

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4258430号  
(P4258430)

(45) 発行日 平成21年4月30日(2009.4.30)

(24) 登録日 平成21年2月20日(2009.2.20)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 R 19/00 (2006.01)	GO 1 R 19/00 P
GO 1 R 33/07 (2006.01)	GO 1 R 33/06 H
GO 1 R 15/20 (2006.01)	GO 1 R 15/02 A
HO 1 L 43/06 (2006.01)	HO 1 L 43/06 A

請求項の数 1 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2004-141002 (P2004-141002)	(73) 特許権者	000004329
(22) 出願日	平成16年5月11日(2004.5.11)		日本ビクター株式会社
(65) 公開番号	特開2005-37369 (P2005-37369A)		神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地
(43) 公開日	平成17年2月10日(2005.2.10)	(72) 発明者	高島 成友
審査請求日	平成18年6月30日(2006.6.30)		神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2003-184505 (P2003-184505)		
(32) 優先日	平成15年6月27日(2003.6.27)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

審査官 藤原 伸二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電流センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ホール素子と、

前記ホール素子の出力電圧を増幅してセンサ出力電圧を発生する差動増幅器と、

前記ホール素子のオフセット電圧を補償する補償電圧を発生する補償回路と、を備え、

前記補償電圧を前記ホール素子の前記出力電圧に加算して前記差動増幅器に入力するよう構成された電流センサにおいて、

前記補償回路は、

直列接続された複数のダイオードからなり、任意の温度における前記ホール素子の不平衡電圧の値と、前記ホール素子の温度変化に伴う前記不平衡電圧の変化勾配と、の関係から求めた近似直線の傾きに基づく温度特性を有する第1及び第2のダイオード列と、

前記第1のダイオード列と前記第2のダイオード列との間に直列接続された第1の抵抗と、

直列接続された第2の抵抗と第3の抵抗とを有して第1のダイオード列に並列接続された第1の抵抗列と、

直列接続された第4の抵抗と第5の抵抗とを有して第2のダイオード列に並列接続された第2の抵抗列と、

前記第2の抵抗と前記第3の抵抗との接続点に第1の固定子が接続されると共に前記第4の抵抗と前記第5の抵抗との接続点に第2の固定子が接続されて前記第1及び前記第2の固定子の電圧に基づき可動子から出力される電圧を前記補償電圧として調整可能とする

10

20

可変抵抗と、

を有することを特徴とする電流センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ホール素子を用いた電流センサに関する。

【背景技術】

【0002】

直流検出用電流センサは、家電製品（エアコン、全自動洗濯機、ミシン等）から産業機器、輸送機器（自動車、鉄道、船舶等）に至るまで、幅広い分野で使用されており、特に

10

、安価で使用温度範囲が広く、且つ高精度に電流を検出できることが求められている。このような電流センサの検出用素子には、ホール素子やMR（磁気抵抗効果）素子を用いるのが一般的であるが、比較的安価であることからホール素子を用いたものが主流である。

【0003】

ところで、ホール素子を用いた電流センサは、ホール素子の特性上、センサ感度が周囲温度変化に応じて変化して誤差が発生し易い。

また、被測定電流が零であってもオフセット電圧（不平衡電圧×アンプ増幅度）が発生し、また、その電圧はホール素子の特性のパラツキや周囲温度変化により一定ではないという問題がある。

20

そのため、このオフセット電圧をキャンセルする構造を有する電流センサが提案されており、一例として、本願出願人の出願による特許文献1に記載された電流センサがある。

【0004】

この電流センサは、温度変化に伴って変化するホール素子の内部抵抗の電圧降下を補償用差動増幅器に入力し、これに所定の補償用ゲインで算出して出力し、差動増幅器の電圧出力から補償用差動増幅器の電圧出力を減算してセンサ出力電圧を得るように構成したものである。

【特許文献1】特開2003-14788号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

しかしながら、上述した電流センサは、補償用差動増幅器や加減算器を用いるので、比較的高コストになるものであった。そのため、周囲温度変化によって発生するオフセット電圧の温度ドリフトを、より簡素な構造でキャンセルしてコストダウンを可能とする電流センサが望まれていた。

【0006】

そこで本発明が解決しようとする課題は、周囲温度変化によって発生するオフセット温度ドリフトをより簡素な構成で補償することができ、安価でありながら高精度に電流を検出できる電流センサを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

40

【0007】

上記の課題を解決するために、本願発明は手段として次の構成を有する。

即ち、ホール素子と、前記ホール素子の出力電圧を増幅してセンサ出力電圧を発生する差動増幅器と、前記ホール素子のオフセット電圧を補償する補償電圧を発生する補償回路と、を備え、前記補償電圧を前記ホール素子の前記出力電圧に加算して前記差動増幅器に入力するよう構成された電流センサにおいて、前記補償回路は、直列接続された複数のダイオードからなり、任意の温度における前記ホール素子の不平衡電圧の値と、前記ホール素子の温度変化に伴う前記不平衡電圧の変化勾配と、の関係から求めた近似直線の傾きに基づく温度特性を有する第1及び第2のダイオード列と、前記第1のダイオード列と前記第2のダイオード列との間に直列接続された第1の抵抗と、直列接続された第2の抵抗と

50

第3の抵抗とを有して第1のダイオード列に並列接続された第1の抵抗列と、直列接続された第4の抵抗と第5の抵抗とを有して第2のダイオード列に並列接続された第2の抵抗列と、前記第2の抵抗と前記第3の抵抗との接続点に第1の固定子が接続されると共に前記第4の抵抗と前記第5の抵抗との接続点に第2の固定子が接続されて前記第1及び前記第2の固定子の電圧に基づき可動子から出力される電圧を前記補償電圧として調整可能とする可変抵抗と、を有することを特徴とする電流センサである。

【発明の効果】

【0008】

本発明の電流センサによれば、周囲温度の変化によって発生するオフセット温度ドリフトを、より簡素な構成で補償することができ、安価でありながら高精度に電流を検出できるという効果を奏する。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

本発明の実施の形態を、好ましい実施例により図1～図5を用いて説明する。

図1は、本発明の電流センサの第1実施例を示すブロック構成図であり、

図2は、温度により応力変化の生じないホール素子の不平衡電圧の温度特性を示すグラフであり、

図3は、周囲温度が25の時の不平衡電圧と不平衡電圧の温度特性との相関を示すグラフである。

図4は、本発明の電流センサの第2実施例における補償回路を示すブロック構成図であり、

20

図5は、周囲温度が0の時の不平衡電圧と不平衡電圧の温度特性との相関を示すグラフである。

【0010】

本発明の電流センサは、使用するホール素子が、モールド成形されていない状態、若しくは、温度により応力を生じない物質によりホール素子部が包まれた状態とされ、その不平衡電圧の周囲温度による変化と周囲温度が概ね常温（例えば、0あるいは25）時の不平衡電圧値との相関関係、及び、ダイオードの順方向電圧の温度特性を利用し、差動増幅器の入力に対するバイアス電圧を調整することでオフセット電圧の温度ドリフトを補償する補償回路を備えるように構成したものである。

30

【実施例1】

【0011】

まず、第1実施例について図1～図3を用いて詳述する。

図1(A)に示すように、この第1実施例の電流センサは、ホール素子4の一方に定電流源6により一定の電流 $I_c$ が流れており、上記一方に直交する他方向からの出力は、それぞれ入力抵抗 $8, 10$ を介して差動増幅器12に入力されている。

そして、ホール素子4の“+”出力が、差動増幅器12の“-”入力に接続され、また、ホール素子4の“-”出力が、差動増幅器12の“+”入力に接続されている。

また、この差動増幅器12の出力端子と一入力端子との間には、フィードバック抵抗 $14$ が接続されている。

40

一方、入力抵抗 $10$ と差動増幅器12の“+”入力との間の $V_{bias}$ には、補償回路20が接続されている。

【0012】

この補償回路20について図1(B)を用いて説明する。

補償回路20においては、定電源電圧 $V_{cc}, -V_{ss}$ 間に、ダイオード $D1a$ を $n$ 個直列接続した一対のダイオード列 $D1$ が抵抗 $R5$ を介して直列接続されている。

また、各ダイオード列 $D1$ には、直列接続した抵抗 $R1, R2$ が並列に接続され、抵抗 $R1$ と抵抗 $R2$ との接続点に3端子可変抵抗器 $V_R1$ の固定子 $RV1, RV2$ が接続されている。

また、 $V_{bias}$ には可動子 $P$ が接続されている。

50

電源は、当図に示したような $+V_{cc}$ と $-V_{ss}$ との正負両電源に限らず、 $+V_{cc}$ とグランドとの単電源でもよい。

【0013】

次に、本実施例における温度ドリフト補償方法について、主に図2を用いて説明する。

図2は、ホール素子の周囲温度と不平衡電圧との関係を示すグラフである。

これは、ホール素子の8つのサンプル(Smp1#1~Smp1#8)に対して、各入力に直流の1mAを供給して測定した実測値に基づき近似線を示したものである。

当図からこの関係は1次式で直線近似できることがわかる。その近似式は、グラフ枠外に各サンプル毎に記載してある。

【0014】

当補償方法は、図1(A)に示す回路のオフセット電圧を、 $V_{bias}$ の電圧(以下、補償電圧 $V_{bias}$ 又は単に $V_{bias}$ と称する)を調整することでセンサ出力電圧 $V_{out}$ (以下、 $V_{out}$ と称する)を変化させてキャンセルする方法である。

$V_{bias}$ が一定の場合、図2のSmp1#1~Smp1#3のように、ある温度において不平衡電圧が“+”側にあると不平衡電圧が0(ゼロ)の時よりも $V_{out}$ は降下する。

この電圧降下 $V_d$ は、具体的には、「不平衡電圧」×「差動増幅器の増幅量」である。

【0015】

この温度から昇温すると、Smp1#1~Smp1#3の温度特性(図2参照)から不平衡電圧は上昇し、これにより $V_{out}$ はさらに降下する。

そこで、この $V_{out}$ の温度特性に合わせるように補償電圧 $V_{bias}$ を上昇させ、両者を相殺させる。

【0016】

逆に、図2のSmp1#5~Smp1#8のように、ある温度において不平衡電圧が“-”側にあると不平衡電圧が0(ゼロ)の時よりも $V_{out}$ は上昇する。

この温度から昇温すると、Smp1#5~Smp1#6の温度特性から不平衡電圧は降下し、従って、 $V_{out}$ はさらに上昇する。

そこで、この $V_{out}$ の温度特性に合わせるように補償電圧 $V_{bias}$ を降下させ、両者を相殺させる。

【0017】

図1(B)に示す補償回路20においては、少なくとも不平衡電圧が直線近似できる温度下において $V_{out}$ の電圧調整が可能であると共に、温度ドリフトに対する補償も可能である。

一般的に、ダイオードはその順方向電圧に温度依存性があり、温度が上昇すると電圧は低下する。

従って、この補償回路20の接続構成において、固定子RV1側の電圧V1は温度上昇に伴って上昇し、逆に固定子RV2側の電圧V2は降下する。

【0018】

補償すべきホール素子のある温度(例えば常温)における不平衡電圧が“+”方向にある場合、3端子可変抵抗器VR1をRV1側にして補償電圧 $V_{bias}$ を調整することにより、あらゆる使用温度において、 $V_{out}$ を不平衡電圧が0(ゼロ)のホール素子を用いた場合とほぼ同じにすることができる。

【0019】

逆に、補償すべきホール素子のある温度(例えば常温)における不平衡電圧が“-”方向にある場合、3端子可変抵抗器VR1をRV2側にして補償電圧 $V_{bias}$ を調整することにより、あらゆる使用温度において、 $V_{out}$ を不平衡電圧が0(ゼロ)のホール素子を用いた場合とほぼ同じにすることができる。

【0020】

また、抵抗R1, R2の抵抗値, ダイオード列D1のダイオードD1aの順方向電圧あるいはその数nを、 $V_{bias}$ と $V_{out}$ との温度特性が同一となるように設定することで、ある温度(例えば常温)における3端子可変抵抗器VR1の調整のみでホール素子の不平

10

20

30

40

50

衡電圧の温度ドリフトをキャンセルすることが可能である。

【0021】

具体的には、ホール素子の不平衡電圧特性（図2参照）において、例えば25での不平衡電圧の値と温度変化による不平衡電圧の変化勾配（傾き）との関係に、直線近似できる相関があることを利用する。この相関と近似直線とについて図3に示す。

【0022】

図3は、図2の各近似式に $x = 25$ を代入した不平衡電圧 $V_o$ を横軸に、代入した近似式の1次係数を縦軸にプロットし、それを直線近似したものである。

この近似直線の傾きを有する補償電圧 $V_{bias}$ が得られるように補償回路を構成する。

具体的には、抵抗 $R_1$ 、 $R_2$ の抵抗値、ダイオード列 $D_1$ のダイオード $D_{1a}$ の順方向電圧あるいはその数 $n$ を適宜設定すればよい。

10

【0023】

上述した実施例は、安価な汎用部品のみで簡素に構成することができるので、極めて安価に電流センサを作成することができる。一方、周囲温度の変化によるオフセットドリフトを極めて効果的に低減することができる。

【実施例2】

【0024】

第2実施例について図4、図5を用いて詳述する。

この第2実施例の電流センサは、第1実施例に対して、補償回路20の3端子可変抵抗器 $VR_1$ を固定抵抗 $R_3$ 、 $R_4$ に置き換えたものであり、他の部分は共通である。図4は、この第2実施例の補償回路20Aを示したブロック構成図である。

20

【0025】

この補償回路20Aにおける固定抵抗 $R_1 \sim R_4$ の設定方法の一例について説明する。

以下の説明は、「ダイオードの順方向電圧 $V_d$ の温度係数」 $\gg$ 「各抵抗の温度係数」であって各抵抗の温度変化は無視できることを前提にしており、補償回路20Aには、これを満足するダイオードや抵抗を補償回路に使用する。

【0026】

<1> ホール素子における不平衡電圧とその温度特性の傾きとを測定値から求める。

ここでは計算を簡単にするために、図2の温度0における傾きを求める。

具体的には、図2の各近似式に $x = 0$ を代入した不平衡電圧 $V_o$ を横軸にし、代入した近似式の1次係数を縦軸にしてプロットする（図5参照）。

30

これにより傾きは(1)式で得られる。以下、0での値については( $t = 0$ )を付して示す。

$$= 0.0018 \times V_o(t=0) \dots (1)$$

(ただし、 $V_o$ の単位はmV)

【0027】

<2> ホール素子に流す電流値( $I_c$ )及び信号増幅部の増幅度を決める。

上述したように、図2に示したホール素子の特性値は全てホール素子の入力に直流の1mAを流した場合の値である。

従って、1mAに対して実際に供給する電流値とアンプの増幅度との乗算で、トータルの増幅度が表される。

40

また、この増幅度は、アンプが反転増幅としてあるので極性はマイナスとなる。

【0028】

<3> 0におけるセンサ出力のオフセット電圧を調整する $V_{bias}$ の調整量を決定するために、センサ出力に現れるオフセット電圧 $V_{off}$ を式で表す。この式は(2)式となる。

$$V_{off}(t=0) = \dots \times V_o(t=0) \dots (2)$$

【0029】

<4> (2)式を温度関数として表す。この式は(3)式となる。

$$V_{off}(t) = \{ 0.0018 \times V_o(t=0) \times t + V_o(t=0) \}$$

50

... (3)

【0030】

&lt; 5 &gt; (3) 式を温度の関数として微分する。

【数1】

$$\frac{dV_{off}}{dt} = 0.0018 \cdot \beta \cdot V_0(t=0) \quad \dots (4)$$

以上が、ホール素子の不平衡電圧とその温度変化とがセンサ出力にどれだけ影響するかを数式で表す方法の手順である。

10

次に、その影響を補償する  $V_{bias}$  の設定方法について説明する。

【0031】

< 6 >  $V_{bias}$  を式で表す。

第2実施例の補償回路20A(図4参照)において、例えば、 $V_{SS} = V_{CC}$ の電源を使用し、 $R_3, R_4 \gg R_1, R_2$ の関係にある場合、 $V_{bias}$ は(5)式で表される。

【数2】

$$V_{bias} = \left( \frac{2R_4}{R_3 + R_4} - 1 \right) \cdot \left( V_{CC} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot n \cdot V_D \right) \quad \dots (5)$$

20

【0032】

< 7 >  $V_{bias}$  [(5) 式] を温度の関数として微分する。

【数3】

$$\frac{dV_{bias}}{dt} = - \left( \frac{2R_4}{R_3 + R_4} - 1 \right) \cdot \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \cdot n \cdot \frac{dV_D}{dt} \quad \dots (6)$$

【0033】

< 8 > 当方法は、上述したように電流センサのオフセット電圧の調整を、 $V_{bias}$ の可変により行うものである。つまり、 $V_{off}$ と $V_{bias}$ との関係が以下の式で表されるものになれば、 $V_{bias}$ を調整するだけで最適な温度補償が行える。

30

【数4】

$$V_{off} \propto \frac{dV_{off}}{dt} = -V_{bias} \propto \frac{dV_{bias}}{dt} \quad \dots (7)$$

この(7)式を変形すると、

【数5】

$$\frac{dV_{off}/dt}{V_{off}} = - \frac{dV_{bias}/dt}{V_{bias}} \quad \dots (8)$$

40

(8) 式における  $V_{off}$  及び  $V_{bias}$  を同じ温度(この場合は0)として計算すればよい。

【0034】

&lt; 9 &gt; (8) 式の左辺の計算

【数6】

$$\frac{dV_{off}/dt}{V_{off}(t=0)} = \frac{-0.0018\beta \cdot V_0(t=0)}{\beta \cdot V_0(t=0)} = -0.0018 \quad \dots (9)$$

この(9)式の結果のように、は打ち消される。

よって、増幅度にはばらつきがあっても、まず増幅度調整を行った後、オフセット調整を行うことで全ての場合で(9)式の関係が成り立つことがわかる。

【0035】

<10> (8)式の右辺の計算

10

【数7】

$$-\frac{dV_{bias}/dt}{V_{bias}(t=0)} = \frac{\left(\frac{2 \cdot R_4}{R_3 + R_4} - 1\right) \cdot \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) \cdot n \cdot \frac{dV_D}{dt}}{\left(\frac{2 \cdot R_4}{R_3 + R_4} - 1\right) \cdot \left(V_{CC} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot n \cdot V_D(t=0)\right)} \quad \dots (10)$$

【0036】

<11> ここで、 $V_{CC} = +12V$ ， $R_1 / (R_1 + R_2) = A$  として、(9)式 = (10)式を計算する。 20

【数8】

$$-0.0018 = -\frac{dV_{bias}/dt}{V_{bias}(t=0)} = \frac{A \cdot n \cdot \frac{dV_D}{dt}}{(12 - A \cdot n \cdot V_D(t=0))} \quad \dots (11)$$

さらに、一般的な値として、ダイオードの順方向電圧 $V_D(t=0)$ を $0.6V$ ，その温度係数を $-2.0 \times 10^{-3}$ とすれば、

$$A \times n = 7.013 \quad \dots (12)$$

30

となる。

【0037】

ここで、 $A < 1$ ， $n =$  自然数 であるので、この(12)式の関係を満たす解の内、以下の例解が得られる。

( $n$ の選択においては、コスト，ダイオードの電圧降下あるいは電源の自由度等から、最小値とすることが一般的である)

$$\text{例解： } A = 0.876625, \quad n = 8$$

さらに、 $R_2 = R_1$ とすると、この例解から、

$$= 0.279 \text{ を得る。}$$

【0038】

使用する抵抗が24系列ならば、この値に最も近く現実的な組み合わせとして以下の抵抗値を選定する。

$$R_1 = 430, \quad R_2 = 120$$

40

【0039】

$R_3, R_4$ については、上述した $R_3, R_4 \gg R_1, R_2$ の関係を満たすように $R_1, R_2$ の値よりも数桁大きい値、例えば、 $50k$ 以上の抵抗値とする。

これにより、 $R_1, R_2$ 間からの流出・流入電流は $R_1, R_2$ に流れる電流に対して十分小さくなって例解と実際の動作との誤差は無視できる程度となる。

従って、精度のよい補償ができる。

【0040】

50

本発明の実施例は、上述した構成に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において変形してもよいことは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本発明の電流センサの実施例を示すブロック構成図である。

【図2】温度により応力変化の生じないホール素子の不平衡電圧の温度特性を示すグラフである。

【図3】周囲温度が25の時の不平衡電圧と不平衡電圧の温度特性との相関を示すグラフである。

【図4】本発明の電流センサの第2実施例における補償回路を示すブロック構成図である

10

。【図5】周囲温度が0の時の不平衡電圧と不平衡電圧の温度特性との相関を示すグラフである

【符号の説明】

【0042】

4 ホール素子

6 定電流電源

8, 10, 14, R1 ~ R5 抵抗

12 差動増幅器

20, 20A 補償回路

20

30 電流センサ

D1 ダイオード列

D1a ダイオード

VR1 3端子可変抵抗器

RV1, RV2 固定子

P 可動子

Vo 不平衡電圧

Vout センサ出力電圧

Voff オフセット電圧

Vbias 補償電圧

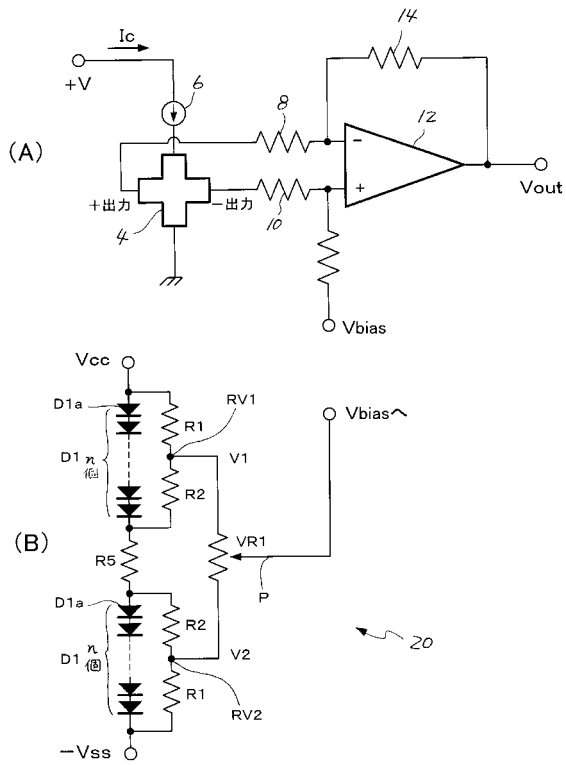
30

(0における)傾き

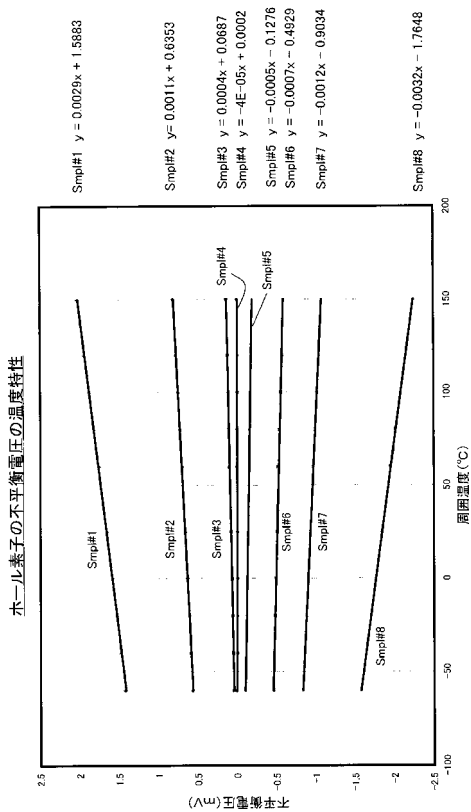
増幅度



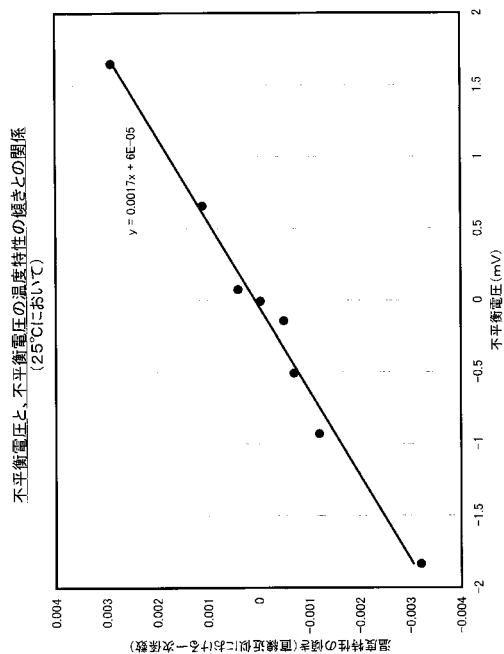
【図1】



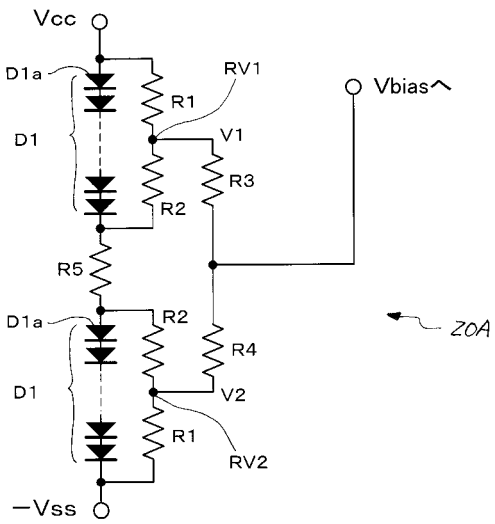
【図2】



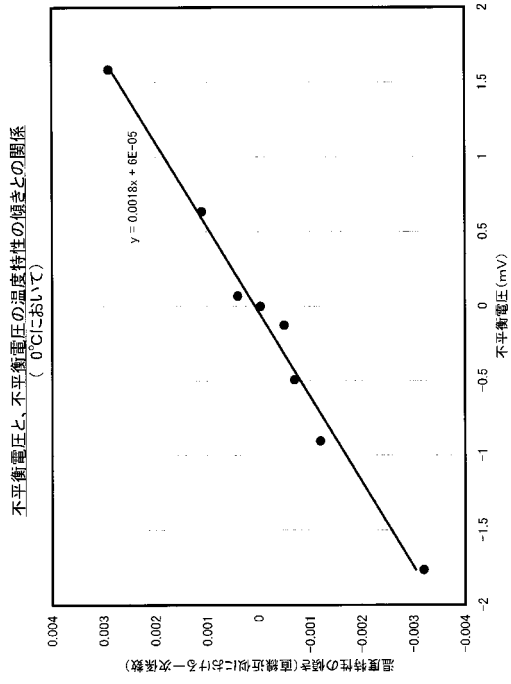
【図3】



【図4】



【 図 5 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平04 - 050773 (JP, A)  
特開平05 - 018994 (JP, A)  
特開昭53 - 003378 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 19/00 - 19/32  
G01R 15/00 - 17/22  
G01R 33/00 - 33/26  
H01L 43/06