

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第3区分

【発行日】平成16年12月16日(2004.12.16)

【公開番号】特開2003-229739(P2003-229739A)

【公開日】平成15年8月15日(2003.8.15)

【出願番号】特願2002-382907(P2002-382907)

【国際特許分類第7版】

H 03 H 9/02

H 03 B 5/32

H 03 H 9/19

【F I】

H 03 H 9/02 K

H 03 B 5/32 H

H 03 B 5/32 J

H 03 H 9/19 K

H 03 H 9/19 L

【手続補正書】

【提出日】平成16年1月9日(2004.1.9)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

音叉形状の屈曲水晶振動子と増幅器とコンデンサーと抵抗素子とを具えて構成される水晶発振器で、

前記水晶発振器は、増幅回路と帰還回路を具えて構成される水晶発振回路を具えて構成され、前記増幅回路は増幅器と帰還抵抗から構成され、さらに、前記帰還回路は音叉形状の屈曲水晶振動子とコンデンサーとドレイン抵抗から構成され、前記増幅器はCMOSインバータで構成されていて、

前記音叉形状の屈曲水晶振動子の音叉腕の上下面の、少なくとも1面に、1個の溝が設けられ、前記溝の両側面に電極が配置され、前記溝側面の電極とその電極に対抗する音叉腕側面の電極とが互いに異極となる電極が配置されていることを特徴とする水晶発振器。

【請求項2】

水晶振動子と増幅器とコンデンサーと抵抗素子とを具えて構成される水晶発振器で、

前記水晶発振器は、増幅回路と帰還回路を具えて構成される水晶発振回路を具えて構成され、前記増幅回路は増幅器と帰還抵抗から構成され、さらに、前記帰還回路は水晶振動子とコンデンサーとドレイン抵抗から構成され、

前記水晶振動子は屈曲モードで振動する音叉腕と音叉基部から成る音叉形状の屈曲水晶振動子で、前記増幅器はCMOSインバータで構成されていて、

前記音叉形状の屈曲水晶振動子の音叉腕の中立線を挟んだ幅方向中央部の上下面に、各々少なくとも1個の溝が長さ方向に設けられ、前記溝の両側面に電極が配置され、前記溝側面の電極とその電極に対抗する音叉腕側面の電極とが互いに異極となる電極を配置し、

音叉腕に生ずる慣性モーメントが大きくなるように、前記各々少なくとも1個の溝の内、少なくとも1個の溝幅 $W_2$ と音叉腕幅 $W$ との比( $W_2 / W$ )が0.35~0.95で、前記溝の厚み $t_1$ と音叉腕の厚み $t$ との比( $t_1 / t$ )が0.01~0.79であると共に、前記音叉腕又は前記音叉腕と前記音叉基部に設けられた溝の長さ $l_1$ と、前記音叉形状

の屈曲水晶振動子の全長 $l_1$ との比( $l_1 / l_1$ )が0.2~0.78の範囲内に有り、前記音叉形状の屈曲水晶振動子は表面実装型、又は円筒型のユニットに収納されていて、前記音叉形状の屈曲水晶振動子の基本波モード振動の等価直列抵抗 $R_1$ が2次高調波モード振動の等価直列抵抗 $R_2$ より小さく、かつ、基本波モード振動のフィガーオブメリット $M_1$ が2次高調波モード振動のフィガーオブメリット $M_2$ より大きい屈曲水晶振動子を具えて前記水晶発振回路は構成されると共に、

增幅回路と帰還回路を具えて構成される前記水晶発振回路の、增幅回路の基本波モード振動の増幅率 $A_1$ と2次高調波モード振動の増幅率 $A_2$ との比が、帰還回路の2次高調波モード振動の帰還率 $A_2$ と基本波モード振動の帰還率 $A_1$ との比より大きく、かつ、前記基本波モード振動の増幅率 $A_1$ と前記基本波モード振動の帰還率 $A_1$ の積が1より大きくなるように水晶発振回路は構成されていることを特徴とする水晶発振器。

#### 【請求項3】

幅と厚みと長さとを有する音叉腕と音叉基部とを具えて構成され、屈曲モードで振動する音叉形状の屈曲水晶振動子で、かつ、前記音叉腕の一端部は音叉基部に接続され、他端部は自由である音叉形状の屈曲水晶振動子で、前記音叉腕は少なくとも第1音叉腕と第2音叉腕を具えて構成され、前記第1音叉腕と前記第2音叉腕と前記音叉基部とはエッチング法によって一体に形成されていて、第1音叉腕と第2音叉腕の上下面に各々1個の溝が、厚みの方向に対抗して設けられ、各々の溝には第1音叉腕の溝の電極と第2音叉腕の溝の電極との極性が異なる電極が配置されると共に、前記溝の電極と対抗して配置された音叉腕の側面の電極とは極性が異なる2電極端子を構成し、前記2電極端子の内、1電極端子は第1音叉腕の上下面の溝に配置された電極と第2音叉腕の両側面に配置された電極から構成され、且つ、上下面の溝に配置された前記電極と両側面に配置された前記電極とが接続され、他の1電極端子は第1音叉腕の両側面に配置された電極と第2音叉腕の上下面の溝に配置された電極から構成され、且つ、両側面に配置された前記電極と上下面の溝に配置された前記電極とが接続されていて、前記音叉腕、又は前記音叉腕と前記音叉基部に設けられた溝の内、少なくとも1個の溝の面積 $S$ が0.025~0.12mm<sup>2</sup>の値を有し、前記屈曲水晶振動子の2次高調波モード振動のフィガーオブメリット $M_2$ が30より小さく、かつ、前記屈曲水晶振動子を具えて構成される水晶発振回路の、增幅回路の基本波モード振動の負性抵抗の絶対値|-RL<sub>1</sub>|と基本波モード振動の等価直列抵抗 $R_1$ との比が、增幅回路の2次高調波モード振動の負性抵抗の絶対値|-RL<sub>2</sub>|と2次高調波モード振動の等価直列抵抗 $R_2$ との比より大きくなるように水晶発振回路が構成されていることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の水晶発振器。

#### 【請求項4】

水晶振動子と増幅器とコンデンサーと抵抗素子とを具えて構成される水晶発振器の製造方法で、

前記水晶発振器は、增幅回路と帰還回路を具えて構成される水晶発振回路を具えて構成され、前記增幅回路は増幅器と帰還抵抗から構成され、さらに、前記帰還回路は水晶振動子とコンデンサーとドレイン抵抗から構成され、

前記水晶振動子は屈曲モードで振動する音叉腕と音叉基部から成る音叉形状の屈曲水晶振動子で、前記音叉形状の屈曲水晶振動子の音叉腕の上下面に、各々少なくとも1個の溝が設けられ、かつ、溝の両側面と音叉腕の両側面に電極が配置され、前記溝側面の電極とその電極に対抗する音叉腕側面の電極とが互いに極性が異なる電極を配置し、音叉腕に生ずる慣性モーメントが大きくなるように、前記各々少なくとも1個の溝の内、少なくとも1個の溝幅 $W_2$ と音叉腕幅 $W$ との比( $W_2 / W$ )が0.35~0.95で、前記溝の厚み $t_1$ と音叉腕の厚み $t$ との比( $t_1 / t$ )が0.01~0.79であると共に、前記音叉腕、又は前記音叉腕と前記音叉基部に設けられた溝の長さ $l_1$ と前記音叉形状の水晶振動子の全長 $l$ との比( $l_1 / l$ )が、0.2~0.78の範囲内にあるように、音叉腕又は音叉腕と音叉基部に溝と電極を形成する工程、と

ケースと蓋を有するユニットの固定部に前記屈曲水晶振動子を固定した後に、前記屈曲水晶振動子の周波数を調整する工程、と

前記音叉形状の屈曲水晶振動子を表面実装型又は円筒型のユニットに収納する工程、と前記増幅器として、CMOSインバータを用い、前記屈曲水晶振動子と前記CMOSインバータとコンデンサーと抵抗素子とを電気的に接続する工程、とを有し、

音叉腕に溝を有する前記音叉形状の屈曲水晶振動子の基本波モード振動の等価直列抵抗 $R_1$ が2次高調波モード振動の等価直列抵抗 $R_2$ より小さく、かつ、基本波モード振動のフィガーオブメリット $M_1$ が2次高調波モード振動のフィガーオブメリット $M_2$ より大きい屈曲水晶振動子を具えて前記水晶発振回路は構成されると共に、

増幅回路と帰還回路を具えて構成される前記水晶発振回路の、増幅回路の基本波モード振動の増幅率 $A_1$ と2次高調波モード振動の増幅率 $A_2$ との比が、帰還回路の2次高調波モード振動の帰還率 $G_2$ と基本波モード振動の帰還率 $G_1$ との比より大きく、かつ、前記基本波モード振動の増幅率 $A_1$ と前記基本波モード振動の帰還率 $G_1$ の積が1より大きくなるように水晶発振回路は構成されていることを特徴とする水晶発振器の製造方法。

#### 【請求項5】

音叉腕と音叉基部とを具えて構成され、音叉腕に溝を有する音叉形状の屈曲水晶振動子が水晶ウエハ内に形成され、前記屈曲水晶振動子の基本波モード振動の基準周波数が32.768kHzで、前記屈曲水晶振動子の周波数調整は少なくとも2回の別々の工程によって行われ、1回目の周波数調整の工程では、前記屈曲水晶振動子の発振周波数が前記基準周波数に対して、-9000PPM～+5000PPMの範囲内にあるように水晶ウエハ内で周波数が調整され、さらに、2回目の周波数調整の工程では、前記屈曲水晶振動子を収納するユニットの固定部に固定した後に、前記屈曲水晶振動子の発振周波数が前記基準周波数に対して、-50PPM～+50PPMの範囲内にあるように周波数が調整されることを特徴とする請求項4に記載の水晶発振器の製造方法。

#### 【請求項6】

音叉腕に溝を有する音叉形状の屈曲水晶振動子を具えて構成される水晶発振回路の、増幅回路の基本波モード振動の負性抵抗の絶対値 $| -R_{L1} |$ と基本波モード振動の等価直列抵抗 $R_1$ との比が、増幅回路の2次高調波モード振動の負性抵抗の絶対値 $| -R_{L2} |$ と2次高調波モード振動の等価直列抵抗 $R_2$ との比より大きくなるように水晶発振回路が構成されていて、帰還回路を構成する前記音叉形状の屈曲水晶振動子の基本波モード振動のフィガーオブメリット $M_1$ が50より大きく、かつ、2次高調波モード振動のフィガーオブメリット $M_2$ が30より小さいことを特徴とする請求項4又は請求項5に記載の水晶発振器の製造方法。

#### 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0005】

即ち、本発明の水晶発振器の第1の態様は、音叉形状の屈曲水晶振動子と増幅器とコンデンサーと抵抗素子とを具えて構成される水晶発振器で、前記水晶発振器は、増幅回路と帰還回路を具えて構成される水晶発振回路を具えて構成され、前記増幅回路は増幅器と帰還抵抗から構成され、さらに、前記帰還回路は音叉形状の屈曲水晶振動子とコンデンサーとドレイン抵抗から構成され、前記増幅器はCMOSインバータで構成されていて、前記音叉形状の屈曲水晶振動子の音叉腕の上下面の、少なくとも1面に、1個の溝が設けられ、前記溝の両側面に電極が配置され、前記溝側面の電極とその電極に対抗する音叉腕側面の電極とが互いに異極となる電極が配置されている水晶発振器である。

本発明の水晶発振器の第2の態様は、水晶振動子と増幅器とコンデンサーと抵抗素子とを具えて構成される水晶発振器で、前記水晶発振器は、増幅回路と帰還回路を具えて構成される水晶発振回路を具えて構成され、前記増幅回路は増幅器と帰還抵抗から構成され、さらに、前記帰還回路は水晶振動子とコンデンサーとドレイン抵抗から構成され、前記水晶振動子は屈曲モードで振動する音叉腕と音叉基部から成る音叉形状の屈曲水晶振動子で、

前記増幅器はCMOSインバータで構成されていて、前記音叉形状の屈曲水晶振動子の音叉腕の中立線を挟んだ幅方向中央部の上下面に、各々少なくとも1個の溝が長さ方向に設けられ、前記溝の両側面に電極が配置され、前記溝側面の電極とその電極に対抗する音叉腕側面の電極とが互いに異極となる電極を配置し、音叉腕に生ずる慣性モーメントが大きくなるように、前記各々少なくとも1個の溝の内、少なくとも1個の溝幅 $W_2$ と音叉腕幅 $W$ との比( $W_2 / W$ )が0.35~0.95で、前記溝の厚み $t_1$ と音叉腕の厚み $t$ との比( $t_1 / t$ )が0.01~0.79であると共に、前記音叉腕又は前記音叉腕と前記音叉基部に設けられた溝の長さ $l_1$ と、前記音叉形状の屈曲水晶振動子の全長 $l$ との比( $l_1 / l$ )が0.2~0.78の範囲内に有り、前記音叉形状の屈曲水晶振動子は表面実装型、又は円筒型のユニットに収納されていて、前記音叉形状の屈曲水晶振動子の基本波モード振動の等価直列抵抗 $R_1$ が2次高調波モード振動の等価直列抵抗 $R_2$ より小さく、かつ、基本波モード振動のフィガーオブメリット $M_1$ が2次高調波モード振動のフィガーオブメリット $M_2$ より大きい屈曲水晶振動子を具えて前記水晶発振回路は構成されると共に、増幅回路と帰還回路を具えて構成される前記水晶発振回路の、増幅回路の基本波モード振動の増幅率 $A_1$ と2次高調波モード振動の増幅率 $A_2$ との比が、帰還回路の2次高調波モード振動の帰還率 $R_2$ と基本波モード振動の帰還率 $R_1$ との比より大きく、かつ、前記基本波モード振動の増幅率 $A_1$ と前記基本波モード振動の帰還率 $R_1$ の積が1より大きくなるように水晶発振回路は構成されている水晶発振器である。

本発明の水晶発振器の第3の態様は、幅と厚みと長さとを有する音叉腕と音叉基部とを具えて構成され、屈曲モードで振動する音叉形状の屈曲水晶振動子で、かつ、前記音叉腕の一端部は音叉基部に接続され、他端部は自由である音叉形状の屈曲水晶振動子で、前記音叉腕は少なくとも第1音叉腕と第2音叉腕を具えて構成され、前記第1音叉腕と前記第2音叉腕と前記音叉基部とはエッチング法によって一体に形成されていて、第1音叉腕と第2音叉腕の上下面に各々1個の溝が、厚みの方向に対抗して設けられ、各々の溝には第1音叉腕の溝の電極と第2音叉腕の溝の電極との極性が異なる電極が配置されると共に、前記溝の電極と対抗して配置された音叉腕の側面の電極とは極性が異なる2電極端子を構成し、前記2電極端子の内、1電極端子は第1音叉腕の上下面の溝に配置された電極と第2音叉腕の両側面に配置された電極から構成され、且つ、上下面の溝に配置された前記電極と両側面に配置された前記電極とが接続され、他の1電極端子は第1音叉腕の両側面に配置された電極と第2音叉腕の上下面の溝に配置された電極から構成され、且つ、両側面に配置された前記電極と上下面の溝に配置された前記電極とが接続されていて、前記音叉腕、又は前記音叉腕と前記音叉基部に設けられた溝の内、少なくとも1個の溝の面積 $S$ が0.025~0.12mm<sup>2</sup>の値を有し、前記屈曲水晶振動子の2次高調波モード振動のフィガーオブメリット $M_2$ が30より小さく、かつ、前記屈曲水晶振動子を具えて構成される水晶発振回路の、増幅回路の基本波モード振動の負性抵抗の絶対値|-RL<sub>1</sub>|と基本波モード振動の等価直列抵抗 $R_1$ との比が、増幅回路の2次高調波モード振動の負性抵抗の絶対値|-RL<sub>2</sub>|と2次高調波モード振動の等価直列抵抗 $R_2$ との比より大きくなるように水晶発振回路が構成されている第1の態様又は第2の態様に記載の水晶発振器である。

### 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

本発明の水晶発振器の製造方法の第1の態様は、水晶振動子と増幅器とコンデンサーと抵抗素子とを具えて構成される水晶発振器の製造方法で、前記水晶発振器は、増幅回路と帰還回路を具えて構成される水晶発振回路を具えて構成され、前記増幅回路は増幅器と帰還抵抗から構成され、さらに、前記帰還回路は水晶振動子とコンデンサーとドレイン抵抗から構成され、前記水晶振動子は屈曲モードで振動する音叉腕と音叉基部から成る音叉形状

の屈曲水晶振動子で、前記音叉形状の屈曲水晶振動子の音叉腕の上下面に、各々少なくとも1個の溝が設けられ、かつ、溝の両側面と音叉腕の両側面に電極が配置され、前記溝側面の電極とその電極に対抗する音叉腕側面の電極とが互いに極性が異なる電極を配置し、音叉腕に生ずる慣性モーメントが大きくなるように、前記各々少なくとも1個の溝の内、少なくとも1個の溝幅 $W_2$ と音叉腕幅 $W$ との比( $W_2 / W$ )が0.35~0.95で、前記溝の厚み $t_1$ と音叉腕の厚み $t$ との比( $t_1 / t$ )が0.01~0.79であると共に、前記音叉腕、又は前記音叉腕と前記音叉基部に設けられた溝の長さ $l_1$ と前記音叉形状の水晶振動子の全長 $l$ との比( $l_1 / l$ )が、0.2~0.78の範囲内にあるように、音叉腕又は音叉腕と音叉基部に溝と電極を形成する工程、とケースと蓋を有するユニットの固定部に前記屈曲水晶振動子を固定した後に、前記屈曲水晶振動子の周波数を調整する工程、と前記音叉形状の屈曲水晶振動子を表面実装型又は円筒型のユニットに収納する工程、と前記増幅器として、CMOSインバータを用い、前記屈曲水晶振動子と前記CMOSインバータとコンデンサーと抵抗素子とを電気的に接続する工程、とを有し、音叉腕に溝を有する前記音叉形状の屈曲水晶振動子の基本波モード振動の等価直列抵抗 $R_1$ が2次高調波モード振動の等価直列抵抗 $R_2$ より小さく、かつ、基本波モード振動のフィガーオブメリット $M_1$ が2次高調波モード振動のフィガーオブメリット $M_2$ より大きい屈曲水晶振動子を具えて前記水晶発振回路は構成されると共に、増幅回路と帰還回路を具えて構成される前記水晶発振回路の、増幅回路の基本波モード振動の増幅率 $A_1$ と2次高調波モード振動の増幅率 $A_2$ との比が、帰還回路の2次高調波モード振動の帰還率 $R_2$ と基本波モード振動の帰還率 $R_1$ との比より大きく、かつ、前記基本波モード振動の増幅率 $A_1$ と前記基本波モード振動の帰還率 $R_1$ の積が1より大きくなるように水晶発振回路は構成されている水晶発振器の製造方法である。

本発明の水晶発振器の製造方法の第2の態様は、音叉腕と音叉基部とを具えて構成され、音叉腕に溝を有する音叉形状の屈曲水晶振動子が水晶ウエハ内に形成され、前記屈曲水晶振動子の基本波モード振動の基準周波数が32.768kHzで、前記屈曲水晶振動子の周波数調整は少なくとも2回の別々の工程によって行われ、1回目の周波数調整の工程では、前記屈曲水晶振動子の発振周波数が前記基準周波数に対して、-9000PPM~+5000PPMの範囲内にあるように水晶ウエハ内で周波数が調整され、さらに、2回目の周波数調整の工程では、前記屈曲水晶振動子を収納するユニットの固定部に固定した後に、前記屈曲水晶振動子の発振周波数が前記基準周波数に対して、-50PPM~+50PPMの範囲内にあるように周波数が調整される第1の態様に記載の水晶発振器の製造方法である。

本発明の水晶発振器の製造方法の第3の態様は、音叉腕に溝を有する音叉形状の屈曲水晶振動子を具えて構成される水晶発振回路の、増幅回路の基本波モード振動の負性抵抗の絶対値|-RL<sub>1</sub>|と基本波モード振動の等価直列抵抗 $R_1$ との比が、増幅回路の2次高調波モード振動の負性抵抗の絶対値|-RL<sub>2</sub>|と2次高調波モード振動の等価直列抵抗 $R_2$ との比より大きくなるように水晶発振回路が構成されていて、帰還回路を構成する前記音叉形状の屈曲水晶振動子の基本波モード振動のフィガーオブメリット $M_1$ が50より大きく、かつ、2次高調波モード振動のフィガーオブメリット $M_2$ が30より小さい第1の態様又は第2の態様に記載の水晶発振器の製造方法である。