

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7273377号
(P7273377)

(45)発行日 令和5年5月15日(2023.5.15)

(24)登録日 令和5年5月2日(2023.5.2)

(51)国際特許分類	F I
H 0 3 H 9/19 (2006.01)	H 0 3 H 9/19 F
H 0 3 H 9/10 (2006.01)	H 0 3 H 9/10
H 0 3 H 3/02 (2006.01)	H 0 3 H 3/02 B
H 1 0 N 30/88 (2023.01)	H 1 0 N 30/88
H 1 0 N 30/87 (2023.01)	H 1 0 N 30/87

請求項の数 11 (全19頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2021-548325(P2021-548325)	(73)特許権者	000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(86)(22)出願日	令和2年5月14日(2020.5.14)	(74)代理人	100079108 弁理士 稲葉 良幸
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/019308	(74)代理人	100109346 弁理士 大貫 敏史
(87)国際公開番号	WO2021/059581	(74)代理人	100117189 弁理士 江口 昭彦
(87)国際公開日	令和3年4月1日(2021.4.1)	(74)代理人	100134120 弁理士 内藤 和彦
審査請求日	令和4年1月20日(2022.1.20)	(74)代理人	100126480 弁理士 佐藤 睦
(31)優先権主張番号	特願2019-175977(P2019-175977)	(72)発明者	尾島 茂夫 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(32)優先日	令和1年9月26日(2019.9.26)		最終頁に続く
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54)【発明の名称】 圧電振動子及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧電片と、前記圧電片を挟んで互いに対向する各電極を含む一対の電極と、を有する圧電振動素子と、

前記圧電振動素子を収容する保持器とを備え、

前記一対の電極のうち少なくとも一方の電極の上方には樹脂層が設けられ、前記電極と前記樹脂層との間には、前記樹脂層よりも透湿性が低い撥水層が設けられた、圧電振動子。

【請求項2】

前記圧電振動素子を前記保持器に保持する一対の導電性保持部材をさらに備え、前記一対の導電性保持部材は、前記撥水層を構成する材料と同一材料を有する、請求項1に記載の圧電振動子。

10

【請求項3】

前記撥水層を構成する材料は、シリコーン樹脂を含む、請求項1又は2に記載の圧電振動子。

【請求項4】

前記保持器は、ベース部材と、前記ベース部材との間に前記圧電振動素子を収容する内部空間を形成する蓋部材と、前記ベース部材と前記蓋部材とを接合する接合部材とを有する、

請求項1から3のいずれか1項に記載の圧電振動子。

20

【請求項 5】

前記接合部材は、樹脂材料からなる、
請求項 4 に記載の圧電振動子。

【請求項 6】

前記接合部材は、前記樹脂層を構成する材料と同一材料を有する、
請求項 4 又は 5 に記載の圧電振動子。

【請求項 7】

前記樹脂層を構成する材料は、エポキシ樹脂又はポリイミド樹脂を含む、
請求項 6 に記載の圧電振動子。

【請求項 8】

前記一对の電極の少なくとも一方の電極は、金を含む第 1 層と、前記圧電片と前記第 1 層との間に設けられクロムを含む第 2 層とを有し、
前記撥水層は、前記第 1 層における金の粒界を含む領域に設けられた、
請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の圧電振動子。

10

【請求項 9】

前記一对の電極のうち少なくとも一方の電極は、励振電極を有し、
前記撥水層は、前記励振電極の表面を覆う、
請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の圧電振動子。

【請求項 10】

前記圧電振動素子は、水晶振動素子である、
請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の圧電振動子。

20

【請求項 11】

圧電片を準備する工程と、
前記圧電片を挟んで互いに対向する各電極を含む一对の電極を設ける工程と、
導電性保持部材を用いて圧電振動素子をベース部材に搭載する工程と、
前記各電極のうち前記ベース部材とは反対側の電極の一部を除去して前記圧電振動素子の周波数を調整する工程と、
前記各電極をアニールするとともに、前記導電性保持部材の一部を飛散させて前記各電極の表面に堆積させる工程と、
接合部材を用いて蓋部材を前記ベース部材に接合するとともに、前記接合部材の一部を飛散させて撥水層の上に堆積させる工程と
を備える、圧電振動子の製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電振動子及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

圧電振動子は、移動通信端末、通信基地局、家電などの各種電子機器において、タイミングデバイス、センサ、発振器などの用途に用いられている。例えば、圧電振動子は、圧電効果を利用して電気振動を機械振動に変換する機械振動部を有する圧電振動素子と、当該圧電振動素子を収容する保持器と、圧電振動素子と保持器とを電氣的に接続する導電性保持部材とからなる。導電性保持部材は、例えば、シリコン樹脂を主成分とする導電性接着剤の硬化物である。

40

【0003】

特許文献 1 には、圧電基板の表層にクロムを下地膜として金を成膜した励振電極の全面にシリコン分子を化学吸着させて単分子膜を形成することにより、シリコン系接着剤から蒸散するシロキサン成分が励振電極の全面に付着することを防止して、圧電振動子の周波数変動を抑制する方法が開示されている。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2006-217253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に記載の方法では、圧電振動子の製造過程で下地膜のクロムが拡散して金粒子の粒界から隆起し、単分子膜から露出したクロムが酸化または水酸化することで周波数が変動する場合があった。

【0006】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、周波数安定性が向上した圧電振動子及びその製造方法の提供である。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様に係る圧電振動子は、圧電片と、圧電片を挟んで互いに対向する各電極を含む一对の電極と、を有する圧電振動素子と、圧電振動素子を収容する保持器とを備え、一对の電極のうち少なくとも一方の電極の上方には樹脂層が設けられ、電極と樹脂層との間には、樹脂層よりも透湿性が低い撥水層が設けられる。

【0008】

本発明の他の一態様に係る圧電振動子の製造方法は、圧電片を準備する工程と、圧電片を挟んで互いに対向する各電極を含む一对の電極を設ける工程と、導電性保持部材を用いて圧電振動素子をベース部材に搭載する工程と、各電極のうちベース部材とは反対側の電極の一部を除去して圧電振動素子の周波数を調整する工程と、各電極をアニールするとともに、導電性保持部材の一部を飛散させて各電極の表面に堆積させる工程と、接合部材を用いて蓋部材をベース部材に接合するとともに、接合部材の一部を飛散させて撥水層の上に堆積させる工程とを備える。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、周波数安定性が向上した圧電振動子及びその製造方法が提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1実施形態に係る水晶振動子の構成を概略的に示す分解斜視図である。

【図2】第1実施形態に係る水晶振動子の構成を概略的に示す断面図である。

【図3】水晶振動素子の電極の構成を概略的に示す断面図である。

【図4】第1励振電極の中央部における表面の構成を概略的に示す断面図である。

【図5】第1実施形態に係る水晶振動子の製造方法を概略的に示すフローチャートである。

【図6】イオンミリングを行う前の第1励振電極を概略的に示す断面図である。

【図7】イオンミリングによる第1励振電極の変化を概略的に示す断面図である。

【図8】アニーリングによる導電性保持部材の変化を概略的に示す断面図である。

【図9】アニーリングによる第1励振電極の変化を概略的に示す断面図である。

【図10】接合工程における接合部材の変化を概略的に示す断面図である。

【図11】接合工程における第1励振電極の変化を概略的に示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。各実施形態の図面は例示であり、各部の寸法や形状は模式的なものであり、本願発明の技術的範囲を当該実施形態に限定して解するべきではない。

【0012】

<第1実施形態>

図1及び図2を参照しつつ、本発明の第1実施形態に係る水晶振動子1の構成について

10

20

30

40

50

説明する。図 1 は、第 1 実施形態に係る水晶振動子の構成を概略的に示す分解斜視図である。図 2 は、第 1 実施形態に係る水晶振動子の構成を概略的に示す断面図である。

【 0 0 1 3 】

各々の図面には、各々の図面相互の関係を明確にし、各部材の位置関係を理解する助けとするために、便宜的に X 軸、Y' 軸及び Z' 軸からなる直交座標系を付すことがある。X 軸、Y' 軸及び Z' 軸は各図面において互いに対応している。X 軸、Y' 軸及び Z' 軸は、それぞれ、後述の水晶片 11 の結晶軸 (Crystallographic Axis) に対応している。X 軸が電気軸 (極性軸)、Y 軸が機械軸、Z 軸が光学軸に対応している。Y' 軸及び Z' 軸は、それぞれ、Y 軸及び Z 軸を X 軸の周りに Y 軸から Z 軸の方向に 35 度 15 分 ± 1 分 30 秒回転させた軸である。

10

【 0 0 1 4 】

以下の説明において、X 軸に平行な方向を「X 軸方向」、Y' 軸に平行な方向を「Y' 軸方向」、Z' 軸に平行な方向を「Z' 軸方向」という。また、X 軸、Y' 軸及び Z' 軸の矢印の先端方向を「+ (プラス)」、矢印とは反対の方向を「- (マイナス)」という。なお、便宜的に、+ Y' 軸方向を上方向、- Y' 軸方向を下方向として説明するが、水晶振動子 1 の上下の向きは限定されるものではない。例えば、以下の説明において、水晶振動素子 10 における + Y' 軸方向の側を上面 11 A とし、- Y' 軸方向の側を下面 11 B とするが、水晶片 11 は、当該上面 11 A が当該下面 11 B の鉛直下側に位置するように配置されてもよい。

【 0 0 1 5 】

水晶振動子 1 は、水晶振動素子 10 と、ベース部材 30 と、蓋部材 40 と、接合部材 50 とを備えている。水晶振動素子 10 は、ベース部材 30 と蓋部材 40 との間に設けられている。ベース部材 30、蓋部材 40 及び接合部材 50 は、水晶振動素子 10 を収容するための保持器を構成している。図 1 及び図 2 に示した例では、ベース部材 30 は平板状をなしており、蓋部材 40 はベース部材 30 側に水晶振動素子 10 を収容する有底の開口部を有する。そして、水晶振動素子 10 は、ベース部材 30 に搭載されている。なお、水晶振動素子 10 のうち少なくとも励振される部分が保持器に収容されれば、ベース部材 30 及び蓋部材 40 の形状は上記に限定されるものではない。また、水晶振動素子 10 の保持方法も上記に限定されるものではない。例えば、ベース部材 30 が蓋部材 40 側に水晶振動素子 10 を収容する有底の開口部を有してもよい。また、ベース部材 30 及び蓋部材 40 が、水晶振動素子 10 のうち励振される部分の周辺部を挾持してもよい。

20

30

【 0 0 1 6 】

まず、水晶振動素子 10 について説明する。

水晶振動素子 10 は、圧電効果により水晶を振動させ、電気エネルギーと機械エネルギーとを変換する素子である。水晶振動素子 10 は、薄片状の水晶片 11 と、一对の励振電極を構成する第 1 励振電極 14 a 及び第 2 励振電極 14 b と、一对の引出電極を構成する第 1 引出電極 15 a 及び第 2 引出電極 15 b と、一对の接続電極を構成する第 1 接続電極 16 a 及び第 2 接続電極 16 b とを備えている。

【 0 0 1 7 】

水晶片 11 は、互いに対向する上面 11 A 及び下面 11 B を有している。上面 11 A は、ベース部材 30 に対向する側とは反対側、すなわち後述する蓋部材 40 の天面部 41 に対向する側に位置している。下面 11 B は、ベース部材 30 に対向する側に位置している。

40

【 0 0 1 8 】

水晶片 11 は、例えば、AT カット型の水晶片である。AT カット型の水晶片 11 は、互いに交差する X 軸、Y' 軸、及び Z' 軸からなる直交座標系において、X 軸及び Z' 軸によって特定される面と平行な面 (以下、「XZ' 面」と呼ぶ。他の軸によって特定される面についても同様である。) が主面となり、Y' 軸と平行な方向が厚さとなるように形成される。例えば、AT カット型の水晶片 11 は、人工水晶 (Synthetic Quartz Crystal) の結晶体を切断及び研磨加工して得られる水晶基板 (例えば、水晶ウェハ) をエッチング加工することで形成される。

50

【 0 0 1 9 】

A Tカット型の水晶片 1 1 を用いた水晶振動素子 1 0 は、広い温度範囲で高い周波数安定性を有する。A Tカット型の水晶片 1 1 では、厚みすべり振動モード (Thickness Shear Vibration Mode) が主要振動として用いられる。なお、A Tカット型の水晶片 1 1 における Y' 軸及び Z' 軸の回転角度は、35 度 15 分から - 5 度以上 15 度以下の範囲で傾いてもよい。水晶片 1 1 のカット角度は、A Tカット以外の異なるカットを適用してもよい。例えば B Tカット、G Tカット、S Cカットなどを適用してよい。また、水晶振動素子は、Z 板と呼ばれるカット角の水晶片を用いた音叉型水晶振動素子であってもよい。

【 0 0 2 0 】

A Tカット型の水晶片 1 1 は、X 軸方向に平行な長辺が延在する長辺方向と、Z' 軸方向に平行な短辺が延在する短辺方向と、Y' 軸方向に平行な厚さが延在する厚さ方向を有する板状である。水晶片 1 1 は、上面 1 1 A を平面視したときに矩形状をなしており、中央に位置し励振に寄与する励振部 1 7 と、励振部 1 7 に隣接する周辺部 1 8 , 1 9 とを有している。励振部 1 7 及び周辺部 1 8 , 1 9 は、それぞれ、水晶片 1 1 の Z' 軸方向に沿った全幅に亘って帯状に形成されている。周辺部 1 8 は励振部 1 7 の - X 軸方向側に位置し、周辺部 1 9 は励振部 1 7 の + X 軸方向側に位置している。

【 0 0 2 1 】

なお、上面 1 1 A を平面視したときの水晶片 1 1 の平面形状は矩形状に限定されるものではない。水晶片 1 1 の平面形状は、多角形状、円形状、楕円形状又はこれらの組合せであってもよい。水晶片 1 1 の平面形状は音叉形状であってもよい。言い換えると、水晶片 1 1 が、基部と、基部から並行に延出する振動腕部とを有してもよい。水晶片 1 1 には、振動漏れや応力伝搬を抑制する目的でスリットが形成されてもよい。水晶片 1 1 の励振部 1 7 及び周辺部 1 8 , 1 9 の形状も全幅に亘る帯状に限定されるものではない。例えば、励振部の平面形状は、Z' 軸方向においても周辺部と隣接する島状であってもよく、周辺部の平面形状は、励振部を囲む枠状に形成されてもよい。

【 0 0 2 2 】

水晶片 1 1 は、励振部 1 7 の厚さが周辺部 1 8 , 1 9 の厚さよりも大きい、いわゆるメサ型構造である。メサ型構造の水晶片 1 1 によれば、励振部 1 7 からの振動漏れが抑制できる。水晶片 1 1 は両面メサ型構造であり、上面 1 1 A 及び下面 1 1 B の両側において、励振部 1 7 が周辺部 1 8 , 1 9 から突出している。励振部 1 7 と周辺部 1 8 との境界、及び、励振部 1 7 と周辺部 1 9 との境界は、厚みが連続的に変化するテーパ形状をなすが、厚みの変化が不連続な階段形状をなしてもよい。当該境界は、厚みの変化量が連続的に変化するコンベックス形状、又は厚みの変化量が不連続に変化するベベル形状であってもよい。なお、水晶片 1 1 は、上面 1 1 A 又は下面 1 1 B の片側において励振部 1 7 が周辺部 1 8 , 1 9 から突出する片面メサ型構造であってもよい。また、水晶片 1 1 は、励振部 1 7 の厚さが周辺部 1 8 , 1 9 の厚さよりも小さい、いわゆる逆メサ型構造であってもよい。

【 0 0 2 3 】

第 1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b は、励振部 1 7 に設けられている。第 1 励振電極 1 4 a は水晶片 1 1 の上面 1 1 A 側に設けられ、第 2 励振電極 1 4 b は水晶片 1 1 の下面 1 1 B 側に設けられている。言い換えると、第 1 励振電極 1 4 a は水晶片 1 1 の蓋部材 4 0 側の主面に設けられ、第 2 励振電極 1 4 b は水晶片 1 1 のベース部材 3 0 側の主面に設けられている。第 1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b は、水晶片 1 1 を挟んで互いに対向している。水晶片 1 1 の上面 1 1 A を平面視したとき、第 1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b は、それぞれ矩形状をなしており、互いの略全体が重なり合うように配置されている。第 1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b は、それぞれ、水晶片 1 1 の Z' 軸方向に沿った全幅に亘って帯状に形成されている。一对の電極を構成する第 1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b のそれぞれは、水晶片 1 1 を挟んで互いに対向する各電極に相当する。

【 0 0 2 4 】

10

20

30

40

50

なお、水晶片 1 1 の上面 1 1 A を平面視したときの第 1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b の平面形状は矩形形状に限定されるものではない。第 1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b の平面形状は、多角形状、円形状、楕円形状又はこれらの組合せであってもよい。

【 0 0 2 5 】

第 1 引出電極 1 5 a 及び第 2 引出電極 1 5 b は、周辺部 1 8 に設けられている。第 1 引出電極 1 5 a は水晶片 1 1 の上面 1 1 A 側に設けられ、第 2 引出電極 1 5 b は水晶片 1 1 の下面 1 1 B 側に設けられている。第 1 引出電極 1 5 a は、第 1 励振電極 1 4 a と第 1 接続電極 1 6 a とを電氣的に接続している。第 2 引出電極 1 5 b は、第 2 励振電極 1 4 b と第 2 接続電極 1 6 b とを電氣的に接続している。例えば、図 1 に示すように、第 1 引出電極 1 5 a の一端が励振部 1 7 において第 1 励振電極 1 4 a に接続され、第 1 引出電極 1 5 a の他端が周辺部 1 8 において第 1 接続電極 1 6 a に接続されている。また、第 2 引出電極 1 5 b の一端が励振部 1 7 において第 2 励振電極 1 4 b に接続され、第 2 引出電極 1 5 b の他端が周辺部 1 8 において第 2 接続電極 1 6 b に接続されている。浮遊容量の低減を目的として、第 1 引出電極 1 5 a 及び第 2 引出電極 1 5 b は、水晶片 1 1 の上面 1 1 A を平面視したときに互いに離れていることが望ましい。例えば、第 1 引出電極 1 5 a は、第 2 引出電極 1 5 b から視て + Z' 軸方向に設けられている。

10

【 0 0 2 6 】

第 1 接続電極 1 6 a 及び第 2 接続電極 1 6 b は、それぞれ、第 1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b をベース部材 3 0 に電氣的に接続するための電極であり、周辺部 1 8 において水晶片 1 1 の下面 1 1 B 側に設けられている。第 1 接続電極 1 6 a は、水晶片 1 1 の - X 軸方向側の端部と + Z' 軸方向側の端部とによって形成される角部に設けられ、第 2 接続電極 1 6 b は、水晶片 1 1 の - X 軸方向側の端部と - Z' 軸方向側の端部とによって形成される角部に設けられている。

20

【 0 0 2 7 】

次に、ベース部材 3 0 について説明する。

ベース部材 3 0 は、水晶振動素子 1 0 を励振可能に保持するものである。ベース部材 3 0 は、互いに対向する上面 3 1 A 及び下面 3 1 B を有する基体 3 1 を備えている。上面 3 1 A は、水晶振動素子 1 0 及び蓋部材 4 0 の側に位置し、水晶振動素子 1 0 が搭載される搭載面に相当する。下面 3 1 B は、例えば、水晶振動子 1 を外部の回路基板に実装する際に、当該回路基板に対向する実装面に相当する。基体 3 1 は、例えば絶縁性セラミック（アルミナ）などの焼結材である。熱応力の発生を抑制する観点から、基体 3 1 は耐熱性材料から構成されることが好ましい。熱履歴によって水晶振動素子 1 0 にかかる応力を抑制する観点から、基体 3 1 は、水晶片 1 1 に近い熱膨張率を有する材料によって設けられてもよく、例えば水晶によって設けられてもよい。

30

【 0 0 2 8 】

ベース部材 3 0 は、一对の電極パッドを構成する第 1 電極パッド 3 3 a 及び第 2 電極パッド 3 3 b を備えている。第 1 電極パッド 3 3 a 及び第 2 電極パッド 3 3 b は、基体 3 1 の上面 3 1 A に設けられている。第 1 電極パッド 3 3 a 及び第 2 電極パッド 3 3 b は、ベース部材 3 0 に水晶振動素子 1 0 を電氣的に接続するための端子である。酸化による信頼性の低下を抑制する観点から、第 1 電極パッド 3 3 a 及び第 2 電極パッド 3 3 b のそれぞれの最表面は金を含有するのが望ましく、ほぼ金のみからなるのがさらに望ましい。例えば、第 1 電極パッド 3 3 a 及び第 2 電極パッド 3 3 b は、基体 3 1 との密着性を向上させる下地層と、金を含み酸化を抑制する表面層とを有する二層構造であってもよい。

40

【 0 0 2 9 】

ベース部材 3 0 は、第 1 外部電極 3 5 a、第 2 外部電極 3 5 b、第 3 外部電極 3 5 c 及び第 4 外部電極 3 5 d を備えている。第 1 外部電極 3 5 a ~ 第 4 外部電極 3 5 d は、基体 3 1 の下面 3 1 B に設けられている。第 1 外部電極 3 5 a 及び第 2 外部電極 3 5 b は、図示しない外部の基板と水晶振動子 1 とを電氣的に接続するための端子である。第 3 外部電極 3 5 c 及び第 4 外部電極 3 5 d は、電気信号等が入出力されないダミー電極であるが、

50

蓋部材 40 を接地させて蓋部材 20 の電磁シールド機能を向上させる接地電極であってもよい。なお、第 3 外部電極 35c 及び第 4 外部電極 35d は、省略されてもよい。

【0030】

第 1 電極パッド 33a 及び第 2 電極パッド 33b は、ベース部材 30 の - X 軸方向の側の端部において、Z' 軸方向に沿って並んでいる。第 1 外部電極 35a 及び第 2 外部電極 35b は、ベース部材 30 の - X 軸方向の側の端部において、Z' 軸方向に沿って並んでいる。第 3 外部電極 35c 及び第 4 外部電極 35d は、ベース部材 30 の + X 軸方向の側の端部において、Z' 軸方向に沿って並んでいる。第 1 電極パッド 33a は、基体 31 を Y' 軸方向に沿って貫通する第 1 貫通電極 34a を介して、第 1 外部電極 35a に電氣的に接続されている。第 2 電極パッド 33b は、基体 31 を Y' 軸方向に沿って貫通する第 2 貫通電極 34b を介して、第 2 外部電極 35b に電氣的に接続されている。

10

【0031】

第 1 電極パッド 33a 及び第 2 電極パッド 33b は、それぞれ、基体 31 の上面 31A と下面 31B とを繋ぐ側面に設けられた側面電極を介して、第 1 外部電極 35a 及び第 2 外部電極 35b に電氣的に接続されてもよい。第 1 外部電極 35a ~ 第 4 外部電極 35d は、基体 31 の側面に凹状に設けられたキャストレーション電極でもよい。

【0032】

ベース部材 30 は、一对の導電性保持部材を構成する第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b を備えている。第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b は、水晶振動素子 10 をベース部材 30 に搭載し、水晶振動素子 10 とベース部材 30 とを電氣的に接続する。第 1 導電性保持部材 36a は、第 1 電極パッド 33a と第 1 接続電極 16a とに接合され、第 1 電極パッド 33a と第 1 接続電極 16a とを電氣的に接続している。第 2 導電性保持部材 36b は、第 2 電極パッド 33b と第 2 接続電極 16b とに接合され、第 2 電極パッド 33b と第 2 接続電極 16b とを電氣的に接続している。第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b は、励振部 17 が励振可能となるように、ベース部材 30 から間隔を空けて水晶振動素子 10 を保持している。

20

【0033】

第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b は、熱硬化性樹脂や光硬化性樹脂等を含む導電性接着剤の硬化物であり、第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b の主成分は、例えばシリコン樹脂である。第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b は導電性粒子を含んでおり、当該導電性粒子としては例えば銀 (Ag) を含む金属粒子が用いられる。第 1 導電性保持部材 36a は第 1 電極パッド 33a と第 1 接続電極 16a とを接着し、第 2 導電性保持部材 36b は第 2 電極パッド 33b と第 2 接続電極 16b とを接着している。

30

【0034】

第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b の主成分は、硬化性樹脂であればシリコン樹脂に限定されるものではなく、例えばエポキシ樹脂やアクリル樹脂などであってもよい。また、第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b への導電性の付与は、銀粒子によるものに限定されるものではなく、その他の金属、導電性セラミック、導電性有機材料などによるものでもよい。第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b の主成分が導電性高分子であってもよい。

40

【0035】

第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b の樹脂組成物には、任意の添加剤を含有してもよい。添加剤は、例えば、導電性接着剤の作業性や保存性の向上などを目的とする粘着付与剤、充填剤、増粘剤、増感剤、老化防止剤、消泡剤などである。また、硬化物の強度を増加させる目的、あるいはベース部材 30 と水晶振動素子 10 との間隔を保つ目的のフィラーが添加されてもよい。

【0036】

次に、蓋部材 40 について説明する。

蓋部材 40 は、ベース部材 30 に接合され、ベース部材 30 との間に水晶振動素子 10

50

が収容される内部空間 4 9 を形成する。蓋部材 4 0 の材質は特に限定されるものではないが、例えば金属などの導電材料で構成されている。蓋部材 4 0 が導電材料で構成されることによって、内部空間 4 9 への電磁波の出入りを低減する電磁シールド機能が蓋部材 4 0 に付与される。

【 0 0 3 7 】

蓋部材 4 0 は、平板状の天面部 4 1 と、天面部 4 1 の外縁に接続されており且つ天面部 4 1 の主面に対して交差する方向に延在する側壁部 4 2 とを有している。主面の法線方向から平面視したときの天面部 4 1 の平面形状は、例えば矩形形状である。天面部 4 1 は水晶振動素子 1 0 を間に挟んでベース部材 3 0 と対向し、側壁部 4 2 は X Z ' 面と平行な方向において水晶振動素子 1 0 の周囲を囲んでいる。側壁部 4 2 の先端は、水晶振動素子 1 0 よりもベース部材 3 0 側において杵状に延在している。

10

【 0 0 3 8 】

蓋部材 4 0 は、セラミック材料、半導体材料、樹脂材料などによって設けられてもよい。また、天面部 4 1 の平面形状は、多角形状、円形状、楕円形状及びこれらの組合せでもよい。

【 0 0 3 9 】

次に、接合部材 5 0 について説明する。

接合部材 5 0 は、ベース部材 3 0 及び蓋部材 4 0 の各全周に亘って設けられ、矩形の杵状をなしている。ベース部材 3 0 の上面 3 1 A を平面視したとき、第 1 電極パッド 3 3 a 及び第 2 電極パッド 3 3 b は、接合部材 5 0 の内側に配置されており、接合部材 5 0 は水晶振動素子 1 0 を囲むように設けられている。接合部材 5 0 は、蓋部材 4 0 の側壁部 4 2 の先端と、ベース部材 3 0 の基体 3 1 の上面 3 1 A とを接合し、内部空間 4 9 を封止している。接合部材 5 0 は、樹脂材料からなる。接合部材 5 0 は、ガスバリア性の高いことが望ましく、透湿性の低いことがさらに望ましい。このような接合部材 5 0 は、例えば、エポキシ樹脂を主成分とする接着剤の硬化物である。接合部材 5 0 を構成する樹脂系接着剤は、例えば、ポリイミド樹脂、ビニル化合物、アクリル化合物、ウレタン化合物、シリコン化合物などを含んでもよい。

20

【 0 0 4 0 】

なお、接合部材 5 0 は周方向で連続した杵状に限定されるものではなく、周方向で不連続に設けられてもよい。接合部材 5 0 は、水ガラスなどを含むケイ素系接着剤の硬化物、セメントなどを含むカルシウム系接着剤の硬化物、Au - Sn 合金系の金属半田などによって設けられてもよい。接合部材 5 0 を金属半田によって設ける場合、ベース部材 3 0 と接合部材 5 0 との密着性の向上を目的として、ベース部材 3 0 にメタライズ層を設けてもよい。接合部材 5 0 は、樹脂系接着剤の硬化物と、樹脂系接着剤の硬化物よりも透湿性の低いコーティングとを備えてもよい。

30

【 0 0 4 1 】

次に、図 3 及び図 4 を参照しつつ、水晶振動素子 1 0 の電極及びその表面の構成をより詳細に説明する。図 3 は、水晶振動素子の電極の構成を概略的に示す断面図である。図 4 は、第 1 励振電極の中央部における表面の構成を概略的に示す平面図である。

【 0 0 4 2 】

水晶振動素子 1 0 は、一对の電極を備えている。図 3 に示す例では、一对の電極のうち一方の電極は、第 1 励振電極 1 4 a、第 1 引出電極 1 5 a 及び第 1 接続電極 1 6 a を含み、一对の電極のうち他方の電極は、第 2 励振電極 1 4 b、第 2 引出電極 1 5 b 及び第 2 接続電極 1 6 b を含む。第 1 励振電極 1 4 a、第 1 引出電極 1 5 a 及び第 1 接続電極 1 6 a からなる一群の電極は、互いに連続的に形成されている。この場合、この一群の電極は、一体的に形成されていてもよい。第 2 励振電極 1 4 b、第 2 引出電極 1 5 b 及び第 2 接続電極 1 6 b からなる一群の電極も同様に、互いに連続的に形成されており、一体的に形成されてもよい。本実施形態において、水晶振動素子 1 0 の一对の電極は、下地層 2 1 及び表面層 2 2 を有している。

40

【 0 0 4 3 】

50

下地層 2 1 は、水晶片 1 1 に接触しており、水晶片 1 1 と表面層 2 2 との間に設けられている。下地層 2 1 は、水晶片 1 1 との密着性が表面層 2 2 の材料よりも高い材料で設けられている。本実施形態において、下地層 2 1 は、主成分としてクロム (Cr) を含んでいる。下地層 2 1 は、例えば、水晶片 1 1 の表面にスパッタリング法で成膜された Cr 膜である。下地層 2 1 は、第 1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b の第 1 層に相当する。なお、下地層 2 1 の主成分は、シリコン酸化物との親和性が高ければ Cr に限定されるものではなく、ニッケル (Ni) などであってもよい。

【0044】

表面層 2 2 は、下地層 2 1 における水晶振動素子 1 0 とは反対側に設けられている。例えば、表面層 2 2 の厚さは、下地層 2 1 の厚さよりも大きい。表面層 2 2 は、化学的安定性が下地層 2 1 の材料よりも高い材料で設けられている。本実施形態において、表面層 2 2 は、主成分として金 (Au) を含んでいる。表面層 2 2 は、例えば、下地層 2 1 の表面にスパッタリング法で成膜された Au 膜である。本実施形態において、第 1 励振電極 1 4 a の表面層 2 2 の厚さは、第 2 励振電極 1 4 b の表面層 2 2 の厚さよりも大きい。また、後述する周波数調整のためのイオンミニングによって第 1 励振電極 1 4 a の表面層 2 2 の一部が除去されるとき、XZ' 面における中央部が周辺よりも深く削られてもよい。つまり、第 1 励振電極 1 4 a の表面は、XZ' 面における中央部において凹状を成してもよい。なお、イオンミニングの範囲を広くすることにより、第 1 励振電極 1 4 a の表面層 2 2 の厚さは略均一であってもよい。

【0045】

ここで、特許文献 1 に記載されているように励振電極の表面層に酸化クロム膜が形成されたならば、それ以上酸化は進まないため、周波数は変動しないはずである。しかし、実際には、後に加熱工程を経ると周波数が変動する。そこで、発明者らは第 1 励振電極 1 4 a の表面層 2 2 の表面に存在するクロム化合物について着目した。FE-SEM (Field Emission-Scanning Electron Microscope) によって表面層 2 2 の表面を画像解析すると、図 4 に示すように、表面層 2 2 の表面では、金からなる複数の結晶粒 2 3 の表面部 2 6 がそれぞれ露出し、その周りをクロム化合物 2 7 が網目形状に囲んでいた。

【0046】

より詳細には、表面層 2 2 は複数の結晶粒 2 3 が集合した多結晶体である。複数の結晶粒 2 3 のそれぞれの粒界 2 4 は、下地層 2 1 から拡散したクロムの拡散経路となっている。複数の結晶粒 2 3 は、それぞれ、粒界 2 4 の近傍に位置する界面部 2 5 と、界面部 2 5 に囲まれた表面部 2 6 とを有する。第 1 励振電極 1 4 a において、界面部 2 5 は、表面部 2 6 よりも隆起している。また、界面部 2 5 はクロム化合物 2 7 によって覆われている。このため、図 4 に示すように、第 1 励振電極 1 4 a の表面は、網目形状のクロム化合物 2 7 と、クロム化合物 2 7 に囲まれた複数の結晶粒 2 3 の表面部 2 6 とによって構成されている。なお、クロム化合物 2 7 は、下地層 2 1 のクロムが表面層 2 2 の粒界を経路として拡散し表面層 2 2 の表面において酸化されたものであり、酸化クロム又はその水和物である。

【0047】

発明者らは、後の加熱工程で周波数が変動する原因は、粒界 2 4 から新たに拡散したクロムがクロム化合物 2 7 を持ち上げ、界面部 2 5 付近から露出したクロムが酸化するためであると推測した。クロム化合物 2 7 の形成を抑制するためには、クロムと水分との接触を阻害することが望ましい。

【0048】

図 4 に示すように、第 1 励振電極 1 4 a の表面には、撥水層 L 1 及び樹脂層 L 2 が設けられている。樹脂層 L 2 は、水晶振動素子 1 0 の雰囲気中の水分をトラップして、第 1 励振電極 1 4 a への水分の到達を阻害する。撥水層 L 1 は、樹脂層 L 2 から第 1 励振電極 1 4 a への水分の浸透を阻害する。図示を省略しているが、第 2 励振電極 1 4 b の表面にも、撥水層 L 1 及び樹脂層 L 2 が設けられている。なお、撥水層 L 1 及び樹脂層 L 2 は、第

10

20

30

40

50

1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b の少なくとも一方の表面に設けられればよく、望ましくは両方の表面に設けられる。

【 0 0 4 9 】

撥水層 L 1 は、表面層 2 2 と樹脂層 L 2 との間に設けられ、第 1 励振電極 1 4 a の表面に接触している。撥水層 L 1 は、樹脂層 L 2 よりも透湿性が低い。撥水層 L 1 は、例えば疎水性の樹脂材料によって設けられる。撥水層 L 1 を構成する材料は、例えばシリコーン樹脂を含む。撥水層 L 1 は、粒界 2 4 を含む領域に設けられている。言い換えると、撥水層 L 1 は、少なくとも、界面部 2 5 の上方に設けられ、クロム化合物 2 7 を覆っている。撥水層 L 1 は、望ましくは第 1 励振電極 1 4 a の表面を覆う。言い換えると、撥水層 L 1 は、望ましくは第 1 励振電極 1 4 a の表面を構成する表面部 2 6 及びクロム化合物 2 7 を連続的に覆う。例えば、表面部 2 6 の上の撥水層 L 1 の厚みは、クロム化合物 2 7 の上の撥水層 L 1 の厚みよりも大きい。

10

【 0 0 5 0 】

樹脂層 L 2 は、表面層 2 2 の上方に設けられ、撥水層 L 1 の表面に接触している。樹脂層 L 2 は、例えば耐熱性が高い樹脂材料によって設けられる。樹脂層 L 2 を構成する材料は、例えばエポキシ樹脂又はポリイミド樹脂を含む。樹脂層 L 2 の厚みは、撥水層 L 1 の厚みよりも大きい。

【 0 0 5 1 】

次に、図 5 ~ 図 1 1 を参照しつつ、水晶振動子 1 の製造方法について説明する。図 5 は、第 1 実施形態に係る水晶振動子の製造方法を概略的に示すフローチャートである。図 6 は、イオンミリングを行う前の第 1 励振電極を概略的に示す断面図である。図 7 は、イオンミリングによる第 1 励振電極の変化を概略的に示す断面図である。図 8 は、アニーリングによる導電性保持部材の変化を概略的に示す断面図である。図 9 は、アニーリングによる第 1 励振電極の変化を概略的に示す断面図である。図 1 0 は、接合工程における接合部材の変化を概略的に示す断面図である。図 1 1 は、接合工程における第 1 励振電極の変化を概略的に示す断面図である。

20

【 0 0 5 2 】

まず、水晶片を準備する (S 1 0) 。

本工程 S 1 0 では、まず、人工水晶の結晶体から X Z ' 面が主面となるように水晶基板を切り出す。次に、フォトリソグラフィ工法を用いたウェットエッチングによって水晶基板の一部を除去し、X Z ' 面を平面視したときの水晶片 1 1 の輪郭を形成する。次に、ウェットエッチングによって水晶片 1 1 の周辺部 1 8 , 1 9 に当たる部分を一部除去し、水晶片 1 1 を両面メサ型構造に整形する。なお、水晶片 1 1 の形成方法や整形方法はウェットエッチングに限定されるものではなく、例えばドライエッチングを用いて実施されてもよい。水晶片 1 1 は水晶基板をダイシングすることにより個片化してもよいし、個片化した水晶片 1 1 にベベル加工を施してもよい。

30

【 0 0 5 3 】

次に、マグネトロンスパッタリング法などのスパッタリング法で水晶片 1 1 を挟んで互いに対向する各電極を含む一对の電極を設ける。

本工程は、予備加熱を行う工程 S 2 0 と、下地層 2 1 を設ける工程 S 3 0 と、表面層 2 2 を設ける工程 S 4 0 とを有する。

40

【 0 0 5 4 】

予備加熱を行う工程 S 2 0 では、水晶片 1 1 を 1 5 0 以上 3 0 0 以下に加熱する。水晶片 1 1 の温度が 1 5 0 よりも低いと、表面層 2 2 の結晶粒 2 3 の平均粒径が小さくなり、クロムの拡散が進行し易くなる。後述するアニーリングによる粒成長でも、十分に結晶粒を成長させることができない。水晶片 1 1 の温度が 3 0 0 よりも高いと、粒成長によるクロム拡散の抑制よりもクロムの拡散が勝り、励振電極の表面に隆起するクロムの量が増大する。

【 0 0 5 5 】

なお、予備加熱を行う工程 S 2 0 は省略してもよい。本実施形態においては、撥水層 L

50

1 及び樹脂層 2 が電極表面に隆起するクロムと水分との結合を阻害する。このため、予備加熱を行わずに下地層 2 1 及び表面層 2 2 を設けたとしても、水晶振動素子 1 0 の励振部 1 7 の質量の経時変化を十分に抑制可能である。

【 0 0 5 6 】

下地層 2 1 を設ける工程 S 3 0 及び表面層 2 2 を設ける工程 S 4 0 は、スパッタリング法により、メタルマスクを用いてパターン成膜される。工程 S 3 0 では、スパッタリングターゲットとしてクロムを用い、予備加熱された水晶片 1 1 の表面にクロムを堆積させて、電極パターンの下地層 2 1 を成膜する。下地層 2 1 の厚みは例えば 5 nm である。工程 S 4 0 では、スパッタリングターゲットとして金を用い、下地層 2 1 の表面に金を堆積させて電極パターンの表面層 2 2 を成膜する。図 6 に示すように、複数の結晶粒 2 3 は、下地層 2 1 から柱状に成長する。粒界 2 4 及び結晶粒 2 3 の表面にはクロムが拡散する。このとき、水晶片 1 1 の上面 1 1 A 側での表面層 2 2 の厚みは例えば 1 4 0 nm である。後述するイオンミリングによる周波数の調整マージンを大きくするため、表面層 2 2 は、水晶片 1 1 の上面 1 1 A 側での厚みが下面 1 1 B 側での厚みよりも大きくなるように設ける。

10

【 0 0 5 7 】

下地層 2 1 を設ける工程 S 3 0 及び表面層 2 2 を設ける工程 S 4 0 がメタルマスクを用いたパターン成膜である場合、メタルマスクの熱容量が大きいため工程 S 3 0 又は工程 S 4 0 を実施する成膜室では水晶片 1 1 の温度が上げ難い。このため、予備加熱を行う工程 S 2 0 は、成膜室の前室で行われる。

【 0 0 5 8 】

なお、予備加熱は、成膜室で行ってもよく、下地層 2 1 及び表面層 2 2 の少なくとも一方の成膜中、又は下地層 2 1 の成膜と表面層 2 2 の成膜との間に行ってもよい。水晶片 1 1 の表面に電極を設ける工程は、パターン成膜に限定されるものではない。水晶片 1 1 の表面の全体に下地層 2 1 及び表面層 2 2 を成膜した後、エッチングによって下地層 2 1 及び表面層 2 2 の一部を除去し、電極パターンを形成してもよい。下地層 2 1 及び表面層 2 2 の成膜方法は、スパッタリング法に限定されるものではなく、PVD (Physical Vapor Deposition) や CVD (Chemical Vapor Deposition) などの各種の気相成長法から適宜選択してもよい。また、下地層 2 1 及び表面層 2 2 は、印刷法やメッキ法などの気相成長法以外の成膜方法によって成膜してもよい。

20

【 0 0 5 9 】

次に、ベース部材に水晶振動素子を搭載する (S 5 0) 。

まず、ベース部材 3 0 の第 1 電極パッド 3 3 a 及び第 2 電極パッド 3 3 b の上に、第 1 導電性保持部材 3 6 a 及び第 2 導電性保持部材 3 6 b の材料であるペースト状の樹脂組成物を塗布する。次に、当該樹脂組成物の上に水晶振動素子 1 0 を載せ、当該樹脂組成物を硬化させて第 1 導電性保持部材 3 6 a 及び第 2 導電性保持部材 3 6 b を形成する。なお、第 1 導電性保持部材 3 6 a 及び第 2 導電性保持部材 3 6 b の樹脂組成物は、予め水晶振動素子 1 0 に塗布されてもよい。

30

【 0 0 6 0 】

次に、イオンミリングを行う (S 6 0) 。

図 7 に示すように、第 1 励振電極 1 4 a の表面の少なくとも一部にイオンビーム BM を照射し、表面層 2 2 の一部を除去する。これにより、水晶振動素子 1 0 の励振部 1 7 の質量を変化させ、水晶振動素子 1 0 の周波数を調整する。すなわち、工程 S 6 0 は、周波数調整工程に相当する。具体的には、第 1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b に電圧を印加して周波数をモニタしながら第 1 励振電極 1 4 a の一部を除去し、狙いの周波数まで徐々に高周波化させる。

40

【 0 0 6 1 】

イオンビーム BM による金の除去速度は、クロムの除去速度よりも大きい。このため、工程 S 6 0 の終了時点で、界面部 2 5 は、粒界 2 4 を経路として拡散したクロムの影響により、表面部 2 6 よりも隆起する。

【 0 0 6 2 】

50

次に、アニーリングを行う（S70）。

イオンミリングによって複数の結晶粒23にできた格子欠陥をアニーリングによって減少し、複数の結晶粒23は再結晶化する。さらに、再結晶化した複数の結晶粒23は粒成長することにより、または、図9に示すように、隣接する結晶粒23を融合する。これにより、複数の結晶粒23のそれぞれの粒径が増大し、クロムの拡散経路である粒界が減少する。

【0063】

本工程S70では、各電極をアニールするとともに、導電性保持部材の一部を飛散させて各電極の表面に堆積させる。図8及び図9に示すように、第1導電性保持部材36aから飛散した樹脂粒子36pは、第1励振電極14aの表面に堆積し、撥水層L1を形成する。樹脂粒子36pは第2導電性保持部材36bからも飛散し、第2励振電極14bの表面にも堆積する。撥水層L1が一对の導電性保持部材36a, 36bに由来する樹脂粒子36pによって形成されるため、一对の導電性保持部材36a, 36bは、撥水層L1を構成する材料と同一材料を有する。撥水層L1の厚みは、例えば数nm~10nm程度である。良好な膜質かつ十分な膜厚の撥水層L1を得るため、真空中ではなく不活性ガス中で加熱処理するのが望ましく、単なるアニーリングよりも高温かつ長時間加熱処理するのが望ましい。本工程S70では、例えば、窒素雰囲気中で240~6時間の加熱処理が実施される。

10

【0064】

次に、ベース部材に蓋部材を接合する（S80）。

まず、蓋部材40の側壁部42の先端に、接合部材50の材料であるペースト状の樹脂組成物を塗布する。次に、当該樹脂組成物をベース部材30と蓋部材40とで挟み、当該樹脂組成物を硬化させて接合部材50を形成する。

20

【0065】

本工程S80では、蓋部材40をベース部材30に接合するとともに、接合部材50の一部を飛散させて撥水層L1の上に堆積させる。図10及び図11に示すように、接合部材50から飛散した樹脂粒子50pは、第1励振電極14aの表面に形成された撥水層L1の表面に堆積し、樹脂層L2を形成する。樹脂粒子50pは、第2励振電極14bの表面に形成された撥水層L1の表面にも堆積する。樹脂層L2が接合部材50に由来する樹脂粒子50pによって形成されるため、接合部材50は、樹脂層L2を構成する材料と同一材料を有する。樹脂層L2の厚みは、例えば数nm~50nm程度である。

30

【0066】

なお、撥水層L1を形成する工程は、アニーリングを行う工程を別に実施されてもよい。また、樹脂層L2を形成する工程は、蓋部材40をベース部材30に接合する工程とは別に実施されてもよい。例えば、ベース部材30に水晶振動素子10を搭載する工程S50の前、又は工程S50とアニーリングを行う工程S70との間に実施されてもよい。撥水層L1及び樹脂層L2のそれぞれの形成方法は樹脂粒子を堆積させる、いわゆるドライプロセスに限定されるものではない。撥水層L1及び樹脂層L2のそれぞれは、印刷等のウェットプロセスによって形成されてもよい。

【0067】

以下に、本発明の実施形態の一部又は全部を付記し、その効果について説明する。なお、本発明は以下の付記に限定されるものではない。

40

【0068】

本発明の一態様によれば、水晶振動子は、水晶片と、互いに対向する各電極を含む一对の電極と、を有する水晶振動素子と、水晶振動素子を収容する保持器とを備え、一对の電極のうち少なくとも一方の電極の上方に樹脂層が設けられ、電極と樹脂層との間には、樹脂層よりも透湿性が低い撥水層が設けられている。

これによれば、樹脂層が水晶振動素子の雰囲気中の水分をトラップして電極への水分の到達を阻害し、撥水層が樹脂層から電極への水分の浸透を阻害する。このため、水晶振動素子の励振部の質量変化は樹脂層の可逆的な吸湿及び乾燥に起因するものであり、電極の

50

酸化及び水酸化による不可逆な励振部の質量変化は阻害できる。したがって、経時的な周波数の変動が抑制できる。

【 0 0 6 9 】

一態様として、水晶振動子は、水晶振動素子を保持器に保持する一对の導電性保持部材をさらに備え、一对の導電性保持部材は、撥水層を構成する材料と同一材料を有する。

これによれば、導電性保持部材に由来する材料によって撥水層を形成することで、導電性保持部材と撥水層の形成を同時に行うことができ、製造工程を簡略化できる。

【 0 0 7 0 】

本実施形態の一態様として、撥水層を構成する材料は、シリコン樹脂を含む。

これによれば、例えば下地層の拡散による隆起のように、電極表面が変形したとしても、撥水層が損傷し難く、透湿性が低下し難い。

10

【 0 0 7 1 】

一態様として、保持器は、ベース部材と、ベース部材との間に水晶振動素子を収容する内部空間を形成する蓋部材と、ベース部材と蓋部材とを接合する接合部材とを有する。

また、接合部材は、樹脂材料からなる。

樹脂材料によって保持器を封止すると、金属材料による封止と比べて製造コストを低減できるが、気密性は低下する。このため、電極表面に表出したクロムが水蒸気の侵入によって酸化して水和物を形成し、電極の質量変化による周波数の変動が生じやすい。しかし、本実施形態によれば、樹脂材料による封止であっても、電極の質量変化が抑制でき、周波数の変動が抑制できる。

20

【 0 0 7 2 】

一態様として、接合部材は、樹脂層を構成する材料と同一材料を有する。

これによれば、接合部材に由来する材料によって樹脂層を形成することで、接合部材と撥水層の形成を同時に行うことができ、製造工程を簡略化できる。

【 0 0 7 3 】

一態様として、樹脂層を構成する材料は、エポキシ樹脂又はポリイミド樹脂を含む。

これによれば、樹脂層が耐熱性を有する樹脂材料によって形成されることでドライプロセスの成膜速度が低速化し、樹脂層を薄肉化できる。これにより、樹脂層の吸湿及び乾燥による励振部の質量変化が抑制できる。また、水晶振動子の実装時のリフローなど、樹脂層形成後の加熱処理における樹脂層の損傷が抑制可能なため。当該加熱処理時の撥水層の損傷が抑制でき、耐湿性の低下が抑制できる。

30

【 0 0 7 4 】

一態様として、一对の電極の少なくとも一方の電極は、金を含む第1層と、水晶片と第1層との間に設けられクロムを含む第2層とを有し、撥水層は、第1層における金の粒界を含む領域に設けられる。

これによれば、クロムの拡散経路となる金の粒界を撥水層が覆うため、クロムの酸化及び水酸化を効率的に阻害できる。

【 0 0 7 5 】

一態様として、一对の電極のうち少なくとも一方の電極は、励振電極を有し、撥水層は、励振電極の表面を覆う。

40

これによれば、撥水層が励振電極の全面を覆うことで、励振電極と撥水層との界面を伝っての水分の浸透が阻害できる。特に、励振電極の表面が金の結晶粒の表面部と表出したクロムによって構成される場合、表面部を撥水層が覆うことで、表面部に付着した水分が表面部と撥水層との界面を伝って浸透しクロムに接触するのを阻害できる。

【 0 0 7 6 】

本発明の他の一態様として、水晶振動子の製造方法は、水晶片を準備する工程と、水晶片を挟んで互いに対向する各電極を含む一对の電極を設ける工程と、導電性保持部材を用いて水晶振動素子をベース部材に搭載する工程と、各電極のうちベース部材とは反対側の電極の一部を除去して水晶振動素子の周波数を調整する工程と、各電極をアニールするとともに、導電性保持部材の一部を飛散させて各電極の表面に堆積させる工程と、接合部材

50

を用いて蓋部材をベース部材に接合するとともに、接合部材の一部を飛散させて撥水層の上に堆積させる工程とを備える。

【0077】

本発明に係る実施形態は、水晶振動子に限定されるものではなく、圧電振動子にも適用可能である。圧電振動子 (Piezoelectric Resonator Unit) の一例が、水晶振動素子 (Quartz Crystal Resonator) を備えた水晶振動子 (Quartz Crystal Resonator Unit) である。水晶振動素子は、圧電効果によって励振される圧電片として、水晶片 (Quartz Crystal Element) を利用するが、圧電片は、圧電単結晶、圧電セラミック、圧電薄膜、又は、圧電高分子膜などの任意の圧電材料によって形成されてもよい。一例として、圧電単結晶は、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3) を挙げることができる。同様に、圧電セラミックは、チタン酸バリウム (BaTiO_3)、チタン酸鉛 (PbTiO_3)、チタン酸ジルコン酸鉛 ($\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$; PZT)、窒化アルミニウム (AlN)、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3)、メタニオブ酸リチウム (LiNb_2O_6)、チタン酸ビスマス ($\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$)、タンタル酸リチウム (LiTaO_3)、四ホウ酸リチウム ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$)、ランガサイト ($\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$)、又は、五酸化タンタル (Ta_2O_5) などを挙げることができる。圧電薄膜は、石英、又は、サファイアなどの基板の上に上記の圧電セラミックをスパッタリング工法などによって成膜したものを挙げることができる。圧電高分子膜は、ポリ乳酸 (PLA)、ポリフッ化ビニリデン (PVDF)、又は、フッ化ビニリデン/三フッ化エチレン (VDF/TrFE) 共重合体などを挙げることができる。上記の各種圧電材料は、互いに積層して用いられてもよく、他の部材に積層されてもよい。

10

20

【0078】

本発明に係る実施形態は、タイミングデバイス、発音器、発振器、荷重センサなど、圧電効果により電気機械エネルギー変換を行うデバイスであれば、特に限定されることなく適宜適用可能である。

【0079】

以上説明したように、本発明の一態様によれば、周波数安定性が向上した圧電振動子及びその製造方法が提供できる。

【0080】

なお、以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更/改良され得るとともに、本発明にはその等価物も含まれる。即ち、各実施形態に当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、各実施形態が備える各要素及びその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。例えば、本発明の振動素子および振動子は、タイミングデバイスまたは荷重センサに用いることができる。また、各実施形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

30

【符号の説明】

40

【0081】

- 1 ... 水晶振動子、
- 10 ... 水晶振動素子、
- 11 ... 水晶片、
- 14 a, 14 b ... 励振電極、
- 15 a, 15 b ... 引出電極、
- 16 a, 16 b ... 接続電極、
- L1 ... 撥水層、
- L2 ... 樹脂層、
- 21 ... 下地層、

50

- 2 2 ... 表面層、
- 2 3 ... 結晶粒、
- 2 4 ... 粒界、
- 2 5 ... 界面部、
- 2 6 ... 表面部、
- 2 7 ... クロム化合物、
- 3 0 ... ベース部材、
- 4 0 ... 蓋部材、
- 5 0 ... 接合部材、

【図面】

【図 1】

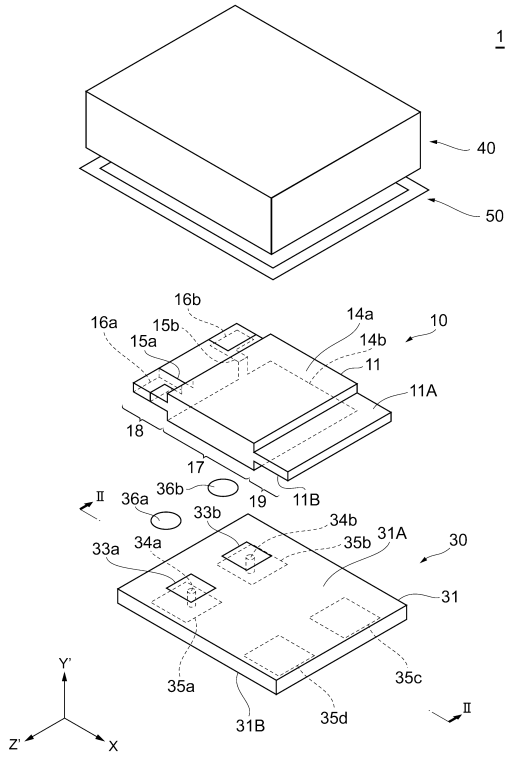


図 1

【図 2】

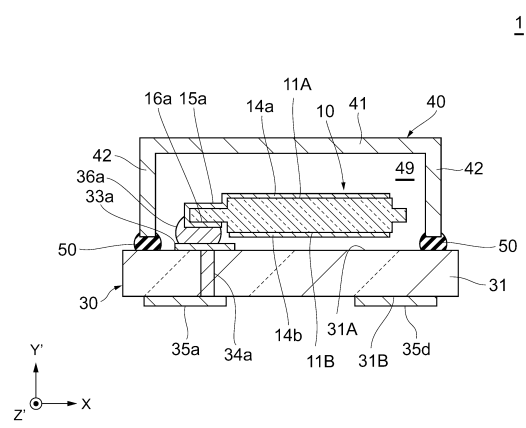


図 2

10

20

30

40

50

【 図 3 】

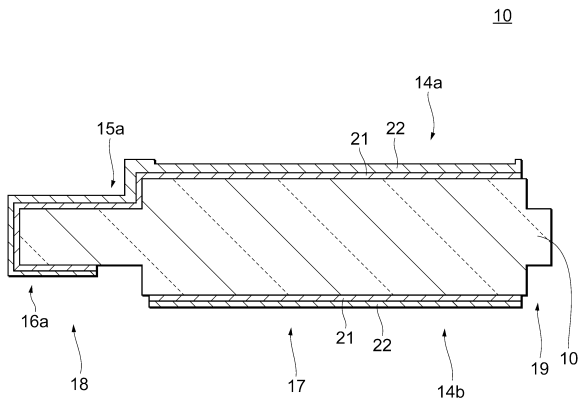


図 3

【 図 4 】

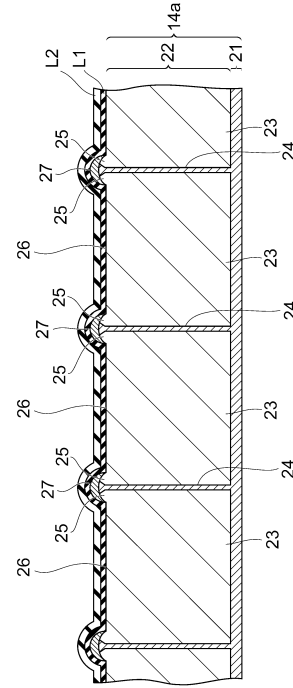


図 4

【 図 5 】

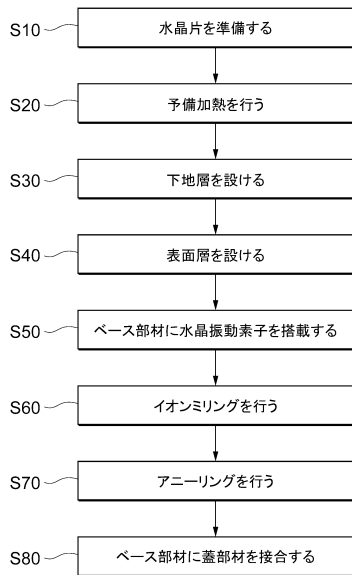


図 5

【 図 6 】

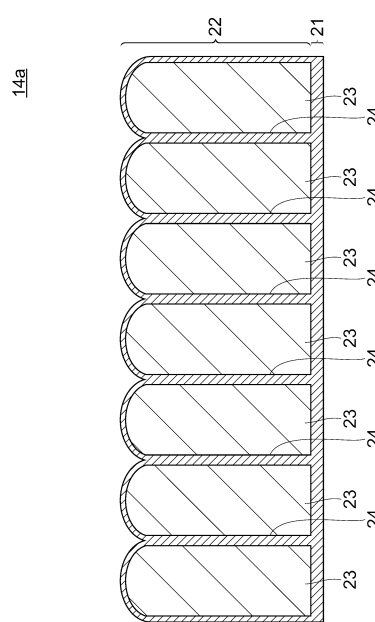


図 6

10

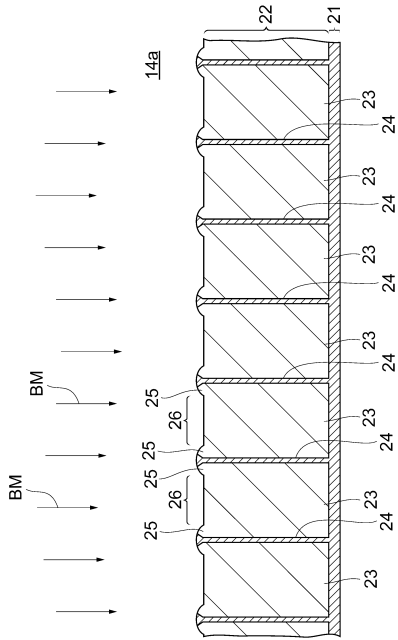
20

30

40

50

【 図 7 】



【 図 8 】

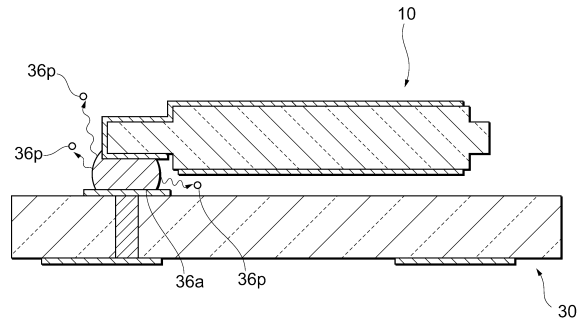
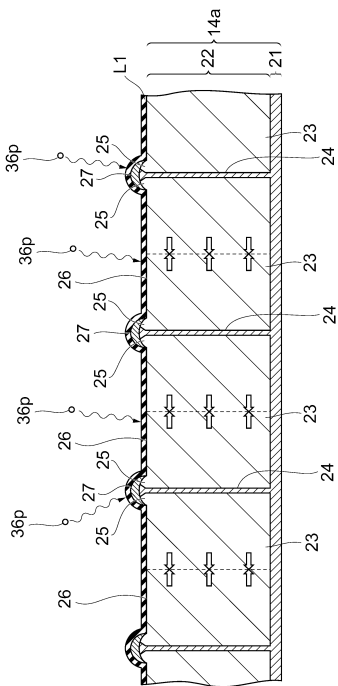


図 7

図 8

【 図 9 】



【 図 10 】

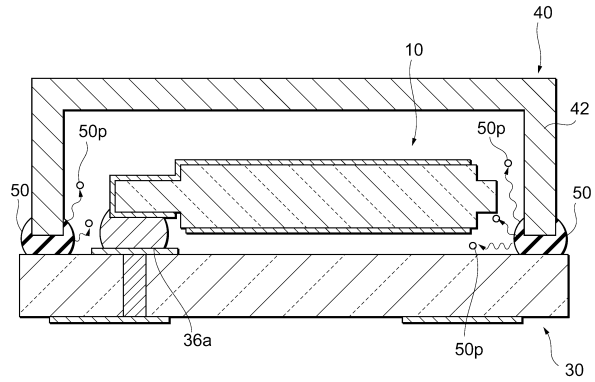


図 9

図 10

10

20

30

40

50

【 1 1 】

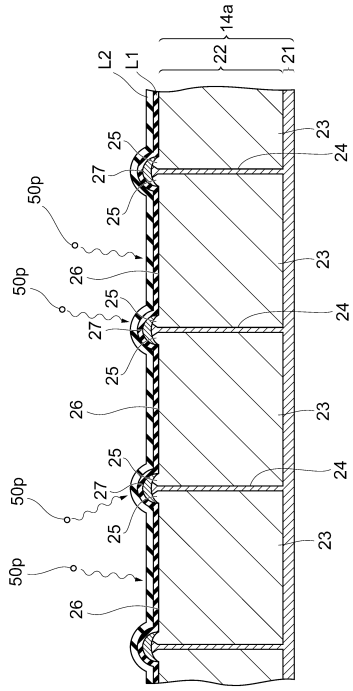


图 1 1

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類		F I		
<i>H 1 0 N</i>	<i>30/20 (2023.01)</i>	<i>H 1 0 N</i>	<i>30/20</i>	
<i>H 1 0 N</i>	<i>30/06 (2023.01)</i>	<i>H 1 0 N</i>	<i>30/06</i>	
<i>H 1 0 N</i>	<i>30/03 (2023.01)</i>	<i>H 1 0 N</i>	<i>30/03</i>	
<i>H 0 1 L</i>	<i>23/10 (2006.01)</i>	<i>H 0 1 L</i>	<i>23/10</i>	B

株式会社村田製作所内

(72)発明者 後 正紀
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内

審査官 志津木 康

(56)参考文献 特開昭57-107624(JP,A)
特開2010-232806(JP,A)
特開2003-198312(JP,A)
特開昭62-165421(JP,A)
特開平11-41051(JP,A)

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