

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5119826号
(P5119826)

(45) 発行日 平成25年1月16日 (2013. 1. 16)

(24) 登録日 平成24年11月2日 (2012. 11. 2)

(51) Int. Cl.

H03B 5/32 (2006.01)

F I

H03B 5/32

A

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2007-246667 (P2007-246667)
 (22) 出願日 平成19年9月25日 (2007. 9. 25)
 (65) 公開番号 特開2009-77342 (P2009-77342A)
 (43) 公開日 平成21年4月9日 (2009. 4. 9)
 審査請求日 平成22年9月22日 (2010. 9. 22)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (74) 代理人 100127661
 弁理士 宮坂 一彦
 (72) 発明者 清原 厚
 東京都日野市日野421-8 エプソント
 ヨコム株式会社内

審査官 ▲高▼橋 徳浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 補償電圧回路及び温度補償型圧電発振器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

温度センサと、

トランジスタ、前記温度センサの出力信号を増幅する演算増幅器およびゲイン調整を行うゲイン調整用増幅器を有している補償電圧発生部と、を備え、

前記温度センサの出力信号端子ならびに前記トランジスタの第1端子と前記演算増幅器の反転入力端子が接続されており、かつ前記トランジスタの第2端子と前記演算増幅器の出力端子が接続されており、

前記出力信号端子と前記トランジスタの第3端子との間に前記ゲイン調整用増幅器が接続されており、前記温度センサの温度検知結果に応じた補償電圧を発生することを特徴とする補償電圧回路。

【請求項 2】

前記トランジスタは複数のトランジスタを並列接続したものであって、前記複数のトランジスタのそれぞれの第1端子が前記演算増幅器の反転入力端子に接続され、前記複数のトランジスタのそれぞれの第2端子が前記演算増幅器の出力端子に接続されたものであることを特徴とする請求項1記載の補償電圧回路。

【請求項 3】

前記トランジスタの第1端子が前記トランジスタのドレイン端子であり、前記トランジスタの第2端子が前記トランジスタのソース端子であり、前記トランジスタの第3端子が前記トランジスタのゲート端子である、ことを特徴とする請求項1又は2に記載の補償電

10

20

圧回路。

【請求項 4】

前記補償電圧発生部は、さらにダイオードを備え、前記演算増幅器の出力信号を前記ダイオードのカソード端子に供給し、前記ダイオードのアノード端子に基準電圧に印加したことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の補償電圧回路。

【請求項 5】

前記トランジスタは、NチャネルMOSFET又はPチャネルMOSFETであることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の補償電圧回路。

【請求項 6】

前記補償電圧発生部を 2 個有し、一方の前記補償電圧発生部の前記トランジスタをNチャネルMOSFET、他方の前記補償電圧発生部の前記トランジスタをPチャネルMOSFETとしたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の補償電圧回路。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 の何れかの補償電圧回路を備えたことを特徴とする温度補償型圧電発振器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、補償電圧回路及び温度補償型圧電発振器に関し、補償電圧回路の出力電圧を温度変化に対し滑らかに変化するようにし、発振周波数に生じる急激な周波数変動（ディップ）を抑圧した温度補償型圧電発振器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、圧電発振器は周波数安定度、小型軽量、低価格等により携帯電話等の通信機器から水晶時計のような民生機器まで、多くの分野で用いられている。中でも圧電振動子の周波数温度特性を補償した温度補償型圧電発振器（TCXO）は、周波数安定度を必要とする携帯電話等に広く用いられている。

特許文献 1 には、関数発生回路を備えた温度補償水晶発振器が開示されている。図 10 は、その温度補償水晶発振器の機能ブロック図であり、定電圧回路 32 と、温度センサ回路 33 と、水晶振動子の温度特性を補償するため制御電圧 V_c を生成する制御回路 34 と、電圧制御水晶発振器（VCXO）35 と、制御回路 34 が出力する制御電圧 V_c に対し、VCXO 35 が出力する発振周波数を最適化するため、制御電圧 V_c の温度特性を補償する温度補償パラメータを記憶する ROM / RAM 回路 36 と、を備えている。

制御回路 34 は、MAX 回路 34a と MIN 回路 34b とからなる。定電圧回路 32 と温度センサ回路 33 とによって生成される制御電圧 y_1 、制御電圧 y_2 及び制御電圧 y_3 を、制御回路 34a に入力すると、その内の最大電圧値を選択して制御電圧 y_6 として出力する。また、同様に生成される制御電圧 y_4 及び制御電圧 y_5 並びに MAX 回路 34a からの制御電圧 y_6 を、制御回路 34b に入力すると、その内の最小電圧値を選択して制御電圧 y_7 を出力する。この制御電圧 y_7 が温度補償用の制御電圧 V_c となる。

【0003】

図 11 は制御電圧 V_c の詳細を示す図である。図 11 は、第 1 の温度領域（ T_0 T_a T_1 ）における制御電圧 y_1 、第 2 の温度領域（ T_1 T_a T_2 ）における制御電圧 y_2 、第 3 の温度領域（ T_2 T_a T_3 ）における制御電圧 y_3 、第 4 の温度領域（ T_3 T_a T_4 ）における制御電圧 y_4 、第 5 の温度領域（ T_4 T_a T_5 ）における制御電圧 y_5 、を夫々示す折れ線状の直線群を示し、制御電圧 V_c は太実線で表す折れ線となる。この制御電圧 V_c を電圧制御水晶発振器 35 に加えると、温度補償型水晶発振器が構成される。なお、ROM / RAM 回路 36 は、図示していないが、直列に接続された 4 個のフリップフロップからなるシリアルデータ入力部としての RAM データ入力回路と、該 RAM データ入力回路の出力データを受け、1 ビット毎に記憶する 4 個の PROM 回路と、制御信号（SEL、W/R、DATA 等）とを有している。

【 0 0 0 4 】

特許文献 2 には、温度補償電圧を所定の電圧にクリップするクリップ電圧発生回路を備えた温度補償型圧電発振器 5 0 が開示されている。図 1 2 は温度補償型圧電発振器 5 0 の回路構成を示す図であり、発振回路 5 2 と、温度変化による圧電振動子の周波数変動を補償する周波数温度補償回路 5 1 と、から構成される。周波数温度補償回路 5 1 は、温度検出部 5 3 と、この温度検出部 5 3 の変化したパラメータに基づいて電圧を発生する温度補償電圧発生回路 5 2 と、この温度補償電圧発生回路 5 2 が出力する温度補償電圧 (V_H 、 V_L) と、基準電圧 (V_{ref}) との電位差に基づいて容量が変化する MOS 容量素子 M_H 、 M_L と、温度補償電圧を所定の電圧にクリップするクリップ電圧発生回路 5 5 と、から構成される。

10

【 0 0 0 5 】

図 1 3 は補償電圧の温度特性を示す図である。温度が低温から高温に上昇する場合を考える。低温補償電圧 V_L は、温度が低温 (-40) のとき V_L と基準電圧 V_{ref} との交点 R にあり、そのときの低温用 MOS 容量素子 M_L の端子間電圧は 0 V である。温度が上昇すると V_L は直線的に低下し、それに伴って M_L の端子間電圧が大きくなり M_L の容量が増加する。そして、常温 ($+25$) 付近になると、クリップ電圧発生回路 5 5 のクリップ電圧 V_{c12} より、 V_L が低くなるように回路設定することで、 $+25$ 付近でのクリップ電圧発生回路 5 5 のダイオード D 2 が順バイアスとなり、接続点 P はクリップ電圧 V_{c12} の電圧となる。更に温度が上昇すると V_L は更に低下するが、クリップ電圧 V_{c12} によってクリップされているので、図 1 3 に示すごとく一定となる。

20

【 0 0 0 6 】

次に温度が高温から低温に下降する場合を考える。高温補償電圧 V_H は、 V_H が高温 ($+90$) のとき V_H と基準電圧 V_{ref} との交点 S にあり、そのときの高温用 MOS 容量素子 M_H の端子間電圧は 0 V であるので、 M_H は C-V 特性の立ち上がりの範囲の容量となる。温度が低下すると V_H は直線的に低下し、それに伴って M_H の順バイアスの電位差が大きくなり、容量が減少する。そして、 $+25$ 付近になると、クリップ電圧発生回路 5 5 のクリップ電圧 V_{c12} より V_H が低くなるよう回路設定することで、クリップ電圧発生回路 5 5 のダイオード D 1 が順バイアスとなり、接続点 Q はクリップ電圧 V_{c12} の電圧となる。折れ線 R P Q S が補償電圧となる。この補償電圧が低、高温用 MOS 容量素子 M_L 、 M_H 及び容量からなる補償回路に印加されて、温度補償型圧電発振器が構成される。

30

【特許文献 1】WO 99 / 0 3 1 9 5

【特許文献 2】特開 2 0 0 5 - 2 3 6 7 9 8 公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、特許文献 1 に開示された関数発生回路、水晶発振装置及び水晶発振装置の調整方法は、IC 回路の半導体素子数が極めて多くなり、コストの上昇、歩留まりの低下を来すという問題があった。更に、関数発生回路から出力される制御電圧は折れ線状であり、直線と直線とのつなぎ目では電圧の変化は急激となり、所望の制御電圧 (補償電圧) と、生成される制御電圧との誤差が大きくなるという問題があった。また、温度変化に対し制御電圧が急激に変化すると、水晶発振装置の出力周波数に周波数ディップが発生し、この水晶発振装置を搭載する機器に悪影響を及ぼす虞があるという問題があった。

40

また、特許文献 2 に開示された補償電圧も 3 本の直線からなる折れ線であり、直線と直線とのつなぎ目では電圧の変化は急激であり、所望の補償電圧と生成される補償電圧の誤差が大きいという問題と、上記の折れ線状の補償電圧を用いた温度補償型圧電発振器の出力には、周波数ディップ (周波数が急激に変化する現象) が発生するという問題があった。

本発明は上記問題を解決するためになされたもので、簡単な回路構成で直線と直線とのつなぎ目を滑らかにし、温度補償精度を改善した補償電圧回路及び温度補償型圧電発振器

50

を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するため、本発明の補償電圧回路は、周囲の温度を感知する温度センサと、該温度センサの温度検知結果に応じて補償電圧を発生する補償電圧発生部と、を備えた補償電圧回路であって、補償電圧発生部は、温度センサの出力電圧を増幅する演算増幅器と、トランジスタと、を備え、トランジスタの第1端子と第2端子とがそれぞれ、演算増幅器の反転入力端子と出力端子とに接続されたものであることを特徴とする。

このように補償電圧回路を構成すると、温度に対する補償電圧特性は、直線と直線との交点近傍が滑らかな曲線で連なる補償電圧特性となり、この補償電圧回路を温度補償型圧電発振器に適用すると、周波数の補償精度も改良され、周波数ディップも抑制できるという効果がある。

【0009】

また本発明の補償電圧回路は、温度センサと演算増幅器との間にゲイン調整を行うゲイン調整用増幅器を設けるようにした。

このように補償電圧回路を構成すると、ゲイン調整用増幅器のゲインを変えることにより補償電圧特性の傾斜部を上下することが可能となり、傾斜部の勾配を変える演算増幅器のゲイン調整と相まって補償電圧特性を所望の特性に近似することができるという効果がある。

また本発明の補償電圧回路は、温度センサとトランジスタのゲート（第3端子）との間にゲイン調整を行うゲイン調整用増幅器を設けるようにした。

このように補償電圧回路を構成すると、ゲイン調整用増幅器のゲインを変えることにより、特に補償電圧特性の平坦部の特性を、温度に対し単調増加、平坦、単調減少と変えることが可能となり、補償電圧特性の近似の精度を向上させることができるという効果がある。

【0010】

また本発明の補償電圧回路は、トランジスタは複数のトランジスタを並列接続したものであって、複数のトランジスタのそれぞれの第1端子が演算増幅器の反転入力端子に接続され、複数のトランジスタのそれぞれの第2端子が演算増幅器の出力端子に接続されたものであることを特徴とする。

このように補償電圧回路を構成すると、複数のゲイン調整用増幅器のゲインを夫々調整することにより補償電圧特性の曲線部をより微細に調整することが可能となり、演算増幅器のゲイン調整と相まって、補償電圧特性を所望の特性に近づけることができるという効果がある。

また本発明の補償電圧回路は、補償電圧発生部は、さらにダイオードを備え、演算増幅器の出力ラインにダイオードのカソード端子を接続し、ダイオードのアノード端子に基準電圧に印加したことを特徴とする。

このように補償電圧回路を構成すると、補償電圧回路の出力電圧を基準電圧で決まるクリップ電圧に保持することができるという利点がある。

【0011】

また本発明の補償電圧回路は、トランジスタは、NチャネルMOSFET又はPチャネルMOSFETである。

このように補償電圧回路を構成すると、補償電圧回路にNチャネルMOSFETを用いるか、PチャネルMOSFETを用いるかで、逆特性の補償電圧特性を構成することができ、補償電圧回路の応用範囲を広げることができるという効果がある。

また本発明の補償電圧回路は、補償電圧発生部を2個有し、一方の補償電圧発生部のトランジスタをNチャネルMOSFET、他方の補償電圧発生部のトランジスタをPチャネルMOSFETとした。

このように補償電圧回路を構成すると、一方の補償電圧回路で3次曲線を呈する圧電振動子の低温から常温までの範囲を補償し、他方の補償電圧回路で常温から高温までの範囲

10

20

30

40

50

を補償できるという効果がある。

また本発明の温度補償型圧電発振器は、本発明の補償電圧回路を備えた温度補償型圧電発振器を構成する。

このように温度補償型圧電発振器を構成すると、発振周波数の補償精度が改善されると共に、周波数ディップの抑圧が可能になるという効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。図1(a)は、本発明に係る第1の実施の形態の補償電圧回路の構成を示す図である。

補償電圧回路1は、圧電振動子Xの周囲の温度を感知する温度センサ11と、温度センサ11の温度検知結果に応じて補償電圧を発生する補償電圧発生部12と、を備える。補償電圧発生部12は、例えば演算増幅器OP、可変抵抗R1、R2及びトランジスタTrと、を備えている。

補償電圧回路1は、図1(a)に示すように、温度センサ10の出力ラインを、可変抵抗R1を介して演算増幅器OPの反転入力端子(-)に接続すると共に、基準電圧V1を非反転入力端子(+)に印加し、演算増幅器OPの反転入力端子と出力端子Aとを可変抵抗R2(帰還抵抗)を介して接続する。そして、トランジスタTrのゲート端子(第3端子)に基準電圧Vrefを印加し、ドレイン端子(第1端子)を演算増幅器OPの反転入力端子に、ソース端子(第2端子)を演算増幅器OPの出力端子Aに接続する。なお、補償電圧回路1の出力電圧Vaは、抵抗Rを介して圧電発振器10の可変容量素子Cに印加される。

【0013】

図1(b)は温度センサ11の温度-出力電圧特性を示す図、同図(c)は、温度変化に対する補償電圧回路1の出力電圧特性を示す図である。図1(b)に示す特性の温度センサの出力電圧Vsが、可変抵抗R1を介して演算増幅器OPの反転入力端子に加えられたときの動作について説明する。

まず、図1(c)の領域の動作について説明する。この領域においては温度センサ11の出力電圧Vsが、そのまま演算増幅器OPによって反転増幅されるため、演算増幅器OPの出力電圧Vaとしては、図1(b)の領域に対応した出力が得られる。このとき、トランジスタTrのゲート電圧V_{GATE}(=Vref)がソース電圧V_{SOURCE}よりも低い状態にあるため、トランジスタTrはOFF状態であり、トランジスタTrのドレイン-ソース間是非導通の状態となっている。

ここで、トランジスタTr(NチャネルMOSFET)の動作について補足説明する。ゲート-ソース間の電圧をV_{GS}とすると、V_{GS}が一定電圧VT(しきい値電圧)よりも小さいときにはトランジスタTrはOFF状態となり、ドレイン-ソース間是非導通となる。逆に大きいとON状態となり、ドレイン-ソース間が導通する。つまり、V_{GS}<VTならばトランジスタTrはOFF状態、V_{GS}>VTならばトランジスタTrはON状態となることが知られている。なお、しきい値電圧VTは、MOSFETの特性によって決まるトランジスタ固有の一定電圧であり、半導体の製造プロセスによって決まる値である。

【0014】

次に、図1(b)、(c)の領域の動作について説明する。この領域においては、V_{GS}>VTであり、トランジスタTrのソース電圧V_{SOURCE}がゲート電圧V_{GATE}(=Vref)にほぼ等しい状態である。この領域はトランジスタTrがOFF状態から徐々にON状態に移行する領域であり、トランジスタTrのソース-ドレイン間是非導通の状態から導通の状態へと徐々に変化する。従って、補償電圧Vaの変化が曲線的になり、図1(c)に示すように滑らかに変化する。

次に、図1(b)、(c)の領域の動作について説明する。この領域においては、V_{GS}>VTであり、トランジスタTrがONする領域である。このとき、トランジスタTrのソース-ドレイン間が導通するので、温度センサ11の出力電圧Vsが増加しても、V_{GS}はVTを少し超えたところで急激にクリップされた状態となり、ほぼ一定電圧となる

。

図1(d)は、補償電圧回路1の可変抵抗 R_1 、 R_2 を可変させて、演算増幅器OPのゲインを調整したときの温度に対する補償電圧 V_a の特性で、傾斜部の所定の位置を中心として傾斜が回転するように変化する。また、図1(e)は基準電圧 V_1 を変えることにより、補償電圧 V_a 特性の傾斜部を図に示すように上下に移動(リファレンス調整と称す)することができる。

【0015】

図2は、第2の実施の形態の補償電圧回路2の構成を示す図であり、図1(a)の補償電圧回路1と異なる点は、温度センサ11と可変抵抗 R_1 との間にゲインが調整可能なゲイン調整用増幅器AMPを挿入した点である。図1(a)に示す補償電圧回路1では、可変抵抗 R_1 、 R_2 を変化させて演算増幅器OPのゲインを調整した後、基準電圧 V_1 を調整すると傾斜の回転の中心が移動し、ゲイン調整とリファレンス調整とを独立に行うことができない。しかし、図2に示す補償電圧回路2ではゲイン調整用増幅器AMPによるゲイン調整と、基準電圧 V_1 によるリファレンス調整を互いに独立に行うことができるので、補償電圧 V_a の傾斜の回転中心を移動させずに、リファレンス調整を行うことができるという利点がある。

図3は、第3の実施の形態の補償電圧回路3の構成を示す図であり、図1(a)の補償電圧回路1と異なる点は、温度センサ11の出力を、ゲイン調整用増幅器AMPを介してトランジスタTrのゲートに接続した点である。ゲイン調整用増幅器AMPの出力電圧(トランジスタTrのゲート入力電圧)を V_{T1} とする。

【0016】

図4(a)~(c)は、トランジスタTrのゲート入力電圧 V_{T1} と、補償電圧回路3の出力電圧(補償電圧) V_a (図3のA点の電圧)との関係を示す図である。図4(a)~(c)から明らかなように、 -40 から 20 の温度範囲ではゲート入力電圧 V_{T1} に関わらず、補償電圧回路3の補償電圧 V_a は、温度の増加につれて単調に減少する特性を示す。

約 20 以上の温度では、ゲート入力電圧 V_{T1} の温度特性に応じて、補償電圧 V_a の温度特性が変化することが、シミュレーションにより明らかになった。図4(a)に示すように、ゲート入力電圧 V_{T1} が温度の増加に対し単調に減少する電圧であると、補償電圧 V_a は図4(a)の で示す温度範囲のように、温度の増加に伴い減少する特性を示す。また、ゲート入力電圧 V_{T1} が温度の増加に対し一定である電圧であると、補償電圧 V_a は図4(b)の で示す温度範囲のように、温度の増加に対しほぼ一定の特性を示す。また、ゲート入力電圧 V_{T1} が温度の増加に対し単調に増加する電圧であると、補償電圧 V_a は図4(c)の で示す温度範囲のように、温度の増加に対し増加する特性を示す。

【0017】

図5(a)は、第4の実施の形態の補償電圧回路4の構成を示す図である。

補償電圧回路4は、補償電圧発生部12として、演算増幅器OP、可変抵抗 R_1 、 R_2 、 n 個のトランジスタ $Tr_1 \sim Tr_n$ 、基準電圧 V_1 、ゲインが調整可能な n 個の増幅器AMP1~AMP n を備える。

温度センサ11の出力ラインを、可変抵抗 R_1 を介して演算増幅器OPの反転入力端子に接続すると共に、基準電圧 V_1 を非反転入力端子に印加し、演算増幅器OPの反転入力端子と出力端子Aとを可変抵抗 R_2 (帰還抵抗)を介して接続する。そして、温度センサ11の出力ラインを第 i ($i=1 \sim n$)の増幅器AMP i の入力ラインに接続し、この増幅器AMP i の出力ラインを第 i のトランジスタ Tr_i のゲート端子(第3端子)に接続する。第 i のトランジスタ Tr_i のドレイン端子(第1端子)を演算増幅器OPの反転入力端子に、ソース端子(第2端子)を演算増幅器OPの出力に接続して補償電圧回路4を構成する。すなわち、 n 個のトランジスタ $Tr_1 \sim Tr_n$ の並列接続したものを、演算増幅器OPの反転入力端子と出力端子とに接続した構成とする。

【0018】

図5(b)は、同図(a)の i 番目($i=1 \sim n$)の増幅器AMP i の出力電圧 V_{Ti}

(ゲート入力電圧)の温度特性を示す図である。図5(c)は補償電圧回路4の出力電圧(補償電圧) V_a の温度特性を示す図である。温度が低い場合、 n 個のトランジスタ T_{ri} ($i = 1 \sim n$)は何れもOFFの状態であり、演算増幅器OPのみが動作する。そのときの補償電圧 V_a の温度特性は図5(c)の で示す範囲のようになる。

温度が上昇するにつれて、ゲート入力電圧 V_{ti} の高いものからトランジスタ T_{ri} が次々にONし、そのゲート入力電圧 V_{ti} によるソース電流が流れ、補償電圧 V_a を得る。従って、補償電圧 V_a は、折れ線状に接続された特性となる。しかも、温度と補償電圧 V_a との関係を表す直線と直線との接続点の近傍は、滑らかな曲線を呈するのが本発明の特徴である。このように、ゲインの調整できる複数の増幅器AMP i と、複数のトランジスタ T_{ri} を用いることにより、補償電圧 V_a の温度特性をより滑らかにすることが可能

10

【0019】

図6は、第5の実施の形態の補償電圧回路5の構成を示す図である。図3に示した補償電圧回路3と異なる点は、演算増幅器OPの出力端子AにダイオードDのアノード端子を接続し、このダイオードDのカソードに基準電圧 V_{ref3} を印加した点である。温度が上昇して演算増幅器OPの出力電圧(補償電圧 V_a)が、基準電圧 V_{ref3} より低くなると、ダイオードDが順バイアスとなり、A点の電圧はクリップ電圧 V_{ref3} となる。更に温度が上昇すると演算増幅器OPの出力電圧は更に低下するが、クリップ電圧 V_{ref3} によりクリップされているので、図6(b)に示すごとく一定電圧 V_{ref3} となる

20

【0020】

図7(a)は、第6の実施の形態の補償電圧回路6の構成を示す図である。図7(a)に示す補償電圧回路6のうち、ゲイン調整用増幅器AMP1、可変抵抗 $R1$ 、 $R2$ 、演算増幅器OP1、及びトランジスタ T_{r1} (NチャネルMOSFET)を備えた第1の補償電圧発生部は、図2に示した補償電圧発生部12と同じ回路構成であり、その作用も同じである。つまり、温度センサ11の出力電圧 V_s が、図7(b)に示すような温度の上昇に伴い直線的に増加する特性であると、演算増幅器OP1の出力端子A1における電圧 V_{a1} の温度特性は、図7(c)に示すような特性となる。

図7(a)に示す補償電圧回路6のうち、ゲイン調整用増幅器AMP2、可変抵抗 $R3$ 、 $R4$ 、演算増幅器OP2、及びトランジスタ T_{r2} (PチャネルMOSFET)を備えた第2の補償電圧発生部は、図2に示した補償電圧回路2とほぼ同じ回路構成であるが、ゲイン調整用増幅器AMP2が反転増幅器であり、トランジスタ T_{r2} がPチャネルMOSFETである点異なる。

30

この場合、第2の補償電圧発生部の補償電圧 V_{a2} の特性は、図7(d)に示すような特性となる。従って、演算増幅器OP1の出力電圧 V_{a1} と、演算増幅器OP2の出力電圧 V_{a2} とを加算器Kに入力することにより、加算器Kの出力電圧、即ち補償電圧回路6の補償電圧 V_{a3} は、図7(e)示すような負の3次曲線を呈する特性となる。このような補償電圧 V_{a3} は、3次曲線を呈する圧電振動子の補償電圧として用いることにより、可変容量素子を1個のみ有する発振回路の温度補償を行うことができる。

40

【0021】

図8は、温度補償型圧電発振器の構成を示す回路図であり、その補償電圧回路6は、図7(a)に示した補償電圧回路6から加算器Kを取り除いたものである。補償電圧回路6の演算増幅器OP1、OP2の夫々の補償電圧 V_{a1} 、 V_{a2} を、圧電発振器10の2つの可変容量素子 C_{v1} 、 C_{v2} に夫々接続した例である。圧電発振器10は、図8に示すように増幅器AI、2つの容量 $C1$ 、 $C2$ 、圧電振動子X、及び2つの可変容量素子 C_{v1} 、 C_{v2} を備えた周知の発振器である。補償電圧回路6の演算増幅器OP1の出力電圧(補償電圧 V_{a1})を、抵抗 $R6$ を介して可変容量素子 C_{v1} の一方の端子に接続し、可変容量素子 C_{v1} の他方の端子は接地する。そして、補償電圧回路6の演算増幅器OP2の出力(補償電圧 V_{a2})を、抵抗 $R7$ を介して可変容量素子 C_{v2} の一方の端子に接続

50

し、可変容量素子Cv2の他方の端子は接地する。周波数温度特性が3次曲線を呈する圧電振動子Xの常温より低温側の温度補償は、図7(c)に示す補償電圧Va1を可変容量素子Cv1に加えることにより行う。また、常温より高温側の温度補償に関しては、図7(d)に示す補償電圧特性を有する電圧Va2を可変容量素子Cv2に加えることにより、温度補償を行うことができる。

【0022】

図9は、温度補償型圧電発振器の構成を示す回路図であり、その補償電圧回路6は、図8に示した補償電圧回路6と基本的には同じであるが、トランジスタTr2がNチャネルMOSFETであり、AMP2が反転増幅器であるところが異なる。(その理由は後述する。)本実施例は補償電圧回路6からの2つの補償電圧Va1、Va2を、低温用MOS容量素子ML、高温用MOS容量素子MHを有する圧電発振器10に適用した例である。圧電発振器10は、周知のように、例えばコルピッツ型発振回路と、温度補償回路と、を備えている。コルピッツ型発振回路は、圧電振動子Xと、トランジスタTr10と、複数の容量と、複数の抵抗と、を備えている。

また、温度補償回路は、例えば低温用MOS容量素子MLと容量C14との直列回路に、高温用MOS容量素子MHを並列接続し、低温用MOS容量素子MLのゲートに容量C15の一方の端子を接続し、他方の端子を接地する。

更に、低温用MOS容量素子MLと高温用MOS容量素子MHとの接続点に基準電圧Vref8を印加する。補償電圧回路6の演算増幅器OP1の補償電圧Va1を、抵抗R14を介して低温用MOS容量素子MLのバックゲートに接続し、演算増幅器OP2の補償電圧Va2を、抵抗R15を介して高温用MOS容量素子MHのゲートに接続して、温度補償型圧電発振器を構成する。

【0023】

ここで、トランジスタTr2をNチャネルMOSFETとし、AMP2が反転している理由について説明する。これは、補償電圧Va1が低温用MOS容量素子MLのバックゲート側に印加されているのに対し、補償電圧Va2が高温用MOS容量素子MHのゲート側に印加されているからである。つまり、温度増加に対して一定電圧(低電圧)の状態から単調増加する電圧特性を得る目的で、補償電圧Va2(高温補償用)の回路はこのような構成となっている。

以上説明したように、本発明の補償電圧回路6から生成される滑らかな補償電圧を、温度補償回路に印加することにより、圧電振動子の周波数補償精度が改善されると共に、補償電圧の直線同士の接続部が滑らかに形成されているので、周波数ディップの発生を抑圧することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】(a)は本発明の第1の実施の形態に係る補償電圧回路の構成、(b)は温度センサの出力電圧の温度特性、(c)は補償電圧の温度特性、(d)及び(e)は補償電圧の温度特性を示した図。

【図2】第2の実施の形態に係る補償電圧回路の構成を示す図。

【図3】第3の実施の形態に係る補償電圧回路3の構成を示す図。

【図4】(a)、(b)、(c)はゲート入力電圧と、補償電圧回路3の出力電圧と、の温度特性を示した図。

【図5】(a)は第4の実施の形態に係る補償電圧回路の構成を示す図、(b)はゲート入力電圧を示す図、(c)は補償電圧回路4の出力電圧特性を示す図。

【図6】(a)は第5の実施の形態に係る補償電圧回路の構成を示す図、(b)は補償電圧の温度特性を示す図。

【図7】(a)は第6の実施の形態に係る補償電圧回路の構成を示す図、(b)は温度センサの温度特性、(c)は演算増幅器OP1の出力電圧特性、(d)は演算増幅器OP2の出力電圧特性、(e)は補償電圧回路6の出力電圧の温度特性を示す図。

【図8】第6の実施の形態に係る補償電圧回路を圧電発振器に適用して温度補償型圧電発

10

20

30

40

50

振器を構成した例を示す回路図。

【図 9】第 6 の実施の形態に係る補償電圧回路を圧電発振器に適用して温度補償型圧電発振器を構成した例を示す回路図。

【図 10】従来の関数発生回路を備えた温度補償水晶発振器の構成を示す図。

【図 11】制御回路が生成する制御電圧を示す図。

【図 12】クリップ電圧発生回路を備えた温度補償型圧電発振器の構成を示す図。

【図 13】補償電圧の温度特性を示す図。

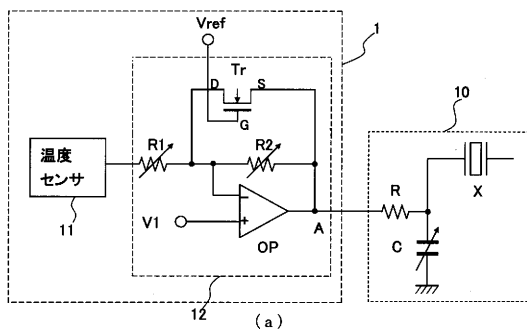
【符号の説明】

【0025】

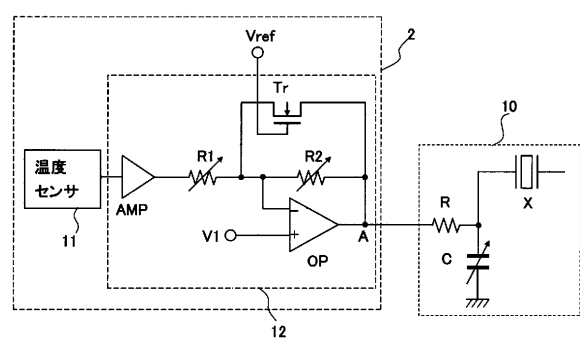
1、2、3、4、5、6...補償電圧回路、10...発振器、11...温度センサ、12...補償電圧発生部、R、R1、R2、R3、R4、R6、R7、R11、R12、R14、R15、R16...抵抗、C、C1、C2、C11、C12、C14、C15...容量、Cv1、Cv2...可変容量素子、Vs...温度センサの出力電圧、V1、V3、Vref、Vref2、Vref3、Vref4...基準電圧、OP、OP1、OP2...演算増幅器、Tr、Tr1、Tr2、Trn...トランジスタ、AMP、AMP1、AMP2、AMPn...ゲイン調整用増幅器、VT1、VT2、VTn...増幅器の出力、Va、Va1、Va2、Va3...補償電圧、K...加算器

10

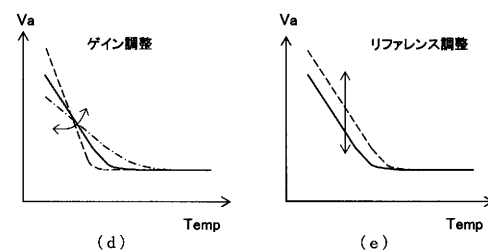
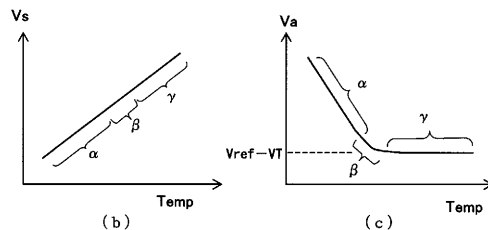
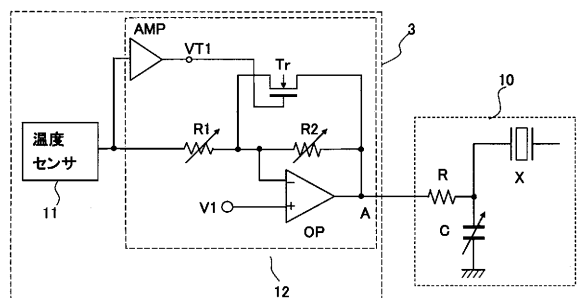
【図 1】



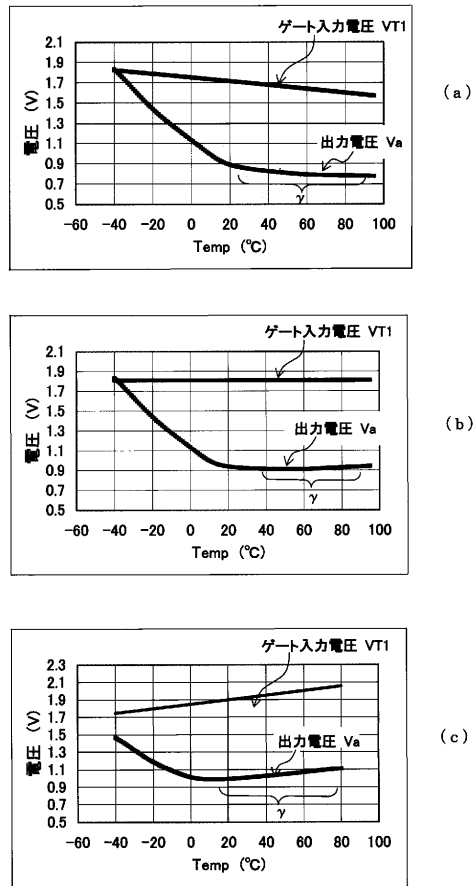
【図 2】



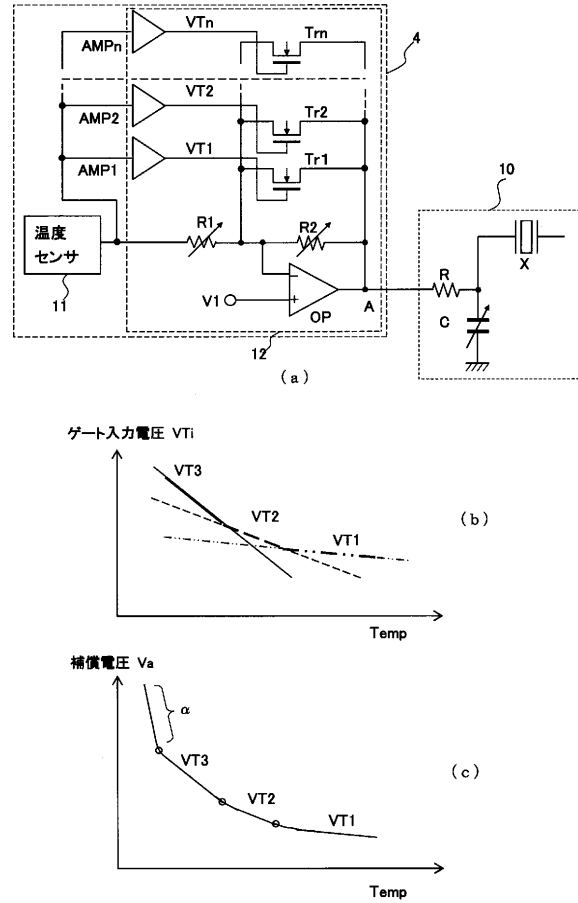
【図 3】



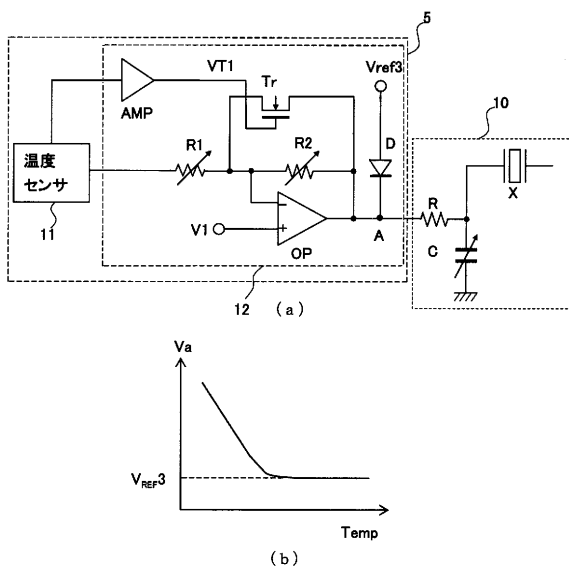
【図 4】



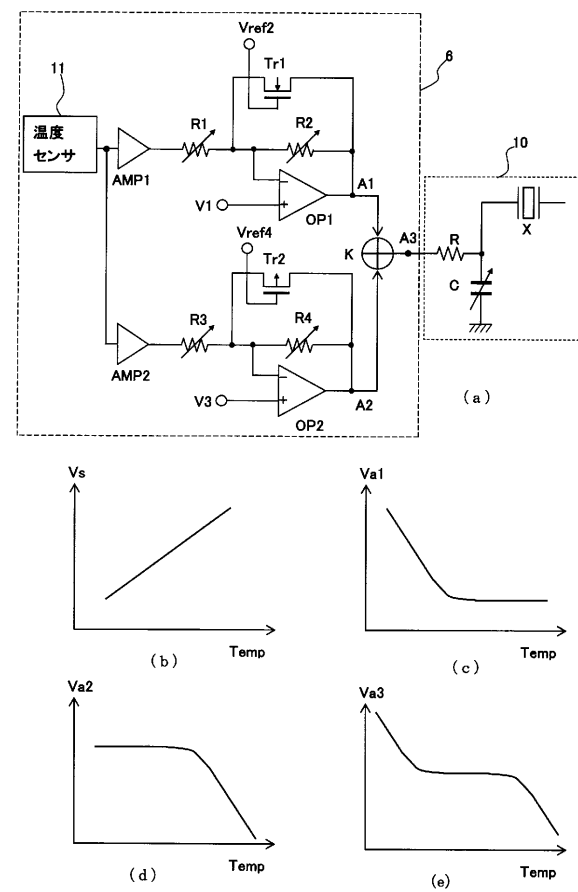
【図 5】



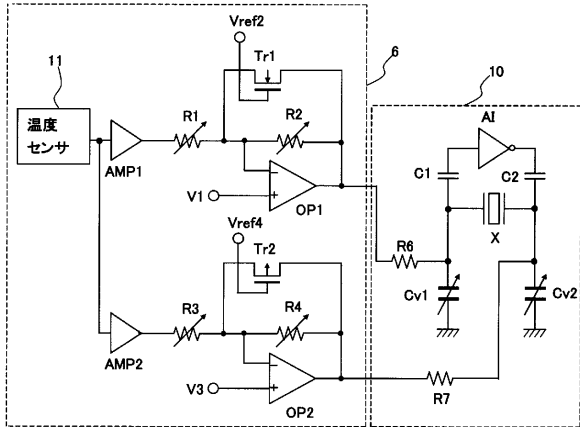
【図 6】



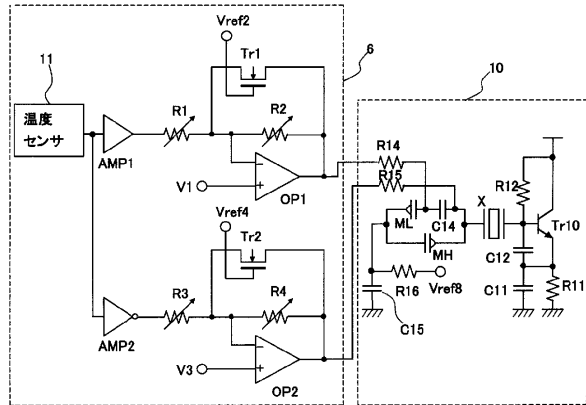
【図 7】



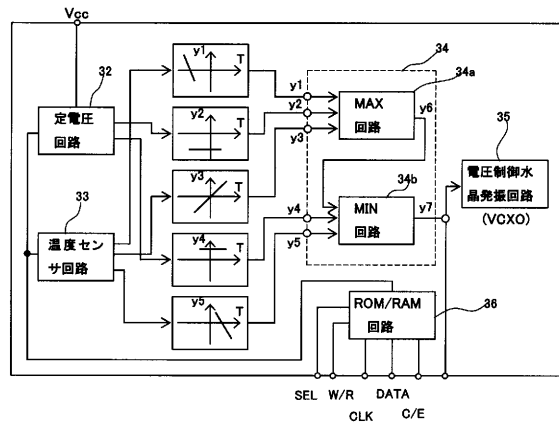
【図 8】



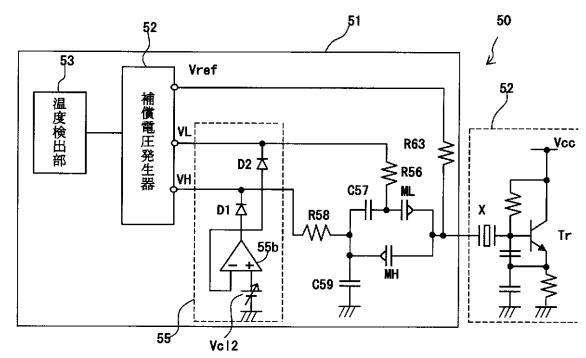
【図 9】



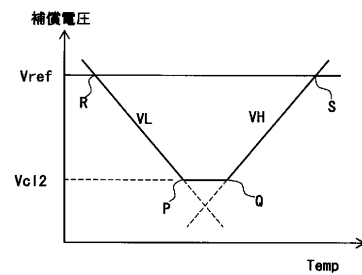
【図 10】



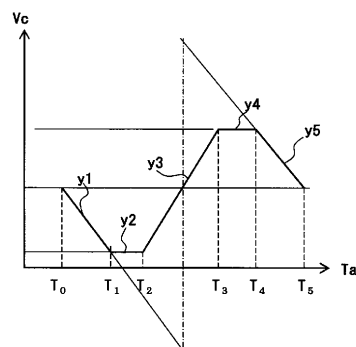
【図 12】



【図 13】



【図 11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10-322128(JP,A)
特開2000-114875(JP,A)
特開2007-124043(JP,A)
特開2007-157890(JP,A)
特開2000-286636(JP,A)
特開2005-236798(JP,A)
特開平03-126304(JP,A)
特開平07-162232(JP,A)
特開平08-321721(JP,A)
特開2001-196857(JP,A)
特開2001-274625(JP,A)
特開2003-101408(JP,A)
特開2006-319388(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03B5/30 - H03B5/42