

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5836074号
(P5836074)

(45) 発行日 平成27年12月24日 (2015. 12. 24)

(24) 登録日 平成27年11月13日 (2015. 11. 13)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 K 7/01 (2006.01) GO 1 K 7/01 C

請求項の数 7 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2011-247732 (P2011-247732)	(73) 特許権者	308033711
(22) 出願日	平成23年11月11日 (2011. 11. 11)		ラピスセミコンダクタ株式会社
(65) 公開番号	特開2013-104736 (P2013-104736A)		神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目4番地
(43) 公開日	平成25年5月30日 (2013. 5. 30)		8
審査請求日	平成26年10月17日 (2014. 10. 17)	(74) 代理人	100079119
			弁理士 藤村 元彦
		(74) 代理人	100109036
			弁理士 永岡 重幸
		(74) 代理人	100147728
			弁理士 高野 信司
		(72) 発明者	古市 宗司
			東京都八王子市東浅川町550番地1
			ラピスセミコンダクタ株式会社内
		審査官	深田 高義
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 温度検出回路及びその調整方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体の温度を示す温度検出信号を生成する温度検出回路であって、
 互いに独立したPN接合面を有する第1及び第2ダイオードと、
 前記第1ダイオードに直列に接続されており、基準電圧を調整する第1オフセット調整信号に応じて分圧抵抗比が調整自在な第1可変分圧抵抗を含む第1電流路と、
 前記第2ダイオードに直列に接続されており、前記温度検出信号の温度検出感度を調整する第2オフセット調整信号に応じて分圧抵抗比が調整自在な第2可変分圧抵抗を含む第2電流路と、
 前記第1可変分圧抵抗によって分圧された第1分圧電圧と前記第2電流路上の電位との差分電圧を前記基準電圧として前記第1及び第2電流路各々に帰還供給する基準電圧生成部と、
 前記第2可変分圧抵抗によって分圧された第2分圧電圧に対応した信号を前記温度検出信号として生成する温度検出信号生成部と、を有することを特徴とする温度検出回路。

【請求項2】

前記第1及び第2ダイオードは互いに異なるPN接合面積を有することを特徴とする請求項1記載の温度検出回路。

【請求項3】

前記温度検出信号生成部は、前記第2分圧電圧を増幅して増幅電圧を得る増幅部と、
 第3オフセット調整信号に応じて前記増幅部の利得を調整する第3可変分圧抵抗と、を

含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の温度検出回路。

【請求項 4】

調整箇所選択信号に応じて、前記基準電圧、前記増幅電圧、及び前記第 2 分圧電圧の内の 1 つを選択し、これを前記温度検出信号の出力端子を介して出力するスイッチ部を更に含むことを特徴とする請求項 3 記載の温度検出回路。

【請求項 5】

前記増幅部は、前記第 3 オフセット調整信号に応じた利得で前記第 2 分圧電圧を増幅する第 1 アンプと、前記第 1 アンプから出力された電圧を前記増幅電圧として前記スイッチ部に供給する第 2 アンプと、を含むことを特徴とする請求項 4 記載の温度検出回路。

【請求項 6】

温度勾配調整信号に応じて前記第 2 アンプから出力された前記増幅電圧のレベルを調整する第 4 可変分圧抵抗を更に含むことを特徴とする請求項 5 記載の温度検出回路。

【請求項 7】

請求項 1 記載の温度検出回路の調整方法であって、

前記第 1 オフセット調整信号のレベルを変化させることにより前記基準電圧を所定の第 1 電圧と一致させる第 1 ステップと、

前記第 2 オフセット調整信号のレベルを変化させることにより前記第 2 分圧電圧を所定の第 2 電圧と一致させる第 2 ステップと、

前記第 3 オフセット調整信号のレベルを変化させることにより前記温度検出信号のレベルを所定の第 3 電圧と一致させる第 3 ステップと、を有することを特徴とする温度検出回路の調整方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、温度検出回路、特に半導体集積装置の温度を検出する温度検出回路及びその調整方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体集積装置を含む電子機器では、その動作に伴う発熱によって生じる誤動作又は損傷を防止する為に、機器内部の温度が所定温度を超えたときに保護回路を動作させるようにしている。この際、機器内部の温度を検出すべく、例えばサーミスタが用いられることがあるが、一般的なサーミスタはその製造バラツキが大きいので、精度よく温度を検出するためには製造バラツキが小さい高価なサーミスタを用いる必要があった。

【0003】

そこで、サーミスタ等の温度センサを用いずに電子機器の内部温度を検出すべく、バンドギャップリファレンス回路によって温度依存しない基準電圧を生成するようにした技術が提案された（例えば、特許文献 1 の図 1 参照）。かかるバンドギャップリファレンス回路では、オペアンプ（61）により、互いに異なるエミッタ面積を有する第 1 トランジスタ（65～67）及び第 2 トランジスタ（68～70）各々のベースエミッタ間電圧を等しくさせるべき負帰還の電圧を生成しつつ、この電圧を基準電圧（ V_{bgr} ）として出力するようにしている。この際、ベースエミッタ間電圧は、半導体の温度が上昇するほど低下する。ところで、上述したように第 1 トランジスタ及び第 2 トランジスタは互いにエミッタ面積が異なる為、第 1 トランジスタにおける温度上昇に伴うベースエミッタ間電圧の低下度合いと、第 2 トランジスタにおける温度上昇に伴うベースエミッタ間電圧の低下度合いと、は互いに異なるものとなる。ただし、絶対零度の際にはエミッタ面積に拘わらず、ベースエミッタ間電圧は半導体のバンドギャップエネルギーに伴うバンドギャップ電圧に収束する。つまり、第 1 及び第 2 トランジスタ各々のベースエミッタ間電圧同士の差分が、温度変化に伴う電圧変化分となる。そこで、上記したオペアンプの動作によって、上記した温度上昇に伴うベースエミッタ間電圧の低下分をキャンセルすることにより、温度変化に依存しないバンドギャップ電圧を有する基準電圧が生成されるので

10

20

30

40

50

ある。

【0004】

しかしながら、このバンドギャップリファレンス回路で用いられる抵抗 ($R_1 \sim R_5$)、トランジスタ (5 ~ 7、74 ~ 76) 及びオペアンプ (61) に関しても、製造上のバラツキにより特性が変動する為、精度の高い温度検出を行うことが困難であるという問題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平10-9967号

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、かかる問題を解決すべく為されたものであり、製造上のバラツキに拘わらず高い精度で温度検出を行うことが可能な温度検出回路及びその調整方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る温度検出回路は、半導体の温度を示す温度検出信号を生成する温度検出回路であって、互いに独立したPN接合面を有する第1及び第2ダイオードと、前記第1ダイオードに直列に接続されており、基準電圧を調整する第1オフセット調整信号に応じて分圧抵抗比が調整自在な第1可変分圧抵抗を含む第1電流路と、前記第2ダイオードに直列に接続されており、前記温度検出信号の温度検出感度を調整する第2オフセット調整信号に応じて分圧抵抗比が調整自在な第2可変分圧抵抗を含む第2電流路と、前記第1可変分圧抵抗によって分圧された第1分圧電圧と前記第2電流路上の電位との差分電圧を基準電圧として前記第1及び第2電流路各々に帰還供給する基準電圧生成部と、前記第2可変分圧抵抗によって分圧された第2分圧電圧に対応した信号を前記温度検出信号として生成する温度検出信号生成部と、を有する。

20

【0008】

また、本発明に係る温度検出回路の調整方法は、請求項1記載の温度検出回路の調整方法であって、前記第1オフセット調整信号のレベルを変化させることにより前記基準電圧を所定の第1電圧と一致させる第1ステップと、前記第2オフセット調整信号のレベルを変化させることにより前記第2分圧電圧を所定の第2電圧と一致させる第2ステップと、前記第3オフセット調整信号のレベルを変化させることにより前記温度検出信号のレベルを所定の第3電圧と一致させる第3ステップと、を有する。

30

【発明の効果】

【0009】

本発明に係る温度検出回路では、互いに独立したPN接合面を有する第1及び第2ダイオード各々の順方向電圧に基づいて温度依存しない基準電圧を生成するにあたり、第1ダイオードの順方向電圧を第1可変分圧抵抗によって調整したものでこの基準電圧を生成するようにしている。よって、生成された基準電圧がバンドギャップ電圧と等しくなるように第1可変分圧抵抗を調整することにより、製造上のバラツキに伴う精度の低下を抑えた、高精度な温度検出を行うことが可能となる。

40

【0010】

また、かかる温度検出回路では、半導体の温度上昇に伴いその電圧が低下するという第2ダイオードの順方向電圧に基づいて半導体の温度を示す温度検出信号を生成するにあたり、第2ダイオードの順方向電圧を第2可変分圧抵抗によって調整したものでこの温度検出信号を生成するようにしている。かかる第2可変分圧抵抗による調整によれば、温度検出信号における温度勾配(温度変化に伴う電圧変化の度合い)を変更することができるので、温度検出の感度を任意の感度に設定することが可能となる。

50

【0011】

また、かかる温度検出回路では、第2ダイオードの順方向電圧を、その利得が調整可能な増幅部で増幅することにより温度検出信号を得るようにしている。よって、この温度検出信号が所定の温度条件下で所定の電圧となるように増幅部の増幅利得を調整することにより、製造上のバラツキに伴う精度低下を抑えた高精度な温度検出を行うことが可能となる。

【0012】

更に、本発明に係る温度検出回路によれば、上記した各種調整を同一の温度条件下で行うことができるので、調整時間の短縮を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

10

【0013】

【図1】本発明に係る温度検出回路1を示す回路図である。

【図2】基準電圧 V_{REF} と温度勾配特性の一例を示す図である。

【図3】温度検出回路1の調整を行う際のシステム構成を示す図である。

【図4】調整装置2によって実行される第1調整のフローを示すフローチャートである。

【図5】調整装置2によって実行される第2調整のフローを示すフローチャートである。

【図6】本発明に係る温度検出回路1Aを示す回路図である。

【図7】基準電圧 V_{REF} と温度勾配特性の一例を示す図である。

【図8】温度検出回路1Aの調整を行う際のシステム構成を示す図である。

【図9】調整装置2Aによって実行される調整のフローを示すフローチャートである。

20

【図10】図6に示す温度検出回路1Aの変形例を示す回路図である。

【図11】図6に示す温度検出回路1Aの他の変形例を示す回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明による請求項1記載の温度検出回路は、互いに独立したPN接合面を有する第1及び第2ダイオード(11、12)と、第1ダイオードに直列に接続されており、基準電圧を調整する第1オフセット調整信号($V_{REF_{OFS}}$)に応じて分圧抵抗比が調整自在な第1可変分圧抵抗(13)を含む第1電流路と、第2ダイオードに直列に接続されており、温度検出信号の温度検出感度を調整する第2オフセット調整信号($D_{IOD_{OFS}}$)に応じて分圧抵抗比が調整自在な第2可変分圧抵抗(25)を含む第2電流路と、第1可変分圧抵抗によって分圧された第1分圧電圧(V_1)と第2電流路上の電位との差分電圧を基準電圧(V_{REF})として第1及び第2電流路各々に帰還供給する基準電圧生成部(20)と、第2可変分圧抵抗によって分圧された第2分圧電圧(V_2)に基づいて温度検出信号(SENS)を生成する温度検出信号生成部と、を有する。

30

【0015】

また、かかる温度検出回路の調整方法は、第1オフセット調整信号のレベルを変化させることにより基準電圧を所定の第1電圧と一致させる第1ステップ(S23、S24)と、第2オフセット調整信号のレベルを変化させることにより第2分圧電圧を所定の第2電圧と一致させる第2ステップ(S27、S28)と、第3オフセット調整信号のレベルを変化させることにより温度検出信号のレベルを所定の第3電圧と一致させる第3ステップ(S31、S32)と、を有する。

40

【実施例1】

【0016】

以下、本発明に係る温度検出回路を図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0017】

図1は、本発明に係る温度検出回路の第1の実施例を示す回路図である。

【0018】

図1において、温度検出回路1は、シリコン半導体のバンドギャップエネルギーを利用した、いわゆるバンドギャップリファレンス回路であり、温度検出の対象となる半導体集積チップに構築されている。温度検出回路1は、ダイオード11及び12と、可変分圧抵

50

抗 13 ~ 15 と、抵抗 16 ~ 19 と、オペアンプ 20 ~ 22 と、スイッチ素子 23 及び 24 と、を有する。

【0019】

第1のダイオードとしてのダイオード11のカソード端子には接地電位GNDが印加されており、そのアノード端子は可変分圧抵抗13の端子Aに接続されている。可変分圧抵抗13の端子Aはダイオード11のアノード端子に接続されており、端子BはラインL1を介してオペアンプ20の反転入力端子に接続されており、端子Cは抵抗16の一端に接続されている。可変分圧抵抗13は、半導体集積チップの外部端子PAを介して供給された基準電圧オフセット調整信号VREF_{OFFS}によって示される基準オフセット値に基づいて、その端子A及びB間の抵抗値と、端子B及びC間の抵抗値との分圧抵抗比を変更する。

10

【0020】

第2のダイオードとしてのダイオード12のカソード端子には接地電位GNDが印加されておりそのアノード端子はラインL2を介して抵抗17の一端、及びオペアンプ20、21各々の非反転入力端子に接続されている。尚、半導体チップ上に構築されるダイオード11及び12は互いに独立したPN接合面を有し、ダイオード12のPN接合面積は、ダイオード11のPN接合面積の1/N(Nは1より大なる実数)である。つまり、ダイオード12のPN接合面積はダイオード11のPN接合面積よりも小である。

【0021】

オペアンプ20は、ラインL1上の電圧と、ラインL2上の電圧との差分に対応した差分電圧を生成し、これをラインL3を介して抵抗16、17、19、及びスイッチ素子23に供給すると共に、かかる差分電圧を基準電圧VREFとして半導体集積チップの外部端子PAを介して出力する。尚、かかる基準電圧VREFは、半導体のバンドギャップエネルギーに基づく固定電圧であり、例えば1.25±ボルトである。

20

【0022】

オペアンプ21の反転入力端子はラインL4を介して可変分圧抵抗14の端子Bに接続されており、その出力端子はラインL5及び抵抗18の一端に接続されている。可変分圧抵抗14の端子Aには接地電位GNDが印加されており、端子Cは抵抗18の他端に接続されている。可変分圧抵抗14は、半導体集積チップの外部端子PAを介して供給された、第3のオフセット調整信号としての温度検出オフセット調整信号SVD_{OFFS}にて示されるセンサオフセット値に基づいて、その端子A及びB間の抵抗値と、端子B及びC間の抵抗値との分圧抵抗比を変更する。よって、オペアンプ21は、ダイオード12のアノード端子の電圧を、可変分圧抵抗14の抵抗値の設定状態に応じた利得で増幅し、この際、得られた増幅電圧をラインL5を介して抵抗18の一端及び可変分圧抵抗15の端子Aに供給する。要するに、オペアンプ21は、温度検出オフセット調整信号SVD_{OFFS}によって示されるセンサオフセット値に基づく利得でダイオード12のアノード端子の電圧を増幅するのである。尚、上記したオペアンプ20及び21は、互いに同一材料及び同一製造プロセスで構築されたものである。

30

【0023】

可変分圧抵抗15の端子Aには上記した如くラインL5を介してオペアンプ21の出力電圧が印加されており、端子CにはラインL6を介して抵抗19が接続されており、端子BにはラインL7を介してスイッチ素子24の一端が接続されている。尚、スイッチ素子24の他端はラインL8を介してオペアンプ22の非反転入力端子及びスイッチ素子23に接続されている。可変分圧抵抗15は、半導体集積チップの外部端子PAを介して供給された温度勾配調整信号SVD_{GA}によって示される温度勾配調整値に基づいて、その端子A及びB間の抵抗値と、端子B及びC間の抵抗値との分圧抵抗比を変更する。

40

【0024】

スイッチ素子23は、半導体集積チップの外部端子PAを介して供給された調整箇所選択信号TES00に応じてオン状態又はオフ状態に設定される。スイッチ素子23は、オン状態に設定されている間だけ、上記ラインL3上の電圧をラインL8を介してオペアン

50

プ 2 2 の非反転入力端子に供給する。尚、スイッチ素子 2 3 は、温度検出回路 1 の通常動作時にはオフ状態固定となる。

【 0 0 2 5 】

スイッチ素子 2 4 は、半導体集積チップの外部端子 P A を介して供給された調整箇所選択信号 T E S 0 1 に応じてオン状態又はオフ状態に設定される。スイッチ素子 2 4 は、オン状態に設定されている間だけ、上記した可変分圧抵抗 1 5 の端子 B 上の電圧をライン L 8 を介してオペアンプ 2 2 の非反転入力端子に供給する。尚、スイッチ素子 2 4 は、温度検出回路 1 の通常動作時にはオン状態固定となる。

【 0 0 2 6 】

オペアンプ 2 2 は、その反転入力端子及び出力端子同士が接続されている、いわゆるボルテージフォロワ回路であり、上記ライン L 8 上の電圧を温度検出信号 S E N S として、半導体集積チップの外部端子 P A を介して出力する。

【 0 0 2 7 】

以下に、上記した温度検出回路 1 の動作について説明する。

【 0 0 2 8 】

図 1 に示すダイオード 1 1 及び 1 2 各々のアノード端子の電圧は、例えば図 2 の破線に示すように、半導体集積チップ自体の温度が絶対零度、つまり 0 K (ケルビン) の時には 1 . 2 ボルトであり、その温度が高くなるほど低下する。よって、ダイオードのアノード端子の電圧に基づいて、半導体集積チップの温度を検出することが可能となる。そこで、オペアンプ 2 1、可変分圧抵抗 1 5、スイッチ素子 2 4 及びオペアンプ 2 2 を含む温度検出信号生成部により、ダイオード 1 2 のアノード端子の電圧に基づき、半導体集積チップの温度を示す温度検出信号 S E N S を生成しこれを外部出力するのである。

【 0 0 2 9 】

一方、基準電圧生成部としてのオペアンプ 2 0 は、ダイオード 1 1 のアノード端子が接続されている可変分圧抵抗 1 3 の端子 B 上の電圧と、ダイオード 1 2 のアノード端子の電圧との差分電圧を基準電圧 V R E F として送出する。かかる差分電圧は、抵抗 1 6 及び可変分圧抵抗 1 3 を介してオペアンプ 2 0 の反転入力端子に帰還供給されると共に、抵抗 1 7 を介してオペアンプ 2 0 の非反転入力端子に帰還供給される。かかる構成により、オペアンプ 2 0 は、ダイオード 1 2 の順方向電圧 (アノード端子の電圧) と、ダイオード 1 1 の順方向電圧 (アノード端子の電圧) に基づく可変分圧抵抗 1 3 の端子 B 上の電圧と、が互いに等しくなるような帰還電圧を基準電圧 V R E F として生成するように動作する。この際、ダイオード 1 1 及び 1 2 は互いに異なる P N 接合面積を有する為、ダイオード 1 1 及び 1 2 各々に流れ込む電流は異なるものとなる。これにより、ダイオード 1 2 における温度上昇に伴う順方向電圧の低下度合いは、ダイオード 1 1 における温度上昇に伴う順方向電圧の低下度合いとは異なるものとなる。ただし、絶対零度の際にはダイオード 1 1 及び 1 2 各々の順方向電圧は共に 1 . 2 ボルトとなる。よって、ダイオード 1 2 の順方向電圧と、ダイオード 1 1 の順方向電圧との差分が、温度変更に伴う電圧変化分となるので、この電圧変化分によって、上記した温度上昇に伴う順方向電圧の低下分をキャンセルすることにより、温度変化に依存しない一定の基準電圧 V R E F を生成することができる。そこで、オペアンプ 2 0 にて、ダイオード 1 2 の順方向電圧 (アノード端子の電圧) と、ダイオード 1 1 の順方向電圧 (アノード端子の電圧) を可変分圧抵抗 1 3 によって分圧した分圧電圧と、を互いに等しくさせるような電圧値を基準電圧 V R E F として生成させるのである。尚、基準電圧 V R E F の値は、絶対零度での半導体のバンドギャップ電圧 (以下、B G R 電圧と称する) である 1 . 2 ボルトである。よって、基準電圧 V R E F は、図 2 に示す如く、半導体集積チップの温度変化に依存しない一定の 1 . 2 ボルトとなる。

【 0 0 3 0 】

従って、温度検出回路 1 によって生成された基準電圧 V R E F 及び温度検出信号 S E N S を用いることにより、半導体集積チップの発熱温度の異常を検出することが可能となる。例えば、基準電圧 V R E F (1 . 2 ボルト) に基づき半導体集積チップの発熱温度として許容し得る温度の上限を示す閾値電圧を生成し、上記温度検出信号 S E N S がこの閾値

10

20

30

40

50

電圧より高い場合には半導体集積チップの温度が正常温度範囲内にあると判定する一方、低い場合には異常な高温の状態にあると判定するのである。

【 0 0 3 1 】

以下に、上記した如き温度検出回路 1 を含む半導体集積チップに対して、工場出荷時に実施される調整動作について説明する。

【 0 0 3 2 】

図 3 は、温度検出回路 1 を調整する際のシステム構成を示すブロック図である。

【 0 0 3 3 】

図 3 に示すシステム構成では、調整装置 2 が、温度検出回路 1 を含む半導体集積チップの外部端子 P A に接続される。

10

【 0 0 3 4 】

調整装置 2 は、まず、半導体集積チップ自体の温度が所定の第 1 温度となる状態において、図 4 に示す如き第 1 調整フローに従った手順で温度検出回路 1 に対する調整を行う。

【 0 0 3 5 】

図 4 において、調整装置 2 は、まず、スイッチ素子 2 3 をオン状態に設定させるべき調整箇所選択信号 T E S 0 0、及びスイッチ素子 2 4 をオフ状態に設定させるべき調整箇所選択信号 T E S 0 1 を温度検出回路 1 に供給する（ステップ S 1）。かかるステップ S 1 の実行により、温度検出回路 1 のオペアンプ 2 0 から送出された電圧がスイッチ素子 2 3 を介してオペアンプ 2 2 の非反転入力端子に供給される。

【 0 0 3 6 】

20

次に、調整装置 2 は、基準オフセット値として初期値を示す基準電圧オフセット調整信号 V R E F _{OFFS} を温度検出回路 1 に供給する（ステップ S 2）。この初期値を示す基準電圧オフセット調整信号 V R E F _{OFFS} に応じて、温度検出回路 1 の可変分圧抵抗 1 3 は、例えば、端子 A 及び B 間の抵抗値、又は端子 B 及び C 間の抵抗値を 0 に設定する。ステップ S 1 及び S 2 の実行により、オペアンプ 2 0 から送出された電圧が温度検出信号 S E N S として、スイッチ素子 2 3 及びオペアンプ 2 2 を介して調整装置 2 に供給される。

【 0 0 3 7 】

次に、調整装置 2 は、温度検出回路 1 から供給された温度検出信号 S E N S が、B G R 電圧である 1 . 2 ボルトと等しいか否かの判定を行う（ステップ S 3）。かかるステップ S 3 において温度検出信号 S E N S が 1 . 2 ボルトでは無いと判定された場合、調整装置 2 は、基準電圧オフセット調整信号 V R E F _{OFFS} にて示される基準オフセット値に所定の固定値 m を加算したものを新たな基準電圧オフセット調整信号 V R E F _{OFFS} として温度検出回路 1 に供給する（ステップ S 4）。ステップ S 4 の実行により、温度検出回路 1 の可変分圧抵抗 1 3 は、固定値 m の分だけ、端子 A 及び B 間の抵抗値と、端子 B 及び C 間の抵抗値との分圧抵抗比を変更する。

30

【 0 0 3 8 】

ステップ S 4 の実行後、調整装置 2 は、上記ステップ S 3 の実行に戻って前述した如き動作を繰り返し実行する。これらステップ S 3 及び S 4 の繰り返し実行により、可変分圧抵抗 1 3 の端子 A 及び B 間の抵抗値と端子 B 及び C 間の抵抗値との比が徐々に変化する。これにより、オペアンプ 2 0、スイッチ素子 2 3 及びオペアンプ 2 2 を介して送出された温度検出信号 S E N S の電圧値が徐々に増加又は減少して行く。

40

【 0 0 3 9 】

この間、ステップ S 3 において温度検出信号 S E N S が 1 . 2 ボルトと等しいと判定された場合、調整装置 2 は、スイッチ素子 2 3 をオフ状態に設定させるべき調整箇所選択信号 T E S 0 0、及びスイッチ素子 2 4 をオン状態に設定させるべき調整箇所選択信号 T E S 0 1 を夫々温度検出回路 1 に供給する（ステップ S 5）。かかるステップ S 5 の実行により、可変分圧抵抗 1 5 の端子 B 上の電圧がスイッチ素子 2 4 を介してオペアンプ 2 2 の非反転入力端子に供給される。

【 0 0 4 0 】

次に、調整装置 2 は、温度勾配調整値として、可変分圧抵抗 1 5 の端子 A 及び B 間の抵

50

抗値を0に設定すべき値を示す温度勾配調整信号 SVD_{GA} を温度検出回路1に供給する(ステップS6)。ステップS6の実行により、オペアンプ21から送出された電圧はそのままスイッチ素子24を介してオペアンプ22の非反転入力端子に供給される。

【0041】

次に、調整装置2は、センサオフセット値として初期値を示す温度検出オフセット調整信号 SVD_{OF_S} を温度検出回路1に供給する(ステップS7)。この初期値を示す温度検出オフセット調整信号 SVD_{OF_S} に応じて、温度検出回路1の可変分圧抵抗14は、例えば、端子A及びB間の抵抗値、或いは端子B及びC間の抵抗値を0に設定する。ステップS5~S7の実行により、ダイオード12のアノード端子上の電圧がオペアンプ21によって増幅され、これがスイッチ素子23及びオペアンプ22を介して温度検出信号 $SENS$ として調整装置2に供給される。この際、オペアンプ21は、温度検出オフセット調整信号 SVD_{OF_S} によって設定された可変分圧抵抗14の抵抗値及び抵抗18に基づく利得にて、ダイオード12のアノード端子上の電圧を増幅する。

10

【0042】

次に、調整装置2は、温度検出回路1から供給された温度検出信号 $SENS$ がBGR電圧としての1.2ボルトと等しいか否かの判定を行う(ステップS8)。かかるステップS8において温度検出信号 $SENS$ が1.2ボルトでは無いと判定された場合、調整装置2は、温度検出オフセット調整信号 SVD_{OF_S} にて示される値に所定の固定値 k を加算したものを新たな温度検出オフセット調整信号 SVD_{OF_S} として温度検出回路1に供給する(ステップS9)。ステップS9の実行により、温度検出回路1の可変分圧抵抗14は、固定値 k の分だけ、端子A及びB間の抵抗値と、端子B及びC間の抵抗値との分圧抵抗比を変更する。これにより、オペアンプ21による利得が増加又は減少し、その分だけ温度検出信号 $SENS$ の値が増加又は減少する。

20

【0043】

ステップS9の実行後、調整装置2は、上記ステップS8の実行に戻って前述した如き動作を繰り返し実行する。これらステップS8及びS9の繰り返し実行により、オペアンプ21の利得が徐々に増加又は減少するので、それに伴い温度検出信号 $SENS$ の値が徐々に増加又は減少する。

【0044】

この間、ステップS8において温度検出信号 $SENS$ が1.2ボルトと等しいと判定された場合、調整装置2は図4に示す第1調整を終了し、引き続き半導体集積チップ自体の温度を第1温度とは異なる第2温度に変更した状態において、図5に示す如き第2調整フローに従った手順で温度検出回路1に対する調整を行う。

30

【0045】

図5において、まず、調整装置2は、スイッチ素子23をオフ状態に設定させるべき調整箇所選択信号 $TES00$ 、及びスイッチ素子24をオン状態に設定させるべき調整箇所選択信号 $TES01$ を夫々温度検出回路1に供給する(ステップS10)。かかるステップS10の実行により、可変分圧抵抗15の端子B上の電圧がスイッチ素子24を介してオペアンプ22の非反転入力端子に供給される。よって、ダイオード12のアノード端子の電圧が、オペアンプ21、可変分圧抵抗15、スイッチ素子24、及びオペアンプ22を介して、温度検出信号 $SENS$ として調整装置2に供給される。

40

【0046】

次に、調整装置2は、かかる温度検出信号 $SENS$ にて示される電圧値が、所望の温度勾配特性に沿った勾配設定電圧 Q と等しいか否かを判定する(ステップS11)。ステップS11において、温度検出信号 $SENS$ で示される電圧と上記勾配設定電圧 Q とが不一致であると判定された場合、調整装置2は、温度勾配調整信号 SVD_{GA} にて示される値に所定の固定値 s を加算したものを新たな温度勾配調整信号 SVD_{GA} として温度検出回路1に供給する(ステップS12)。ステップS12の実行により、温度検出回路1の可変分圧抵抗15は、固定値 s の分だけ、端子A及びB間の抵抗値と、端子B及びC間の抵抗値との分圧抵抗比を変更する。これにより、温度検出信号 $SENS$ の値が増加又は減少

50

する。ステップ S 1 2 の実行後、調整装置 2 は、上記ステップ S 1 1 の実行に戻って前述した如き動作を繰り返し実行する。これらステップ S 1 1 及び S 1 2 の繰り返し実行により、可変分圧抵抗 1 5 の端子 A 及び B 間の電圧値と、端子 B 及び C 間の電圧値との抵抗比が徐々に変更されるので、それに伴い温度検出信号 S E N S の値が徐々に増加又は減少する。

【 0 0 4 7 】

この間、ステップ S 1 1 において温度検出信号 S E N S が所望の温度勾配特性に沿った勾配設定電圧 Q と等しいと判定された場合、調整装置 2 は図 5 に示す第 2 調整を終了する。図 5 に示す第 2 調整により、半導体集積チップの発熱温度の推移に追従する、温度検出信号 S E N S の電圧推移の勾配が設定される。この際、温度検出信号 S E N S の対温度電圧推移が急勾配であるほど、半導体集積チップの温度変化に対する検出感度が高まる。

10

【 0 0 4 8 】

以上のように、図 1 に示す温度検出回路 1 には、オペアンプ 2 0 で生成された基準電圧 V R E F の値を所定の B G R 電圧 (1 . 2 ボルト) とすべく、基準電圧オフセット調整信号 V R E F _{OFF} に応じてダイオード 1 1 の順方向電圧を調整してオペアンプ 2 0 に供給する可変分圧抵抗 1 3 が設けられている。これにより、製造上のバラツキに起因して各モジュールの特性が変動してしまっても、高い精度で 1 . 2 ボルト固定の基準電圧 V R E F を生成することが可能となる。

【 0 0 4 9 】

また、図 1 に示す温度検出回路 1 では、オペアンプ 2 1 によって、B G R 電圧の発生源となるダイオード 1 2 の順方向電圧を増幅することにより、半導体集積チップの温度に対応した電圧を有する温度検出信号 S E N S を生成するようにしている。この際、温度検出回路 1 には、温度検出オフセット調整信号 S V D _{OFF} に応じてオペアンプ 2 1 の利得を変更することにより温度検出信号 S E N S のレベルを調整する可変分圧抵抗 1 4 が設けられている。よって、製造上のバラツキに起因して各モジュールの特性が変動していても、かかる可変分圧抵抗 1 4 の調整により、半導体集積チップの温度に追従した精度の高い温度検出信号 S E N S を生成することが可能となる。

20

【 0 0 5 0 】

更に、図 1 に示す温度検出回路 1 には、オペアンプ 2 1 から送出された増幅電圧を温度勾配調整信号 S V D _{G A} に応じて調整することにより、温度検出信号 S E N S における温度勾配、つまり温度上昇 (下降) に追従した電圧変化の度合いを任意の度合いに調整する可変分圧抵抗 1 5 が設けられている。これにより、半導体集積チップの温度変化に対する検出感度を任意の感度に設定することが可能となる。

30

【 0 0 5 1 】

尚、図 1 に示される温度検出回路 1 では、B G R 電圧を生成する源となる素子として P N 接合型のダイオード 1 1 及び 1 2 を用いているが、P N 接合型のトランジスタを用いるようにしても良い。要するに、B G R 電圧を生成する源となる素子として、バンドギャップエネルギーの影響を受ける P N 接合型の半導体素子を用いれば良いのである。

【 実施例 2 】

【 0 0 5 2 】

図 6 は、本発明に係る温度検出回路の第 2 の実施例を示す回路図である。

40

【 0 0 5 3 】

図 6 において、温度検出回路 1 は、半導体のバンドギャップエネルギーを利用した、いわゆるバンドギャップリファレンス回路であり、温度検出の対象となる半導体集積チップに構築されている。温度検出回路 1 は、ダイオード 1 1、1 2 と、可変分圧抵抗 1 3、1 4、2 5 と、抵抗 1 6、1 8、2 6 と、オペアンプ 2 0 ~ 2 2 と、スイッチ素子 2 3、2 4 及び 2 7 と、を有する。

【 0 0 5 4 】

第 1 のダイオードとしてのダイオード 1 1 のカソード端子には接地電位 G N D が印加されており、そのアノード端子は可変分圧抵抗 1 3 の端子 A に接続されている。

50

【 0 0 5 5 】

第1の可変分圧抵抗としての可変分圧抵抗13の端子Aはダイオード11のアノード端子に接続されており、端子BはラインL1を介してオペアンプ20の反転入力端子に接続されており、端子Cは抵抗16の一端に接続されている。可変分圧抵抗13は、半導体集積チップの外部端子PAを介して供給された、第1のオフセット調整信号としての基準電圧オフセット調整信号 V_{REF_OFFS} にて示される基準オフセット値に基づき、その端子A及びB間の抵抗値と、端子B及びC間の抵抗値との分圧抵抗比を変更する。すなわち、可変分圧抵抗13は、基準電圧オフセット調整信号 V_{REF_OFFS} に応じた分圧抵抗比にて、ダイオード11の順方向電圧（アノード端子の電圧）を分圧して得られた第1分圧電圧 V_1 をその端子Bを介してオペアンプ20に供給する。

10

【 0 0 5 6 】

第2のダイオードとしてのダイオード12のカソード端子には接地電位GNDが印加されており、そのアノード端子はラインL2を介して可変分圧抵抗25の端子A及びオペアンプ20の非反転入力端子に接続されている。尚、半導体チップ上に構築されるダイオード11及び12は互いに独立したPN接合面を有し、ダイオード12のPN接合面積は、ダイオード11のPN接合面積の $1/N$ （Nは1より大なる実数）である。つまり、ダイオード12のPN接合面積はダイオード11のPN接合面積よりも小である。

【 0 0 5 7 】

基準電圧生成部としてのオペアンプ20は、ラインL1上の第1分圧電圧 V_1 と、ラインL2上のダイオード12の順方向電圧との差分に対応した差分電圧を生成し、これをラインL3を介して抵抗16、26、可変分圧抵抗25の端子C、及びスイッチ素子23に供給すると共に、かかる差分電圧を基準電圧 V_{REF} として半導体集積チップの外部端子PAを介して出力する。尚、かかる基準電圧 V_{REF} は、半導体のバンドギャップエネルギーに基づく固定電圧であり、例えば $1.25 \pm$ ボルトである。

20

【 0 0 5 8 】

第2の可変分圧抵抗としての可変分圧抵抗25の端子AにはラインL2を介してダイオード12のアノード端子及びオペアンプ20の非反転入力端子が接続されており、端子BはラインL0を介してオペアンプ21の非反転入力端子及びスイッチ素子27に接続されている。可変分圧抵抗25は、半導体集積チップの外部端子PAを介して供給された、第2のオフセット調整信号としてのダイオードオフセット調整信号 D_{IOD_OFFS} にて示されるダイオードオフセット値に基づいて、その端子A及びB間の抵抗値と、端子B及びC間の抵抗値との抵抗比を変更する。すなわち、可変分圧抵抗25は、ダイオードオフセット調整信号 D_{IOD_OFFS} に応じた分圧抵抗比にてダイオード12の順方向電圧（アノード端子の電圧）を分圧して得られた第2分圧電圧 V_2 をその端子Bを介してオペアンプ21に供給する。

30

【 0 0 5 9 】

オペアンプ21の反転入力端子はラインL4を介して可変分圧抵抗14の端子Bに接続されており、その出力端子はラインL5を介して、抵抗18及び26、及びスイッチ素子24に接続されている。可変分圧抵抗14の端子Aには接地電位GNDが印加されており、端子Cは抵抗18の他端に接続されている。

40

【 0 0 6 0 】

第3の可変分圧抵抗としての可変分圧抵抗14は、半導体集積チップの外部端子PAを介して供給された温度検出オフセット調整信号 S_{VD_OFFS} によって示されるセンサオフセット値に基づいて、その端子A及びB間の抵抗値と、端子B及びC間の抵抗値との抵抗比を変更する。すなわち、可変分圧抵抗14は、温度検出オフセット調整信号 S_{VD_OFFS} に応じてオペアンプ21の増幅利得を調整する。これにより、オペアンプ21は、可変分圧抵抗25を介して供給されたダイオード12のアノード端子上の電圧を、可変分圧抵抗14及び抵抗18による抵抗値に応じた利得で増幅し、この際、得られた増幅電圧をラインL5を介して抵抗26及びスイッチ素子24の一端に供給する。要するに、オペアンプ21は、温度検出オフセット調整信号 S_{VD_OFFS} にて示されるセンサオフセット値に

50

基づく利得で、可変分圧抵抗 25 を介して供給されたダイオード 12 のアノード端子の電圧を増幅するのである。尚、上記したオペアンプ 20 及び 21 は、互いに同一材料及び同一製造プロセスで構築されたものである。スイッチ素子 24 の他端はライン L8 を介してオペアンプ 22 の非反転入力端子、スイッチ素子 23 及び 27 に接続されている。

【0061】

スイッチ素子 23 は、半導体集積チップの外部端子 PA を介して供給された調整箇所選択信号 T E S 0 0 に応じてオン状態又はオフ状態に設定される。スイッチ素子 23 は、オン状態に設定されている間だけ、上記ライン L3 上の電圧をライン L8 を介してオペアンプ 22 の非反転入力端子に供給する。尚、スイッチ素子 23 は、温度検出回路 1 の通常動作時にはオフ状態固定となる。スイッチ素子 24 は、半導体集積チップの外部端子 PA を介して供給された調整箇所選択信号 T E S 0 1 に応じてオン状態又はオフ状態に設定される。スイッチ素子 24 は、オン状態に設定されている間だけ、オペアンプ 21 から送出された増幅電圧をオペアンプ 22 の非反転入力端子に供給する。尚、スイッチ素子 24 は、温度検出回路 1 の通常動作時にはオン状態固定となる。スイッチ素子 27 は、半導体集積チップの外部端子 PA を介して供給された調整箇所選択信号 T E S 1 0 に応じてオン状態又はオフ状態に設定される。スイッチ素子 27 は、オン状態に設定されている間だけ、上記した可変分圧抵抗 25 の端子 B 上の第 2 分圧電圧 V2 をライン L8 を介してオペアンプ 22 の非反転入力端子に供給する。尚、スイッチ素子 27 は、温度検出回路 1 の通常動作時にはオフ状態固定となる。

【0062】

要するに、これらスイッチ素子 23、24 及び 27 からなるスイッチ部は、調整箇所選択信号 (T E S 0 0、01、10) に応じて、上記ライン L3 上の差分電圧 (オペアンプ 20 の出力)、ライン L5 上の電圧 (オペアンプ 21 の出力)、及び可変分圧抵抗 25 の端子 B 上の第 2 分圧電圧 V2 の内の 1 つを選択し、これをライン L8 を介してオペアンプ 22 に供給する。

【0063】

オペアンプ 22 は、その反転入力端子及び出力端子同士が接続されている、いわゆるボルテージフォロワ回路であり、上記ライン L8 上の電圧を温度検出信号 S E N S として、半導体集積チップの外部端子 PA を介して出力する。

【0064】

以下に、上記した温度検出回路 1A の動作について説明する。

【0065】

図 6 に示すダイオード 11 及び 12 各々のアノード端子の電圧は、例えば図 7 の破線又は一点鎖線に示すように、半導体集積チップ自体の温度が絶対零度の時には 1.2 ボルトであり、その温度が高くなるほど低下する。よって、ダイオード 11 又は 12 のアノード端子の電圧に基づいて、半導体集積チップの温度を検出することが可能となる。そこで、温度検出回路 1A では、オペアンプ 21、スイッチ素子 24 及びオペアンプ 22 を含む温度検出信号生成部によって、ダイオード 12 のアノード端子の電圧を可変分圧抵抗 25 で分圧した第 2 分圧電圧 V2 に基づき、半導体集積チップの温度を示す温度検出信号 S E N S を生成し、これを外部出力させるのである。

【0066】

この際、基準電圧生成部としてのオペアンプ 20 は、ダイオード 11 のアノード端子の電圧を可変分圧抵抗 13 によって分圧して得られた第 1 分圧電圧 V1 と、ダイオード 12 のアノード端子の電圧との差分電圧を基準電圧 V R E F として送出する。かかる差分電圧は、抵抗 16 及び可変分圧抵抗 13 を介してオペアンプ 20 の反転入力端子に帰還供給されると共に、可変分圧抵抗 25 を介してオペアンプ 20 の非反転入力端子に帰還供給される。かかる構成により、オペアンプ 20 は、ダイオード 12 の順方向電圧 (アノード端子の電圧) と、ダイオード 11 の順方向電圧 (アノード端子の電圧) を分圧した第 1 分圧電圧 V1 と、を等しくさせるような帰還電圧を、基準電圧 V R E F として生成するように動作する。この際、第 1 及び第 2 のダイオードであるダイオード 11 及び 12 は互いに

10

20

30

40

50

異なるPN接合面積を有する為、ダイオード11及び12各々に流れ込む電流は異なるものとなる。これにより、ダイオード12における温度上昇に伴う順方向電圧の低下度合いは、ダイオード11における温度上昇に伴う順方向電圧の低下度合いとは異なるものとなる。ただし、絶対零度の際にはダイオード11及び12各々の順方向電圧は共に1.2ボルトとなる。よって、ダイオード12の順方向電圧と、ダイオード11の順方向電圧との差分が、温度変更に伴う電圧変化分となるので、この電圧変化分によって、上記した温度上昇に伴う順方向電圧の低下分をオペアンプ20でキャンセルすることにより、温度変化に依存しない一定の基準電圧VREFを生成することができる。尚、基準電圧VREFの値は、絶対零度での半導体のバンドギャップ電圧(以下、BGR電圧と称する)である1.2ボルトである。よって、基準電圧VREFは、図7に示す如く半導体集積チップの温度変化に依存しない一定の1.2ボルトとなる。

10

【0067】

従って、温度検出回路1Aによって生成された基準電圧VREF及び温度検出信号SENSを用いることにより、半導体集積チップの発熱温度の異常を検出することが可能となる。例えば、基準電圧VREF(1.2ボルト)に基づき、半導体集積チップの発熱温度として許容し得る温度の上限を示す閾値電圧を生成し、上記温度検出信号SENSがこの閾値電圧より高い場合には半導体集積チップの温度が正常温度範囲内にあると判定する一方、低い場合には異常な高温状態にあると判定するのである。

【0068】

以下に、上記した如き温度検出回路1Aを含む半導体集積チップに対して、工場出荷時に実施される調整動作について説明する。

20

【0069】

図8は、温度検出回路1を調整する際のシステム構成を示すブロック図である。

【0070】

図8に示すシステム構成では、調整装置2Aが、温度検出回路1Aを含む半導体集積チップの外部端子PAに接続される。

【0071】

調整装置2Aは、半導体集積チップ自体の温度が所定の第1温度となる状態において、図9に示す如き調整フローに従った手順で温度検出回路1Aに対する調整を行う。

【0072】

30

図9において、まず、調整装置2Aは、スイッチ素子23をオン状態に設定させるべき調整箇所選択信号TES00、及びスイッチ素子24及び27を共にオフ状態に設定させるべき調整箇所選択信号TES01、TES10を温度検出回路1Aに供給する(ステップS21)。かかるステップS21の実行により、温度検出回路1Aのオペアンプ20から送出された電圧がスイッチ素子23を介してオペアンプ22の非反転入力端子に供給される。

【0073】

次に、調整装置2Aは、基準オフセット値として初期値を示す基準電圧オフセット調整信号VREF_{OFF}を温度検出回路1Aに供給する(ステップS22)。この初期値を示す基準電圧オフセット調整信号VREF_{OFF}に応じて、温度検出回路1Aの可変分圧抵抗13は、例えば、端子A及びB間の抵抗値、又は端子B及びC間の抵抗値を0に設定する。ステップS21及びS22の実行により、オペアンプ20から送出された差分電圧がスイッチ素子23及びオペアンプ22を介して温度検出信号SENSとして調整装置2Aに供給される。

40

【0074】

次に、調整装置2Aは、温度検出回路1Aから供給された温度検出信号SENSが、絶対零度でのBGR電圧である1.2ボルトと等しいか否かの判定を行う(ステップS23)。かかるステップS23において温度検出信号SENSが1.2ボルトでは無いと判定された場合、調整装置2Aは、基準電圧オフセット調整信号VREF_{OFF}にて示される基準オフセット値に所定の固定値mを加算したものを新たな基準電圧オフセット調整信号

50

VREF_{OFFS}として温度検出回路1Aに供給する(ステップS24)。ステップS24の実行により、温度検出回路1Aの可変分圧抵抗13は、固定値mの分だけ、端子A及びB間の抵抗値と、端子B及びC間の抵抗値との抵抗比を変更する。

【0075】

ステップS24の実行後、調整装置2Aは、上記ステップS23の実行に戻って前述した如き動作を繰り返し実行する。これらステップS23及びS24の繰り返し実行により、可変分圧抵抗13の端子A及びB間の抵抗値と端子B及びC間の抵抗値との比が徐々に変化する。これにより、オペアンプ20、スイッチ素子23及びオペアンプ22を介して送出された温度検出信号SENSの電圧値が徐々に増加又は減少して行く。

【0076】

この間、ステップS23において温度検出信号SENSが1.2ボルトと等しいと判定された場合、調整装置2Aは、スイッチ素子23及び24をオフ状態に設定させるべき調整箇所選択信号TES00及びTES01、並びにスイッチ素子27をオン状態に設定させるべき調整箇所選択信号TES01を夫々温度検出回路1Aに供給する(ステップS25)。かかるステップS25の実行により、可変分圧抵抗25の端子B上の第2分圧電圧V2がスイッチ素子27を介してオペアンプ22の非反転入力端子に供給される。

【0077】

次に、調整装置2Aは、ダイオードオフセット値の初期値を示すダイオードオフセット調整信号DIOD_{OFFS}を温度検出回路1Aに供給する(ステップS26)。この初期値を示すダイオードオフセット調整信号DIOD_{OFFS}に応じて、温度検出回路1Aの可変分圧抵抗25は、例えば、端子A及びB間の抵抗値、又は端子B及びC間の抵抗値を0に設定する。ステップS25及びS26の実行により、ダイオード12のアノード端子上的電圧を可変分圧抵抗25で調整して得られたラインL0上の第2分圧電圧V2が、スイッチ素子27及びオペアンプ22を介して、温度検出信号SENSとして調整装置2Aに供給される。

【0078】

次に、調整装置2Aは、かかるラインL0上の第2分圧電圧V2を示す温度検出信号SENSが、所望の温度勾配電圧、例えば0.93ボルトであるか否かを判定する(ステップS27)。尚、温度勾配電圧とは、ラインL0上の第2分圧電圧V2における温度推移に伴う電圧変化の度合いを表す温度勾配特性を示す電圧である。ここで、温度Tcで設定する温度勾配電圧をVnとするとその温度勾配は、

$$(1.2 - V_n) / (T_c - (-273)) [V /]$$

となる。

【0079】

上記ステップS27において温度検出信号SENSが所望の温度勾配特性を示す0.93ボルトでは無いと判定された場合、調整装置2Aは、ダイオードオフセット調整信号DIOD_{OFFS}にて示されるダイオードオフセット値に所定の固定値pを加算したものを新たなダイオードオフセット調整信号DIOD_{OFFS}として温度検出回路1Aに供給する(ステップS28)。ステップS28の実行により、温度検出回路1Aの可変分圧抵抗25は、固定値pの分だけ、端子A及びB間の抵抗値と、端子B及びC間の抵抗値との抵抗比を変更する。この際、可変分圧抵抗25の端子A及びB間の抵抗値が端子B及びC間の抵抗値に比して小なるほど、図7の一点鎖線に示す如く、温度勾配が緩やかになる。一方、可変分圧抵抗25の端子A及びB間の抵抗値が端子B及びC間の抵抗値に比して大なるほど、図7の破線に示す如く温度勾配が急峻になる。要するに、ダイオードオフセット調整信号DIOD_{OFFS}に基づき、可変分圧抵抗25によってダイオード12のアノード端子の電圧を調整することにより、ラインL0上の第2分圧電圧V2における温度勾配特性を変更することができるのである。

【0080】

ステップS28の実行後、調整装置2Aは、上記ステップS27の実行に戻って前述した如き動作を繰り返し実行する。これらステップS27及びS28の繰り返し実行により

10

20

30

40

50

、可変分圧抵抗 25 の端子 A 及び B 間の抵抗値と端子 B 及び C 間の抵抗値との比が徐々に変化する。これにより、ライン L0 上の第 2 分圧電圧 V2 に対応した温度検出信号 SENS の電圧値が徐々に増加又は減少して行く。

【0081】

この間、上記ステップ S27 において温度検出信号 SENS が 0.93 ボルトと等しいと判定された場合、調整装置 2A は、スイッチ素子 23 及び 27 をオフ状態に設定させるべき調整箇所選択信号 TES00 及び TES10、並びにスイッチ素子 24 をオン状態に設定させるべき調整箇所選択信号 TES01 を夫々温度検出回路 1A に供給する（ステップ S29）。かかるステップ S29 の実行により、オペアンプ 21 から送出された増幅電圧がスイッチ素子 24 を介してオペアンプ 22 の非反転入力端子に供給される。

10

【0082】

次に、調整装置 2A は、センサオフセット値として初期値を示す温度検出オフセット調整信号 SVDOFS を温度検出回路 1A に供給する（ステップ S30）。この初期値を示す温度検出オフセット調整信号 SVDOFS に応じて、温度検出回路 1A の可変分圧抵抗 14 は、例えば、端子 A 及び B 間の抵抗値、或いは端子 B 及び C 間の抵抗値を 0 に設定する。ステップ S29 及び S30 の実行により、オペアンプ 21 から送出された増幅電圧がスイッチ素子 24 及びオペアンプ 22 を介して、温度検出信号 SENS として調整装置 2A に供給される。この際、オペアンプ 21 は、温度検出オフセット調整信号 SVDOFS によって設定された、可変分圧抵抗 14 の抵抗値及び抵抗 18 に基づく利得でライン L0 上の第 2 分圧電圧 V2 を増幅する。

20

【0083】

次に、調整装置 2A は、温度検出回路 1A から供給された温度検出信号 SENS が BGR 電圧としての 1.2 ボルトと等しいか否かの判定を行う（ステップ S31）。かかるステップ S31 において温度検出信号 SENS が 1.2 ボルトでは無いと判定された場合、調整装置 2A は、温度検出オフセット調整信号 SVDOFS にて示される値に所定の固定値 k を加算したものを新たな温度検出オフセット調整信号 SVDOFS として温度検出回路 1A に供給する（ステップ S32）。ステップ S32 の実行により、温度検出回路 1A の可変分圧抵抗 14 は、固定値 k の分だけ、端子 A 及び B 間の抵抗値と、端子 B 及び C 間の抵抗値との抵抗比を変更する。これにより、オペアンプ 21 の利得が増加又は減少し、その分だけ温度検出信号 SENS の値が増加又は減少する。この際、温度検出信号 SENS における温度勾配は、

30

$$\left[(1.2 - V2) / (Tc - (-273)) \right] \times \left[(R2 + VR3) / VR3 \right]$$

V2 : 第 2 調整電圧

R2 : 抵抗 18 の抵抗値

VR3 : 可変分圧抵抗 14 の端子 B 及び C 間の抵抗値

Tc : 温度

となる。

【0084】

上記ステップ S32 の実行後、調整装置 2A は、上記ステップ S31 の実行に戻って前述した如き動作を繰り返し実行する。これらステップ S31 及び S32 の繰り返し実行により、オペアンプ 21 の利得が徐々に増加又は減少するので、それに伴い温度検出信号 SENS の値が徐々に増加又は減少する。

40

【0085】

ここで、製造上のバラツキに起因する基準電圧 VREF の変動分を VREF とした場合、ライン L0 の第 2 分圧電圧 V2 の変動分 V2 は、

$$V2 = \left[(V2 - VA) / (VREF - VA) \right] * VREF$$

VA : ライン L2 の電圧

で表される。

【0086】

この際、オペアンプ 21 からライン L5 上に送出される増幅電圧を電圧 V5 とした場合

50

、この電圧 V_5 は、変動前の基準電圧 V_{REF} に正規化されるので、電圧変動も V_{REF} / V_2 倍される。

【0087】

すなわち、ライン L_0 の電圧 V_5 の変動分 V_5 は、

$$V_5 = [((V_2 - V_A) / (V_{REF} - V_A)) * (V_{REF} / V_2)] * V_{REF}$$

となる。

【0088】

尚、例えば $V_{REF} = 1.2$ 、 $V_2 = 0.9$ 、 $V_A = 0.6$ である場合、

$$V_5 = (2/3) * V_{REF}$$

となる。

【0089】

上記ステップ S_{31} において温度検出信号 $SENS$ が 1.2 ボルトと等しいと判定された場合、調整装置 $2A$ は、図 9 に示す如き調整処理を終了する。

【0090】

以上の如く、図 6 に示す温度検出回路 $1A$ には、オペアンプ 20 で生成された基準電圧 V_{REF} の値を BGR 電圧 (1.2 ボルト) とする為に、ダイオード 11 の順方向電圧 (アノード端子の電圧) を基準電圧オフセット調整信号 $V_{REF_{OFFS}}$ に応じて分圧した第 1 分圧電圧 V_1 をオペアンプ 20 に供給する第 1 の可変分圧抵抗 13 が設けられている。これにより、製造上のバラツキに起因して各モジュールの特性が変動してしまっても、高い精度で 1.2 ボルト固定の基準電圧 V_{REF} を生成させることが可能となる。

【0091】

また、図 6 に示す温度検出回路 $1A$ には、ダイオードオフセット調整信号 DIO_{OFFS} に応じた分圧抵抗比でダイオード 12 の順方向電圧 (アノード端子の電圧) を調整することにより、温度検出信号 $SENS$ における温度勾配、つまり温度上昇 (下降) に追従した電圧変化の度合いを、任意の度合いに設定する第 2 の可変分圧抵抗 25 が設けられている。これにより、半導体集積チップの温度変化に対する検出感度を任意の感度に設定することが可能となる。

【0092】

また、図 1 に示す温度検出回路 1 では、オペアンプ 21 によって、 BGR 電圧の発生源となるダイオード 12 の順方向電圧を増幅することにより、半導体集積チップの温度に追従した電圧を有する温度検出信号 $SENS$ を生成するようにしている。この際、温度検出回路 1 には、温度検出オフセット調整信号 SV_{DOFFS} に応じてオペアンプ 21 の利得を変更することにより温度検出信号 $SENS$ のレベルを調整する第 3 の可変分圧抵抗 14 が設けられている。よって、かかる可変分圧抵抗 14 の調整により、製造上のバラツキに起因して各モジュールの特性が変動していても、半導体集積チップの温度に追従した精度の高い温度検出信号 $SENS$ を生成することが可能となる。

【0093】

この際、図 6 に示す温度検出回路 $1A$ では、チップサイズの縮小化等の製造プロセスの変更に伴い、ダイオード 11 及び 12 の端子電圧が変動してしまっても、可変分圧抵抗 13 及び 25 の分圧抵抗比を調整するだけで、所望の特性を有する基準電圧 V_{REF} 及び温度検出信号 $SENS$ を生成することが可能となる。よって、図 6 に示す温度検出回路 $1A$ によれば、図 1 に示す温度検出回路 1 の如き可変分圧抵抗 13 及び 14 の抵抗値の調整のみならず、抵抗 17 の抵抗値の変更が必要となるものに比してその調整が容易に為されるようになる。

【0094】

また、図 6 に示す温度検出回路 $1A$ では、可変分圧抵抗 25 によってダイオード 12 の順方向電圧を調整することにより、温度検出感度に関与する温度勾配特性を変更するようにしている。一方、図 1 に示す温度検出回路 1 では、ライン L_3 及び L_5 間の電圧の分圧比を可変分圧抵抗 15 によって調整することにより、温度検出感度に関与する温度勾配特

10

20

30

40

50

性を変更している。ところで、図 1 に示す温度検出回路 1 では、ライン L 3 及び L 5 各々の電圧は共に 1.2 ボルトとなっている為、このままの状態では図 5 に示すステップ S 1 1 において温度検出信号 S E N S は 0 固定となってしまう、その調整を行うことができない。そこで、かかる調整を行うにあたり、図 1 に示す温度検出回路 1 では、半導体集積チップの温度を第 1 温度から第 2 温度に変更するようにしている。これに対して、図 6 に示す温度検出回路 1 A では、半導体集積チップの温度を変更することなく全ての調整を行うことができるので、図 1 に示す温度検出回路 1 に比して調整時間の短縮を図ることが可能となる。

【 0 0 9 5 】

尚、温度検出回路 1 A におけるオペアンプ 2 1 と、スイッチ素子 2 4 との間に、図 1 0 に示すように、抵抗 2 8、2 9 及びオペアンプ 3 0 を設けるようにしても良い。要するに、第 2 分圧電圧 V 2 を増幅する増幅部を、第 1 アンプとしてのオフセット調整用のオペアンプ 2 1 と、第 2 アンプとしての温度勾配増加用のオペアンプ 3 0 と、により形成するのである。

【 0 0 9 6 】

図 1 0 に示される構成では、オペアンプ 2 1 は、ライン L 5 を介してその増幅電圧をオペアンプ 3 0 の非反転入力端子に供給する。オペアンプ 3 0 の反転入力端子はライン L 9 を介して抵抗 2 8 及び 2 9 各々の一端に接続されており、その出力端子はライン L 1 0 を介して抵抗 2 9 の他端及びスイッチ素子 2 4 に接続されている。抵抗 2 8 の他端はライン L 3 に接続されている。オペアンプ 3 0 は、抵抗 2 8 及び 2 9 の抵抗比に応じた利得で、オペアンプ 2 1 からライン L 5 を介して送出された電圧を増幅し、これをライン L 1 0 を介してスイッチ素子 2 4 に供給する。この際、抵抗 2 8 及び 2 9 の抵抗値の比に基づくオペアンプ 3 0 の利得により、上記した如く可変分圧抵抗 2 5 で設定された温度勾配を変更することが可能となる。尚、オペアンプ 3 0 からライン L 1 0 上に送出された電圧における温度勾配は、

$$\left[\left(\frac{1.2 - V_2}{T_c - (-273)} \right) \right] \times \left[\left(\frac{R_2 + V R_3}{V R_3} \right) \right] \times \left[\frac{R_3 + R_4}{R_3} \right]$$

R 3 : 抵抗 2 8 の抵抗値

R 4 : 抵抗 2 9 の抵抗値

となる。

【 0 0 9 7 】

すなわち、上記 R 3 及び R 4 を 1 : 2 以上に設定して、オペアンプ 3 0 の利得を高めるほど温度勾配が急峻になり、温度検出感度を高めることが可能となるのである。尚、R 3 及び R 4 を 1 : 2 に設定すると、オペアンプ 3 0 から送出された電圧の変動分は 0 になる。

【 0 0 9 8 】

ここで、回路の小型化を図るべく B G R 電圧の発生源となるダイオード (1 1、1 2) の P N 接合面積を小さくすると、そのアノード端子の電圧が高くなる為、図 1 に示す如きライン L 3 及び L 5 間に設けた可変分圧抵抗 1 5 では、急峻な温度勾配を得ることが出来ない。しかしながら、図 1 0 に示す如く、オペアンプ 2 1 と、スイッチ素子 2 4 との間に、抵抗 2 8、2 9 及びオペアンプ 3 0 からなる増幅段を設けることにより、急峻な温度勾配が得られるようになる。

【 0 0 9 9 】

尚、かかる増幅段とスイッチ素子 2 4 との間に、図 1 1 に示す如く、前述した可変分圧抵抗 1 5 を設けることにより温度勾配の微調整を行えるようにしても良い。

【 0 1 0 0 】

図 1 1 に示す構成では、オペアンプ 3 0 から送出された増幅電圧がライン L 1 0 を介して可変分圧抵抗 1 5 の端子 A に供給されている。可変分圧抵抗 1 5 の端子 C はライン L 3 に接続されており、その端子 B にはライン L 7 を介してスイッチ素子 2 4 の一端が接続されている。可変分圧抵抗 1 5 は、半導体集積チップの外部端子 P A を介して供給された温

10

20

30

40

50

度勾配調整信号 SVD_{GA} によって示される温度勾配調整値に基づいて、その端子 A 及び B 間の抵抗値と、端子 B 及び C 間の抵抗値との抵抗比を変更する。これにより、可変分圧抵抗 15 は、オペアンプ 30 から送出された増幅電圧の値を温度勾配調整信号 SVD_{GA} に応じて調整したものを、ライン L7 を介してスイッチ素子 24 に供給する。尚、スイッチ素子 24 の他端はライン L8 を介してオペアンプ 22 の非反転入力端子、スイッチ素子 23 及び 27 に接続されている。

【0101】

この際、かかる可変分圧抵抗 15 による温度勾配の微調整は、図 9 に示す調整が終了した後、半導体集積チップの温度を変更してから実行する。すなわち、温度のを変更後に、図 5 に示す第 2 調整を行うのである。ただし、図 5 に示すステップ S10 では、スイッチ素子 27 をオフ状態に設定させるべき TES10 を温度検出回路 1A に供給する。

10

【0102】

尚、図 6、図 10 及び図 11 に示される温度検出回路 1A では、BGR 電圧を生成する源となる素子として PN 接合型のダイオード 11 及び 12 を用いているが、PN 接合型のトランジスタを用いるようにしても良い。要するに、BGR 電圧を生成する源となる素子として、バンドギャップエネルギーの影響を受ける PN 接合型の半導体素子を用いれば良いのである。

【0103】

また、上記実施例では、温度検出信号 SENS の調整を行うにあたり、図 9 のステップ S31 において温度検出信号 SENS の値を 1.2 ボルトに一致されるべき調整を行うようにしているが、1.15 ~ 1.25 ボルトの範囲内に収まるように調整するようにしても良い。

20

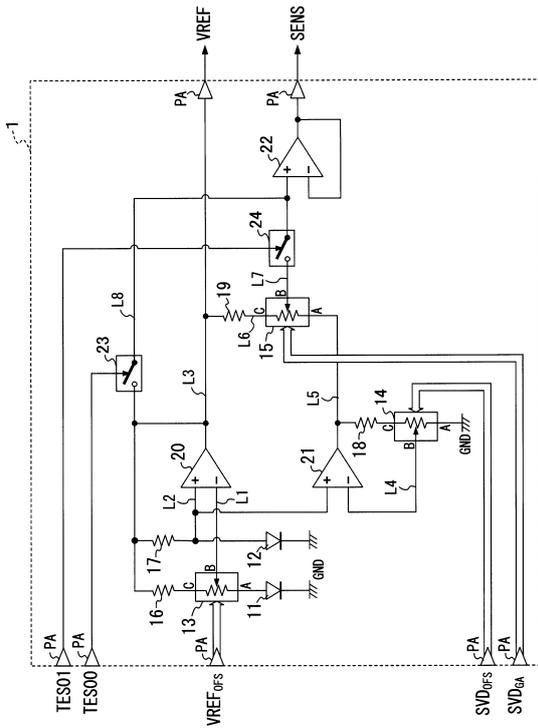
【符号の説明】

【0104】

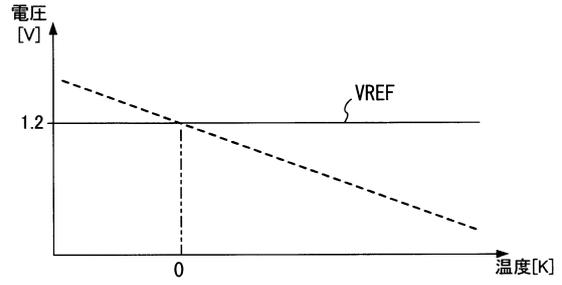
1、1A	温度検出回路
2、2A	調整装置
11、12	ダイオード
13、14、25	可変分圧抵抗
20 ~ 22	オペアンプ
23、24、27	スイッチ素子

30

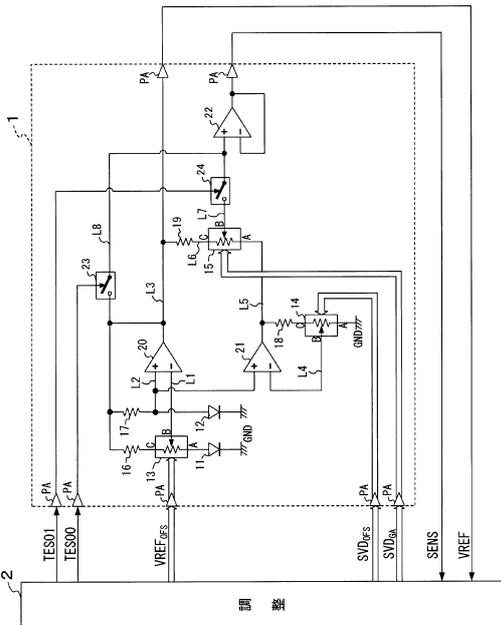
【図1】



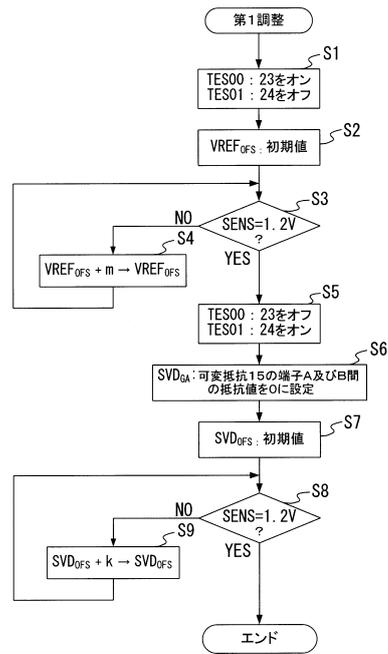
【図2】



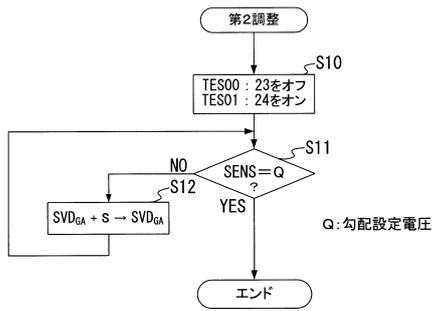
【図3】



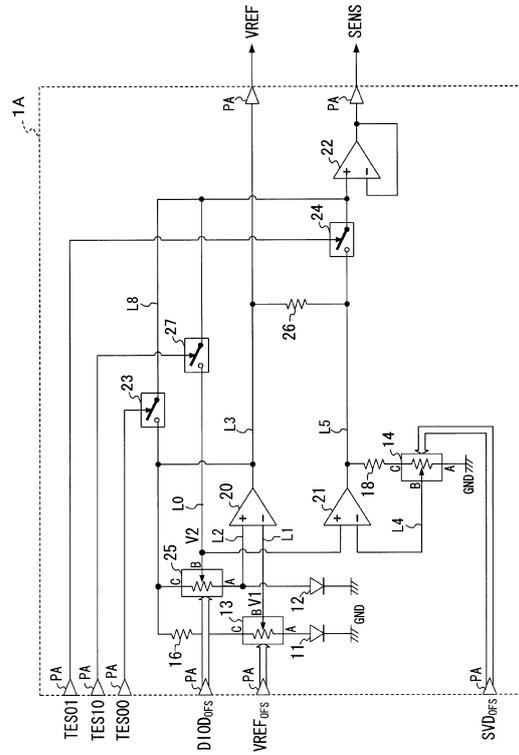
【図4】



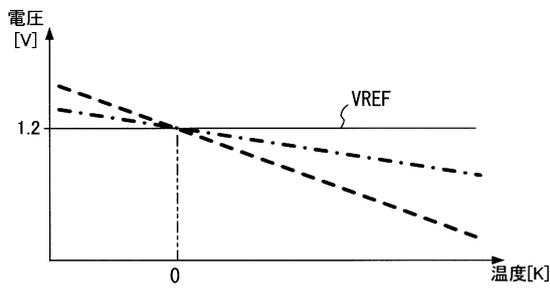
【図5】



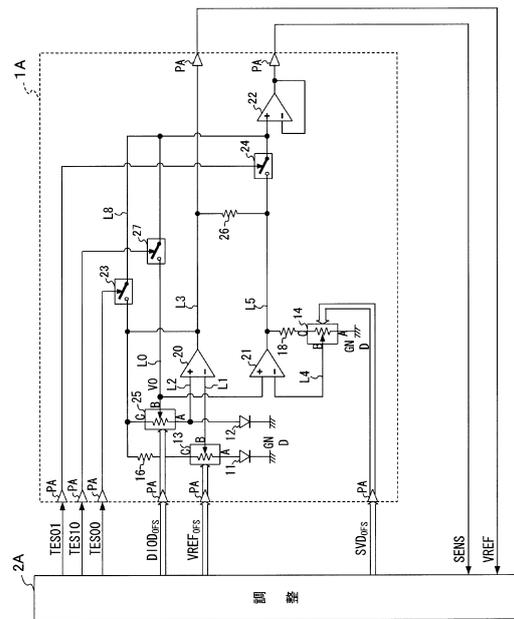
【図6】



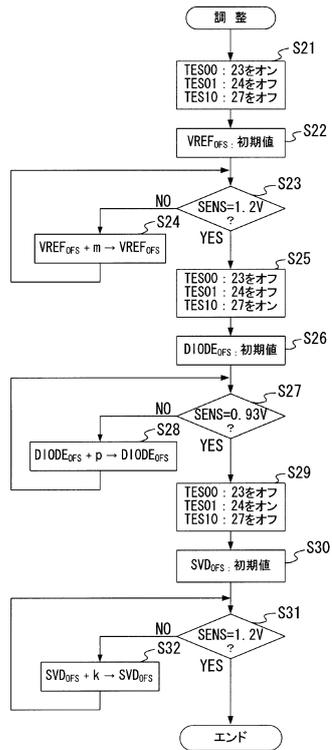
【図7】



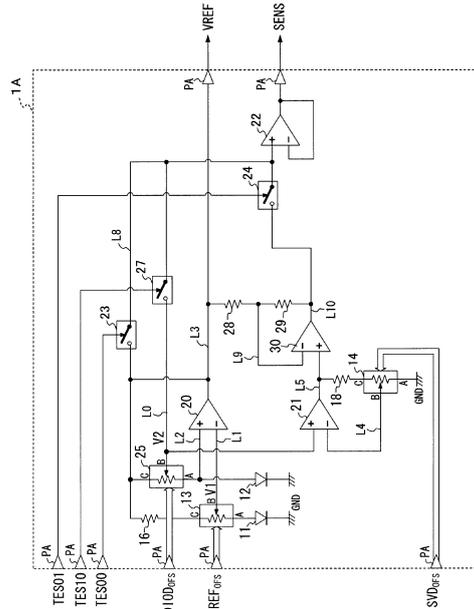
【図8】



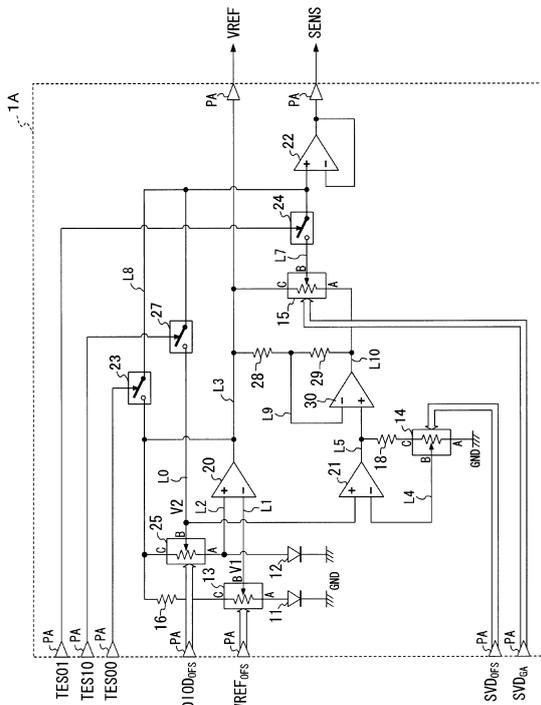
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平07-336875(JP,A)
特開平09-079916(JP,A)
特開平11-121694(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01K 7/01