

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6511336号  
(P6511336)

(45) 発行日 令和1年5月15日(2019.5.15)

(24) 登録日 平成31年4月12日(2019.4.12)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 1 D 3/028

(2006.01)

G O 1 D 3/028

D

G O 1 R 33/07

(2006.01)

G O 1 R 33/07

G O 1 R 33/02

(2006.01)

G O 1 R 33/02

X

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願2015-112309 (P2015-112309)

(22) 出願日

平成27年6月2日(2015.6.2)

(65) 公開番号

特開2016-223974 (P2016-223974A)

(43) 公開日

平成28年12月28日(2016.12.28)

審査請求日

平成30年4月9日(2018.4.9)

(73) 特許権者 715010864

エイブリック株式会社

千葉県千葉市美浜区中瀬一丁目8番地

(72) 発明者 有山 稔

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーアイナスツル株式会社内

審査官 榎永 雅夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 温度補償回路およびセンサ装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

少なくとも第一抵抗～第六抵抗の6つの抵抗を備え、

前記第一抵抗と前記第二抵抗との接続点に設けられる第一出力端子と、

前記第三抵抗と前記第四抵抗との接続点に設けられる第二出力端子と、

前記第一抵抗と前記第四抵抗との接続点に設けられる第一電圧端子と、

前記第二抵抗と前記第三抵抗との接続点に設けられる第二電圧端子と、

電源端子と前記第一電圧端子との間に接続された前記第五抵抗と、

接地端子と前記第二電圧端子との間に接続された前記第六抵抗と、

前記第一電圧端子と前記第二電圧端子との間に接続された第七抵抗と、を備え、

前記第一抵抗～前記第四抵抗のうち少なくともひとつの抵抗は、他の前記抵抗の抵抗値の温度係数と異なる温度係数を有し、

前記第一出力端子から出力される温度補償電圧と前記第二出力端子から出力される温度補償電圧が所定温度において等しくなるように、前記第一抵抗～前記第四抵抗のうち少なくともひとつの抵抗の抵抗値が調整されていることを特徴とする温度補償回路。

## 【請求項 2】

少なくとも第一抵抗～第六抵抗の6つの抵抗を備え、

前記第一抵抗と前記第二抵抗との接続点に設けられる第一出力端子と、

前記第三抵抗と前記第四抵抗との接続点に設けられる第二出力端子と、

前記第一抵抗と前記第四抵抗との接続点に設けられる第一電圧端子と、

10

20

前記第二抵抗と前記第三抵抗との接続点に設けられる第二電圧端子と、  
 電源端子と前記第一電圧端子との間に接続された前記第五抵抗と、  
 接地端子と前記第二電圧端子との間に接続された前記第六抵抗と、  
前記第一電圧端子と前記第二電圧端子との間に接続された第七抵抗と、を備え、  
 前記第一抵抗～前記第四抵抗のうち少なくともひとつの抵抗は、他の前記抵抗の抵抗値  
 の温度係数と異なる温度係数を有し、  
 前記第一抵抗の抵抗値と前記第三抵抗の抵抗値の積の値と前記第二抵抗の抵抗値と前記  
 第四抵抗の抵抗値の積の値とが、  
 所定温度において等しいことを特徴とする温度補償回路。

## 【請求項3】

10

前記温度補償回路において、  
 前記第一出力端子と前記第二出力端子との間に接続された第八抵抗を備えたことを特徴  
 とする請求項1または請求項2に記載の温度補償回路。

## 【請求項4】

センサ素子と、請求項1から3のいずれかに記載の温度補償回路と、を備え、

前記温度補償回路は、前記センサ素子の温度係数の補償を行うことを特徴とするセンサ  
 装置。

## 【請求項5】

センサ素子と、

20

前記センサ素子の出力電圧を比較する比較器と、

前記比較器の入力端子に温度補償電圧を出力して、前記センサ素子の温度係数の補償を  
行う温度補償回路と、を備え、

前記温度補償回路は、第一電圧端子と第一出力端子の間に接続される第一抵抗と、前記第一出力端子と第二電圧端子の間に接続される第二抵抗と、前記第二電圧端子と第二出力端子の間に接続される第三抵抗と、前記第二出力端子と前記第一電圧端子の間に接続される第四抵抗と、電源端子と前記第一電圧端子との間に接続された前記第五抵抗と、接地端子と前記第二電圧端子との間に接続された前記第六抵抗と、を備え、

30

前記第一抵抗～前記第四抵抗のうち少なくともひとつの抵抗は、他の前記抵抗の抵抗値  
の温度係数と異なる温度係数を有し、

前記第一出力端子から出力される温度補償電圧と前記第二出力端子から出力される温度  
補償電圧が所定温度において等しくなるように、前記第一抵抗～前記第四抵抗のうち少な  
くともひとつの抵抗の抵抗値が調整されている  
 ことを特徴とするセンサ装置。

## 【請求項6】

センサ素子と、前記センサ素子の出力電圧を比較する比較器と、

前記比較器の入力端子に温度補償電圧を出力して、前記センサ素子の温度係数の補償を  
行う温度補償回路と、を備え、

前記温度補償回路は、第一電圧端子と第一出力端子の間に接続される第一抵抗と、前記第一出力端子と第二電圧端子の間に接続される第二抵抗と、前記第二電圧端子と第二出力端子の間に接続される第三抵抗と、前記第二出力端子と前記第一電圧端子の間に接続される第四抵抗と、電源端子と前記第一電圧端子との間に接続された前記第五抵抗と、接地端子と前記第二電圧端子との間に接続された前記第六抵抗と、を備え、

40

前記第一抵抗～前記第四抵抗のうち少なくともひとつの抵抗は、他の前記抵抗の抵抗値  
の温度係数と異なる温度係数を有し、

前記第一抵抗の抵抗値と前記第三抵抗の抵抗値の積の値と前記第二抵抗の抵抗値と前記第四抵抗の抵抗値の積の値とが、所定温度において等しいことを特徴とするセンサ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、温度補償回路およびセンサ装置に関し、特にセンサ素子の感度の温度補償を行う回路に関する。 10

【背景技術】

【0002】

昨今、様々なセンサ装置が電子機器に搭載され、活用されている。例としては、磁気センサ装置を電子機器に搭載し、磁石を蓋やカバーに備え付けた例が挙げられる。電子機器は、蓋やカバーが電子機器から遠い状態では通常動作を行い、蓋やカバーが電子機器に近づいた状態では、省電力モードに移行するように動作する。磁気センサ装置は、蓋やカバーと電子機器の遠近を、磁石からの磁束密度の変化により検出し、印加される磁束密度が所定値以下の状態であるか所定値以上の状態であるかを出力し、電子機器に伝達する。ここで、センサ装置の出力信号は、温度変化に対して一定であることが理想的であるが、センサ装置を構成するセンサ素子そのものの出力信号が温度依存を有していることから、センサ素子の温度依存を補償するための温度補償回路をセンサ装置に搭載することが求められている。 20

【0003】

従来の温度補償回路の一例の回路図を図10に示す。従来の温度補償回路BL1は、電源端子VDDと接地端子VSSとの間に順に直列接続された抵抗R11～R14と、抵抗R41とで構成されている。抵抗R11と抵抗R12の接続点である第一出力端子NTH1からは第一基準電圧VTH1が出力され、抵抗R12と抵抗R13の接続点である基準電圧端子NREFからは基準電圧VREFが出力され、抵抗R13と抵抗R14の接続点である第二出力端子NTH2からは第二基準電圧VTH2が出力される。抵抗R41は、第一出力端子NTH1と第二出力端子NTH2との間に接続される。 20

【0004】

抵抗R11～R14は、抵抗値R11と抵抗値R14が等しく、抵抗値R12と抵抗値R13が等しく、抵抗値の温度係数が等しい。抵抗R41は、抵抗値の温度係数が抵抗R11～R14の抵抗値の温度係数と異なっている。ここでは説明の便宜上、抵抗R11～R14の抵抗値の温度係数は、抵抗R41の抵抗値の温度係数よりも大きいとすると、 30

【0005】

【数1】

$$VTH1 - VREF = VDD \times \frac{RX/R11}{2 \times (2 + RX/R11)} \dots (A1)$$

【0006】

【数2】

$$VTH2 - VREF = - VDD \times \frac{RX/R11}{2 \times (2 + RX/R11)} \dots (A2)$$

【0007】

【数3】

$$VREF = \frac{VDD}{2} \dots (A3)$$

**【0008】**

となる。ここで、接地端子VSSの電圧を零（ゼロ）とした。また、RXは第一出力端子NTH1と第二出力端子NTH2との間の抵抗値であり、次式で表される。

**【0009】****【数4】**

$$RX = \frac{2 \times R11 \times R41}{2 \times R11 + R41} \dots \text{(A4)}$$

**【0010】**

式(A1)および式(A2)に式(A4)を代入すると次式を得る。

10

**【0011】****【数5】**

$$VTH1 - VREF = +VDD \times \frac{1}{4 \cdot (R11/R41 + 1)} \dots \text{(A5)}$$

**【0012】****【数6】**

$$VTH2 - VREF = -VDD \times \frac{1}{4 \cdot (R11/R41 + 1)} \dots \text{(A6)}$$

20

**【0013】**

温度が高くなると抵抗R41の抵抗値は抵抗R11の抵抗値よりも小さくなるので、R11/R41の項は高温で大きくなり、図11に示すように、VTH1 - VREFは高温で小さくなり、またVREF - VTH2も小さくなる。以上のように、基準電圧に温度依存性を持たせ、基準電圧の温度係数をセンサ素子の温度係数とあわせることで、センサ装置の出力が温度変化に対して一定になり、温度依存のない高精度な出力を実現することができる。また、抵抗R41と抵抗R11～R14の抵抗値を調整し、温度係数の異なる抵抗の比を調整することによって温度補償量の調整が可能であり、広範なセンサと装置または半導体装置で応用可能な温度補償回路が小さな回路規模で実現されていた。

**【先行技術文献】**

30

**【特許文献】****【0014】****【特許文献1】特開2010-117270号公報****【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0015】**

しかしながら、従来の温度補償回路においては、温度補償量とともに、ある基準温度での補償量も変化してしまうため、基準温度での最適な補償量と最適な温度補償量を両立可能な抵抗値の範囲が狭く、温度補償回路を使用可能な範囲が限定されるという課題があった。すなわち、温度補償量のみを独立に調整することができないという課題があった。

40

**【課題を解決するための手段】****【0016】**

従来のこのような問題点を解決するために、本発明の温度補償回路は以下の構成とした。

**【0017】**

少なくとも第一抵抗～第六抵抗の6つの抵抗を備え、第一抵抗と第二抵抗との接続点に設けられる第一出力端子と、第三抵抗と第四抵抗との接続点に設けられる第二出力端子と、第一抵抗と第四抵抗との接続点に設けられる第一電圧端子と、第二抵抗と第三抵抗との接続点に設けられる第二電圧端子と、電源端子と第一電圧端子との間に接続された第五抵抗と、接地端子と第二電圧端子との間に接続された第六抵抗とを備え、第一抵抗～第四抵

50

抗のうち少なくともひとつの抵抗の抵抗値は他の抵抗の抵抗値の温度係数と異なる温度係数を有し、第一出力端子から出力される温度補償電圧と第二出力端子から出力される温度補償電圧が所定温度において等しくなるように、第一抵抗～第四抵抗のうち少なくともひとつの抵抗の抵抗値が調整されていることを特徴とした温度補償回路。

**【発明の効果】**

**【0018】**

本発明の温度補償回路によれば、温度係数の異なる抵抗を有効的に活用することにより、温度係数のみを調整可能であり、かつ温度補償量を調整可能な温度補償回路を比較的小さな回路規模で実現することが可能になる。

**【図面の簡単な説明】**

10

**【0019】**

【図1】第1の実施形態の温度補償回路の回路図である。

【図2】第1の実施形態に用いる抵抗の温度依存を示す図である。

【図3】第1の実施形態の出力電圧の温度依存を示す図である。

【図4】第2の実施形態の温度補償回路の回路図である。

【図5】第3の実施形態の温度補償回路の回路図である。

【図6】磁気センサの感度の温度依存を示す図である。

【図7】本発明の温度補償回路を磁気センサ装置に応用した例の回路図である。

【図8】本発明の温度補償回路を磁気センサ装置に応用した他の例の回路図である。

【図9】磁気センサ装置に用いる基準電圧回路の一例を示す回路図である。

20

【図10】従来の温度補償回路の回路図である。

【図11】従来の温度補償回路の基準電圧の温度依存を示す図である。

**【発明を実施するための形態】**

**【0020】**

本発明の温度補償回路は、半導体回路における温度補償回路として幅広く利用されうる。以下、本発明の温度補償回路について図面を参照して説明する。

<第1の実施形態>

図1は、第1の実施形態の温度補償回路の回路図である。第1の実施形態の温度補償回路1は、抵抗R1～R6で構成されている。

**【0021】**

30

抵抗R1と抵抗R2との接続点に第一出力端子Nr1が設けられ、抵抗R3と抵抗R4との接続点に第二出力端子Nr2が設けられる。抵抗R1と抵抗R4との接続点に第一電圧端子Naが設けられ、抵抗R2と抵抗R3との接続点に第二電圧端子Nbが設けられる。電源端子VDDと第一電圧端子Naとの間に抵抗R5が接続され、接地端子VSSと第二電圧端子Nbとの間に抵抗R6が接続される。

**【0022】**

第一出力端子Nr1、第二出力端子Nr2、第一電圧端子Na、第二電圧端子Nbの各端子の電圧をそれぞれVr1、Vr2、Va、Vbのように表す。Vr1、Vr2は次の式で算出される。

**【0023】**

40

**【数7】**

$$V_{r1} = \frac{R2 \times V_a + R1 \times V_b}{R1 + R2} \dots (1)$$

**【0024】**

**【数8】**

$$V_{r2} = \frac{R3 \times V_a + R4 \times V_b}{R3 + R4} \dots (2)$$

**【0025】**

50

$V_{r1}$  と  $V_{r2}$  の差分を温度補償電圧  $V_r$  とおくと、温度補償電圧  $V_r$  は次式で表される。

【0026】

【数9】

$$\Delta V_r = V_{r1} - V_{r2} = \frac{R_2 \times R_4 - R_1 \times R_3}{(R_1 + R_2) \times (R_3 + R_4)} \times (V_a - V_b) \quad \dots \quad (3)$$

【0027】

抵抗  $R_1 \sim R_4$  のうち少なくとも一つの抵抗の抵抗値は、他の抵抗の抵抗値の温度係数と異なる温度係数を有している。

10

【0028】

図2は、第1の実施形態に用いる抵抗  $R_1 \sim R_4$  の抵抗値の温度依存を示す図である。説明の便宜上、例として、抵抗  $R_1$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  の抵抗値と各抵抗値の温度係数は等しく、抵抗  $R_2$  の抵抗値の温度係数は抵抗  $R_1$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  の抵抗値の温度係数と異なり、特に温度係数が小さいとする。抵抗  $R_1$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  の各抵抗値の温度係数を第一温度係数とし、抵抗  $R_2$  の抵抗値の温度係数を第二温度係数とする。また、ある所定の温度  $T_0$  で抵抗  $R_1$  と抵抗  $R_2$  の抵抗値が等しいとすると、温度補償電圧  $V_r$  は式(3)から次のように表される。

【0029】

【数10】

20

$$\Delta V_r = \frac{1}{2} \times \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} \times (V_a - V_b) \quad \dots \quad (4)$$

【0030】

ここで、 $\alpha$  は抵抗  $R_2$  と抵抗  $R_1$  の比であり、 $\alpha = R_2 / R_1$  である。温度  $T_0$  では抵抗  $R_1$  と抵抗  $R_2$  の抵抗値が等しく、 $\alpha = 1$  となるから、温度補償電圧  $V_r$  は零（ゼロ）になる。温度  $T_0$  よりも高い温度では、抵抗  $R_2$  の抵抗値は抵抗  $R_1$  の抵抗値よりも小さくなるので、 $\alpha < 1$  であり、温度補償電圧  $V_r$  は負の値になる。温度  $T_0$  よりも低い温度では、抵抗  $R_2$  の抵抗値は抵抗  $R_1$  の抵抗値よりも大きくなるので、 $\alpha > 1$  であり、温度補償電圧  $V_r$  は正の値になる。この様子を図3に示した。

30

【0031】

図3は、第1の実施形態の出力電圧の温度依存を示す図である。温度  $T_0$  では  $V_r = V_{r1} - V_{r2} = 0$  から  $V_{r1} = V_{r2}$  となる。温度  $T_0$  よりも高い温度では、 $V_r = V_{r1} - V_{r2} < 0$  から  $V_{r1} < V_{r2}$  となる。温度  $T_0$  よりも低い温度では、 $V_r = V_{r1} - V_{r2} > 0$  から  $V_{r1} > V_{r2}$  となる。

【0032】

また、温度  $T_0$  以外の温度における温度補償電圧  $V_r$  の大きさは、式(4)で表されるように、 $\alpha = R_2 / R_1$ 、すなわち抵抗  $R_1$  と  $R_2$  の大きさによって変化するが、前述のとおり、抵抗  $R_2$  と  $R_1$  は温度  $T_0$  で抵抗値が等しくなる様に調整するため、温度  $T_0$  以外の温度における大きさを調整するのは困難である。温度補償電圧  $V_r$  の大きさを調整するために、抵抗  $R_5$  と抵抗  $R_6$  を設けている。

40

【0033】

温度補償電圧  $V_r$  は式(4)で表されるように、 $(V_a - V_b)$  の値によって大きさが変化する。以降では  $(V_a - V_b)$  を算出する。抵抗  $R_5$  と抵抗  $R_6$  に流れる電流をそれぞれ  $I_5$ 、 $I_6$  とおくと、それぞれ次式で表される。

【0034】

【数11】

$$I_5 = \frac{VDD - V_a}{R_5} \quad \dots \quad (5)$$

50

【0035】

【数12】

$$I_6 = \frac{V_b - V_{SS}}{R_6} \dots (6)$$

【0036】

上式を変形して、 $V_a$ と $V_b$ 、さらに $V_a - V_b$ を求めるとき次式を得る。

【0037】

【数13】

$$V_a = VDD - I_5 \cdot R_5 \dots (7)$$

【0038】

【数14】

$$V_b = VSS - I_6 \cdot R_6 \dots (8)$$

【0039】

【数15】

$$V_a - V_b = (VDD - VSS) - I_5 \cdot R_5 + I_6 \cdot R_6 \dots (9)$$

20

【0040】

回路構成上、電流 $I_5$ と電流 $I_6$ は等しいので式(9)は次式のようになる。

【0041】

【数16】

$$V_a - V_b = (VDD - VSS) - I_5 \cdot (R_5 + R_6) \dots (10)$$

【0042】

ここで、抵抗 $R_1 \sim R_4$ からなる抵抗の等価抵抗を $R_a$ 、抵抗 $R_1 \sim R_6$ からなる抵抗の等価抵抗を $R_t$ とおくと、等価抵抗 $R_a$ と等価抵抗 $R_t$ は以下の式で表される。

【0043】

30

【数17】

$$R_a = \frac{(R_1 + R_2) \times (R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2) + (R_3 + R_4)} \dots (11)$$

【0044】

【数18】

$$R_t = R_5 + R_6 + R_a \dots (12)$$

【0045】

40

回路構成上、抵抗 $R_5$ に流れる電流と等価抵抗 $R_t$ に流れる電流は等しいから、

【0046】

【数19】

$$I_5 = \frac{VDD - VSS}{R_t} \dots (13)$$

【0047】

となる。式(10)に式(13)を代入すると次式を得る。

【0048】

【数20】

$$V_a - V_b = \left( 1 - \frac{R_5 + R_6}{R_t} \right) \times (VDD - VSS) \cdots (14)$$

【0049】

式(14)に式(12)を代入すると

【0050】

【数21】

$$V_a - V_b = \frac{R_a}{R_5 + R_6 + R_a} \times (VDD - VSS) \cdots (15)$$

10

【0051】

となる。さらに式(15)を変形して次式を得る。

【0052】

【数22】

$$V_a - V_b = \frac{1}{1 + \frac{R_5 + R_6}{R_a}} \times (VDD - VSS) \cdots (16)$$

20

【0053】

式(16)に式(11)を代入すると次式になる。

【0054】

【数23】

$$V_a - V_b = \frac{1}{1 + (R_5 + R_6) \times \frac{(R_1 + R_2) + (R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2) \times (R_3 + R_4)}} \times (VDD - VSS) \cdots (17)$$

30

【0055】

従って、抵抗R5、R6の抵抗値が大きいほどV<sub>a</sub>-V<sub>b</sub>は小さくなり、式(3)または式(4)で示す温度補償電圧V<sub>r</sub>の値も小さくなる。言い換えると、抵抗R5と抵抗R6の抵抗値を任意の値に設定することによってV<sub>a</sub>-V<sub>b</sub>の大きさを任意に調整可能であり、従って、式(3)または式(4)で示す温度補償電圧V<sub>r</sub>の大きさも任意に調整可能となる。一方、抵抗R5と抵抗R6の抵抗値がどのような抵抗値であっても、温度T<sub>0</sub>では温度補償電圧V<sub>r</sub>の大きさはゼロであるから、本実施例の温度補償回路は、温度補償量のみを独立に調整することが可能である。

【0056】

40

以上により本発明の第1の実施形態の温度補償回路の動作を説明し、温度係数の異なる抵抗を有効的に活用することにより、温度係数のみを調整可能であり、かつ温度補償量を調整可能な温度補償回路を比較的小さな回路規模で実現できることを示した。

【0057】

本説明においては、抵抗R1～R4の各抵抗の抵抗値と抵抗値の温度依存の一例の関係を示したが、本説明内で記載した構成であれば、必ずしもこの抵抗間の関係に制限されるものではない。例えば、抵抗R1の抵抗値の温度係数を抵抗R2～R4と異ならせるようにしてよく、また抵抗R3の抵抗値の温度係数を抵抗R1、R2、R4と異ならせるようにしてよい。または、抵抗R1とR3の抵抗値の温度係数を等しくし、これと異なる抵抗値の温度係数を有する抵抗R2とR4を用いてよい。説明のために、抵抗R1と抵

50

抗 R 3 の抵抗値は等しく、抵抗 R 2 と抵抗 R 4 の抵抗値は等しく、抵抗 R 2 と R 1 の比を  
とし、 $\alpha = R_2 / R_1$  で表すと、式(3)から温度補償電圧  $V_r$  は次式のようになる  
。

【0058】

【数24】

$$\Delta V_r = \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} \times (V_a - V_b) \quad \dots (18)$$

【0059】

式(18)の右辺は、式(4)の右辺の2倍の大きさになる。従って、温度補償電圧  $V_r$  の大きさは、式(4)で説明した場合の2倍となり、温度  $T_0$  では大きさが零になるため、上記で説明した温度補償回路の特徴と同じく有している。また、温度  $T_0$  で温度補償電圧  $V_r$  が零になる条件として、上記の説明では  $R_1 = R_2$  の場合を挙げたが、この限りではなく、式(3)の分数部分の分子が零になるような抵抗値を選定すれば良い。具体的には、 $R_2 \times R_4$  と  $R_1 \times R_3$  が等しくなるように抵抗値を選定すれば良い。

【0060】

<第2の実施形態>

図4は、第2の実施形態の温度補償回路の回路図である。図1に示した第1の実施形態との違いは、抵抗 R 7 を追加した点である。追加した抵抗 R 7 は第一電圧端子 N a 、第二電圧端子 N b との間に接続される。抵抗 R 7 が追加されたことにより、抵抗 R 1 ~ R 4 と抵抗 R 7 からなる抵抗の等価抵抗 R a' は次のようになる。

【0061】

【数25】

$$R_{a'} = \frac{R_7}{R_7 + R_a} \times R_a \quad \dots (19)$$

【0062】

ここで、R a' は、第一の実施形態の式(11)で示した抵抗 R 1 ~ R 4 からなる等価抵抗 R a と同じである。また、抵抗 R 1 ~ R 7 からなる抵抗の等価抵抗を R t' とおくと、等価抵抗 R t' は以下の式で表される。

【0063】

【数26】

$$R_{t'} = R_5 + R_6 + R_{a'} \quad \dots (20)$$

【0064】

第一の実施形態の式(13)から式(17)の導出過程と同様にして  $V_a - V_b$  を求める  
と、次式のようになる。

回路構成上、抵抗 R 5 に流れる電流と等価抵抗 R t' に流れる電流は等しいから、

【0065】

【数27】

$$I_5 = \frac{VDD - VSS}{R_{t'}} \quad \dots (21)$$

【0066】

10

20

30

40

50

となる。式(10)に式(21)を代入すると次式を得る。

【0067】

【数28】

$$V_a - V_b = \left( 1 - \frac{R_5 + R_6}{R_t} \right) \times (VDD - VSS) \cdots (22)$$

【0068】

式(22)に式(20)を代入すると

【0069】

【数29】

$$V_a - V_b = \frac{R_a'}{R_5 + R_6 + R_a} \times (VDD - VSS) \cdots (23)$$

【0070】

をとなる。さらに式(23)を変形して次式を得る。

【0071】

【数30】

$$V_a - V_b = \frac{1}{1 + \frac{R_5 + R_6}{R_a}} \times (VDD - VSS) \cdots (24)$$

10

【0072】

式(24)に式(19)を代入すると次式になる。

【0073】

【数31】

$$V_a - V_b = \frac{1}{1 + \frac{R_5 + R_6}{R_a} \times \left( 1 + \frac{R_a}{R_7} \right)} \times (VDD - VSS) \cdots (25)$$

20

【0074】

第一の実施形態で求めた式(16)と比較すると、分母に( $1 + R_a / R_7$ )の項が追加されている。すなわち、抵抗 $R_7$ を追加したことにより $V_a - V_b$ の値が小さくなり、抵抗 $R_7$ の抵抗値が小さいほど $V_a - V_b$ は小さくなり、式(3)または式(4)で示す温度補償電圧 $V_r$ の値も小さくなる。言い換えると、抵抗 $R_7$ の抵抗値を任意の値に設定することによって $V_a - V_b$ の大きさを任意に調整可能であり、従って、式(3)または式(4)で示す温度補償電圧 $V_r$ の大きさも任意に調整可能となる。一方、抵抗 $R_7$ の抵抗値がどのような抵抗値であっても、温度 $T_0$ では温度補償電圧 $V_r$ の大きさはゼロであるから、本実施形態の温度補償回路は、温度補償量のみを独立に調整することが可能である。また、抵抗 $R_7$ の抵抗値の温度係数を等価抵抗 $R_a$ の抵抗値の温度係数と異なることにより、 $V_a - V_b$ にも温度依存を持たせることができることになるため、より柔軟に温度補償電圧 $V_r$ の大きさを調整することも可能である。

40

【0075】

以上により本発明の第2の実施形態の温度補償回路の動作を説明し、温度係数の異なる抵抗を有効的に活用することにより、温度係数のみを調整可能であり、かつ温度補償量を調整可能な温度補償回路を比較的小さな回路規模で実現できることを示した。

【0076】

50

## &lt;第3の実施形態&gt;

図5は、第3の実施形態の温度補償回路の回路図である。図1に示した第1の実施形態との違いは、抵抗R8を追加した点である。追加した抵抗R8は第一出力端子Nr1と第二出力端子Nr2との間に接続される。以下、本実施例における第一出力端子Nr1の電圧Vr1'、第二出力端子Nr2の電圧Vr2'、温度補償電圧Vr'を算出する。抵抗R1～R4およびR8に流れる電流をそれぞれI1～I4、I8とすると、それぞれの関係は次式で表される。

【0077】

【数32】

$$I_1 = \frac{V_a - V_{r1}'}{R_1} \dots \quad (26) \quad 10$$

【0078】

【数33】

$$I_2 = \frac{V_{r1}' - V_b}{R_2} \dots \quad (27)$$

【0079】

【数34】

$$I_3 = \frac{V_{r2}' - V_b}{R_3} \dots \quad (28) \quad 20$$

【0080】

【数35】

$$I_4 = \frac{V_a - V_{r2}'}{R_4} \dots \quad (29)$$

【0081】

【数36】

$$I_8 = \frac{V_{r2}' - V_{r1}'}{R_8} \dots \quad (30) \quad 30$$

【0082】

【数37】

$$I_4 = I_3 + I_8 \dots \quad (31)$$

【0083】

【数38】

$$I_2 = I_1 + I_8 \dots \quad (32) \quad 40$$

【0084】

式(26)～式(32)から温度補償電圧  $V_r' = V_{r1}' - V_{r2}'$  を算出すると、次式のようになる。

【0085】

## 【数39】

$$\Delta V_r' = \frac{R_2 \times R_4 - R_1 \times R_3}{(R_1 + R_2) \times (R_3 + R_4)} \times (V_a - V_b) \\ \times \frac{1}{1 + \frac{1}{R_8} \times \left( \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4} \right)} \quad \dots \quad (33)$$

## 【0086】

10

ここで、途中の計算式は割愛した。式(33)で表される本実施形態の温度補償電圧  $V_r'$  と、式(3)で表される第1の実施形態の温度補償回路の温度補償電圧  $V_r$  とを比較すると、

## 【0087】

## 【数40】

$$\Delta V_r' = \Delta V_r \times \frac{1}{1 + \frac{1}{R_8} \times \left( \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4} \right)} \quad \dots \quad (34)$$

20

## 【0088】

30

の関係で表される。すなわち、抵抗  $R_8$  を追加したことにより温度補償電圧  $V_r'$  の値が小さくなる。言い換えると、抵抗  $R_8$  の抵抗値を任意の値に設定することによって温度補償電圧  $V_r'$  の大きさを任意に調整可能となる。一方、抵抗  $R_8$  の抵抗値がどのような抵抗値であっても、温度  $T_0$  では温度補償電圧  $V_r$  の大きさはゼロであるから、本実施形態の温度補償回路は、温度補償量のみを独立に調整することが可能である。また、抵抗  $R_8$  の抵抗値の温度係数を、抵抗  $R_1 \sim R_4$  のうち少なくともひとつの抵抗の抵抗値の温度係数と同じにするか、または、上記の抵抗  $R_1 \sim R_4$  のうち少なくともひとつの抵抗以外の抵抗の抵抗値の温度係数と同じにするか、および抵抗  $R_8$  の抵抗値の大きさにより、温度補償電圧  $V_r'$  の温度係数を変えることが可能になるため、より柔軟に温度補償電圧  $V_r$  の大きさを調整することも可能である。

## 【0089】

以上により本発明の第3の実施形態の温度補償回路の動作を説明し、温度係数の異なる抵抗を有効的に活用することにより、温度係数のみを調整可能であり、かつ温度補償量を調整可能な温度補償回路を比較的小さな回路規模で実現できることを示した。

## 【0090】

<本発明の温度補償回路の応用例>

図6は、センサ素子の感度の温度依存を示した図である。例として、磁気センサの一例であるホール素子の感度の温度依存を示した。ホール素子の感度は、一般には移動度に比例するため、高温で感度が低くなる特性を示す。所定の温度  $T_0$  における感度を  $k_0$  とすると、所定の温度  $T_0$  よりも高い温度では感度は  $k_0$  よりも低くなり、所定の温度  $T_0$  よりも低い温度では感度は  $k_0$  よりも高くなる。センサ素子を搭載したセンサ装置の出力には、温度に対して変化の無いまたは変化が小さいことが求められるから、センサ装置にはセンサ素子の温度依存特性を補償する回路が求められる、このような場合に本発明の温度補償回路は好適である。図7および図8に、本発明の温度補償回路をセンサ装置に適用した例を示す。

40

## 【0091】

図7は、本発明の温度補償回路を磁気センサ装置に応用した例の回路図である。磁電変換素子であるホール素子2の信号は、スイッチ回路3を介して差動増幅器4に入力され、差動増幅器4はこれを増幅し、容量C1、C2を介して比較器5に入力される。比較器5

50

では、ホール素子 2 の出力である、印加された磁束密度に応じた信号にもとづいて端子 N 1 および端子 N 2 に供給される電圧差と、端子 N 3 および端子 N 4 に供給される電圧差とを比較して、印加された磁束密度が所定の磁束密度よりも大きいか小さいかを出力する。スイッチ回路 3、スイッチ S 1、S 2、および容量 C 1 ~ C 4、基準電圧  $V_{ref}$  は、ホール素子 2 や差動増幅器 4 や比較器 5 が有している誤差成分を除去し、高精度な比較結果を得るために用いられる。図 6 で示したように、ホール素子 2 の感度は温度依存をもつため、端子 N 3 および端子 N 4 に供給される電圧差が温度に対して一定である場合には、比較器 5 の出力、すなわち磁気センサ装置の出力は、温度に対して一定でない、温度依存を有する出力になる。このホール素子 2 の温度依存を補償するために、端子 N 3 および端子 N 4 には、本発明の温度補償回路 1 の第一出力端子 N r 1 および第二出力端子 N r 2 が、スイッチ S 3、S 3 x、S 4、S 4 x を介して接続され、温度補償電圧  $V_r$  または  $V_{r'}$  が供給されることにより、温度依存のない磁気センサ装置の出力を得ることが可能になる。  
10

#### 【0092】

図 8 は、本発明の温度補償回路を磁気センサ装置に応用した他の例の回路図である。図 7 に示した磁気センサ装置との違いは、基準電圧回路 6 とスイッチ S 5、S 5 x、S 6、S 6 x を追加した点である。端子 N 3 および端子 N 4 には、基準電圧回路 6 の出力端子 N r 3 および出力端子 N r 4 が、スイッチ S 5、S 5 x、S 6、S 6 x を介して接続され、温度依存のない基準電圧  $V_{ref}$  が供給される。従って、所定の温度  $T_0$  での補償量を基準電圧回路 6 により供給し、温度補償量を温度補償回路 1 により供給することが可能である。言い換えると、温度依存のない磁気センサ装置の出力を得ることができると共に、印加された磁束密度が所定の磁束密度よりも大きいか小さいかの閾値レベルを調整することが可能になる。  
20

#### 【0093】

図 9 は、図 8 に示した基準電圧回路 6 の一例を示す回路図である。基準電圧回路 6 は、電源端子 V DD と接地端子 V SS の間に直列に接続された抵抗  $R_x 1 \sim R_x 3$  で構成される。抵抗  $R_x 1$  と  $R_x 2$  の接続点に出力端子 N r 3 が設けられ、抵抗  $R_x 2$  と  $R_x 3$  の接続点に出力端子 N r 4 が設けられる。

出力端子 N r 3 および出力端子 N r 4 の電圧をそれぞれ  $V_r 3$ 、 $V_r 4$ 、基準電圧  $V_{ref} = V_r 3 - V_r 4$  とすると次式を得る。  
30

#### 【0094】

#### 【数41】

$$\Delta V_{ref} = \frac{R_x 2}{R_x 1 + R_x 2 + R_x 3} \times (V_{DD} - V_{SS}) \quad \dots (35)$$

#### 【0095】

抵抗  $R_x 1 \sim R_x 3$  を同じ温度係数を有する抵抗で構成すると、基準電圧  $V_{ref}$  は温度依存のない電圧となる。また、 $V_{ref}$  の大きさは、抵抗  $R_x 1 \sim R_x 3$  の比を調整することにより、任意に調整可能である。  
40

#### 【0096】

図 7 ~ 9 に本発明の温度補償回路を磁気センサ装置に応用した例を示した。本説明においては、説明のために具体的な例を示したが、必ずしもこの構成やセンサ素子に制限されるものではなく、広範な半導体回路において応用可能である。

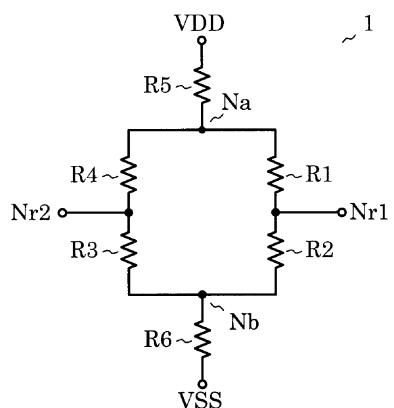
#### 【符号の説明】

#### 【0097】

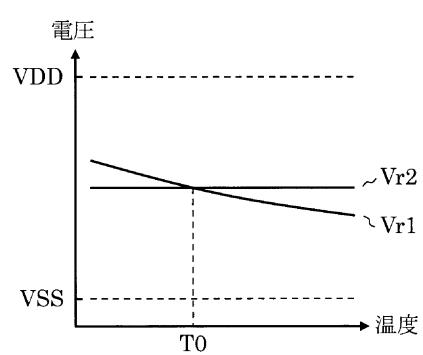
- 1 温度補償回路
- 2 ホール素子
- 3 スイッチ回路
- 4 差動増幅器

- 5 比較器  
6 基準電圧回路

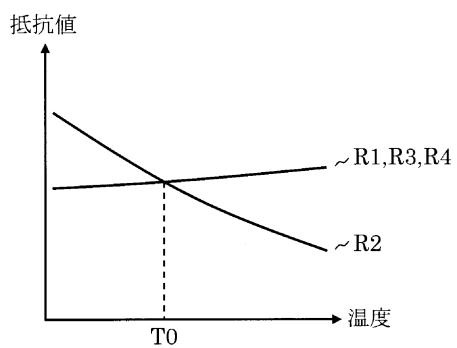
【図1】



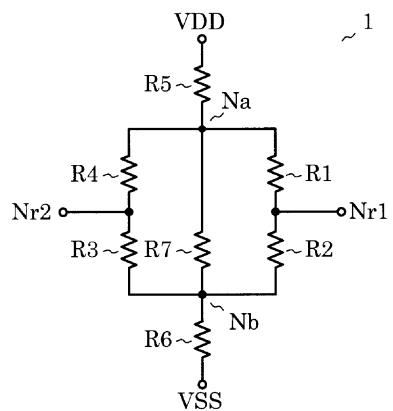
【図3】



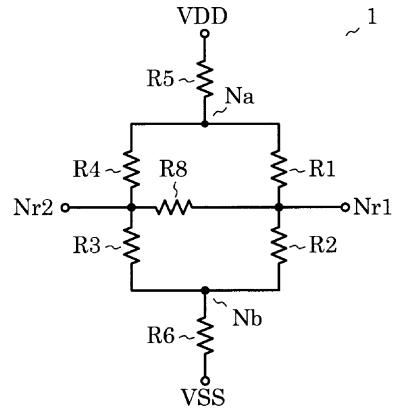
【図2】



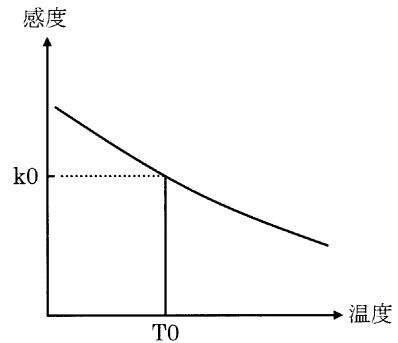
【図4】



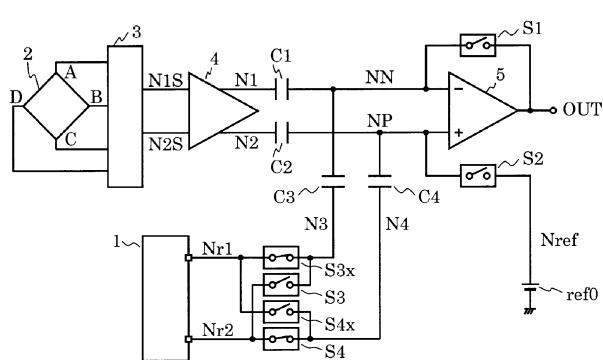
【図5】



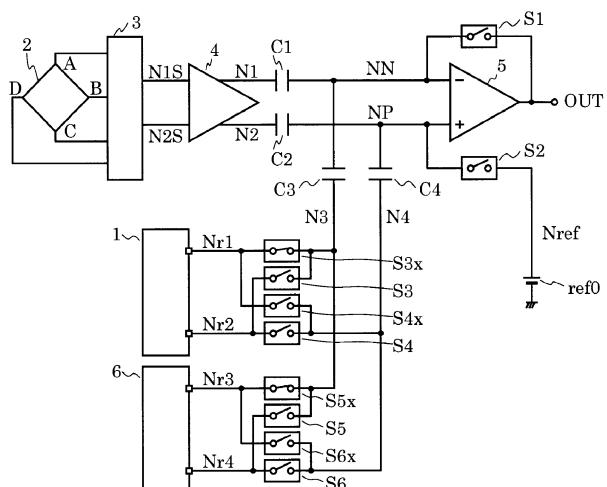
【図6】



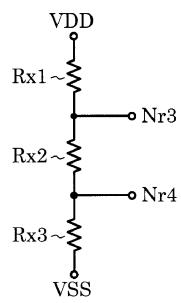
【図7】



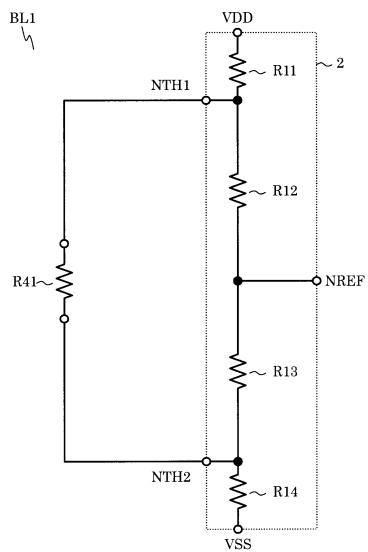
【図8】



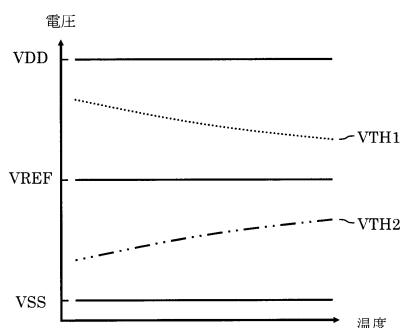
【図 9】



【図 10】



【図 11】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-121891(JP,A)  
実開平2-21581(JP,U)  
特開昭56-140203(JP,A)  
米国特許第4363243(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 D        3 / 00 - 036  
G 01 R        33 / 00 - 18