(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
2022年10月6日(06.10.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/209797 A1

(51) 国際特許分類:
G01R 15/20 (2006.01) *G01R 33/09* (2006.01)
G01R 33/02 (2006.01) *G01R 19/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/011139

(22) 国際出願日： 2022年3月11日(11.03.2022)

(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 2021-061404 2021年3月31日(31.03.2021) JP
特願 2021-065128 2021年4月7日(07.04.2021) JP

(71) 出願人: 株式会社村田製作所 (**MURATA MANUFACTURING CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 矢島 有継 (**YAJIMA Aritsugu**); 〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

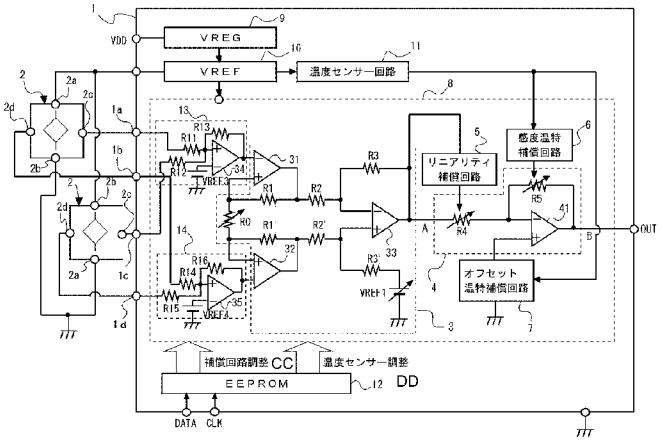
(74) 代理人: 峯岸 武司 (**MINEGISHI Takeshi**); 〒1110053 東京都台東区浅草橋３丁目３４番１０号 パールクレストビル４０１ Tokyo (JP).

(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, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH,

(54) **Title:** SENSOR OUTPUT COMPENSATION CIRCUIT

(54) 発明の名称： センサー出力補償回路

区 1



5 Linearity compensation circuit
6 Sensitivity temperature characteristic compensation circuit
7 Offset temperature characteristic compensation circuit
11 Temperature sensor circuit
CC Compensation circuit adjustment
DD Temperature sensor adjustment

(57) **Abstract:** Provided is a sensor output compensation circuit that enables accurate detection of a physical quantity by removing, from a sensor output, influence of a residual magnetic field remaining in a sensor. A differential amplification circuit 3 amplifies a sensor output extracted as a differential voltage between an output of a first composite calculation circuit 13 and an output of a second composite calculation circuit 14, on the basis of predetermined detection voltages appearing at detection signal output terminals 2c and 2d in each of TMR sensors 2 which form a pair. The TMR sensors 2 are used in a pair and disposed side by side at relative positions where influences of residual magnetic fields remaining in the respective TMR sensors 2 cancel each other out, and voltages are applied, to the TMR sensors 2, in directions

WO 2022/209797 A1

[続葉有]

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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)）

opposite to each other. The first composite calculation circuit 13 adds a detection voltage appearing in one phase at the detection signal output terminal 2c that is one of said terminals in each of the TMR sensors 2 forming a pair. In addition, the second composite calculation circuit 14 adds a detection voltage appearing in the other phase at the detection signal output terminal 2d that is the other of said terminals in each of the TMR sensors 2 forming a pair.

(57) 要約：センサーに残る残留磁界の影響をセンサー出力から除去して、物理量を正確に検出することができるセンサー出力補償回路を提供する。差動増幅回路３は、一対のＴＭＲセンサー２の各検出信号出力端子２ｃ，２ｄに現れる所定の検出電圧を基に、第１合成演算回路１３の出力と第２合成演算回路１４の出力との差電圧として取り出されるセンサー出力を増幅する。ＴＭＲセンサー２は一対用いられ、各ＴＭＲセンサー２に残る残留磁界の影響が相互に相殺される相対位置に並べて配置されて、互いに逆の向きに電圧が印加される。第１合成演算回路１３は、一対の各ＴＭＲセンサー２の一方の各検出信号出力端子２ｃに一方の相で現れる各検出電圧を加算する。また、第２合成演算回路１４は、一対の各ＴＭＲセンサー２の他方の各検出信号出力端子２ｄに他方の相で現れる各検出電圧を加算する。

明　細　書

発明の名称 ： センサー出力補償回路

技術分野

[0001]　本発明は、センサー素子がブリッジ接続されたセンサーの出力を補償するセンサー出力補償回路に関するものである。

背景技術

[0002]　従来、この種のセンサー出力補償回路としては、例えば、特許文献１に開示された磁気抵抗素子用増幅回路におけるものがある。

[0003]　この磁気抵抗素子用増幅回路は、４つの強磁性磁気抵抗素子パターンがブリッジ接続された磁気抵抗素子をセンサーとして具備し、その磁気抵抗素子の一対の出力端子に差動増幅回路を接続することで、磁気抵抗素子の出力電圧を差動増幅する。差動増幅回路には、増幅後の出力電圧の中点電位を可変抵抗器によって可変して所定の電位に設定するオフセット調整回路が設けられ、その後段には、温度変化による出力電圧の振幅の変動を補償する温度補償回路が設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平１１－１９４１６０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005]　しかしながら、上記従来の特許文献１に開示されたセンサー出力補償回路では、センサーのオフセットや出力電圧の振幅の変動しか補償することができない。物理量を検出するセンサーの中には、印加される磁界の影響によってセンサーに残留磁界が蓄積することがある。このようなセンサーに対して、上記従来のセンサー出力補償回路では、センサーに残る残留磁界の影響をセンサー出力から除去することができず、物理量を正確に検出することができない。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明はこのような課題を解決するためになされたもので、
検出される物理量に応じて抵抗値が変化するセンサー素子がブリッジ接続されてそれぞれ構成され、残留磁界の影響を相互に相殺する相対位置に配置される一対のセンサーの各検出信号出力端子に現れる所定の検出電圧を基に取り出される、センサーに検出される物理量に応じたセンサー出力を増幅する差動増幅回路と、
一対のセンサーのうちの一方のセンサーの一対の電源端子に印加する電圧を、一対のセンサーのうちの他方のセンサーの一対の電源端子に印加する電圧と逆の向きに印加するバイアス回路と
を備えて、センサー出力補償回路を構成した。

[0007] 本構成によれば、センサーに残る残留磁界の影響は、残留磁界の影響を相互に相殺する相対位置に一対のセンサーが配置されて、各センサーの一対の電源端子に互いに逆の向きに電圧がバイアス回路によって印加されることで、センサー自体を改善することなく打ち消される。センサーに検出される物理量に応じたセンサー出力は、一対のセンサーの各検出信号出力端子に現れる所定の検出電圧を基に取り出されて、差動増幅回路によって増幅される。このため、センサーに残る残留磁界の影響をセンサー出力から除去して、センサー出力補償回路によって物理量を正確に検出することができるようになる。

発明の効果

[0008] このため、本発明によれば、センサーに残る残留磁界の影響をセンサー出力から除去して、物理量を正確に検出することができるセンサー出力補償回路を提供することが出来る。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の第１の実施形態によるセンサー出力補償回路の全体の概略構成を示す回路図である。
[図2]図１に示すセンサー出力補償回路におけるリニアリティ補償回路の機能

を説明するための回路図である。

[図3]（ａ）は、センサー出力の磁界に対する変化を表すグラフ、（ｂ）は、非直線性を持って現れるセンサー出力の歪みを表すグラフである。

[図4]（ａ）は、リニアリティ補償回路から可変抵抗Ｒ４の抵抗値を変えるために出力される制御信号を示すグラフ、（ｂ）は、リニアリティ補償回路によって補償された後におけるセンサー出力の歪みを示すグラフである。

[図5]図１に示すセンサー出力補償回路における感度温特補償回路の機能を説明するための回路図である。

[図6]（ａ）は、センサー出力の感度についての温度特性を測定した結果を示すグラフ、（ｂ）は、センサー出力補償回路から出力される出力電圧の変動率の周囲温度に対する変化を表すグラフである。

[図7]（ａ）は、感度温特補償回路によって補償された後の、センサー出力の感度についての温度特性を示すグラフ、（ｂ）は、感度温特補償に用いられた周囲温度の電圧特性を示すグラフである。

[図8]図１に示すセンサー出力補償回路におけるオフセット温特補償回路の機能を説明するための回路図である。

[図9]（ａ）は、オフセット電圧の変動率の温度特性を示すグラフ、（ｂ）は、オフセット温特補償回路によって補償された後の、オフセット電圧の変動率の温度特性を示すグラフである。

[図10]図１に示すセンサー出力補償回路における一対のＴＭＲセンサーのレイアウトを説明する図である。

[図11]本発明の第２の実施形態によるセンサー出力補償回路の全体の概略構成を示す回路図である。

[図12]本発明の第３の実施形態によるセンサー出力補償回路の全体の概略構成を示す回路図である。

発明を実施するための形態

[0010] 次に、本発明のセンサー出力補償回路を実施するための形態について、説明する。

[0011] 図１は、本発明の第１の実施形態によるセンサー出力補償回路の全体の概略構成を示す回路図である。

[0012] センサー出力補償回路は、一対のＴＭＲ（Tunnelinng Magneto-Resistive：トンネル型磁気抵抗）センサー２の出力を入力して、センサー出力の各種の補償を行う回路であり、ＩＣ化されてセンサー出力補償ＩＣ１になっている。各ＴＭＲセンサー２は、検出される物理量である磁界に応じて抵抗値が変化するＴＭＲ素子がブリッジ接続されて構成され、一対の電源端子２ａ，２ｂに所定の電圧が印加されることで、動作する。各ＴＭＲセンサー２で検出される磁界は、その一対の検出信号出力端子２ｃ，２ｄ間に電圧差として現れる。一方のＴＭＲセンサー２に現れる電圧差はセンサー出力補償ＩＣ１の信号入力端子１ａ，１ｂに、他方のＴＭＲセンサー２に現れる電圧差はセンサー出力補償ＩＣ１の信号入力端子１ｃ，１ｄに与えられる。このようなＴＭＲセンサー２は、例えば、ハイブリッド自動車のモーターに供給される電流をモニターするためなどに、使用される。

[0013] ＴＭＲセンサー２は、印加される磁界が強くなると、センサー内部に残留磁界が蓄積し、その残留磁界の影響によって検出する磁界にヒステリシスが現れる。このため、本実施形態では、ＴＭＲセンサー２を一対用いて、図１０に示すように、各ＴＭＲセンサー２に残る残留磁界の影響が相互に相殺される相対位置に、各ＴＭＲセンサー２を並べて配置する。つまり、一方のＴＭＲセンサー２の一方の電源端子２ａには、バイアス回路を構成する後述するリファレンス電圧回路１０によってバイアス電圧Ｖbiasを与え、他方の電源端子２ｂはＧＮＤに接地する。そして、ブリッジ接続された磁気抵抗素子パターンｒ１，ｒ２，ｒ３，ｒ４に検出磁界に応じて流れる電流の向きを、同図で上方から下方に向く向きＨ１にする。他方のＴＭＲセンサー２は、一方の電源端子２ａはＧＮＤに接地し、他方の電源端子２ｂにリファレンス電圧回路１０によってバイアス電圧Ｖbiasを与える。そして、ブリッジ接続された磁気抵抗素子パターンｒ１，ｒ２，ｒ３，ｒ４に検出磁界に応じて流れる電流の向きを、同図で下方から上方に向く、向きＨ１と１８０°反対の向

きＨ２にする。このように各ＴＭＲセンサー２に流れる電流の向きが逆になることにより、各ＴＭＲセンサー２が持つヒステリシス特性を打ち消すことが可能になる。

[0014] 差動増幅回路３は、一対のＴＭＲセンサー２の各検出信号出力端子２ｃ，２ｄに現れる所定の検出電圧を基に取り出される、ＴＭＲセンサー２に検出される磁界に応じたセンサー出力を増幅する。本実施形態では、差動増幅回路３は、第１合成演算回路１３の出力と第２合成演算回路１４の出力との差電圧をセンサー出力として増幅する。

[0015] 第１合成演算回路１３は、オペアンプ３４に抵抗Ｒ１１，Ｒ１２，Ｒ１３が接続された加算回路から構成され、オペアンプ３４の反転入力端子にはレギュレータ回路１０から参照電圧VREF3が印加される。この第１合成演算回路１３は、一対の各ＴＭＲセンサー２の一方の各検出信号出力端子２ｃに一方の相で現れる各検出電圧を加算する。また、第２合成演算回路１４は、オペアンプ３５に抵抗Ｒ１４，Ｒ１５，Ｒ１６が接続された加算回路から構成され、オペアンプ３５の反転入力端子にはレギュレータ回路１０から参照電圧VREF4が印加される。この第２合成演算回路１４は、一対の各ＴＭＲセンサー２の他方の各検出信号出力端子２ｄに他方の相で現れる各検出電圧を加算する。

[0016] なお、本実施形態では、第１合成演算回路１３および第２合成演算回路１４は、それぞれ加算回路から構成される場合について説明しているが、各検出信号出力端子２ｃに一方の相で現れる各検出電圧、および、各検出信号出力端子２ｄに他方の相で現れる各検出電圧をそれぞれ平均化する平均化回路によって構成するようにしてもよい。また、第１合成演算回路１３および第２合成演算回路１４における各オペアンプ３４，３５の利得Ａvは、後段の差動増幅回路３が計装アンプによって構成され、ＣＭＲＲ（同相信号除去比）等が良好であるため、各ＴＭＲセンサー２のオフセット電圧を無用に増幅しないよう、１以下（Ａv≦１）とする方が良い。

[0017] センサー出力補償ＩＣ１が行う各種の補償には、センサー出力のリニアリ

ティ補償、感度補償、感度温度特性補償（ＴＣＳ（Temperature Coefficient Sensitivity）：以下、感度温特補償と記す）、オフセット補償、および、オフセット温度特性補償（ＴＣＯ（Temperature Characteristic of Offset）：以下、オフセット温特補償と記す）が含まれる。さらに、これら各補償に対する、ＴＭＲセンサー２の各個体によるバラツキについての補償も含まれる。

[0018] リニアリティ補償は、センサー出力のうちの非直線性成分を取り除いて、センサー出力の直線性を担保する補償である。オフセット補償は、各ＴＭＲセンサー２に磁界が検出されていないときに一対の検出信号出力端子２ｃ，２ｄに現れるオフセット電圧を相殺する補償である。オフセット温特補償は、オフセット電圧の温度変動を相殺する補償である。また、感度補償は、一対のＴＭＲセンサー２の感度について、ＴＭＲセンサー２の各個体によるバラツキを相殺する補償である。一対のＴＭＲセンサー２の感度は、センサー出力補償ＩＣ１の定格出力電圧からオフセット電圧を差し引いた出力スパン電圧を定格磁界で割った値であり、単位磁界当たりの出力電圧の変化を意味する。感度温特補償は、補償温度で最大どの程度出力スパン電圧が変化するのかを表す感度温度特性の温度変動を相殺する補償である。

[0019] センサー出力補償ＩＣ１は、計装アンプによって構成される差動増幅回路３と、差動増幅回路３の出力を補償する補償用増幅回路４とを備える。差動増幅回路３は、第１合成演算回路１３の出力と第２合成演算回路１４の出力とをそれぞれ増幅するオペアンプ３１，３２と、増幅された各出力を差動増幅するオペアンプ３３とを備える。第１合成演算回路１３の出力と第２合成演算回路１４の出力との差電圧は、実質的なセンサー出力として扱われる。各オペアンプ３１～３３に接続される抵抗およびその抵抗値を図示するようにＲ０，Ｒ１，Ｒ２，Ｒ３，Ｒ１’，Ｒ２’およびＲ３’とすると、差動増幅回路３は、次の（１）式に表される増幅率αでセンサー出力を増幅した出力Ａを出力する。

$$\alpha = (R3 / R2) \times \{1 + (2 \times R1) / R0\} \quad \cdots (1)$$

ただし、Ｒ１＝Ｒ１’，Ｒ２＝Ｒ２’，Ｒ３＝Ｒ３’であり、ＲＯは可変抵抗である。

[0020] センサー出力の感度は、可変抵抗ＲＯを可変させることで調整されて、各ＴＭＲセンサー２の個体によるバラツキが補償される。また、オペアンプ３３の非反転入力端子には抵抗Ｒ３’を介して可変電圧源VREF1が接続されている。センサー出力のオフセット電圧はこの可変電圧源VREF1の出力電圧を可変させることで調整されて、各ＴＭＲセンサー２で磁界が検出されないときにセンサー出力補償ＩＣ１の出力端子ＯＵＴに現れる出力電圧VOUTがゼロになるように調整される。

[0021] 補償用増幅回路４は、可変抵抗Ｒ４および可変抵抗Ｒ５が接続されたオペアンプ４１から構成され、差動増幅回路３の出力Ａを反転増幅して得られる出力Ｂを、センサー出力補償ＩＣ１の出力端子ＯＵＴに出力電圧VOUTとして出力する。この結果、センサー出力は次の（２）式に示される増幅率βで増幅される。

$\beta = \alpha \times （Ｒ５／Ｒ４）$

$= （Ｒ３／Ｒ２）\times \{1 + （２\times Ｒ１）／ＲＯ\} \times （Ｒ５／Ｒ４）$ …（２）

[0022] 補償用増幅回路４の増幅率（Ｒ５／Ｒ４）は、接続される可変抵抗Ｒ４またはＲ５の抵抗値が変えられることで、変化する。本実施形態では、可変抵抗Ｒ４およびＲ５の各抵抗値は、それぞれ、図示しない複数の抵抗間の接続が図示しない複数のスイッチによって切り替えられて、複数の抵抗の合成抵抗値が変えられることによって、可変される。

[0023] 本実施形態のセンサー出力補償ＩＣ１は、センサー出力のリニアリティを補償するリニアリティ補償回路５、センサー出力の感度温度特性を補償する感度温特補償回路６、および、センサー出力のオフセット電圧の温度特性を補償するオフセット温特補償回路７を備える。これら差動増幅回路３、補償用増幅回路４、リニアリティ補償回路５、感度温特補償回路６、オフセット温特補償回路７、第１合成演算回路１３および第２合成演算回路１４は、セ

ンサー出力補償ＩＣ１の補償ブロック８を構成する。

[0024] また、センサー出力補償ＩＣ１は、レギュレータ回路（VREG）９、リファレンス電圧回路（VREF）１０、および温度センサー回路１１を備える。レギュレータ回路９は、電源端子VDDに入力される電圧から基準電圧を生成する。リファレンス電圧回路１０は、レギュレータ回路９で生成される基準電圧から、感度温特補償回路６やオフセット温特補償回路７などで使用される各値の参照電圧、および、各ＴＭＲセンサー２にバイアス回路として印加するバイアス電圧Vbiasを生成する。温度センサー回路１１は、ダイオードによって周囲温度を検出して、検出した周囲温度を電圧として感度温特補償回路６およびオフセット温特補償回路７へ出力する。なお、各ＴＭＲセンサー２とセンサー出力補償ＩＣ１とは近接して配置されるため、温度センサー回路１１によって検出される周囲温度は、各ＴＭＲセンサー２の周囲温度として検出される。

[0025] また、センサー出力補償ＩＣ１は、ユーザーによって記憶内容の書き換えができるＥＥＰＲＯＭ１２を備える。このＥＥＰＲＯＭ１２には、ユーザーによってデータ端子ＤＡＴＡから設定データが書き込まれる。この設定データに応じて、補償ブロック８における各種補償回路による補償動作の設定調整が行われ、また、温度センサー回路１１における温度検出の設定調整が行われる。

[0026] 本実施形態では、リニアリティ補償回路５および感度温特補償回路６によって行われる各補償は、補償用増幅回路４の増幅率（Ｒ５／Ｒ４）が後述するように可変されることで行われるが、その増幅率（Ｒ５／Ｒ４）は、ＥＥＰＲＯＭ１２に書き込まれる設定データに応じて、各可変抵抗Ｒ４，Ｒ５をそれぞれ構成する複数の抵抗間の接続状態が複数のスイッチによって切り替えられることで、可変される。オフセット温特補償回路７によって行われる補償も、後述する各スイッチ７５，７６（図８参照）の接続状態がＥＥＰＲＯＭ１２に書き込まれる設定データに応じて切り替えられることで、行われる。また、温度センサー回路１１は、ＥＥＰＲＯＭ１２に書き込まれる設定

データに応じて、周囲温度が２５℃のときに１[Ｖ]の電圧を出力するように調整される。

[0027] 図２は、図１に示すセンサー出力補償ＩＣ１におけるリニアリティ補償回路５の機能を説明するための回路図である。同図において図１と同一または相当する部分には同一符号を付してその説明は省略する。

[0028] リニアリティ補償回路５は、複数のコンパレータ５１，５２，５３，…，５ｎから構成される。各コンパレータ５１，５２，５３，…５ｎの一方の入力端子には、差動増幅回路３の出力電圧が共通して入力され、他方の入力端子には、リファレンス電圧回路１０から出力される所定の参照電圧ＶREF_L1，ＶREF_L2，ＶREF_L3，…，ＶREF_Lnが入力される。これら各参照電圧ＶREF_L1，ＶREF_L2，ＶREF_L3，…，ＶREF_Lnは、センサー出力に非直線性を持って現れる所定の各歪みを起こす磁界に応じた各センサー出力に相当し、ＥＥＰＲＯＭ１２に書き込まれた設定データによって予め設定されたものである。

[0029] リニアリティ補償回路５は、これら複数の参照電圧と、差動増幅回路３の出力電圧との比較結果に応じて、可変抵抗Ｒ４を構成する複数のスイッチを切り替えて可変抵抗Ｒ４の抵抗値を可変させることで、補償用増幅回路４の増幅率（Ｒ５／Ｒ４）を歪みを打ち消す増幅率に可変させる。

[0030] なお、ここでは、可変抵抗Ｒ４を構成する複数のスイッチを切り替えて可変抵抗Ｒ４の抵抗値を可変させることで、補償用増幅回路４の増幅率（Ｒ５／Ｒ４）を可変させる場合について説明しているが、可変抵抗Ｒ５を構成する複数のスイッチを切り替えて可変抵抗Ｒ５の抵抗値を可変させることで、補償用増幅回路４の増幅率（Ｒ５／Ｒ４）を可変させる構成にしてもよい。

[0031] 図３（ａ）は、一対のＴＭＲセンサー２に与えられる磁界と、一対のＴＭＲセンサー２に各磁界が与えられるときに、第１合成演算回路１３の出力と第２合成演算回路１４の出力との間に差電圧として現れるセンサー出力との関係の一例を示すグラフである。同グラフの横軸は、一対のＴＭＲセンサー２に与えられる磁界[ｍＴ]、縦軸はセンサー出力[ｍＶ]である。また、特性

線ｙは、センサー出力補償ＩＣ１の周囲温度が２５℃のときにおけるセンサー出力の各磁界に対する変化を表し、センサー出力のリニアリティ特性を示す。この特性線ｙは、磁界ｘを変数として次の（３）式の多項式に表される。

$$y=-6.469e^{-0.7}x^{3}-1.512e^{-0.6}x^{2}+2.175e^{-0.2}x+4.306e^{-0.3} \quad \cdots(3)$$

[0032] 同グラフの図示では特性線ｙは一見して直線に見えるが、（３）式の右辺第１項および第２項に示す非直線成分を含んでおり、右辺第３項の直線成分を除いて磁界とセンサー出力との関係を示すと、図３（ｂ）に示すグラフとなる。同グラフの横軸は一対のＴＭＲセンサー２に与えられる磁界[ｍＴ]を表すが、縦軸は直線成分を除いたセンサー出力[ｍＶ]を表す。また、特性線ｙ’は、非直線性を持って現れるセンサー出力の歪みを表す。この歪みはＴＭＲセンサー２の磁界検出精度に影響を与えるため、リニアリティ補償回路５によってこの歪みを補償する。

[0033] 同グラフから、歪みは約＋８[ｍＴ]以上および約－８[ｍＴ]以下の磁界領域に存在するため、これらの磁界領域において予め定めた磁界に対するセンサー出力が得られるときに、リニアリティ補償回路５によって補償用増幅回路４の増幅率を可変させることで、歪みを打ち消す。

[0034] 図４（ａ）は、リニアリティ補償回路５から可変抵抗Ｒ４の各スイッチに与えられる制御信号ｖの一例を示すグラフである。同グラフの横軸は一対のＴＭＲセンサー２に与えられる磁界[ｍＴ]、縦軸は制御信号ｖの電圧[Ｖ]を表す。また、特性線ｃ，ｄ，ｅ，ｆは、図３（ｂ）に示すプラス側磁界における約＋８[ｍＴ]以上のセンサー出力の歪みを補正する制御信号ｖ１，ｖ２，ｖ３，ｖ４を表し、特性線ｇ，ｈ，ｉ，ｊは、マイナス側磁界における約－８[ｍＴ]以下のセンサー出力の歪みを補正する制御信号ｖ５，ｖ６，ｖ７，ｖ８を表す。各制御信号ｖ１～ｖ８は、＋５[Ｖ]のハイレベルと０[Ｖ]のローレベルとの間で変化し、例えば、ローレベルに変化すると各スイッチｓｗ１～ｓｗ８は閉制御される。

[0035] 同グラフでは、約＋８[ｍＴ]以上の磁界領域におけるセンサー出力の歪みは、磁界が約＋７[ｍＴ]の磁界で、特性線ｃに表される制御信号ｖ１のローレベル化によってスイッチｓｗ１が閉制御されることで、可変抵抗Ｒ４の抵抗値が可変されて、補償用増幅回路４の増幅率がそのときの磁界における歪みを打ち消す増幅率に変えられる。また、磁界が約＋１０[ｍＴ]の磁界で、特性線ｄに表される制御信号ｖ２のローレベル化によってスイッチｓｗ２が閉制御されることで、また、磁界が約＋１３[ｍＴ]の磁界で、特性線ｅに表される制御信号ｖ３のローレベル化によってスイッチｓｗ３が閉制御されることで、また、磁界が約＋１５[ｍＴ]の磁界で、特性線ｆに表される制御信号ｖ４のローレベル化によってスイッチｓｗ４が閉制御されることで、可変抵抗Ｒ４の抵抗値がそれぞれ可変されて、補償用増幅回路４の増幅率が各磁界における歪みを打ち消す増幅率に変えられる。

[0036] 約－８[ｍＴ]以下の磁界領域におけるセンサー出力の歪みについても、同様にして、特性線ｇ～ｊに表される各制御信号ｖ５～ｖ８によって各スイッチｓｗ５～ｓｗ８が閉制御されることで、可変抵抗Ｒ４の抵抗値がそれぞれ可変されて、補償用増幅回路４の増幅率が各磁界における歪みを打ち消す増幅率に変えられる。

[0037] 図４（ｂ）は、リニアリティ補償回路５による可変抵抗Ｒ４のこのような抵抗値制御によってセンサー出力の非直線性が補償された後の、センサー出力の歪みを示すグラフである。同グラフの横軸はＴＭＲセンサー２に与えられる磁界[ｍＴ]、縦軸は、センサー出力補償ＩＣ１の出力端子ｏｕｔに出力される出力電圧VOUTに含まれる歪み成分の割合[%]を表す。また、特性線ｋは、出力電圧VOUTに含まれる歪み成分の磁界変化に対する変動特性を表す。

[0038] 約＋８[ｍＴ]以上の磁界領域におけるセンサー出力の歪みは、図３（ｂ）に示すように磁界の増加に対して右下がりに減少するが、特性線ｋから、約＋７[ｍＴ]，約＋１０[ｍＴ]，約＋１３[ｍＴ]，約＋１５[ｍＴ]の各磁界で各制御信号ｖ１，ｖ２，ｖ３，ｖ４が順次ローレベル化する各タイミングにおいて、補償用増幅回路４の増幅率が高められることで、歪み成分の割合が

右上がりに増加して、図３（ｂ）に示す歪みの減少を打ち消す作用が働いていることが、理解される。

[0039] 約－８[ｍＴ]以下の磁界領域におけるセンサー出力の歪みは、図３（ｂ）に示すように磁界の減少に対して左上がりに増加するが、特性線ｋから、同様に、磁界の減少に応じて各制御信号ｖ５～ｖ８が順次ローレベル化する各タイミングにおいて、補償用増幅回路４の増幅率が低められることで、歪み成分の割合が左下がりに減少して、図３（ｂ）に示す歪みの増加を打ち消す作用が働いていることが、理解される。

[0040] なお、歪み成分の割合は、プラス側の磁界領域において、右上がりに増加した後、図３（ｂ）に示す元の歪みの減少によって一時的に右下がりに減少する。また、マイナス側の磁界領域において、左下がりに減少した後、図３（ｂ）に示す元の歪みの増加によって一時的に左上がりに増加する。したがって、特性線ｋは図４（ｂ）に示すようにジグザグと上下に変動するが、歪み成分の変動幅は±０．１[％]以下に抑えられ、センサー出力の直線性は担保される。

[0041] このように本実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１によれば、補償用増幅回路４の増幅率は、補償用増幅回路４に可変抵抗Ｒ４として接続される複数の抵抗間の接続が、リニアリティ補償回路５の複数のスイッチに対する制御によって切り替えられ、複数の抵抗の合成抵抗値が変えられることにより、可変される。また、そのスイッチの切り替えは、差動増幅回路３の出力電圧が、予め設定された複数の参照電圧ＶREF_L1，ＶREF_L2，ＶREF_L3，…，ＶREF_Lnと比較されて、所定の各歪みを起こす磁界に応じた各センサー出力に相当する電圧になると、行われる。このスイッチの切り替えにより、補償用増幅回路４の増幅率は、差動増幅回路３の出力電圧に応じて、差動増幅回路３の出力から所定の各歪みを打ち消す増幅率になり、センサー出力の直線性が担保されることになる。

[0042] すなわち、本実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１によれば、磁界の変化に対してセンサー出力に非直線性を持って現れる歪みは、差動増幅回路３

の出力を補償する補償用増幅回路４の増幅率が、その歪みを打ち消す増幅率にリニアリティ補償回路５によって可変されることで、補償される。したがって、従来の非直線性補償回路（特開２００３－２４８０１７号公報参照）のように、センサー出力をフィードバックすることなく、センサー出力の歪みを補償することができる。このため、回路の応答速度が速くなり、センサー出力の非直線性補償は高速に行われるようになる。また、従来のようにセンサー出力補償回路に加算回路を必要としないので、センサー出力補償補償ＩＣ１の回路規模を抑制することができる。

[0043] 図５は、図１に示すセンサー出力補償ＩＣ１における感度温特補償回路６の機能を説明するための回路図である。同図において図１と同一または相当する部分には同一符号を付してその説明は省略する。

[0044] 感度温特補償回路６は、複数のコンパレータ６１，６２，６３，…，６ｎから構成される。各コンパレータ６１，６２，６３，…，６ｎの一方の入力端子には、温度センサー回路１１で電圧として検出される周囲温度が共通して入力され、他方の入力端子には、リファレンス電圧回路１０から出力される所定の参照電圧ＶREF_T1，ＶREF_T2，ＶREF_T3，…，ＶREF_Tnが入力される。これら各参照電圧ＶREF_T1，ＶREF_T2，ＶREF_T3，…，ＶREF_Tnは、センサー出力の感度に所定の各変動を起こす周囲温度に応じた各電圧に相当し、ＥＥＰＲＯＭ１２に書き込まれた設定データによって予め設定されたものである。

[0045] 感度温特補償回路６は、これら複数の参照電圧と、温度センサー回路１１によって電圧として検出される周囲温度との比較結果に応じて、可変抵抗Ｒ５を構成する複数のスイッチを切り替えて可変抵抗Ｒ５の抵抗値を可変させることで、周囲温度の変化に対してセンサー出力の感度に現れる変動を打ち消す増幅率に、補償用増幅回路４の増幅率（Ｒ５／Ｒ４）を可変させる。

[0046] なお、ここでは、可変抵抗Ｒ５を構成する複数のスイッチを切り替えて可変抵抗Ｒ５の抵抗値を可変させることで、補償用増幅回路４の増幅率（Ｒ５／Ｒ４）を可変させる場合について説明しているが、可変抵抗Ｒ４を構成す

る複数のスイッチを切り替えて可変抵抗Ｒ４の抵抗値を可変させることで、補償用増幅回路４の増幅率（Ｒ５／Ｒ４）を可変させる構成にしてもよい。

[0047] 図６（ａ）は、センサー出力の感度についての温度特性を複数対のＴＭＲセンサー２に対して測定した結果を示すグラフである。同グラフの横軸はＴＭＲセンサー２の周囲温度[℃]、縦軸は、２５℃の周囲温度におけるセンサー出力の感度を基準とする、各周囲温度における感度の変動率[％]を表す。また、各特性線は、複数対の各ＴＭＲセンサー２についての感度温度特性を示す。

[0048] 同グラフに示されるように、周囲温度が２５℃よりも低い温度領域では、感度は、温度の低下に伴って直線的に変動率がプラス側に大きくなる。一方、周囲温度が２５℃よりも高い温度領域では、感度は、温度の増加に伴って非直線的に変動率がマイナス側に大きくなる。

[0049] 図６（ｂ）は、同図（ａ）に示される感度の温度特性を基にして、感度に所定の各変動を起こす各周囲温度に応じて補償用増幅回路４の増幅率を可変させて、センサー出力補償ＩＣ１の出力電圧ＶOUTをどの程度変動させたかを表すグラフである。同グラフの横軸は周囲温度[℃]、縦軸は出力電圧ＶOUTの変動率[％]を表す。特性線ｍは、出力電圧ＶOUTの変動率の周囲温度に対する変化を表す。

[0050] 特性線ｍから、周囲温度が２５℃よりも低い温度領域では、出力電圧ＶOUTの変動率は、周囲温度の低下に伴ってマイナス側に左下がりに直線的に小さくなって、図６（ａ）に示す感度の、左上がりに直線的に増加する感度の変動率を打ち消すように作用する。また、周囲温度が２５℃よりも高い温度領域では、出力電圧ＶOUTの変動率は、周囲温度の増加に伴ってプラス側に右上がりに非直線的に大きくなって、図６（ａ）に示す感度の、右下がりに非直線的に減少する感度の変動率を打ち消すように作用する。

[0051] 図７（ａ）は、上記の感度温特補償によって補償された後の、センサー出力の感度についての温度特性を示すグラフである。同グラフの横軸はＴＭＲセンサー２の周囲温度[℃]、縦軸は、２５℃の周囲温度におけるセンサー出

力の感度を基準とする、各周囲温度における感度の変動率[％]を表す。特性線ｎは、図６（ｂ）に示す出力電圧ＶOUTの変動率で補償されたセンサー出力の感度温度特性を示す。同グラフに示されるように、補償後のセンサー出力の感度の変動率は、＋０．０４[％]～－０．０２[％]の小さな変動幅に収まっている。

[0052] 図７（ｂ）は、上記の感度温特補償に用いられた周囲温度の電圧特性を示すグラフである。同グラフの横軸はセンサー出力補償ＩＣ１の周囲温度[℃]、縦軸は、各周囲温度における温度センサー回路１１の出力電圧[Ｖ]を表す。特性線ｏは、温度センサー回路１１の出力電圧の温度特性を示す。

[0053] このように本実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１によれば、補償用増幅回路４の増幅率は、補償用増幅回路４に可変抵抗Ｒ５として接続される複数の抵抗間の接続が、感度温特補償回路６の複数のスイッチに対する制御によって切り替えられ、複数の抵抗の合成抵抗値が変えられることにより、可変される。また、そのスイッチの切り替えは、温度センサー回路１１によって電圧として検出される周囲温度が、予め設定された複数の参照電圧ＶREF_T1，ＶREF_T2，ＶREF_T3，…，ＶREF_Tnと比較されて、所定の各変動を起こす周囲温度に応じた各電圧になると、行われる。このスイッチの切り替えにより、補償用増幅回路４の増幅率は、差動増幅回路３の出力から、周囲温度に起因する感度の所定の各変動を打ち消す増幅率になり、センサー出力の感度温度特性が補償されることになる。

[0054] すなわち、本実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１によれば、周囲温度の変化に対してセンサー出力の感度に現れる変動は、差動増幅回路３の出力を補償する補償用増幅回路４の増幅率が、その変動を打ち消す増幅率に感度温特補償回路６によって可変されることで、補償される。したがって、特許文献１に開示された従来の、サーミスタ特性に依存した温度補償しか行えない温度補償回路とは異なり、温度補償を行える温度範囲が限られなくなり、より広い範囲の周囲温度変動に対してセンサー出力感度の感度温度補償が行えるようになる。また、従来のように、温度補償特性にサーミスタ素子のバ

ラツキが現れてしまうこともなく、感度温度補償の高精度化を図ることが可能になる。また、温度補償回路にサーミスタ素子を使用しなくてもセンサー出力補償回路を構成できるので、センサー出力補償回路のＩＣ化が可能となり、センサー出力補償回路の小型化や低廉化が可能になる。

[0055] 図８は、図１に示すセンサー出力補償ＩＣ１におけるオフセット温特補償回路７の機能を説明するための回路図である。同図において図１と同一または相当する部分には同一符号を付してその説明は省略する。

[0056] オフセット温特補償回路７は、温度センサー回路１１で検出される周囲温度を参照して、周囲温度の変化に対して現れるセンサー出力のオフセット電圧の変動を打ち消す参照電圧ＶREF2を補償用増幅回路４の参照電圧端子に入力させる。

[0057] センサー出力のオフセット電圧の温度変動は、図９（ａ）に示すグラフに示される。同グラフの横軸はセンサー出力補償ＩＣ１の周囲温度[℃]、縦軸は、２５℃の周囲温度におけるオフセット電圧を基準とする、各周囲温度におけるオフセット電圧の変動率[％]を表す。また、各特性線は、複数対のＴＭＲセンサー２についての各オフセット電圧の温度特性を示す。同グラフに示されるように、各オフセット電圧の温度特性は、１次の傾きを持って直線的に変動する特性となる。オフセット温特補償回路７は、この変動を打ち消す参照電圧ＶREF2を、補償用増幅回路４におけるオペアンプ４１の非反転入力端子である参照電圧端子に入力させる。

[0058] 本実施形態では、オフセット温特補償回路７は、オペアンプ７１から構成される第１反転増幅回路７２、オペアンプ７３から構成される第２反転増幅回路７４、第１スイッチ７５および第２スイッチ７６を備える。

[0059] 第１反転増幅回路７２は、オペアンプ７１に抵抗Ｒ７と可変抵抗Ｒ８とが接続されて構成され、オペアンプ７１の非反転入力端子に参照電圧ＶREF21が与えられている。この第１反転増幅回路７２は、温度センサー回路１１によって電圧として検出される周囲温度を、オフセット電圧の変動率に対応する増幅率（Ｒ８／Ｒ７）で反転増幅する。オフセット電圧の変動率は、図９（

ａ）に示すグラフにおける各特性線の傾きに相当し、可変抵抗Ｒ８の抵抗値の調整によって増幅率（Ｒ８／Ｒ７）がオフセット電圧の変動率に合わせられる。

[0060] また、第２反転増幅回路７４は、オペアンプ７３に抵抗Ｒ９と可変抵抗Ｒ１０とが接続されて構成され、オペアンプ７３の非反転入力端子に参照電圧ＶREF22が与えられている。この第２反転増幅回路７４は、第１反転増幅回路７２の出力を増幅率（Ｒ１０／Ｒ９）で反転増幅して、その極性を反転する。この増幅率（Ｒ１０／Ｒ９）は、可変抵抗Ｒ１０の抵抗値の調整によって基本的に１とされる。また、第２スイッチ７６は、オフセット電圧の周囲温度に対する変動が周囲温度の増加に伴って増加する変動であるときに閉制御されて、第２反転増幅回路７４の出力を参照電圧ＶREF2として、オペアンプ４１の参照電圧端子に入力させる。

[0061] したがって、オフセット電圧の温度特性が、例えば、図９（ａ）に示すグラフにおいて、周囲温度に対する変動が周囲温度の増加に伴って増加する右上がりの直線の特性線ｐで表される場合、温度センサー回路１１から周囲温度の増加に伴って減少して出力される、右下がりの直線の特性線で表される電圧は、オフセット温特補償回路７で、最初に、第１反転増幅回路７２により、傾きの大きさが特性線ｐのオフセット電圧の変動率の大きさと同じで、傾きの極性が反転した右上がりの特性を持つ電圧に変換される。そして、第２スイッチ７６が閉制御されるので、この電圧が、第２反転増幅回路７４により、傾きの極性が反転した右下がりの特性を持つ参照電圧ＶREF2に変換される。このため、補償用増幅回路４がこの参照電圧ＶREF2を基準に、差動増幅回路３から出力される、右上がりの直線の特性線ｐで表されるオフセット電圧を含む出力電圧を増幅することで、オフセット電圧の温度特性による変動が打ち消される。

[0062] 図９（ｂ）は、オフセット温特補償回路７によって補償された後の、４対のＴＭＲセンサー２についての各オフセット電圧の温度特性を示すグラフである。同グラフの横軸および縦軸は図９（ａ）におけるものと同じである。

図９（ｂ）に示すグラフには補償前の特性線ｐが示されており、この特性線ｐを持っていた一対のＴＭＲセンサー２についてのオフセット電圧の温度特性は、上記のオフセット補償によって点線で示す矢印のように傾きが倒されて、ほぼ平坦な傾きを持つ温度特性に補償される。

[0063] また、第１スイッチ７５は、オフセット電圧の周囲温度に対する変動が周囲温度の増加に伴って減少する変動であるときに閉制御されて、第１反転増幅回路７２の出力を参照電圧ＶREF2として、オペアンプ４１の参照電圧端子に入力させる。したがって、一対のＴＭＲセンサー２のオフセット電圧の温度特性が、例えば、図９（ａ）に示すグラフにおいて、周囲温度に対する変動が周囲温度の増加に伴って減少する右下がりの直線の特性線ｑで表される場合、温度センサー回路１１から周囲温度の増加に伴って減少して出力される、右下がりの直線の特性線で表される電圧は、第１スイッチ７５が閉制御されるので、オフセット温特補償回路７で、第１反転増幅回路７２により、傾きの大きさが特性線ｑのオフセット電圧の変動率の大きさと同じで、傾きの極性が反転した右上がりの特性を持つ参照電圧ＶREF2に変換される。このため、補償用増幅回路４がこの参照電圧ＶREF2を基準に、差動増幅回路３から出力される、右下がりの直線の特性線ｑで表されるオフセット電圧を含む出力電圧を増幅することで、図９（ｂ）に示すグラフのように、オフセット電圧の温度特性による変動が打ち消される。

[0064] このように本実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１によれば、オフセット電圧の周囲温度に対する変動が周囲温度の増加に伴って増加する変動であるときには、第２スイッチ７６により、第２反転増幅回路７４の出力が補償用増幅回路４の参照電圧端子に入力させられる。したがって、オペアンプ４１の参照電圧端子には、温度センサー回路１１によって電圧として検出される周囲温度が、第１反転増幅回路７２によってオフセット電圧の変動率に対応する増幅率（Ｒ８／Ｒ７）で反転増幅され、第２反転増幅回路７４で極性が反転されて、周囲温度の増加に伴ってオフセット電圧の変動率で減少する周囲温度反転信号が、参照電圧ＶREF2として、第２反転増幅回路７４から入

力される。このため、補償用増幅回路４がその周囲温度反転信号を基準に差動増幅回路３の出力を増幅することで、オフセット電圧の温度変動が打ち消されたセンサー出力が、補償用増幅回路４から得られるようになる。

[0065] また、オフセット電圧の周囲温度に対する変動が周囲温度の増加に伴って減少する変動であるときには、第１スイッチ７５により、第１反転増幅回路７２の出力が、オペアンプ４１の参照電圧端子に入力させられる。したがって、オペアンプ４１の参照電圧端子には、第１反転増幅回路７２によってオフセット電圧の変動率に対応する増幅率（Ｒ８／Ｒ７）で反転増幅されて、周囲温度の増加に伴ってオフセット電圧の変動率で増加する周囲温度反転信号が、参照電圧ＶREF2として、第１反転増幅回路７２から入力される。このため、補償用増幅回路４がその周囲温度反転信号を基準に差動増幅回路３の出力を増幅することで、周囲温度の変化に対して現れるオフセット電圧の変動が打ち消されたセンサー出力が、補償用増幅回路４から得られるようになる。

[0066] すなわち、本実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１によれば、周囲温度の変化に対して現れるセンサー出力のオフセット電圧の変動は、差動増幅回路３の出力を補償する補償用増幅回路４が、オフセット温特補償回路７からオペアンプ４１の参照電圧端子に入力される参照電圧ＶREF2を基準に差動増幅回路３の出力を増幅することで、打ち消される。したがって、オフセット電圧は一度の補償動作で精度高く簡単に補償される。よって、特許文献１に開示された従来の、可変抵抗器によって差動増幅回路出力の中点電位を調整するだけで、センサー出力のオフセット調整を行うオフセット調整回路とは異なり、センサー出力のオフセット電圧の温度補償が簡単にしかも正確に行えるようになる。

[0067] また、本実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１は、センサー出力補償回路を構成する各回路が同じＩＣに実装される。したがって、センサー出力補償回路を構成する各回路間の配線や各回路を構成する部品実装の相違に起因して生じるバラツキが減少する。このため、センサー出力補償ＩＣ１による

センサー出力の各補償は高精度で行われるようになる。また、補償機能の全てをＩＣ上に実装することができるようになる。また、補償する一対のＴＭＲセンサー２のセンサー出力をモニターすることで、比較的簡単な回路構成で、ＴＭＲセンサー２の対毎に精度の高い各補償が可能になる。また、各補償回路の補償調整は、ＥＥＰＲＯＭ１２に書き込む設定データを選択することにより、補償値を簡単に選択的に選べるようになる。

[0068] また、温度センサー回路１１がセンサー出力補償回路を構成する他の各回路と同じＩＣに実装されることで、温度センサー回路１１は他の各回路との相対位置が常に一定となる。このため、温度センサー回路１１が検出する周囲温度は、他の各回路の周囲温度との誤差が少なくなる。また、温度センサー回路１１が、他の各回路のＩＣと別に設けられる場合に、温度センサー回路１１とそのＩＣとをワイヤボンディングで接続する配線接続部の寄生抵抗成分等によって、温度センサー回路１１で検出される周囲温度とそのＩＣで用いられる周囲温度とに誤差が生じるようなこともない。この結果、本実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１によれば、精度高く、センサー感度やオフセット電圧の温度補償を行うことが可能になる。

[0069] また、本実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１によれば、ＴＭＲセンサー２に残る残留磁界の影響は、図１０に示すように、残留磁界の影響を相互に相殺する相対位置に一対のＴＭＲセンサー２が配置されて、各ＴＭＲセンサー２の一対の電源端子２ａ，２ｂに互いに逆の向きにバイアス電圧Ｖbiasがリファレンス電圧回路１０によって印加されることで、センサー自体を改善することなく打ち消される。そして、一対のＴＭＲセンサー２に検出される磁界に応じたセンサー出力は、一対のＴＭＲセンサー２の各検出信号出力端子２ｃ，２ｄに現れる所定の検出電圧、つまり、各ＴＭＲセンサー２の一方の検出信号出力端子２ｃに現れる各検出電圧と、各ＴＭＲセンサー２の他方の検出信号出力端子２ｄに現れる各検出電圧とを基に取り出されて、差動増幅回路３によって増幅される。このため、各ＴＭＲセンサー２に残る残留磁界の影響をセンサー出力から除去して、ヒステリシスを抑圧することが可

能になって、センサー出力補償ＩＣ１によって磁界を正確に検出することができるようになる。

[0070] また、本実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１によれば、センサー出力は、一対の各ＴＭＲセンサー２の一方の各検出信号出力端子２ｃに一方の相で現れる各検出電圧が加算または平均化されて第１合成演算回路１３から出力される電圧と、一対の各ＴＭＲセンサー２の他方の各検出信号出力端子２ｄに他方の相で現れる各検出電圧が加算または平均化されて第２合成演算回路１４から出力される電圧との差電圧として取り出されて、差動増幅回路３によって増幅される。このため、センサー出力は、一対の各ＴＭＲセンサー２の出力の差電圧から取られるため、各ＴＭＲセンサー２のバラツキを平均化したセンサー出力を得ることが可能となり、各ＴＭＲセンサー２のバラツキに対応できる回路構成が得られて、磁界をより正確に検出することができるようになる。

[0071] また、副次的な効果として、ＴＭＲセンサー２を複数使用することにより、ＴＭＲセンサー２の故障を容易に判別することが可能となる。ＴＭＲセンサー２が故障すると、ＴＭＲセンサー２は外部磁界に比例した動作をしなくなり、一対のＴＭＲセンサー２からは、外部磁界の変化に対して常に一定の電圧値のセンサー出力が出力される。この状態を検出することで、ＴＭＲセンサー２の故障の有無を判断することが可能となる。

[0072] 図１１は、本発明の第２の実施形態によるセンサー出力補償回路を構成するセンサー出力補償ＩＣ１Ａの全体の概略構成を示す回路図である。同図において図１と同一または相当する部分には同一符号を付してその説明は省略する。

[0073] 第２の実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１Ａは、一対のＴＭＲセンサー２のうちの一方のＴＭＲセンサー２の検出信号出力端子２ｃ，２ｄに現れる各検出電圧だけを使用する点、および、第１合成演算回路１３と第２合成演算回路１４とを備えない点において、第１の実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１と相違する。

[0074] つまり、第２の実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１Ａでは、差動増幅回路３は、一方のＴＭＲセンサー２の一対の検出信号出力端子２ｃ，２ｄに現れる各検出電圧を、入力端子１ａ，１ｂを介してオペアンプ３１，３２のそれぞれの反転入力端子に直接入力して増幅し、増幅した各検出電圧をオペアンプ３３によって差動増幅する。すなわち、差動増幅回路３は、一対のＴＭＲセンサー２のうちの一方のＴＭＲセンサー２の各検出信号出力端子２ｃ，２ｄに現れる各検出電圧の差電圧をセンサー出力として増幅する。

[0075] 他方のＴＭＲセンサー２の未使用の検出信号出力端子２ｃ，２ｄ間には、入力端子１ａ，１ｂ間に現れる入力インピーダンスと同等レベルの図示しない負荷が接続されて、使用される一方のＴＭＲセンサー２との間で負荷のバランスが取られる。また、使用するＴＭＲセンサー２は一対のうちのいずれのものであってもよい。

[0076] この第２の実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１Ａにおいても、ＴＭＲセンサー２に残る残留磁界の影響は、図１０に示すように、残留磁界の影響を相互に相殺する相対位置に一対のＴＭＲセンサー２が配置されて、各ＴＭＲセンサー２の一対の電源端子２ａ，２ｂに互いに逆の向きにバイアス電圧Ｖbiasがリファレンス電圧回路１０によって印加されることで、センサー自体を改善することなく打ち消される。そして、一対のＴＭＲセンサー２に検出される磁界に応じたセンサー出力は、一対のＴＭＲセンサー２の各検出信号出力端子２ｃ，２ｄに現れる所定の検出電圧、つまり、一方のＴＭＲセンサー２の各検出信号出力端子２ｃ，２ｄに現れる各検出電圧を基に取り出されて、差動増幅回路３によって増幅される。このため、この第２の実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１Ａによれば、センサー出力補償ＩＣ１Ａの構成を簡単にして、回路面積を小さくしかも安価にしながら、一対のＴＭＲセンサー２に残る残留磁界の影響をセンサー出力から除去して、磁界を正確に検出することができるようになる。

[0077] 図１２は、本発明の第３の実施形態によるセンサー出力補償回路を構成するセンサー出力補償ＩＣ１Ｂの全体の概略構成を示す回路図である。同図に

おいて図１と同一または相当する部分には同一符号を付してその説明は省略する。

[0078] 第３の実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１Ｂは、一対のＴＭＲセンサー２のうちの一方のＴＭＲセンサー２の検出信号出力端子２ｃに現れる検出電圧と、一対のＴＭＲセンサー２のうちの他方のＴＭＲセンサー２の検出信号出力端子２ｄに現れる検出電圧とだけを使用する点、および、第１合成演算回路１３と第２合成演算回路１４とを備えない点において、第１の実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１と相違する。

[0079] つまり、第３の実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１Ｂでは、差動増幅回路３は、一方のＴＭＲセンサー２の一方の検出信号出力端子２ｃに現れる検出電圧を、入力端子１ａを介してオペアンプ３１の反転入力端子に直接入力して、増幅する。また、他方のＴＭＲセンサー２の他方の検出信号出力端子２ｄに現れる検出電圧を、入力端子１ｄを介してオペアンプ３２の反転入力端子に直接入力して、増幅する。そして、増幅した各検出電圧をオペアンプ３３によって差動増幅する。すなわち、差動増幅回路３は、一方のＴＭＲセンサー２の一方の検出信号出力端子２ｃに一方の相で現れる検出電圧と、他方のＴＭＲセンサー２の他方の検出信号出力端子２ｄに他方の相で現れる検出電圧との差電圧を、センサー出力として増幅する。

[0080] 各ＴＭＲセンサー２の未使用の検出信号出力端子２ｄ，２ｃには、各ＴＭＲセンサー２間において負荷のバランスが取れるように図示しない負荷がそれぞれ接続される。

[0081] この第３の実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１Ｂにおいても、ＴＭＲセンサー２に残る残留磁界の影響は、図１０に示すように、残留磁界の影響を相互に相殺する相対位置に一対のＴＭＲセンサー２が配置されて、各ＴＭＲセンサー２の一対の電源端子２ａ，２ｂに互いに逆の向きにバイアス電圧Ｖbiasがリファレンス電圧回路１０によって印加されることで、センサー自体を改善することなく打ち消される。そして、センサー出力は、一方のＴＭＲセンサー２の一方の検出信号出力端子２ｃに一方の相で現れる検出電圧と

、他方のＴＭＲセンサー２の他方の検出信号出力端子２ｄに他方の相で現れる検出電圧との差電圧として取り出されて、差動増幅回路３によって増幅される。

[0082] このため、この第３の実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１Ｂによっても、第２の実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１Ａと同様に、センサー出力補償ＩＣ１Ｂの構成を簡単にして、回路面積を小さくしかも安価にしながら、ＴＭＲセンサー２に残る残留磁界の影響をセンサー出力から除去して、磁界を正確に検出することができるようになる。また、この第３の実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１Ｂによっても、第１の実施形態によるセンサー出力補償ＩＣ１と同様に、センサー出力は、一対の各ＴＭＲセンサー２の出力の差電圧から取られるため、各ＴＭＲセンサー２のバラツキを平均化したセンサー出力を得ることが可能となり、各ＴＭＲセンサー２のバラツキに対応できる回路構成が得られて、磁界をより正確に検出することができるようになる。

符号の説明

[0083] １，１Ａ，１Ｂ…センサー出力補償ＩＣ

２…ＴＭＲセンサー

２ａ，２ｂ…ＴＭＲセンサー２の一対の電源端子

２ｃ，２ｄ…ＴＭＲセンサー２の一対の検出信号出力端子

３…差動増幅回路

４…補償用増幅回路

５…リニアリティ補償回路

５１，５２，５３，…，５ｎ…コンパレータ

６…感度温特補償回路

６１，６２，６３，…，６ｎ…コンパレータ

７…オフセット温特補償回路

７２…第１反転増幅回路

７４…第２反転増幅回路

７５…第１スイッチ

７６…第２スイッチ

１３…第１合成演算回路

１４…第２合成演算回路

請求の範囲

[請求項1] 検出される物理量に応じて抵抗値が変化するセンサー素子がブリッジ接続されてそれぞれ構成され、残留磁界の影響を相互に相殺する相対位置に配置される一対のセンサーの各検出信号出力端子に現れる所定の検出電圧を基に取り出される、前記センサーに検出される物理量に応じたセンサー出力を増幅する差動増幅回路と、

一対の前記センサーのうちの一方の前記センサーの一対の電源端子に印加する電圧を、一対の前記センサーのうちの他方の前記センサーの一対の電源端子に印加する電圧と逆の向きに印加するバイアス回路と

を備えるセンサー出力補償回路。

[請求項2] 一対の各前記センサーの一方の各検出信号出力端子に一方の相で現れる各検出電圧を加算または平均化する第１合成演算回路と、

一対の各前記センサーの他方の各検出信号出力端子に他方の相で現れる各検出電圧を加算または平均化する第２合成演算回路とを備え、

前記差動増幅回路は、前記第１合成演算回路の出力と前記第２合成演算回路の出力との差電圧を前記センサー出力として増幅する

ことを特徴とする請求項１に記載のセンサー出力補償回路。

[請求項3] 前記差動増幅回路は、一対の前記センサーのうちの一方の前記センサーの各検出信号出力端子に現れる各検出電圧の差電圧を前記センサー出力として増幅する

ことを特徴とする請求項１に記載のセンサー出力補償回路。

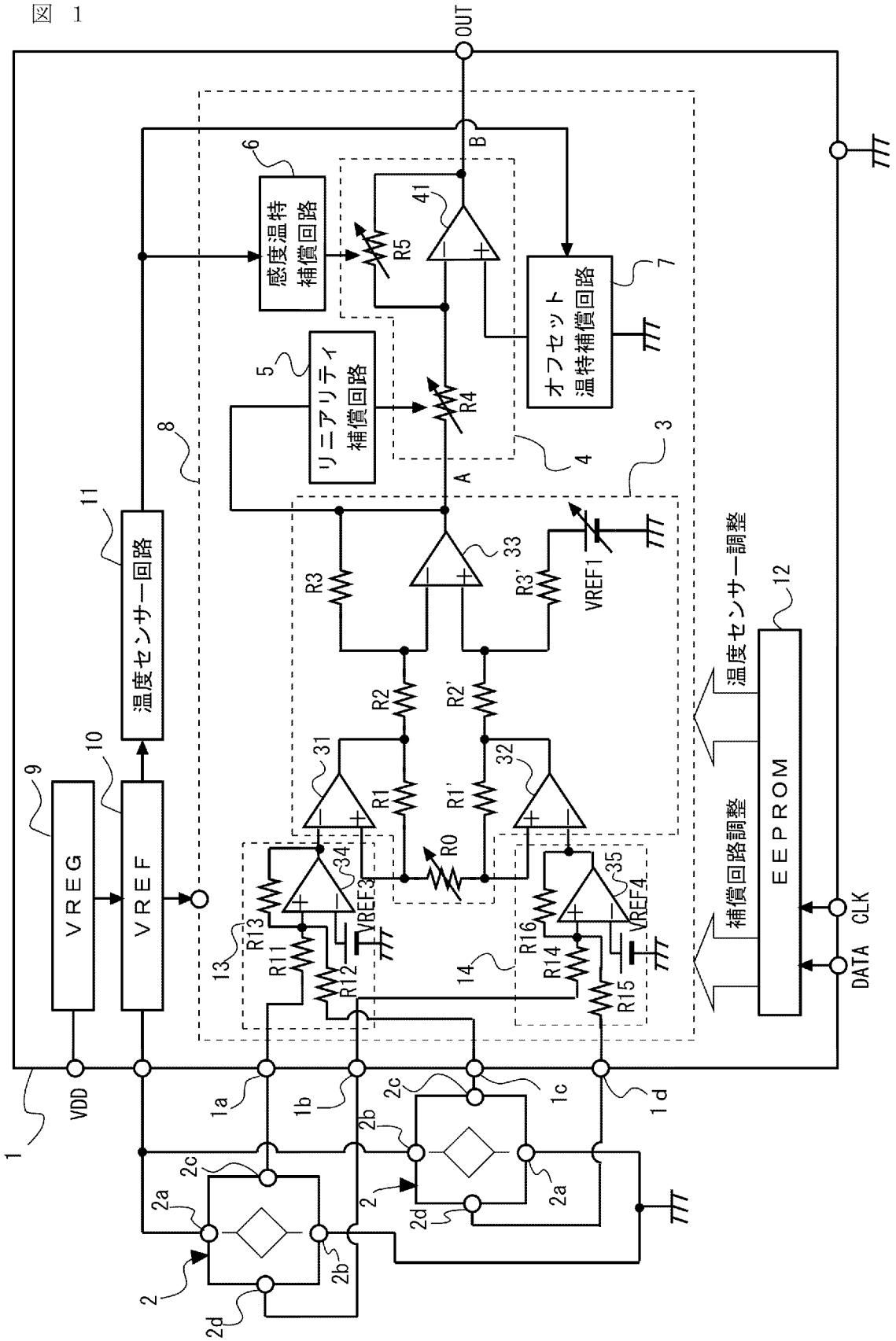
[請求項4] 前記差動増幅回路は、一対の前記センサーのうちの一方の前記センサーの一方の検出信号出力端子に一方の相で現れる検出電圧と、一対の前記センサーのうちの他方の前記センサーの他方の検出信号出力端子に他方の相で現れる検出電圧との差電圧を前記センサー出力として増幅する

ことを特徴とする請求項１に記載のセンサー出力補償回路。

[請求項5] 前記センサー素子はＴＭＲ素子であることを特徴とする請求項１から請求項４のいずれか１項に記載のセンサー出力補償回路。

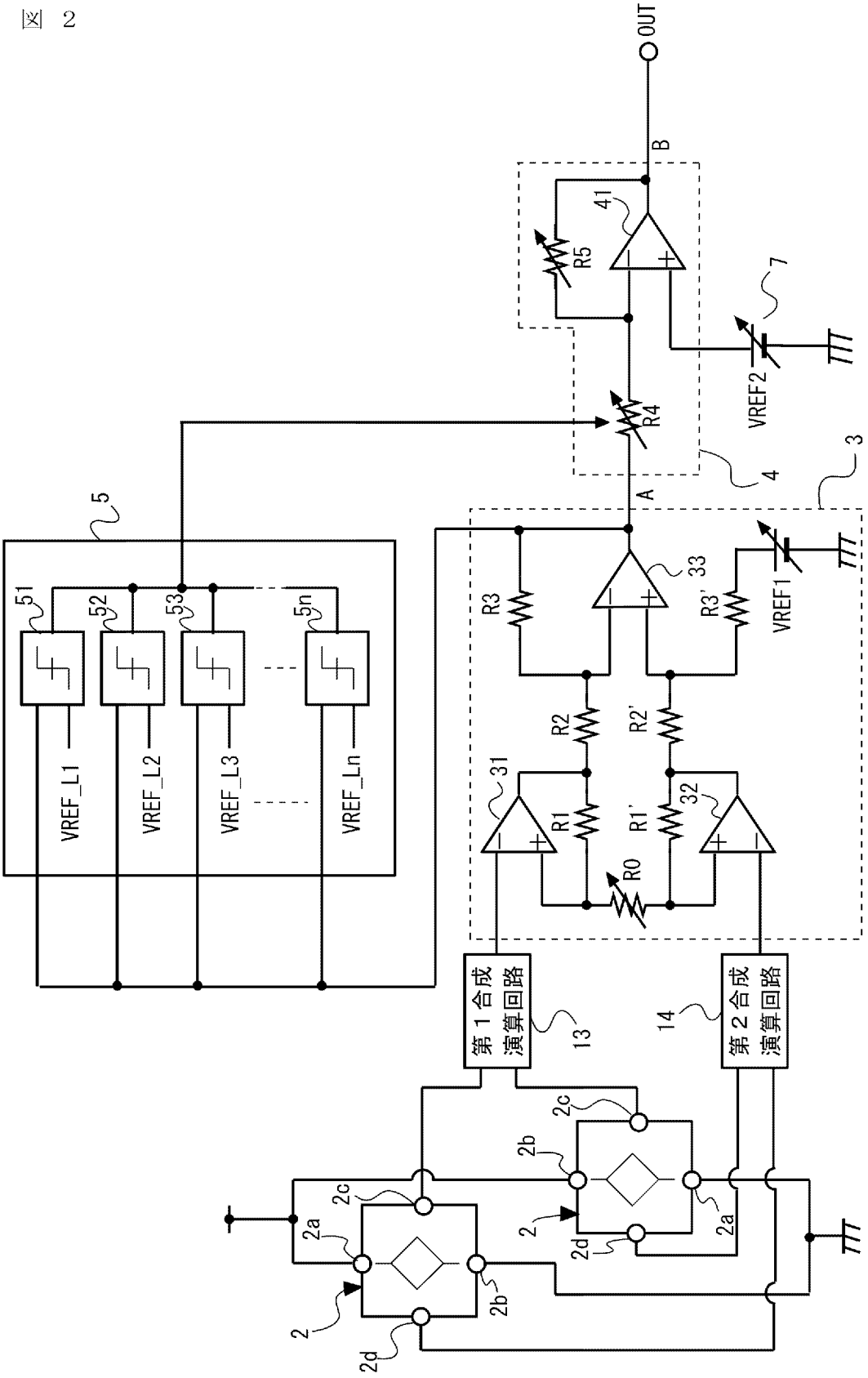
[図1]

図 1


OUT
感度温特補償回路
リニアリティ補償回路
オフセット温特補償回路
温度センサー回路
VREG
VREF
EEPROM
温度センサー調整
補償回路調整
CLK
DATA
VDD
R0
R1
R1'
R2
R2'
R3
R3'
R4
R5
R11
R12
R13
R14
R15
R16
VREF1
VREF3
VREF4
A
B

[図2]

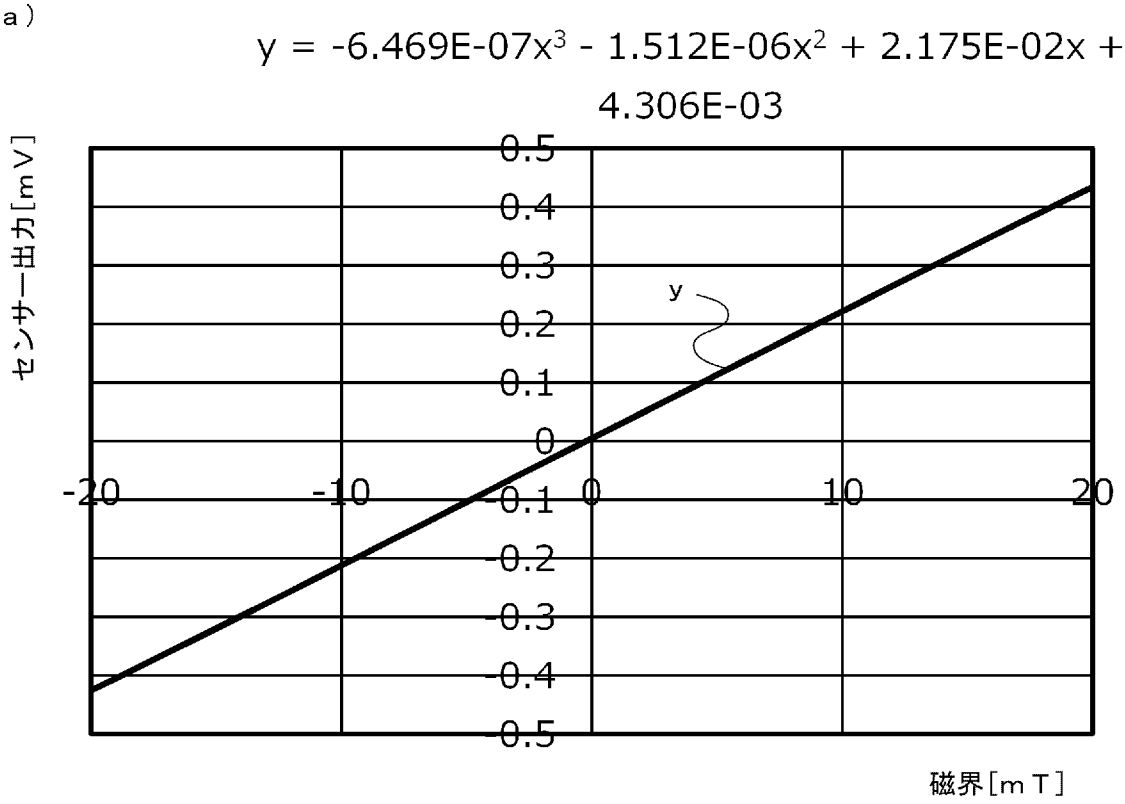
図 2


OUT
B
41
R5
7
VREF2
R4
A
4
3
5
51
52
53
5n
VREF_L1
VREF_L2
VREF_L3
VREF_Ln
R3
33
R3'
VREF1
R2
R2'
31
32
R1
R1'
R0
第１合成演算回路
13
14
第２合成演算回路
2c
2b
2a
2
2d

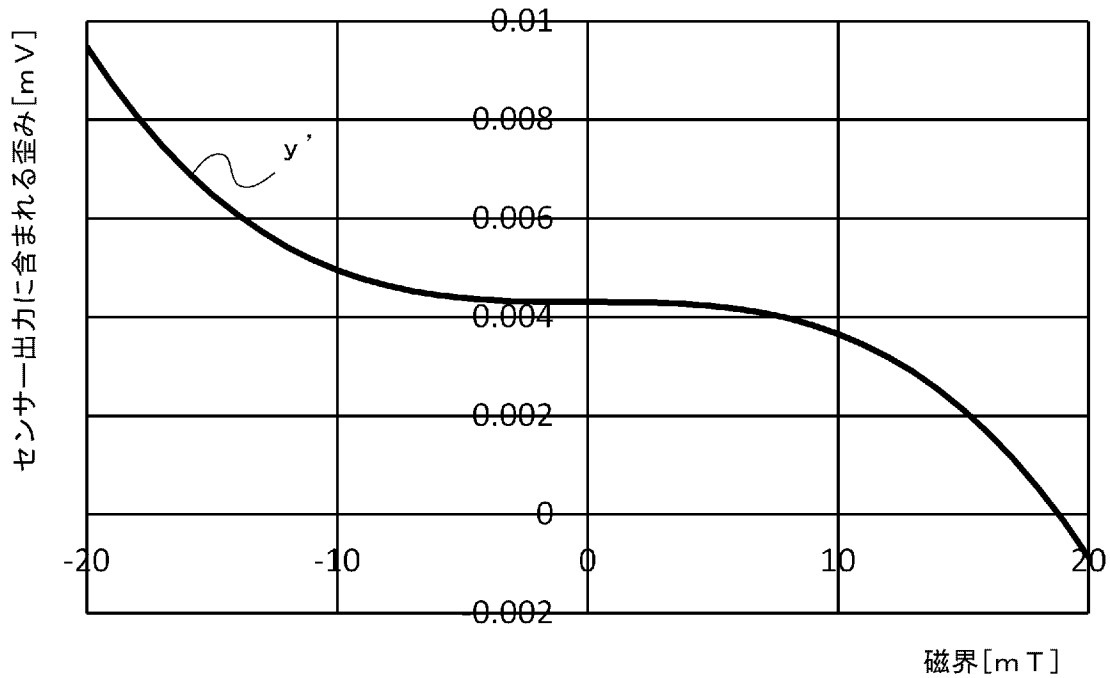
[図3]

図 3

（a）

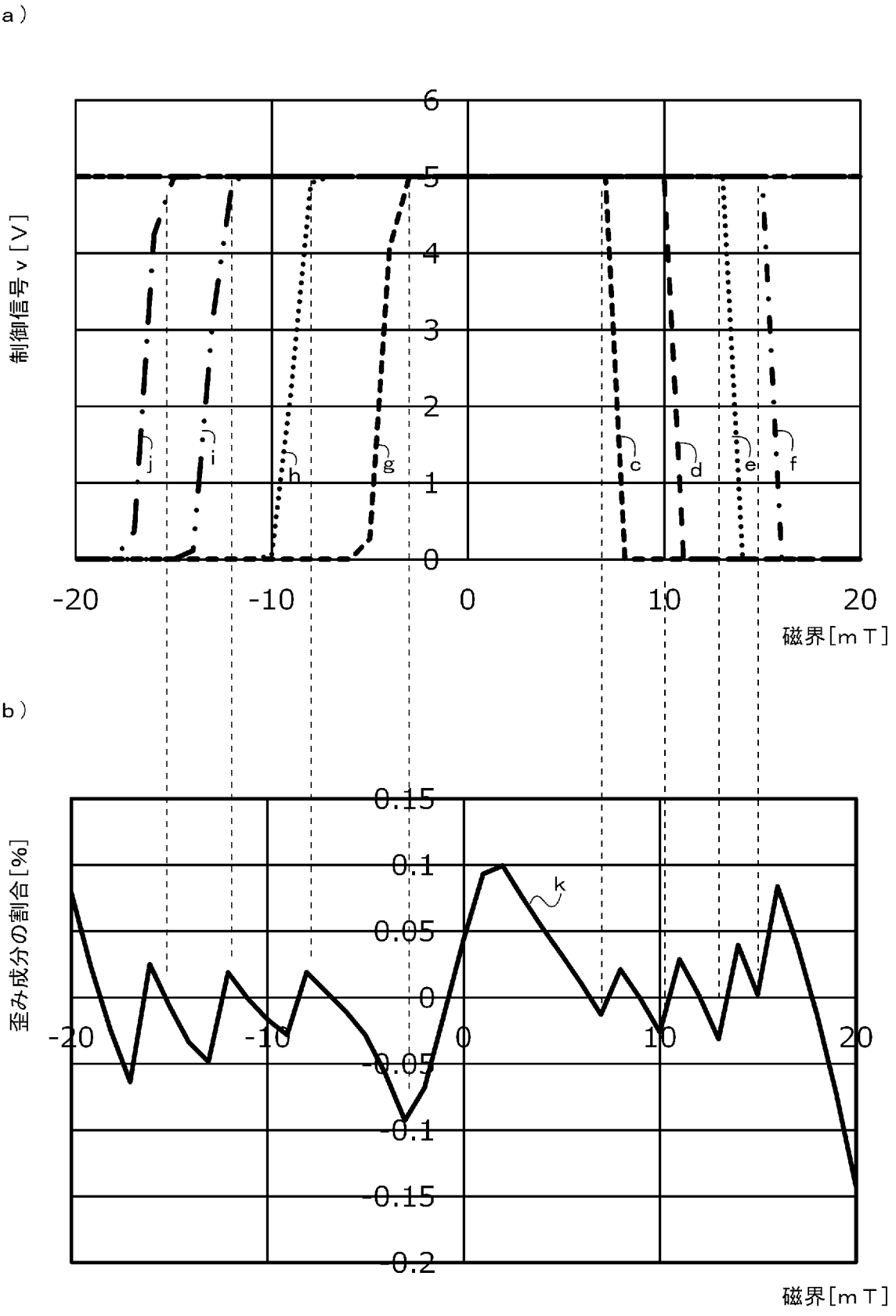

y = -6.469E-07x3 - 1.512E-06x2 + 2.175E-02x + 4.306E-03
センサー出力[mV]
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
-0.5
-20
-10
0
10
20
y
磁界[mT]

（b）


センサー出力に含まれる歪み[mV]
0.01
0.008
0.006
0.004
0.002
0
-0.002
-20
-10
0
10
20
y'
磁界[mT]

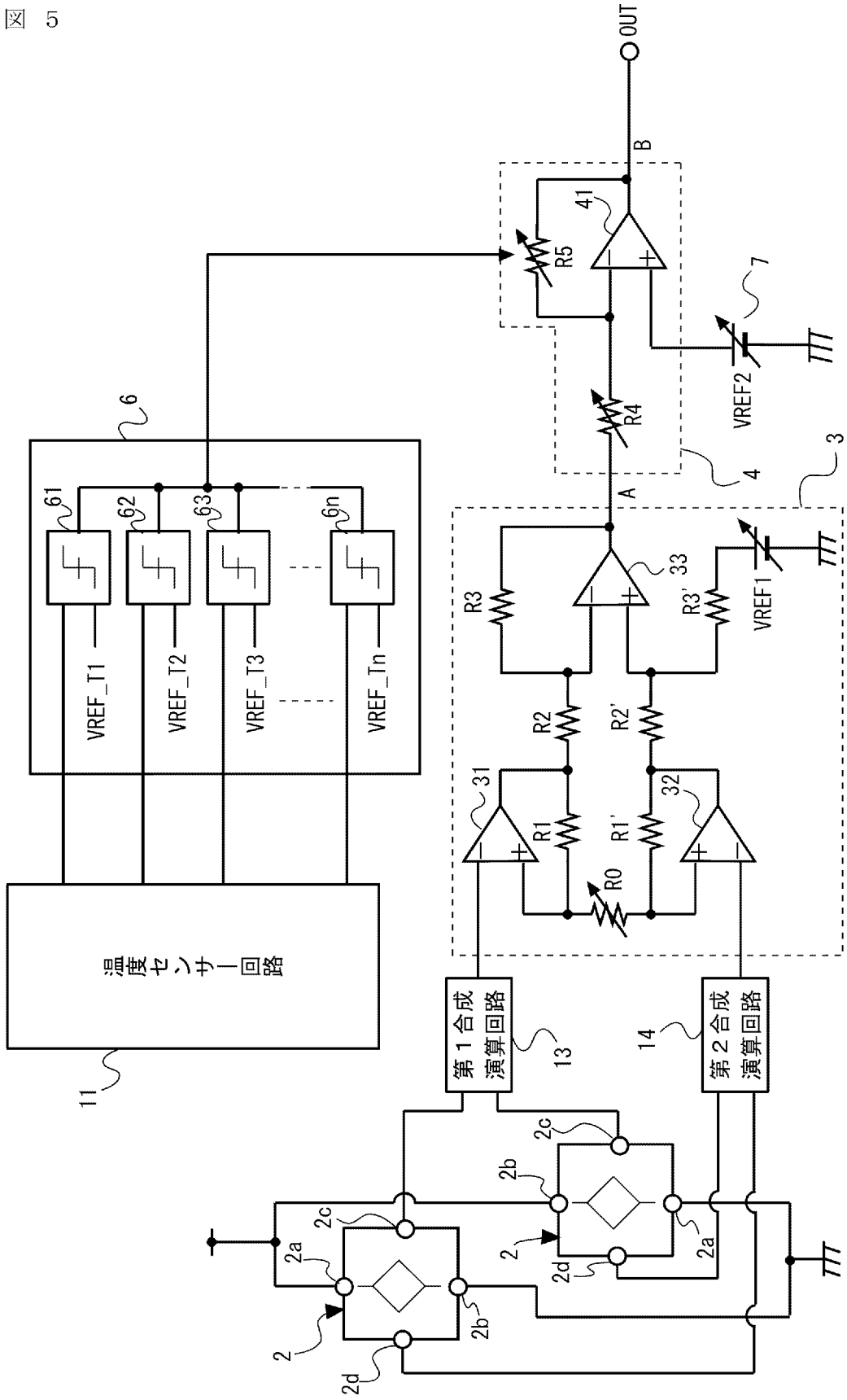
[図4]

図 4


（a）
制御信号 v [V]
6
5
4
3
2
1
0
-20
-10
0
10
20
磁界[mT]
j
i
h
g
c
d
e
f
（b）
歪み成分の割合[%]
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
-0.15
-0.2
k
磁界[mT]

[図5]

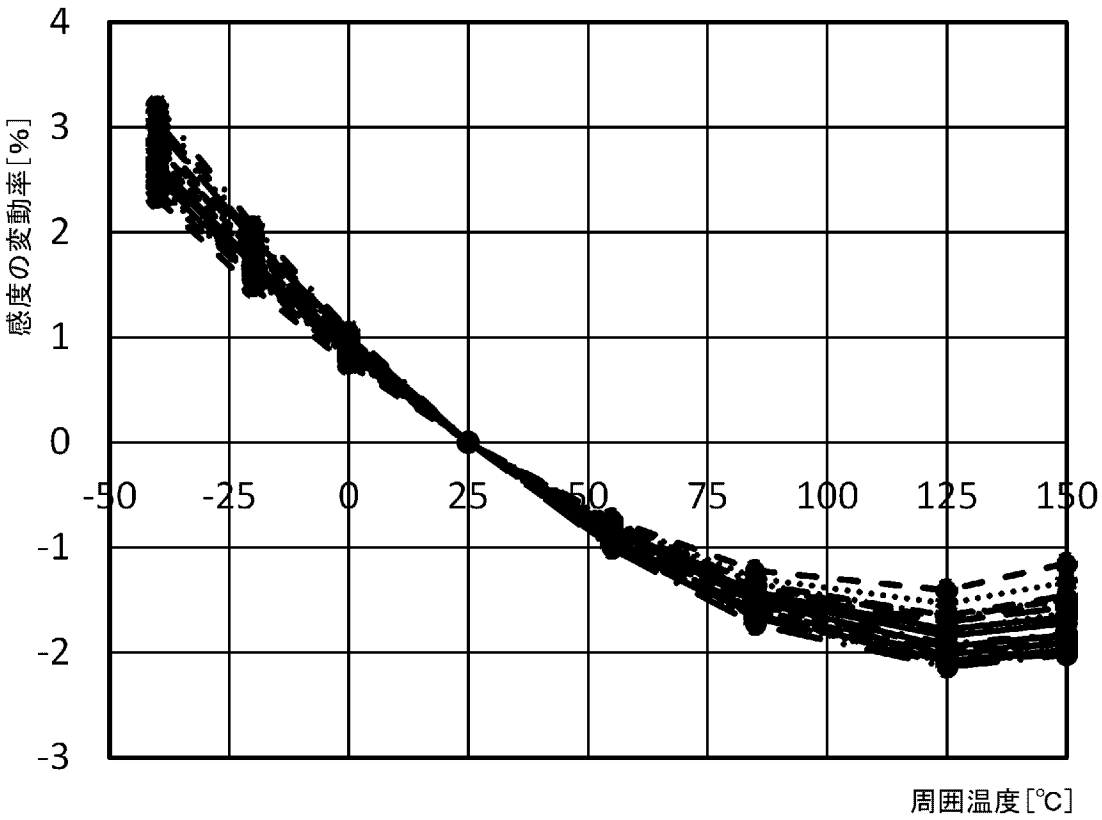
図 5


OUT
B
41
R5
7
VREF2
R4
3
4
A
6
61
62
63
6n
VREF_T1
VREF_T2
VREF_T3
VREF_Tn
33
R3
R3'
VREF1
R2
R2'
31
32
R1
R1'
R0
温度センサー回路
11
第１合成演算回路
13
14
第２合成演算回路
2c
2b
2a
2
2d

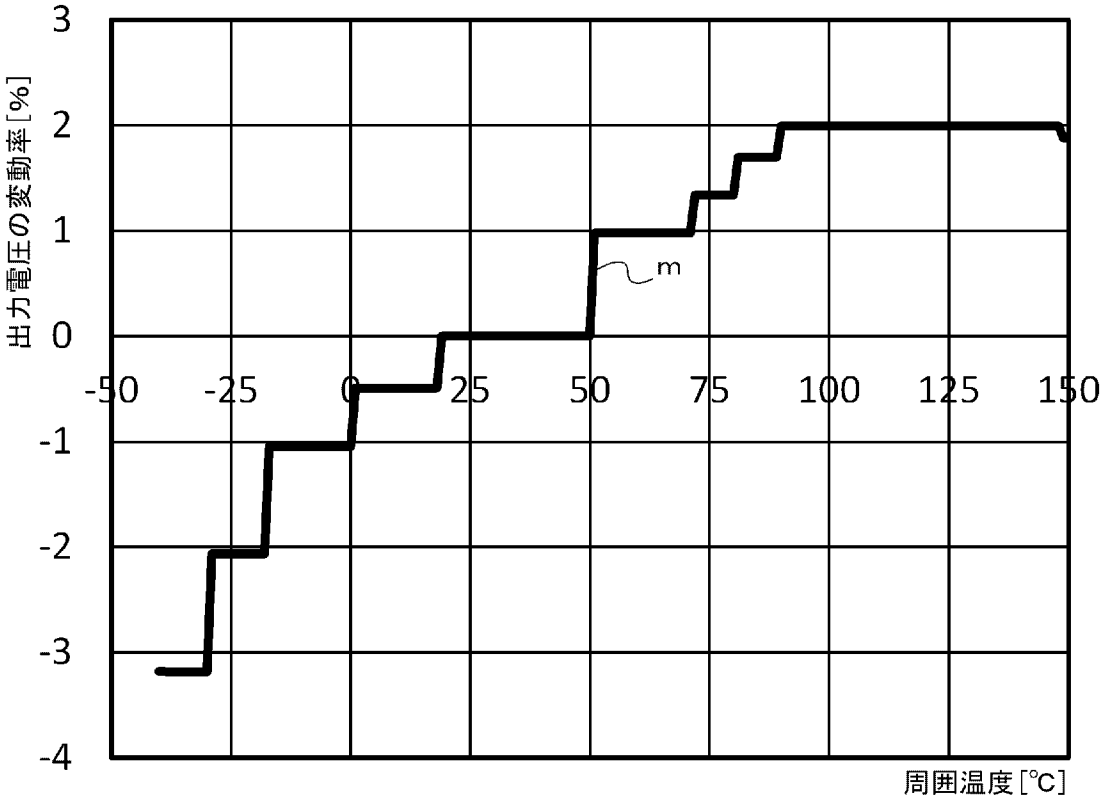
[図6]

図 6

（ａ）


感度の変動率[%]
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
周囲温度[℃]

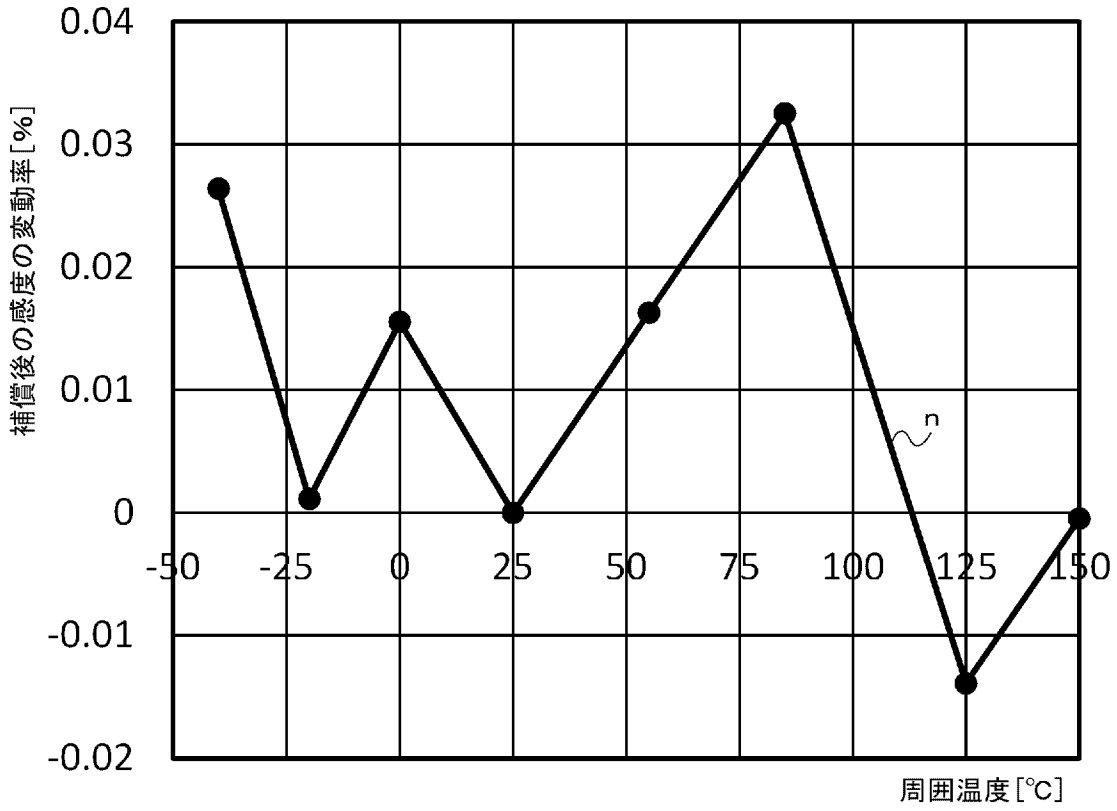
（ｂ）


出力電圧の変動率[%]
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
m
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
周囲温度[℃]

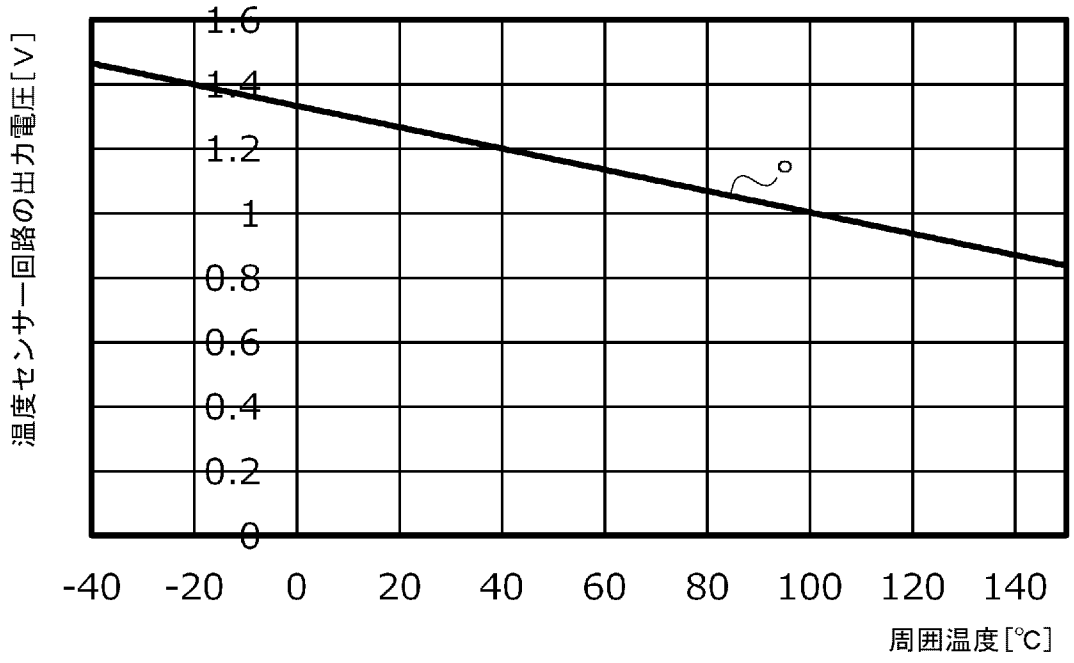
[図7]

図 7

（ａ）

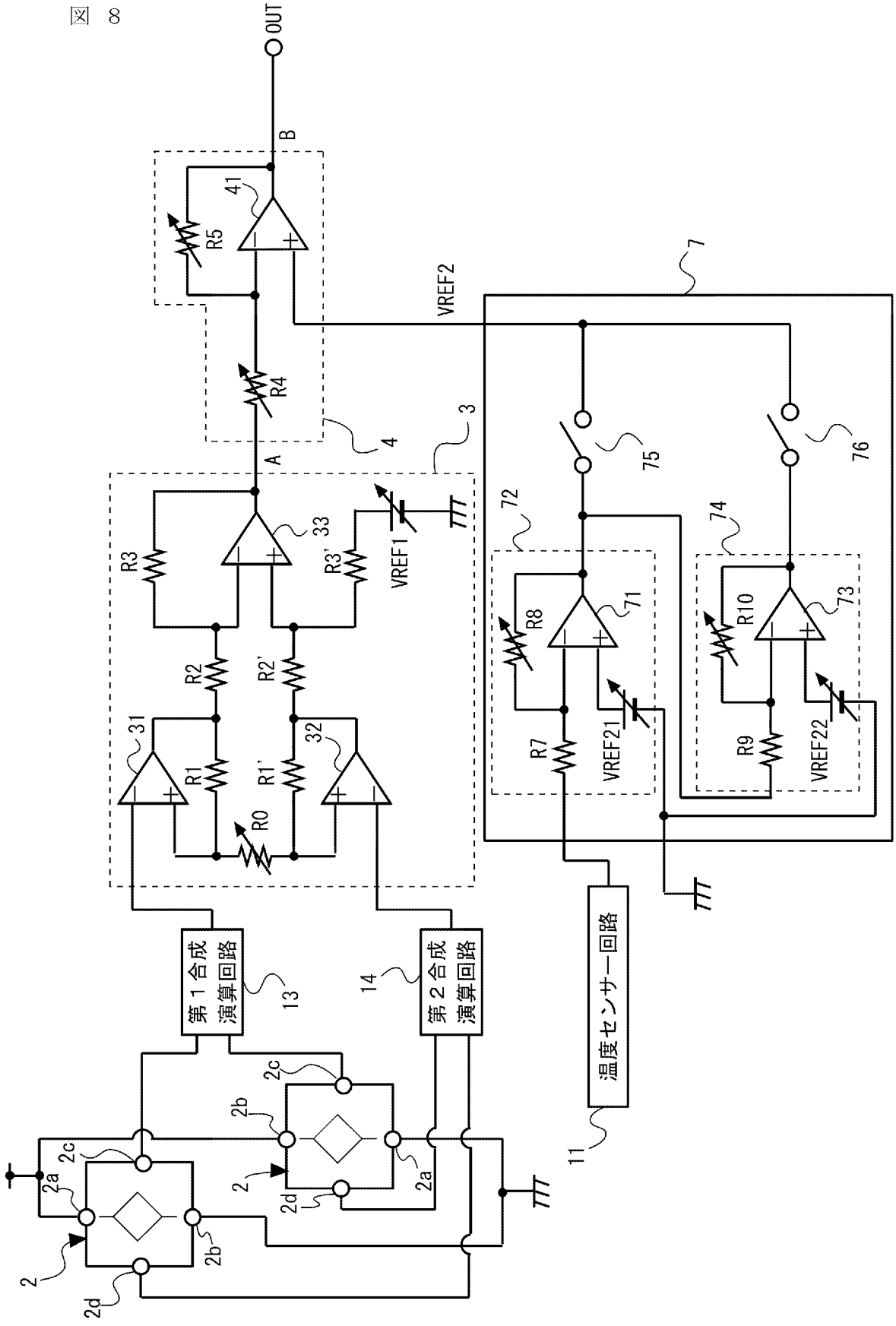

0.04
0.03
0.02
0.01
0
-0.01
-0.02
補償後の感度の変動率[%]
-50
-25
0
25
50
75
100
125
150
n
周囲温度[℃]

（ｂ）


1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
温度センサー回路の出力電圧[V]
-40
-20
0
20
40
60
80
100
120
140
o
周囲温度[℃]

[図8]

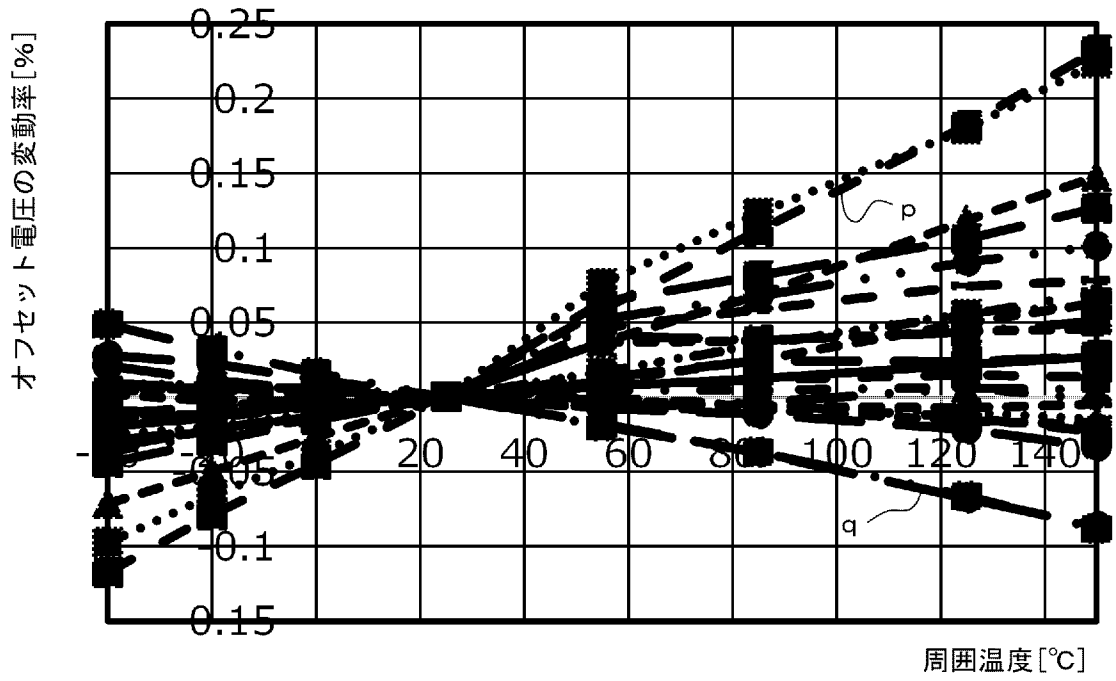
図 8


OUT
B
41
R5
R4
4
3
A
VREF2
7
75
76
72
74
33
R3
R3'
VREF1
R8
71
R10
73
R2
R2'
31
32
R1
R1'
R0
R7
VREF21
R9
VREF22
第１合成演算回路
13
14
第２合成演算回路
温度センサー回路
11
2
2a
2b
2c
2d

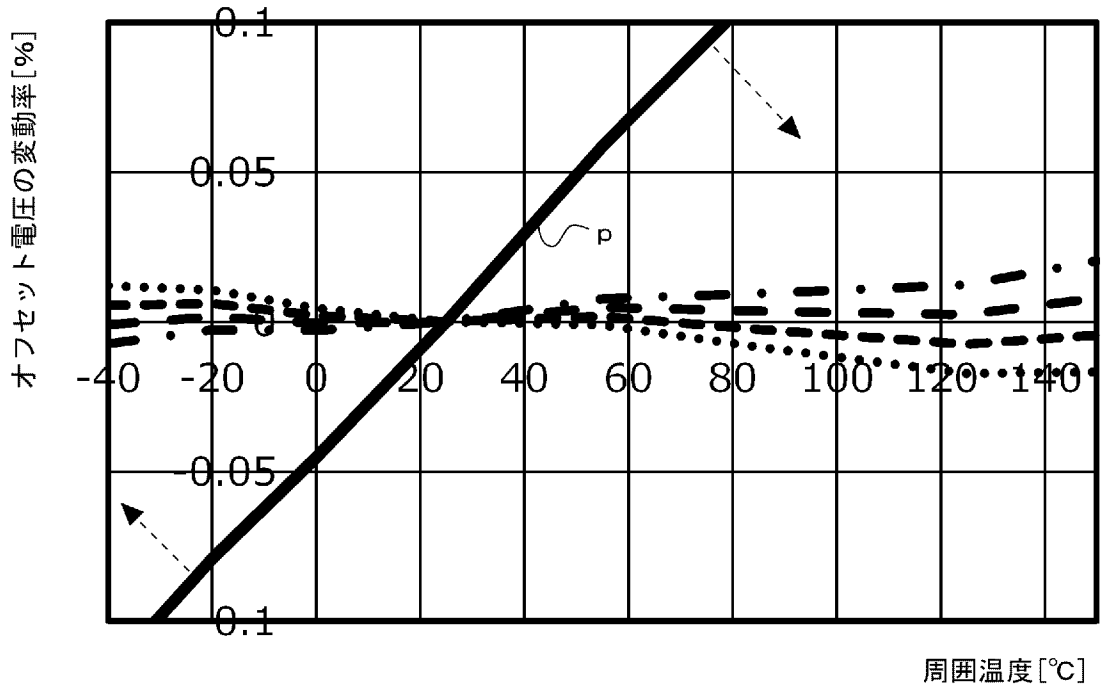
[図9]

図 9

（ａ）

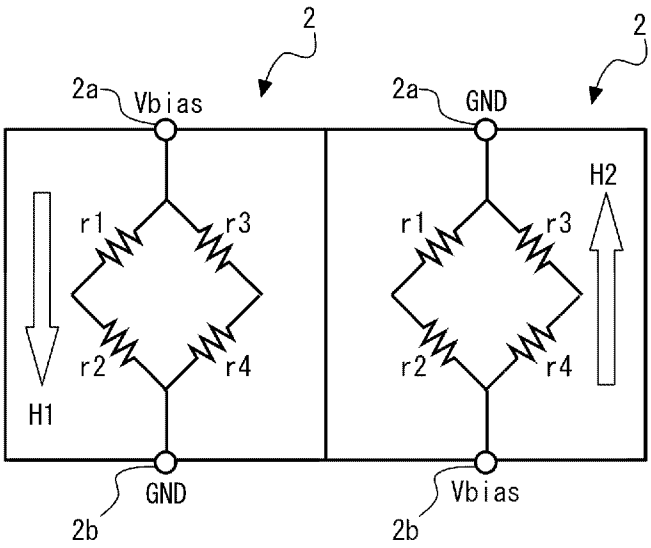

オフセット電圧の変動率[%]
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
-0.1
0.15
20
40
60
100
120
140
p
q
周囲温度[℃]

（ｂ）


オフセット電圧の変動率[%]
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
-40
-20
0
20
40
60
80
100
120
140
p
周囲温度[℃]

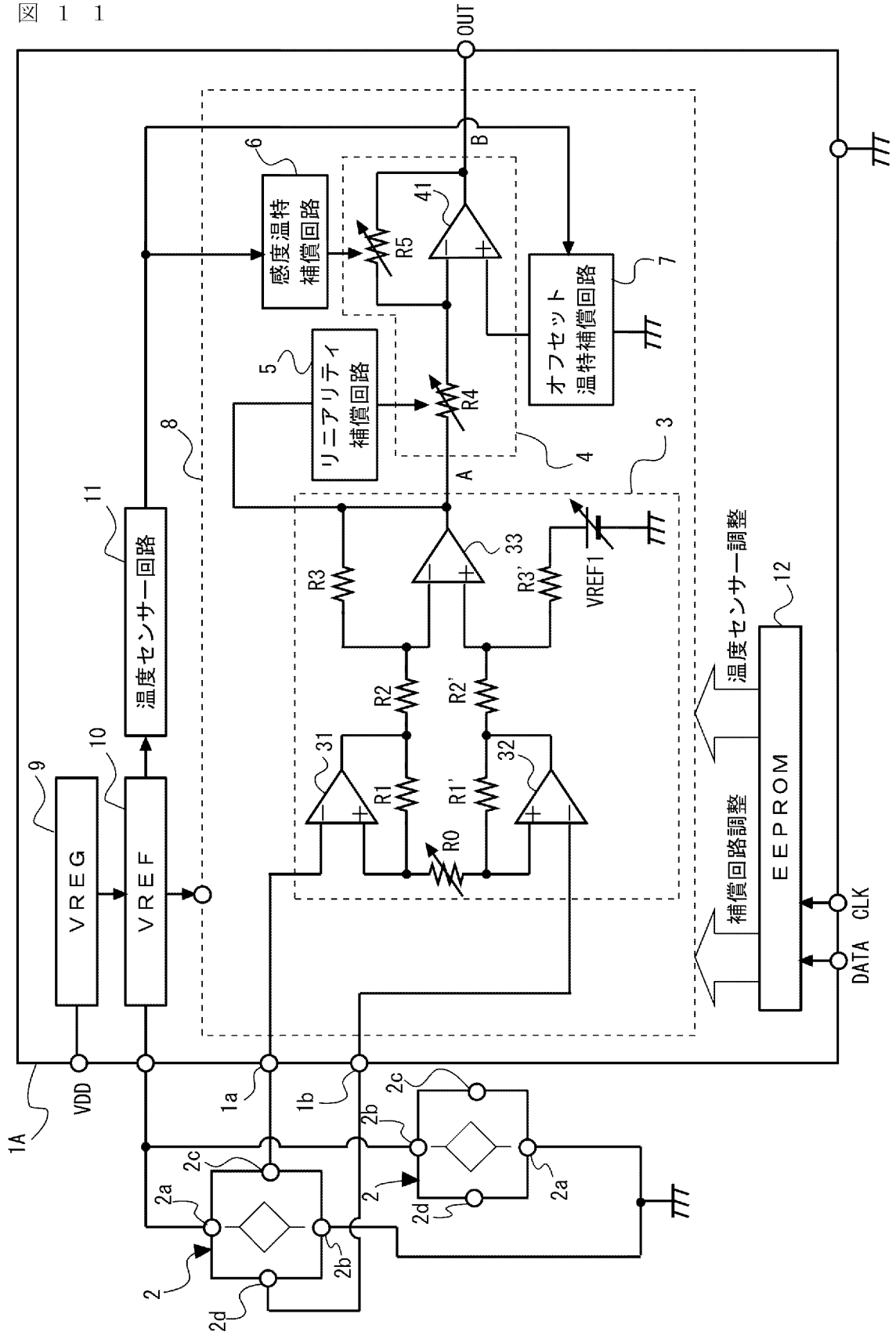
[図10]

図 1 0



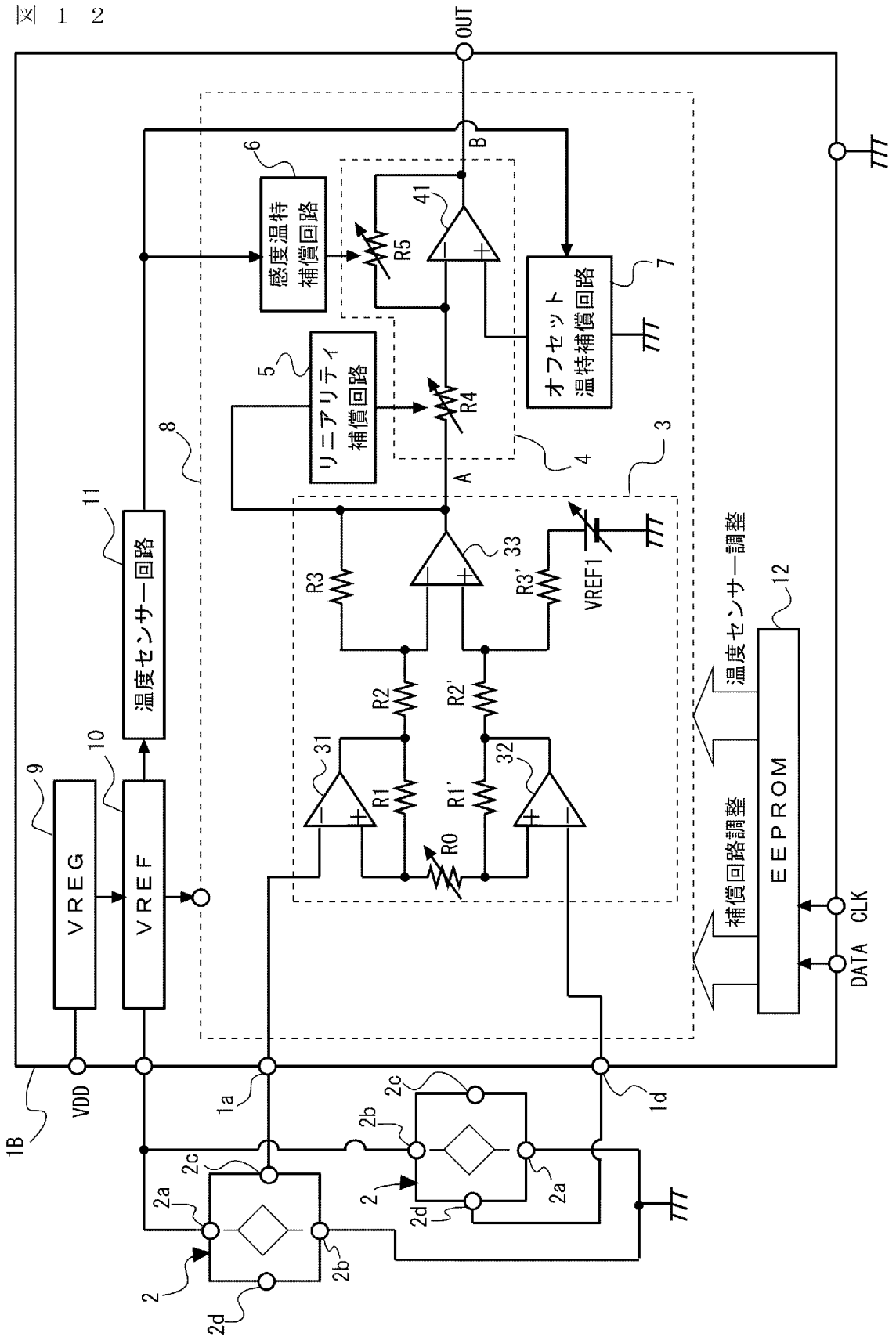
[図11]

図 1 1


OUT
B
A
感度温特補償回路
リニアリティ補償回路
オフセット温特補償回路
温度センサー回路
VREG
VREF
EEPROM
温度センサー調整
補償回路調整
VREF1
R0
R1
R1'
R2
R2'
R3
R3'
R4
R5
31
32
33
41
VDD
DATA
CLK
1A
1a
1b
2
2a
2b
2c
2d
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

[図12]

図 1 2


OUT
B
A
感度温特補償回路
リニアリティ補償回路
オフセット温特補償回路
温度センサー回路
VREG
VREF
EEPROM
温度センサー調整
補償回路調整
VREF1
R0
R1
R1'
R2
R2'
R3
R3'
R4
R5
VDD
CLK
DATA
1B
1a
1d
2
2a
2b
2c
2d
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
31
32
33
41

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/011139

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 15/20(2006.01)i; ***G01R 33/02***(2006.01)i; ***G01R 33/09***(2006.01)i; ***G01R 19/00***(2006.01)i
FI: G01R33/09; G01R19/00 B; G01R19/00 M; G01R33/02 X; G01R15/20 B

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)

G01R15/20; G01R33/02; G01R33/09; G01R19/00

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
X	JP 2006-194837 A (DENSO CORP.) 27 July 2006 (2006-07-27) paragraphs [0026]-[0033], fig. 3, 4	1
Y		5
A		2-4
Y	WO 2017/061206 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 13 April 2017 (2017-04-13) paragraph [0102]	5
A	JP 10-506193 A (LUST ANTRIEBSTECHNIK GMBH) 16 June 1998 (1998-06-16)	1-5
A	JP 2017-78646 A (KOHSHIN ELECTRIC CORP.) 27 April 2017 (2017-04-27)	1-5
A	JP 2012-47630 A (ON SEMICONDUCTOR TRADING LTD.) 08 March 2012 (2012-03-08)	2
A	WO 2020/188513 A1 (CROCUS TECHNOLOGY SA) 24 September 2020 (2020-09-24)	1-5

☐ 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	Date of mailing of the international search report
26 April 2022	**17 May 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/011139

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2006-194837 A	27 July 2006	(Family: none)	
WO 2017/061206 A1	13 April 2017	US 2018/0188294 A1 paragraph [0135] CN 108450013 A	
JP 10-506193 A	16 June 1998	US 5933003 A DE 4434417 A1	
JP 2017-78646 A	27 April 2017	(Family: none)	
JP 2012-47630 A	08 March 2012	(Family: none)	
WO 2020/188513 A1	24 September 2020	EP 3712632 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/011139

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01R 15/20(2006.01)i; G01R 33/02(2006.01)i; G01R 33/09(2006.01)i; G01R 19/00(2006.01)i
FI: G01R33/09; G01R19/00 B; G01R19/00 M; G01R33/02 X; G01R15/20 B

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））

G01R15/20; G01R33/02; G01R33/09; G01R19/00

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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
X	JP 2006-194837 A (株式会社デンソー) 27.07.2006 (2006-07-27) 段落００２６－００３３，図３－４	1
Y		5
A		2-4
Y	WO 2017/061206 A1 (株式会社村田製作所) 13.04.2017 (2017-04-13) 段落０１０２	5
A	JP 10-506193 A (ルスト アントリープステヒニク ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング) 16.06.1998 (1998-06-16)	1-5
A	JP 2017-78646 A (甲神電機株式会社) 27.04.2017 (2017-04-27)	1-5
A	JP 2012-47630 A (オンセミコンダクター・トレーディング・リミテッド) 08.03.2012 (2012-03-08)	2
A	WO 2020/188513 A1 (CROCUS TECHNOLOGY SA) 24.09.2020 (2020-09-24)	1-5

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
26.04.2022	17.05.2022

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
島▲崎▼　純一　2S 2577

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/011139

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2006-194837 A	27.07.2006	（ファミリーなし）	
WO 2017/061206 A1	13.04.2017	US 2018/0188294 A1 段落０１３５ CN 108450013 A	
JP 10-506193 A	16.06.1998	US 5933003 A DE 4434417 A1	
JP 2017-78646 A	27.04.2017	（ファミリーなし）	
JP 2012-47630 A	08.03.2012	（ファミリーなし）	
WO 2020/188513 A1	24.09.2020	EP 3712632 A	