

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4301200号
(P4301200)

(45) 発行日 平成21年7月22日(2009.7.22)

(24) 登録日 平成21年5月1日(2009.5.1)

(51) Int.Cl.	F I		
HO3H 9/09 (2006.01)	HO3H 9/09		
HO1L 41/09 (2006.01)	HO1L 41/08		C
HO1L 41/18 (2006.01)	HO1L 41/18		IO1A
HO1L 41/22 (2006.01)	HO1L 41/22		Z
HO3H 9/10 (2006.01)	HO3H 9/10		

請求項の数 9 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2005-129906 (P2005-129906)	(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
(22) 出願日	平成17年4月27日(2005.4.27)	(74) 代理人	100095728 弁理士 上柳 雅誉
(65) 公開番号	特開2006-148857 (P2006-148857A)	(74) 代理人	100107261 弁理士 須澤 修
(43) 公開日	平成18年6月8日(2006.6.8)	(74) 代理人	100127661 弁理士 宮坂 一彦
審査請求日	平成17年9月14日(2005.9.14)	(72) 発明者	棚谷 英雄 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
(31) 優先権主張番号	特願2004-305621 (P2004-305621)	審査官	崎間 伸洋
(32) 優先日	平成16年10月20日(2004.10.20)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電振動片および圧電デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧電材料により形成された所定長さの基部と、
前記基部の一端側から延びる複数の振動腕と、
前記基部から前記振動腕に沿って延びる支持用アームとを備え、
前記複数の各振動腕は、該振動腕の前記基部に対する付け根の箇所から該振動腕の先端側に向かって縮幅する縮幅部と、前記振動腕の長手方向に沿って形成された長溝と、前記長溝に形成された駆動用の電極と、を備え、
前記長溝は、前記縮幅部に位置し、
前記縮幅部の先端側の終端に前記幅寸法が一定または増加に転じる幅変化の変更点Pがあり、前記変更点Pを、前記長溝の先端部よりもさらに腕先端側に位置させるようにしたことを特徴とする、圧電振動片。

【請求項2】

前記縮幅部は、前記各振動腕の付け根の位置に設けられた第1の縮幅部と、前記第1の縮幅部の終端から前記振動腕の先端に向かう第2の縮幅部とを有し、前記第1の縮幅部は前記第2の縮幅部よりも急激に縮幅していることを特徴とする、請求項1に記載の圧電振動片。

【請求項3】

前記支持用アームは、前記基部に近い順に第1および第2の接合部を有し、前記第1および第2の接合部の間に前記第1および第2の接合部よりも幅が細い細幅部を有すること

を特徴とする、請求項 1 または請求項 2 に記載の圧電振動片。

【請求項 4】

前記基部には、前記支持用アームが前記基部に対して一体に接続されている接続部よりも前記振動腕寄りの位置に、前記圧電材料を幅方向に縮幅して形成した切り込み部を備えることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 に記載の圧電振動片。

【請求項 5】

前記支持用アームの先端が、前記振動腕の先端よりも前記基部寄りになるように、前記支持用アームの長さが設定されていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 に記載の圧電振動片。

【請求項 6】

前記支持用アームは、その基体側への接合箇所よりも前記基部側となる箇所に縮幅部を備えることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 に記載の圧電振動片。

【請求項 7】

前記支持用アームは、その基体側への接合箇所よりも前記基部側となる箇所に切り込み部を備えることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 に記載の圧電振動片。

【請求項 8】

パッケージまたはケース内に圧電振動片を収容した圧電デバイスであって、
前記圧電振動片が、
圧電材料により形成された所定長さの基部と、
前記基部の一端側から延びる複数の振動腕と、
前記基部から前記振動腕に沿って延びる支持用アームとを備え、
前記複数の各振動腕は、該振動腕の前記基部に対する付け根の箇所から該振動腕の先端側に向かって縮幅する縮幅部と、前記振動腕の長手方向に沿って形成された長溝と、前記長溝に形成された駆動用の電極と、を備え、
前記長溝は、前記縮幅部に位置し、
前記縮幅部の先端側の終端に前記幅寸法が一定または増加に転じる幅変化の変更点 P があり、前記変更点 P を、前記長溝の先端部よりもさらに腕先端側に位置させるようにしたことを特徴とする、圧電デバイス。

【請求項 9】

前記支持用アームは、前記基部に近い順に第 1 および第 2 の接合部を有し、前記第 1 および第 2 の接合部の間に前記第 1 および第 2 の接合部よりも幅が細い細幅部を有することを特徴とする、請求項 8 に記載の圧電デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電振動片と、パッケージやケース内に圧電振動片を収容した圧電デバイスの改良に関する。

【背景技術】

【0002】

HDD（ハード・ディスク・ドライブ）、モバイルコンピュータ、あるいは IC カード等の小型の情報機器や、携帯電話、自動車電話、またはページングシステム等の移動体通信機器や圧電ジャイロセンサー等において、圧電振動子や圧電発振器等の圧電デバイスが広く使用されている。

図 17 は、圧電デバイスに従来より用いられている圧電振動片の一例を示す概略平面図である。

【0003】

図において、圧電振動片 1 は、水晶などの圧電材料をエッチングすることにより、図示する外形を形成するもので、パッケージ（図示せず）等に取り付けられる矩形の基部 2 と、基部 2 から図において上方に延長された一对の振動腕 3, 4 を備えており、これら振動腕の主面（表裏面）に長溝 3 a, 4 a を形成するとともに、必要な駆動用の電極を形成した

10

20

30

40

50

ものである（特許文献1参照）。

このような圧電振動片1においては、駆動用の電極を介して駆動電圧が印加されると、各振動腕3, 4の先端部を近接・離間するようにして、屈曲振動することにより、所定の周波数の信号が取り出されるようになっている。

【0004】

ところで、このような圧電振動片1は、基部2の符号5, 6で示す箇所引出し電極が形成され、この部分に接着剤7, 8を塗布して、例えばパッケージなどの基体に固定支持される。

そして、この接着剤による固定支持後に、圧電振動片を構成する材料と、パッケージなどの材料の線膨張係数の相違などに起因して残る残留応力が、振動腕の屈曲振動を妨げないように、基部2に切り込み部9, 9を形成するようにしている。

10

このような、圧電振動片1においては、小型化が進められた結果、振動腕3, 4の腕幅 $W1$, $W1$ がそれぞれ $100\mu\text{m}$ 程度、これらの間の距離 $MW1$ が $100\mu\text{m}$ 程度、基部2の幅 $BW1$ が $500\mu\text{m}$ 程度である。そして、これらの部位の小寸法化を進め、これに対応して、基部の長さ $BL1$ も小寸法とされることで、圧電振動片1の小型化が進められている。

【0005】

【特許文献1】特開2002-261575

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0006】

ところが、このように小型化を進めた圧電振動片1では、その温度特性において、以下のような問題がある。

図18および図19は、圧電振動片1の温度特性を示すグラフであり、図18は温度-周波数特性、図19は温度-CI（クリスタルインピーダンス）値特性を示している。

図示するように、図18の温度-周波数特性については、従来と変わらず、特に問題は無いが、図19の温度-CI値特性においては、きわめて不安定となる問題がある。

【0007】

この温度-CI値特性の悪化は、圧電振動片1において、温度変化により、基部2の接着剤7, 8により接合した箇所の応力状態が変化したこと起因して起こると考えられ、同様な影響が、落下衝撃などを受けた場合に、基部2の接着剤7, 8により接合した箇所の応力状態が変化しても生じると考えられる。

30

【0008】

本発明は、以上の課題を解決するためになされたもので、小型化を進める上で、温度特性が良好な圧電振動片と、圧電デバイス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】

【0009】

本発明の圧電振動片は、圧電材料により形成された所定長さの基部と、前記基部の一端側から延びる複数の振動腕と、前記基部から前記振動腕に沿って延びる支持用アームとを備え、前記複数の各振動腕は、該振動腕の前記基部に対する付け根の箇所から該振動腕の先端側に向かって縮幅する縮幅部と、前記振動腕の長手方向に沿って形成された長溝と、前記長溝に形成された駆動用の電極と、を備え、前記長溝は、前記縮幅部に位置し、前記縮幅部の先端側の終端に前記幅寸法が一定または増加に転じる幅変化の変更点Pがあり、前記変更点Pを、前記長溝の先端部よりもさらに腕先端側に位置させるようにしたことを特徴とする。

40

【0010】

本発明の圧電振動片は、前記縮幅部は、前記各振動腕の付け根の位置に設けられた第1の縮幅部と、前記第1の縮幅部の終端から前記振動腕の先端に向かう第2の縮幅部とを有し、前記第1の縮幅部は前記第2の縮幅部よりも急激に縮幅していることを特徴とする。

【0011】

50

本発明の圧電振動片は、前記支持用アームは、前記基部に近い順に第1および第2の接合部を有し、前記第1および第2の接合部の間に前記第1および第2の接合部よりも幅が細い細幅部を有することを特徴とする。

【0012】

本発明の圧電振動片は、前記基部には、前記支持用アームが前記基部に対して一体に接続されている接続部よりも前記振動腕寄りの位置に、前記圧電材料を幅方向に縮幅して形成した切り込み部を備えることを特徴とする。

【0013】

本発明の圧電振動片は、前記支持用アームの先端が、前記振動腕の先端よりも前記基部寄りになるように、前記支持用アームの長さが設定されていることを特徴とする。

10

【0014】

本発明の圧電振動片は、前記支持用アームは、その基体側への接合箇所よりも前記基部側となる箇所に縮幅部を備えることを特徴とする。

【0015】

本発明の圧電振動片は、前記支持用アームは、その基体側への接合箇所よりも前記基部側となる箇所に切り込み部を備えることを特徴とする。

【0016】

本発明の圧電デバイスは、パッケージまたはケース内に圧電振動片を収容した圧電デバイスであって、前記圧電振動片が、圧電材料により形成された所定長さの基部と、前記基部の一端側から延びる複数の振動腕と、前記基部から前記振動腕に沿って延びる支持用アームとを備え、前記複数の各振動腕は、該振動腕の前記基部に対する付け根の箇所から該振動腕の先端側に向かって縮幅する縮幅部と、前記振動腕の長手方向に沿って形成された長溝と、前記長溝に形成された駆動用の電極と、を備え、前記長溝は、前記縮幅部に位置し、前記縮幅部の先端側の終端に前記幅寸法が一定または増加に転じる幅変化の変更点Pがあり、前記変更点Pを、前記長溝の先端部よりもさらに腕先端側に位置させるようにしたことを特徴とする。

20

また、前記支持用アームは、前記基部に近い順に第1および第2の接合部を有し、前記第1および第2の接合部の間に前記第1および第2の接合部よりも幅が細い細幅部を有することを特徴とする。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0017】

図1および図2は、本発明の圧電デバイスの第1の実施形態を示しており、図1はその概略平面図、図2は図1のA-A線切断端面図である。

これらの図において、圧電デバイス30は、圧電振動子を構成した例を示しており、この圧電デバイス30は、基体であるパッケージ57内に圧電振動片32を収容している。

パッケージ57は、図1および図2に示すように、例えば、矩形の箱状に形成されている。具体的には、パッケージ57は、第1の基板55と第2の基板56とを積層して形成されており、例えば、絶縁材料として、酸化アルミニウム質のセラミックグリーンシートを成形して図示の形状とした後で、焼結して形成されている。

【0018】

40

パッケージ57は、図2に示すように、第2の基板56の内側の材料を除去することで、内部空間Sのスペースを形成している。この内部空間Sが圧電振動片32を収容するための収容空間である。そして、第1の基板55に形成した電極部31、31の上に、導電性接着剤43、43を用いて、圧電振動片32の支持用アーム61、62の後述する引出し電極形成箇所を載置して接合している。

このため、この圧電振動片32の導電性接着剤43による固定支持の後においては、圧電振動片32を構成する材料と、パッケージ57を構成する材料の線膨張係数の相違などに起因して、基部51には、残留応力が存在している。

【0019】

なお、電極部31、31はパッケージ裏面の実装端子41と導電スルーホールなどで接

50

続されている。パッケージ 57 は、圧電振動片 32 を収容した後で、透明なガラス製の蓋体 40 が封止材 58 を用いて接合されることにより、気密に封止されている。これにより、蓋体 40 を封止した後で、外部からレーザ光を照射して圧電振動片 32 の電極などをトリミングして、周波数調整できるようになっている。

【0020】

圧電振動片 32 は、例えば水晶で形成されており、水晶以外にもタンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等の圧電材料を利用することができる。この圧電振動片 32 は、図 1 に示すように、基部 51 と、この基部 51 の一端（図において右端）から、右方向に向けて、二股に別れて平行に延びる一对の振動腕 35, 36 を備えている。

各振動腕 35, 36 の主面の表裏には、好ましくは、それぞれ長さ方向に延びる長溝 33, 34 をそれぞれ形成し、図 1 および図 2 に示すように、この長溝内に駆動用の電極である励振電極 37, 38 が設けられている。

尚、この実施形態では、各振動腕 35, 36 の先端部は、ややテーパ状に次第に拡幅されることにより、重量増加され、錘の役割を果たすようにされている。これにより、振動腕の屈曲振動がされやすくなっている。

【0021】

また、圧電振動片 32 は、その基部 51 の振動腕を形成した一端より、図 1 において、所定距離 BL2（基部長さ）隔てた他端（図において左端）において、基部 51 の幅方向に延長され、かつ振動腕 35, 36 の両外側の位置で、各振動腕 35, 36 の延びる方向（図 1 において右方向）に、これら振動腕 35, 36 と平行に延びている支持用アーム 61, 62 を備えている。

このような圧電振動片 32 の音叉状の外形と、各振動腕に設ける長溝は、それぞれ例えば水晶ウエハなどの材料をフッ酸溶液などでウエットエッチングしたり、ドライエッチングすることにより精密に形成することができる。

【0022】

励振電極 37, 38 は、長溝 33, 34 内と、各振動腕の側面とに形成され、各振動腕について長溝内の電極と、側面に設けた電極が対となるようにされている。そして、各励振電極 37, 38 は、それぞれ引出し電極 37a, 38a として、支持用アーム 61, 62 に引き回されている。これにより、圧電デバイス 30 を実装基板などに実装した場合に、外部からの駆動電圧が、実装端子 41 から、電極部 31, 31 を介して圧電振動片 32 の各支持用アーム 61, 62 の引出し電極 37a, 38a に伝えられ、各励振電極 37, 38 に伝えられるようになっている。

そして、長溝 33, 34 内の励振電極に駆動電圧が印加されることによって、駆動時に、各振動腕の長溝が形成された領域の内部の電界効率を高めることができるようになっている。

【0023】

また、好ましくは、基部 51 には、基部 51 の振動腕側の端部から十分離れた位置において、両側縁に、基部 51 の幅方向の寸法を部分的に縮幅して形成した凹部もしくは切り込み部 71, 72 を設けている。切り込み部 71, 72 の深さは、例えば、それぞれ近接する振動腕 35, 36 の外側の側縁と一致する程度まで縮幅されると好ましい。

これにより、振動腕 35, 36 が屈曲振動する際に振動漏れが基部 51 側に漏れ、支持用アーム 61, 62 に伝搬することを抑制し、CI 値を低く抑えることができる。

【0024】

ここで、本実施形態では、上述した支持用アーム 61, 62 が延びる箇所、すなわち、基部 51 の他端部 53 は、振動腕 35, 36 の付け根部 52 よりも十分離れた距離 BL2 を有するようになっている。

この距離 BL2 は、好ましくは、振動腕 35, 36 の腕幅寸法 W2 の大きさを超える寸法とされている。

すなわち、音叉型振動片の振動腕 35, 36 が屈曲振動する際に、その振動漏れが基部 51 に向かって伝えられる範囲は、振動腕 35, 36 の腕幅寸法 W2 と相関がある。本発

10

20

30

40

50

明者はこの点に着目し、支持用アーム 6 1 , 6 2 の基端となる箇所を適切な位置にもうけなければならないという知見を持った。

【 0 0 2 5 】

そこで、本実施形態では、支持用アーム 6 1 , 6 2 の基端となる箇所 5 3 について、振動腕の付け根部 5 2 を起点として、振動腕の腕幅寸法 W 2 の大きさに対応した寸法を超える位置を選択することで、振動腕 3 5 , 3 6 からの振動漏れが、支持用アーム 6 1 , 6 2 側に伝搬することを、より確実に抑制する構造とすることができたものである。したがって、C I 値を抑制して、かつ後述する支持用アームの作用効果を得るためには、5 3 の位置を振動腕 3 5 , 3 6 の付け根部(すなわち、基部 5 1 の一端部である) 5 2 の箇所から上記 B L 2 の距離だけ離すことが好ましい。

10

同様の理由により、切り込み部 7 1 , 7 2 が形成される箇所も、振動腕 3 5 , 3 6 の付け根部 5 2 の箇所から振動腕 3 5 , 3 6 の腕幅寸法 W 2 の大きさを超える箇所とするのが好ましい。このため、切り込み部 7 1 , 7 2 は、支持用アーム 6 1 , 6 2 が基部 5 1 に対して一体に接続されている箇所を含んで、そこよりも振動腕寄りの位置に形成される。

尚、支持用アーム 6 1 , 6 2 は振動に関与しないので、その腕幅 S W に特別の条件はないが、支持構造を確実にするため、振動腕よりも大きな幅とすることが好ましい。

【 0 0 2 6 】

かくして、この実施形態では、振動腕の腕幅 W 2 が 5 0 μ m 程度、振動腕どうしの間隔 M W 2 が 8 0 μ m 程度、支持用アーム 6 1 , 6 2 の幅 S W を 1 0 0 μ m 程度とすることで、基部 5 1 の幅 B W 2 を 5 0 0 μ m とすることができ、これは図 1 7 の圧電振動片 1 の幅とほぼ同様で、長さは短く、従来と同じ大きさのパッケージに十分収容できるものである。本実施形態は、そのような小型化をはかりつつ、以下のような作用効果を得ることができる。

20

【 0 0 2 7 】

図 1 の圧電振動片 3 2 においては、支持用アーム 6 1 , 6 2 がパッケージ 5 7 側に導電性接着剤 4 3 により接合されているので、周囲温度の変化や、落下衝撃などを原因として、その接合箇所に生じた応力変化が、支持用アーム 6 1 , 6 2 の接合箇所から、基部 5 1 の他端部 5 3 までの屈曲した距離と、さらには、距離 B L 2 を超える基部 5 1 の長さ分の距離を隔てて振動腕 3 5 , 3 6 に影響を与えることはほとんどなく、このため、特に温度特性が良好となる。

30

しかも、これとは逆に屈曲振動する振動腕 3 5 , 3 6 からの振動漏れは、基部 5 1 を隔てた支持用アーム 6 1 , 6 2 に達するまでに距離 B L 2 を超える基部 5 1 の所定長さを隔てていることから、ほとんど及ぶことがない。

【 0 0 2 8 】

ここで、基部 5 1 の長さが極端に短いと、屈曲振動の漏れた成分が支持用アーム 6 1 , 6 2 の全体に拡がり、制御が困難となる事態が考えられるが、この実施形態では、そのような事態が十分に回避される。

そして、このような作用を得ることができる上に、支持用アーム 6 1 , 6 2 は、図示したように、基部 5 1 の他端部 5 3 から幅方向に延長され、振動腕 3 5 , 3 6 の外側で、この振動腕と同じ方向に延びる構成としたから、全体の大きさをコンパクトにすることができる。

40

また、この実施形態では、図 1 に示すように、支持用アーム 6 1 , 6 2 の先端が、振動腕 3 5 , 3 6 の先端よりも基部 5 1 寄りになるように形成されている。この点においても、圧電振動片 3 2 の大きさをコンパクトにすることができる。

【 0 0 2 9 】

さらに、図 1 7 の構成と比較して、容易に理解されるように、図 1 7 では、互いに接近した引き出し電極 5 と引き出し電極 6 に、導電性接着剤 7 , 8 を塗布して接合する構造であるから、これらが接触しないように、短絡を避けてきわめて狭い範囲に接着剤を塗布(パッケージ側)したり、接合後も硬化前に接着剤が流れて短絡しないようにしながら接合工程を実行しなければならず、容易な工程ではなかった。

50

これに対して、図1の圧電振動片32では、互いにパッケージ57の幅方向一杯に離れた支持用アーム61, 62のそれぞれの中間付近に対応する電極部31, 31に、導電性接着剤43, 43を塗布すればよいので、上述のような困難さがほとんどなく、また、短絡の心配もないものである。

【0030】

図3および図4は、本実施形態の圧電振動片32の温度特性を示すグラフであり、図3は温度 - C I 値特性、図4は温度 - 周波数特性を示している。

図示するように、図4の温度 - 周波数特性については、従来と同様、特に問題が無いだけでなく、図3の温度 - C I 値特性に関しては、図19と比較すると容易に理解されるように、きわめて良好となっている。

10

【0031】

(第2および第3の実施形態)

図5と図6は、圧電振動片の第2実施形態、第3実施形態をそれぞれ表しており、これらの実施形態は、支持用アームの一部に剛性を低くした構造を採用した例である。これらの図において、図1および図2で説明した圧電振動片32と共通する箇所には、同一の符号を付して重複する説明は省略し、以下、相違点を中心に説明する。

【0032】

これらの実施形態では、上記した剛性を低くした構造が、いずれも基部51と接合箇所である導電性接着剤43との間の位置に設けられている。これにより、振動腕の屈曲振動による振動漏れが、支持用アームに及んだ場合であっても、接合箇所に伝えられることを極力低減することができるものである。

20

【0033】

図5において、圧電振動片32-1では、剛性を低くした構造が、各支持用アーム61-1, 62-1の途中で形成した縮幅部77, 77である。

つまり、各支持用アーム61-1, 62-1では、その長さ方向の中間付近に向かって、腕幅が徐々に縮幅されており、この中間付近は最も幅の狭い縮幅部となっている。このため、この縮幅部77, 77は支持用アームの剛性が最も低い箇所となっており、伝搬した歪みはここに集中しやすいので、導電性接着剤43, 43の箇所まで振動漏れが伝わりにくい構造とすることができる。しかも、このような縮幅部77, 77は圧電振動片32-1の外形形成時にエッチングなどの手法により容易に形成することができる。

30

【0034】

図6において、圧電振動片32-2では、剛性を低くした構造が、各支持用アーム61-2, 62-2の途中で形成した切り込み部75, 75と76, 76である。支持用アーム61-2と62-2は同じ構造であるから、支持用アーム61-2についてだけ説明すると、支持用アーム61-2の外側から幅方向に切れ込んだ切り込み部が切り込み部75であり、内側から幅方向に切れ込んだ切り込み部が切り込み部76である。

【0035】

切り込み部75と76は両方設けた方が、振動腕35, 36の屈曲振動の漏れ込みをより確実に防止できるが、ひとつでも振動の漏れ込みを低減する効果を得ることができる。また、切り込み部75, 76は両方形成すると、その分支持用アーム61-2の剛性が低下するが、どちらかひとつであれば、大きな強度の低下はない。

40

すなわち、振動の漏れ込み防止の機能を重視する場合には、切り込み部75, 76を両方設けた方がよく、支持用アーム61-2自体の強度を重視する場合には、どちらかひとつを形成すればよい。また、このような切り込み部75, 76は圧電振動片32-2の外形形成時にエッチングなどの手法により容易に形成することができる。

【0036】

(第4の実施形態)

図7および図8は、本発明の圧電デバイスの第4実施形態を示しており、図7はその概略平面図、図8は図7のB-B線切断端面図である。また、図9は図7の圧電振動片32の詳細を説明するための拡大平面図、図10は図7の振動腕部分に関するC-C線切断端

50

面図である。

これらの図に示す圧電デバイス30-1およびその一部の構成のうち、図1で説明した圧電デバイス30と同一の符号を付した箇所は共通する構成であるから、重複する説明は省略し、以下、相違点を中心に説明する。

【0037】

パッケージ57-1は、図7および図8に示すように、例えば、矩形の箱状に形成されており、図1のパッケージ57と相違する点は、第1の基板54と、第2の基板55と、第3の基板56の3つの基板を積層して形成されている点である。

パッケージ57-1の底部には、製造工程において、脱ガスするための貫通孔27を有している。貫通孔27は、第1の基板54に形成された第1の孔25と、第2の基板55に形成され、上記第1の孔25よりも小さな外径を有し、第1の孔25と連通した第2の孔26で形成されている。

そして、貫通孔27には、封止材28が充填されることにより、パッケージ57-1内が気密状態となるように孔封止されている。

【0038】

パッケージ57-1の第2の基板55に形成した各電極部31-1, 31-2, 31-1, 31-2の上には、導電性接着剤43, 43, 43, 43を用いて、圧電振動片32-3の支持用アーム61, 62の後述する引出し電極形成箇所を載置して接合している。このため、図1の圧電デバイス30よりも圧電振動片32-3を接合する接合強度に優れている。

【0039】

ここで、支持用アーム61と支持用アーム62は同一の形状であるから、支持用アーム61について図9を参照しながら説明すると、その長さ寸法uは、圧電振動片32-3の全長aに対して、60ないし80パーセントとすることが、安定した支持構造を得るために必要である。

また、図示は省略するが、支持用アーム61の接合箇所と基部51との間となる箇所の一部に、剛性を低下させた箇所ないし構造、例えば、図6で説明した符号75, 76で説明した構造のように、切り込み部もしくは縮幅部などを設けるようにしてもよい。これにより、CI値の低減などを期待できる。

また、支持用アーム61, 62の外側コーナ部61a, 62aは、それぞれ内方に凸もしくは外方に凸となったR状に面取りされることにより、欠けたりする損傷を防止している。

【0040】

支持用アームとの接合箇所は、例えば、一方の支持用アーム61に関して、図7で説明したように、圧電振動片32-3長さ寸法の重心位置Gに相当する箇所をひとつだけ選択することもできる。しかし、この実施形態のように、上記重心位置を挟んで該重心位置から等距離離れた2点を選んで電極部31-1, 31-2を設定し、接合すると、より接合構造が強化されて好ましい。

ひとつの支持用アームについて、1点で接合する場合は、接着剤塗布領域の長さが、圧電振動片32-3の全長aの25パーセント以上を確保することが十分な接合強度を得る上で好ましい。

この実施形態のように、2点の接合箇所を設ける場合には、接合箇所どうしの間隔を圧電振動片32-3の全長aの25パーセント以上とすることが十分な接合強度を得る上で好ましい。

【0041】

なお、各電極部31-1, 31-2, 31-1, 31-2のうち、少なくとも一組の電極部31-1, 31-2はパッケージ裏面の実装端子41, 41と導電スルーホールなどで接続されている。パッケージ57は、圧電振動片32-3を収容した後で、透明なガラス製の蓋体40が封止材58を用いて接合されることにより、気密に封止されている。

尚、蓋体40は、透明な材料でなく、例えば、コパールなどの金属板体をシーム封止な

10

20

30

40

50

どで接合する構造としてもよい。

【 0 0 4 2 】

図 1 0 に示すように、圧電振動片 3 2 - 3 の各励振電極 3 7 , 3 8 はクロス配線により、交流電源に接続されており、電源から駆動電圧としての交番電圧が、各振動腕 3 5 , 3 6 に印加されるようになっている。

これにより、振動腕 3 5 , 3 6 は互いに逆相振動となるように励振され、基本モード、すなわち、基本波において、各振動腕 3 5 , 3 6 の先端側を互いに接近・離間させるように屈曲振動されるようになっている。

ここで、例えば、圧電振動片 3 2 - 3 の基本波は、Q 値：1 2 0 0 0、容量比 (C 0 / C 1) : 2 6 0、C I 値：5 7 k、周波数：3 2 . 7 6 8 k H z (「キロヘルツ」、以下同じ)である。

10

また、2 次の高調波は、例えば、Q 値：2 8 0 0 0、容量比 (C 0 / C 1) : 5 1 0 0、C I 値：7 7 k、周波数：2 0 7 k H z である。

【 0 0 4 3 】

次に、本実施形態の圧電振動片 3 2 - 3 の好ましい詳細構造について、図 9 および図 1 0 を参照しながら説明する。

図 9 に示す圧電振動片 3 2 - 3 の各振動腕 3 5 , 3 6 は同じ形状であるから、振動腕 3 6 について説明すると、基部 5 1 から各振動腕が延びる基端部 T では、振動腕幅が最も広い。そして、振動腕 3 6 の付け根部であるこの T の位置から振動腕 3 6 の先端側に僅かな距離だけ離れた U の箇所の間において、急激に縮幅する第 1 の縮幅部 T L が形成されている。そして第 1 の縮幅部 T L の終端である U の位置から、振動腕 3 6 のさらに先端側に向かって P の位置まで、すなわち、振動腕に関して、C L の距離にわたって、徐々に連続的に縮幅する第 2 の縮幅部が形成されている。

20

【 0 0 4 4 】

このため、振動腕 3 6 は基部に近い付け根付近が、第 1 の縮幅部 T L を設けることにより、高い剛性を備えるようにされている。また、第 1 の縮幅部の終端 U から先端に向かうにつれて、第 2 の縮幅部 C L を形成したことにより、連続的に剛性が低くなるようにされている。P の箇所は腕幅の変更点 P であり、振動腕 3 6 の形態上くびれた位置であるから、くびれ位置 P と表現することもできる。振動腕 3 6 においては、この腕幅の変更点 P よりもさらに先端側は、腕幅が同じ寸法で延長されるか、好ましくは図示のように徐々に僅かに拡大している。

30

【 0 0 4 5 】

ここで、図 9 の長溝 3 3 , 3 4 が長い程、振動腕 3 5 , 3 6 を形成する材料について電界効率が向上する。ここで、振動腕の全長 b に対して、長溝 3 3 , 3 4 の基部 5 1 からの長さ j が、少なくとも $j / b = 0 . 7$ 程度までは、長くするほど音叉型振動片の C I 値は下がることがわかっている。このため、 $j / b = 0 . 5$ ないし $0 . 7$ であることが好ましい。この実施形態では、図 9 において、振動腕 3 6 の全長 b は、例えば $1 2 5 0 \mu m$ 程度である。

【 0 0 4 6 】

また、長溝の長さを適切に長くして、十分に C I 値の抑制をはかるようにした場合、次に圧電振動片 3 2 - 3 の C I 値比 (高調波の C I 値 / 基本波の C I 値) が問題となる。すなわち、基本波の C I 値が低減されると同時に、高調波の C I 値も抑制され、該高調波の C I 値が、基本波の C I 値よりも小さくなると、高調波により発振しやすくなってしまふ。

40

そこで、長溝を長くして C I 値を低くするだけでなく、さらに、腕幅の変更点 P についても振動腕の先端よりに設けることで、C I 値を低減しつつ、さらに C I 値比 (高調波の C I 値 / 基本波の C I 値) を大きくすることができる。

すなわち、振動腕 3 6 ではその根本部分、つまり、付け根付近が、第 1 の縮幅部 T L により、剛性が強化されている。これにより、振動腕の屈曲振動を一層安定させることができ、C I 値の抑制をはかることができる。

50

【 0 0 4 7 】

しかも、第2の縮幅部CLを設けたことで、振動腕36は、その付け根付近から、先端側に向かって、腕幅の変更点であるくびれ位置Pまで、徐々に剛性が低下し、くびれ位置Pからさらに先端側では、長溝34が無く、腕幅を徐々に拡大させていることから、剛性は先端側にいくに従って高くされている。

このため、2次の高調波における振動の際の振動の「節」を、振動腕36のより先端側に位置させることができると考えられ、このことにより、長溝34を長くして圧電材料の電界効率を上げ、CI値を上昇させても、基本波のCI値を抑制しながら、2次の高調波のCI値の低下を招くことがないようにすることができる。このことから、図9に示すように、好ましくは腕幅の変更点Pを長溝の先端部よりも、振動腕の先端側に設けることで、ほぼ確実にCI値比を大きくして、高調波による発振を防止できる。

10

【 0 0 4 8 】

さらに、本発明者の研究によると、振動腕の全長bに対して、長溝33, 34の基部51からの長さjとしたときの、上記j/bと、振動腕36の最大幅/最小幅の値である腕幅縮幅率Mと、これらに対応したCI値比(第2高調波のCI値/基本波のCI値)とは相関がある。

そして、上記j/b = 61.5パーセントとした場合、振動腕36の最大幅/最小幅の値である腕幅縮幅率Mを1.06よりも大きくすることにより、CI値比を1より大きくすることができ、高調波による発振を防止することができることが確認されている。

かくして、全体を小型化しても、基本波のCI値を低く抑えることができ、ドライブ特性が悪化することがない圧電振動片を提供することができる。

20

【 0 0 4 9 】

次に、圧電振動片32-3のさらに好ましい構造について説明する。

図10の寸法xで示すウエハ厚み、すなわち、圧電振動片を形成する水晶ウエハの厚みは、70μmないし130μmが好ましい。

図9の寸法aで示す圧電振動片32-3の全長は、1300μmないし1600μm程度である。振動腕の全長である寸法bは、1100ないし1400μmとし、圧電振動片32-3の全幅dは、400μmないし600μmとすることが、圧電デバイスの小型化の上で好ましい。このため、音叉部分の小型化のためには、基部51の幅寸法eは200ないし400μm、支持アームの幅fは、30ないし100μmとすることが支持効果を確実にする上で必要である。

30

【 0 0 5 0 】

また、図9の振動腕35と36の間の寸法kは、50ないし100μmとするのが好ましい。寸法kが50μmより少ないと、圧電振動片32-3の外形を、後述するように、水晶ウエハをウエットエッチングにより貫通させて形成する場合に、エッチング異方性に基づく異形部、すなわち、図10の符号81で示した振動腕側面におけるプラスX軸方向へのヒレ状凸部を、十分に小さくすることが困難になる。寸法kが100μm以上となると、振動腕の屈曲振動が不安定になるおそれがある。

さらに、図10の振動腕35(振動腕36も同じ)における長溝33の外縁と振動腕の外縁との寸法m1, m2は、ともに3ないし15μmとするとよい。寸法m1, m2は15μm以下とすることで、電界効率が向上し、3μm以上とすることで、電極の分極が確実に行われるのに有利である。

40

【 0 0 5 1 】

図9の振動腕36において、第1の縮幅部TLの幅寸法nが11μm以上あると、CI値の抑制に確実な効果が期待できる。

図9の振動腕36において、腕幅の変更点Pよりも先端側が拡幅している拡幅度合いが、振動腕36の腕幅が最小とされている箇所である該腕幅の変更点Pの箇所の幅に対して、0ないし20μm程度の増加とするのが好ましい。これを超過して拡幅されると、振動腕36の先端部が重くなりすぎて、屈曲振動の安定性を損なうおそれがある。

【 0 0 5 2 】

50

また、図10における振動腕35（振動腕36も同じ）の外側の一側面に、プラスX軸方向にヒレ状に突出する異形部81が形成されている。これは、圧電振動片をウェットエッチングして外形形成する際に、水晶のエッチング異方性によりエッチング残りとして形成されるものであるが、好ましくは、フッ酸とフッ化アンモニウムによるエッチング液中で、9時間ないし11時間エッチングすることにより、該異形部81の突出量 v を $5\mu\text{m}$ 以内に低減することが、振動腕35の安定した屈曲振動を得る上で好ましい。

【0053】

図9の寸法 g で示す長溝の幅寸法は、振動腕の該長溝が形成されている領域において、振動腕の腕幅 C に対して、60ないし90パーセント程度とするのが好ましい。振動腕35, 36には、第1および第2の縮幅部が形成されているので、腕幅 C は振動腕の長さ方向の位置により異なるが、振動腕の最大幅に対して、長溝の幅 g は60ないし90パーセント程度となる。これより長溝の幅が小さくなると、電界効率が下がり、 CI 値の上昇につながる。

【0054】

さらに、図10の基部51の全長 h は、圧電振動片32-3の全長 a に対して、従来30パーセント程度あったものが、この実施形態は、切り込み部の採用などにより、15ないし25パーセント程度とすることができ、小型化を実現している。

また、好ましくは、基部51には、図1の実施形態と同様に、基部51の両側縁に、凹部もしくは切り込み部71, 72を設けてあり、その深さ（図9の寸法 q ）は、例えば $60\mu\text{m}$ 程度とすることができる。

また、本実施形態では、パッケージ寸法を小型にするために、基部51の側面と支持用アーム61, 62の間隔（寸法 p ）が30ないし $100\mu\text{m}$ とされている。

【0055】

図11は、本実施形態の圧電振動片32を利用して圧電発振器を構成する場合の発振回路の例を示す回路図である。

発振回路91は、増幅回路92と帰還回路93を含んでいる。

増幅回路92は、増幅器95と帰還抵抗94を含んで構成されている。帰還回路93は、ドレイン抵抗96と、コンデンサ97, 98と、圧電振動片32とを含んで構成されている。

ここで、図11の帰還抵抗94は、例えば 10M （メガオーム）程度、増幅器95はCMOSインバータを用いることができる。ドレイン抵抗96は、例えば 200 ないし 900k （キロオーム）、コンデンサ97（ドレイン容量）と、コンデンサ98（ゲート容量）は、それぞれ 10 ないし 22pF （ピコファラド）とすることができる。

【0056】

（第5ないし第7の実施形態）

図13は、本発明の圧電振動片の第5の実施形態を示す概略平面図である。

第5の実施形態の圧電振動片32-4に関して、第4の実施形態の圧電振動片32-3と同一の構成には共通する符号を付して、重複する説明を省略し、以下、相違点について説明する。

図13の圧電振動片の支持用アーム61, 62においては、符号43, 43で示す導電性接着剤の塗布領域としての接合箇所と、基部51との間に、剛性を低くした構造として、切り込み部75-1と、切り込み部76とを設けている。この切り込み部75-1と、切り込み部76は、それぞれ支持用アームの基端付近において、外側の側縁と、内側の側縁から形成されている点では、図6の第3実施形態と同じであり、同様に、振動腕35, 36の屈曲振動の漏れ込みをより確実に防止できる効果がある。

しかしながら、この実施形態では、切り込み部75-1と、切り込み部76とは、支持用アーム61, 62のそれぞれについて、その長さ方向の同じ位置に形成されている点が第3実施形態とは異なっている。

なお、接合箇所は、図1の実施形態と同様に各支持用アーム61, 62について、それぞれ1箇所としてもよいことは言うまでもない。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

図 1 4 は、本発明の圧電振動片の第 6 の実施形態を示す概略平面図である。

第 6 の実施形態の圧電振動片 3 2 - 5 に関して、第 4 の実施形態の圧電振動片 3 2 - 3 と同一の構成には共通する符号を付して、重複する説明を省略し、以下、相違点について説明する。

【 0 0 5 8 】

図 1 4 の圧電振動片の支持用アーム 6 1 , 6 2 においては、符号 4 3 , 4 3 で示す導電性接着剤の塗布領域としての接合箇所と、基部 5 1 との間に、剛性を低くした構造として、貫通孔 8 6 を有している。

すなわち、支持用アームに設けた貫通孔 8 6 は、振動腕 3 5 , 3 6 の屈曲振動の漏れ込みを低減できる点で、切り込み部と同様の作用を発揮するが、切り込み部を設けることにより、支持用アームについて、部分的に必要以上の剛性低下が生じると考えられる場合には、貫通孔 8 6 を設けた方が、より剛性低下が小さく、強度的に有利となる。

なお、接合箇所は、図 1 の実施形態と同様に各支持用アーム 6 1 , 6 2 について、それぞれ 1 箇所としてもよいことは第 5 実施形態の場合と同じである。

【 0 0 5 9 】

図 1 5 は、本発明の圧電振動片の第 7 の実施形態を示す概略平面図である。

第 7 の実施形態の圧電振動片 3 2 - 6 に関して、第 4 の実施形態の圧電振動片 3 2 - 3 と同一の構成には共通する符号を付して、重複する説明を省略し、以下、相違点について説明する。

【 0 0 6 0 】

図 1 5 の圧電振動片の支持用アーム 6 1 , 6 2 においては、符号 4 3 , 4 3 で示す導電性接着剤の塗布領域としての接合箇所と、基部 5 1 との間に、剛性を低くした構造として、細幅部 8 2 , 8 3 を有している。

各支持用アーム 6 1 , 6 2 は同じ構造であるから、支持用アーム 6 1 だけについて説明する。具体的には、例えば、圧電振動片 3 2 - 6 の重心位置 G に関して、支持用アーム 6 1 の該重心位置 G からそれぞれ同じだけ離れた互に対称の位置に、幅寸法を大きくした接合部 8 4 , 8 5 が形成されている。

【 0 0 6 1 】

各接合部 8 4 , 8 5 には図示するように、導電性接着剤 4 3 , 4 3 が塗布されて、パッケージ側への接合が行われるようになっている。

支持用アーム 6 1 の基端部を除き、接合部 8 4 , 8 5 以外の領域では、幅寸法を狭めることにより、上記細幅部 8 2 , 8 3 が形成されている。

以上の構成において、細幅部 8 2 , 8 3 は、振動腕 3 5 , 3 6 の屈曲振動の漏れ込みを低減できる点で、切り込み部と同様の作用を発揮する。

また、導電性接着剤 4 3 , 4 3 を塗布する領域については、接合部 8 4 , 8 5 のように、外形上、他の領域と異なる形状を持たせることで、後述する製造工程におけるパッケージへの圧電振動片の接合工程において、画像処理などによる工程を実現する上で有利である。

また、長溝 3 3 , 3 4 の基部 5 1 側端部の位置は、図 9 において振動腕 3 5 , 3 6 の付け根、すなわち T の位置と同じか、それより僅かに振動腕先端側であって、第 1 の縮幅部 T L が存在する範囲内であることが好ましく、特に T の位置よりも基部 5 1 の基端側に入り込まないようにすることが好ましい。

【 0 0 6 2 】

(圧電デバイスの製造方法)

次に、図 1 2 のフローチャートを参照しながら、上述の圧電デバイスの製造方法の一例を説明する。以下の工程では、一部の実施形態の圧電振動片と圧電デバイスを製造する場合についてだけ言及するが、この製造工程は、上述した全ての実施形態について共通のものである。

(蓋体およびパッケージの製造方法)

10

20

30

40

50

圧電デバイス 30 の圧電振動片 32 と、パッケージ 57 と、蓋体 40 は、それぞれ別々に製造される。

蓋体 40 は、例えば、所定の大きさのガラス板、例えば、硼珪酸ガラスの板ガラスを切断し、パッケージ 57 を封止するのに適合する大きさの蓋体として用意される。

パッケージ 57 は、上述したように、酸化アルミニウム質のセラミックグリーンシートを成形して形成される複数の基板を積層した後、焼結して形成されている。成形の際には、複数の各基板は、その内側に所定の孔を形成することで、積層した場合に内側に所定の内部空間 S を形成する。

【0063】

(圧電振動片の製造方法)

まず、圧電基板を用意し、ひとつの圧電基板から所定数の圧電振動片について、同時にその外形をエッチングにより形成する(外形エッチング)。

ここで、圧電基板は、圧電材料のうち、例えば、圧電振動片 32 を複数もしくは多数分離することができる大きさの水晶ウエハが使用される。この圧電基板は工程の進行により図 9 の圧電振動片 32 - 3 (図 1 の圧電振動片 32 など同様に製造される)を形成するので、図 7 あるいは図 10 に示す X 軸が電気軸、Y 軸が機械軸及び Z 軸が光学軸となるように、圧電材料、例えば水晶の単結晶から切り出されることになる。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、Z 軸を中心に時計回りに 0 度ないし 5 度(図 16 の)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。

【0064】

外形エッチングでは、図示しない耐蝕膜などのマスクを用いて、圧電振動片の外形から外側の部分として露出した圧電基板に関して、例えば、フッ酸溶液をエッチング液として、圧電振動片の外形のエッチングを行う。耐蝕膜としては、例えば、クロムを下地として、金を蒸着した金属膜などを用いることができる。このエッチング工程は、ウエットエッチングで、フッ酸溶液の濃度や種類、温度等により変化する。

ここで、外形エッチング工程でのウエットエッチングでは、図 9 に示した機械軸 X、電気軸 Y、光学軸 Z に関して、エッチングの進行上、次のようなエッチング異方性を示す。

すなわち、圧電振動片 32 - 3 に関して、その X - Y 平面内におけるエッチングレートについては、プラス X 方向で、この X 軸に対して 120 度の方向、およびマイナス 120 度の方向の面内においてエッチングの進行が速く、マイナス X 方向で X 軸に対してプラス 30 度の方向、およびマイナス 30 度の方向の内面のエッチングの進行が遅くなる。

同様に、Y 方向のエッチングの進行は、プラス 30 度方向およびマイナス 30 度方向が速くなり、プラス Y 方向で、Y 軸に対してプラス 120 度方向、およびマイナス 120 度方向が遅くなる。

【0065】

このようなエッチング進行上の異方性により、圧電振動片 32 - 3 では、図 10 の符号 81 で示されているように、各振動腕の外側側面に、ヒレ状に突出した異形部が形成される。

しかしながら、この実施形態では、エッチング液として、フッ酸および、フッ化アンモニウムを用いて、十分な時間、すなわち、9 時間ないし 11 時間という十分な時間をかけて、エッチングを行うことにより、図 10 で説明した異形部 81 の突出量 v が $5 \mu\text{m}$ 以内と、きわめて小さくすることができる(ST11)。

この工程において、圧電振動片 32 - 3 の切り込み部 71, 72 を含む外形が同時に形成され、終了時には、水晶ウエハに対して、それぞれ細い連結部で基部 51 付近を接続された多数の圧電振動片 32 - 3 の外形完成状態のものが得られる。

【0066】

(溝形成のためのハーフエッチング工程)

次に、図示しない溝形成用レジストにより、図 10 で示した形態となるように、各長溝を挟む両側の壁部を残す様にして、溝を形成しない部分に耐蝕膜を残し、外形エッチング

10

20

30

40

50

と同じエッチング条件で、各振動腕 35, 36 の表面と裏面を、それぞれウエットエッチングすることにより長溝に対応した底部を形成する (ST12)。

ここで、図10を参照すると、符号 t で示す溝深さは、全体厚み x に対して、30ないし45パーセント程度とされる。t に関して、全体厚み x の30パーセント以下だと、電界効率を十分向上させることができない場合がある。45パーセント以上だと、剛性が不足して、屈曲振動に悪影響を与えたり、強度が不足する場合がある。

【0067】

なお、上記外形エッチングおよび溝エッチングは、その一方もしくは両方をドライエッチングにより形成してもよい。その場合には、例えば、圧電基板(水晶ウエハ)上に、圧電振動片32-3の外形や、外形形成後には、長溝に相当する領域を、その都度メタルマスクを配置して覆う。この状態で、例えば、図示しないチャンバー内に収容し、所定の真空度でエッチングガスを供給して、エッチングプラズマを生成しドライエッチングすることができる。つまり、真空チャンバー(図示せず)には、例えば、フロンガスボンベと酸素ガスボンベとが接続され、さらに、真空チャンバーには、排気管が設けられ、所定の真空度に真空引きされるようになっている。

真空チャンバー内が、所定の真空度に真空排気され、フロンガスと、酸素ガスが送られ、その混合ガスが所定の気圧になるまで充填された状態にて、直流電圧が印加されると、プラズマが発生する。そして、イオン化された粒子を含む混合ガスは、メタルマスクから露出した圧電材料に当たる。この衝撃により、物理的に削り取られて飛散し、エッチングが進行する。

【0068】

(電極形成工程)

次に、蒸着もしくはスパッタリングなどによって、電極となる金属、例えば、金を全面に被覆し、次いで、電極を形成しない箇所を露出したレジストを用いて、フォトリソグラフィの手法により、図7で示した駆動用の電極を形成する (ST13)。

その後、各振動腕 35, 36 の先端部には、スパッタリングや蒸着により、錘付け電極(金属被膜)21, 21が形成される (ST14)。錘付け電極21, 21は通電されて圧電振動片32-3の駆動に用いられるのではなく、後述する周波数調整に利用される。

【0069】

次いで、ウエハ上で、周波数の粗調整が行われる (ST15)。粗調整は、錘付け電極21, 21の一部をレーザー光などのエネルギービームを照射することにより、部分的に蒸散させて、質量削減方式による周波数調整である。

続いて、上記したウエハに対する細い連結部を折り取り、圧電振動片32-3を個々に形成する個片にする (ST16)。

次に、図7で説明したように、パッケージ57の各電極部31-1, 31-2, 31-1, 31-2に導電性接着剤43, 43, 43, 43を塗布し、その上に支持用アーム61, 62を載置して、接着剤を加熱・硬化させることにより、パッケージ57に対して、圧電振動片32-3を接合する (ST17)。

なお、この導電性接着剤43としては、例えば、合成樹脂などを利用したバインダー成分に、銀粒子などの導電粒子を混入したもので、機械的接合と電氣的接続とを同時に行うことができるものである。

【0070】

続いて、蓋体40が金属製などの不透明な材料で形成されている場合には、図8で説明した貫通孔27は設けられていない。そして、圧電振動片32-3に対して、駆動電圧を印加して、周波数を見ながら、例えば、レーザー光を圧電振動片32-3の振動腕35および/または振動腕36の錘付け電極21の先端側に照射し、質量削減方式により微調整としての周波数調整を行う (ST18-1)。

次いで、真空中でシーム溶接などにより蓋体40をパッケージ57に接合し (ST19-1)、必要な検査を経て、圧電デバイス30が完成する。

【0071】

10

20

30

40

50

あるいは、パッケージ 57 を透明な蓋体 40 で封止する場合には、圧電振動片 32 - 3 の S T 17 における接合後において、該蓋体 40 をパッケージ 57 に接合する (S T 18 - 2)。

この場合、例えば、低融点ガラスなどを加熱して、蓋体 40 をパッケージ 57 に接合する加熱工程が行われるが、この際に、低融点ガラスや導電性接着剤などからガスが生成される。そこで、加熱により、このようなガスを図 8 で説明した貫通孔 27 から排出し (脱ガス)、その後、真空中で段部 29 に金錫、より好ましくは、金ゲルマニウムなどとなる金属球体やペレットを配置し、レーザ光などを照射することにより、溶融する。これにより図 8 の金属充填材 28 が貫通孔 27 を気密に封止する (S T 19 - 2)。

次いで、図 8 で示すように、ガラスなどでなる透明な蓋体 40 を透過させるように外部からレーザ光を圧電振動片 32 - 3 の振動腕 35 および / または振動腕 36 の錘付け電極 21 の先端側に照射し、質量削減方式により微調整としての周波数調整を行う (S T 20 - 2)。次いで、必要な検査を経て、圧電デバイス 30 が完成する。

【 0 0 7 2 】

本発明は上述の実施形態に限定されない。各実施形態の各構成はこれらを適宜組み合わせたり、省略し、図示しない他の構成と組み合わせることができる。

また、この発明は、箱状のパッケージに圧電振動片を収容したものに限らず、シリンダー状の容器に圧電振動片を収容したものの、圧電振動片をジャイロセンサーとして機能するようにしたもの、さらには、圧電振動子、圧電発振器等の名称にかかわらず、圧電振動片を利用したあらゆる圧電デバイスに適用することができる。さらに、圧電振動片 32 では、一対の振動腕を形成しているが、これに限らず、振動腕は 3 本でも、4 本以上でもよい。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 3 】

【 図 1 】 本発明の圧電デバイスの第 1 の実施形態を示す概略平面図。

【 図 2 】 図 1 の A - A 線切断端面図。

【 図 3 】 図 1 の圧電デバイスに使用される圧電振動片の温度 - C I 値特性を示すグラフ。

【 図 4 】 図 1 の圧電デバイスに使用される圧電振動片の温度 - 周波数特性を示すグラフ。

【 図 5 】 図 1 の圧電振動片の第 2 の実施形態を示す概略平面図。

【 図 6 】 図 1 の圧電振動片の第 3 の実施形態を示す概略平面図。

【 図 7 】 圧電デバイスの第 4 の実施形態を示す概略平面図。

【 図 8 】 図 7 の B - B 線切断端面図。

【 図 9 】 第 4 の実施形態に係る圧電振動片の概略拡大平面図。

【 図 10 】 図 7 の振動腕部分の C - C 線切断端面図。

【 図 11 】 図 7 の圧電振動片を用いた発振回路例を示す回路図。

【 図 12 】 本発明の圧電デバイスの製造方法の一例を示すフローチャート。

【 図 13 】 第 5 の実施形態に係る圧電振動片の概略拡大平面図。

【 図 14 】 第 6 の実施形態に係る圧電振動片の概略拡大平面図。

【 図 15 】 第 7 の実施形態に係る圧電振動片の概略拡大平面図。

【 図 16 】 水晶 Z 板の座標軸を示す図。

【 図 17 】 従来の圧電振動片の概略平面図。

【 図 18 】 図 17 の圧電デバイスに使用される圧電振動片の温度 - 周波数特性を示すグラフ。

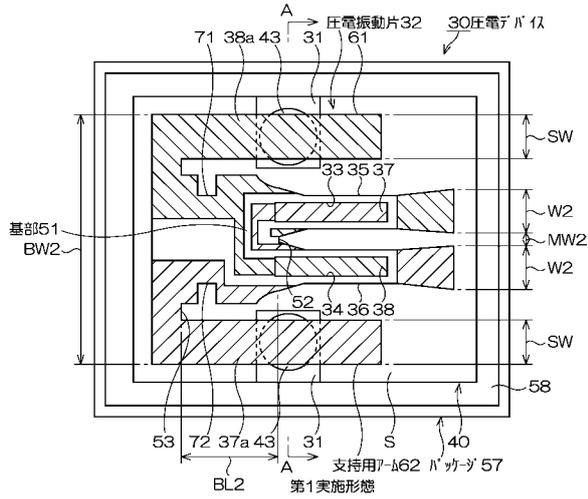
【 図 19 】 図 17 の圧電デバイスに使用される圧電振動片の温度 - C I 値特性を示すグラフ。

【 符号の説明 】

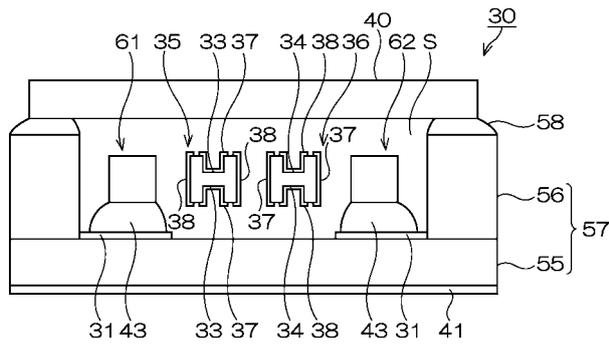
【 0 0 7 4 】

30・・・圧電デバイス、32・・・圧電振動片、33, 34・・・長溝、35, 36・・・振動腕、61, 62・・・支持用アーム

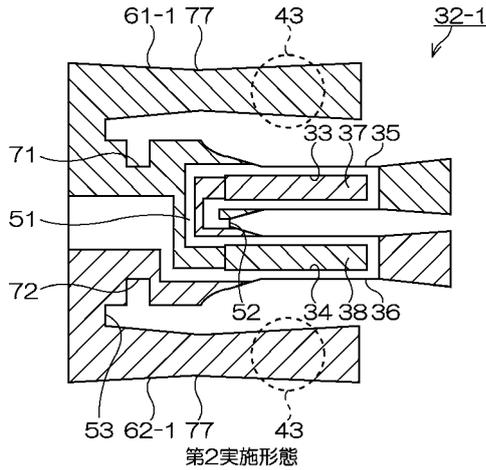
【図1】



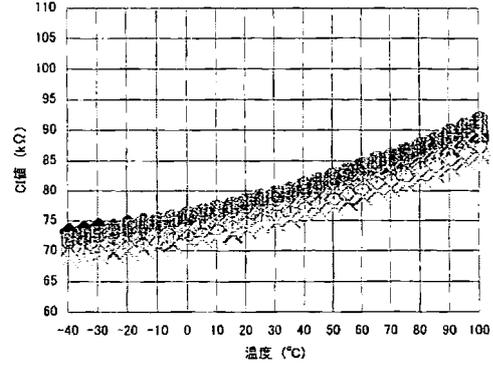
【図2】



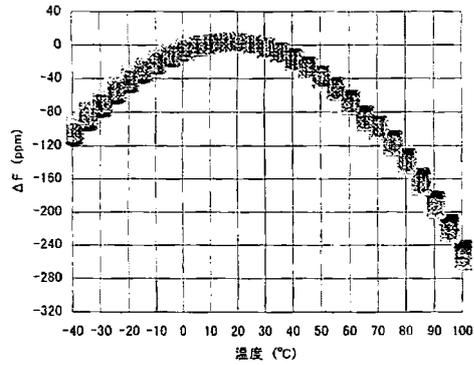
【図5】



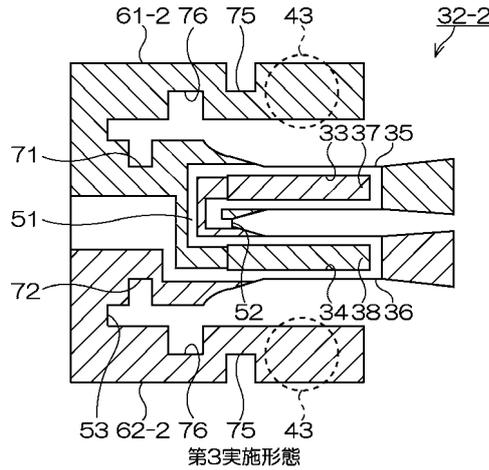
【図3】



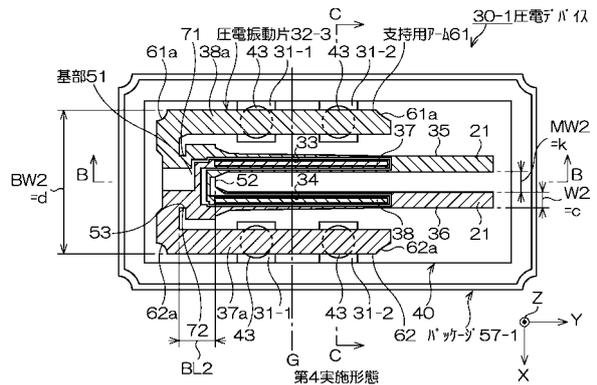
【図4】



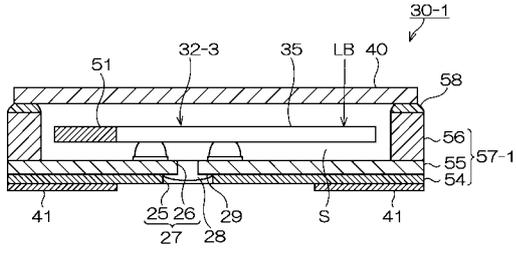
【図6】



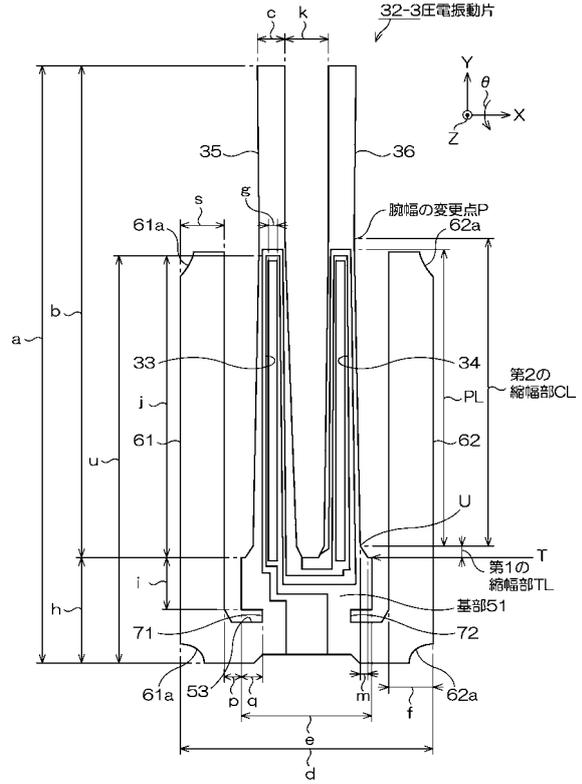
【図7】



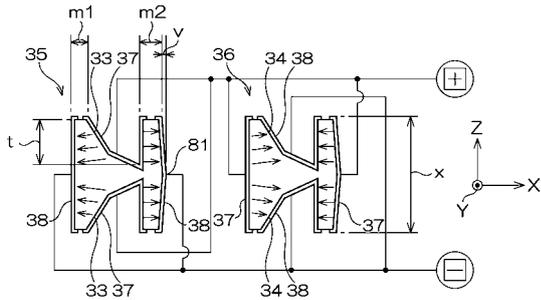
【図8】



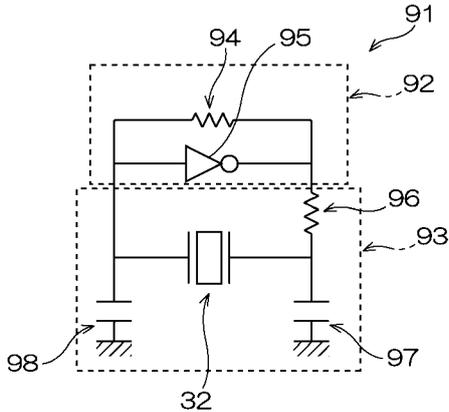
【図9】



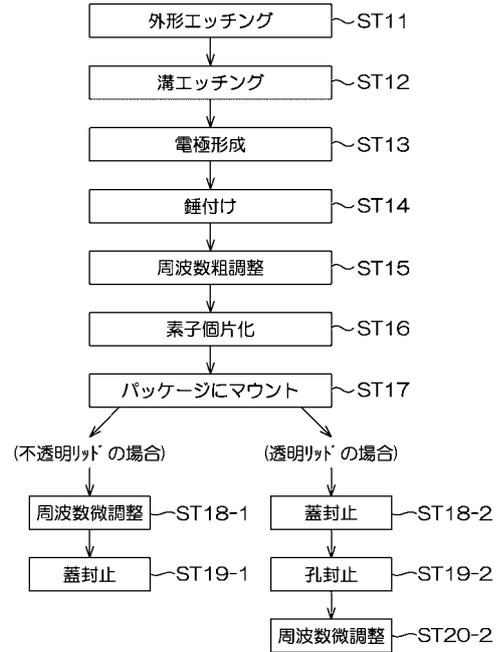
【図10】



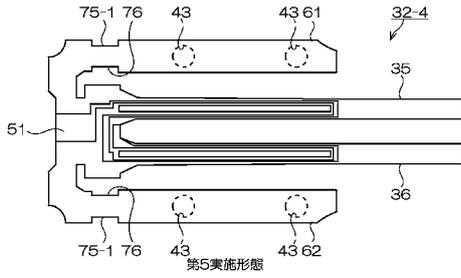
【図11】



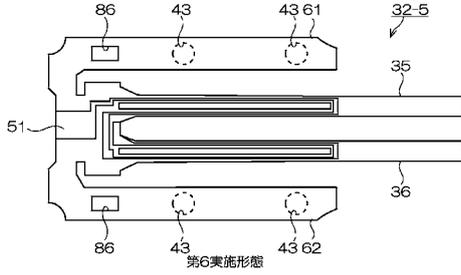
【図12】



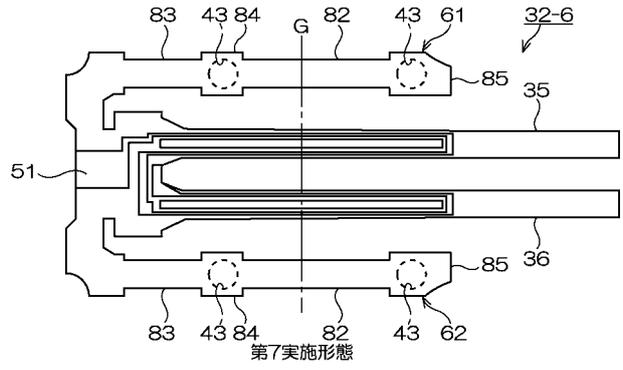
【図13】



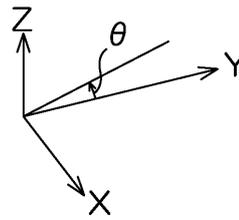
【図14】



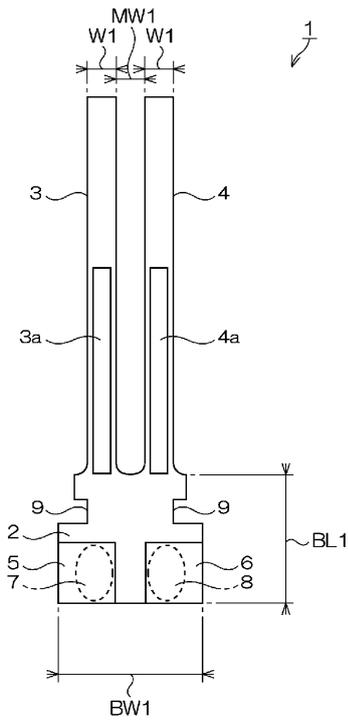
【図15】



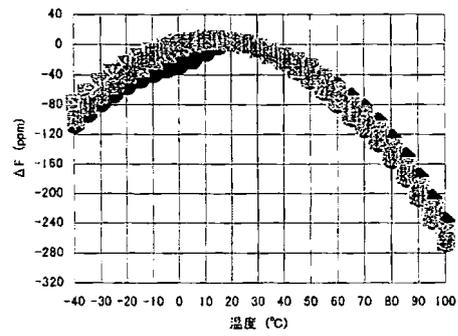
【図16】



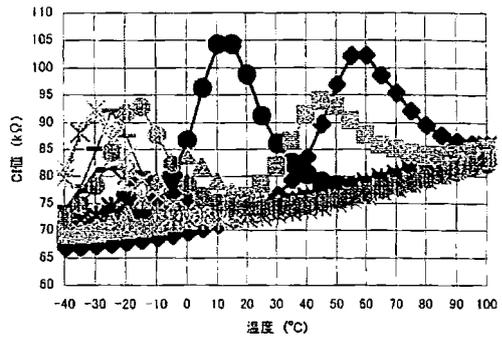
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-261575(JP,A)
特開平01-311712(JP,A)
特開昭56-034216(JP,A)
特開2005-102138(JP,A)
特開平04-090613(JP,A)
特開2004-254238(JP,A)
特開昭56-094813(JP,A)
実開昭51-140065(JP,U)
特開2004-357178(JP,A)
特許第3978783(JP,B2)
特開昭54-037488(JP,A)
特許第3951058(JP,B2)
特許第4207873(JP,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H3/007-H03H3/10、H03H9/00-9/76、H01L41/09、
H01L41/18、H01L41/22