

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5233466号
(P5233466)

(45) 発行日 平成25年7月10日(2013.7.10)

(24) 登録日 平成25年4月5日(2013.4.5)

(51) Int.Cl.

F I

H03H 9/21 (2006.01)

H03H 9/21 B

H03H 9/17 (2006.01)

H03H 9/17 G

H03B 5/30 (2006.01)

H03B 5/30 Z

H01L 41/09 (2006.01)

H01L 41/08 C

H01L 41/187 (2006.01)

H01L 41/18 101B

請求項の数 7 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-188662 (P2008-188662)
 (22) 出願日 平成20年7月22日(2008.7.22)
 (65) 公開番号 特開2010-28535 (P2010-28535A)
 (43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)
 審査請求日 平成23年7月6日(2011.7.6)

(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 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100140774
 弁理士 大浪 一徳
 (72) 発明者 船坂 司
 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
 (72) 発明者 舟川 剛夫
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動子及び発振器、振動子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

3以上の奇数本の弾性腕と、前記弾性腕のそれぞれの一端を連結する基部と、を有し、前記弾性腕は、隣り合う前記弾性腕同士が互い違いに前記弾性腕の表裏方向に振動する、振動子であって、

前記弾性腕は、シリコン酸化膜により構成され、該弾性腕の主面には、下部電極膜および上部電極膜の間に圧電膜を配置した圧電素子が設けられ、

前記基部は、前記基部の主面と前記弾性腕の主面とが同一平面にあり、

且つ、前記基部の主面側には前記シリコン酸化膜が設けられ、該シリコン酸化膜はシリコン上に設けられていることを特徴とする振動子。

【請求項 2】

前記基部は、前記弾性腕の厚みよりも厚いことを特徴とする請求項 1 に記載の振動子。

【請求項 3】

前記基部は、前記弾性腕に向かって傾斜する傾斜面を含み、前記基部の主面と該傾斜面との傾斜角が、75°以上90°未満になっていることを特徴とする請求項 2 に記載の振動子。

【請求項 4】

前記圧電膜が、ZnO、AlN、チタン酸ジルコン酸鉛、LiNbO₃およびKNbO₃の少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項 1～3のいずれか1項に記載の振動子。

。

【請求項 5】

前記圧電膜と前記上部電極膜との間に絶縁膜が設けられていることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の振動子。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の振動子と、
前記振動子に接続されたインバータと、を含むことを特徴とする発振器。

【請求項 7】

シリコン基板を用意する工程と、
前記シリコン基板の表面を熱酸化して、シリコン酸化膜を形成する工程と、
前記シリコン酸化膜上に、下部電極膜および上部電極膜の間に圧電膜を配置した圧電素子
子を形成する工程と、
前記シリコン基板及び前記シリコン酸化膜をエッチングして、基部と該基部から延出し
前記シリコン酸化膜から構成される弾性腕とを形成する工程と、を含むことを特徴とする
振動子の製造方法。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主に集積回路（IC）のクロック源として用いられる振動子と、この振動子
を備える発振器、及び振動子の製造方法に関する。

【背景技術】 20

【0002】

特許文献 1 には、少なくとも 2 つのアームを有した非圧電材料からなる音叉と、この音
叉の少なくとも 1 つのアームの主面上の中心線より内側及び外側にそれぞれ離間するよう
に設けられた第 1、第 2 の電極と、第 1、第 2 の電極上にそれぞれ設けられた圧電薄膜と
、各圧電薄膜上にそれぞれ設けられた第 3、第 4 の電極と、を備え、第 3、第 4 の電極に
互いに逆相の交流電圧を印加することにより前記音叉が X 方向に共振するように構成され
た薄膜微小機械式共振子、が開示されている。

【0003】

また、特許文献 2 には、2 カ所の溝により分離された 3 個の弾性腕を有する振動子と、
少なくとも 1 個の弾性腕に振動を発生させる駆動手段と、振動子が回転したときに弾性腕
に生じる前記振動方向と交叉する方向への振動成分を検出する検出手段とが設けられてい
る振動型ジャイロ스코ープが開示されている。 30

【特許文献 1】特開 2003 - 227719 号公報

【特許文献 2】特開平 7 - 83671 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、前記特許文献 1 が開示された共振子では、片面に成膜し、X 方向のみに
変位させていることから、大変位させるべく圧電膜を基材に対して厚く付けると、振動が
ねじれモードを含んでしまい、スプリアスを発生してしまうおそれがある。さらに、非圧
電材料や圧電薄膜の有する温度特性に起因して、温度変化による周波数の変動を抑制する
ことが困難である。 40

また、前記特許文献 2 が開示された 3 脚型の音叉構造では、3 脚構造とすることで、上
下振動を用いる振動モードでも Q 値を高める工夫がされている。しかしながら、恒弾性金
属と圧電材の持つ温度特性により、良好な温度特性を得ることが難しく、やはり温度変化
による周波数の変動を抑制することが困難である。

【0005】

本発明は前記課題を解決するためになされたもので、温度変化による特性変動の少ない
振動子を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】 50

【 0 0 0 6 】

本発明の音叉型振動子は、3以上の奇数本の弾性腕と、前記弾性腕のそれぞれの一端側に連結する基部とを有し、前記弾性腕を、隣り合う弾性腕どうしが互い違いになるようにして該弾性腕の表裏方向に振動させる、音叉型振動子であって、前記弾性腕は、シリコン酸化膜からなる基材と、該基材の一方の面側に設けられた、下部電極膜と圧電膜と上部電極膜とからなる圧電素子と、を含むことを特徴としている。また、他の態様では、3以上の奇数本の弾性腕と、前記弾性腕のそれぞれの一端を連結する基部と、を有し、前記弾性腕は、隣り合う前記弾性腕同士が互い違いに前記弾性腕の表裏方向に振動する、振動子であって、前記弾性腕は、シリコン酸化膜により構成され、該弾性腕の主面には、下部電極膜および上部電極膜の間に圧電膜を配置した圧電素子が設けられ、前記基部は、前記基部の主面と前記弾性腕の主面とが同一平面にあり、且つ、前記基部の主面側には前記シリコン酸化膜が設けられ、該シリコン酸化膜はシリコン上に設けられていることを特徴とする。また、他の態様では、前記基部は、前記弾性腕の厚みよりも厚いことを特徴とする。

10

【 0 0 0 7 】

この音叉型振動子によれば、各弾性腕がシリコン酸化膜からなる基材と圧電素子とを含んでなることにより、シリコン酸化膜によって圧電素子中の圧電膜等の温度特性が補正され、これによって温度変化による特性変動の少ない振動子となる。また、シリコン酸化膜は膜形成性に優れ、特に良好な厚さ精度が得られるので、この音叉型振動子は加工性も良好なものとなる。

【 0 0 0 8 】

20

また、この音叉型振動子においては、前記基材は前記基部に接して設けられており、前記基部は少なくとも一部がシリコンからなっているのが好ましい。

このようにすれば、シリコン酸化膜からなる基材と、シリコンからなる基部との接合性が良好になり、基部と基材との間に良好な接合強度が得られる。

【 0 0 0 9 】

また、この音叉型振動子においては、前記基材がシリコンの熱酸化膜からなっているのが好ましい。

また、他の態様では、シリコン基板を用意する工程と、前記シリコン基板の表面を熱酸化して、シリコン酸化膜を形成する工程と、前記シリコン酸化膜上に、下部電極膜および上部電極膜の間に圧電膜を配置した圧電素子を形成する工程と、前記シリコン基板及び前記シリコン酸化膜をエッチングして、基部と該基部から延出し前記シリコン酸化膜から構成される弾性腕とを形成する工程と、を含むことを特徴とする。

30

このようにすれば、シリコンからなる基部の一部を熱酸化してシリコン酸化膜を形成し、その後エッチング等によってシリコン酸化膜を基材に加工することで、少なくとも一部がシリコンからなる基部と、シリコンの熱酸化膜からなる基材とを容易に形成することができる。

40

【 0 0 1 0 】

また、この音叉型振動子においては、前記基部はシリコンとシリコン酸化物とからなり、該基部の前記シリコン酸化物に連続して、前記基材が設けられているのが好ましい。

このようにすれば、前記したようにシリコンからなる基部の一部を熱酸化してシリコン酸化膜を形成し、その後エッチング等によってシリコン酸化膜を基材に加工する際、熱酸化膜（シリコン酸化膜）の一部を基部側に残すことで、基部と基材との間の接合強度をより高めることができるとともに、基材の形成もより容易になる。

【 0 0 1 1 】

また、前記音叉型振動子においては、前記基部は、前記弾性腕に向かって傾斜する傾斜面を含み、前記基部の主面と該傾斜面との傾斜角が、75°以上90°未満になっている

50

のが好ましい。

このように基部に傾斜面を形成すれば、弾性腕を振動させた際に基部からの振動もれが抑えられ、また応力分散が起こることなどにより、Q値が上がることを期待できる。

【0012】

また、前記音叉型振動子においては、前記圧電膜が、 ZnO 、 AlN 、チタン酸ジルコン酸鉛 ($Pb[Zr, Ti]O_3$)、 $LiNbO_3$ および $KNbO_3$ の少なくとも1つを含むことが好ましい。

これらの材料は、音叉型振動子の圧電素子に用いられる圧電膜として、所望の特性を満たすものとなる。なお、前記材料の中では、特に ZnO 、 AlN がより良好な特性を有し、好ましい。

10

【0013】

また、前記音叉型振動子においては、前記圧電膜と前記上部電極膜との間に絶縁膜が設けられているのが好ましい。

このようにすれば、圧電膜がより薄膜化されて圧電膜の一部に貫通孔が生じてしまった場合等においても、下部電極膜と上部電極膜との間をより確実に絶縁することができる。

【0014】

本発明の発振器は、前記の振動子（音叉型振動子）と、前記振動子に接続されたインバータと、を含むことを特徴としている。

この発振器によれば、温度変化による周波数の変動の少ない振動子（音叉型振動子）を含んでなるので、発振器自体も温度変化による周波数の変動の少ないものとなる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、図面を参照して本発明をより詳しく説明する。

図1～図3は、本発明の音叉型振動子の一実施形態を示す図であり、図1は音叉型振動子の平面図、図2は音叉型振動子の側断面図、図3は図1のA-A線矢視断面図である。

【0016】

これらの図において符号1は音叉型振動子である。この音叉型振動子1は、3本の弾性腕11、12、13と、これら弾性腕11、12、13のそれぞれの一端側に連結する基部14とを有したもので、弾性腕11、12、13が、隣り合う弾性腕11、12および弾性腕12、13どうしが互い違いになるようにして、該弾性腕11、12、13の表裏方向（上下方向）に振動する、ウォーク型の音叉型振動子である。

30

【0017】

弾性腕11、12、13は、いずれも細長い矩形薄膜状のもので、図1中のZ方向に向く側の面を表面11a、12a、13aとしている。これら弾性腕11、12、13は、その長手方向（図1中のY方向）と直交（交差）する方向（図1中のX方向）に沿って配列されており、図2に示すように前記表面11a（12a、13a）と反対側の裏面11b（12b、13b）側にて、基部14に一体に接続している。

【0018】

弾性腕11、12、13は、シリコン酸化膜からなる基材18と、該基材18の一方の面側に設けられた圧電素子15、16、17と、を含んで構成されている。

40

基材18は、温度補正膜としても機能するもので、シリコンの熱酸化膜（シリコン酸化膜）からなっている。この基材18は、弾性腕11、12、13の裏面11b、12b、13b側を構成するものとなっており、したがって前記基部14に接して形成されたものとなっている。また、この基材18は、後述するように基部14を形成するためのシリコンの熱酸化膜によって形成されており、圧電素子15（16、17）の圧電膜の厚さに対応してその厚さが決定され、本実施形態では1.5μm以上2.5μm以下程度の厚さに形成されている。

【0019】

圧電素子15（16、17）は、基材18の一方の面側、すなわち基部14と反対の側

50

に設けられたもので、基材 18 側から順に下部電極膜 15 a (16 a、17 a)、圧電膜 15 b (16 b、17 b)、上部電極膜 15 c (16 c、17 c) が積層され、形成されたものである。なお、本実施形態においては、図 1 では図示を省略したが、図 2、図 3 に示すように前記圧電膜 15 b (16 b、17 b) と前記上部電極膜 15 c (16 c、17 c) との間には、絶縁膜 15 d (16 d、17 d) が設けられている。

【0020】

下部電極膜 15 a、16 a、17 a、および上部電極膜 15 c、16 c、17 c は、例えばクロム膜、金膜などの導電体膜からなるもので、厚さ数 nm 程度に形成されたものである。これら電極膜のうち、図 1 に示すように外側に位置する 2 つの弾性腕 11、13 に設けられた各下部電極膜 15 a、17 a と、内側に位置する 1 つの弾性腕 12 に設けられた上部電極膜 16 c とは、後述するように相互に電氣的に接続されている。また、外側に位置する 2 つの弾性腕 11、13 に設けられた各上部電極膜 15 c、17 c と、内側に位置する 1 つの弾性腕 12 に設けられた下部電極膜 16 a ととも、後述するように相互に電氣的に接続されている。

【0021】

圧電膜 15 b (16 b、17 b) は、例えば ZnO、AlN、PZT (Pb[Zr, Ti]O₃)、LiNbO₃ 又は KNbO₃ から選択された、一種又は複数種の圧電材料からなるもので、本実施形態では、図 3 に示すように下部電極膜 15 a (16 a、17 a) の全体を覆って形成されている。前記圧電材料は、本発明の音叉型振動子の圧電素子に用いられる圧電膜として所望の特性を満たすものとなるので、好適に用いられるが、これら圧電材料の中では、特に ZnO、AlN がより良好な温度特性を有し、好ましい。

【0022】

すなわち、薄膜の温度特性に関しては成膜条件によっても特性が変わるが、ZnO の温度特性は + 60 ppm / °C であり、AlN の温度特性は + 25 ppm / °C である。一方、前記の温度補正膜として機能するシリコン酸化膜 (基材 18) は、- 29 ppm / °C ~ - 40 ppm / °C である。したがって、このように負の温度特性を有するシリコン酸化膜 (基材 18) により、正の温度特性を有する圧電膜 15 b、16 b、17 b の温度特性を補正し、これによって音叉振動子 1 の温度変化による周波数の変動をより少なくすることができる。

【0023】

これら圧電膜 15 b、16 b、17 b の厚さについては、その温度特性がシリコン酸化膜 (基材 18) によって補正されることから、前記したようにこの基材 18 の厚さに対応して決定され、形成されている。具体的には、圧電膜 15 b、16 b、17 b を ZnO で形成した場合、シリコン酸化膜 (SiO₂) からなる基材 18 との膜厚比については、以下の範囲とするのが好ましく、また、AlN で形成した場合、以下の範囲とするのが好ましい。

- ・圧電膜 (ZnO) / 基材 (SiO₂) ; 0.48 ~ 0.67
- ・圧電膜 (AlN) / 基材 (SiO₂) ; 1.16 ~ 1.6

ただし、実際には電極膜なども考慮する必要があるため、以下に示す範囲の膜厚比で圧電膜 15 b、16 b、17 b、及び基材 18 を形成するのが望ましい。

- ・圧電膜 (ZnO) / 基材 (SiO₂) ; 0.4 ~ 1
- ・圧電膜 (AlN) / 基材 (SiO₂) ; 0.7 ~ 1.6

【0024】

絶縁膜 15 d、16 d、17 d は、圧電膜 15 b (16 b、17 b) の全体を覆って設けられたもので、例えばシリコン酸化膜 (SiO₂) からなっている。これら絶縁膜 15 d、16 d、17 d は、圧電膜 15 b (16 d、17 d) を保護するとともに、下部電極膜 15 a (16 a、17 a) と上部電極膜 15 c (16 c、17 c) との短絡を防止する機能を有している。これら絶縁膜 15 d、16 d、17 d の膜厚については、短絡防止の観点から 50 nm 以上であるのが好ましく、また、圧電体素子 15 の特性低下を抑制する観点から 500 nm 以下であるのが好ましい。なお、本発明では、これら絶縁膜 15 d、

10

20

30

40

50

16d、17dを省略することもできる。

【0025】

このような構成の圧電素子15、16、17における、各電極膜の接続構造を説明すると、上部電極膜15cと上部電極膜17cとは、図1に示すように接続部21cを介して相互に電氣的に接続されている。本実施形態では、これらの上部電極膜15c、17cと接続部21cとは、一体に形成されている。また、下部電極膜16aは、接続部22aおよびプラグ（接続片）23を介して接続部21cと電氣的に接続されている。このような構成のもとに、上部電極膜15c、17cと下部電極膜16aとは、電氣的に接続されたものとなっている。また、接続部21cには電極パッド24が電氣的に接続されており、この電極パッド24を通じて、上部電極膜15c、17cおよび下部電極膜16aに対し、電気信号を供給することができるようになっている。

10

【0026】

一方、下部電極膜15aと下部電極膜17aとは、接続部21aを介して相互に電氣的に接続されている。本実施形態では、これらの下部電極膜15a、17aと接続部21aとは、一体に形成されている。また、上部電極膜16cは、プラグ（接続片）25を介して接続部21aと電氣的に接続されている。このような構成のもとに、下部電極膜15a、17aと上部電極膜16cとは、電氣的に接続されたものとなっている。また、接続部21aには、電極パッド26が電氣的に接続されており、この電極パッド26を通じて、下部電極膜15a、17aおよび上部電極膜16cに対し、電気信号を供給することができるようになっている。なお、前記の接続部21cや接続部22a、電極パッド24、電極パッド25などについては、図2では図示を省略している。

20

【0027】

基部14は、図2に示すように、3本の弾性腕11、12、13のそれぞれの一端側に設けられたもので、これらの裏面11b、12b、13b側、すなわち基材18に連続した状態でこれらと一体に設けられている。この基部14は、厚さが100μm～180μm程度に形成された略直方体状のもので、本実施形態ではシリコン部分14aと酸化膜部分14bとからなっている。すなわち、底面側の大部分がシリコン部分14aになっており、基材18に連続（接続）する側の層がSiO₂からなる酸化膜部分14bになっている。なお、この基部14については、全部がシリコンからなっているてもよく、さらには、シリコン以外の絶縁体、半導体、導体のいずれからなっているてもよい。

30

【0028】

また、この基部14は、前記弾性腕11、12、13に連結する側の端面14cが、前記基材18に対して傾斜する傾斜面（テーパ面）になっている。この傾斜面（端面14c）は、その傾斜角が、75°以上90°未満になっている。このような構成によって基部14は、弾性腕11、12、13を振動させた際に基部14からの振動もれを抑え、また、応力分散を起こさせるようになっている。よって、本実施形態の音叉型振動子1では、Q値が上がる事が期待できる。

【0029】

このような音叉型振動子1を製造するには、まず、図4(a)に示すようにシリコン基板（シリコンウエハ）30を用意する。そして、熱酸化法によってその表面を熱酸化し、図4(b)に示すように熱酸化膜（シリコン酸化膜）31を形成する。

40

続いて、前記熱酸化膜31上に下部電極層（図示せず）を形成し、さらにこれをエッチングによってパターンングすることにより、図3にしたように下部電極膜15a、16a、17aを形成する。

【0030】

次に、下部電極膜15a、16a、17aを覆って圧電層（図示せず）を形成し、さらにこれをエッチングによってパターンングすることにより、図3にしたように下部電極膜15a、16a、17aを覆った状態に圧電膜15b、16b、17bを形成する。

次いで、圧電膜15b、16b、17bを覆って絶縁層（図示せず）を形成し、さらにこれをエッチングによってパターンングすることにより、図3にしたように圧電膜15b

50

、16b、17bを覆った状態に絶縁膜15d、16d、17dを形成する。

【0031】

次いで、絶縁膜15d、16d、17dを覆って上部電極層（図示せず）を形成し、さらにこれをエッチングによってパターンングすることにより、図3にしたように絶縁膜15d、16d、17d上に上部電極膜15c、16c、17cを形成する。これにより、図4（c）に示すように熱酸化膜31上に圧電素子15、16、17を形成する。

なお、前記の下部電極層のパターンングや上部電極層のパターンングなどの際に、図1に示した接続部21cや接続部22a、電極パッド24、電極パッド25なども形成しておく。

【0032】

次いで、前記シリコン基板30とその熱酸化膜31の一部をドライエッチングによってパターンングし、図4（d）に示すようにシリコン部分14aと酸化膜部分14bとからなる基部14を形成する。このとき、エッチング条件を適宜に設定することにより、基部14の一方の端面14cを傾斜面（テーパ面）に形成する。

その後、前記熱酸化膜31の残った部分をドライエッチングによってパターンングすることにより、基材18を形成し、弾性腕11、12、13を形成する。

これにより、図1～図3に示した音叉型振動子1が得られる。

【0033】

このようにして得られた本実施形態の音叉型振動子1は、前記の電極パッド24および電極パッド26に電気信号を供給することにより、弾性腕11、13と弾性腕12とを互い違いに上下振動、すなわちその表裏方向に振動させることができる。具体的には、各上部電極膜15c、16c、17cと下部電極膜15a、16a、17aとの間に電圧を印加した際に、外側の各圧電体素子15、17にかかる電界の方向と内側の圧電体素子16にかかる電界の方向とが逆向きになる。したがって、音叉型振動子1の斜視図である図5において矢印で示すように、弾性腕11、13の振動方向と弾性腕12の振動方向とが逆向きになり、電界印加により弾性腕11、13と弾性腕12とが互い違いに上下運動を行う。

【0034】

このような音叉型振動子1によれば、3脚（3本）構造としたことにより、上下振動（図5中のZ方向に沿った表裏方向の振動）を用いる振動モードにおいてQ値を高めることができる。

また、各弾性腕11、12、13が、負の温度特性を有するシリコン酸化膜からなる基材18を有しているので、圧電素子15、16、17中の正の温度特性を有する圧電膜15b、16b、17bの温度特性を補正することができる。したがって、この音叉型振動子1は温度変化による周波数の変動が少ない優れたものとなる。

【0035】

さらに、シリコン酸化膜は膜形成性に優れ、特に良好な厚さ精度が得られるので、このシリコン酸化膜によって基材18を形成することにより、音叉型振動子は加工性にも優れたものとなる。特に、シリコン基板の一部を熱酸化し、さらにこれらシリコンやシリコン酸化膜をパターンングすることで基部14や基材18を形成することにより、これら基部14や基材18の形成を容易にすることができるとともに、基部14と基材18との間の接合強度を十分に高めることができる。

【0036】

図6、図7は音叉型振動子の他の実施形態を示す図であり、図6は音叉型振動子の平面図、図7は、図6のB-B線矢視線断面図である。図6、図7に示した音叉型振動子100が図1に示した前記実施形態と異なるところは、弾性腕が3本でなく、5本備えた点である。すなわち、この音叉型振動子100は、5本の弾性腕111、112、113、114、115と、これら弾性腕111、112、113、114、115のそれぞれの一端側に連結する基部121とを有したもので、弾性腕111、112、113、114、115が、隣り合う弾性腕どうしが互い違いになるようにして、該弾性腕111、112

10

20

30

40

50

、 1 1 3、1 1 4、1 1 5 の表裏方向（上下方向）に振動する、ウォーク型の音叉型振動子である。

【 0 0 3 7 】

弾性腕 1 1 1、1 1 2、1 1 3、1 1 4、1 1 5 は、いずれも細長い矩形薄膜状のもので、その長手方向（図 6 中の Y 方向）と直交（交差）する方向（図 6 中の X 方向）に沿って配列されており、図 8 に示すように基部 1 2 1 に一体に接続している。

これら弾性腕 1 1 1、1 1 2、1 1 3、1 1 4、1 1 5 は、前記音叉型振動子 1 の弾性腕 1 1、1 2、1 3 と同様に、シリコン酸化膜からなる基材 1 3 5 と、該基材 1 3 5 の一方の面側に設けられた圧電素子 1 1 6、1 1 7、1 1 8、1 1 9、1 2 0 と、を含んで構成されている。

10

【 0 0 3 8 】

基材 1 3 5 は、前記基材 1 8 と同様に、温度補正膜として機能するもので、シリコンの熱酸化膜（シリコン酸化膜）からなっている。

圧電素子 1 1 6、1 1 7、1 1 8、1 1 9、1 2 0 は、図 7 に示すように基材 1 3 5 の一方の面側、すなわち基部 1 2 1 と反対の側に設けられたもので、基材 1 3 5 側から順に下部電極膜 1 1 6 a、1 1 7 a、1 1 8 a、1 1 9 a、1 2 0 a、圧電膜 1 1 6 b、1 1 7 b、1 1 8 b、1 1 9 b、1 2 0 b、上部電極膜 1 1 6 c、1 1 7 c、1 1 8 c、1 1 9 c、1 2 0 c、が積層され、形成されたものである。なお、本実施形態では、絶縁膜について省略しているが、前記圧電膜 1 1 6 b（1 1 7 b、1 1 8 b、1 1 9 b、1 2 0 b）と前記上部電極膜 1 1 6 c（1 1 7 c、1 1 8 c、1 1 9 c、1 2 0 c）との間に、前記実施形態と同様にして絶縁膜を設けてもよい。

20

なお、音叉型振動子 1 0 0 の各要素の構成材料、形状、膜厚等の好適な例については、前記実施形態と同様であり、ここでは説明を省略する。

【 0 0 3 9 】

このような音叉型振動子 1 0 0 にあっては、弾性腕を 5 脚（5 本）構造としたことにより、上下振動（表裏方向の振動）を用いる振動モードにおいて Q 値を高めることができる。

また、各弾性腕 1 1 1、1 1 2、1 1 3、1 1 4、1 1 5 が、負の温度特性を有するシリコン酸化膜からなる基材 1 3 5 を有しているので、圧電素子 1 1 6、1 1 7、1 1 8、1 1 9、1 2 0 中の正の温度特性を有する圧電膜 1 1 6 b、1 1 7 b、1 1 8 b、1 1 9 b、1 2 0 b の温度特性を補正することができる。したがって、この音叉型振動子 1 0 0 も温度変化による周波数の変動が少ない優れたものとなる。

30

【 0 0 4 0 】

次に、本発明の発振器について説明する。本発明の発振器は、図 8 に示すように、前記音叉型振動子 1（又は音叉型振動子 1 0 0）を含んで構成されたものである。

すなわち、この発振器は、音叉型振動子 1 と、この音叉型振動子 1 と並列に接続されたインバータ 2 と、を含んで構成されている。インバータ 2 の一方端が前記電極パッド 2 4 に接続され、他方端が前記電極パッド 2 6 に接続されている。また、図示のように、音叉型振動子 1 とインバータ 2 との一方の接続点と接地端との間に接続された容量素子（コンデンサ）3 と、音叉型振動子 1 とインバータ 2 との他方の接続点と接地端との間に接続された容量素子（コンデンサ）4 と、をさらに備えて構成されている。

40

【 0 0 4 1 】

このような発振器にあっては、前述したように温度変化による周波数の変動の少ない音叉型振動子 1 を含んでなるので、この発振器自体も温度変化による周波数の変動の少ない優れたものとなる。

【 0 0 4 2 】

なお、本発明は前記実施形態に限定されることなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。例えば、前記実施形態では、奇数個の弾性腕として 3 本あるいは 5 本の例を示したが、弾性腕の本数については、さらに多くの奇数個（7 本、9 本...）を有するように構成するようにしてもよい。

50

また、前記実施形態では基材をシリコンの熱酸化で形成したが、例えばCVD法で形成したシリコン酸化膜で基材を形成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本発明の音叉型振動子の一実施形態を示す平面図である。

【図2】図1に示した音叉型振動子の側断面図である。

【図3】図1のA-A線矢視断面図である。

【図4】音叉型振動子の製造方法を説明するための側面図である。

【図5】音叉型振動子の概略構成を示す斜視図である。

【図6】本発明の音叉型振動子の他の実施形態を示す平面図である。

【図7】図6のB-B線矢視断面図である。

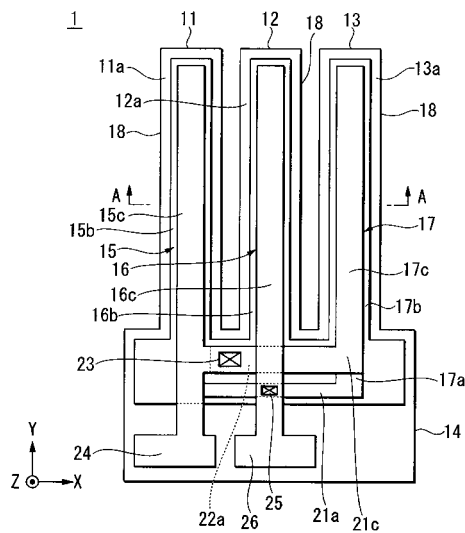
【図8】発振器の構成例を示す回路図である。

【符号の説明】

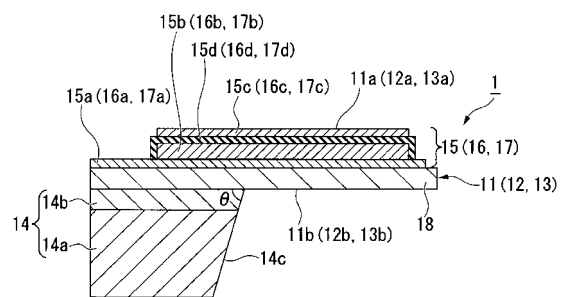
【0044】

1、100...音叉型振動子、2...インバータ、3、4...容量素子、11、12、13...弾性腕、11a、12a、13a...表面、11b、12b、13b...裏面、14...基部、15、16、17...圧電素子、15a、16a、17a...下部電極膜、15b、16b、17b...圧電膜、15c、16c、17c...上部電極膜、15d、16d、17d...絶縁膜、18...基材、21a、21c、22a...接続部、24、26...電極パッド、111、112、113、114、115...弾性腕、116、117、118、119、120...圧電素子、116a、117a、118a、119a、120a...下部電極膜、116b、117b、118b、119b、120b...圧電膜、116c、117c、118c、119c、120c...上部電極膜、121...基部、135...基材

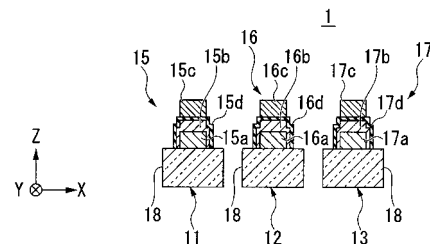
【図1】



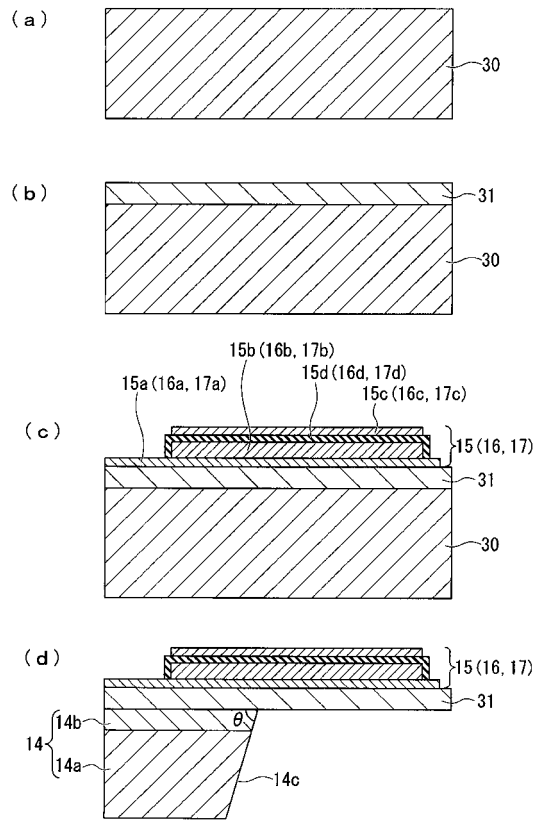
【図2】



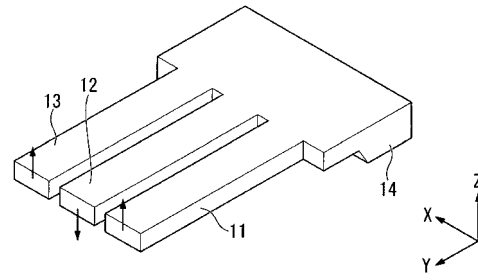
【図3】



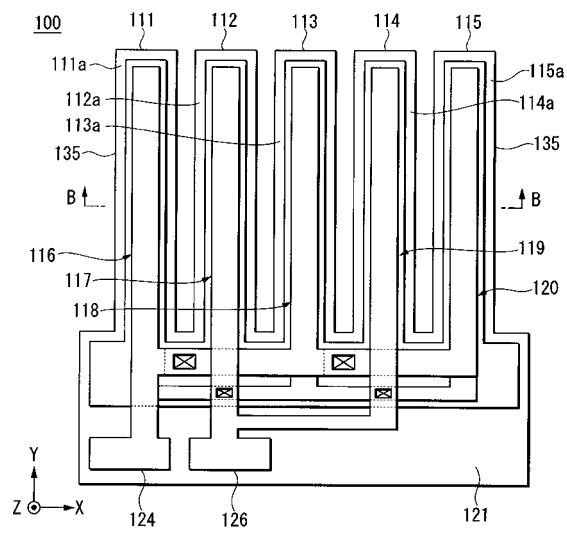
【図 4】



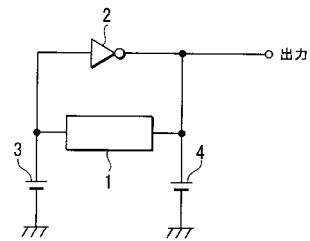
【図 5】



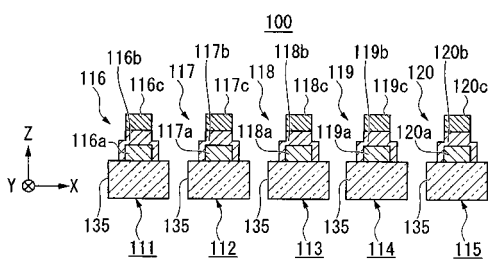
【図 6】



【図 8】



【図 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 41/22 (2013.01) H 0 1 L 41/18 1 0 1 D
H 0 1 L 41/22 Z

(72)発明者 鈴木 博則
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

(56)参考文献 特開2008-153944(JP,A)
特開2003-227719(JP,A)
特開平08-005382(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 3 H 3 / 0 0 7 - H 0 3 H 3 / 1 0
H 0 3 H 9 / 0 0 - 9 / 7 6
H 0 1 L 4 1 / 0 9
H 0 1 L 4 1 / 1 8 7
H 0 1 L 4 1 / 2 2
H 0 3 B 5 / 3 0