

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-165630

(P2005-165630A)

(43) 公開日 平成17年6月23日(2005.6.23)

(51) Int.CI.<sup>7</sup>**G05D 23/24****G05D 23/00****H03B 5/32**

F 1

G 05 D 23/24

G 05 D 23/00

H 03 B 5/32

テーマコード(参考)

5 H 3 2 3

5 J 0 7 9

A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願2003-403136 (P2003-403136)

(22) 出願日

平成15年12月2日 (2003.12.2)

(71) 出願人 000003104

東洋通信機株式会社

神奈川県川崎市幸区塚越三丁目484番地

(72) 発明者 佐藤 富雄

神奈川県高座郡寒川町小谷二丁目1番1号

東洋通信機株式会社

内

F ターム(参考)	5H323	AA29	BB02	BB03	BB07	CA09
	CB02	CB20	DA03	DB02	EE01	
	FF01	FF10	GG04	KK05	LL19	
	NN01	SS02				
	5J079	AA04	BA02	CA01	CA12	CB02
	FA05	FA14	FB02	KA01	KA05	

(54) 【発明の名称】温度制御回路とそれを用いた恒温槽型圧電発振器

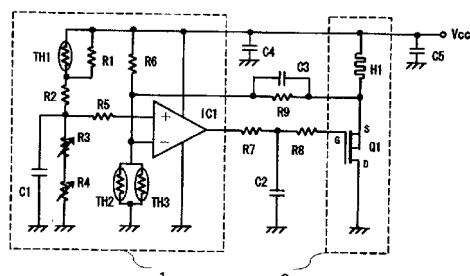
## (57) 【要約】

【課題】クローズドループコントロールで発生する温度制御偏差(オフセット)を制御利得を大きくして改善しようとすると、コントロールループ内でハンチング(低周波発振)が発生し易い。さらに、クローズドループコントロール用のサーミスタに直列にオープンループコントロール用のセンサとしてダイオードを接続すると、低温度側ではダイオードの抵抗が高くなっているためサーミスタの温度に対する感度が低下し、逆に高温度側ではサーミスタの温度に対する感度が上昇しすぎる。

【解決手段】差動増幅器 IC 1 のプラス(+)入力にオープンループコントロール用のセンサ(サーミスタ TH 1)回路を、また、差動増幅器 IC 1 のマイナス(-)入力にクローズドループコントロール用のセンサ(サーミスタ TH 2、TH 3)回路を設けて、クローズドループコントロールで発生する温度制御偏差(オフセット)を、オープンループコントロールで補正する。

## 【選択図】

図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ヒーターと該ヒーターに電力を供給するトランジスタ増幅回路を含むヒーター回路部と、前記ヒーターによる前記被加熱物の温度変化を検出する感熱素子と該感熱素子の検出結果に基づいて前記トランジスタ増幅回路の入力電圧を制御する差動増幅器とを含む制御部とで構成される温度制御回路であって、

前記差動増幅器の2つの入力回路の一方にクローズドループコントロール用の感熱素子による温度変化の検出電圧を印加し、他方にオープンループコントロール用の感熱素子による温度変化の検出電圧を印加して温度制御を行うよう構成したことを特徴とする温度制御回路。

10

**【請求項 2】**

ヒーターと該ヒーターに電力を供給するトランジスタ増幅回路を含むヒーター回路部と、前記ヒーターによる前記被加熱物の温度変化を検出する感熱素子と該感熱素子の検出結果に基づいて前記トランジスタ増幅回路の入力電圧を制御する差動増幅器とを含む制御部とで構成される温度制御回路であって、

前記制御部を2つ備え、一方をクローズドループコントロール用の温度制御ブロックとし、他方をオープンループコントロール用の温度制御ブロックとし、両制御ブロックの基準電圧は共通としたことを特徴とする温度制御回路。

**【請求項 3】**

前記クローズドループコントロール用の感熱素子は前記ヒーターに近接した位置に設置し、前記オープンループコントロール用の感熱素子は前記ヒーターから離れた位置に設置したことを特徴とする請求項1または請求項2のいずれかに記載の温度制御回路。

20

**【請求項 4】**

前記感熱素子に正特性温度補償用抵抗を用いたことを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の温度制御回路。

**【請求項 5】**

請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の温度制御回路を用いて構成したことを特徴とする恒温槽型圧電発振器。

30

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、温度制御回路に関し、特に恒温槽型圧電発振器に用いられる温度制御回路に関する。

40

**【背景技術】****【0002】**

通信機器あるいは測定器等の基準の周波数信号源に用いられる水晶発振器は、温度変化に対して高い精度で出力周波数が安定していることが求められている。

一般に水晶発振器の中でも極めて高い周波数安定度が得られるものとしては、電気的特性が温度の影響を受け易い水晶振動子等の電子部品を一定温度に保たれた槽内に収納した恒温槽型水晶発振器(OCXO)が知られており、これにより、例えば $1 \times 10^{-7} \sim 5 \times 10^{-10}$  ppm / 0 ~ + 60 ℃と極めて高い周波数安定度が得られている。

**【0003】**

図8は、従来の恒温槽型水晶発振器の温度制御回路の一例を示す電気回路図である。同

50

図に示すように、本温度制御回路は、水晶振動子（図示しない）等の温度を検知し、この情報に基づいた電流を出力する制御部21と、該制御部21からの電流値に基づいて水晶振動子を加熱するためのヒーター回路部22と定電圧回路23とを備えている。

#### 【0004】

前記制御部21は、前記定電圧回路23に接続された抵抗R51、R52の直列回路の前記抵抗R51、R52の接続中点が差動増幅器IC11のプラス(+)入力と接続され、また、定電圧回路23に接続された温度センサとしてのサーミスタTH11、TH12の並列回路と、抵抗R53との直列接続中点が前記差動増幅器IC11のマイナス(-)入力に接続されると共に、該差動増幅器IC11の出力が帰還抵抗54を介して前記差動増幅器IC11のマイナス(-)入力に接続されるよう構成したものである。10

前記抵抗R52は温度設定を行うための調整用抵抗である。

#### 【0005】

前記ヒーター回路部22は、電源Vccに接続された電力用MOSFET（以下、FETという）Q11とヒーターH11、H12とで構成され、ヒーターH11は電源VccとFETQ11のドレインDとの間に接続され、また、ヒーターH12はFETQ11のソースSと接地間に接続される。

前記差動増幅器IC11の出力は、抵抗R55を介してFETQ11のゲートGに接続される。コンデンサC21C、22、C23は交流ノイズ除去用のコンデンサである。

#### 【0006】

図9は、図8の従来の温度制御回路を備えた恒温槽型水晶発振器（OCXO）の構造例を示した縦断面図である。本恒温槽型水晶発振器（OCXO）は、サーミスタTH11、TH12とヒーターH11、H12と水晶振動子3を収容したオープン4と、その他の温度制御回路用及び発振回路用の部品5とを装着した印刷配線基板6、7で構成され、これらの構成部品はケース8に密封されて、端子9によって外部と接続される。20

そして、前記サーミスタTH11、TH12は発熱体のヒーターH11、H52や加熱対象のオープン4に近接配置され、前記ヒーターH11、H12の発熱量を検出する。

クローズドループコントロールは、温度センサとしてのサーミスタを熱源に密接配置して熱的結合を高め、その発熱量に応じてヒーター電流を制御する方式である。

#### 【0007】

上記構成の温度制御回路は、前記サーミスタTH11、TH12の抵抗値が周囲温度に従って変化するために差動増幅器IC11の(+)入力と(-)入力との電位差が変化し、これに伴いFETQ11のゲートGに加わる電圧が制御される。これによって、FETQ11のドレイン電流、即ちヒーターH11、H12の発熱温度が制御されて水晶振動子を収容したオープン4の周囲温度を所定の温度に維持することを可能にしている。30

例えば、温度が上昇した場合、前記サーミスタTH11、TH12の抵抗値が小さくなり、これに伴って差動増幅器IC11の(-)入力の電位があがり、そのため差動増幅器IC11の(+)と(-)入力端子間の電位差が小さくなって、該差動増幅器IC11の出力電圧が減少する。

これによって、FETQ11のゲート・ソース間の電位差が減少してヒーターH11、H12を流れるFETQ11のドレイン電流が減少する。その結果、ヒーターH11、H12の発熱量が少なくなって温度が低下する。40

一方、温度が低下するとサーミスタTH11、TH12の抵抗値が大きくなり上記の説明とは逆に前記ヒーターH11、H12の発熱量が増加して温度が上昇する。

#### 【0008】

図10は、図8の温度制御回路で制御された従来のTCXOのオープン4の温度制御特性図である。同図に示されるように、オープン4の温度は、周囲温度 -40 ~ 85 に対して制御目標温度より +1.2 ~ -0.7 の温度偏差を有している。

#### 【0009】

図11は、従来の恒温槽型水晶発振器の温度制御回路の他の例を示す電気回路図である。同図に示すように、本温度制御回路は、水晶振動子（図示しない）等の温度を検知し、50

この情報に基づいた電流を出力する制御部24と、該制御部24からの電流値に基づいて水晶振動子を加熱するためのヒーター回路部25と定電圧回路26とを備えている。

#### 【0010】

前記制御部24は、前記定電圧回路26に接続されたサーミスタTH13とダイオードD11、D12と抵抗R56の並列回路と、抵抗R57との直列回路の、前記ダイオードD11、D12と抵抗R57の接続中点が抵抗R58を介して差動増幅器IC12のプラス(+)入力と接続される。

また、定電圧回路26出力と接地間に接続された抵抗R59、R60との直列接続の接続中点が前記差動増幅器IC12のマイナス(-)入力に接続されると共に、該差動増幅器IC12の出力が帰還抵抗R61を介して差動増幅器IC12のマイナス(-)入力に接続されるよう構成したものである。なお、抵抗R57は温度設定を行うための調整用抵抗である。

#### 【0011】

前記制御部24のサーミスタTH13は、クローズドループコントロール用として後述のヒーターH13の近くに設置される。

また、前記ダイオードD11、D12はオープンループコントロール用の温度センサーとして用いるものであって、ヒーターH13から離れた周囲温度を検知しやすい位置に設置される。

#### 【0012】

前記ヒーター回路部25は、電源Vccに接続された電力用POWERMOSFET(以下、FETという)Q12とヒーターH13とで構成され、ヒーターH13は電源VccとFETQ12のソースSとの間に接続され、該FETQ12のドレインDは接地される。

前記差動増幅器IC12の出力は、抵抗R62、R63を介してFETQ12のゲートGに接続される。コンデンサC24、C25、C26、C27は交流ノイズ除去用のコンデンサである。

#### 【0013】

上記構成の温度制御回路において、周囲温度が上昇した場合、サーミスタTH13の抵抗値が小さくなり、これに伴って差動増幅器IC12の(+)入力の電位があがり、そのため該差動増幅器IC12の(+)と(-)入力端子間の電位差が大きくなつて、差動増幅器IC12の出力電圧が増大する。

これによって、FETQ12のゲート・ソース間の電位差が減少してヒーターH13を流れるFETQ12のドレイン電流が減少する。その結果、ヒーターH13の発熱量が少なくなつて温度が低下する。

一方、温度が低下するとサーミスタTH13の抵抗値が大きくなり上記の説明とは逆にFETQ12のドレイン電流、即ちヒーターH13の発熱量が増加して温度が上昇する。

#### 【0014】

前記ダイオードD11、D12は、該ダイオードD11、D12のカソード・アノード間電位が温度に対して一定の割合(約-2~-3mV/)で変化することを利用してオープンループコントロール用の温度センサとして用いられる。

このオープンループコントロールは、図10のクローズドループコントロールによる温度制御特性で見られる制御温度偏差を低減する目的で、オープンループコントロール用温度センサの感度と制御対象物の熱容量との関係から周囲温度に応じたヒーターの発熱量を設定して、前記オープンループコントロール用温度センサが感知した周囲温度に対応したヒーターの発熱、即ちヒーター電流を流すものである。

#### 【特許文献1】特開2001-117645号公報

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0015】

図8の回路の温度制御方式は、ヒーターの発熱量を温度センサ(サーミスタ)で検出し

、検出した発熱量に応じてヒーター電流を制御するクローズドループコントロール方式であって、温度制御の対象の熱容量とセンサー感度を含む制御利得によってその温度制御特性が決定される。

このクローズドループコントロール方式においては、必要とする加熱電力は、ヒーターに密着配置した温度センサとしてのサーミスタの温度変化に伴う抵抗値の変化を利用して発生させている。そのため、必然的に図10に見られるように温度制御偏差（オフセット）が発生する。

また、ヒーターからの発熱が温度センサー（サーミスタ）に感知されるまでに時間的遅延が発生して温度変動が生じるので、制御利得を大きくして温度制御特性を改善しようとすると、コントロールループ内でハンチング（低周波発振）が発生し易い。

10

#### 【0016】

図11の回路のダイオードD11、D12は、オープンループコントロール用のセンサとして動作しているが、クローズドループコントロール用のサーミスタTH13と直列に接続されているため、低温度側ではダイオードの抵抗が高くなっている。サーミスタの温度に対する感度が低下し、逆に高温度側ではサーミスタの温度に対する感度が上昇する。

その結果、クローズドループコントロール用としてのサーミスタ及びオープンループコントロール用としてのダイオードそれぞれに対する必要とする制御利得を設定できず、精度の高い温度制御特性が得られないという欠点がある。

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであって、クローズドループコントロールに付随して発生する温度制御偏差（オフセット）とハンチング（低周波発振）を抑えて、高い精度の制御特性が得られる温度制御回路を提供することを目的とする。

20

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0017】

上記課題を解決するため、請求項1においては、ヒーターと該ヒーターに電力を供給するトランジスタ増幅回路を含むヒーター回路部と、前記ヒーターによる前記被加熱物の温度変化を検出する感熱素子と該感熱素子の検出結果に基づいて前記トランジスタ増幅回路の入力電圧を制御する差動増幅器とを含む制御部とで構成される温度制御回路であって、前記差動増幅器の2つの入力回路の一方にクローズドループコントロール用の感熱素子による温度変化の検出電圧を印加し、他方にオープンループコントロール用の感熱素子による温度変化の検出電圧を印加して温度制御を行うよう構成したことを特徴とする。

30

また、請求項2においては、ヒーターと該ヒーターに電力を供給するトランジスタ増幅回路を含むヒーター回路部と、前記ヒーターによる前記被加熱物の温度変化を検出する感熱素子と該感熱素子の検出結果に基づいて前記トランジスタ増幅回路の入力電圧を制御する差動増幅器とを含む制御部とで構成される温度制御回路であって、前記制御部を2つ備え、一方をクローズドループコントロール用の温度制御ブロックとし、他方をオープンループコントロール用の温度制御ブロックとし、両制御ブロックの基準電圧は共通としたことを特徴とする。

#### 【0018】

請求項3においては、請求項1または請求項2のいずれかに記載の温度制御回路において、前記クローズドループコントロール用の感熱素子は前記ヒーターに近接した位置に設置し、前記オープンループコントロール用の感熱素子は前記ヒーターから離れた位置に設置したことを特徴とする。

40

また、請求項4においては、請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の温度制御回路において、前記感熱素子に正特性温度補償用抵抗を用いたことを特徴とする。

さらに、請求項5に記載の恒温槽型圧電発振器においては、請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の温度制御回路を用いて構成したことを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0019】

本発明による温度制御回路においては、クローズドループコントロール用の温度制御ブロックの感熱素子はヒーターに近接した位置に設置し、オープンループコントロール用の

50

温度制御ブロックの感熱素子は前記ヒーターから離れた位置に設置して、クローズドループコントロールによって発生する温度制御偏差をオープンループコントロールによって補正することによって、高い精度の温度制御回路を構成することができる。

したがって、この温度制御回路を用いることによって、周波数温度特性の優れた高安定圧電発振器を提供することが、高安定圧電発振器の性能向上に顕著な効果を発揮できる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

##### 【0020】

以下、本発明を図面に示した実施の形態に基づいて詳細に説明する。図1は、本発明に係わる温度制御回路の一形態例を示す電気回路図である。

同図に示すように、本温度制御回路は、水晶振動子（図示しない）等の温度を検知し、この情報に基づいた電流を出力する制御部1と、該制御部1からの電流値に基づいて水晶振動子等を加熱するためのヒーター回路部2とを備えている。

##### 【0021】

前記制御部1は、電源Vccと接地間に、オープンループコントロール用温度センサとしてのサーミスタTH1と抵抗R1との並列回路と、抵抗R2と、抵抗R3と、抵抗R4との直列回路が接続され、前記抵抗R2、R3の直列回路の接続中点が差動増幅器IC1のプラス(+)入力に抵抗R5を介して接続される。

また、電源Vccと接地間に、抵抗R6と、クローズドループコントロール用温度センサとしてのサーミスタTH2、TH3の並列回路との直列回路が接続され、前記前記直列回路の接続中点が前記差動増幅器IC51のマイナス(-)入力に接続される。

前記抵抗R3、R4は温度設定を行うための調整用抵抗であり、コンデンサC1は交流ノイズ除去用のコンデンサである。

##### 【0022】

前記ヒーター回路部2は、ヒーターH1と電力用のJタイプのPOWERMOSFET（以下、JタイプFETという）Q1とで構成され、前記ヒーターH1は電源VccとJタイプFETQ1のソースS間に接続され、前記JタイプFETQ1のドレインDは接地される。

そして、前記差動増幅器IC1の出力は、抵抗R7、R8とコンデンサC2とで構成されるローパスフィルタを介して前記JタイプFETQ1のゲートGに入力される。また、JタイプFETQ1のソースSと差動増幅器IC1の(-)入力間に接続された帰還抵抗9によって、差動増幅器IC1の利得が調整されると共に、抵抗R9に並列接続されたコンデンサC3による積分回路によってJタイプFETQ1のドレイン電流、即ちヒーターH1電流の急激な変化を抑えている。

コンデンサC4、C5は交流ノイズ除去用のコンデンサである。

##### 【0023】

図2は、図1の温度制御回路を用いた恒温槽型水晶発振器の構造例を模式的に示した縦断面図である。

同図に示すように、本恒温槽型水晶発振器は、サーミスタTH1、TH2、TH3と、ヒーターH1と、水晶振動子3を収容しJタイプFETQ1を装着したオープン4と、その他の温度制御回路用及び発振回路用の部品5とを装着した印刷配線基板6、7で構成され、これらの構成部品はケース8に密封されて、端子9によって外部と接続される。

そして、クローズドループコントロール用の前記サーミスタTH2、TH3は発熱体のヒーターH1や加熱対象のオープン4に近接配置され、一方、オープンループコントロール用の前記サーミスタTH1はオープン4から離れて、周囲温度を検出し易い位置に配置される。

##### 【0024】

本発明に係わる図1に示された温度制御回路の動作は次のとおりである。

温度が上昇して前記サーミスタTH2、TH3の抵抗値が小さくなると、差動増幅器IC1の(-)入力の電位が下がり、そのため差動増幅器の(+)入力と(-)入力端子間の電位差が大きくなつて、該差動増幅器IC1の出力電圧が増大する。これによって、J

10

20

30

40

50

タイプFETQ1のゲート・ソース間の電位差が減少してヒーターH1を流れるJタイプFETQ1のドレイン電流が減少する。その結果、ヒーターH1の発熱量が少なくなつて温度が低下する。

一方、温度が低下するとサーミスタTH2、TH3の抵抗値が大きくなり上記の説明とは逆に前記ヒーターH1の発熱量が増加して温度が上昇する。

#### 【0025】

オープンループコントロール用のサーミスタTH1は、感知した周囲温度に応じた抵抗値によって、あらかじめ設定された周囲温度に対応したヒーター電流を流すような電位を、抵抗R5を介して差動増幅器IC1の(+)入力に供給する。

#### 【0026】

図3は、図1の温度制御回路の変形実施例を示す電気回路図である。

同図に示すように、本温度制御回路は、図1の温度制御回路の制御部1を次のような回路の制御部10に置き換えた回路構成を有する。即ち、前記制御部1におけるサーミスタTH1、抵抗R1、R2、R3、R4の回路を抵抗R10、R11、R12の直列回路に置き換えたものである。そして、前記抵抗R10、R11の接続中点を抵抗R13を介して差動増幅器IC1の(+)入力に接続した回路構成と共に、前記抵抗R11、R12は、それぞれオープンループコントロール用の温度センサーとして正特性温度補償用抵抗を用いている。

#### 【0027】

前記正特性温度補償用抵抗R11、R12は、温度変化に対するその抵抗値の変化(温度係数)が正の特性を持ち、且つ広い範囲にわたってリニアであることを利用して、オープンループコントロール用の温度センサとして用いられるものである。

この正特性温度補償用抵抗R11、R12は、その温度係数が正の特性をもつので、電源Vccに接続された抵抗R10に直列に該正特性温度補償用抵抗R11、R12が接続され、抵抗R10と抵抗R11の接続中点が差動増幅器IC1の(+)入力に接続される。

温度が上昇したとき、正特性温度補償用抵抗R11、R12の抵抗値が高くなつて抵抗R10と正特性温度補償用抵抗R11の卒族中点の電位が高くなることを除いて、この回路の動作原理は図1と同じであるので、説明は省略する。

#### 【0028】

図4は、本発明に係わる温度制御回路の実施の他の形態例を示す電気回路図である。

同図に示すように、本温度制御回路は、制御部11と、ヒーター回路部12と定電圧回路13とを備えている。

前記制御部11は、前記定電圧回路13出力と接地間に、抵抗R21と、抵抗R22と、抵抗R23とオープンループコントロール用のサーミスタTH4の並列回路とが直列に接続され、前記抵抗R21、R22の直列回路の接続中点が差動増幅器IC2のプラス(+)入力に抵抗R24を介して接続される。

また、定電圧回路13出力に接続されたクローズドループコントロール用のサーミスタTH5、TH6の並列回路と抵抗R25と抵抗R26の直列回路の、前記サーミスタ並列回路とR25の接続中点が差動増幅器IC2のマイナス(-)入力に接続され、前記R26の他端は接地される。

前記差動増幅器IC2の出力は帰還抵抗R27を介して前記差動増幅器IC2の(-)入力に接続され、同差動増幅器IC2の利得が決定される。

前記抵抗R25、R26は温度設定を行うための調整用抵抗である。

#### 【0029】

前記ヒーター回路部12は、電源Vccと接地間に接続されたヒーターH2、H3と電力用POWERMOSFET(以下、電力用FETという)Q2とで構成され、ヒーターH2は電源Vccと電力用FETQ2のドレインDとの間に接続され、また、ヒーターH3は電力用FETQ2のソースSと接地間に接続される。

前記差動増幅器IC2の出力は、抵抗R28、R29を介して電力用FETQ2のゲー

10

20

30

40

50

トGに接続され、該出力信号は、前記抵抗R28、R29とコンデンサC6とで構成されるローパスフィルタで高周波ノイズが除去される。

また、電力用FETQ2のドレインDと差動増幅器IC2のプラス(+)入力間にコンデンサC7が接続され、該コンデンサC7による積分回路によって電力用FETQ2のドレイン電流(ヒーターH2、H3の電流)の急激な変化が抑えられる。

コンデンサC8、C9は交流ノイズ除去用のコンデンサである。

#### 【0030】

上記回路において、例えば、温度が上昇して前記サーミスタTH5、TH6の抵抗値が小さくなると、差動増幅器IC2の(-)側入力の電位が上がり、そのため差動増幅器IC2の(+)と(-)入力端子間の電位差が小さくなつて該差動増幅器IC2の出力電圧が減少する。これによつて、電力用FETQ2のゲート・ソース間電位が低下してヒーターH2、H3を流れる該電力用FETQ2のドレイン電流が減少する。その結果、ヒーターH2、H3の発熱量が少なくなつて温度が低下する。

一方、温度が低下するとサーミスタTH5、TH6の抵抗値が大きくなり上記の説明とは逆に前記ヒーターH2、H3の発熱量が増加して温度が上昇する。

#### 【0031】

オープンループコントロール用のサーミスタTH4は、感知した周囲温度に応じた抵抗値によつて、あらかじめ設定された周囲温度に対応したヒーター電流を流すような抵抗R21、R22接続中点の電位を、抵抗R24を介して差動増幅器IC2の(+)入力に供給する。

#### 【0032】

図5は、本発明に係わる温度制御回路の実施の他の形態例を示す電気回路図である。

本実施例は、クローズドループコントロール用とオープンループコントロール用の温度制御回路を別々のブロックに構成したものであつて、温度制御の基準電圧回路は共通としている。

同図に示すように、本温度制御回路は、抵抗R31、R32、R33、コンデンサC10とから成る共通の基準電圧回路14と、抵抗R34、R35、差動増幅器IC3、サーミスタTH7、TH8とから成るクローズドループコントロール用の制御部15と、ヒーターH4と電力用のJタイプのPOT MOS FET(以下、JタイプFETという)Q3とから成るクローズドループコントロール用のヒーター回路16と、抵抗R41、R42、R43、差動増幅器IC4、サーミスタTH9とから成るオープンループコントロール用の制御部17と、ヒーターH5とJタイプFETQ4とから成るオープンループコントロール用のヒーター回路18とを備えている。

#### 【0033】

前記クローズドループコントロール用の制御部15とヒーター回路16とは、抵抗R36、R37とコンデンサC11とで構成されるローパスフィルタを介して接続され、また、JタイプFETQ3のソースSの電位は抵抗R38とコンデンサC12を介して前記差動増幅器IC3の(-)入力に帰還される。

同様に、オープンループコントロール用の制御部17とヒーター回路18とは、抵抗R44、R45とコンデンサC13とで構成されるローパスフィルタを介して接続され、また、JタイプFETQ4のソースSの電位は抵抗R46を介して前記差動増幅器IC4の(-)入力に帰還される。

#### 【0034】

共通の基準電圧回路14は電源Vccと接地間に接続された抵抗R31、R32、R33の直列回路とコンデンサC10とで構成され、前記抵抗R31、R32の接続中点が前記制御部15のR34および制御部17のR41とそれぞれ接続され、該接続中点の電位が共通の基準電圧として供給される。

前記抵抗R32、R33は、温度設定を行うための調整用抵抗である。

#### 【0035】

本回路における、クローズドループコントロール及びオープンループコントロールの動

10

20

20

30

40

50

作原理は、それぞれ図1及び図4のクローズドループコントロール及びオープンループコントロールと同じであるので、動作説明は省略する。

上記のように、オープンループコントロール用とクローズドループコントロール用の専用の温度制御回路もつことによって、それぞれの制御利得をより厳密な値に設定できる。これにより、精度の高い温度制御が可能となる。

#### 【0036】

同図の回路は、基準電圧の発生回路を共通として、温度センサとしてのサーミスタ、差動増幅器及びFETとヒーターとから成るヒーター回路を、クローズドループコントロール用とオープンループコントロール用にそれぞれ別個に構成した回路となっているが、サーミスタと差動増幅器の部分のみクローズドループコントロール用とオープンループコントロール用と別個に構成し、基準電圧の発生回路とヒーター回路は共通の回路構成することは容易に可能のことである。10

#### 【0037】

図1に示す温度制御回路において、以下に示す部品仕様のもとに、電源電圧(Vcc)3.3V、周囲温度-40 のときFET Q1の最大電流1.2A、オープンの制御目標温度80 、このときのFET Q1の電流0Aとする温度制御回路を構成し、シミュレーションによる回路の性能評価を行った。

H1···1.4 、 Q1···IRLM6702 (POWER MOSFET)

I C1···TC75S57FE (MOSFET Type)

T H1、T H2、T H3···B = 4400、R(25) = 200k 、20

R1、R2···10k 、 R3···220k 、 R4···8k 、

R5···0.6k 、 R6···7.2k 、 R7···100k 、 R8···6.2k 、

R9···1.5k 、

C1、C2、C3、C4、C5···0.1μF

#### 【0038】

図6は、前記部品仕様の図1の制御回路において、オープンループコントロール用のサーミスタTH1を固定抵抗としてクローズドループコントロールのみの温度制御回路のシミュレーション結果を示す特性図である。

同図に示すように、周囲温度-40~70 において、制御目標温度を80 に設定したオープンの目標値からの温度偏差は-1~+1 (-1~0.2 / -40~25 、 0 .2~1 / 25~70 )となつた。30

#### 【0039】

また、図7は、オープンループコントロール用サーミスタTH1及びクローズドループコントロール用のサーミスタTH2、TH3を備えた前記部品仕様による図1の制御回路において、図6の温度特性をオープンループコントロールによって補正したシミュレーション結果を示す特性図である。

同図に示すように、オープンループコントロールでは、周囲温度変化-40~70 に対してオープン温度は60~80 となるようにサーミスタTH1を設定した結果、オープンループコントロールによる制御温度偏差、即ちクローズドループコントロールの補正量は、0.8~-0.2 / -40~25 、 -0.2~-1.1 / 25~70 を得ることができた。クローズドオープンループコントロールによる制御温度偏差は、図6に示される特性のとおりである。40

その結果、周囲温度-40~70 におけるオープンループコントロールとクローズドループコントロールを組み合わせた総合の制御結果は、同図に示されるように、オープンの制御目標温度80 からの温度偏差は-0.2~0 (-0.2~0 / -40~25 、 0~-0.1 / 25~70 )を得ることができた。

上述のように、本発明による温度制御回路を用いれば、従来に比べて極めて高い精度の温度制御回路を構成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0040】

【図1】本発明に係わる温度制御回路の実施の一形態例を示す電気回路図。

【図2】本発明の温度制御回路を用いた恒温槽型水晶発振器の構造例を模式的に示した縦断面図。

【図3】図2の温度制御回路の変形実施例を示す電気回路図。

【図4】本発明に係わる温度制御回路の実施の他の形態例を示す電気回路図。

【図5】本発明に係わる温度制御回路の実施の他の形態例を示す電気回路図。

【図6】図1の温度制御回路のクローズドコントロールのみによる温度制御のシミュレーション結果を示す特性図。

【図7】図1の温度制御回路の温度制御のシミュレーション結果を示す特性図。

【図8】従来の恒温槽型水晶発振器に用いられる温度制御回路の一例を示す電気回路図。 10

【図9】従来の温度制御回路を備えた恒温槽型水晶発振器の構造例を示した縦断面図。

【図10】図10のTCXOの温度制御特性図。

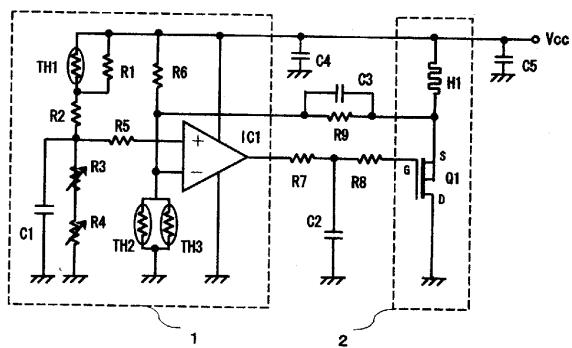
【図11】従来の恒温槽型水晶発振器の温度制御回路の他の例を示す電気回路図

#### 【符号の説明】

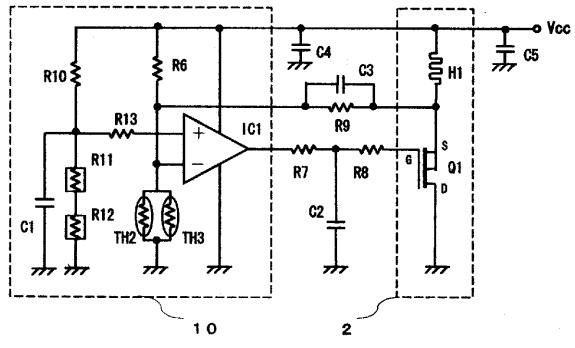
##### 【0041】

1 · · 制御部、 2 · · ヒーター回路部、 3 · · 水晶振動子、 4 · · オープン、  
 5 · · 部品、 6、 7 · · 印刷配線基板、 8 · · ケース、 9 · · 端子、  
 10、 11 · · 制御部、 12 · · ヒーター回路部、 13 · · 定電圧回路、  
 14 · · 基準電圧回路、 15 · · 制御部、 16 · · ヒーター回路部、 17 · · 制御  
 部、  
 18 · · ヒーター回路部、 21 · · 制御部、 22 · · ヒーター回路部、  
 23 · · 定電圧回路、 24 · · 制御部、 25 · · ヒーター回路部、 26 · · 定電圧  
 回路、  
 C1 ~ C14、 C21 ~ C27 · · コンデンサ、 D11、 D12 · · ダイオード、  
 H1 ~ H5、 H11 ~ H13 · · ヒータ、 IC1 ~ IC4、 IC11、 IC12 · · 差動  
 増幅器、  
 Q1 ~ Q4、 Q11、 Q12 · · P O W M O S F E T、  
 R1 ~ R13、 R21 ~ R29、 R31 ~ R46、 R51 ~ R63 · · 抵抗、  
 TH1 ~ TH9、 TH11 ~ TH13 · · サーミスタ

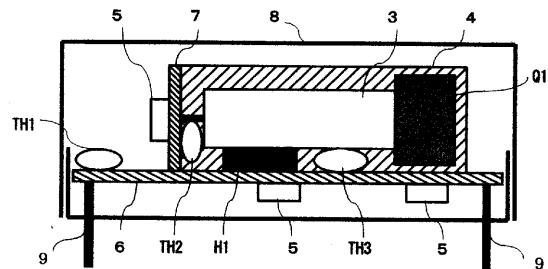
【図1】



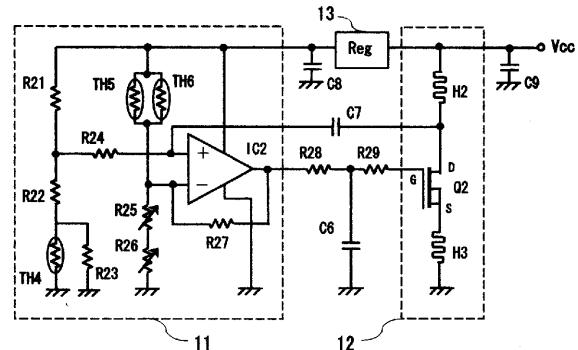
【図3】



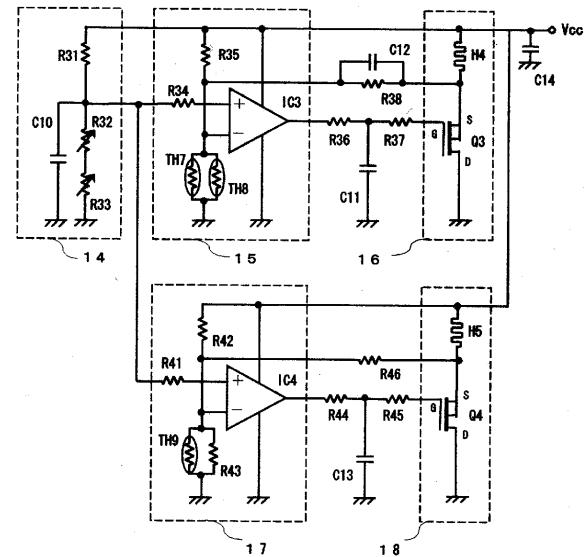
【図2】



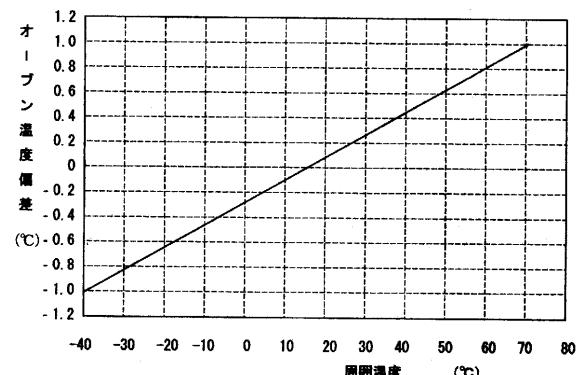
【図4】



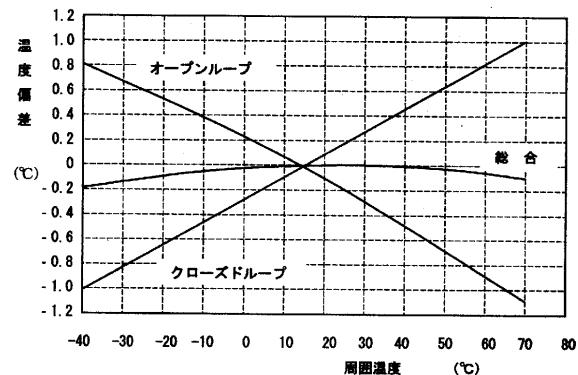
【図5】



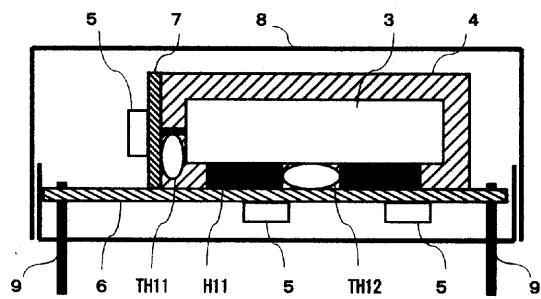
【図6】



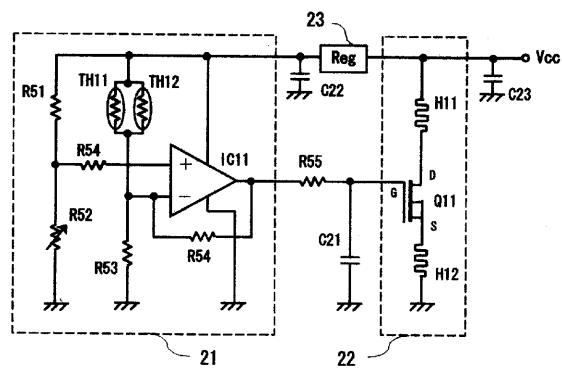
【図7】



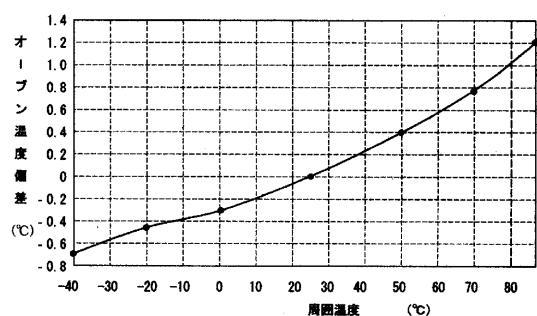
【図9】



【図8】



【図10】



【図11】

