

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5515921号  
(P5515921)

(45) 発行日 平成26年6月11日(2014.6.11)

(24) 登録日 平成26年4月11日(2014.4.11)

(51) Int.Cl.

HO3B 5/32 (2006.01)

F 1

HO3B 5/32

A

請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2010-67497 (P2010-67497)  
 (22) 出願日 平成22年3月24日 (2010.3.24)  
 (65) 公開番号 特開2011-205166 (P2011-205166A)  
 (43) 公開日 平成23年10月13日 (2011.10.13)  
 審査請求日 平成25年3月22日 (2013.3.22)

(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 雅善  
 (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 松岡 淳  
 東京都日野市日野421-8 エプソント  
 ヨコム株式会社内  
 (72) 発明者 曽我 忠央  
 東京都日野市日野421-8 エプソント  
 ヨコム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】恒温型圧電発振器の製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

圧電振動子と、

前記圧電振動子を励振する発振回路と、

前記圧電振動子を加熱する発熱体、温度を検知する感温素子、及び前記感温素子の信号に基づき前記発熱体の温度を制御する温度制御回路、を備えている温度制御部と、

前記発振回路の出力信号の周波数偏差を補償するための補償電圧を出力する補償電圧発生回路、ならびに前記補償電圧により容量値が制御される電圧可変容量回路を備えている周波数電圧制御回路と、

メモリと、

を備えている恒温型圧電発振器の製造方法であって、

前記温度制御部を動作させて前記圧電振動子を加熱させた状態で前記前記圧電振動子の所望の温度と前記温度制御部の設定温度との温度差に伴い生じる前記周波数偏差に関わる周波数温度特性データを測定する工程と、

前記周波数電圧制御回路が前記補償電圧を出力するために必要なデータを前記周波数温度特性データから求めると共に、求めた前記データをメモリに格納する工程と、  
を含むことを特徴とする恒温型圧電発振器の製造方法。

## 【請求項 2】

前記圧電振動子の周波数温度特性が零温度係数となる点を有するものであり、

前記周波数温度特性データを測定する工程において、前記所定の温度は、前記零温度係

数になる温度であることを特徴とする請求項 8 に記載の恒温型圧電発振器の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、恒温槽の設定温度を一定とし、設定温度と圧電振動子の頂点温度との温度差を補償する周波数電圧制御回路を備えた恒温型圧電発振器の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

移動体通信機器や伝送通信機器に用いる周波数制御デバイスである水晶発振器として、外部の温度変化に影響されることなく高安定な周波数を出力する恒温槽型圧電発振器が、10 従来から知られている。近年、各種機器用に小型、軽量、低消費電力の恒温槽型圧電発振器が市場から求められている。

特許文献 1 には、消費電力を低減した恒温槽型圧電発振器が開示されており、図 12 はそのブロック図である。恒温槽型圧電発振器は、恒温槽 61 内で電圧制御圧電発振器 63 を加熱する発熱体 62 と、恒温槽 61 内に設けられた槽内感温素子 64 と、恒温槽外で外気温を検知する槽外感温素子 65 とを備えている。さらに、槽外感温素子 65 の温度情報に基づき電圧制御圧電発振器 63 の電圧を制御しその周波数を可変する制御電圧発生回路 67 と、槽外感温素子 65 と槽内感温素子 64 との温度差の温度情報により発熱体 62 の温度を制御する温度制御回路 66 と、を備えている。

図 12 の高温槽型圧電発振器では、恒温槽内温度が多少変動することから、恒温槽 61 内に収納する圧電発振器に、感温素子からの温度情報に基づき制御電圧発生回路 67 で生成する電圧を供給し、周波数を制御できるよう電圧制御圧電発振器 63 を用いている。20

【0003】

また、特許文献 2 には、外気温度の変化を検知して温度制御する恒温型の水晶発振器が開示されている。図 13 は、シングルオーブン構造の発振器内に設ける回路基板の温度補償回路のブロック図である。温度補償回路は、温度センサー 71、増幅器 72、加算器 73、目標温度設定入力端子 74、増幅器 75、積分器 76、加算器 77、増幅調整用抵抗 78、ヒータ用電源端子 79、ヒータ 80、トランジスタ 81、加算器 82、周波数補正入力端子 83、増幅器 84、抵抗器 85、可変容量ダイオード 86、水晶振動子 87、周波数出力端子 88 から構成されている。温度センサー 71 とヒータ 80 は回路基板上に設け、両者は水晶振動子 87 の近くに配置するのが望ましい。30

温度センサー 71 が検出した増幅器 72 の電圧出力と、目標温度入力電圧 74 との差を、加算器 73 により検出して第 1 差信号を出力する。温度変動による第 1 差信号の変化を抽出し、抽出信号と第 1 差信号を入力とした加算器 7 の出力は、外気温度が下がれば温度を上昇させるように、トランジスタ 81 のコレクタ電圧を下げてヒータ 80 の電流を増加させる。逆に、外気温度が上がればヒータ 80 の電流を減少させる。水晶振動子の周波数を補正するために、予め補正用の電圧値（周波数補正信号）を設定して加算器 82 に入力する。そして、上記抽出信号との差を検出して第 2 差信号とし、第 2 差信号に基づいて水晶振動子の振動周波数を制御すると開示されている。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 10 - 303645 号公報

【特許文献 2】特開 2007 - 251366 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 に開示された恒温槽型圧電発振器は、恒温槽の内部と外部にそれぞれ感温素子を設け、外部の温度情報、又は内部の温度情報の少なくとも何れか一方に基づいて、制御電圧発生回路と温度制御回路とを制御する圧電発振器であり、恒温槽内

50

を加熱する発熱体の消費電力は少なくできるものの、恒温槽型圧電発振器の周波数安定度は不十分であるという問題があった。

また、特許文献2に開示された水晶発振器は、外気温度の変化を検知して温度制御を行うことで、恒温型の水晶発振器の周波数安定度向上を試みたものであるが、従来の恒温型水晶発振器と同様に水晶振動子の頂点温度にオープン温度を調整することを前提としており、この調整に多大の工数を要するという問題があった。

これらばかりでなく、この高安定な圧電発振器を得るには、一方で頂点温度の精度の高い圧電振動素子の作りこみも益々厳しく要求されており、この為、生産性の低下や生産コストの増加を招いていた。

本発明は上記問題を解決するためになされたもので、圧電振動子の加工精度が従来通りでありながら、調整工数を大幅に削減した高安定な恒温型圧電発振器を提供することを課題とする。 10

#### 【課題を解決するための手段】

##### 【0006】

本発明は、上記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、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

##### 【0007】

[適用例1] 本発明に係る恒温型圧電発振器は、圧電振動子と、前記圧電振動子を励振する発振回路と、発振周波数を電圧により制御する周波数電圧制御回路と、前記圧電振動子の温度を一定に保持する温度制御部と、入力される情報を処理し前記周波数電圧制御回路に信号を供給する演算回路と、を備えた恒温型圧電発振器であって、前記温度制御部は、温度を感知する感温素子と、前記圧電振動子を加熱する発熱体と、前記感温素子の温度信号に基づき前記発熱体の温度を制御する温度制御回路と、を有し、前記周波数電圧制御回路は、電圧により容量値が可変する電圧可変容量回路と、補償電圧発生回路と、を有し、前記演算回路は、前記圧電振動子の零温度係数温度 $T_p$ と前記温度制御部の設定温度 $T_0v$ との温度差による周波数偏差を補償する周波数温度特性補償量近似式に基づいて、前記補償電圧発生回路に前記周波数偏差を補償する電圧を生成させ、該電圧を前記電圧可変容量回路に印加し周波数を補償することを特徴とする恒温型圧電発振器である。 20

##### 【0008】

温度制御部の設定温度 $T_0v$ を、圧電振動子の零温度係数温度（頂点温度） $T_p$ の平均値である一定温度に設定する。頂点温度 $T_p$ と設定温度 $T_0v$ との温度差による恒温型圧電発振器の周波数温度特性の周波数偏差を求める。この周波数偏差を、多くの恒温型圧電発振器の周波数温度特性データから得られた周波数温度特性補償量近似式に基づき補償する。つまり、周波数電圧制御回路に周波数補償用の容量を生成させ、この容量値で前記周波数偏差を補償するように機能する恒温型圧電発振器を構成した。温度制御部の設定温度 $T_0v$ を一定値に設定し、圧電振動子の頂点温度 $T_p$ と設定温度 $T_0v$ と入力するだけで、温度差（ $T_p - T_0v$ ）による周波数温度特性の周波数偏差を、演算回路が補償電圧発生回路に補償電極電圧を発生させ、この電圧で周波数補償用の容量を生成させて周波数偏差を補償するので、調整工程を自動化できて、個々の温度制御部の調整を省け、大幅な工数削減となるという効果がある。 40

##### 【0009】

[適用例2] また恒温型圧電発振器は、前記圧電振動子が水晶振動子であることを特徴とする適用例1に記載の恒温型圧電発振器である。

##### 【0010】

圧電振動子に水晶振動子を用いることにより、製造する際のマウント時のストレス（歪）のバラツキ、温度変化による歪、経年変化による歪の変化等が生じた場合に、周波数変化が少ないカット角の水晶振動子を用いることができる。

##### 【0011】

[適用例3] また恒温型圧電発振器は、前記周波数温度特性補償量近似式が、前記温度差（ $T_p - T_0v$ ）に関する一次式多項式で近似されることを特徴とする適用例1又は2 50

に記載の恒温型圧電発振器である。

**【0012】**

周波数温度特性補償量近似式を一次式多項式で近似することにより、恒温型圧電発振器の周波数温度特性を満たしつつ、補償電圧発生回路の構成が簡素化でき、且つ温度制御部の調整工数が大幅に削減できるという効果がある。

**【0013】**

[適用例4] また恒温型圧電発振器は、前記周波数温度特性補償量近似式が、前記温度差( $T_p - T_{ov}$ )に関する三次多項式で近似されることを特徴とする適用例1又は2に記載の恒温型圧電発振器である。

**【0014】**

周波数温度特性補償量近似式を三次式多項式で近似することにより、補償電圧発生回路の構成が一次式多項式を用いた場合より複雑になるが、恒温型圧電発振器の周波数温度特性がより改善でき、且つ温度制御部の調整工数が大幅に削減できるという効果がある。

10

**【0015】**

[適用例5] また恒温型圧電発振器は、前記周波数温度特性補償量近似式が、前記温度差( $T_p - T_{ov}$ )に関する五次多項式で近似されることを特徴とする適用例1又は2に記載の恒温型圧電発振器である。

**【0016】**

周波数温度特性補償量近似式を五次式多項式で近似することにより、補償電圧発生回路の構成は複雑になるが、恒温型圧電発振器の周波数温度特性が大幅に改善でき、且つ温度制御部の調整工数が大幅に削減できるという効果がある。

20

**【0017】**

[適用例6] 恒温型圧電発振器の製造方法は、適用例1乃至5の何れかに記載の恒温型圧電発振器の製造方法であって、前記圧電振動子の頂点温度 $T_p$ を測定する圧電振動子測定工程と、前記温度制御部の設定温度 $T_{ov}$ を設定する温度制御部調整工程と、前記周波数温度特性補償量近似式に基づいて作成される逆温度特性補償量近似式の各係数を求める工程と、該各係数をインターフェース回路を介して前記演算回路に入力する工程と、前記演算回路からの信号により前記補償電圧発生回路に周波数温度特性補償電圧を生成させる工程と、前記恒温型圧電発振器の周波数を調整する工程と、を有すること特徴とする恒温型圧電発振器の製造方法である。

30

**【0018】**

予め、温度制御部の設定温度を一定にした多数の恒温型圧電発振器の周波数温度特性データを測定して、高温 $T_h$ における周波数偏差 $dF/F|_{T_h}$ と低温 $T_l$ における周波数偏差 $dF/F|_{T_l}$ との差( $dF/F|_{T_h} - dF/F|_{T_l}$ )と、( $T_p - T_{ov}$ )との関係式、即ち周波数温度特性補償量近似式を求め、この関係式の逆特性の逆温度特性補償量近似式を求めておく。

圧電振動子の頂点温度 $T_p$ を測定し、温度制御部の設定温度 $T_{ov}$ を設定し、このデータ $T_p$ 、 $T_{ov}$ を入力して、逆温度特性補償量近似式の各係数を求め、この各係数を演算回路のメモリに格納する。演算回路はメモリに格納された各係数に基づき、周波数電圧制御回路の補償電圧を発生させ、この電圧により周波数を補償する容量を生成する。このように、周波数温度特性補償量近似式を求めておけば、 $T_p$ と $T_{ov}$ の入力だけで恒温型圧電発振器の調整が完了するので、調整工数を大幅に削減できる製造方法である。

40

**【図面の簡単な説明】**

**【0019】**

【図1】本発明に係る恒温型圧電発振器1と補償方法の構成を示す概略ブロック図。

【図2】S Cカットの一例の切断角度を示す模式図。

【図3】S Cカット水晶振動子の周波数 - リアクタンス曲線。

【図4】周囲温度の時間変化と、そのときの恒温型圧電発振器の周波数温度特性を示す図。

【図5】周囲温度の時間変化と、そのときの恒温槽の内部温度の変化を示す図。

50

【図6】S Cカット水晶振動子の周波数温度特性と、恒温槽の設定温度範囲。

【図7】頂点温度Tpと恒温槽の設定温度ToVとの差により、恒温槽の温度変動による周波数偏差の変化傾向を示す図。

【図8】頂点温度Tpと設定温度ToVとの温度差と、70及び-10における各周波数偏差の差と、の分布図を一次関数で近似した場合の図。

【図9】頂点温度Tpと設定温度ToVとの温度差と、70及び-10における各周波数偏差の差と、の分布図を三次関数で近似した場合の図。

【図10】頂点温度Tpと設定温度ToVとの温度差と、70及び-10における各周波数偏差の差と、の分布図を五次関数で近似した場合の図。

【図11】周波数温度特性補償量近似式から逆特性の逆温度特性補償量近似式を求めた場合の、一次関数式、三次関数式、五次関数式の各式と係数。 10

【図12】従来の恒温槽型圧電発振器の構成を示すブロック図。

【図13】従来の温度補償回路のブロック図。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0020】

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は、本発明の一実施形態に係る恒温型圧電発振器1の構成を示す概略ブロック図である。

恒温型圧電発振器1は、圧電振動子Y1と、圧電振動子Y1を励振するための発振回路10と、圧電振動子Y1と発振回路10とからなる圧電発振器の発振周波数を電圧により制御する周波数電圧制御回路7と、圧電振動子Y1の温度を一定に保持する温度制御部8と、入力される情報を処理し周波数電圧制御回路に信号を供給する演算回路6と、を備えた恒温型圧電発振器である。 20

温度制御部8は、圧電振動子Y1の近傍の温度を感知する感温素子8aと、圧電振動子Y1を加熱する発熱体8bと、感温素子8aの温度信号に基づき発熱体8cの温度を所定の温度に制御する温度制御回路8cと、を有している。

周波数電圧制御回路7は、電圧により容量値が可変する複数の容量素子を含む電圧可変容量回路7bと、演算回路6からの情報により電圧可変容量回路7bに印加する電圧を生成する補償電圧発生回路と、を有している。

演算回路6は、圧電振動子Y1の零温度係数温度（頂点温度）Tpと温度制御部8の設定温度ToVとの温度差によって生じる恒温型圧電発振器1の周波数温度特性における周波数偏差を、周波数温度特性補償量近似式3の逆特性を有する逆温度特性補償量近似式4に基づいて、補償電圧発生回路7aに前記周波数偏差を補償する電圧を生成させ、該電圧を電圧可変容量回路7bに印加して出力周波数を補償するように構成された恒温型圧電発振器である。 30

なお、恒温型圧電発振器1は、周波数可変入力端子12に外部から与える電圧Vfにより、中心周波数を僅かに変化させる容量素子を電圧可変容量回路7bに有しており、周波数は出力周波数端子14から出力される。

##### 【0021】

従来、恒温型圧電発振器（恒温槽型高安定圧電発振器）には、図2に一例を示すような二回回転カット水晶基板を用いた水晶振動子が使用されている。S Cカット水晶振動子を一例として説明する。S Cカット（Stress Compensated Cut）水晶振動子は、図2に示すように、X軸の回りに（約34度）回転し、更にZ'軸の回りに（約22度）回転して切り出した水晶基板を所定の厚さに研磨し、その両主表面に励振電極を付着して形成した振動子である。S Cカット水晶振動子には、図3に示すようにCモード、Bモード、Aモードの3つの振動モードが励振され、この3つのモードの中でCモードを用いて水晶発振器を構成する。Cモードの変曲点の一例は、A Tカット水晶振動子の変曲点の一例が約27.5度であるのに対し、約95度と高温側にあり、恒温槽を用いて構成する高安定水晶発振器に適している。なお、変曲点は切断角の大きく依存している。

S Cカット水晶振動子の極大値であり、且つ零温度係数の頂点温度Tpをバラツキの少ないように、高精度で製作する必要がある。さらに、S Cカット水晶振動子を収容する恒 50

温槽の設定温度を頂点温度  $T_p$  に高精度で調整する必要がある。頂点温度  $T_p$  は SC カット水晶振動子毎に僅かに異なるため、SC カット水晶振動子の頂点温度  $T_p$  每に恒温槽の温度を調整するのは工数の掛かる作業であった。

#### 【0022】

そこで、設定温度を一定にした恒温槽に、頂点温度  $T_p$  を選別していない SC カット水晶振動子を収容した恒温型圧電発振器の周波数温度特性の測定を試みた。図 4 は、横軸を経過時間 (h) とし、縦軸の一方 (図中左側) を周波数偏差  $dF/F (= (F - F_0)/F_0)$  で  $F_0$  は中心周波数) とし、縦軸の他方 (図中右側) を周囲温度  $T_a$  ( )とした。恒温槽の周囲温度  $T_a$  を常温に保持した後、常温から -10 まで低下させて所定の時間保持した後、周囲温度  $T_a$  を 70 まで時間をかけて上昇させ、70 に所定の時間保持した後、常温に戻した。曲線 C1 はその時の経過時間と恒温槽の周囲温度  $T_a$  との関係を示す曲線である。  
10

曲線群 C2 は、個々の恒温型圧電発振器の周囲温度  $T_a$  に対する周波数偏差  $dF/F (\times 10^{-9})$  を示している。

#### 【0023】

図 5 は恒温槽の周囲温度  $T_a$  と内部温度  $T_{ov}$  との関係を示す図である。横軸を経過時間 (h) とし、縦軸の一方 (図中左側) を恒温槽の設定温度と内部温度  $T_{ov}$  との温度差とし、縦軸の他方 (図中右側) を周囲温度  $T_a$  ( )とした。恒温槽の周囲温度  $T_a$  を常温に保持した後、常温から -10 まで低下させて所定の時間保持した後、周囲温度  $T_a$  を 70 まで上昇させ、70 に所定の時間保持した後、常温に戻した。曲線 C1 はその時の経過時間と恒温槽の周囲温度  $T_a$  との関係を示す曲線である。  
20

曲線 C3 は周囲温度  $T_a$  の変化に対する恒温槽の設定温度と内部温度  $T_{ov}$  との温度差の変化を示す図である。常温では恒温槽の設定温度と内部温度  $T_{ov}$  との温度差は零であるが、周囲温度  $T_a$  が -10 では、温度差はマイナス側に 0.5 程度変動し、周囲温度  $T_a$  が 70 では、温度差はプラス側に 1 程度変動している。つまり、恒温槽の内部温度  $T_{ov}$  は、周囲温度  $T_a$  の変化により僅かに変動し、周囲温度  $T_a$  が低温では、内部温度  $T_{ov}$  は設定温度より僅かに低く、周囲温度  $T_a$  が高温では、内部温度  $T_{ov}$  は設定温度より僅かに高くなる。

#### 【0024】

図 6 は SC カット水晶振動子の周波数温度特性曲線を示す図であり、変曲点の近傍の周波数温度特性を示している。SC カット水晶振動子の周波数温度特性曲線の極大値の温度、即ち零温度係数温度 (頂点温度  $T_p$ ) に、恒温槽の温度  $T_{ov}$  を設定するのが望ましい。つまり、図 6 の周波数温度特性曲線の領域 A に設定することが望ましい。しかし、設定温度  $T_{ov}$  を頂点温度  $T_p$  より低温側の領域 B に設定する場合と、頂点温度  $T_p$  より高温側の領域 C に設定する場合とでは、恒温槽の内部温度  $T_{ov}$  が、周囲温度  $T_a$  の変化により図 5 に示すように僅かに変動した場合に、恒温型圧電発振器の周波数変化の様子が異なる。  
30

図 6 は、横軸を周囲温度  $T$  とし、縦軸を SC カット水晶振動子の周波数偏差としたとき、周囲温度  $T$  の僅かの変化に対する SC カット水晶振動子の周波数変化を示す図である。恒温槽の内部温度  $T_{ov}$  を SC カット水晶振動子の頂点温度  $T_p$ 、図 6 の領域 A に設定した場合は、内部温度  $T_{ov}$  が僅かに変動しても恒温型圧電発振器の周波数偏差  $dF/F$  は、図 7 の曲線  $C_A$  のように変化しない。恒温槽の内部温度  $T_{ov}$  を頂点温度  $T_p$  より低温側、図 6 の領域 B に設定した場合は、内部温度  $T_{ov}$  が僅かに上昇すると、恒温型圧電発振器の周波数偏差  $dF/F$  は、図 7 の曲線  $C_B$  のように内部温度  $T_{ov}$  と共に増加する。また、内部温度  $T_{ov}$  を頂点温度  $T_p$  より高温側、図 6 の領域 C に設定した場合は、内部温度  $T_{ov}$  が僅かに上昇すると周波数偏差  $dF/F$  は、図 7 の曲線  $C_C$  のように内部温度  $T_{ov}$  が僅かに上昇すると、逆に減少する。  
40

逆に、設定温度  $T_{ov}$  を一定にした高温槽に、頂点温度  $T_p$  がばらつく SC カット水晶振動子を収容して構成した恒温型圧電発振器の周波数偏差の変化は、上記のと同様である。  
50

## 【0025】

図4に示した恒温型圧電発振器の周波数温度特性を検討し直してみた。SCカット水晶振動子の頂点温度Tpと、恒温槽の設定温度(内部温度)ToVとの温度差(Tp - ToV)を横軸とし、70における恒温型圧電発振器の周波数偏差dF/F\_70と、-10における周波数偏差周波数偏差dF/F\_-10と、の差(dF/F\_70 - dF/F\_-10)を縦軸として、図4に示した周波数温度特性のデータをプロットし直した図が、図8である。図8より温度差(Tp - ToV)と、周波数偏差の差(dF/F\_70 - dF/F\_-10)との間には強い相関があることを見出した。図8は、この相関を一次関数で近似した例である。図8から周波数偏差の差(dF/F\_70 - dF/F\_-10)を補償すれば、恒温槽の設定温度ToVを、SCカット水晶振動子の頂点温度Tpに合わせ込まなくとも、恒温型圧電発振器の周波数温度特性を所望の安定度内に調整できることを想致した。

多数のSCカット水晶振動子の頂点温度Tpを測定し、その頂点温度の平均値の温度に恒温槽の温度ToVを設定する。SCカット水晶振動子個々の頂点温度Tpを測定し、温度差(Tp - ToV)を求める。温度差(Tp - ToV)を図8の横軸に当てはめると、横軸より恒温型圧電発振器に生じる周波数偏差の差(dF/F\_70 - dF/F\_-10)が推定される。恒温型圧電発振器の周波数温度特性を所望の安定度内に収めるには、推定された(dF/F\_70 - dF/F\_-10)を零にすればよい。つまり、恒温型圧電発振器の発振周波数を-(dF/F\_70 - dF/F\_-10)だけ補償してやればよい。

そこで、図8の周波数温度特性補償近似曲線K1の逆特性の逆温度特性補償量近似式を求め、この逆温度特性補償量近似式に頂点温度Tpと設定内部温度ToVとを入れて周波数補償量を求め、恒温型圧電発振器の発振周波数に加算してやればよい。

## 【0026】

図9は、温度差(Tp - ToV)と周波数偏差の差(dF/F\_70 - dF/F\_-10)との関係を三次関数K3で近似した場合であり、図10は五次関数K5で近似した場合である。関数の次数を上げるほど近似の精度の度合いが上がり、恒温型圧電発振器の周波数偏差を零に近づけることができるが、回路で関数を実現する際に回路が複雑になる。

図1に示した周波数温度特性補償量近似式3を、図8～10に示した一次関数近似式K1、三次関数近似式K3、五次関数近似式K5の何れかを使って求め、求めた式の逆特性を逆温度特性補償量近似式4とする。ここで逆特性とは、例えば図8の一次関数近似式K1が $Y = X +$ (ここで、 $X = (Tp - ToV)$ 、 $Y = dF/F_70 - dF/F_-10$ )で表わせるとしたとき、Yを-yに、Xをxに置き換えた式をいう。つまり、 $y = - (X +)$ (ここで、 $x = (Tp - ToV)$ 、 $y = dF/F_70 - dF/F_-10$ )を、Yの逆特性という。三次関数近似式、五次関数近似式についても同様である。

## 【0027】

逆温度特性補償量近似式4を多項式で表わしたときの各係数、例えば五次式の場合は、五次の係数をf<sub>5</sub>、四次の係数をe<sub>5</sub>、三次の係数をd<sub>5</sub>、二次の係数をc<sub>5</sub>、一次の係数をb<sub>5</sub>、定数項をa<sub>5</sub>として、各係数f<sub>5</sub>、e<sub>5</sub>、d<sub>5</sub>、c<sub>5</sub>、b<sub>5</sub>、a<sub>5</sub>をPC(パソコン用コンピューター)等から、恒温型圧電発振器1のインターフェース回路5に出力し、演算回路6のメモリに各係数f<sub>5</sub>、e<sub>5</sub>、d<sub>5</sub>、c<sub>5</sub>、b<sub>5</sub>、a<sub>5</sub>を格納する。周波数電圧制御回路7の補償電圧発生回路7aはメモリに格納された係数f<sub>5</sub>、e<sub>5</sub>、d<sub>5</sub>、c<sub>5</sub>、b<sub>5</sub>、a<sub>5</sub>に基づいて五次関数の電圧を発生させ、この電圧を電圧可変容量回路7bに印加する。電圧可変容量回路7bは印加された電圧に応じた容量値を呈し、この容量値が圧電振動子Y1と直列に接続されているので、圧電振動子Y1と発振回路10とからなる圧電振動子の発振器周波数を可変する。この周波数可変量は、例えば図10の温度差(Tp - ToV)に対応する周波数偏差の差(dF/F\_70 - dF/F\_-10)に對し負号を付けた周波数変化量であり、温度差(Tp - ToV)により生じる周波数偏差

10

20

30

40

50

を零に補償するように動作する。

**【0028】**

温度制御部の設定温度  $T_{ov}$  を、圧電振動子の頂点温度  $T_p$  の平均値である一定温度に設定する。頂点温度  $T_p$  と設定温度  $T_{ov}$  との温度差による恒温型圧電発振器の周波数温度特性の周波数偏差を求める。この周波数偏差を、多くの恒温型圧電発振器の周波数温度特性データから得られた周波数温度特性補償量近似式3に基づき補償する。つまり、周波数電圧制御回路7に周波数補償用の容量を生成させ、この容量値で前記の周波数偏差を補償するように機能する恒温型圧電発振器を構成する。

温度制御部の設定温度  $T_{ov}$  を一定値に設定し、圧電振動子の頂点温度  $T_p$  と設定温度  $T_{ov}$  と入力するだけで、温度差 ( $T_p - T_{ov}$ ) による周波数温度特性の周波数偏差を、演算回路6が補償電圧発生回路7aに補償電極電圧を発生させ、この電圧で周波数補償用の容量を生成させて周波数偏差を補償するので、調整工程を自動化でき、個々の温度制御部の調整を省け、大幅な工数削減となるという効果がある。10

また、圧電振動子Y1にSCカット水晶振動子を用いることにより、製造する際のマウント時のストレス(歪)のバラツキ、温度変化による歪、経年変化による歪の変化等が生じた場合に、他のカットの水晶振動子に比べて周波数変化が少ないという効果がある。

**【0029】**

図11は、逆温度特性補償量近似式4を表わす一次関数、三次関数、五次関数を示した式である。但し  $x$  はSCカット水晶振動子の頂点温度  $T_p$  と高温槽の設定温度  $T_{ov}$  の温度差を表わし、 $y$  は周波数温度特性の周波数偏差補償量を表わしている。20

周波数温度特性補償量近似式3を一次式多項式で近似することにより、恒温型圧電発振器の周波数温度特性を満たしつつ、補償電圧発生回路の構成が簡素化でき、且つ温度制御部の調整工数が大幅に削減できるという効果がある。

また、周波数温度特性補償量近似式3を三次式多項式で近似することにより、補償電圧発生回路の構成が一次式多項式を用いた場合より複雑になるが、恒温型圧電発振器の周波数温度特性がより改善でき、且つ温度制御部の調整工数が大幅に削減できるという効果がある。

また、周波数温度特性補償量近似式を五次式多項式で近似することにより、補償電圧発生回路の構成は複雑になるが、恒温型圧電発振器の周波数温度特性が大幅に改善でき、且つ温度制御部の調整工数が大幅に削減できるという効果がある。30

**【0030】**

本発明に係る製造方法は、上記の恒温型圧電発振器の製造方法であって、圧電振動子Y1の頂点温度  $T_p$  を測定する圧電振動子測定工程と、温度制御部8の設定温度  $T_{ov}$  を設定する温度制御部調整工程と、周波数温度特性補償量近似式3に基づいて作成される逆温度特性補償量近似式4の各係数を求める工程と、この各係数をインターフェース回路5を介して演算回路6に入力する工程と、演算回路6からの信号により補償電圧発生回路7aに補償電圧を生成させる工程と、この電圧により電圧可変容量回路7bに容量を生成する工程と、この容量の容量値により、恒温型圧電発振器の周波数を調整する工程と、を有する恒温型圧電発振器の製造方法である。

予め、温度制御部8の設定温度  $T_{ov}$  を一定にした多数の恒温型圧電発振器1の周波数温度特性データを測定して、高温  $T_h$  における周波数偏差  $dF/F|_{T_h}$  と低温  $T_1$  における周波数偏差  $dF/F|_{T_1}$  との差 ( $dF/F|_{T_h} - dF/F|_{T_1}$ ) と、( $T_p - T_{ov}$ ) との関係式、即ち周波数温度特性補償量近似式3を求め、この関係式の逆特性の逆温度特性補償量近似式4を求めておく。40

圧電振動子Y1の頂点温度  $T_p$  を測定し、温度制御部8の設定温度  $T_{ov}$  を設定し、このデータ  $T_p$ 、 $T_{ov}$  を入力して、逆温度特性補償量近似式4の各係数を求め、この各係数を演算回路のメモリに格納する。演算回路8はメモリに格納された各係数に基づき、周波数電圧制御回路7に補償電圧を発生させ、この電圧により周波数を補償する容量を生成する。このように、周波数温度特性補償量近似式3を求めておけば、 $T_p$  と  $T_{ov}$  の入力だけで恒温型圧電発振器の調整が完了するので、調整工数を大幅に削減できる製造方法で50

ある。

なお、S Cカット水晶振動子を例示して説明したが、本願発明は他のカット角を有する水晶振動子でも実施可能である。

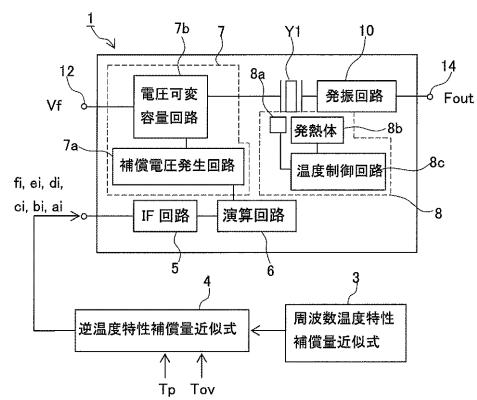
## 【符号の説明】

〔 0 0 3 1 〕

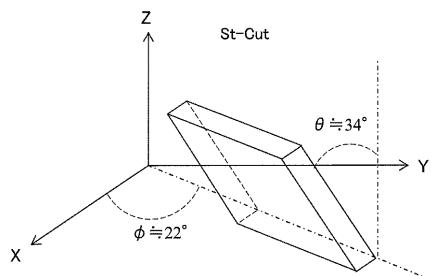
1 ... 恒温型圧電発振器、3 ... 周波数温度特性補償量近似式、4 ... 逆温度特性補償量近似式、Y 1 ... 圧電振動子、5 ... I F 回路、6 ... 演算回路、7 ... 周波数電圧制御回路、7 a ... 補償電圧発生回路、7 b ... 電圧可変容量回路、8 ... 温度制御部、8 a ... 感温素子、8 b ... 発熱体、8 c ... 温度制御回路、10 ... 発振回路、12 ... 周波数可変入力端子、14 ... 出力周波数端子

10

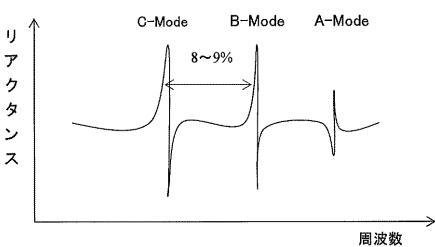
( 1 )



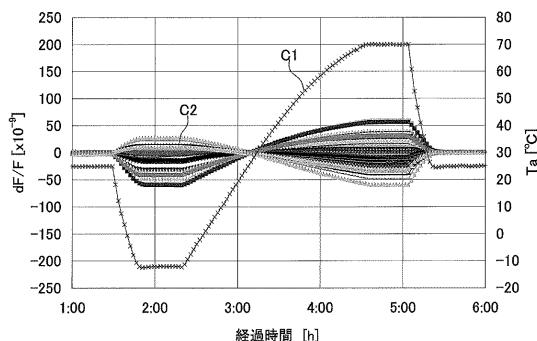
【 図 2 】



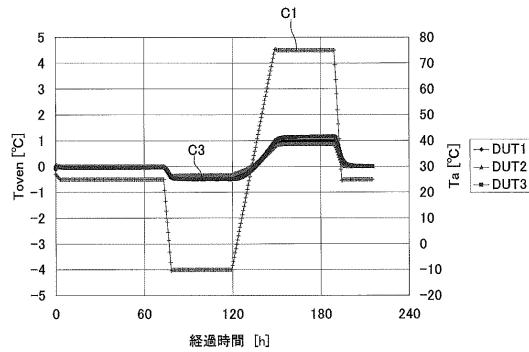
〔 3 〕



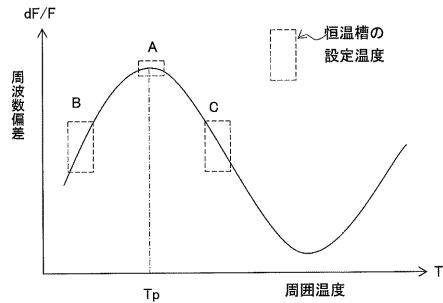
【 四 4 】



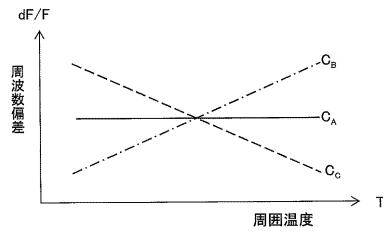
【図5】



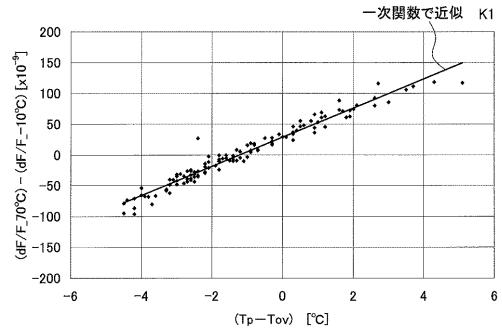
【図6】



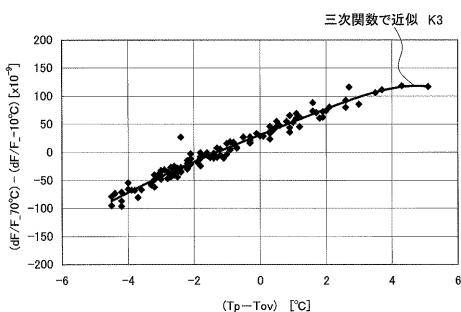
【図7】



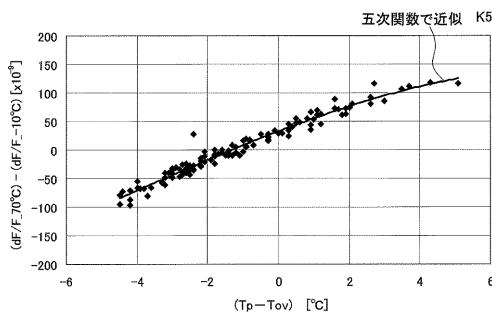
【図8】



【図9】



【図10】



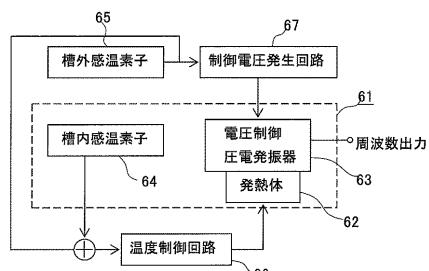
【図11】

逆温度特性補償量近似式  $y$

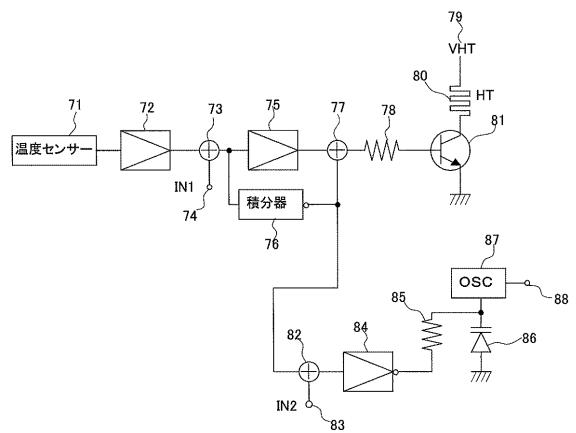
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{一次関数: } y = b_1 \cdot x + a_1 \\ \text{三次関数: } y = d_3 \cdot x^3 + c_3 \cdot x^2 + b_3 \cdot x + a_3 \\ \text{五次関数: } y = f_5 \cdot x^5 + e_5 \cdot x^4 + d_5 \cdot x^3 + c_5 \cdot x^2 + b_5 \cdot x + a_5 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (1) \\ (2) \\ (3) \end{array}$$

但し、 $x = (T_p - T_{ov})$  とする

【図12】



【図13】



---

フロントページの続き

(72)発明者 萩野 晶敏  
東京都日野市日野421-8 エプソントヨコム株式会社内  
(72)発明者 老沼 雄一  
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 畑中 博幸

(56)参考文献 実開昭63-055614 (JP, U)  
特開平01-248806 (JP, A)  
特開平02-096406 (JP, A)  
特開昭64-082809 (JP, A)  
特開2005-124022 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 03 B 5 / 32