

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-165164

(P2009-165164A)

(43) 公開日 平成21年7月23日 (2009.7.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03H 9/215 (2006.01)	H03H 9/215	5 J 1 0 8
H01L 41/09 (2006.01)	H01L 41/08 C	
H01L 41/18 (2006.01)	H01L 41/18 1 O 1 A	

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2009-94602 (P2009-94602)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成21年4月9日 (2009.4.9)		セイコーエプソン株式会社
(62) 分割の表示	特願2000-595424 (P2000-595424) の分割		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
原出願日	平成12年1月19日 (2000.1.19)	(74) 代理人	100095728
(31) 優先権主張番号	特願平11-11774		弁理士 上柳 雅誉
(32) 優先日	平成11年1月20日 (1999.1.20)	(74) 代理人	100107261
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 須澤 修
		(74) 代理人	100127661
			弁理士 宮坂 一彦
		(72) 発明者	北村 文孝
			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
		Fターム (参考)	5J108 BB02 CC06 CC09 CC12 FF02 FF03

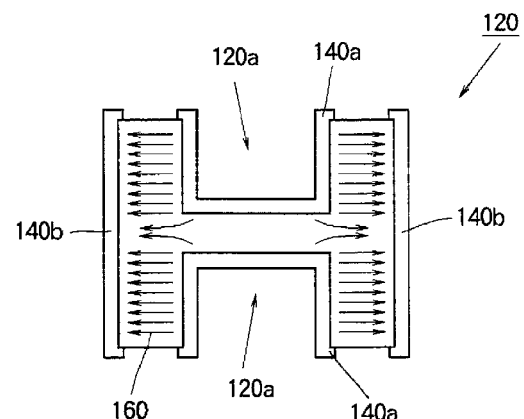
(54) 【発明の名称】 振動子及び振動子を搭載した電子機器

(57) 【要約】

【課題】 C I 値を低く抑え、且つ加工が容易な小型の振動子を提供することを目的とする。

【解決手段】 振動子の振動細棒の表面及び裏面のいずれか又はその両方に溝 (120a) を形成し、かつ、この溝の中に電極 (140a) を形成する。これによって、C I 値を低く抑え、且つ加工が容易な小型の振動子を提供することができる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも 1 本以上の圧電材料からなる振動細棒を有する振動子において、該振動細棒の表面及び裏面のいずれか又はその両方に溝が形成されており、かつ、この溝の中に電極が形成されていることを特徴とする振動子。

【請求項 2】

前記振動子が音叉型の水晶振動子であることを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の振動子。

【請求項 3】

複数の振動細棒が形成されてなる振動子において、前記振動細棒の第 1 の表面及び第 2 の表面に溝部が形成されてなり、前記溝部の少なくとも一部に第 1 の電極が形成されてなり、前記振動細棒のうち前記溝部が形成された表面以外の面の少なくとも一部に第 2 の電極が形成されてなることを特徴とする振動子。

10

【請求項 4】

前記第 1 の電極は、少なくとも前記振動細棒の根元付近に形成されてなることを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の振動子。

【請求項 5】

前記第 1 の電極は前記溝部の側面のみに形成されてなることを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の振動子。

【請求項 6】

前記溝部の一部に貫通穴が形成されていることを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の振動子。

20

【請求項 7】

前記振動細棒の幅と前記振動細棒の厚さの関係が、 $0.6 \times (\text{前記振動細棒の厚さ}) \leq (\text{前記振動細棒の幅})$ のように設定されてなることを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の振動子。

【請求項 8】

前記各振動細棒がそれぞれほぼ同じ構造に形成されてなることを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の振動子。

【請求項 9】

前記第 2 の電極が複数の面に形成されてなることを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の振動子。

30

【請求項 10】

前記第 2 の電極同士を接続するための第 3 の電極が前記第 1 の表面に形成されてなることを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の振動子。

【請求項 11】

前記第 2 の電極同士を接続するための第 3 の電極が前記第 2 の表面に形成されてなることを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の振動子。

【請求項 12】

前記第 2 の電極同士を接続するための第 3 の電極が前記振動細棒の先端の面に形成されてなることを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の振動子。

40

【請求項 13】

前記振動子の周波数が 1 K H z 乃至 2 0 0 K H z の範囲で設定されてなることを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の振動子。

【請求項 14】

好ましくは前記振動子の周波数が 1 6 K H z 乃至 1 2 0 K H z の範囲で設定されてなることを特徴とする請求の範囲第 1 3 項に記載の振動子。

【請求項 15】

さらに好ましくは前記振動子の周波数が 1 6 K H z 乃至 3 3 K H z の範囲で設定してなることを特徴とする請求の範囲第 1 4 項に記載の振動子。

50

【請求項 16】

前記第1の電極、前記第2の電極若しくは前記第3の電極の表面には、絶縁膜が形成されてなることを特徴とする請求の範囲第3項乃至請求の範囲第12項のいずれかに記載の振動子。

【請求項 17】

前記絶縁膜は酸化膜若しくは窒化膜からなることを特徴とする請求の範囲第16項に記載の振動子。

【請求項 18】

複数の振動細棒より形成されてなる振動子において、前記振動細棒の一部に貫通孔が形成されてなり、前記貫通孔の少なくとも一部に第1の電極が形成されてなり、前記振動細棒のうち前記第1の電極と対向する面に第2の電極が少なくとも形成されてなることを特徴とする振動子。

10

【請求項 19】

前記振動細棒の幅と前記振動細棒の厚さの関係が、 $0.6 \times (\text{前記振動細棒の厚さ}) \leq (\text{前記振動細棒の幅})$ のように設定されてなることを特徴とする請求の範囲第18項に記載の振動子。

【請求項 20】

前記各振動細棒がそれぞれほぼ同じ構造に形成されてなることを特徴とする請求の範囲第18項に記載の振動子。

【請求項 21】

電気軸をX軸、機械軸をY軸及び光軸をZ軸とした直交座標系を有し、前記X軸及び前記Y軸により形成される面に関して、基部が形成されるとともに、該基部から前記Y軸に沿って複数の振動細棒が配置される振動子において、前記複数の振動細棒の第1の表面及び第2の表面に溝部が形成されてなり、前記溝部の少なくとも一部に第1の電極が形成されてなり、前記溝部が形成された表面以外の面に第2の電極が形成されてなることを特徴とする振動子。

20

【請求項 22】

前記振動細棒を前記X軸及び前記Z軸により形成される面における断面が略H形状に形成されてなることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の振動子。

【請求項 23】

前記第1の表面及び前記第2の表面は、前記X軸及び前記Y軸により形成される面であることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の振動子。

30

【請求項 24】

前記Z軸を前記振動子の厚さとしたとき、前記振動子の厚さと前記振動細棒の幅がほぼ同じであることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の振動子。

【請求項 25】

前記第1の電極及び前記第2の電極は、異なる材料により形成された層が複数層積層されてなる積層膜であることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の振動子。

【請求項 26】

前記第1の電極及び前記第2の電極の表面には酸化膜が形成されてなることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の振動子。

40

【請求項 27】

前記第1の電極及び前記第2の電極は、クロム、金、アルミニウム、ニッケル若しくはチタンのいずれかにより形成されてなることを特徴とする請求の範囲第25項に記載の振動子。

【請求項 28】

請求の範囲第1項乃至請求の範囲第27項のいずれかに記載の振動子を搭載したことを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本発明は、振動子、例えば音叉型水晶振動子やジャイロセンサー等のような振動子及び振動子を搭載する電子機器の構造に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、振動子である所謂、音叉型水晶振動子は、例えば図11に示すように形成されていた。

【0003】

図11において、音叉型水晶振動片10は、例えば共振周波数が32.768kHzであり、これは高精度の振動子であるため、時計やその他の時計付き機器に広く用いられている。

10

【0004】

具体的には、図11に示すように、音叉型水晶振動片10は、基部11を有しており、この基部11から図において上方に向かって振動細棒12が2本設けられている。

【0005】

この振動細棒12、12の各々の幅は、図示のように通常約0.23mm程度であり、前記基部11の幅は、図示のように通常約0.69mm程度となっている。そして、この基部11と振動細棒12とを合わせた長さは、図示のように通常約3.6mm程度となっている。

【0006】

また、この振動細棒12、12は、振動するため、図12（図12は、図11のA-A'概略断面である。）に示すように振動細棒12の4辺に電極13a及び電極13bが形成されていた。すなわち、電極13aは、図において振動細棒12の上部と下部に配置され、電極13bは、振動細棒12の両側部13b、13bに配置されている。

20

【0007】

ここで、電極13aと電極13bに互いに交互に極性の異なった電圧が印加される。例えばある瞬間に、13aにプラスの電圧、13bにマイナスの電圧が印加される。このように電圧が振動細棒12に印加されることにより、振動細棒12の内部には、図12の矢印に示すように電界が発生する。

【0008】

この電界によって、振動細棒12の水晶が伸び縮みし、振動細棒12が振動するようになっている。

30

【0009】

このように振動をする音叉型水晶振動片10は、図示しない保護器内に収容され、サーフェスマウントデバイス（SMD）等として、時計等の発振回路の発振源として用いられる。この場合のSMDのパッケージとしては、例えば音叉型水晶振動子10の長手方向に、約5mm程度、短手方向に約2mm程度のものが用いられている。

【0010】

また、上述の音叉型水晶振動片10の図12における上下方向である厚みは、約0.1mm程度のものが用いられており、上述のSMDのパッケージもこの音叉型水晶振動片10の厚みに対応した厚みを有するようになっている。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

ところで、このような音叉型水晶振動片10は、安定した発振周波数（例えば32.768kHz）を維持することと、振動細棒12の振動損失を抑えるため、低いCI値（クリスタルインピーダンス又は等価直列抵抗Rr）を保持することが必要となっている。

【0012】

一方、近年の時計や電子機器は、小型化の傾向にあり、音叉型水晶振動片10も小型化が要請されている。この音叉型水晶振動片10全体を小型化するには、振動細棒12の図

50

1 1における上下方向である2. 4 mmを更に短くする必要がある。このように、振動細棒1 2を短くすると共振周波数が高くなり、所望の周波数より高い周波数と成ってしまう。

【0013】

このため、振動細棒1 2の幅（図1 1においては、0. 23 mm）を細くして共振周波数が上昇するのを防ぐ必要があった。

【0014】

しかし、このように振動細棒1 2の幅を狭くすると、振動細棒1 2の振動損失であるC I値が上昇してしまうという問題があった。

【0015】

すなわち、図1 3に示すように、振動細棒2 2の幅（図において横方向）を狭くすると、電極2 3 aの幅が大きくとれないため電界の加わる面積が減少する。すなわち図1 2と比較して電界はその中央付近ほど弱まる（図では電界の強度を矢印の数で示した。すなわち矢印の数が多いほど電界強度は大きくなることを示している。）。

【0016】

従って、電極2 3 aと電極2 3 bとの間に生じた電界（図において矢印）は、図示のように振動細棒2 2全体に分布しなくなり、図1 2の振動細棒1 2と同じ振動は生ぜず、小さくなってしまう。

【0017】

一方、この振動損失であるC I値の上昇を防ぐには、図1 2に示す音叉型水晶振動片1 0上下方向である厚み、例えば約0. 1 mm程度を、更に薄くする必要があるが、この場合、加工が著しく困難になり、製品の歩留りが悪化するという問題もあった。

【0018】

本発明は、以上の点に鑑み、C I値を低く抑え、且つ加工が容易な小型の振動子を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

前記目的は、請求の範囲第1項の発明によれば、少なくとも1本以上の圧電材料からなる振動細棒を有する振動子において、該振動細棒の表面及び裏面のいずれか又はその両方に溝が形成されており、かつ、この溝の中に電極が形成されていることを特徴とする振動子により、達成される。

【0020】

前記構成によれば、該振動細棒の表面及び裏面のいずれか又はその両方に溝が形成されており、かつ、この溝の中に電極が形成されているので、加工が容易であると共に、前記振動細棒の深さ方向に一定で強く分布し、C I値の上昇を抑えることができる。

【0021】

また、好ましくは、請求の範囲第2項の発明によれば、請求の範囲第1項の構成において、前記振動子が音叉型の水晶振動子である。

【0022】

前記構成によれば、前記音叉型の水晶振動子において、前記振動細棒に配置された前記電極から生じる電界が、前記振動細棒に広く分布し、C I値の上昇を抑えることができる。

【0023】

前記目的は、請求範囲第3項の発明によれば、複数の振動細棒が形成されてなる振動子において、前記振動細棒の第1の表面及び第2の表面に溝部が形成されてなり、前記溝部の少なくとも一部に第1の電極が形成されてなり、前記振動細棒のうち前記溝部が形成された表面以外の面の少なくとも一部に第2の電極が形成されてなる振動子により、達成される。

【0024】

前記構成によれば、前記振動細棒の第1の表面及び第2の表面に溝部が形成されてなり

10

20

30

40

50

、前記溝部の少なくとも一部に第 1 の電極が形成されているので、前記振動細棒のうち前記溝部が形成された表面以外の面の少なくとも一部に形成されている第 2 の電極と前記溝部の第 1 の電極との間で生じる電界が、前記振動細棒の深さ方向に一定で強く分布し、振動子の振動細棒の C I 値の上昇を抑えることができる。

【0025】

また、好ましくは請求の範囲第 4 項の発明によれば、請求の範囲第 3 項の構成において、前記第 1 の電極は、少なくとも前記振動細棒の根元付近に形成されてなる振動子である。

【0026】

前記構成によれば、前記第 1 の電極は、少なくとも前記振動細棒の根元付近に形成されてなるので、前記振動細棒を振動させるに必要な電界を得ることができる。

10

【0027】

また、好ましくは請求の範囲第 5 項の発明によれば、請求の範囲第 3 項の構成において、前記第 1 の電極は前記溝部の側面のみに形成されてなる振動子である。

【0028】

また、好ましくは請求の範囲第 6 項の発明によれば、請求の範囲第 3 項の構成において、前記溝部の一部に貫通穴が形成されている振動子である。

【0029】

また、請求の範囲第 7 項に記載の発明によれば、請求の範囲第 3 項の構成において、前記振動細棒の幅と前記振動細棒の厚さの関係が、 $0.6 \times (\text{前記振動細棒}) \leq (\text{前記振動細棒の幅})$ のように設定されてなる振動子である。

20

【0030】

前記構成によれば、前記振動細棒の幅と前記振動細棒の厚さの関係が、 $0.6 \times (\text{前記振動細棒}) \leq (\text{前記振動細棒の幅})$ のように設定されてなるので、従来の構成である ($1.0 \times \text{振動細棒の厚み} < \text{振動細棒の幅}$) の関係と異なり、前記振動細棒の幅を前記振動細棒の厚みに対して十分小さく取れるため、振動子全体の小型化が可能となる。

【0031】

また、請求の範囲第 8 項に記載の発明によれば、請求の範囲第 3 項の構成において、前記各振動細棒がそれぞれほぼ同じ構造に形成されてなる振動子である。

【0032】

30

前記構成によれば、前記各振動細棒がそれぞれほぼ同じ構造に形成されているので、振動漏れを防止し、精度の高い振動子を得ることができる。

【0033】

また、請求の範囲第 9 項に記載の発明によれば、請求の範囲第 3 項の構成において、前記第 2 の電極が複数の面に形成されてなる振動子である。

【0034】

また、請求の範囲第 10 項の発明によれば、請求の範囲第 3 項の構成において、前記第 2 の電極同士を接続するための第 3 の電極が前記第 1 の表面に形成されてなる振動子である。

【0035】

40

また、請求の範囲第 11 項の発明によれば、請求の範囲第 3 項の構成において、前記第 2 の電極同士を接続するための第 3 の電極が前記第 2 の表面に形成されてなる振動子である。

【0036】

また、請求の範囲第 12 項の発明によれば、請求の範囲第 3 項の構成において、前記第 2 の電極同士を接続するための第 3 の電極が前記振動細棒の先端の面に形成されてなる振動子である。

【0037】

また、請求の範囲第 13 項の発明によれば、請求の範囲第 3 項の構成において、前記振動子の周波数が 1 K H z 乃至 2 0 0 K H z の範囲で設定されてなる振動子である。

50

【0038】

また、請求の範囲第14項の発明によれば、請求の範囲第13項の構成において、前記振動子の周波数が16KHz乃至120KHzの範囲で設定されてなる振動子である。

【0039】

また、請求の範囲第15項の発明によれば、請求の範囲第14項の構成において、前記振動子の周波数が16KHz乃至33KHzの範囲で設定してなる振動子である。

【0040】

また、請求の範囲第16項の発明によれば、請求の範囲第3項乃至請求の範囲第12項のいずれかの構成において、前記第1の電極、前記第2の電極若しくは前記第3の電極の表面には、絶縁膜が形成されてなる振動子である。

10

【0041】

前記構成によれば、前記第1の電極、前記第2の電極若しくは前記第3の電極の表面には、絶縁膜が形成されているので、振動子全体を小型化しても前記第1の電極、前記第2の電極若しくは前記第3の電極が異物等によりショートするのを防ぐことができる。

【0042】

また、請求の範囲第17項の発明によれば、請求の範囲第16項の構成によれば、前記絶縁膜は酸化膜若しくは窒化膜からなる振動子である。

【0043】

前記構成によれば、前記絶縁膜は酸化膜若しくは窒化膜からなるので、振動子全体を小型化しても前記第1の電極、前記第2の電極若しくは前記第3の電極が異物等によりショ

20

【0044】

前記目的は、請求の範囲第18項の発明によれば、複数の振動細棒より形成されてなる振動子において、前記振動細棒の一部に貫通孔が形成されてなり、前記貫通孔の少なくとも一部に第1の電極が形成されてなり、前記振動細棒のうち前記第1の電極と対向する面に第2の電極が少なくとも形成されてなる振動子により、達成される。

【0045】

また、請求の範囲第19項の発明によれば、請求の範囲第18項の構成において、前記振動細棒の幅と前記振動細棒の厚さの関係が、 $0.6 \times (\text{前記振動細棒の厚さ}) \leq (\text{前記振動細棒の幅})$ のように設定されてなる振動子である。

30

【0046】

前記構成によれば、前記振動細棒の幅と前記振動細棒の厚さの関係が、 $0.6 \times (\text{前記振動細棒の厚さ}) \leq (\text{前記振動細棒の幅})$ のように設定されてなるので、従来の構成である($1.0 \times \text{振動細棒の厚み} < \text{振動細棒の幅}$)の関係と異なり、前記振動細棒の幅を前記振動細棒の厚みに対して十分小さく取れるため、振動子全体の小型化が可能となる。

【0047】

また、請求の範囲第20項の発明によれば、請求の範囲第18項の構成において、前記各振動細棒がそれぞれほぼ同じ構造に形成されてなる振動子である。

【0048】

前記構成によれば、前記各振動細棒がそれぞれほぼ同じ構造に形成されているので、振動漏れを防止し、精度の高い振動子を得ることができる。

40

【0049】

前記目的は、請求の範囲第21項の発明によれば、電気軸をX軸、機械軸をY軸及び光軸をZ軸とした直交座標系を有し、前記X軸及び前記Y軸により形成される面に関して、基部が形成されるとともに、該基部から前記Y軸に沿って複数の振動細棒が配置される振動子において、前記複数の振動細棒の第1の表面及び第2の表面に溝部が形成されてなり、前記溝部の少なくとも一部に第1の電極が形成されてなり、前記溝部が形成された表面以外の面に第2の電極が形成されてなる振動子により、達成される。

【0050】

前記構成によれば、前記複数の振動細棒の第1の表面及び第2の表面に溝部が形成され

50

てなり、前記溝部の少なくとも一部に第1の電極が形成されてなり、前記溝部が形成された表面以外の面に第2の電極が形成されているので、高精度の振動子の振動細棒に設けられた前記第2の電極と前記溝部の第1の電極との間で生じる電界が、前記振動細棒に深さ方向に一定で強く分布し、高精度の振動子の振動細棒のCI値の上昇を抑えることができる。

【0051】

また、請求の範囲第22項の発明によれば、請求の範囲第21項の構成において、前記振動細棒を前記X軸及び前記Z軸により形成される面における断面が略H形状に形成されてなる振動子である。

【0052】

前記構成によれば、前記振動細棒を前記X軸及び前記Z軸により形成される面における断面が略H形状に形成されているので、前記溝部の第1の電極と前記第2の電極間で生じる電界を、前記振動細棒により深さ方向に一定で強く分布させることができる。

【0053】

また、請求の範囲第23項の発明によれば、請求の範囲第21項の構成において、前記第1の表面及び前記第2の表面は、前記X軸及び前記Y軸により形成される面である振動子である。

【0054】

また、請求の範囲第24項の発明によれば、請求の範囲第21項の構成において、前記Z軸を前記振動子の厚さとしたとき、前記振動子の厚さと前記振動細棒の幅がほぼ同じである振動子である。

【0055】

また、請求の範囲第25項の発明によれば、請求の範囲第21項の構成において、前記第1の電極及び前記第2の電極は、異なる材料により形成された層が複数層積層されてなる積層膜である振動子である。

【0056】

前記構成によれば、前記第1の電極及び前記第2の電極は、異なる材料により形成された層が複数層積層されてなる積層膜であるので、これら積層された相互の層で密着性を高めることができる。

【0057】

また、請求の範囲第26項の発明によれば、請求の範囲第21項の構成において、前記第1の電極及び前記第2の電極の表面には酸化膜が形成されてなる振動子である。

【0058】

前記構成によれば、前記第1の電極及び前記第2の電極の表面には酸化膜が形成されているので、振動子全体を小型化しても前記第1の電極、前記第2の電極若しくは前記第3の電極が異物等によりショートするのを防ぐことができる。

【0059】

また、請求の範囲第27項の発明によれば、請求の範囲第25項の構成において、前記第1の電極及び前記第2の電極は、クロム、金、アルミニウム、ニッケル若しくはチタンのいずれかにより形成されてなる振動子である。

【0060】

また、請求の範囲第28項の発明によれば、請求の範囲第1項乃至請求の範囲第27項のいずれかに記載の構成の振動子を搭載した電子機器である。

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】第1の実施の形態に係る振動子の斜視図である。

【図2】図1の振動子の振動細棒の断面図である。

【図3】第2の実施の形態に係る電極なしの音叉型水晶振動子の斜視図である。

【図4】図3の音叉型水晶振動子に電極を付けた状態を示す音叉型水晶振動子の斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 5】図 3 の音叉型水晶振動子の寸法等を示す図である。

【図 6】(a) は、図 4 の音叉型水晶振動子の振動細棒と電極の配置を示す断面図であり、(b) は、(a) とは異なる、他の電極の配置状態の例を示す断面図であり、(c) は、(a) 及び (b) とは異なる、他の電極の配置状態の例を示す断面図である。

【図 7】貫通孔を有する振動細棒と電極の配置を示す概略断面図である。

【図 8】音叉型水晶振動子における溝と大気中 C I との関係を示す図である。

【図 9】他の溝形成の例を示す斜視図である。

【図 10】振動細棒に形成される溝の数を増加した例を示す断面図である。

【図 11】従来の振動子の寸法等を示す図である。

【図 12】従来の振動子の振動細棒の断面図である。

10

【図 13】従来の振動子の振動細棒の幅を狭くした状態を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0062】

以下、本発明の好適な実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0063】

(第 1 の実施の形態)

図 1 は本発明の第 1 の実施の形態に係る振動子を示す図である。図 1 は、例として時計用に用いられる 32 KHz の水晶で構成された音叉型の振動子 100 の外観を示している。この振動子 100 は、通常二本の振動細棒 120 と基部である固定部 130 とから構成されている。

20

【0064】

固定部 130 は、パッケージとの固定や、電極を外部に取り出すためのパッド部分を形成するために設けられている。

【0065】

二本の振動細棒 120 は、これらが互いに近づいたり離れたりする方向に振動する。この振動細棒 120 の表面と裏面のいずれかあるいは両方に溝 120a を形成する。溝 120a の形成方法は、振動子 100 の材料を溶解することが可能なエッチング液を用いてフォトリソグラフィを応用した加工等が用いられる。水晶製の振動子ならば、弗酸系のエッチング液で加工が可能である。

【0066】

30

図 1 では溝 120a は固定部 130 の一部分まで形成されているが、振動子 100 の特性と加工プロセスによってはこの限りではない。また溝 120a の長さであるが、できるだけ長く振動細棒 120 の長さすべてにわたって溝 120a を設けた方が C I 値は減少する。しかし、電極間容量は増加するため振動子の仕様に合わせて溝 120a の長さは調節される。また、電極の引き回し等の関係や、振動細棒 120 の先端に重りとなる材料を付着させ、周波数調整を行う必要がある場合には振動細棒 120 上のすべてにわたって溝 120a を設ける必要はない。

【0067】

ここで溝 120a を設けることによって何故、特性が向上するかを説明する。

【0068】

40

図 2 は、本実施の形態に係る振動子 100 における振動細棒 120 の断面図である。

【0069】

本実施の形態に係る振動細棒 120 では電界 160 は振動細棒 120 の深さ方向全体にわたって分布する。すなわち、電極 140a が溝 120a の中まで形成されているため電界 160 は深さ方向まで分布しやすくなる。この場合の溝 120a の深さは深い方が良い。

【0070】

振動細棒が 100 マイクロメートルの音叉型振動子で、基板（固定部及び振動細棒）の厚みが 100 マイクロメートルの場合、等価直列抵抗（C I 値）は大気圧中で測定したところ 1 ギガオームであった。振動細棒 120 の縁を 15 マイクロメートル残し深さ 20 マ

50

マイクロメートルの溝 120 a を振動細棒 120 の両面に形成した本実施の形態に係る音叉型の振動子 100 では、大気中の等価直列抵抗 (C I 値) は 600 キロオームとなり通常の音叉型振動子と変わらない特性を有する事がわかった。

【0071】

電極 140 a を深さ方向すべてにわたって形成できるならば、溝 120 a は表面、裏面で繋がってしまっても良い。すなわち、振動細棒 120 にスリッドを入れたような構造であっても良い。

【0072】

以上述べたように、本実施の形態によれば、振動子 100 の厚さを薄くすることなく特性の良い振動子を供給することが可能となる。さらに厚さが従来のもので変わらないため取り扱いが容易で、歩留まりが落ちないという効果を有する。そして、小型で安価な振動子 100 を供給することができる。

【0073】

(第2の実施の形態)

図3は、第2の実施の形態に係る電極が設けられていない音叉型水晶振動子 200 を示す概略斜視図である。

【0074】

この音叉型水晶振動子 200 は、例えば水晶の単結晶から切り出され音叉型に加工されて形成されている。このとき、図3に示すX軸が電気軸、Y軸が機械軸及びZ軸が光軸となるように水晶の単結晶から切り出されることになる。このように電気軸が図3のX軸方向に配置されることにより、高精度が要求される時計及び時計付き機器全般に好適な音叉型水晶振動子 200 となる。

【0075】

また、水晶の単結晶から切り出す際、上述のX軸、Y軸及びZ軸からなる直交座標系において、X軸回りに、X軸とY軸とからなるXY平面を反時計方向に約1度乃至5度傾けた、所謂水晶Z板として、音叉型水晶振動子 200 が形成されることになる。

【0076】

この音叉型水晶振動子 200 は、上述の第1の実施の形態に係る音叉型の振動子 100 と同様に、基部である固定部 230 と、この固定部 230 から図においてY軸方向に突出するように形成された例えば2本の振動細棒 220 とを有している。また、この2本の振動細棒 220 の第1及び第2の表面には、図3に示すように溝 220 a がそれぞれ形成されている。

【0077】

このように形成されている図3に示す音叉型水晶振動子 200 には、図4に示すように第1の電極である電極 240 a、第2の電極である電極 240 b、第3の電極である電極 240 c が配置されることになる。すなわち、電極を固定部 230 から振動細棒 220 にかけて配置するに際し、電極は振動細棒 220 の側面及び前記第1及び第2の表面には、それぞれ電極 240 b、240 a が設けられている。また、電極 240 a は、振動細棒 220 の溝 220 a の内部にも設けられている。

【0078】

このような電極 240 a、240 b は、電極 240 a、240 b 間に電界を発生させ、圧電体である振動細棒 220 を振動させるために設けられている。さらに、電極 240 c は、振動細棒 220 の二つの側面に形成された第2の電極、すなわち電極 240 b 同士を接続するために設けられたものである。

【0079】

これらの電極 240 a、240 b、240 c は、具体的には、複数層、例えば2層から成り、下地としてCr、上層がAuから形成されている。この場合、Crの代わりにNiやTi等を使用してもよい。

【0080】

また、電極 240 a、240 b、240 c として、1層からなる場合もあり、このとき

10

20

30

40

50

例えばA l 層が用いられる。この他にも、A l 電極で表面を陽極酸化した電極やC r 電極1層で、このC r 層の上に保護膜としてS i O₂等を形成する電極も用いることができる。

【0081】

本実施の形態では、電極240aは、図4に示すように、溝220aの内部に設けられているが、これに限らず溝220aの複数箇所に分けて配置してもよく、また、溝220aの側面又は底面にのみ形成されてもよい。

【0082】

また、電極240bは、図4に示すように振動細棒220の側面に配置されているが、これに限らず、後述する図6(a)のように、この電極240bが振動細棒220の複数の面に形成されても良い。

10

【0083】

以上のように形成されている音叉型水晶振動子200は、例えば共振周波数が32.768kHzであるにもかかわらず、従来の32.768kHzの音叉型水晶振動子と比べ、小型となっている。例えば図5に示すように構成されている。

【0084】

すなわち、図5に示す音叉型水晶振動子200のY軸方向の長さは、例えば約2.2mm程度となっており、音叉型水晶振動子200のX軸方向の幅は、約0.56mm程度となっている。この寸法は、図10の従来の音叉型水晶振動片10の寸法である、3.6mm(Y軸方向)、0.69mm(X軸方向)と比べ著しく小さくなっている。

20

【0085】

また、図5に示す振動細棒220のX軸方向の長さは、例えば約1.6mm程度であり、各振動細棒220のX軸方向の幅は、例えば0.1mm程度となっている。このような振動細棒220の大きさは、図10に示す振動細棒12の寸法である2.4mm(Y軸方向)、0.23mm(X軸方向)と比べ、著しく小さくなっている。

【0086】

一方、この音叉型水晶振動子200のZ軸方向である音叉型水晶振動子の厚みは、例えば約0.1mm程度となっており、これは、従来の音叉型水晶振動子200の厚みと略同様となっている。しかし、本実施の形態に係る音叉型水晶振動子200の振動細棒220には、上述のように溝220aが形成されており、この溝220aは、振動細棒220上においてY軸方向に例えば約1.3mm程度の長さに形成されている。この溝220aのX軸方向の幅は、図5に示すように例えば約0.07mm程度であり、そのZ軸方向の深さは、例えば約0.02mm程度となっている。

30

【0087】

さらに、このような小型の音叉型水晶振動子200に配置される電極240a, 240b, 240cの厚みは、例えば下層Crが100Åで上層Auが1000Åと成っている。

【0088】

次に、以上のような小型の音叉型水晶振動子200の振動細棒220の断面を示したのが図6(a)である。図6(a)に示すように振動細棒220には溝220aが図において上下方向にそれぞれ設けられているため、その断面形状が略H形に形成されている。そして、この2カ所の溝220aには、それぞれ電極240aが設けられている。また、振動細棒220の両側面にも電極240bがそれぞれ設けられている。

40

【0089】

このような電極240a, 240bは、図示しない電源に接続されているとともに、これらの電極240aと電極240bには、それぞれ極性の異なる電圧が交互に印加されるようになっている。そして、例えば電極240aにプラスの電圧を印加し、電極240bにマイナスの電圧を印加した場合、第1の実施の形態の図2の矢印のように電界が発生することになる。

【0090】

50

この電界が生じることによって、振動細棒 220 は、振動し、この音叉型水晶振動子 200 が用いられる例えば携帯電話や IC カードの発振源の部品として使用されることになる。

【0091】

なお、上述のような振動細棒 220 に対する電極 240 a, 240 b の配置の態様は、図 6 (a) のような態様だけでなく、図 6 (b) や図 6 (c) のように構成してもよい。

【0092】

また、本実施の形態では、振動細棒 220 に溝 220 a を設けたが、これに限らず、この溝 220 a を貫通孔としてもよい。この場合、貫通孔を有する振動細棒 220' は、図 7 に示すように例えば電極 240 a と電極 240 b が対向して配置される構成となる。図 7 は貫通孔を有する振動細棒 220' の断面を示した概略図である。

10

【0093】

さらに、この場合において、電極 240 a をこの貫通孔のすべてに配置してよいが、これと異なり、電極 240 a を、この貫通孔の複数箇所に分けて配置してもよい。

【0094】

ところで、音叉型水晶振動子 200 の小型化に伴って、上述のように、振動細棒 220 の Y 軸方向の長さを短くすると、共振周波数が高くなり、安定した共振周波数を維持できないという問題があるため、これを防ぐため、振動細棒 220 の X 軸方向の幅を狭くする必要がある。しかし、この振動細棒 220 の X 軸方向の幅を狭くすると、図 12 に示すように電極 23 b を大きくとれないため、電極 23 a と電極 23 b との間に生じる電界が振動細棒 22 に深さ方向に一定で強く分布せず、電界の強度が小さくなり、これによって振動細棒 22 の振動が弱くなり、振動損失が大きくなってしまっていた。

20

【0095】

この振動損失は、C I 値（クリスタルインピーダンス又は等価直列抵抗 R_r ）で示される。通常の音叉型水晶振動子の C I 値は、真空中で 30 K Ω 乃至 60 K Ω が好ましく、また、大気中での C I 値を参考値として示せば 400 K Ω 程度となる。

【0096】

本実施の形態に係る音叉型水晶振動子 200 の振動細棒 220 に溝 220 a を設けない場合の C I 値は、図 8 に示すように大気中で、1000 K Ω となり、上述の参考値である 400 K Ω を大きく上回っている。

30

【0097】

このため、単に小型化された音叉型水晶振動子では、C I 値が高くなり過ぎ、携帯電話や IC カード等の発振器に使用するには不適切であった。

【0098】

しかし、本実施の形態では、図 8 に示すように溝 220 a の深さを 0.02 mm (20 μ m) としたので、C I 値が 425 K Ω となり、上述の好適値 400 K Ω に近似した値となるため、C I 値は適正範囲に止まり、携帯電話や IC カード等の発振器に使用するのに好適になった。また、このように溝 220 a を振動細棒 220 に形成するのは、振動細棒 220 自体の厚さを薄くする場合に比べ、格段に加工性に優れているため、製造される音叉型水晶振動子 200 の歩留りが向上することになる。

40

【0099】

なお、本実施の形態においては、加工の容易さ等に鑑み、溝 220 a の深さを 0.02 mm としたが、図 8 の表からも明らかなように溝 220 a の深さが深い程、C I 値は下がり、少なくとも 0.035 mm の深さの場合は、333 K Ω となった。この場合、少なくとも真空での C I 値は 40 K Ω となった。

【0100】

このように本実施の形態では、振動細棒 220 に 2 カ所の溝 220 a, 220 a を設け、電極 240 a をそれぞれに配置したため、図 13 に示す従来の振動細棒 220 の電極 23 a と異なり、電極 240 a を大きく配置することができるため、第 1 の実施の形態の図 2 に示すように電界が振動細棒 220 の深さ方向に一定で強く分布し、振動損失を低く抑

50

えることができることになる。この振動損失の低下は、図 8 に示す C I 値からも明らかである。

【0101】

なお、本実施の形態では図 6 (a) に示すように振動細棒 220 にのみ溝 220a を設けたが、図 9 に示すように、振動細棒 320 と固定部 330 にかけて溝 320a を形成してもよい。この場合、溝 320a の中に振動による応力を閉じ込めることができるため振動子を固定した場合、周波数の変動を押さえることができる。

【0102】

以上のように小型で C I 値が適正範囲にある 32.768 kHz の音叉型水晶振動子 200, 300 を小さなパッケージ、例えば 3.2 mm (Y 軸方向)、1.6 mm (X 軸方向) 0.9 mm (Z 軸方向) に入れることで、小型の携帯電話や IC カード等に用いることができるようになる。

10

【0103】

また、本実施の形態では、32.738 kHz の音叉型水晶振動子 200 を例に説明したが、15 kHz 乃至 155 kHz の音叉型水晶振動子に適用し得ることは明らかである。

【0104】

さらに、本実施の形態では、図 6 に示すように、振動細棒 220 に溝 220a を 2 つ形成した場合について説明したが、図 10 に示すように振動細棒 420 の上下に 2 つずつ溝を設け、それぞれに電極 440a を配置してもよい。

【0105】

20

なお、上述の各実施の形態に係る音叉型の振動子 100 及び音叉型水晶振動子 200 は、小型の携帯電話や IC カードのみならず、他の電子機器であるジャイロ、携帯情報端末、さらに、テレビジョン、ビデオ機器、所謂ラジカセ、パーソナルコンピュータ等の時計内蔵機器及び時計にも用いられることは明らかである。

【0106】

以上説明したように本発明によれば、C I 値を低く抑え、且つ加工が容易な小型の振動子とすることができる。

【産業上の利用可能性】

【0107】

このように、本発明は、振動子、例えば音叉型水晶振動子やジャイロセンサー等のような振動子及び振動子を搭載する電子機器として用いるのに適している。

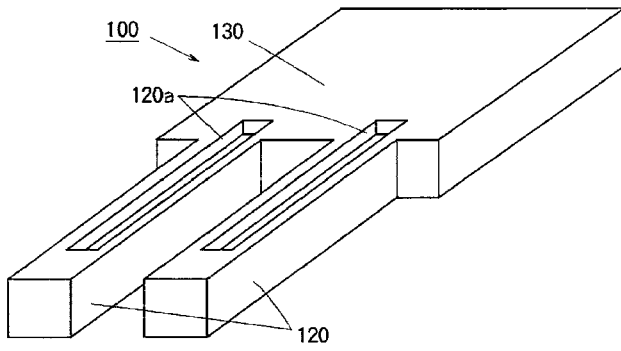
30

【符号の説明】

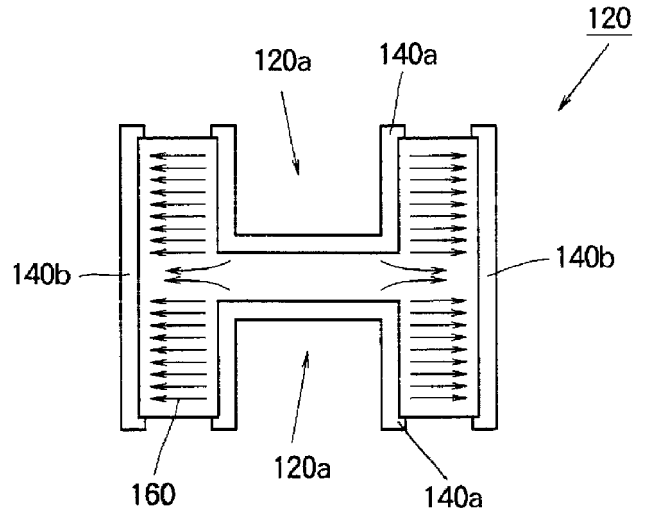
【0108】

100…振動子、120, 220, 220', 320, 420…振動細棒、120a, 220a, 320a…溝、130, 230, 330…固定部、140a, 240a, 240b, 240c, 440a…電極、160…電界、200, 300…音叉型水晶振動子、Rr…クリスタルインピーダンス又は等価直列抵抗。

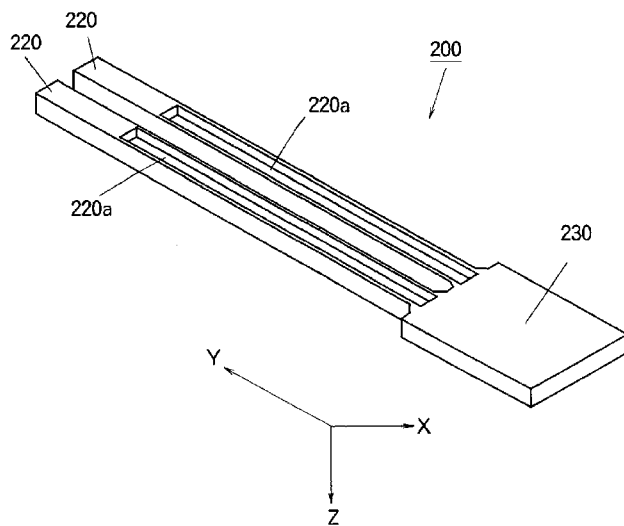
【図 1】



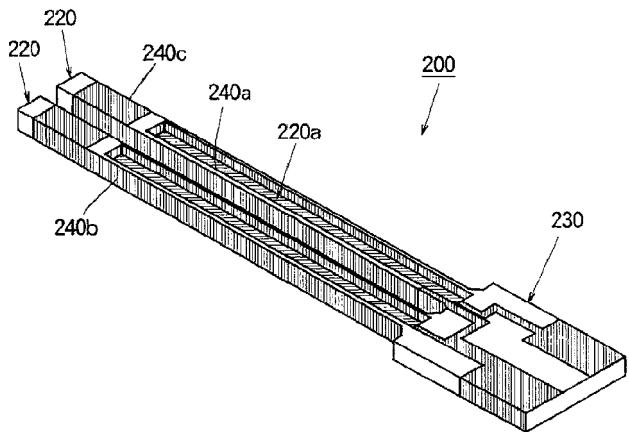
【図 2】



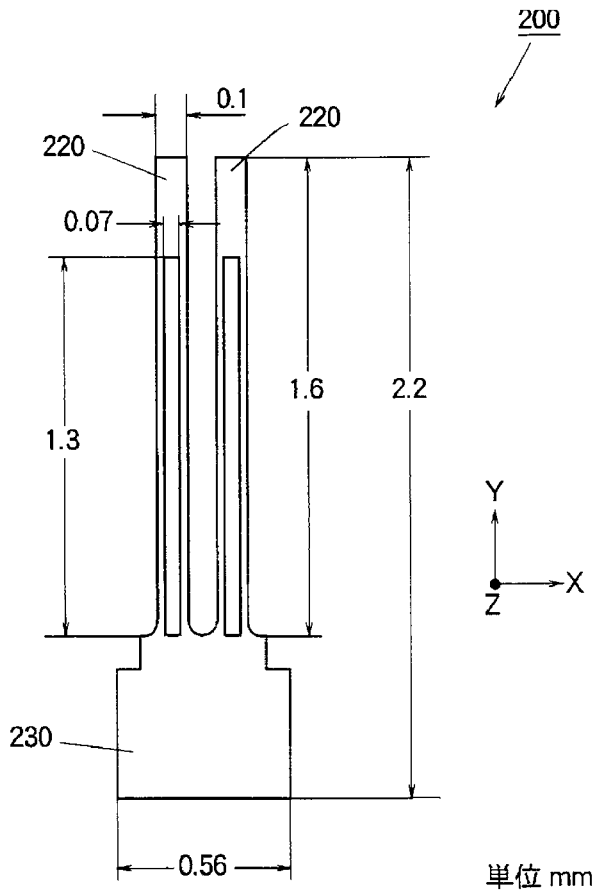
【図 3】



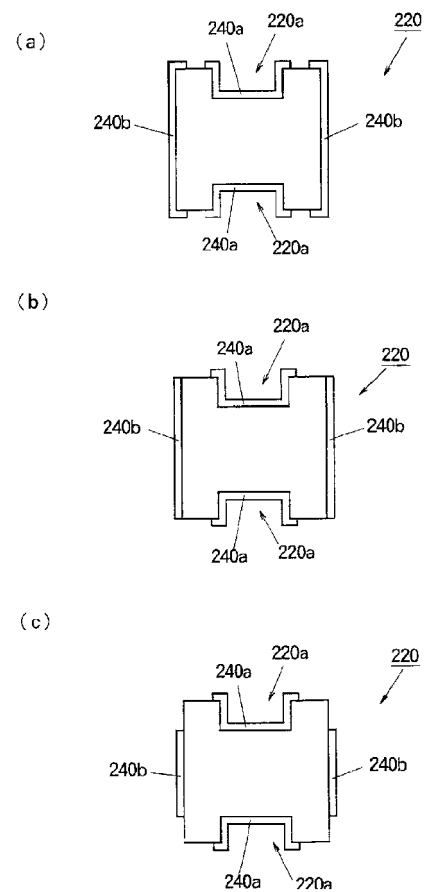
【図 4】



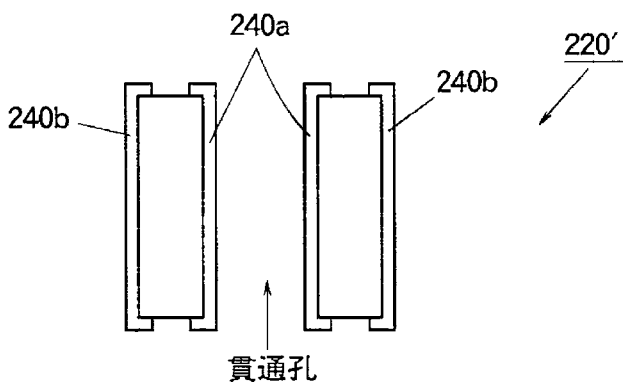
【図 5】



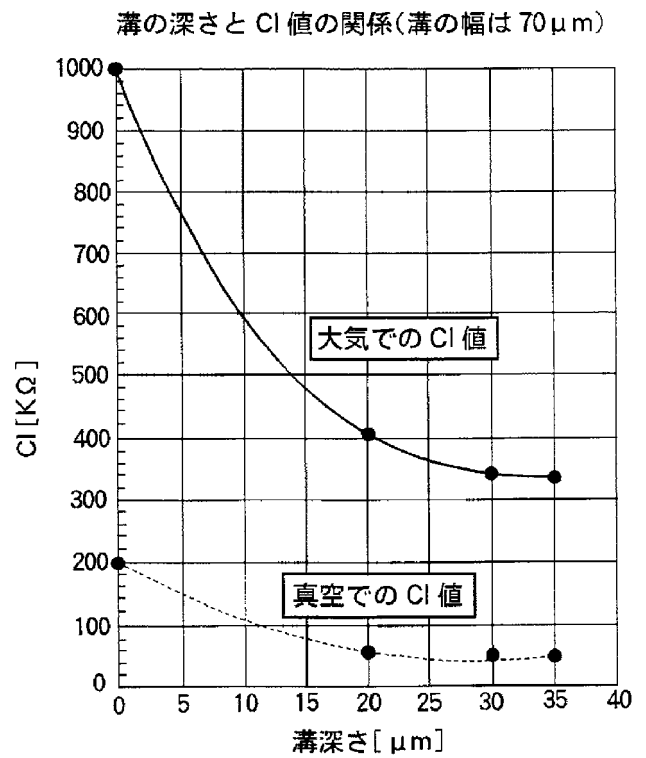
【図 6】



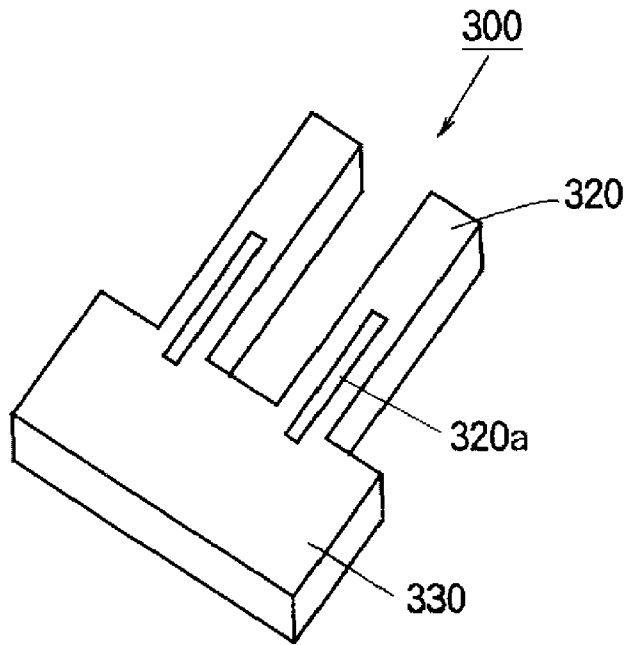
【図 7】



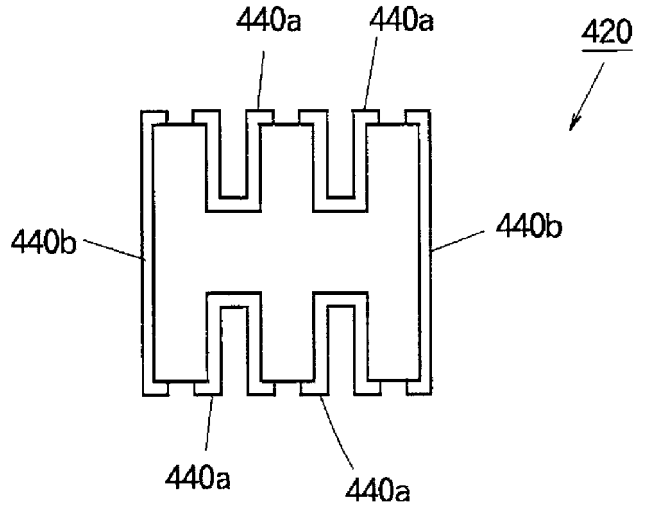
【図 8】



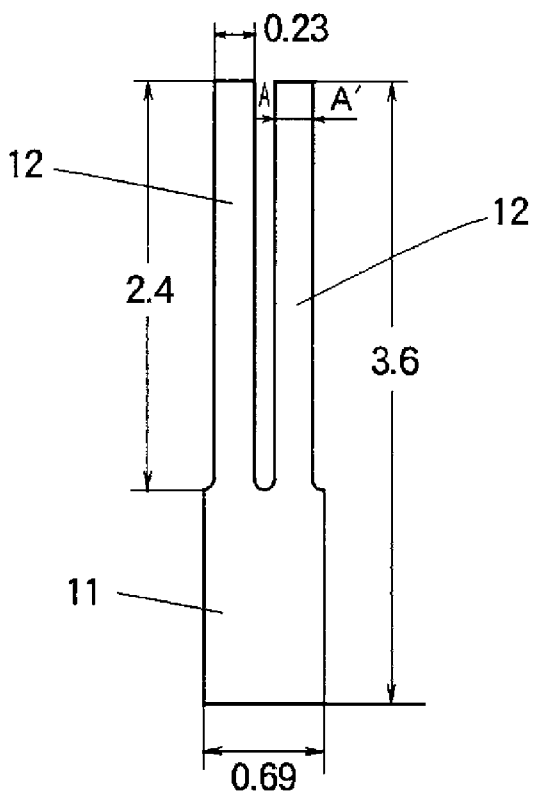
【図 9】



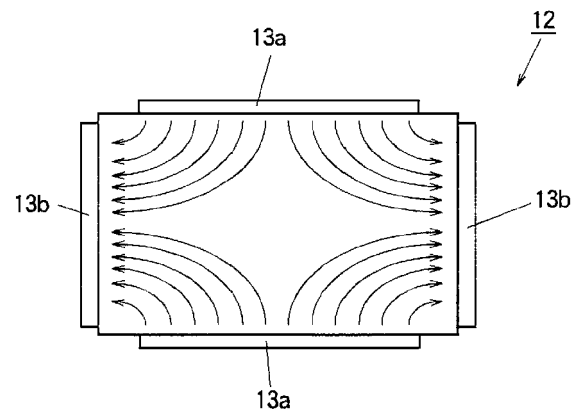
【図 10】



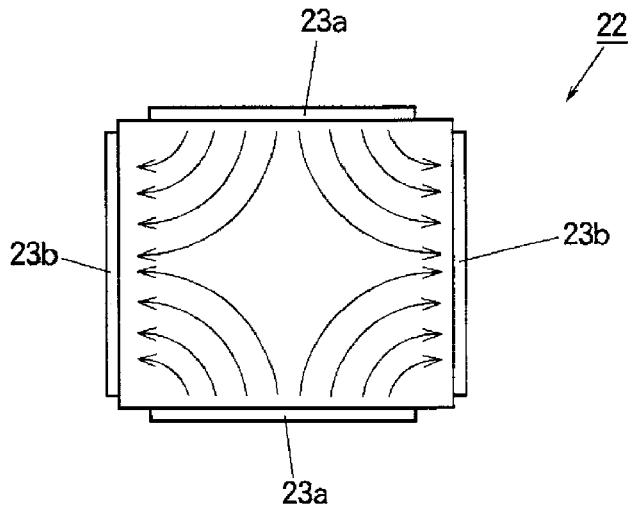
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【手続補正書】

【提出日】平成21年5月7日(2009.5.7)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

基部と、前記基部から延びる振動細棒とを有する振動子において、

前記振動子の表面及び裏面のいずれか又は両方に、前記振動細棒から前記基部にかけて有底の溝が形成され、

前記溝の中の少なくとも一部に第1の電極が形成され、

前記振動細棒における前記表面及び前記裏面以外の面の少なくとも一部に第2の電極が形成され、

前記振動細棒を少なくとも2本有し、

前記基部は、前記2本の振動細棒における外側面間の距離よりも幅広となっていることを特徴とする振動子。

【請求項2】

前記振動子が音叉型の水晶振動子であることを特徴とする請求項1に記載の振動子。

【請求項3】

前記第1の電極は前記溝の側面のみに形成されてなることを特徴とする請求項1又は2に記載の振動子。

【請求項4】

前記2本の振動細棒がそれぞれほぼ同じ構造に形成されてなることを特徴とする請求項

1乃至3のいずれかに記載の振動子。

【請求項5】

電気軸をX軸、機械軸をY軸及び光軸をZ軸とした直交座標系を有し、前記X軸及び前記Y軸により形成される面に関して、前記基部が形成され、

前記基部から前記Y軸に沿って前記2本の振動細棒が配置されていることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の振動子。

【請求項6】

前記振動細棒を前記X軸及び前記Z軸により形成される面における断面が略H形状に形成されてなることを特徴とする請求項5に記載の振動子。

【請求項7】

前記振動子の前記表面及び前記裏面は、前記X軸及び前記Y軸により形成される面であることを特徴とする請求項5に記載の振動子。

【請求項8】

前記第1の電極及び前記第2の電極は、異なる材料により形成された層が複数層積層されてなる積層膜であることを特徴とする請求項1乃至請求項7のいずれかに記載の振動子。

【請求項9】

請求項1乃至請求項8のいずれかに記載の振動子を搭載したことを特徴とする電子機器。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動子、例えば音叉型水晶振動子やジャイロセンサー等のような振動子及び振動子を搭載する電子機器の構造に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、振動子である所謂、音叉型水晶振動子は、例えば図11に示すように形成されていた。

【0003】

図11において、音叉型水晶振動片10は、例えば共振周波数が32.768kHzであり、これは高精度の振動子であるため、時計やその他の時計付き機器に広く用いられている。

【0004】

具体的には、図11に示すように、音叉型水晶振動片10は、基部11を有しており、この基部11から図において上方に向かって振動細棒12が2本設けられている。

【0005】

この振動細棒12、12の各々の幅は、図示のように通常約0.23mm程度であり、前記基部11の幅は、図示のように通常約0.69mm程度となっている。そして、この基部11と振動細棒12とを合わせた長さは、図示のように通常約3.6mm程度となっている。

【0006】

また、この振動細棒12、12は、振動するため、図12（図12は、図11のA-A'概略断面である。）に示すように振動細棒12の4辺に電極13a及び電極13bが形成されていた。すなわち、電極13aは、図において振動細棒12の上部と下部に配置され、電極13bは、振動細棒12の両側部13b、13bに配置されている。

【0007】

ここで、電極13aと電極13bに互いに交互に極性の異なった電圧が印加される。例えばある瞬間に、13aにプラスの電圧、13bにマイナスの電圧が印加される。このように電圧が振動細棒12に印加されることにより、振動細棒12の内部には、図12の矢印に示すように電界が発生する。

【0008】

この電界によって、振動細棒12の水晶が伸び縮みし、振動細棒12が振動するようになっている。

【0009】

このように振動をする音叉型水晶振動片10は、図示しない保護器内に収容され、サーフェスマウントデバイス(SMD)等として、時計等の発振回路の発振源として用いられる。この場合のSMDのパッケージとしては、例えば音叉型水晶振動子10の長手方向に、約5mm程度、短手方向に約2mm程度のものが用いられている。

【0010】

また、上述の音叉型水晶振動片10の図12における上下方向である厚みは、約0.1mm程度のものが用いられており、上述のSMDのパッケージもこの音叉型水晶振動片10の厚みに対応した厚みを有するようになっている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

ところで、このような音叉型水晶振動片10は、安定した発振周波数(例えば32.768kHz)を維持することと、振動細棒12の振動損失を抑えるため、低いCI値(クリスタルインピーダンス又は等価直列抵抗Rr)を保持することが必要となっている。

【0012】

一方、近年の時計や電子機器は、小型化の傾向にあり、音叉型水晶振動片10も小型化が要請されている。この音叉型水晶振動片10全体を小型化するには、振動細棒12の図11における上下方向である2.4mmを更に短くする必要がある。このように、振動細棒12を短くすると共振周波数が高くなり、所望の周波数より高い周波数と成ってしまう。

【0013】

このため、振動細棒12の幅(図11においては、0.23mm)を細くして共振周波数が上昇するのを防ぐ必要があった。

【0014】

しかし、このように振動細棒12の幅を狭くすると、振動細棒12の振動損失であるCI値が上昇してしまうという問題があった。

【0015】

すなわち、図13に示すように、振動細棒22の幅(図において横方向)を狭くすると、電極23aの幅が大きくとれないため電界の加わる面積が減少する。すなわち図12と比較して電界はその中央付近ほど弱まる(図では電界の強度を矢印の数で示した。すなわち矢印の数が多いほど電界強度は大きくなることを示している。)。

【0016】

従って、電極23aと電極23bとの間に生じた電界(図において矢印)は、図示のように振動細棒22全体に分布しなくなり、図12の振動細棒12と同じ振動は生ぜず、小さくなってしまう。

【0017】

一方、この振動損失であるCI値の上昇を防ぐには、図12に示す音叉型水晶振動片10上下方向である厚み、例えば約0.1mm程度を、更に薄くする必要があるが、この場合、加工が著しく困難になり、製品の歩留りが悪化するという問題もあった。

【0018】

本発明は、以上の点に鑑み、CI値を低く抑え、且つ加工が容易な小型の振動子を提供

することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

前記目的は、第1の発明によれば、基部と、前記基部から延びる振動細棒とを有する振動子において、前記振動子の表面及び裏面のいずれか又は両方に、前記振動細棒から前記基部にかけて有底の溝が形成され、前記溝の中の少なくとも一部に第1の電極が形成され、前記振動細棒における前記表面及び前記裏面以外の面の少なくとも一部に第2の電極が形成され、前記振動細棒を少なくとも2本有し、前記基部は、前記2本の振動細棒における外側面間の距離よりも幅広となっていることを特徴とする振動子により達成される。

【0020】

また第2の発明によれば、第1の発明において、前記振動子が音叉型の水晶振動子であることを特徴とする。

【0021】

また第3の発明によれば、第1又は2の発明において、前記第1の電極は前記溝の側面のみに形成されてなることを特徴とする。

【0022】

また第4の発明によれば、第1乃至3のいずれかの発明において、前記2本の振動細棒がそれぞれほぼ同じ構造に形成されてなることを特徴とする。

【0023】

また第5の発明によれば、第1乃至4のいずれかの発明において、電気軸をX軸、機械軸をY軸及び光軸をZ軸とした直交座標系を有し、前記X軸及び前記Y軸により形成される面に関して、前記基部が形成され、前記基部から前記Y軸に沿って前記2本の振動細棒が配置されていることを特徴とする。

【0024】

また第6の発明によれば、第5の発明において、前記振動細棒を前記X軸及び前記Z軸により形成される面における断面が略H形状に形成されてなることを特徴とする。

【0025】

また第7の発明によれば、第5の発明において、前記振動子の前記表面及び前記裏面は、前記X軸及び前記Y軸により形成される面であることを特徴とする。

【0026】

また第8の発明によれば、第1乃至7のいずれかの発明において、前記第1の電極及び前記第2の電極は、異なる材料により形成された層が複数層積層されてなる積層膜であることを特徴とする。

【0027】

また第9の発明によれば、第1乃至8のいずれかの発明の振動子を搭載したことを特徴とする電子機器である。

【0028】

前記目的は、第1の形態によれば、少なくとも1本以上の圧電材料からなる振動細棒を有する振動子において、該振動細棒の表面及び裏面のいずれか又はその両方に溝が形成されており、かつ、この溝の中に電極が形成されていることを特徴とする振動子により、達成される。

【0029】

前記形態によれば、該振動細棒の表面及び裏面のいずれか又はその両方に溝が形成されており、かつ、この溝の中に電極が形成されているので、加工が容易であると共に、前記振動細棒の深さ方向に一定で強く分布し、CI値の上昇を抑えることができる。

【0030】

また、好ましくは、第2の形態によれば、第1の形態において、前記振動子が音叉型の水晶振動子である。

【0031】

前記形態によれば、前記音叉型の水晶振動子において、前記振動細棒に配置された前記

電極から生じる電界が、前記振動細棒に広く分布し、C I 値の上昇を抑えることができる。

【0032】

前記目的は、請求範囲第3の形態によれば、複数の振動細棒が形成されてなる振動子において、前記振動細棒の第1の表面及び第2の表面に溝部が形成されてなり、前記溝部の少なくとも一部に第1の電極が形成されてなり、前記振動細棒のうち前記溝部が形成された表面以外の面の少なくとも一部に第2の電極が形成されてなる振動子により、達成される。

【0033】

前記形態によれば、前記振動細棒の第1の表面及び第2の表面に溝部が形成されてなり、前記溝部の少なくとも一部に第1の電極が形成されているので、前記振動細棒のうち前記溝部が形成された表面以外の面の少なくとも一部に形成されている第2の電極と前記溝部の第1の電極との間で生じる電界が、前記振動細棒の深さ方向に一定で強く分布し、振動子の振動細棒のC I 値の上昇を抑えることができる。

【0034】

また、好ましくは第4の形態によれば、第3の形態において、前記第1の電極は、少なくとも前記振動細棒の根元付近に形成されてなる振動子である。

【0035】

前記形態によれば、前記第1の電極は、少なくとも前記振動細棒の根元付近に形成されてなるので、前記振動細棒を振動させるに必要な電界を得ることができる。

【0036】

また、好ましくは第5の形態によれば、第3の形態において、前記第1の電極は前記溝部の側面のみに形成されてなる振動子である。

【0037】

また、好ましくは第6の形態によれば、第3の形態において、前記溝部の一部に貫通穴が形成されている振動子である。

【0038】

また、第7項に記載の発明によれば、第3の形態において、前記振動細棒の幅と前記振動細棒の厚さの関係が、 $0.6 \times (\text{前記振動細棒}) \leq (\text{前記振動細棒の幅})$ のように設定されてなる振動子である。

【0039】

前記形態によれば、前記振動細棒の幅と前記振動細棒の厚さの関係が、 $0.6 \times (\text{前記振動細棒}) \leq (\text{前記振動細棒の幅})$ のように設定されてなるので、従来の構成である（ $1.0 \times \text{振動細棒の厚み} < \text{振動細棒の幅}$ ）の関係と異なり、前記振動細棒の幅を前記振動細棒の厚みに対して十分小さく取れるため、振動子全体の小型化が可能となる。

【0040】

また、第8項に記載の発明によれば、第3の形態において、前記各振動細棒がそれぞれほぼ同じ構造に形成されてなる振動子である。

【0041】

前記形態によれば、前記各振動細棒がそれぞれほぼ同じ構造に形成されているので、振動漏れを防止し、精度の高い振動子を得ることができる。

【0042】

また、第9項に記載の発明によれば、第3の形態において、前記第2の電極が複数の面に形成されてなる振動子である。

【0043】

また、第10の形態によれば、第3の形態において、前記第2の電極同士を接続するための第3の電極が前記第1の表面に形成されてなる振動子である。

【0044】

また、第11の形態によれば、第3の形態において、前記第2の電極同士を接続するための第3の電極が前記第2の表面に形成されてなる振動子である。

【0045】

また、第12の形態によれば、第3の形態において、前記第2の電極同士を接続するための第3の電極が前記振動細棒の先端の面に形成されてなる振動子である。

【0046】

また、第13の形態によれば、第3の形態において、前記振動子の周波数が1KHz乃至200KHzの範囲で設定されてなる振動子である。

【0047】

また、第14の形態によれば、第13の形態において、前記振動子の周波数が16KHz乃至120KHzの範囲で設定されてなる振動子である。

【0048】

また、第15の形態によれば、第14の形態において、前記振動子の周波数が16KHz乃至33KHzの範囲で設定してなる振動子である。

【0049】

また、第16の形態によれば、第3乃至第12のいずれかの形態において、前記第1の電極、前記第2の電極若しくは前記第3の電極の表面には、絶縁膜が形成されてなる振動子である。

【0050】

前記形態によれば、前記第1の電極、前記第2の電極若しくは前記第3の電極の表面には、絶縁膜が形成されているので、振動子全体を小型化しても前記第1の電極、前記第2の電極若しくは前記第3の電極が異物等によりショートするのを防ぐことができる。

【0051】

また、第17の形態によれば、第16の形態によれば、前記絶縁膜は酸化膜若しくは窒化膜からなる振動子である。

【0052】

前記形態によれば、前記絶縁膜は酸化膜若しくは窒化膜からなるので、振動子全体を小型化しても前記第1の電極、前記第2の電極若しくは前記第3の電極が異物等によりショートするのを防ぐことができる。

【0053】

前記目的は、第18の形態によれば、複数の振動細棒より形成されてなる振動子において、前記振動細棒の一部に貫通孔が形成されてなり、前記貫通孔の少なくとも一部に第1の電極が形成されてなり、前記振動細棒のうち前記第1の電極と対向する面に第2の電極が少なくとも形成されてなる振動子により、達成される。

【0054】

また、第19の形態によれば、第18の形態において、前記振動細棒の幅と前記振動細棒の厚さの関係が、 $0.6 \times (\text{前記振動細棒の厚さ}) \leq (\text{前記振動細棒の幅})$ のように設定されてなる振動子である。

【0055】

前記形態によれば、前記振動細棒の幅と前記振動細棒の厚さの関係が、 $0.6 \times (\text{前記振動細棒の厚さ}) \leq (\text{前記振動細棒の幅})$ のように設定されてなるので、従来の構成である($1.0 \times \text{振動細棒の厚み} < \text{振動細棒の幅}$)の関係と異なり、前記振動細棒の幅を前記振動細棒の厚みに対して十分小さく取れるため、振動子全体の小型化が可能となる。

【0056】

また、第20の形態によれば、第18の形態において、前記各振動細棒がそれぞれほぼ同じ構造に形成されてなる振動子である。

【0057】

前記形態によれば、前記各振動細棒がそれぞれほぼ同じ構造に形成されているので、振動漏れを防止し、精度の高い振動子を得ることができる。

【0058】

前記目的は、第21の形態によれば、電気軸をX軸、機械軸をY軸及び光軸をZ軸とした直交座標系を有し、前記X軸及び前記Y軸により形成される面に関して、基部が形成さ

れるとともに、該基部から前記 Y 軸に沿って複数の振動細棒が配置される振動子において、前記複数の振動細棒の第 1 の表面及び第 2 の表面に溝部が形成されてなり、前記溝部の少なくとも一部に第 1 の電極が形成されてなり、前記溝部が形成された表面以外の面に第 2 の電極が形成されてなる振動子により、達成される。

【0059】

前記形態によれば、前記複数の振動細棒の第 1 の表面及び第 2 の表面に溝部が形成されてなり、前記溝部の少なくとも一部に第 1 の電極が形成されてなり、前記溝部が形成された表面以外の面に第 2 の電極が形成されているので、高精度の振動子の振動細棒に設けられた前記第 2 の電極と前記溝部の第 1 の電極との間で生じる電界が、前記振動細棒に深さ方向に一定で強く分布し、高精度の振動子の振動細棒の C I 値の上昇を抑えることができる。

【0060】

また、第 2 2 の形態によれば、第 2 1 の形態において、前記振動細棒を前記 X 軸及び前記 Z 軸により形成される面における断面が略 H 形状に形成されてなる振動子である。

【0061】

前記形態によれば、前記振動細棒を前記 X 軸及び前記 Z 軸により形成される面における断面が略 H 形状に形成されているので、前記溝部の第 1 の電極と前記第 2 の電極間で生じる電界を、前記振動細棒により深さ方向に一定で強く分布させることができる。

【0062】

また、第 2 3 の形態によれば、第 2 1 の形態において、前記第 1 の表面及び前記第 2 の表面は、前記 X 軸及び前記 Y 軸により形成される面である振動子である。

【0063】

また、第 2 4 の形態によれば、第 2 1 の形態において、前記 Z 軸を前記振動子の厚さとしたとき、前記振動子の厚さと前記振動細棒の幅がほぼ同じである振動子である。

【0064】

また、第 2 5 の形態によれば、第 2 1 の形態において、前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極は、異なる材料により形成された層が複数層積層されてなる積層膜である振動子である。

【0065】

前記形態によれば、前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極は、異なる材料により形成された層が複数層積層されてなる積層膜であるので、これら積層された相互の層で密着性を高めることができる。

【0066】

また、第 2 6 の形態によれば、第 2 1 の形態において、前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極の表面には酸化膜が形成されてなる振動子である。

【0067】

前記形態によれば、前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極の表面には酸化膜が形成されているので、振動子全体を小型化しても前記第 1 の電極、前記第 2 の電極若しくは前記第 3 の電極が異物等によりショートするのを防ぐことができる。

【0068】

また、第 2 7 の形態によれば、第 2 5 の形態において、前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極は、クロム、金、アルミニウム、ニッケル若しくはチタンのいずれかにより形成されてなる振動子である。

【0069】

また、第 2 8 の形態によれば、第 1 項乃至第 2 7 のいずれかに記載の形態の振動子を搭載した電子機器である。

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図 1】第 1 の実施の形態に係る振動子の斜視図である。

【図 2】図 1 の振動子の振動細棒の断面図である。

【図 3】第 2 の実施の形態に係る電極なしの音叉型水晶振動子の斜視図である。

【図 4】図 3 の音叉型水晶振動子に電極を付けた状態を示す音叉型水晶振動子の斜視図である。

【図 5】図 3 の音叉型水晶振動子の寸法等を示す図である。

【図 6】(a) は、図 4 の音叉型水晶振動子の振動細棒と電極の配置を示す断面図であり、(b) は、(a) とは異なる、他の電極の配置状態の例を示す断面図であり、(c) は、(a) 及び (b) とは異なる、他の電極の配置状態の例を示す断面図である。

【図 7】貫通孔を有する振動細棒と電極の配置を示す概略断面図である。

【図 8】音叉型水晶振動子における溝と大気中 C I との関係を示す図である。

【図 9】他の溝形成の例を示す斜視図である。

【図 10】振動細棒に形成される溝の数を増加した例を示す断面図である。

【図 11】従来の振動子の寸法等を示す図である。

【図 12】従来の振動子の振動細棒の断面図である。

【図 13】従来の振動子の振動細棒の幅を狭くした状態を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0071】

以下、本発明の好適な実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0072】

(第 1 の実施の形態)

図 1 は本発明の第 1 の実施の形態に係る振動子を示す図である。図 1 は、例として時計用に用いられる 32 KHz の水晶で構成された音叉型の振動子 100 の外観を示している。この振動子 100 は、通常二本の振動細棒 120 と基部である固定部 130 とから構成されている。

【0073】

固定部 130 は、パッケージとの固定や、電極を外部に取り出すためのパッド部分を形成するために設けられている。

【0074】

二本の振動細棒 120 は、これらが互いに近づいたり離れたりする方向に振動する。この振動細棒 120 の表面と裏面のいずれかあるいは両方に溝 120a を形成する。溝 120a の形成方法は、振動子 100 の材料を溶解することが可能なエッチング液を用いてフォトリソグラフィーを応用した加工等が用いられる。水晶製の振動子ならば、弗酸系のエッチング液で加工が可能である。

【0075】

図 1 では溝 120a は固定部 130 の一部分まで形成されているが、振動子 100 の特性と加工プロセスによってはこの限りではない。また溝 120a の長さであるが、できるだけ長く振動細棒 120 の長さすべてにわたって溝 120a を設けた方が C I 値は減少する。しかし、電極間容量は増加するため振動子の仕様に合わせて溝 120a の長さは調節される。また、電極の引き回し等の関係や、振動細棒 120 の先端に重りとなる材料を付着させ、周波数調整を行う必要がある場合には振動細棒 120 上のすべてにわたって溝 120a を設ける必要はない。

【0076】

ここで溝 120a を設けることによって何故、特性が向上するかを説明する。

【0077】

図 2 は、本実施の形態に係る振動子 100 における振動細棒 120 の断面図である。

【0078】

本実施の形態に係る振動細棒 120 では電界 160 は振動細棒 120 の深さ方向全体にわたって分布する。すなわち、電極 140a が溝 120a の中まで形成されているため電界 160 は深さ方向まで分布しやすくなる。この場合の溝 120a の深さは深い方が良い。

【0079】

振動細棒が100マイクロメートルの音叉型振動子で、基板（固定部及び振動細棒）の厚みが100マイクロメートルの場合、等価直列抵抗（C I 値）は大気圧中で測定したところ1ギガオームであった。振動細棒120の縁を15マイクロメートル残し深さ20マイクロメートルの溝120aを振動細棒120の両面に形成した本実施の形態に係る音叉型の振動子100では、大気中の等価直列抵抗（C I 値）は600キロオームとなり通常の音叉型振動子と変わらない特性を有する事がわかった。

【0080】

電極140aを深さ方向すべてにわたって形成できるならば、溝120aは表面、裏面で繋がってしまっても良い。すなわち、振動細棒120にスリッドを入れたような構造であっても良い。

【0081】

以上述べたように、本実施の形態によれば、振動子100の厚さを薄くすることなく特性の良い振動子を供給することが可能となる。さらに厚さが従来のものと変わらないため取り扱いが容易で、歩留まりが落ちないという効果を有する。そして、小型で安価な振動子100を供給することができる。

【0082】

（第2の実施の形態）

図3は、第2の実施の形態に係る電極が設けられていない音叉型水晶振動子200を示す概略斜視図である。

【0083】

この音叉型水晶振動子200は、例えば水晶の単結晶から切り出され音叉型に加工されて形成されている。このとき、図3に示すX軸が電気軸、Y軸が機械軸及びZ軸が光軸となるように水晶の単結晶から切り出されることになる。このように電気軸が図3のX軸方向に配置されることにより、高精度が要求される時計及び時計付き機器全般に好適な音叉型水晶振動子200となる。

【0084】

また、水晶の単結晶から切り出す際、上述のX軸、Y軸及びZ軸からなる直交座標系において、X軸回りに、X軸とY軸とからなるXY平面を反時計方向に約1度乃至5度傾けた、所謂水晶Z板として、音叉型水晶振動子200が形成されることになる。

【0085】

この音叉型水晶振動子200は、上述の第1の実施の形態に係る音叉型の振動子100と同様に、基部である固定部230と、この固定部230から図においてY軸方向に突出するように形成された例えば2本の振動細棒220とを有している。また、この2本の振動細棒220の第1及び第2の表面には、図3に示すように溝220aがそれぞれ形成されている。

【0086】

このように形成されている図3に示す音叉型水晶振動子200には、図4に示すように第1の電極である電極240a、第2の電極である電極240b、第3の電極である電極240cが配置されることになる。すなわち、電極を固定部230から振動細棒220にかけて配置するに際し、電極は振動細棒220の側面及び前記第1及び第2の表面には、それぞれ電極240b、240aが設けられている。また、電極240aは、振動細棒220の溝220aの内部にも設けられている。

【0087】

このような電極240a、240bは、電極240a、240b間に電界を発生させ、圧電体である振動細棒220を振動させるために設けられている。さらに、電極240cは、振動細棒220の二つの側面に形成された第2の電極、すなわち電極240b同士を接続するために設けられたものである。

【0088】

これらの電極240a、240b、240cは、具体的には、複数層、例えば2層から成り、下地としてCr、上層がAuから形成されている。この場合、Crの代わりにNi

や T i 等を使用してもよい。

【0089】

また、電極 240 a, 240 b, 240 c として、1 層からなる場合もあり、このとき例えば A l 層が用いられる。この他にも、A l 電極で表面を陽極酸化した電極や C r 電極 1 層で、この C r 層の上に保護膜として S i O₂ 等を形成する電極も用いることができる。

【0090】

本実施の形態では、電極 240 a は、図 4 に示すように、溝 220 a の内部に設けられているが、これに限らず溝 220 a の複数箇所に分けて配置してもよく、また、溝 220 a の側面又は底面にのみ形成されてもよい。

【0091】

また、電極 240 b は、図 4 に示すように振動細棒 220 の側面に配置されているが、これに限らず、後述する図 6 (a) のように、この電極 240 b が振動細棒 220 の複数の面に形成されても良い。

【0092】

以上のように形成されている音叉型水晶振動子 200 は、例えば共振周波数が 32.768 k H であるにもかかわらず、従来の 32.768 k H の音叉型水晶振動子と比べ、小型となっている。例えば図 5 に示すように構成されている。

【0093】

すなわち、図 5 に示す音叉型水晶振動子 200 の Y 軸方向の長さは、例えば約 2.2 m m 程度となっており、音叉型水晶振動子 200 の X 軸方向の幅は、約 0.56 m m 程度となっている。この寸法は、図 10 の従来の音叉型水晶振動片 10 の寸法である、3.6 m m (Y 軸方向)、0.69 m m (X 軸方向) と比べ著しく小さくなっている。

【0094】

また、図 5 に示す振動細棒 220 の X 軸方向の長さは、例えば約 1.6 m m 程度であり、各振動細棒 220 の X 軸方向の幅は、例えば 0.1 m m 程度となっている。このような振動細棒 220 の大きさは、図 10 に示す振動細棒 12 の寸法である 2.4 m m (Y 軸方向)、0.23 m m (X 軸方向) と比べ、著しく小さくなっている。

【0095】

一方、この音叉型水晶振動子 200 の Z 軸方向である音叉型水晶振動子の厚みは、例えば約 0.1 m m 程度となっており、これは、従来の音叉型水晶振動子 200 の厚みと略同様となっている。しかし、本実施の形態に係る音叉型水晶振動子 200 の振動細棒 220 には、上述のように溝 220 a が形成されており、この溝 220 a は、振動細棒 220 上において Y 軸方向に例えば約 1.3 m m 程度の長さ形成されている。この溝 220 a の X 軸方向の幅は、図 5 に示すように例えば約 0.07 m m 程度であり、その Z 軸方向の深さは、例えば約 0.02 m m 程度となっている。

【0096】

さらに、このような小型の音叉型水晶振動子 200 に配置される電極 240 a, 240 b, 240 c の厚みは、例えば下層 C r が 100 Å で上層 A u が 1000 Å と成っている。

【0097】

次に、以上のような小型の音叉型水晶振動子 200 の振動細棒 220 の断面を示したのが図 6 (a) である。図 6 (a) に示すように振動細棒 220 には溝 220 a が図において上下方向にそれぞれ設けられているため、その断面形状が略 H 形に形成されている。そして、この 2 カ所の溝 220 a には、それぞれ電極 240 a が設けられている。また、振動細棒 220 の両側面にも電極 240 b がそれぞれ設けられている。

【0098】

このような電極 240 a, 240 b は、図示しない電源に接続されているとともに、これらの電極 240 a と電極 240 b には、それぞれ極性の異なる電圧が交互に印加されるようになっている。そして、例えば電極 240 a にプラスの電圧を印加し、電極 240 b

にマイナスの電圧を印加した場合、第 1 の実施の形態の図 2 の矢印のように電界が発生することになる。

【0099】

この電界が生じることによって、振動細棒 220 は、振動し、この音叉型水晶振動子 200 が用いられる例えば携帯電話や IC カードの発振源の部品として使用されることになる。

【0100】

なお、上述のような振動細棒 220 に対する電極 240 a, 240 b の配置の態様は、図 6 (a) のような態様だけでなく、図 6 (b) や図 6 (c) のように構成してもよい。

【0101】

また、本実施の形態では、振動細棒 220 に溝 220 a を設けたが、これに限らず、この溝 220 a を貫通孔としてもよい。この場合、貫通孔を有する振動細棒 220' は、図 7 に示すように例えば電極 240 a と電極 240 b が対向して配置される構成となる。図 7 は貫通孔を有する振動細棒 220' の断面を示した概略図である。

【0102】

さらに、この場合において、電極 240 a をこの貫通孔のすべてに配置してよいが、これと異なり、電極 240 a を、この貫通孔の複数箇所に分けて配置してもよい。

【0103】

ところで、音叉型水晶振動子 200 の小型化に伴って、上述のように、振動細棒 220 の Y 軸方向の長さを短くすると、共振周波数が高くなり、安定した共振周波数を維持できないという問題があるため、これを防ぐため、振動細棒 220 の X 軸方向の幅を狭くする必要がある。しかし、この振動細棒 220 の X 軸方向の幅を狭くすると、図 12 に示すように電極 23 b を大きくとれないため、電極 23 a と電極 23 b との間に生じる電界が振動細棒 22 に深さ方向に一定で強く分布せず、電界の強度が小さくなり、これによって振動細棒 22 の振動が弱くなり、振動損失が大きくなってしまっていた。

【0104】

この振動損失は、C I 値（クリスタルインピーダンス又は等価直列抵抗 R_r ）で示される。通常の音叉型水晶振動子の C I 値は、真空中で $30\text{ K}\Omega$ 乃至 $60\text{ K}\Omega$ が好ましく、また、大気中での C I 値を参考値として示せば $400\text{ K}\Omega$ 程度となる。

【0105】

本実施の形態に係る音叉型水晶振動子 200 の振動細棒 220 に溝 220 a を設けない場合の C I 値は、図 8 に示すように大気中で、 $1000\text{ K}\Omega$ となり、上述の参考値である $400\text{ K}\Omega$ を大きく上回っている。

【0106】

このため、単に小型化された音叉型水晶振動子では、C I 値が高くなり過ぎ、携帯電話や IC カード等の発振器に使用するには不適切であった。

【0107】

しかし、本実施の形態では、図 8 に示すように溝 220 a の深さを 0.02 mm ($20\text{ }\mu\text{m}$) としたので、C I 値が $425\text{ K}\Omega$ となり、上述の好適値 $400\text{ K}\Omega$ に近似した値となるため、C I 値は適正範囲に止まり、携帯電話や IC カード等の発振器に使用するのに好適になった。また、このように溝 220 a を振動細棒 220 に形成するのは、振動細棒 220 自体の厚さを薄くする場合に比べ、格段に加工性に優れているため、製造される音叉型水晶振動子 200 の歩留りが向上することになる。

【0108】

なお、本実施の形態においては、加工の容易さ等に鑑み、溝 220 a の深さを 0.02 mm としたが、図 8 の表からも明らかなように溝 220 a の深さが深い程、C I 値は下がり、少なくとも 0.035 mm の深さの場合は、 $333\text{ K}\Omega$ となった。この場合、少なくとも真空での C I 値は $40\text{ K}\Omega$ となった。

【0109】

このように本実施の形態では、振動細棒 220 に 2 カ所の溝 220 a, 220 a を設け

、電極 2 4 0 a をそれぞれに配置したため、図 1 3 に示す従来の振動細棒 2 2 0 の電極 2 3 a と異なり、電極 2 4 0 a を大きく配置することができるため、第 1 の実施の形態の図 2 に示すように電界が振動細棒 2 2 0 の深さ方向に一定で強く分布し、振動損失を低く抑えることができることになる。この振動損失の低下は、図 8 に示す C I 値からも明らかである。

【0 1 1 0】

なお、本実施の形態では図 6 (a) に示すように振動細棒 2 2 0 にのみ溝 2 2 0 a を設けたが、図 9 に示すように、振動細棒 3 2 0 と固定部 3 3 0 にかけて溝 3 2 0 a を形成してもよい。この場合、溝 3 2 0 a の中に振動による応力を閉じ込めることができるため振動子を固定した場合、周波数の変動を押さえることができる。

【0 1 1 1】

以上のように小型で C I 値が適正範囲にある 3 2 . 7 6 8 k H の音叉型水晶振動子 2 0 0 , 3 0 0 を小さなパッケージ、例えば 3 . 2 m m (Y 軸方向) 、 1 . 6 m m (X 軸方向) 0 . 9 m m (Z 軸方向) に入れることで、小型の携帯電話や I C カード等に用いることができるようになる。

【0 1 1 2】

また、本実施の形態では、3 2 . 7 3 8 k H の音叉型水晶振動子 2 0 0 を例に説明したが、1 5 k H 乃至 1 5 5 k H の音叉型水晶振動子に適用し得ることは明らかである。

【0 1 1 3】

さらに、本実施の形態では、図 6 に示すように、振動細棒 2 2 0 に溝 2 2 0 a を 2 つ形成した場合について説明したが、図 1 0 に示すように振動細棒 4 2 0 の上下に 2 つずつ溝を設け、それぞれに電極 4 4 0 a を配置してもよい。

【0 1 1 4】

なお、上述の各実施の形態に係る音叉型の振動子 1 0 0 及び音叉型水晶振動子 2 0 0 は、小型の携帯電話や I C カードのみならず、他の電子機器であるジャイロ、携帯情報端末、さらに、テレビジョン、ビデオ機器、所謂ラジカセ、パーソナルコンピュータ等の時計内蔵機器及び時計にも用いられることは明らかである。

【0 1 1 5】

以上説明したように本発明によれば、C I 値を低く抑え、且つ加工が容易な小型の振動子とすることができる。

【産業上の利用可能性】

【0 1 1 6】

このように、本発明は、振動子、例えば音叉型水晶振動子やジャイロセンサー等のような振動子及び振動子を搭載する電子機器として用いるのに適している。

【符号の説明】

【0 1 1 7】

1 0 0 …振動子、1 2 0 , 2 2 0 , 2 2 0 ' , 3 2 0 , 4 2 0 …振動細棒、1 2 0 a , 2 2 0 a , 3 2 0 a …溝、1 3 0 , 2 3 0 , 3 3 0 …固定部、1 4 0 a , 2 4 0 a , 2 4 0 b , 2 4 0 c , 4 4 0 a …電極、1 6 0 …電界、2 0 0 , 3 0 0 …音叉型水晶振動子、R r …クリスタルインピーダンス又は等価直列抵抗。