

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6123979号
(P6123979)

(45) 発行日 平成29年5月10日(2017.5.10)

(24) 登録日 平成29年4月14日(2017.4.14)

(51) Int.Cl.

H03B 5/32 (2006.01)

F I

H03B 5/32 A

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2012-117165 (P2012-117165)
 (22) 出願日 平成24年5月23日(2012.5.23)
 (65) 公開番号 特開2013-243629 (P2013-243629A)
 (43) 公開日 平成25年12月5日(2013.12.5)
 審査請求日 平成27年5月15日(2015.5.15)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100090387
 弁理士 布施 行夫
 (74) 代理人 100090398
 弁理士 大淵 美千栄
 (72) 発明者 徳橋 元弘
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 審査官 橋本 和志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発振装置及び電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

発振素子を有し、使用温度範囲である第1の温度範囲の一部で前記発振素子の周波数温度特性を補償する温度補償型発振器と、

前記発振素子の温度を、前記温度補償型発振器が前記周波数温度特性を補償する温度補償範囲に含まれる第2の温度範囲内に制御する温度制御回路と、を含む発振装置。

【請求項2】

発振素子を有し、第1の温度範囲の一部を含む温度補償範囲で前記発振素子の周波数温度特性を補償する温度補償型発振器と、

前記発振素子の温度を前記温度補償範囲に含まれる第2の温度範囲内に制御する温度制御回路と、を含み、

前記温度補償型発振器は、

前記第1の温度範囲のうち、前記発振素子の周波数温度特性を一次近似した関数によって補償可能な一部の温度範囲を前記温度補償範囲に含める、発振装置。

【請求項3】

請求項1又は2において、

前記温度補償型発振器は、

前記温度補償範囲を前記第1の温度範囲の上限温度を含む高温側の一部とする、発振装置。

【請求項4】

10

20

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項において、

前記温度補償発振器は、第 1 の温度センサーを含み、

前記温度制御回路は、前記第 1 の温度センサーよりも前記発振素子から離れた位置に配置されている第 2 の温度を測定する温度センサーを含み、

前記第 1 の温度センサーの測定値と前記第 2 の温度センサーの測定値との差の大きさよりも、前記第 2 の温度範囲の下限温度と前記温度補償範囲の下限温度との差の大きさ、および前記温度補償範囲の上限温度と前記第 2 の温度範囲の上限温度との差の大きさの方が大きい、発振装置。

【請求項 5】

発振素子を有し、第 1 の温度範囲の一部を含む温度補償範囲で前記発振素子の周波数温度特性を補償する温度補償型発振器と、

前記発振素子の温度を前記温度補償範囲に含まれる第 2 の温度範囲内に制御する温度制御回路と、を含み、

前記温度補償発振器は、第 1 の温度センサーを含み、

前記温度制御回路は、前記第 1 の温度センサーよりも前記発振素子から離れた位置に配置されている第 2 の温度を測定する温度センサーを含み、

前記第 1 の温度センサーの測定値と前記第 2 の温度センサーの測定値との差の大きさよりも、前記第 2 の温度範囲の下限温度と前記温度補償範囲の下限温度との差の大きさ、および前記温度補償範囲の上限温度と前記第 2 の温度範囲の上限温度との差の大きさの方が大きい、発振装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項において、

温度制御回路は、前記発振素子を加熱する発熱素子を有する、発振装置。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項において、前記発振素子が振動子である、発振装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項の発振装置を含む、電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発振装置、発振素子及び電子機器等に関する。

【背景技術】

【0002】

温度補償型水晶発振器（TCXO：Temperature Compensated X'tal Oscillator）は、所定の温度範囲で水晶振動子の発振周波数の所望の周波数（公称周波数）からのずれ（周波数偏差）をキャンセルすることにより高い周波数安定度が得られる。例えば、一般的な TCXO の周波数安定度は ± 200 ppb 程度（使用温度範囲： $-20 \sim +70$ ）である。

【0003】

TCXO には、一般に、図 12（A）に示すように、周波数温度特性が 3 次関数で近似される AT カット水晶振動子が用いられるが、個々の AT カット水晶振動子でこの 3 次関数が異なる。そのため、TCXO の特性検査において、4 点以上の温度と発振周波数との関係を求めて水晶振動の周波数温度特性を温度補償するための情報（温度補償情報）を算出する必要がある。

【0004】

そして、TCXO が動作する際には、この温度補償情報に基づいて、温度変化に対して図 12（B）に示すような周波数変化を生じさせる温度補償電圧を内部で発生させて、出力される発振信号の周波数温度特性がフラットに近づくようにしている。

【0005】

近年、フェムトセルといった小さな通話エリア用の小型基地局や計測器において、より

10

20

30

40

50

高精度のクロック信号が必要とされている。このような用途では、例えば $\pm 50 \text{ p p b}$ 程度の周波数安定度が求められることがある。

【 0 0 0 6 】

T C X O に比べて周波数安定度が良い発振装置として、恒温槽を備えた O C X O (Oven Controlled Crystal Oscillator) がある。しかし、恒温槽及びその温度制御回路を備えるため、T C X O に比べて高価で大型になるという欠点がある。

【 0 0 0 7 】

特許文献 1 の発明は、T C X O を搭載したベースをカバーで封止して温度を一定に保つものであり、T C X O と O C X O の中間程度の温度特性を備え、安価で小型の発振装置を提供する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 8 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 0 - 1 2 4 3 4 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

しかし、特許文献 1 の手法でも、温度変化に対して図 1 2 (B) に示すような温度補償電圧を内部で発生させて、出力される発振信号の周波数温度特性を平らにすることが行われる。そのため、製造時に個々の A T カット水晶振動子によって異なる高次関数を求めて、例えば極大値や極小値がちょうど相殺されるように調整する作業が必要になる。このとき、4 点以上の温度と発振周波数との関係を求める必要があり、製造の効率を低下させてしまう。

20

【 0 0 1 0 】

また、特許文献 1 の手法では、ベースをカバーで封止してできる閉空間が疑似オープンとして機能する(以下、このような閉空間の疑似オープンも含めてオープンと呼ぶ)。このとき、O C X O 並みに高い精度(例えば ± 1)でオープンを所定の温度に保つ必要がある。しかし、T C X O とその他の回路を組み立てて構成する特許文献 1 の発振装置では、個体によるばらつきが生じやすい。そのため、オープンの温度をターゲット温度に合わせるために温度制御回路の調整作業が必要であるが、例えば ± 1 の狭い範囲にオープンの温度が収まるようにするには、非常に手間のかかる調整作業にならざるを得ない。

30

【 0 0 1 1 】

以上のように、特許文献 1 の手法では出荷前の調整作業に手間がかかり、製造の効率が低下して、結果的にコストが上昇する可能性が高い。

【 0 0 1 2 】

本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものである。本発明のいくつかの態様によれば、周波数安定度を向上させながら、製造の効率を低下させることなく、小型で安価な発振装置を提供することができる。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

本発明は前述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の態様又は適用例として実現することが可能である。

40

【 0 0 1 4 】

[態 様 1]

本態様に係る発振装置は、発振素子を有し、第 1 の温度範囲の一部を含む温度補償範囲で前記発振素子の周波数温度特性を補償する温度補償型発振器と、前記発振素子の温度を前記温度補償範囲に含まれる第 2 の温度範囲内に制御する温度制御回路と、を含む。

[態 様 2]

上記態様に係る発振装置において、前記温度補償型発振器は、前記第 1 の温度範囲のうち、前記発振素子の周波数温度特性を一次近似した関数によって補償可能な一部の温度範

50

囲を前記温度補償範囲に含めてもよい。

〔態様３〕

上記態様に係る発振装置において、前記温度補償型発振器は、前記温度補償範囲を前記第１の温度範囲の上限温度を含む高温側の一部としてもよい。

これらの態様に係る発振装置は、温度補償型発振器と温度制御回路とを含む。温度補償型発振器は、発振素子の温度に応じて周波数温度特性を補償する。温度補償型発振器は、例えばＴＣＸＯ（温度補償型水晶発振器）、シリコン発振器等である。

温度補償型発振器は、使用温度範囲、すなわち使用時における温度補償型発振器としての期待する特性が得られるべき所定温度範囲の「一部」で温度補償を行う。つまり、使用温度範囲の全てにわたる高次関数を求めて補償する必要はないので、製造時に、例えば極大値や極小値がちょうど相殺されるように調整する作業の労力が軽減される。

例えば、使用温度範囲のうち一次近似によって補償可能な一部が温度補償範囲であってもよい。このとき、２点の温度と発振周波数との関係を求めるだけでよく、調整が容易になる。そのため、製造の効率を高めることが可能である。また、一次近似で補償するため、温度補償範囲における周波数安定度を向上させることが可能である。一次近似によって補償可能な使用温度範囲の一部としては、例えば上限温度付近や下限温度付近が挙げられる（図１２（Ａ）参照）。

そして、温度制御回路は、温度調節素子によって、温度補償型発振器の発振素子の温度を温度補償範囲に含まれる所定の温度範囲内とする制御を行う。すなわち、発振素子が含まれるオープンの温度を所定の温度範囲内に保つ。温度調節素子は、例えば熱を発する発熱素子（以下、ヒーターとする）であってもよいし、ペルチェ素子等であってもよい。

温度制御回路の制御によって、発振素子の温度は、温度補償型発振器の温度補償範囲に含まれることになる。そのため、周波数安定度を向上させた発振装置を提供することができる。このとき、ＯＣＸＯのように恒温槽を用いるわけではないため、発振装置は小型で安価である。

また、温度補償型発振器は、温度補償範囲を使用温度範囲の上限温度を含む高温側の一部としてもよい。このとき、一次近似で補償できるだけでなく、温度調節素子としてヒーターを用いることができるのでコストを抑えることができる。例えば、ヒーターをパワートランジスタ１個で実現することも可能である。

〔態様４〕

上記態様に係る発振装置において、前記温度補償発振器は、第１の温度センサーを含み、前記温度制御回路は、前記第１の温度センサーよりも前記発振素子から離れた位置に配置されている第２の温度を測定する温度センサーを含み、前記第１の温度センサーの測定値と前記第２の温度センサーの測定値との差の大きさよりも、前記第２の温度範囲の下限温度と前記温度補償範囲の下限温度との差の大きさ、および前記温度補償範囲の上限温度と前記第２の温度範囲の上限温度との差の大きさの方が大きくてもよい。

〔態様５〕

上記態様に係る発振装置において、温度制御回路は、前記発振素子を加熱する発熱素子を有してもよい。

これらの態様に係る発振装置は、発振素子の温度を測定する温度センサーを含む。この温度センサーは、温度補償型発振器の内部にあるわけではないため、測定温度に誤差を含む。しかし、これらの態様に係る発振装置によると、この誤差よりも大きなマージンをとるように所定の温度範囲を設定し、誤差があってもオープンの温度が必ず温度補償範囲内に含まれるようにする。そのため、周波数安定度を向上させた発振装置を提供することができる。また、オープンの温度を調整するのに、温度調節素子としてヒーターを用いれば、コストを抑えることができる。

〔態様６〕

上記態様に係る発振装置において、前記発振素子が振動子であってもよい。

〔態様７〕

本態様に係る電子機器は、上記態様に係る発振装置を含む。

〔適用例 1〕

本適用例に係る発振装置は、所定温度範囲の一部を含む温度補償範囲で周波数温度特性を補償する温度補償型発振器と、温度調節素子を備え、前記温度調節素子によって、前記温度補償型発振器の発振素子の温度を前記温度補償範囲に含まれる所定の温度範囲内とする制御を行う温度制御回路と、を含む。

【0015】

〔適用例 2〕

上記適用例に係る発振装置において、前記温度補償型発振器は、前記所定温度範囲のうち一次近似によって補償可能な一部を前記温度補償範囲に含めてもよい。

【0016】

〔適用例 3〕

上記適用例に係る発振装置において、前記温度補償型発振器は、前記温度補償範囲を前記所定温度範囲の上限温度を含む高温側の一部としてもよい。

【0017】

これらの適用例に係る発振装置は、温度補償型発振器と温度制御回路とを含む。温度補償型発振器は、発振素子の温度に応じて周波数温度特性を補償する。温度補償型発振器は、例えば TCXO（温度補償型水晶発振器）、シリコン発振器等である。

【0018】

温度補償型発振器は、使用温度範囲、すなわち使用時における温度補償型発振器としての期待する特性が得られるべき所定温度範囲の「一部」で温度補償を行う。つまり、使用温度範囲の全てにわたる高次関数を求めて補償する必要はないので、製造時に、例えば極大値や極小値がちょうど相殺されるように調整する作業の労力が軽減される。

【0019】

例えば、使用温度範囲のうち一次近似によって補償可能な一部が温度補償範囲であってもよい。このとき、2 点の温度と発振周波数との関係を求めるだけでよく、調整が容易になる。そのため、製造の効率を高めることが可能である。また、一次近似で補償するため、温度補償範囲における周波数安定度を向上させることが可能である。一次近似によって補償可能な使用温度範囲の一部としては、例えば上限温度付近や下限温度付近が挙げられる（図 12（A）参照）。

【0020】

そして、温度制御回路は、温度調節素子によって、温度補償型発振器の発振素子の温度を温度補償範囲に含まれる所定の温度範囲内とする制御を行う。すなわち、発振素子が含まれるオープンの温度を所定の温度範囲内に保つ。温度調節素子は、例えば熱を発する発熱素子（以下、ヒーターとする）であってもよいし、ペルチェ素子等であってもよい。

【0021】

温度制御回路の制御によって、発振素子の温度は、温度補償型発振器の温度補償範囲に含まれることになる。そのため、周波数安定度を向上させた発振装置を提供することができる。このとき、OCXOのように恒温槽を用いるわけではないため、発振装置は小型で安価である。

【0022】

また、温度補償型発振器は、温度補償範囲を使用温度範囲の上限温度を含む高温側の一部としてもよい。このとき、一次近似で補償できるだけでなく、温度調節素子としてヒーターを用いることができるのでコストを抑えることができる。例えば、ヒーターをパワートランジスター 1 個で実現することも可能である。

【0023】

〔適用例 4〕

上記適用例に係る発振装置において、温度制御回路は、前記発振素子の温度を測定する温度センサーを含み、前記温度センサーの測定値と前記発振素子の実際の温度との誤差よりも、前記温度補償範囲とのマージンが大きくなるように前記所定の温度範囲を定めてもよい。

【 0 0 2 4 】

[適用例 5]

上記適用例に係る発振装置において、温度制御回路は、前記温度調節素子が熱を発する発熱素子であってもよい。

【 0 0 2 5 】

これらの適用例に係る発振装置は、発振素子の温度を測定する温度センサーを含む。この温度センサーは、温度補償型発振器の内部にあるわけではないため、測定温度に誤差を含む。しかし、これらの適用例に係る発振装置によると、この誤差よりも大きなマージンをとるように所定の温度範囲を設定し、誤差があってもオープンの温度が必ず温度補償範囲内に含まれるようにする。そのため、周波数安定度を向上させた発振装置を提供することができる。また、オープンの温度を調整するのに、温度調節素子としてヒーターを用いれば、コストを抑えることができる。

10

【 0 0 2 6 】

[適用例 6]

本適用例に係る発振素子は、上記適用例に係る発振装置に搭載される。

【 0 0 2 7 】

[適用例 7]

本適用例に係る電子機器は、上記適用例に係る発振装置を含む。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 8 】

20

【 図 1 】 本実施形態の発振装置の構成例を示す図。

【 図 2 】 本実施形態の T C X O の構成例を示す図。

【 図 3 】 本実施形態の水晶振動子の周波数安定度の例を示す図。

【 図 4 】 本実施形態の T C X O の温度補償の例を示す図。

【 図 5 】 本実施形態の温度制御回路の例を示す回路図。

【 図 6 】 本実施形態の T C X O とヒーターの位置関係の例を示す図。

【 図 7 】 図 7 (A) は本実施形態の T C X O とヒーターの位置関係の例を示す模式断面図。図 7 (B) は変形例における T C X O とヒーターの位置関係の例を示す模式断面図。

【 図 8 】 図 8 (A) ~ 図 8 (B) はプリント基板を加工しない場合の別の変形例における T C X O とヒーターの位置関係の例を示す模式断面図。

30

【 図 9 】 本実施形態のオープンの温度範囲と、温度補償範囲との関係の例を示す図。

【 図 1 0 】 本実施形態の発振装置の製造方法を示すフローチャート。

【 図 1 1 】 適用例の電子機器の機能ブロック図。

【 図 1 2 】 図 1 2 (A) は水晶振動子の周波数温度特性の一例を示す図。図 1 2 (B) は温度補償電圧による周波数変化の一例を示す図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 9 】

以下、本発明の好適な実施形態について図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また以下で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。

40

【 0 0 3 0 】

1. 発振装置の全体構成

図 1 は、本実施形態の発振装置 1 の構成を示す図である。発振装置 1 は、T C X O 2 と温度制御回路 5 を含む。T C X O 2 は水晶振動子 3 と集積回路 4 を含む。また、温度制御回路 5 はヒーター 6 と温度センサー 7 を含む。

【 0 0 3 1 】

ここで、図 1 における T C X O 2、水晶振動子 3、ヒーター 6 は、それぞれ本発明の温度補償型発振器、発振素子、温度調節素子に対応する。

【 0 0 3 2 】

T C X O 2 は、使用温度範囲の一部を含む温度補償範囲で周波数温度特性を補償する。

50

例えば、本実施形態では、使用温度範囲が $-20 \sim +85$ であるとする。TCXO 2 は、この使用温度範囲のうちの一部（例えば $+70 \sim +85$ ）だけを含む温度補償範囲（ $+70 \sim 100$ ）で周波数温度特性を補償する。

【0033】

集積回路 4（IC）は、後述するように温度補償回路だけでなく、水晶振動子 3 と接続される発振回路も含み、1 チップ化されているものとする。

【0034】

温度制御回路 5 は、ヒーター 6 の熱によって TCXO 2 の温度を調整する。具体的には、後述するオープン 18（図 7（A）参照）の温度を保つように制御を行う。このとき、オープン 18 の温度は、温度補償範囲に含まれるある一定の範囲内に収まっている。

10

【0035】

温度センサー 7 は、水晶振動子 3 の近くに配置されて温度を測定する。そして、温度センサー 7 の測定温度に基づいて、温度制御回路 5 はヒーター 6 の発熱を制御する。なお、本実施形態では、ヒーター 6 は発熱素子であるパワートランジスタ 30（図 5 参照）である。また、温度センサー 7 は NTC サーミスタ 11（図 5 参照）である。

【0036】

2. TCXO の構成

図 2 は、本実施形態の TCXO 2 の構成を示す図である。図 2 に示すように、本実施形態では、集積回路 4 は、電圧制御発振回路 34、温度補償電圧発生回路 36、温度センサー 38 を含んで構成されている。

20

【0037】

電圧制御発振回路 34 は、端子を介して水晶振動子 3 と接続されており、温度補償電圧発生回路 36 からの制御電圧に応じて可変容量素子 32 の容量値を変化させることにより、水晶振動子 3 の発振周波数を制御する。電圧制御発振回路 34 の発振信号は端子（不図示）を介して外部に出力されるものとする。

【0038】

温度補償電圧発生回路 36 は、温度センサー 38 からの出力値（例えば、電圧値）に基づいて、制御電圧を発生させる。ここで、温度センサー 38 は、図 1 の温度センサー 7 とは異なり、水晶振動子 3 と共に TCXO 2 の内部に存在する。そのため、温度センサー 7 に比べて、水晶振動子 3 の温度を正確に測定することが可能である。

30

【0039】

ここで、温度補償を考慮しない場合、水晶振動子 3 の周波数安定度は図 3 のようになる。図 3 での周波数安定度は、 25 での周波数を基準としたばらつきを表すものである。図 3 のように、使用温度範囲の上限温度である 85 付近では、周波数安定度の変化は線形近似できる。すなわち、高次関数（図 12（B）参照）ではなく一次関数での近似が可能である。従って、使用温度範囲の上限温度である 85 を基準に ± 15 （すなわち、 $70 \sim 100$ ）の範囲（図 3 の P）だけを温度補償するならば、線形近似によって高精度の補償が可能になる。

【0040】

図 4 は、本実施形態の TCXO 2 の温度補償後の出力についての周波数安定度を表す。図 4 のように、 85 ± 15 の範囲でフラットになっており、良好な周波数安定性を示している。つまり、本実施形態の TCXO 2 を、 85 ± 15 の範囲で使用する限り、OCXO 並みの周波数安定度を得ることが可能である。

40

【0041】

そのため、本実施形態の発振装置 1 では、水晶振動子 3 を含むオープン 18（図 7（A）参照）の温度が 85 ± 15 の範囲内に収まるように温度制御回路 5 が温度制御を行う。以下に、温度制御回路 5 について詳しく説明する。

【0042】

3. 温度制御回路

図 5 は、本実施形態の温度制御回路 5 の回路図である。図 5 の温度制御回路 5 において

50

、パワートランジスタ 30 はヒーター 6 に対応し、NTC サーミスタ 11 は温度センサー 7 に対応する。

【0043】

図 5 の上側の端子 9 には外部から電源電位 V_{cc} が供給される。また、図 5 の下側の端子 9 は接地され、接地電位 GND が供給される。またレギュレーター 12 によって、基準電位 V_{ref} が生成されている。

【0044】

基準電位 V_{ref} と接地電位 GND の間には交流ノイズ除去用のコンデンサ 52 が接続され、電源電位 V_{cc} と接地電位 GND の間には交流ノイズ除去用のコンデンサ 53、54 が接続されている。また、差動増幅器 20 には、端子 9 から電源電位 V_{cc} 、接地電位 GND が供給される。

10

【0045】

NTC サーミスタ 11 は、第 1 端子は基準電位 V_{ref} に接続され、第 2 端子は抵抗 40 の第 1 端子、抵抗 43 の第 1 端子及びコンデンサ 50 の第 1 端子と接続され、抵抗 40 の第 2 端子は接地電位 GND に接続されている。抵抗 43 の第 2 端子は、差動増幅器 20 の反転入力端子（- 入力端子）、抵抗 44 の第 1 端子と接続されている。抵抗 44 の第 2 端子は、差動増幅器 20 の出力端子及び抵抗 45 の第 1 端子と接続されており、コンデンサ 50 の第 2 端子は接地電位 GND に接続されている。

【0046】

抵抗 41 は、第 1 端子が基準電位 V_{ref} に接続され、第 2 端子が差動増幅器 20 の非反転入力端子（+ 入力端子）及び抵抗 42 の第 1 端子と接続されている。抵抗 42 の第 2 端子は接地電位 GND に接続されている。

20

【0047】

抵抗 45 の第 2 端子は、パワートランジスタ 30 のコレクター端子、パワートランジスタ 31 のベース端子、コンデンサ 51 の第 1 端子及び抵抗 48 の第 1 端子に接続されており、コンデンサ 51 の第 2 端子及び抵抗 48 の第 2 端子は接地電位 GND に接続されている。

【0048】

パワートランジスタ 31 のコレクター端子は電源電位 V_{cc} に接続され、エミッター端子は、パワートランジスタ 30 のベース端子、抵抗 46 の第 1 端子及び抵抗 47 の第 1 端子と接続されている。パワートランジスタ 30 のエミッター端子、抵抗 46 の第 2 端子及び抵抗 47 の第 2 端子は接地電位 GND に接続されている。

30

【0049】

パワートランジスタ 30（発熱素子の一例）は、被加熱物に近在して配置され、放熱を利用して被加熱物を加熱する NPN 型のバイポーラトランジスタである。そのため、本実施形態ではヒーター 6 として機能する。発熱量は、パワートランジスタ 30 を流れる電流量に応じて変化する。

【0050】

NTC サーミスタ 11 は、測定対象である被加熱物の温度に応じて抵抗値を変化させる。具体的には、被加熱物の温度の上昇に対して抵抗が減少する。そのため、本実施形態では温度センサー 7 として機能する。

40

【0051】

そして、本実施形態の温度制御回路 5 では、差動増幅器 20 によって、NTC サーミスタ 11 の抵抗値に基づいてパワートランジスタ 30 の発熱量を制御することができる。

【0052】

被加熱物の温度が設定温度よりも低い場合、NTC サーミスタ 11 の抵抗値に応じてパワートランジスタ 30 の発熱量を制御しながら被加熱物を加熱する。具体的には、被加熱物の温度が設定温度と一致する時に NTC サーミスタ 11 の抵抗値が所定値になり、抵抗 43 の第 1 端子の電位と差動増幅器 20 の非反転入力端子（+ 入力端子）の電位が

50

一致するようになっている。従って、被加熱物の温度が設定温度よりも低い場合は、NTCサーミスター１１の抵抗値が所定値よりも高いために、抵抗４３の第１端子の電位が差動増幅器２０の非反転入力端子（＋入力端子）の電位よりも低い。そのため、差動増幅器２０の出力電位が高くなり、パワートランジスター３０がオンして発熱する。

【００５３】

被加熱物がパワートランジスター３０によって加熱され、被加熱物の温度が上昇すると、NTCサーミスター１１の抵抗値が下がるので、抵抗４３の第１端子の電位が上昇する。これに対して、差動増幅器２０の非反転入力端子（＋入力端子）の電位はほとんど変化しない。従って、差動増幅器２０の非反転入力端子（＋入力端子）と抵抗４３の第１端子の間の電位差が小さくなる。これにより差動増幅器２０の出力電位が低下するので、パワートランジスター３０の発熱量が減少する。そして、被加熱物の温度が設定温度よりも高くなると、パワートランジスター３０がオフして被加熱物の加熱を停止する。

10

【００５４】

４．発振装置の外観

ここで、本実施形態の発振装置１の外観について説明する。外観とは、具体的にはTCXO２、ヒーター６、温度センサー７の位置関係である。図６は、本実施形態のTCXO２の端子９を備える面を表す模式的な底面図である。図６のように、TCXO２のパッケージ面（端子９以外の部分）にヒーター６が接している。従って、効率的にTCXO２に熱を伝えることが可能である。

【００５５】

20

図７（Ａ）は、本実施形態のTCXO２、ヒーター６（すなわち図５のパワートランジスター３０）、温度センサー７（すなわち図５のNTCサーミスター１１）、プリント基板１４（例えばガラスエポキシ基板等）の位置関係を表す模式的な断面図である（図７（Ｂ）～図８（Ｂ）についても同じ）。なお、ヒーター６、温度センサー７の間の配線やその他の回路については図示を省略している。

【００５６】

図７（Ａ）のように、本実施形態の発振装置１では、プリント基板１４は端子９の間の部分に穴を空ける加工がさえており、TCXO２のパッケージ１６にヒーター６が例えば接着剤等で取り付けられている。

【００５７】

30

TCXO２は、パッケージ１６の内部に水晶振動子３と集積回路４とを取り付けて、蓋１５によって密封している。そのため、内部の閉空間が擬似的なオープン１８として機能し、温度を一定に保つことが可能になる。本実施形態の発振装置１では、ヒーター６はTCXO２を熱して、オープン１８の温度を温度補償範囲に含まれる所定の温度範囲に収める。このとき、図４を用いて説明した通り、OCXO並みの周波数安定度を得ることが可能である。

【００５８】

ここで、ヒーター６の適切な制御のためには、水晶振動子３の環境温度、すなわちオープン１８の温度（図５の説明における被加熱物の温度に対応）を温度センサー７が測定する必要がある。本実施形態では、温度センサー７はTCXO２の近傍のプリント基板１４に配置されている。そして、温度センサー７の測定値に基づいてヒーター６が制御される。

40

【００５９】

温度センサー７はオープン１８の温度を測定するが、TCXO２の内部ではなく外部に配置されているので、測定値と実際のオープン１８の温度とに誤差が生じる。そこで、ヒーター６によって設定するオープン１８の温度の範囲を、誤差の分だけTCXO２の温度補償範囲から狭めることが好ましい。すなわち、誤差よりも大きなマージンを持たせることが好ましい。

【００６０】

図９は、オープン１８の温度範囲（設定すべき温度範囲）とTCXO２の温度補償範囲

50

との関係を示す図である。図 9 の例では、温度センサー 7 の誤差を考慮して、TCXO 2 の温度補償範囲に対して 5 のマージンを持たせてオープン 18 の温度範囲を定めている。そのため、例えば誤差が - 5 あったとしても、TCXO 2 の温度補償範囲内であるので、所望の周波数安定度を得ることが可能である。

【 0 0 6 1 】

ここで、図 7 (B)、図 8 (A)、図 8 (B) は、それぞれ TCXO 2、ヒーター 6、温度センサー 7 の位置関係についての変形例を表す。図 7 (B) の例では、図 7 (A) と比較して温度センサー 7 の位置が異なる。図 7 (B) の例では、TCXO 2 のパッケージ 16 にヒーター 6 だけでなく、温度センサー 7 も例えば接着剤等に取り付けられている。そのため、オープン 18 の温度をより正確に測定できる可能性がある。

10

【 0 0 6 2 】

図 8 (A) ~ 図 8 (B) は、プリント基板 14 への加工を行わない場合の配置例を表す。図 8 (A) の例では、図 7 (B) の例と異なり端子 9 に十分な高さがある。そのため、プリント基板 14 に穴を空けなくても、ヒーター 6、温度センサー 7 をパッケージ 16 の底面に取り付けることが可能である。

【 0 0 6 3 】

図 8 (B) の例では、パッケージ 16 の底面に取り付けられないヒーター 6 を蓋 15 に取り付けている。この場合も、ヒーター 6 は効果的に TCXO 2 に熱を伝えることが可能である。なお、温度センサー 7 は、本実施形態と同じく TCXO 2 の近傍のプリント基板 14 に配置されている。

20

【 0 0 6 4 】

図 7 (A) ~ 図 8 (B) に示したどのような外観であっても、ヒーター 6 によってオープン 18 の温度を所定の範囲内 (温度補償範囲から温度センサー 7 の誤差を考慮して狭めた温度範囲内) にすることで、OCXO 並みの周波数安定度を得ることが可能である。

【 0 0 6 5 】

5 . 発振装置の製造方法

図 10 は、本実施形態の発振装置 1 の製造方法を示すフローチャートである。まず、使用温度範囲の上限温度である 85 を基準に ± 15 の範囲で温度補償を行う (S 10)。このとき、例えば 85 でターゲットとする周波数安定度 (例えば ± 100 ppb 以内) になるように線形近似を行ってもよい。

30

【 0 0 6 6 】

次に TCXO と温度制御回路の組み立てを行う (S 20)。そして、オープンの設定温度が所定の温度範囲に含まれるように、調整抵抗 (図 5 の抵抗 40 ~ 42 が対応) によって調整を行う (S 30)。

【 0 0 6 7 】

その後、ケーシングを行い (S 40)、出荷検査を実行して (S 50)、良品が出荷される (S 60)。ここで、本実施形態の発振装置 1 の製造方法で、従来と大きく異なるのがステップ S 30 である。

【 0 0 6 8 】

例えば、OCXO であれば、オープンの設定温度はターゲット (例えば 85) の温度の ± 1 以内であることが求められていた。そのため、調整に手間がかかり、製造の効率を低下させていた。

40

【 0 0 6 9 】

しかし、本実施形態の発振装置 1 の製造方法では、図 9 の例を用いると、温度センサー 7 の誤差を考慮しても 85 ± 10 の範囲に収めればよい。そのため、調整がほとんど不要になり製造の効率が高まる。

【 0 0 7 0 】

以上のように、本実施形態の発振装置 1 は、線形近似を用いて高精度の補償を行うことで TCXO の周波数安定度を向上させながら、オープンの設定温度についての調整がほとんど不要なため製造の効率を低下させることなく、OCXO のように恒温槽を必要とし

50

ないため小型で安価な発振装置を提供することができる。

【0071】

6. 電子機器

図11は、適用例の電子機器300の機能ブロック図である。本適用例の電子機器300は、発振装置1、CPU(Central Processing Unit)320、操作部330、ROM(Read Only Memory)340、RAM(Random Access Memory)350、通信部360、表示部370、音出力部380を含んで構成されている。なお、本適用例の電子機器300は、図11の構成要素(各部)の一部を省略又は変更してもよいし、他の構成要素を付加した構成としてもよい。

【0072】

発振装置1は、上記の実施形態で説明したように、高精度の発振信号(クロック信号)を出力することができる。

【0073】

CPU320は、ROM340等に記憶されているプログラムに従い、発振装置1が出力する発振信号(クロック信号)を用いて各種の計算処理や制御処理を行う。具体的には、CPU320は、操作部330からの操作信号に応じた各種の処理、外部とデータ通信を行うために通信部360を制御する処理、表示部370に各種の情報を表示させるための表示信号を送信する処理、音出力部380に各種の音を出力させる処理等を行う。

【0074】

操作部330は、操作キーやボタンスイッチ等により構成される入力装置であり、ユーザーによる操作に応じた操作信号をCPU320に出力する。

【0075】

ROM340は、CPU320が各種の計算処理や制御処理を行うためのプログラムやデータ等を記憶している。

【0076】

RAM350は、CPU320の作業領域として用いられ、ROM340から読み出されたプログラムやデータ、操作部330から入力されたデータ、CPU320が各種プログラムに従って実行した演算結果等を一時的に記憶する。

【0077】

通信部360は、CPU320と外部装置との間のデータ通信を成立させるための各種制御を行う。

【0078】

表示部370は、LCD(Liquid Crystal Display)等により構成される表示装置であり、CPU320から入力される表示信号に基づいて各種の情報を表示する。

【0079】

音出力部380は、スピーカー等の音を出力する装置である。

【0080】

本実施形態の電子機器300によれば、発振装置1によってOCXO並みの高精度のクロック信号を得ることができる。そのため、フェムトセルといった小さな通話エリア用の小型基地局、広範囲をカバーする携帯電話の基地局、分解能の高い計測器といった、電子機器300への適用が考えられる。

【0081】

7. その他

本発明は上記の実施形態に限定されず、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。

【0082】

上記の実施形態では、発振装置が含む発振器として温度補償型水晶発振器(TCXO)を例に挙げて説明したが、本発明の発振器は、これに限られず、例えば、圧電発振器、SAW発振器、電圧制御型発振器、シリコン発振器、原子発振器等であってもよい。

【0083】

10

20

30

40

50

また、本実施形態では、発振器の発振素子として水晶振動子を用いているが、発振素子としては、例えば、S A W (Surface Acoustic Wave) 共振子、A T カット水晶振動子、S C カット水晶振動子、音叉型水晶振動子、その他の圧電振動子や M E M S (Micro Electro Mechanical Systems) 振動子などを用いることができる。また、発振素子の基板材料としては、水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等の圧電単結晶や、ジルコン酸チタン酸鉛等の圧電セラミックス等の圧電材料、又はシリコン半導体材料等を用いることができる。また、発振素子の励振手段としては、圧電効果によるものを用いてもよいし、クーロン力による静電駆動を用いてもよい。

【0084】

上記の実施形態及び変形例は一例であって、これらに限定されるわけではない。例えば、各実施形態及び各変形例を適宜組み合わせることも可能である。

10

【0085】

本発明は、実施形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

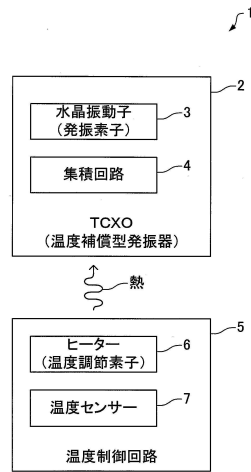
【符号の説明】

【0086】

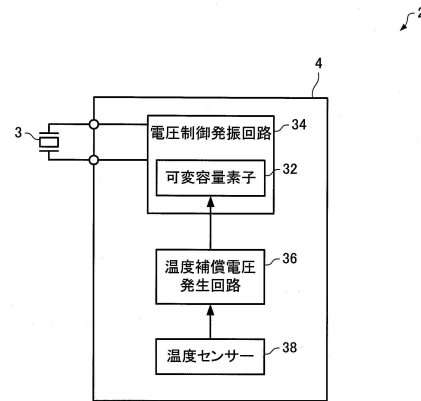
20

1 発振装置、3 水晶振動子、4 集積回路、5 温度制御回路、6 ヒーター、7 温度センサー、9 端子、11 NTCサーミスター、12 レギュレーター、14 プリント基板、15 蓋、16 パッケージ、18 オープン、20 差動増幅器、30 パワートランジスター、31 パワートランジスター、32 可変容量素子、34 電圧制御発振回路、36 温度補償電圧発生回路、38 温度センサー、40 抵抗、41 抵抗、42 抵抗、43 抵抗、44 抵抗、45 抵抗、46 抵抗、47 抵抗、48 抵抗、50 コンデンサー、51 コンデンサー、52 コンデンサー、53 コンデンサー、300 電子機器、330 操作部、360 通信部、370 表示部、380 音出力部、

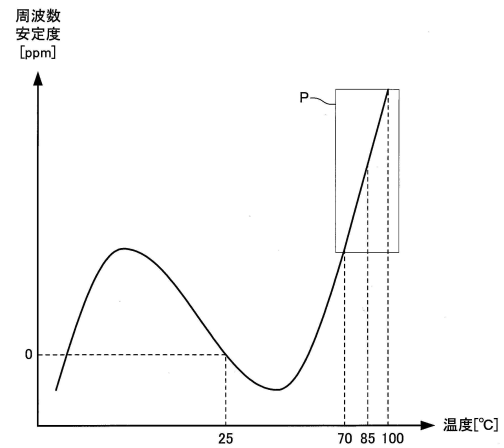
【図 1】



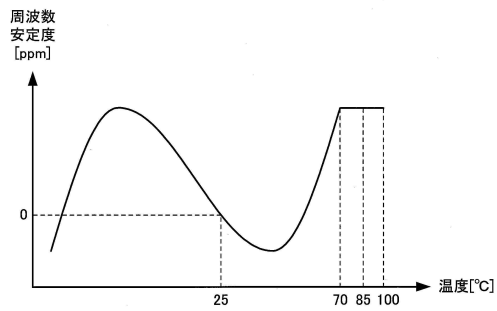
【図 2】



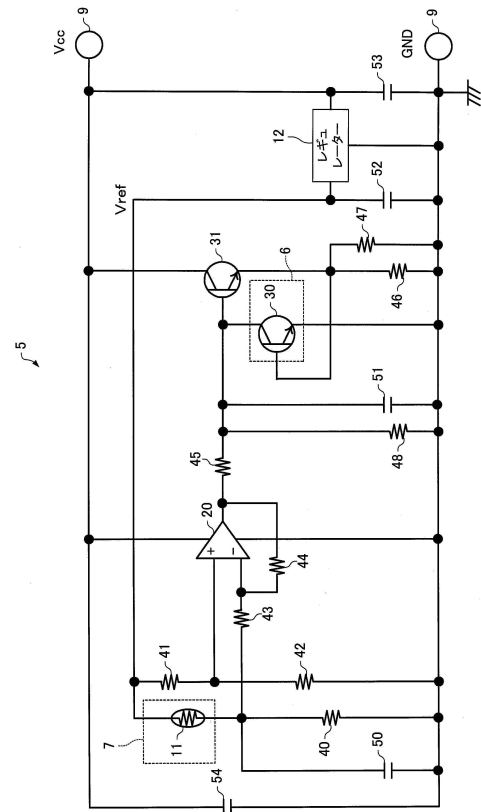
【図 3】



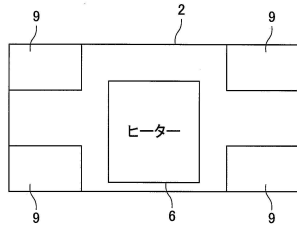
【図 4】



【図 5】

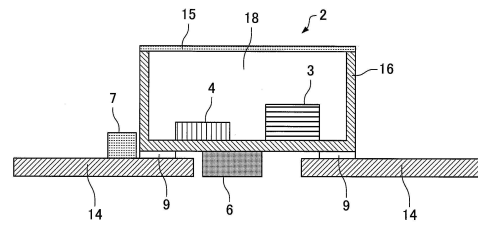


【図 6】

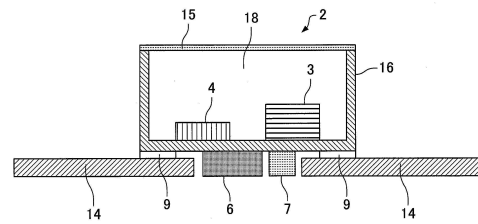


【図 7】

(A)

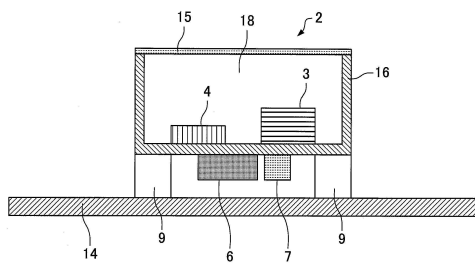


(B)

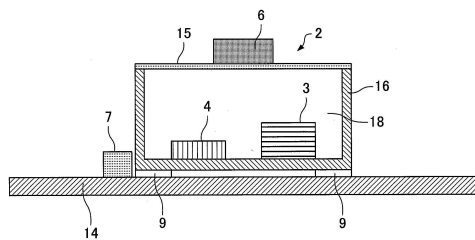


【図 8】

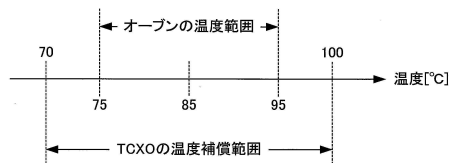
(A)



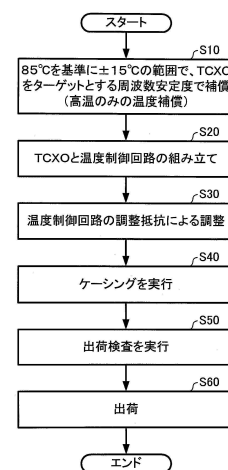
(B)



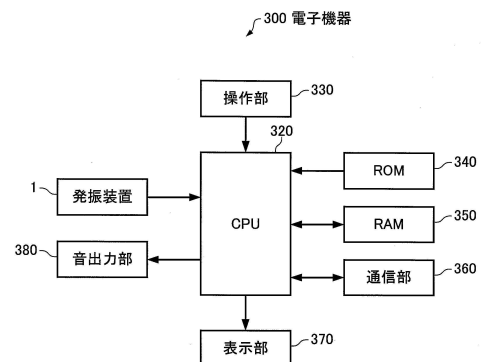
【図 9】



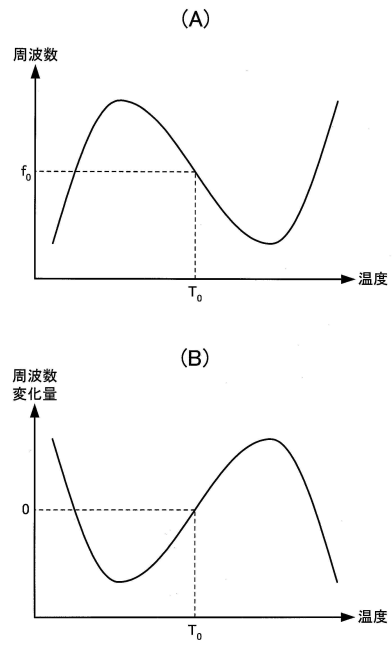
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 0 2 - 2 0 3 6 0 5 (J P , A)
特開平 1 0 - 3 0 3 6 4 5 (J P , A)
特開平 0 1 - 2 4 8 8 0 6 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 1 3 6 0 2 9 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 3 B 5 / 3 2