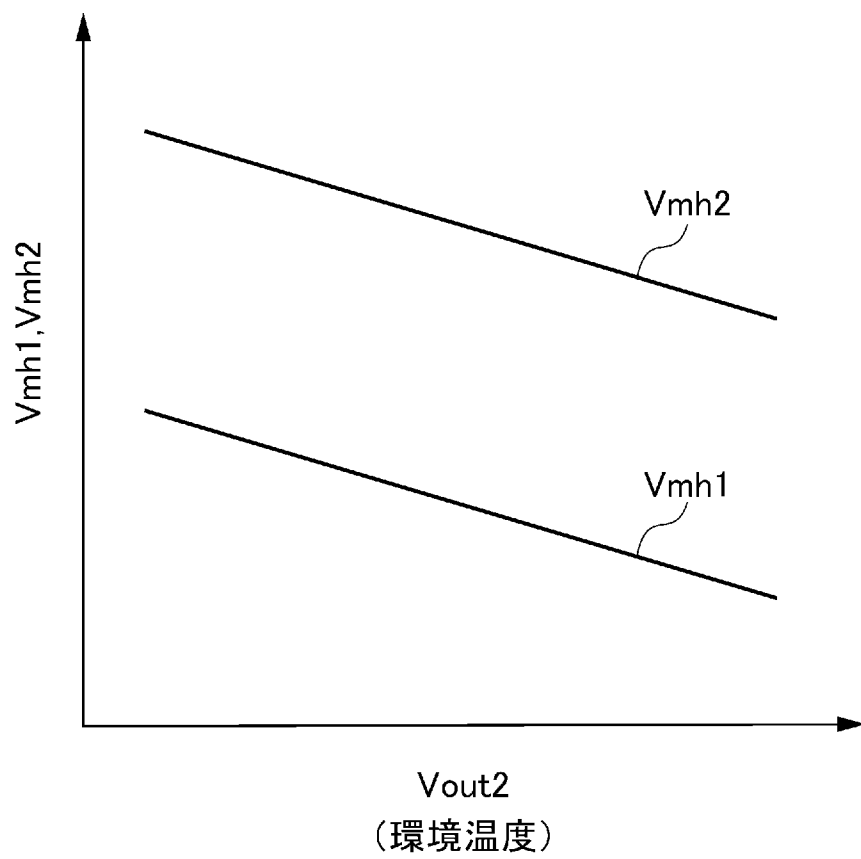
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/032832

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01N27/18 (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)

Int.Cl. G01N27/18

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-------------|---|------------------------------|
| X Y A | JP 58-11847 A (RIKEN KEIKI CO., LTD.) 22 January 1983, page 3, upper right column, line 5 to lower left column, line 8, page 4, lower left column, line 7 to lower right column, line 14, fig. 2-4 (Family: none) | 1-3, 8 4, 5, 7, 9-11 6 |
| Y | JP 58-158550 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 20 September 1983, page 2, upper right column, line 1 to page 3, upper left column, line 12 (Family: none) | 4 |
| Y | JP 51-140793 A (NICHICON CAPACITOR LTD.) 03 December 1976, claim (1), fig. 5 (Family: none) | 5 |

 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
18.10.2018Date of mailing of the international search report
30.10.2018Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, JapanAuthorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/032832

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y | JP 63-500541 A (HOLTER, H.) 25 February 1988, claim 1 & US 4882287 A1, claim 1 & WO 87/00634 A1 | 7 |
| Y | JP 2016-170161 A (TDK CORPORATION) 23 September 2016, paragraph [0074], fig. 1 (Family: none) | 9, 10 |
| Y | US 2003/0131653 A1 (KENDRO LABORATORY PRODUCTS) 17 July 2003, claim 1 (Family: none) | 11 |

| | | | |
|--|---|------------------------------|---------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G01N27/18(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. G01N27/18 | | | |
| 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 1971-2018年 日本国実用新案登録公報 1996-2018年 日本国登録実用新案公報 1994-2018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） JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII) | | | |
| 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 | |
| X Y A | JP 58-11847 A（理研計器株式会社）1983.01.22, 第3頁右上欄第5行-左下欄第8行、第4頁左下欄第7行-右下欄14行、第2-4図（ファミリーなし） | 1-3, 8 4, 5, 7, 9-11 6 | |
| Y | JP 58-158550 A（松下電器産業株式会社）1983.09.20, 第2頁右上欄第1行-第3頁左上欄第12行（ファミリーなし） | 4 | |
| Y | JP 51-140793 A（日本コンデンサ工業株式会社）1976.12.03, 特許請求の範囲（1）、第5図（ファミリーなし） | 5 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 18.10.2018 | | 国際調査報告の発送日 30.10.2018 | |
| 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） 吉田 将志 | 2W 4636 |
| | | 電話番号 03-3581-1101 内線 3258 | |

| 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 |
| Y | JP 63-500541 A (ヘルター, ハイイツ) 1988. 02. 25, 請求の範囲 1 & US 4882287 A1, claim 1 & WO 87/00634 A1 | 7 |
| Y | JP 2016-170161 A (TDK株式会社) 2016. 09. 23, [0074] [図 1] (ファミリーなし) | 9, 10 |
| Y | US 2003/0131653 A1 (KENDRO LABORATORY PRODUCTS) 2003. 07. 17, claim 1 (ファミリーなし) | 11 |