

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5123043号
(P5123043)

(45) 発行日 平成25年1月16日 (2013. 1. 16)

(24) 登録日 平成24年11月2日 (2012. 11. 2)

(51) Int. Cl.		F I	
H03H	9/19	(2006.01)	H03H 9/19 B
H03H	9/10	(2006.01)	H03H 9/10
H03H	9/02	(2006.01)	H03H 9/02 K

請求項の数 5 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2008-116499 (P2008-116499)	(73) 特許権者	000104722
(22) 出願日	平成20年4月26日 (2008. 4. 26)		京セラクリスタルデバイス株式会社
(65) 公開番号	特開2009-267888 (P2009-267888A)		東京都狛江市和泉本町1丁目8番1号
(43) 公開日	平成21年11月12日 (2009. 11. 12)	(72) 発明者	岩田 浩一
審査請求日	平成23年4月20日 (2011. 4. 20)		東京都狛江市和泉本町1丁目8番1号 京セラキンセキ株式会社内
		(72) 発明者	渡邊 紀之
			東京都狛江市和泉本町1丁目8番1号 京セラキンセキ株式会社内
		審査官	▲徳▼田 賢二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水晶振動子および水晶発振器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水晶片の主面内に凸部が設けられ前記凸部の主面と反対側の主面に電極を設けた水晶振動素子を容器体の内部に気密封止した水晶振動子であって、

前記水晶振動素子の前記凸部が四角形の四隅を所定の半径 R で丸めた形状となっており、

前記凸部の長辺方向の長さを L 1、同じ凸部の短辺方向の長さを W 1 とした場合、前記凸部の長辺方向の長さ L 1 と前記所定の半径 R との比 $L 1 / R$ が、 $L 1 / (W 1 / 2) \sim 17.6$ である

ことを特徴とする水晶振動子。

【請求項 2】

前記水晶片の外形を成す平面中心と前記凸部の平面中心と前記電極の平面中心とが同一となっていることを特徴とする請求項 1 に記載の水晶振動子。

【請求項 3】

前記電極を形成した領域における遮断周波数を f 1、電極が設けられていない凸部の領域における遮断周波数を f 2、前記水晶片の外形を成し且つ凸部が設けられていない領域における遮断周波数を f 3 とした場合に、それぞれの遮断周波数の関係が、 $f 1 < f 2 < f 3$ となることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の水晶振動子。

【請求項 4】

前記水晶片において前記凸部の厚さを t 1、前記水晶片の外形を成し且つ凸部が設けら

れていない部分の厚さを t_2 とした場合、 t_1 と t_2 との関係 $(t_1 \times 2 + t_2) / (t_1 \times 2)$ が5以上4.3以下であり、

前記水晶片の外形を成す平面の長辺方向の長さ L_2 と前記凸部の長辺方向の長さ L_1 との比 L_2 / L_1 が、1.15～1.85であり、

前記凸部の短辺方向の長さ W_1 と前記凸部主面に設けられる前記電極の短辺方向の長さ W_D との比 W_1 / W_D が、1.05～1.35であることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の水晶振動子。

【請求項5】

請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の水晶振動子と、

少なくとも発振回路を有する集積回路素子とを備えたことを特徴とする水晶発振器。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子機器に搭載される水晶振動子および水晶発振器に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、電子機器には、例えば、水晶振動子が用いられている。その従来の水晶振動子の一例としては、基体に設けられた凹部内に水晶振動素子を搭載して蓋体で気密封止した構造のものが知られている。ここで、水晶振動素子は、水晶片の両主面に励振電極が形成されている。また基体は、凹部内に水晶振動素子を搭載するための搭載パッドが設けられている。また、蓋体は、平板状に形成されており、基体に設けられた凹部の封止には、例えば、Au-Snを用いた封止、シーム溶接による封止などが用いられる。

20

【0003】

この水晶振動子に構成される水晶片は、種々の形状が提案されている。

例えば、平板型的水晶片としては、平面視四角形状のもの（例えば、特許文献1参照）と、平面視円形状のもの（例えば、特許文献2参照）が知られており、平板型以外の水晶片としては、例えば、音叉形状のもの（例えば、特許文献3参照）のものが知られている。また、平板状の素子には、その主面に凸部を設けてこの凸部の主面に電極を設けた構造のもの（例えば、特許文献4参照）や、凹部を設けてその凹部の主面に電極を設けた構造のもの（例えば、特許文献5参照）が提案されている。

30

【0004】

平面視四角形状の水晶片、平面視円形状の水晶片、音叉形状の水晶片は、水晶ウェハから形成される。

例えば、平面視四角形状の水晶片の主面に凸部が形成された構造の水晶振動素子の場合、凸部の主面が所定の面積を有し、平面視四角形状に形成されている。この凸部は、ウェットエッチングなどにより形成される。

この凸部主面に電極を形成し、この電極と向かい合うように反対側にも電極を設けて水晶振動素子が構成される（例えば、特許文献6参照）。

なお、凸部は、水晶片の一方の主面のみに形成する場合と両主面に形成する場合とがある。

40

このような凸部を設ける理由は、水晶振動素子の振動エネルギーが凸部内で閉じ込められるようにするためである。これにより、平板状の水晶振動素子よりもクリスタルインピーダンス（以下、「CI値」という）の低い優れた特性を得ることが期待できる。

CI値が低いということは、安定した振動でありながら、振動エネルギーが凸部内で閉じ込められた状態であるといえる。

また、振動エネルギーを閉じ込めることを目的とした素子の他の例として、ベベル加工された水晶片も提案されている（例えば、特許文献7参照）。

【0005】

【特許文献1】特開2003-142975号公報

【特許文献2】特開2005-197801号公報

50

【特許文献3】特開2004-205426号公報

【特許文献4】特開2007-053820号公報

【特許文献5】特開2004-088137号公報

【特許文献6】特開2007-53820号公報（図5）

【特許文献7】特開2007-13571号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来の凸部を有する水晶振動素子は、その凸部が平面視四角形状のため、振動漏れが発生してC I値が悪くなることがあった。

10

そこで、本発明は、振動漏れを軽減して、C I値を低くする水晶振動子を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記課題を解決するため、本発明は、水晶片の主面内に凸部が設けられ前記凸部の主面と反対側の主面に電極を設けた水晶振動素子を容器体の内部に気密封止した水晶振動子であって、前記水晶振動素子の前記凸部が四角形の四隅を所定の半径Rで丸めた形状となっており、前記凸部の長辺方向の長さをL1、同じ凸部の短辺方向の長さをW1とした場合、前記凸部の長辺方向の長さL1と前記所定の半径Rとの比 $L1/R$ が、 $L1/(W1/2) \sim 17.6$ であることを特徴とする。

20

【0008】

また、本発明は、前記水晶片の外形を成す平面中心と前記凸部の平面中心と前記電極の平面中心とが同一となっていることを特徴とする。

【0009】

また、本発明は、前記電極を形成した領域における遮断周波数をf1、電極が設けられていない凸部の領域における遮断周波数をf2、前記水晶片の外形を成し且つ凸部が設けられていない領域における遮断周波数をf3とした場合に、それぞれの遮断周波数の関係が、 $f1 < f2 < f3$ となることを特徴とする。

【0010】

また、本発明は、前記水晶片において前記凸部の厚さをt1、前記水晶片の外形を成し且つ凸部が設けられていない部分の厚さをt2とした場合、t1とt2との関係 $(t1 \times 2 + t2) / (t1 \times 2)$ が5以上43以下であり、前記水晶片の外形を成す平面の長辺方向の長さL2と前記凸部の長辺方向の長さL1との比 $L2/L1$ が、 $1.15 \sim 1.85$ であり、前記凸部の短辺方向の長さW1と前記凸部主面に設けられる前記電極の短辺方向の長さWDとの比 $W1/WD$ が、 $1.05 \sim 1.35$ であることを特徴とする。

30

【0011】

また、本発明は、水晶発振器であって、請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の水晶振動子と、少なくとも発振回路を有する集積回路素子とを備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

40

このような請求項1に記載の発明によれば、凸部の四隅が所定の半径Rで丸めた形状が電極における振動パターンに近い形状となり、エネルギー閉じ込めを良好にすることができる。これにより、C I値の低い優れた水晶振動子とすることができる。

【0013】

また、このような請求項2に記載の発明によれば、前記水晶片の平面中心と前記凸部の平面中心と前記電極の平面中心とが同一となっているので、振動バランスがよくなり、エネルギー閉じ込めの効率をよくすることができる。

【0014】

また、このような請求項3に記載の発明によれば、電極を形成した領域における遮断周波数f1と、電極が設けられていない凸部の領域における遮断周波数f2と、凸部が設け

50

られていない領域における遮断周波数を f_3 とした場合の関係が、 $f_1 < f_2 < f_3$ となっていることにより、励振電極が設けられた領域における振動エネルギーが凸部内で閉じ込められた状態となり、振動漏れを発生することがなくなる。これにより、C I 値が低くなり、振動が安定した水晶振動子とすることができる。

【0015】

また、このような請求項4に記載の発明によれば、前記水晶片において前記凸部の厚さを t_1 、前記水晶片の外形を成し且つ凸部が設けられていない部分の厚さを t_2 とした場合に、比 $(t_1 \times 2 + t_2) / (t_1 \times 2)$ が $5 \sim 4.3$ であり、前記凸部の長辺方向の長さを L_1 、同じ凸部の短辺方向の長さを W_1 とした場合、前記所定の半径 R との比 L_1 / R が、 $L_1 / (W_1 / 2) \sim 1.7$ 、 6 であり、前記水晶片の外形を成す平面の長辺方向の長さ L_2 と前記凸部の長辺方向の長さ L_1 との比 L_2 / L_1 が、 $1.15 \sim 1.85$ であり、前記凸部の短辺方向の長さ W_1 と前記凸部主面に設けられる前記電極の短辺方向の長さ W_D との比 W_1 / W_D が、 $1.05 \sim 1.35$ であるため、基体で支持する際に、その支持位置での振動漏れを軽減することができる。

10

【0016】

また、このような請求項5に記載の発明によれば、請求項1乃至請求項4のいずれか一項に記載の水晶振動子に少なくとも発振回路を有する集積回路素子を電氣的に接続した構成であって、振動漏れが軽減された水晶振動子を用いているため、誤動作のない水晶発振器とすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0017】

次に、本発明を実施するための最良の形態（以下、「実施形態」という。）について、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。

【0018】

（第一の実施形態）

図1は本発明の第一の実施形態に係る水晶振動子を模式的に示す分解斜視図である。図2は（a）は本発明の第一の実施形態に係る水晶振動子に用いられる水晶振動素子の一例を示す平面図であり、（b）は（a）を概略的に示す側面図である。図3はベベル加工された水晶片の厚さ分布の状態の一例を示す模式図である。

【0019】

30

図1に示すように、本発明の第一の実施形態に係る水晶振動子100は、水晶振動素子10と、凹部20aを有する基体20と、凹部20aを気密封止する蓋体30とから主に構成されている。

【0020】

水晶振動素子10は、例えば、ATカットの水晶片を用いることができる。図1及び図2（b）に示すように、その水晶片は、平板部11と凸部12とからなる、いわゆるメサ型構造となっている。

図2（a）及び（b）に示すように、このその水晶振動素子10は、平板部11の主面において、対向するように2つ一对の凸部12が設けられ、それぞれの凸部12に励振電極13を設けた構造となっている。

40

この凸部12は、平面視四角形の四隅を所定の半径 R で丸めた形状となっている。

また、この凸部12は、平板部11の両主面に設けられている。

【0021】

ここで、図2（a）に示すように、水晶片の外形を成す平面中心、つまり、平板部11の平面中心と凸部12の平面中心とが同一となっており、平板部11の両主面に設けられる凸部12の形状がいずれも同一で、かつ、対向して設けられている。

この凸部の主面には、励振電極13が設けられつつ、凸部12の主面とは反対側の凸部12の主面にも励振電極13が設けられている。この励振電極13、13の平面中心は、水晶片の平板部11の平面中心と凸部12の平面中心と同一となっている。また、この励振電極13は、その隅部において所定の半径 R_D で丸めて形成されている。

50

なお、水晶片には、励振電極 1 3、1 3 と接続し短辺側まで延出した引回電極 1 4 が両主面に設けられている。

【0022】

励振電極 1 3 は、凸部 1 2 の主面、つまり平面上に形成されるが、この凸部 1 2 の縁から所定の間隔をあけて設けられている。したがって、凸部 1 2 の主面には、励振電極 1 3 が形成されている領域と、励振電極 1 3 が形成されていない領域とに分けられている。

これにより、水晶振動素子 1 0 全体に対して、前記のとおり、励振電極 1 3 が形成されている領域と、励振電極 1 3 が形成されていない領域と、凸部 1 2 が設けられていない領域との 3 つの領域に分けることができる。

【0023】

次に、本発明の第一の実施形態に係る水晶振動子 1 0 0 に用いられる水晶振動素子 1 0 の形状について、さらに詳しく説明する。

【0024】

ここで、従来のベベル加工された水晶片の状態について説明する。図 3 に示すように、ベベル加工された水晶片は、平面中心側から外側に向かうにつれて厚さが薄くなるように形成されている。これを、等高線を用いて厚さ分布の説明をすると、同一の厚さとなる位置は、長辺側と短辺側とで異なる曲線又は／及び直線で表され、水晶片の隅部で所定の曲率で丸まった形状で現れていることが確認できる。

そこで、図 2 (a) に示すように、凸部 1 2 に形成されている四隅の R 加工された部分は、従来のベベル加工された水晶片で現されている隅部の曲率に似せた所定の半径 R で形成されている。また、図 2 (a) に示すように、導電性接着材 (図示せず) が付く部分 J は、凸部 1 2 から離れている。これにより、通常の平板の水晶片にベベル加工をしたときのようなエネルギー閉じ込めを行うことができつつ、基体 2 0 (図 1 参照) に搭載するときに導電性接着材 (図示せず) がエネルギー閉じ込めを行う凸部 1 2 にかからないことで振動漏れを防ぐことができる。

【0025】

また、図 2 (a) 及び (b) に示すように、前記水晶片において前記凸部の厚さを t_1 、前記水晶片の外形を成し且つ凸部 1 2 が設けられていない部分の厚さを t_2 とした場合、 t_1 と t_2 との関係 $(t_1 \times 2 + t_2) / (t_1 \times 2)$ が 5 以上 4.3 以下となっている。ここで、 $(t_1 \times 2 + t_2) / (t_1 \times 2)$ が 5 を下回ると、凸部 1 2 によるエネルギー閉じ込め効果は小さくなり C I 値は低くならない、もしくは十分な低 C I 化の効果が得られない。また、 $(t_1 \times 2 + t_2) / (t_1 \times 2)$ が 4.3 を超えると、凸部 1 2 から平板部に向かって振動減衰特性が不連続になる。つまり凸部端面が振動領域の境界となり、振動領域を狭めることになるため、C I 値を小さくするどころか逆に大きく劣化させることになる。

【0026】

また、図 2 に示すように、凸部 1 2 の長辺方向の長さを L_1 、同凸部 1 2 の短辺方向の長さを W_1 、凸部 1 2 に設けた R 加工の半径を R としたとき、前記凸部 1 2 の長辺方向の長さ L_1 と前記所定の半径 R との比 L_1 / R が、 $L_1 / (W_1 / 2) \sim 17.6$ となっている。ここで、半径 R は、 $R \leq W_1 / 2$ となっている。このとき、凸部 1 2 の長辺方向の長さ L_1 と前記所定の半径 R との比 L_1 / R が、 $L_1 / (W_1 / 2)$ を下回ると、短辺の隣り合うコーナー部 R 同士が繋がり L_1 が短くなってしまい励振領域を所定より小さくしなければならなくなる。また、同比 L_1 / R が、17.6 を超えると、前記コーナー部 R が小さくなり、製造公差を考慮すると R 加工を施していないものとの区別がつかなくなる。つまり、半径 R が伝播する振動の波形と異なり、エネルギー閉じ込めが不十分になる。したがって、凸部 1 2 の長辺方向の長さ L_1 と前記所定の半径 R との比 L_1 / R が、 $L_1 / (W_1 / 2) \sim 17.6$ となることにより、必要な励振領域を確保すると同時に四隅に施した R によりエネルギー閉じ込めの効率を向上させることができる。

【0027】

また、図 2 に示すように、水晶片の外形を成す平板部 1 1 の長辺方向の長さを L_2 とし

10

20

30

40

50

た場合、前記凸部 12 の長辺方向の長さ L_1 との比 L_2 / L_1 が、 $1.15 \sim 1.85$ となっている。

ここで、水晶片の平板部 11 の長辺方向の長さ L_2 と凸部 12 の長辺方向の長さ L_1 との比 L_2 / L_1 が、 1.15 を下回ると、基体 20 に搭載するときに導電性接着剤が凸部 12 にかかる可能性が高く、また、導電性接着剤が凸部 12 にかかる振動漏れを起こし C I 値が劣化することとなる。また、同比 L_2 / L_1 が 1.85 を超えると、通常的水晶片平面にベベル加工をしたときのようなエネルギー閉じ込めを行うことができなくなり C I 値の劣化を生じることとなる。したがって、水晶片の平板部 11 の長辺方向の長さ L_2 と凸部 12 の長辺方向の長さ L_1 との比 L_2 / L_1 が、 $1.15 \sim 1.85$ となることにより、超小型に形成した水晶片でも C I 値を低くすることができる。

10

【0028】

また、凸部 12 の短辺方向の長さを W_1 、凸部 12 主面に設けられる励振電極 13 の短辺方向の長さを W_D としたとき、凸部 12 の短辺方向の長さ W_1 と励振電極 13 の短辺方向の長さ W_D との比 W_1 / W_D が、 $1.05 \sim 1.35$ となっている。

ここで、凸部 12 の短辺方向の長さ W_1 と励振電極 13 の短辺方向の長さ W_D との比 W_1 / W_D が、 1.05 を下回ると、製造公差により凸部 12 の端面と水晶片平板部 11 の端面が同位置になりエネルギー閉じ込めを行うことができなくなる。また、同比 W_1 / W_D が、 1.35 を超えると、励振電極 13 の形状が細長く歪になり、主振動の効率が悪くなり C I 値劣化の原因となる。したがって、凸部 12 の短辺方向の長さ W_1 と励振電極 13 の短辺方向の長さ W_D との比 W_1 / W_D が、 $1.05 \sim 1.35$ となることにより、効率のよい振動を起こさせエネルギー閉じ込めの効果を得て C I 値を低くすることができる。

20

【0029】

このように構成される水晶振動素子 10 は、前記 3 つの領域における遮断周波数が以下のような関係となる。

凸部 12 の主面に励振電極 13 を形成した領域における遮断周波数を f_1 、励振電極 13 が設けられていない凸部 12 の領域における遮断周波数を f_2 、凸部 12 が設けられていない領域における遮断周波数を f_3 とした場合に、それぞれの遮断周波数の関係が、 $f_1 < f_2 < f_3$ となる。

このような $f_1 < f_2 < f_3$ との遮断周波数の関係がない場合、凸部 12 で振動エネルギーを閉じ込めることができず、励振電極 13 を設けた領域において振動漏れが発生してしまう。したがって、それぞれの遮断周波数の関係が、 $f_1 < f_2 < f_3$ となることにより、励振電極 13 が設けられた領域における振動エネルギーが凸部 12 内で閉じ込められた状態となり、振動漏れが発生することがなくなる。これにより、C I 値が低くなり、振動が安定した水晶振動子 100 とすることができる。

30

【0030】

このような水晶振動素子 10 は、凹部 20a を有する基体 20 に搭載される。

基体 20 は、例えばセラミックスからなり、基板部 21 と枠部 22 とから構成されている。この基板部 21 と枠部 22 により凹部 20a が形成される。

ここで、枠部 22 で囲まれた基板部 21 の主面には 2 つ一対の搭載パッド 23 が短辺側に並んで設けられており、この搭載パッド 23 と電氣的に接続する外部端子 G が、搭載パッド 23 が設けられた主面とは反対側の主面に設けられている。

40

また、枠部 22 には、メタライズ層 M が設けられており、蓋体 30 との接合に用いられる。

この搭載パッド 23 と水晶振動素子 10 の引回電極 14 とを導電性接着材（図示せず）で接合する。これにより、水晶振動素子 10 は基体 20 に搭載された状態となる。

なお、導電性接着材は、水晶片の凸部 12 が設けられていない領域であって、凸部 12 に接触しない位置に接着される。

このように水晶振動素子 10 が搭載された基体 20 に蓋体 30 を接合して凹部 20a を気密封止する。

50

【0031】

この蓋体30は、例えば、平面視四角形状で、金属板からなり、この金属板の一方の面に封止材Fが設けられた構造となっている。

この蓋体30に設けられた封止材Fと、基体20のメタライズ層Mとを重ねた状態で、例えば、真空雰囲気中で加熱することにより封止材Fとメタライズ層Mとを接合させて凹部20aを気密封止している。

したがって、水晶振動素子10が搭載される凹部20a内が真空状態となっている。

【0032】

このように、本発明の第一の実施形態に係る水晶振動子100を構成すると、図4に示すように、凸部21が形成されている部分でエネルギー閉じ込めが良好になり、低いCI 10

【0033】

(第二の実施形態)

次に、本発明の第二の実施形態に係る水晶発振器について説明する。

本発明の第二の実施形態に係る水晶発振器は、第一の実施形態に用いられる水晶振動子に、集積回路素子(図示せず)を電氣的・機械的に接続した構成となっている。

この集積回路素子には、少なくとも発振回路が備えられている。これにより、水晶振動素子の周波数を容易に電子デバイスに供給することができる。

なお、この集積回路素子には、例えば、温度センサー、温度補償回路、発振回路などを備えさせて、温度補償型水晶発振器とすることもできる。 20

【0034】

ここで、本発明の第二の実施形態に係る水晶発振器に用いられるパッケージについて説明する。

例えば、本発明の第二の実施形態に係る水晶発振器には、2つの凹部を有するパッケージを用いることができる。このパッケージの一方の凹部に本発明の第一の実施形態に係る水晶振動子に用いられる水晶振動素子を搭載し、他方の凹部に集積回路素子を搭載した構造とすることができる。ここで、2つの凹部は、2つ並べて形成される場合や、1つの凹部の中にさらに凹部が形成される場合や、表裏面に分けて凹部が形成される場合など、種々の組み合わせで形成される。

また、凹部が形成された容器に集積回路素子を搭載した状態で本発明の第一の実施形態 30

に係る水晶振動子を電氣的・機械的に接続した構造としても良い。

また、リードフレームに、集積回路素子と本発明の第一の実施形態に係る水晶振動子とを搭載して、モールド樹脂で覆った構造としても良い。

【0035】

このように、本発明の第二の実施形態に係る水晶発振器を構成すると、例えば、温度変化による周波数の変動が軽減されて電子デバイスの誤動作を防ぎ、安定した周波数を電子デバイスに供給することができる。

【実施例】

【0036】

本発明の第一の実施形態に係る水晶振動子の実施例について説明する。 40

(実施例1)

実施例1における水晶振動子に用いられる水晶振動素子は、以下の構成となっている。

水晶片の長辺方向の長さ $L_2 = 1.10\text{ mm}$ 、

水晶片の短辺方向の長さ $W_2 = 0.61\text{ mm}$ 、

水晶片の厚さ $t_2 = 0.043\text{ mm}$ 、

凸部の長辺方向の長さを $L_1 = 0.88\text{ mm}$ 、

凸部の短辺方向の長さを $W_1 = 0.50\text{ mm}$ 、

凸部に設けたR加工の半径を $R = 0.15\text{ mm}$ 、

凸部の厚さ $t_1 = 0.001\text{ mm}$ 、

励振電極の長辺方向の長さ $L_D = 0.69\text{ mm}$ 、 50

励振電極の短辺方向の長さ $WD = 0.44\text{ mm}$ 、
励振電極に設けたR加工の半径 $RD = 0.10\text{ mm}$ 。

【0037】

この水晶振動素子は、蓋体によって真空状態で気密封止されている基体の凹部内に搭載されている。

ここで、凸部は、水晶片の両主面に設けられた構造となっている。

すなわち、 $L1/R = 5.87$ 、 $L2/L1 = 1.25$ 、 $W1/WD = 1.13$ となっている。ここで、 $L1/(W1/2) = 3.52$ である。

また、 $(t1 \times 2 + t2)/(t1 \times 2) = 22.5$ である。

このような水晶振動子100において、その周波数は、 36.0 MHz となっており、またその周波数の近傍に不要モードが発生していないことが確認できる（図4（a）及び（b）参照）。 10

また、図4（b）に示すように、CI値が 18Ω となっていることから、外寸が同程度の水晶片を使用した水晶振動子としてはCI値が非常に低いことが確認できる。

すなわち、水晶片の外形を成す平面の平面中心と、凸部の平面中心と、励振電極の平面中心とが同一となっていることにより、振動バランスがよくなったものと考察される。

また、凸部の隅部を所定の半径Rで丸めた形状となっていることにより、振動伝播の輪郭と近似して、振動漏れが軽減されたものと考察される。

さらに、励振電極においても隅部を所定の半径RDで丸めた形状としたことにより、振動伝播の輪郭と近似して、振動漏れが軽減されたものと考察される。 20

これにより、水晶片の凸部で振動エネルギーが効率よく閉じ込められたものと考察される。

したがって、CI値が著しく改善されており、本発明の効果を満足している。

【0038】

（比較例1）

比較例1における水晶振動子に用いられる水晶振動素子は、図3のように従来技術のベベル加工したもので、以下の構成となっている。

水晶片の長辺方向の長さ $L2 = 1.10\text{ mm}$ 、

水晶片の短辺方向の長さ $W2 = 0.61\text{ mm}$ 、

水晶片中央の厚さ $t2 = 0.043\text{ mm}$ 、 30

ベベル加工されていない平坦部の長辺方向の中央での長さを $L1 = 0.77\text{ mm}$ 、

ベベル加工されていない平坦部の短辺方向の中央での長さを $W1 = 0.43\text{ mm}$ 、

水晶片長辺端部中央におけるベベル加工深さ $t1 = 0.004\text{ mm}$ 、

励振電極の短辺方向の長さ $WD = 0.45\text{ mm}$ 、

励振電極の長辺方向の長さ $LD = 0.45\text{ mm}$ 。

ただし、励振電極部の四隅はR加工されていない。

この水晶振動素子は、蓋体によって真空状態で気密封止されている基体の凹部内に搭載されている。

【0039】

ここで、実施例1と比較例1とを比較する。 40

実施例1の水晶振動子は、図4（a）及び（b）に示すように、周波数が 36.0 MHz であり、不要な振動モードが発生していないことが確認できる。また、CI値が 18Ω と低いCI値となっていることが確認できる。

比較例1の水晶振動子は、図5に示すように、実施例1と同様に周波数が 36.0 MHz であり、こちらも不要な振動モードが発生していないのが確認できる。しかし、CI値が 48Ω となり、実施例1より高いCI値となっていることが確認できる。

したがって、実施例1の水晶振動子は、CI値が著しく改善されており、本発明の効果を満足している。

【0040】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は前記実施形態には限定されない 50

。例えば、基体や蓋体の材質は、セラミックスや金属に限定されず、ガラスや水晶からなる基体や蓋体であっても良い。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本発明の第一の実施形態に係る水晶振動子を模式的に示す分解斜視図である。

【図2】(a)は本発明の第一の実施形態に係る水晶振動子に用いられる水晶振動素子の一例を示す平面図であり、(b)は(a)を概略的に示す側面図である。

【図3】ベベル加工された水晶片の厚さ分布の状態の一例を示す模式図である。

【図4】(a)実施例1の広域時における周波数特性を示す図であり、(b)は狭域時における周波数特性を示す図である。

10

【図5】比較例1の狭域時における周波数特性を示す図である。

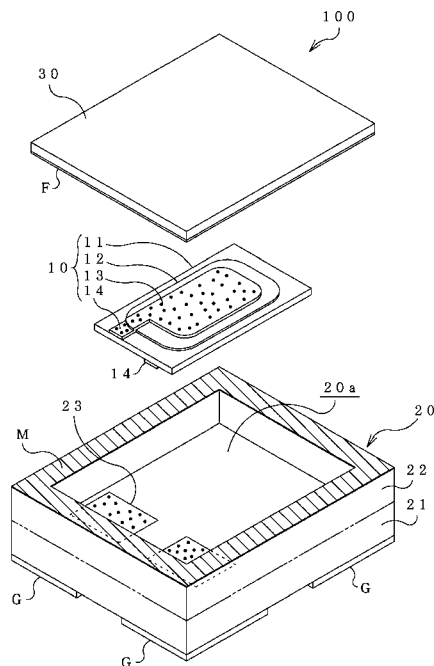
【符号の説明】

【0042】

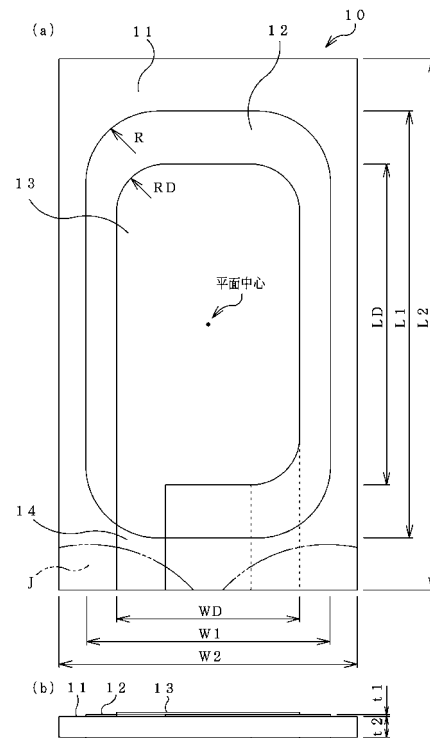
- 100 水晶振動子
- 10 水晶振動素子
- 11 平板部
- 12 凸部
- 13 励振電極（電極）
- 20 基体
- 30 蓋体

20

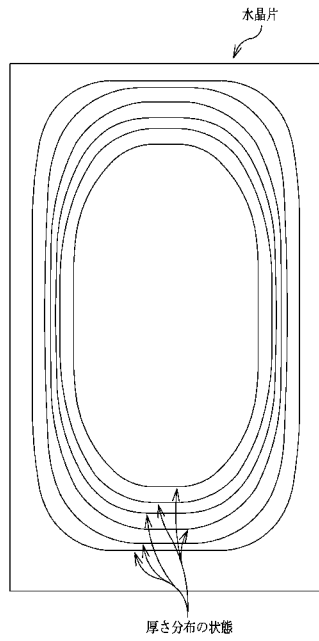
【図1】



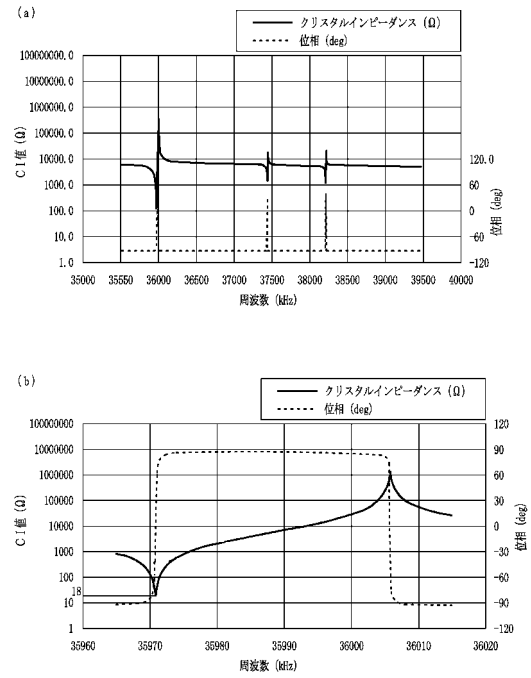
【図2】



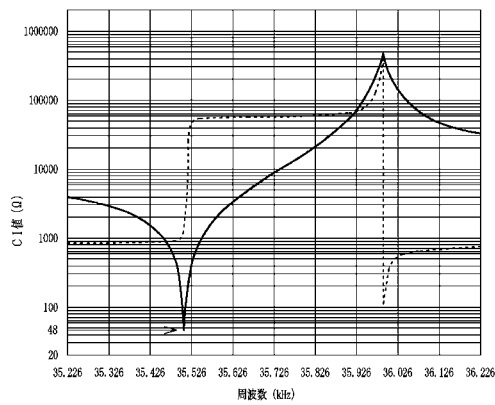
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-158486 (JP, A)
特開2009-130564 (JP, A)
特開2005-217727 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H03H 9/19
H03H 9/02
H03H 9/10