

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4985960号
(P4985960)

(45) 発行日 平成24年7月25日 (2012. 7. 25)

(24) 登録日 平成24年5月11日 (2012. 5. 11)

(51) Int. Cl.	F I
H03H 9/215 (2006.01)	H03H 9/215
H03H 9/19 (2006.01)	H03H 9/19 K
H01L 41/09 (2006.01)	H01L 41/08 C
H01L 41/18 (2006.01)	H01L 41/18 1 O 1 A

請求項の数 4 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2007-151772 (P2007-151772)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成19年6月7日 (2007. 6. 7)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2008-306468 (P2008-306468A)		東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号
(43) 公開日	平成20年12月18日 (2008. 12. 18)	(74) 代理人	100090387
審査請求日	平成22年5月21日 (2010. 5. 21)		弁理士 布施 行夫
		(74) 代理人	100090398
			弁理士 大淵 美千栄
		(74) 代理人	100113066
			弁理士 永田 美佐
		(72) 発明者	平沢 憲也
			東京都日野市日野 4 2 1 - 8 エプソント
			ヨコム株式会社内
		審査官	畑中 博幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動片及び振動子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基部と、

前記基部から延びており、相互に接近及び離隔するように屈曲振動する一対の振動腕と

、

前記振動腕に形成されている励振電極膜と、

を含み、

前記振動腕は、表裏面と、前記表裏面の両側に接続される側面と、を有し、

前記表裏面には、それぞれ、前記振動腕の長手方向に延び前記振動腕の長さの 80 % 以上の長さを有している溝が配置され、

前記振動腕は、第 1 の屈曲部を前記基部との接続部に有し、2 次高調波モードによって前記一対の振動腕が屈曲振動する場合に前記第 1 の屈曲部を除いて最も大きく屈曲する第 2 の屈曲部を、前記溝の長さ方向の両端部を除く中間部に有し、

前記振動腕は、前記溝の内面における前記第 2 の屈曲部に内凸部を有する、振動片。

【請求項 2】

前記振動腕は、前記側面における前記第 2 の屈曲部に外凸部を有する、請求項 1 記載の振動片。

【請求項 3】

前記振動片は圧電振動片である、請求項 1 または請求項 2 の振動片。

【請求項 4】

10

20

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項の振動片と、
前記振動片を収容するパッケージと、
前記パッケージの上面を封止する蓋体と、
を有する、振動子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電振動片及び圧電振動子に関する。

【背景技術】

【0002】

音叉型圧電振動片は、一対の振動腕を有し、振動腕には励振電極が形成されている。また、振動腕に長溝を形成してＣＩ値を下げることも知られており、長溝内にも励振電極が形成される（特許文献１）。しかし、溝を長くすると基本波のＣＩ値よりも高調波のＣＩ値が大きくなってしまいうため、溝が振動腕の長さの６０％以上になると、駆動回路によっては高調波で発振してしまうことがあった。例えば、特許文献２には、溝の形成によって３次高調波のＣＩ値を低減することが記載されている。したがって、基本波で発振させる圧電振動片には、溝を形成してＣＩ値を下げるには限界があった。

【特許文献１】特開２００５－３５４６４９号公報

【特許文献２】特開２００６－２４６４４８号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明は、高調波による発振を防止して基本波のＣＩ値を下げることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0004】

（１）本発明に係る圧電振動片は、

基部と、

前記基部からそれぞれ延びる一対の振動腕と、

それぞれの前記振動腕に形成されている励振電極膜と、

を含み、

それぞれの前記振動腕は、相互に反対を向く表裏面と、前記表裏面の両側に接続される側面と、を有し、

前記表裏面には、それぞれ、前記振動腕の長手方向に延びる溝が形成され、

前記溝は、前記側面と背中合わせに延びる内面を含み、

前記一対の振動腕は、前記側面が相互に接近及び離隔するように屈曲振動し、最も大きく屈曲する第１の屈曲部を前記基部との接続部に有し、前記接続部の次に大きく屈曲する第２の屈曲部を前記溝の長さ方向の中間部が形成されている部分に有し、

前記側面と前記内面の間隔は、前記第２の屈曲部において最も大きい。本発明によれば、二番目に最も大きく屈曲する第２の屈曲部において、側面と内面の間隔が最も大きい。これによって、第２の屈曲部の屈曲が抑えられる。第２の屈曲部での屈曲が高調波の振動を生じさせることが明らかになっており、その屈曲が抑えられるので、高調波の発生を防止することができる。また、溝の形成によって基本波のＣＩ値を下げるができる。

（２）この圧電振動片において、

前記第１の屈曲部は、基本波モードおよび２次高調波モードにおいて最も大きく屈曲する部分であり、

前記第２の屈曲部は、２次高調波モードにおいて、前記接続部の次に大きく屈曲する部分であることを特徴とする。

（３）この圧電振動片において、

それぞれの前記振動腕は、前記第２の屈曲部で前記側面に外凸部を有してもよい。

（４）この圧電振動片において、

10

20

30

40

50

前記溝は、前記第 2 の屈曲部で前記内面に内凸部を有してもよい。

(5) この圧電振動片において、

前記溝は、前記振動腕の長さの 80 % 以上の長さを有してもよい。

(6) この圧電振動片において、

前記溝は、長さ方向の全てにわたって深さが均一であってもよい。

(7) この圧電振動片において、

前記溝は、前記第 2 の屈曲部で最も深さが浅くてもよい。

(8) 本発明に係る圧電振動子は、パッケージと、前記パッケージに導電性接着剤を介して電氣的機械的に接続され、かつ、前記パッケージに収納される圧電振動片と、前記パッケージの上面を封止する蓋体と、を有する圧電振動子であって、

10

前記圧電振動片は、

基部と、

前記基部からそれぞれ延びる一対の振動腕と、

それぞれの前記振動腕に形成されている励振電極膜と、

を含み、

それぞれの前記振動腕は、相互に反対を向く表裏面と、前記表裏面の両側に接続される側面と、を有し、

前記表裏面には、それぞれ、前記振動腕の長手方向に延びる溝が形成され、

前記溝は、前記側面と背中合わせに延びる内面を含み、

前記一対の振動腕は、前記側面が相互に接近及び離隔するように屈曲振動し、最も大きく屈曲する第 1 の屈曲部を前記基部との接続部に有し、前記接続部の次に大きく屈曲する第 2 の屈曲部を前記溝の長さ方向の中間部が形成されている部分に有し、

20

前記側面と前記内面の間隔は、前記第 2 の屈曲部において最も大きい、

ことを特徴とする。本発明によれば、二番目に最も大きく屈曲する第 2 の屈曲部において、側面と内面の間隔が最も大きい。これによって、第 2 の屈曲部の屈曲が抑えられる。第 2 の屈曲部での屈曲が高調波の振動を生じさせることが明らかになっており、その屈曲が抑えられるので、高調波の発生を防止することができる。また、溝の形成によって基本波の C I 値を下げるができる。

(9) この圧電振動子において、

前記圧電振動片の前記第 1 の屈曲部は、基本波モードおよび 2 次高調波モードにおいて最も大きく屈曲する部分であり、

30

前記圧電振動片の前記第 2 の屈曲部は、2 次高調波モードにおいて、前記接続部の次に大きく屈曲する部分である、

ことを特徴とする。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 0 5 】

(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圧電振動片 (音叉型圧電振動片) を示す平面図である。なお、圧電振動片の底面図は平面図と対称に表れる。圧電振動片は、水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等の圧電材料からなる。圧電振動片は、基部 1 2 と基部 1 2 から延びる一対の振動腕 1 4 と、を含む。

40

【 0 0 0 6 】

図 2 は、図 1 に示す圧電振動片の II - II 線断面拡大図である。振動腕 1 4 は、相互に反対を向く表裏面 1 6 と、表裏面 1 6 を両側で接続する第 1 及び第 2 の側面 2 1 , 2 2 とを有する。圧電振動片を水晶から構成する場合、水晶ウエハは、X 軸、Y 軸及び Z 軸からなる直交座標系において、Z 軸を中心に時計回りに 0 度ないし 5 度の範囲で回転して切り出した水晶 Z 板を所定の厚みに切断研磨して得られるものを用いる。

【 0 0 0 7 】

一方 (図 1 で左側) の振動腕 1 4 の第 1 の側面 2 1 と、他方 (図 1 で右側) の振動腕 1 4 の第 2 の側面 2 2 が対向するように並列している。第 1 の側面 2 1 は、表裏面 1 6 の間

50

隔によって定義される振動腕 1 4 の厚みの中央方向に高くなる山型となるように形成されている（図 2 参照）。第 1 の側面 2 1 が描く山型の高さは、第 1 及び第 2 の側面 2 1 , 2 2 の間隔によって定義される振動腕 1 4 の幅の、0 % 超 1 2 . 5 % 以下である。

【 0 0 0 8 】

振動腕 1 4 は、基部 1 2 に接続される接続部 2 4 において、基部 1 2 側に向けて幅を拡げてあり、広い幅で基部 1 2 に接続するので剛性が高くなっている。振動腕 1 4 は、第 1 及び第 2 の側面 2 1 , 2 2 の間隔によって定義される幅が、基部 1 2 から先端に向けて細くなる第 1 のテーパ部 2 6 を含む。第 1 のテーパ部 2 6 を形成することにより、振動腕 1 4 は振動しやすくなっている。振動腕 1 4 は、第 1 のテーパ部 2 6 よりも先端に近い位置に、幅が第 1 のテーパ部 2 6 から先端に向けて太くなる第 2 のテーパ部 2 8 を含む。第 2 のテーパ部 2 8 は、錘の機能を果たすので、振動周波数を低くすることができる。振動腕 1 4 は、第 1 及び第 2 のテーパ部 2 6 , 2 8 が接続される幅変更点で溝 3 0 よりも先端近くに位置するように形成されている。

10

【 0 0 0 9 】

振動腕 1 4 には、表裏面 1 6 に、長手方向に延びる溝 3 0 がそれぞれ形成されている。溝 3 0 によって振動腕 1 4 が動きやすくなって効率的に振動するので C I 値を下げるができる。溝 3 0 は、振動腕 1 4 の長さの 8 0 % 以上の長さを有する。また、溝 3 0 は、振動腕 1 4 の幅の 6 0 ~ 9 0 % の幅を有する。

【 0 0 1 0 】

溝 3 0 は、第 1 の側面 2 1 と背中合わせに延びる第 1 の内面 3 1 と、第 2 の側面 2 2 と背中合わせに延びる第 2 の内面 3 2 と、を含む。第 1 の内面 3 1 は第 2 の内面 3 2 よりも、表裏面 1 6 に対する角度が垂直に近くなっている。第 1 の内面 3 1 は平坦面であってもよい。第 2 の内面 3 2 も平坦面であってもよいが、図 2 に示す例では、異なる角度の面が接続されてなる。第 1 及び第 2 の側面 2 1 , 2 2 は、第 2 の内面 3 2 よりも表裏面 1 6 に対する角度（表裏面 1 6 と接続する部分の角度）が垂直に近くなっている。

20

【 0 0 1 1 】

図 3 は、図 1 に示す圧電振動片の III - III 線断面拡大図である。溝 3 0 は、第 1 及び第 2 の内面 3 1 , 3 2 にそれぞれ内凸部 3 4 が形成されている。内凸部 3 4 の形成によって、溝 3 0 の幅が最も狭くなっている。また、内凸部 3 4 が形成された領域では、溝 3 0 の深さも最も浅くなっている。これは、溝 3 0 の形成にウエットエッチングを適用したためである。

30

【 0 0 1 2 】

図 4 は、一対の振動腕が基本波モードで駆動されたときの圧電振動片を示す図である。一対の振動腕 1 4 は、第 1 及び第 2 の側面 2 1 , 2 2 が相互に接近及び離隔するように屈曲振動する。振動腕 1 4 は、最も大きく屈曲（応力集中）する第 1 の屈曲部 1 8 を基部 1 2 との接続部 2 4 に有する。

【 0 0 1 3 】

図 5 は、2 次高調波モードによって一対の振動腕が振動するときの圧電振動片を示す図である。2 次高調波モードにおいても、振動腕 1 4 は、最も大きく屈曲する第 1 の屈曲部 1 8 を基部 1 2 との接続部 2 4 に有する。また、振動腕 1 4 は、接続部 2 4 の次に大きく屈曲（応力集中）する第 2 の屈曲部 2 0 を、溝 3 0 の長さ方向の中間部（両端部を除く領域）が形成されている部分に有する。

40

【 0 0 1 4 】

本実施の形態によれば、二番目に最も大きく屈曲する第 2 の屈曲部 2 0 において、第 1 の側面及び第 1 の内面 2 1 , 3 1 の間隔並びに第 2 の側面及び第 2 の内面 2 2 , 3 2 の間隔が、他の部分よりも大きくなっている。これによって、第 2 の屈曲部 2 0 の屈曲が抑えられる。第 2 の屈曲部 2 0 での屈曲が高調波の振動を生じさせることが明らかになっており、その屈曲が抑えられるので、高調波の発生を防止することができる。また、溝 3 0 の形成によって基本波の C I 値を下げるができる。

【 0 0 1 5 】

50

圧電振動片は、一对の支持腕 3 6 を含む。一对の支持腕 3 6 は、基部 1 2 から一对の振動腕 1 4 が延びる方向とは交差方向であってそれぞれ相互に反対方向に延び、一对の振動腕 1 4 の延びる方向に屈曲してさらに延びる。屈曲することで、支持腕 3 6 は小型化される。支持腕 3 6 は、パッケージに取り付けられる部分であり、支持腕 3 6 での取り付けによって、振動腕 1 4 及び基部 1 2 は浮いた状態になる。

【 0 0 1 6 】

基部 1 2 には、振動腕 1 4 の表裏面 1 6 と同じ側の面に括れた形状が表れるように、相互に対向方向に一对の切り込み 3 8 が形成されている。一对の切り込み 3 8 は、それぞれ、一对の支持腕 3 6 が基部 1 2 から延びて屈曲する方向の側で一对の支持腕 3 6 に隣接して基部 1 2 に形成されている。切り込み 3 8 によって、振動腕 1 4 の振動の伝達が遮断されるので、振動が基部 1 2 や支持腕 3 6 を介して外部に伝わること（振動漏れ）を抑制し、C I 値の上昇を防止することができる。切り込み 3 8 の長さ（深さ）は、基部 1 2 の強度を確保できる範囲で長い（深い）ほど、振動漏れ抑制効果は大きい。一对の切り込み 3 8 の間の幅（一对の切り込み 3 8 に挟まれた部分の幅）は、一对の振動腕 1 4 の対向する第 1 及び第 2 の側面 2 1 , 2 2 の間隔よりも小さくしてもよいし大きくしてもよいし、一对の振動腕 1 4 の相互に反対を向く第 1 及び第 2 の側面 2 1 , 2 2 の距離よりも小さくしてもよいし大きくしてもよい。

【 0 0 1 7 】

振動腕 1 4 には、励振電極膜が形成されている。励振電極膜は、1 0 0 以上 3 0 0 以下の厚みを有する下地の C r 膜と、C r 膜上に形成された 2 0 0 以上 5 0 0 以下の厚みを有する A u 膜と、を含む多層構造であってもよい。C r 膜は水晶との密着性が高く、A u 膜は電気抵抗が低く酸化し難い。励振電極膜は、第 1 及び第 2 の側面 2 1 , 2 2 にそれぞれ形成された第 1 及び第 2 の側面電極膜 4 2 , 4 4 と、第 1 及び第 2 の内面 3 1 , 3 2 にそれぞれ形成された第 1 及び第 2 の内面電極膜 4 6 , 4 8 と、を含む。励振電極膜によって、第 1 及び第 2 の励振電極 5 0 , 5 2 が構成される。

【 0 0 1 8 】

第 1 の励振電極 5 0 は、溝 3 0 に形成された第 1 及び第 2 の内面電極膜 4 6 , 4 8 を含む。1 つの溝 3 0 に形成された第 1 及び第 2 の内面電極膜 4 6 , 4 8 は、相互に連続的に形成されて電氣的に接続されている。表裏面 1 6 の一方（例えば表面）の溝 3 0 に形成された第 1 及び第 2 の内面電極膜 4 6 , 4 8 と、表裏面 1 6 の他方（例えば裏面）の溝 3 0 に形成された第 1 及び第 2 の内面電極膜 4 6 , 4 8 と、は電氣的に接続されている。すなわち、表裏面 1 6 それぞれに形成された一对の第 1 の励振電極 5 0 は電氣的に接続されている。また、一方の振動腕 1 4 に形成された一对の第 1 の励振電極 5 0 は、基部 1 2 上の表裏面 1 6 それぞれに形成された引き出し電極 5 4 に接続され、これらの引き出し電極 5 4 が、他方の振動腕 1 4 の第 1 又は第 2 の側面電極膜 4 2 , 4 4 に接続されることで電氣的に接続される。

【 0 0 1 9 】

第 2 の励振電極 5 2 は、第 1 及び第 2 の側面電極膜 4 2 , 4 4 を含む。また、第 1 及び第 2 の側面電極膜 4 2 , 4 4 は電氣的に接続されている。その電氣的接続は、振動腕 1 4 の溝 3 0 が形成されていない部分（例えば先端部）において、表裏面 1 6 の少なくとも一方（あるいは両方）上に形成された接続電極 5 6 によってなされている。

【 0 0 2 0 】

一方の振動腕 1 4 に形成された第 1 の励振電極 5 0 と、他方の振動腕 1 4 に形成された第 2 の励振電極 5 2 と、は基部 1 2 上の引き出し電極 5 4 で電氣的に接続されている。引き出し電極 5 4 は、第 2 の励振電極 5 2 が形成される振動腕 1 4 の隣に並ぶ支持腕 3 6 上に至るまで形成されている。引き出し電極 5 4 は、支持腕 3 6 の表裏面 1 6 （あるいはさらに側面）に形成されている。支持腕 3 6 上で、引き出し電極 5 4 を外部との電氣的接続部にすることができる。

【 0 0 2 1 】

本実施の形態では、第 1 の側面電極膜 4 2 と第 1 の内面電極膜 4 6 との間に電圧を印加

10

20

30

40

50

し、第2の側面電極膜44と第2の内面電極膜48との間に電圧を印加することで、振動腕14の一方の側端を伸ばし、他方の側端を縮ませて振動腕14を屈曲させて振動させる。言い換えると、1つの振動腕14において、第1及び第2の励振電極50, 52間に電圧を印加して、振動腕14の第1及び第2の側面21, 22を伸縮させることで振動腕14を振動させる。

【0022】

図6は、本実施の形態に係る圧電振動片の動作を説明する図である。図6に示すように、一方の振動腕14の第1及び第2の励振電極50, 52に電圧が印加され、他方の振動腕14の第1及び第2の励振電極50, 52に電圧が印加される。ここで、一方(左側)の振動腕14の第1の励振電極50と他方(右側)の振動腕14の第2の励振電極52が同じ電位(図6の例では+電位)となり、一方(左側)の振動腕14の第2の励振電極52と他方(右側)の振動腕14の第1の励振電極50が同じ電位(図6の例では-電位)となるように、第1の励振電極50及び第2の励振電極52は、クロス配線によって交流電源に接続され、駆動電圧としての交番電圧が印加されるようになっている。印加電圧によって、図6に矢印で示すように電界が発生し、これにより、振動腕14は、互いに逆相振動となるように(振動腕14の先端側が互いに接近・離間するように)励振されて屈曲振動する。また、基本モードで振動するように交番電圧が調整されている。

【0023】

なお、本実施の形態に係る圧電振動片の製造方法は、上述した構成の説明から自明な事項を含む。

【0024】

(変形例)

図7(A)及び図7(B)は、本発明の第1の実施の形態に係る圧電振動片の変形例を示す平面図である。詳しくは、図7(A)は図2の変形例であり、図7(B)は図3の変形例である。この変形例では、溝130の第1及び第2の内面131, 132が表裏面116に対して垂直になっている。この形状は、溝130の形成にドライエッチングを適用することで可能となる。また、内凸部134の形成によって、溝130の幅が狭くなっているが、溝130の深さは長さ方向の全てにわたって均一になっている。これも、ドライエッチングを適用したことに起因する。

【0025】

(第2の実施の形態)

図8は、本発明の第2の実施の形態に係る圧電振動片を示す平面図である。図9は、図8に示す圧電振動片のIX-IX線断面拡大図である。本実施の形態では、振動腕214は、第2の屈曲部220で、第1及び第2の側面221, 222に外凸部260を有している。本実施の形態でも、二番目に最も大きく屈曲する第2の屈曲部220において、第1の側面及び第1の内面221, 231の間隔並びに第2の側面及び第2の内面222, 232の間隔が、他の部分よりも大きくなっているため、第2の屈曲部220の屈曲が抑えられる。これにより、高調波の発生を防止することができる。その他の構成及び製造方法は、第1の実施の形態で説明した内容が該当する。

【0026】

(第3の実施の形態)

図10は、本発明の第3の実施の形態に係る圧電振動片を示す平面図である。図11は、図10に示す圧電振動片のXI-XI線断面拡大図である。本実施の形態では、振動腕314は、第2の屈曲部320で、第1及び第2の内面331, 332に内凸部334を有し、かつ、第1及び第2の側面321, 322に外凸部360を有している。本実施の形態でも、第2の屈曲部320の屈曲が抑えられるため、高調波の発生を防止することができる。その他の構成及び製造方法は、第1の実施の形態で説明した内容が該当する。

【0027】

(圧電振動子の構造)

図12は、本実施の形態に係る音叉型圧電振動片が収納された音叉型圧電振動子を示す

10

20

30

40

50

上面図であり、図 1 3 は、図 1 2 に示す音叉型圧電振動子のXIII - XIII線断面図である。

【 0 0 2 8 】

パッケージ 4 0 0 は、第 1 の基板 4 0 2、第 2 の基板 4 0 4、パッケージフレーム 4 0 6 の 3 層のセラミックスグリーンシートを積層し、焼成し、接合することで構成されている。

【 0 0 2 9 】

第 2 の基板 4 0 4 の上面にはパッケージ 4 0 0 の焼成前にマウント電極 4 0 8 が形成されている。マウント電極 4 0 8 は、導電性接着剤 4 1 0 が塗布され、導電性接着剤 4 1 0 を介して、音叉型振動片 4 1 2 の励振電極 4 1 4 が電気的機械的に接続されている。また、第 2 の基板 4 0 4 には、第 2 の孔 4 1 6 が形成されている。

10

【 0 0 3 0 】

マウント電極 4 0 8 は、第 2 の基板 4 0 4 の側面および第 1 の基板 4 0 2 の側面に形成された金属層（図示せず）を介して第 1 の基板 4 0 2 の下面に露出する端子 4 1 8 に接続され、図示しない発振回路に接続される。或いは、マウント電極 4 0 8 は、第 2 の基板 4 0 4 の側面および第 1 の基板 4 0 2 の側面に代えて、スルーホール（図示せず）を介して第 1 の基板 4 0 2 の下面の端子 4 1 8 に接続しても良い。

【 0 0 3 1 】

第 1 の基板 4 0 2 には、第 2 の孔 4 1 6 より大きな径を有する第 1 の孔 4 2 0 が、第 2 の孔 4 1 6 と重なる位置に設けられている。さらに、後述する封止材 4 2 2 との気密性を高めるため、第 1 の孔 4 2 0 の側壁に金属膜 4 2 4 が形成されている。

20

【 0 0 3 2 】

さらに、パッケージフレーム 4 0 6 は、上面開口を塞ぐように、蓋体 4 2 6 によって封止される。蓋体 4 2 6 は、周波数調整用のレーザービーム L B が透過できれば良く、例えば、ガラスや光透過性セラミックスから構成してもよいし、金属枠にガラスがはめ込んだ構成などが採用される。また、蓋体 4 2 6 の構成に合わせて、ロウ材による封止や、シーム封止などが適宜採用される。

【 0 0 3 3 】

蓋体 4 2 6 によってパッケージフレーム 4 0 6 が封止された後、音叉型圧電振動子 4 1 2 の上下を逆さにして、第 1 の孔 4 2 0 の径より径が小さく、第 2 の孔 4 1 6 より径が大きい封止材 4 2 2（Au - Ge 合金、Au - Sn 合金等の合金からなる金属ボール）を第 1 の孔 4 2 0 に入れて真空で加熱することで第 1 の孔 4 2 0 が封止され、音叉型圧電振動片 4 1 2 は真空収納される。ここで、第 2 の孔 4 1 6 は封止材 4 2 2 がパッケージ 4 0 0 の内部に入らないようにするストッパーとして働く。

30

【 0 0 3 4 】

なお、本実施の形態によると、第 1 および第 2 の孔 4 2 0、4 1 6 を使わずに蓋封止工程を真空で行った場合に比べると、C I 値が低い振動子を提供することが分かっている。これは、蓋封止工程においてガスが発生し、第 1 および第 2 の孔 4 2 0、4 1 6 を使わない場合には、パッケージ 4 0 0 内部の真空度が低下するからであると考えられている。変形例として、第 1 及び第 2 の基板 4 0 2、4 0 4 の代わりに、パッケージフレーム 4 0 6 とその一部が重なる位置に封止孔を有する基板を用いて、その封止孔に金属ボールを入れて真空で加熱する手法を採用することもできる（図示せず）。このようにすれば、基板が 1 層で足りるので、パッケージを薄型化することができる。

40

【 0 0 3 5 】

本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び結果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

50

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 6 】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る圧電振動片（音叉型圧電振動片）を示す平面図である。

【図 2】図 1 に示す圧電振動片のII - II線断面拡大図である。

【図 3】図 1 に示す圧電振動片のIII - III線断面拡大図である。

【図 4】一対の振動腕が駆動されたときの圧電振動片を示す図である。

【図 5】一対の振動腕が駆動されたときの圧電振動片を示す図である。

【図 6】本実施の形態に係る圧電振動片の動作を説明する図である。

【図 7】図 7（A）及び図 7（B）は、本発明の第 1 の実施の形態に係る圧電振動片の変形例を示す平面図である。 10

【図 8】本発明の第 2 の実施の形態に係る圧電振動片を示す平面図である。

【図 9】図 8 に示す圧電振動片のIX - IX線断面拡大図である。

【図 10】本発明の第 3 の実施の形態に係る圧電振動片を示す平面図である。

【図 11】図 10 に示す圧電振動片のXI - XI線断面拡大図である。

【図 12】図 12 は、本実施の形態に係る音叉型圧電振動片が収納された音叉型圧電振動子を示す上面図である。

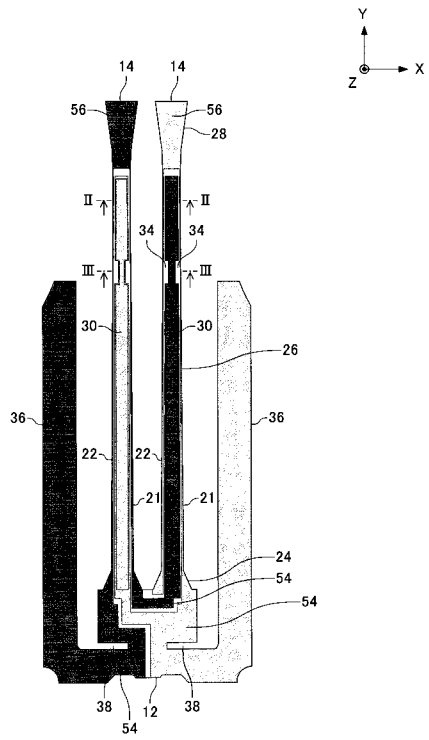
【図 13】図 13 は、図 12 に示す音叉型圧電振動子のXIII - XIII線断面図である。

【符号の説明】

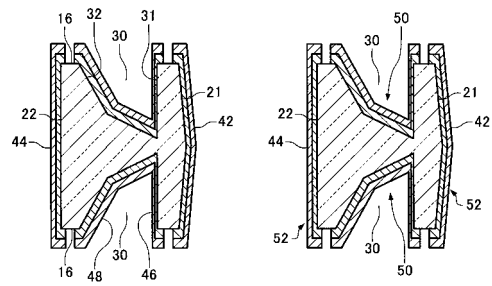
【 0 0 3 7 】

1 2 ... 基部、 1 4 ... 振動腕、 1 6 ... 表裏面、 1 8 ... 第 1 の屈曲部、 2 0 ... 第 2 の屈曲部、 2 1 ... 第 1 の側面、 2 2 ... 第 2 の側面、 2 4 ... 接続部、 2 6 ... 第 1 のテーパ部、 2 8 ... 第 2 のテーパ部、 3 0 ... 溝、 3 1 ... 第 1 の内面、 3 2 ... 第 2 の内面、 3 4 ... 内凸部、 3 6 ... 支持腕、 3 8 ... 切り込み、 4 2 ... 第 1 の側面電極膜、 4 4 ... 第 2 の側面電極膜、 4 6 ... 第 1 の内面電極膜、 4 8 ... 第 2 の内面電極膜、 5 0 ... 第 1 の励振電極、 5 2 ... 第 2 の励振電極、 5 4 ... 引き出し電極、 5 6 ... 接続電極、 1 1 6 ... 表裏面、 1 3 0 ... 溝、 1 3 1 ... 第 1 の内面、 1 3 2 ... 第 2 の内面、 1 3 4 ... 内凸部、 2 1 4 ... 振動腕、 2 2 0 ... 第 2 の屈曲部、 2 2 1 ... 第 1 の側面、 2 2 2 ... 第 2 の側面、 2 3 1 ... 第 1 の内面、 2 3 2 ... 第 2 の内面、 2 6 0 ... 外凸部、 3 1 4 ... 振動腕、 3 2 0 ... 第 2 の屈曲部、 3 2 1 ... 第 1 の側面、 3 2 2 ... 第 2 の側面、 3 3 1 ... 第 1 の内面、 3 3 2 ... 第 2 の内面、 3 3 4 ... 内凸部、 3 6 0 ... 外凸部 30

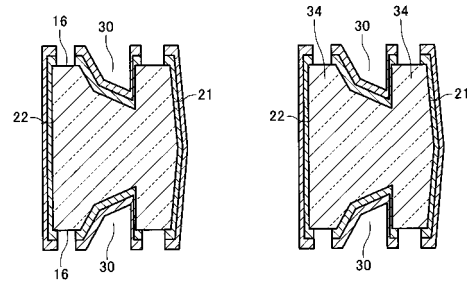
【図 1】



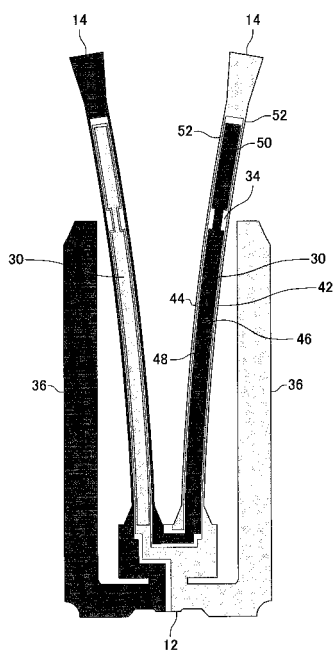
【図 2】



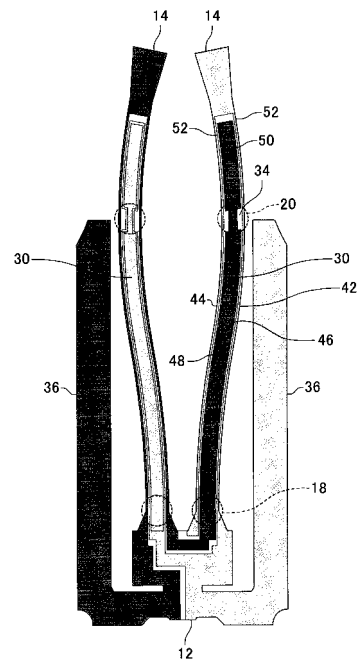
【図 3】



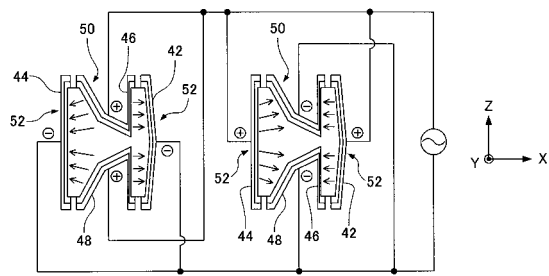
【図 4】



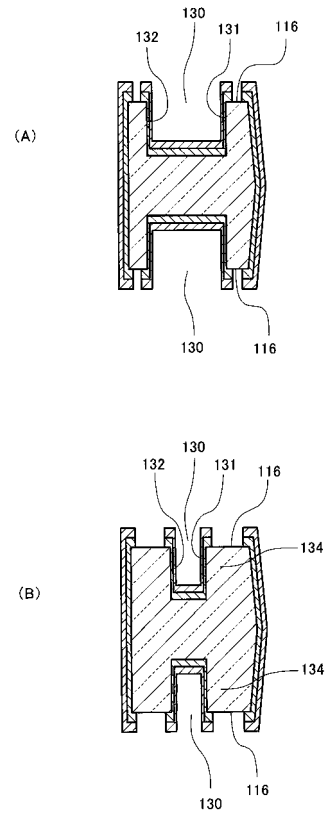
【図 5】



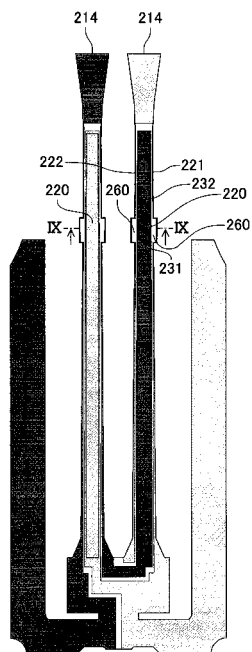
【図 6】



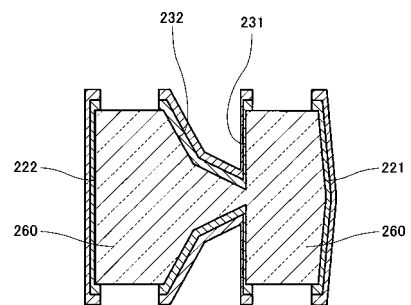
【図 7】



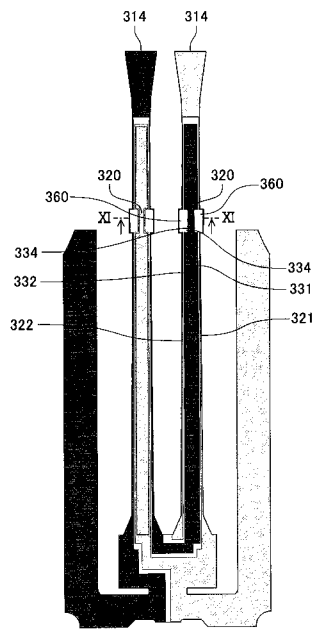
【図 8】



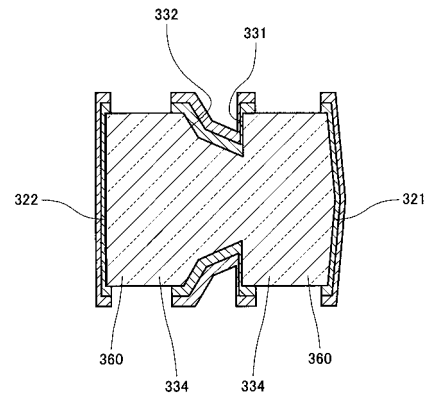
【図 9】



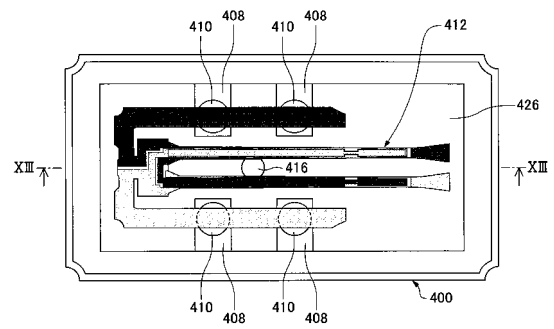
【図 10】



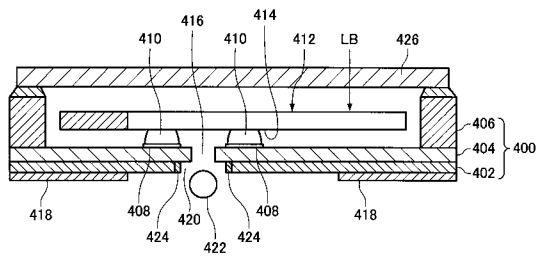
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-013391(JP,A)
特開昭52-149489(JP,A)
特開昭57-206119(JP,A)
特開昭58-044805(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H03H 9/215
H03H 9/19
H01L 41/09
H01L 41/18