

(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2013-255051

(P2013-255051A)

(43) 公開日 平成25年12月19日(2013.12.19)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
HO3H	9/19	(2006.01)	HO3H	9/19	E	5J079		
HO3H	3/02	(2006.01)	HO3H	9/19	D	5J108		
HO3B	5/32	(2006.01)	HO3H	3/02	B			
HO1L	41/22	(2013.01)	HO3B	5/32	H			
HO1L	41/18	(2006.01)	HO1L	41/22	Z			

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-128661 (P2012-128661)
 (22) 出願日 平成24年6月6日(2012.6.6)

(71) 出願人 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
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (74) 代理人 100127661
 弁理士 宮坂 一彦
 (72) 発明者 石井 修
 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) 5J079 AA04 BA43 FA01 FA24 FA26
 HA03 HA06 HA22 JA01 JA02

最終頁に続く

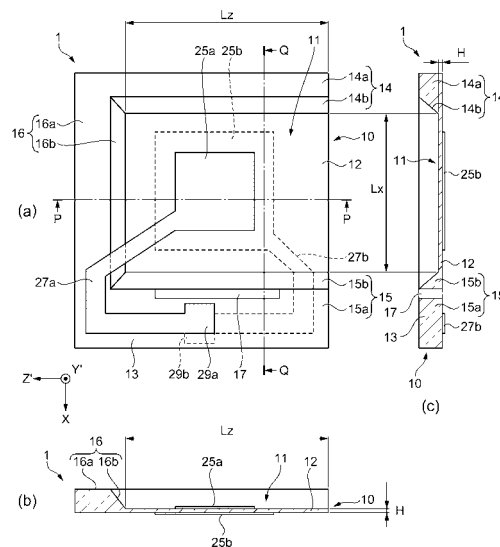
(54) 【発明の名称】 振動素子、振動子、電子デバイス、電子機器及び振動素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】高周波(200MHz以上)において、振動部の平行度の改善を図り、CIや容量比の劣化を抑え、等価直列インダクタンスL1や等価直列容量C1のばらつきが小さく、且つ共振周波数近傍のスプリアスを抑制した小型の振動素子を提供する。

【解決手段】厚み滑り振動を励振する振動部と、前記振動部の表裏の主面に励振電極と、を含む基板を備え、前記振動部の複数の領域の各々の板厚値より求められた平均板厚値をHとし、前記振動部の複数の領域の各々の板厚値のうちの最大値と最小値との差である板厚差をHとしたとき、前記Hと前記Hとの関係が $0\% < H/H < 0.085\%$ の範囲にある振動素子。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

厚み滑り振動を励振する振動部と、
前記振動部の表裏の主面に励振電極と、
を含む基板を備え、
前記振動部の複数の領域の各々の板厚値より求められた平均板厚値を H とし、
前記振動部の複数の領域の各々の板厚値のうちの最大値と最小値との差である板厚差を
H としたとき、
前記 H と前記 H との関係が $0\% < H / H < 0.085\%$ の範囲にあることを特徴と
する振動素子。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、
前記基板は、
前記振動部と、
前記振動部の外縁と一体化され、前記振動部の厚みよりも厚い厚肉部と、
を備えていることを特徴とする振動素子。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、
共振周波数が 200 MHz 以上であることを特徴とする振動素子。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の振動素子と、
該振動素子を収容するパッケージと、
を備えていることを特徴とする振動子。

20

【請求項 5】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の振動素子と、
該振動素子を励振する発振回路と、
を備えていることを特徴とする電子デバイス。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の振動素子を備えていることを特徴とする電子機
器。

30

【請求項 7】

請求項 4 に記載の振動子、又は請求項 5 に記載の電子デバイスを備えていることを特徴
とする電子機器。

【請求項 8】

開口部を有するマスクが形成されている基板を準備する工程と、
前記基板を界面活性剤が含まれている温水に浸漬する工程と、
前記基板の前記マスクの開口部から露出している領域をエッチングする工程と、
を含み、
前記エッチングする工程は、エッチングの途中において、前記基板を上下反転させて、
前記温水に浸漬する工程を含むことを特徴とする振動素子の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、厚み滑り振動モードを励振する振動素子、振動子、電子デバイス、電子機器
及び振動素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

主振動が厚み滑り振動モードで励振する AT カット水晶振動素子が用いられている水晶
振動子は、小型化、高周波数化に適し、且つ周波数温度特性が優れた三次曲線を呈するの
で、圧電発振器、電子機器等の多方面で使用されている。特に、近年では伝送通信機器や

50

OA機器の処理速度の高速化、或いは通信データや処理量の大容量化が進むのに伴い、それに用いられる基準周波数信号源としての水晶振動子に対し高周波化の要求が強まっている。厚み滑り振動で励振するATカット水晶振動素子は、周波数と振動部の板厚は反比例の関係があるため、高周波化を図るためには、振動部の板厚を薄くすることが一般的である。そのため、水晶基板の中央部に片面又は両面から、ドライエッチング又はウェットエッチングによって形成した凹陷部の底部に薄い振動部を設け、振動部の表裏の主面に振動部を励振するための主電極と外周方向へ延出されて設けられたリード電極とを水晶基板の両面に形成することで、高周波化を図っている。

【0003】

しかしながら、水晶振動素子の振動部の平行度が劣化すると等価回路定数の等価直列インダクタンス L_1 が大きくなるという関係があり、共振周波数100MHz以上の高周波の水晶振動素子になると、凹陷部の底部に位置する振動部の板厚が $16.7\mu\text{m}$ 以下と非常に薄くなり、振動部の板厚に対する平行度の劣化の度合いが大きくなるので、それに伴い等価直列インダクタンス L_1 への影響も非常に大きくなる。そのため、低周波の水晶振動素子では問題とならなかった程度の振動部の平行度であっても、高周波の水晶振動素子になると等価直列インダクタンス L_1 が設計値よりも大きくなり、そのばらつきも増大するので、水晶振動素子の歩留まりを著しく低下させるという問題があった。

特許文献1には、凹陷部に形成された振動部を3つの領域に分割し、各々の領域の板厚を測定後、レジストを保護膜として局部エッチングを施し、平行度を改善する製造方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2005-72710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、特許文献1に開示されている製造方法では、大型の水晶基板に形成された複数の振動部を同時に局部エッチングする場合、保護膜を形成するために個々の振動部の板厚に対応したフォトリソマスクが必要となり、量産時には大型の水晶基板ごとに振動部の板厚に対応したフォトリソマスクを準備する必要があるため、フォトリソマスク作成費用等による製造コストが増大し、低コスト化が課題となっていた。また、共振周波数200MHz以上の高周波の水晶振動素子の場合、振動部の薄板化に伴い電極も小型となるため、振動部を3つの領域に分割しただけでは、電極が形成された部分の平行度を改善することができないので、等価直列インダクタンス L_1 や等価直列容量 C_1 のばらつきが大きく、且つ不要なスプリアスを生じることが課題となっていた。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

【0007】

[適用例1]本適用例に係る振動素子は、厚み滑り振動を励振する振動部と、前記振動部の表裏の主面に励振電極と、を含む基板を備え、前記振動部の複数の領域の各々の板厚値より求められた平均板厚値を H とし、前記振動部の複数の領域の各々の板厚値のうちの最大値と最小値との差である板厚差を H としたとき、前記 H と前記 H との関係が $0\% < H/H < 0.085\%$ の範囲にあることを特徴とする。

【0008】

本適用例によれば、基本波の厚み滑り振動モードで励振する高周波の振動素子において、振動部の平均板厚値 H と板厚差を H との関係を $0\% < H/H < 0.085\%$ にすることで、励振電極を分割し振動部の平行度を補正する必要がなく、また、振動部の平行度

10

20

30

40

50

、つまり板厚差 H に比例する等価直列インダクタンス L_1 を小さくすることができるので、 CI や容量比 の劣化を抑え、等価直列インダクタンス L_1 や等価直列容量 C_1 のばらつきが小さく、且つ共振周波数近傍のスプリアスを抑制した振動素子が得られるという効果がある。

【0009】

[適用例2] 上記適用例に記載の振動素子において、前記基板は、前記振動部の外縁と一体化され、前記振動部の板厚よりも厚い厚肉部と、を含むことを特徴とする。

【0010】

本適用例によれば、振動部が非常に薄い高周波の振動素子であっても、振動部と一体化された厚肉部でマウントができるので、耐衝撃性や耐振動性に優れた高信頼性の振動素子が得られるという効果がある。

10

【0011】

[適用例3] 上記適用例に記載の振動素子において、共振周波数が 200MHz 以上であることを特徴とする。

【0012】

本適用例によれば、基本波で 200MHz 以上の高周波になると板厚が非常に薄くなり、凹陷部状を加工する前の基板の平行度の影響が非常に大きくなるので、振動部の平均板厚値 H と板厚差を H との関係を上述した範囲に収めることは、等価直列インダクタンス L_1 や等価直列容量 C_1 のばらつきが小さく、共振周波数近傍のスプリアスを抑制した振動素子が得られるという効果がある。

20

【0013】

[適用例4] 本適用例に係る振動子は、上記適用例に記載の振動素子と、該振動素子を収容するパッケージと、を備えていることを特徴とする。

【0014】

本適用例によれば、振動素子をパッケージに収容することで、温度変化や湿度変化等の外乱の影響や汚染による影響を防ぐことができるため、周波数再現性、周波数温度特性、 CI 温度特性、及び周波数エージング特性に優れ、等価直列インダクタンス L_1 や等価直列容量 C_1 のばらつきが小さく、共振周波数近傍のスプリアスを抑制した振動素子が得られるという効果がある。

【0015】

[適用例5] 本適用例に係る電子デバイスは、上記適用例に記載の振動素子と、該振動素子を励振する発振回路と、を備えていることを特徴とする。

30

【0016】

本適用例によれば、等価直列インダクタンス L_1 や等価直列容量 C_1 のばらつきが小さく、共振周波数近傍のスプリアスを抑制した振動素子を用いているので、スプリアスの影響がなく、安定した発振特性を有する小型の電子デバイスが得られるという効果がある。

【0017】

[適用例6] 本適用例に係る電子機器は、上記適用例に記載の振動素子を備えていることを特徴とする。

【0018】

本適用例によれば、等価直列インダクタンス L_1 や等価直列容量 C_1 のばらつきが小さく、共振周波数近傍のスプリアスを抑制した振動素子を COB (Chip On Board) 技術により、直接実装基板へ実装できるので、実装面積が小さくなり、安定な発振特性を有する良好な基準周波数源を備えた小型の電子機器が構成できるという効果がある。

40

【0019】

[適用例7] 本適用例に係る電子機器は、上記適用例に記載の振動子、又は上記適用例に記載の電子デバイスを備えていることを特徴とする。

【0020】

本適用例によれば、等価直列インダクタンス L_1 や等価直列容量 C_1 のばらつきが小さく、共振周波数近傍のスプリアスを抑制した振動素子を有する振動子や電子デバイスを電

50

子機器に用いることにより、周波数安定度に優れ、良好な基準周波数源を備えた電子機器が構成できるという効果がある。

【 0 0 2 1 】

[適用例 8] 本適用例に係る振動素子の製造方法は、開口部を有するマスクが形成されている基板を準備する工程と、前記基板を界面活性剤が含まれている温水に浸漬する工程と、前記基板の前記マスクの開口部から露出している領域をエッチングする工程と、を含み、前記エッチングする工程は、エッチングの途中において、前記基板を上下反転させて、前記温水に浸漬する工程を含むことを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

本適用例によれば、凹陥部をエッチングする工程において、振動部の平行度を劣化させるエッチングレートのばらつきを回避できるため、等価直列インダクタンス L_1 や等価直列容量 C_1 のばらつきが小さく、共振周波数近傍のスプリアスを抑制した振動素子を製造できるという効果がある。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 3 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態に係る圧電振動素子の構造を示した概略図であり、(a) は平面図、(b) は P - P 断面図、(c) は Q - Q 断面図。

【 図 2 】 本発明の一実施形態に係る A T カット水晶基板と結晶軸との関係を説明するための図。

【 図 3 】 従来の振動素子の凹陥部を形成する製造方法を示す工程断面図。

【 図 4 】 本発明の一実施形態に係る共振周波数 4 9 1 M H z 帯の A T カット水晶振動子の板厚の H / H とインダクタンス L_1 の L_1 / L_1 との関係を示す図。

【 図 5 】 本発明の一実施形態に係る板厚差 H を説明するための模式図。

【 図 6 】 本発明の一実施形態に係る共振周波数 4 9 1 M H z 帯の A T カット水晶振動子の共振特性を説明するための図であり、(a) は板厚差が大きい場合の共振特性を示す図、(b) は板厚差がほとんど無い場合の共振特性を示す図。

【 図 7 】 本発明の一実施形態に係る振動素子の凹陥部を形成する製造方法の一例を示す工程断面図。

【 図 8 】 本発明の一実施形態に係る製造方法により試作した共振周波数 2 4 5 M H z 帯の A T カット水晶振動子の板厚の H / H とインダクタンス L_1 の L_1 / L_1 との関係を示す図。

【 図 9 】 本発明の一実施形態に係る製造方法により試作した共振周波数 3 6 8 M H z 帯の A T カット水晶振動子の板厚の H / H とインダクタンス L_1 の L_1 / L_1 との関係を示す図。

【 図 1 0 】 本発明の一実施形態に係る製造方法により試作した共振周波数 4 9 1 M H z 帯の A T カット水晶振動子の板厚の H / H とインダクタンス L_1 の L_1 / L_1 との関係を示す図。

【 図 1 1 】 本発明の一実施形態に係る圧電振動子の構造を示した概略図であり、(a) は平面図、(b) は縦断面図。

【 図 1 2 】 本発明の一実施形態に係る電子デバイスの構造を示した概略図であり、(a) は平面図、(b) は縦断面図。

【 図 1 3 】 本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器としてのモバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピュータの構成を示す斜視図。

【 図 1 4 】 本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器としての携帯電話機（ P H S も含む）の構成を示す斜視図。

【 図 1 5 】 本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器としてのデジタルカメラの構成を示す斜視図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 4 】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。図 1 は、本発明の一実施

10

20

30

40

50

形態に係る振動素子の一例である圧電振動素子の構成を示す概略図であり、図1(a)は圧電振動素子の平面図、図1(b)は図1(a)のP-P断面図、図1(c)は図1(a)のQ-Q断面図である。

【0025】

(振動素子の構造)

圧電振動素子1は、薄肉の振動部12、及び振動部12に連設され、振動部12の厚みよりも厚い厚肉部13を有する圧電基板10と、振動部12の両主面(±Y'方向の表裏面)に夫々対向するようにして形成された励振電極25a、25bと、励振電極25a、25bから厚肉部に設けられたパッド電極29a、29bに向けて、夫々延出されて形成されたリード電極27a、27bと、を備えている。

10

【0026】

圧電基板10は、矩形状をなし、且つ薄肉でY'軸に直交し厚みが一定である振動部12と、振動部12の一辺を除いた三辺に沿って一体化された厚肉の第1の厚肉部14、第2の厚肉部15、及び第3の厚肉部16(第1、第2及び第3の厚肉部14、15、16とも称する)からなる厚肉部13と、支持固定した際に生じる応力が振動部12に伝わるのを防止するためのスリット17と、を備えている。

尚、第1の厚肉部本体14a、第2の厚肉部本体15a、及び第3の厚肉部本体16a(第1、第2及び第3の厚肉部本体14a、15a、16aとも称する)とは、Y'軸に平行な厚みが一定である領域をいう。

また、第1の傾斜部14b、第2の傾斜部15b、及び第3の傾斜部16b(第1、第2及び第3の傾斜部14b、15b、16bとも称する)とは、第1、第2及び第3の厚肉部本体14a、15a、16aと、振動部12と、の間に生じる傾斜面をいう。

20

振動部12の一方の主面と、第1、第2及び第3の厚肉部14、15、16の夫々の一方の面とは、同一平面上、即ち図1に示す座標軸のX-Z'平面上にあり、この面(図1(b)の-Y'方向にある下面側)をフラット面(平坦面)といい、凹陷部11を有する反対側の面(図1(b)の+Y'方向にある上面側)を凹陷面という。

【0027】

圧電基板10を駆動する励振電極25a、25bは、振動部12のほぼ中央部の主面に夫々対向して形成されている。

凹陷面側に形成した励振電極25aから延出したリード電極27aは、振動部12上から第3の傾斜部16bと、第3の厚肉部本体16aとを經由して、第2の厚肉部本体15aの凹陷面に形成されたパッド電極29aに導通接続されている。

30

また、フラット面側に形成された励振電極25bから延出したリード電極27bは、圧電基板10のフラット面の端縁部を經由して、第2の厚肉部本体15aのフラット面に形成されたパッド電極29bに導通接続されている。

【0028】

図1(a)に示した実施形態は、励振電極25a、25bの面積が異なる矩形の例を示したが、これに限定する必要はなく、励振電極25a、25bの面積が同一で、形状も円形や楕円形であってもよい。

また、リード電極27a、27bの引出し構造の一例であり、リード電極27aは他の厚肉部を經由してもよい。ただ、リード電極27a、27bの長さは最短であることが望ましく、リード電極27a、27b同士が圧電基板10を挟んで交差しないように配慮することにより静電容量の増加を抑えることが望ましい。

40

更に、励振電極25a、25b、リード電極27a、27b、パッド電極29a、29bは、蒸着装置、或いはスパッタ装置等を用いて、例えば、下地にニッケル(Ni)を成膜し、その上に金(Au)を重ねて成膜してある。尚、電極材料として、下地のニッケル(Ni)の代わりにクロム(Cr)、また、金(Au)の代わりに銀(Ag)、白金(Pt)を用いても構わない。

【0029】

圧電振動素子1は、パッド電極29aおよびパッド電極29bから入力された励振電流

50

によって、励振電極 25 a、25 b との間の振動部 12 に電界が生じ、圧電効果により振動部 12 が振動する。圧電基板 10 を、三方晶系の圧電材料に属する水晶を用いて形成する場合、図 2 に示すように、互いに直交する結晶軸 X、Y、Z を有する。X 軸は電気軸、Y 軸は機械軸、Z 軸は光学軸と、それぞれ呼称され、XZ 面を X 軸の回りに所定の角度だけ回転させた平面に沿って、切り出された平板が圧電基板 10 として用いられる。

【0030】

例えば、AT カット水晶基板の場合、角度 θ は 35.25° ($35^\circ 15'$) である。ここで、Y 軸と Z 軸とを X 軸の回りに角度 θ 回転させ、Y' 軸および Z' 軸とすると、AT カット水晶基板は、直交する結晶軸 X、Y'、Z' を有する。従って AT カット水晶基板は、厚み方向が Y' 軸であり、Y' 軸に直交する X 軸と Z' 軸を含む面が主面であり、主面に厚み滑り振動が主振動として励振される。このように形成される AT カット水晶基板から圧電基板 10 が形成される。尚、本実施形態に係る圧電基板 10 は、図 2 に示す角度 θ が 35.25° の AT カット水晶基板に限定されず、例えば、厚み滑り振動を励振する BT カットなどの水晶基板であってもよい。

10

【0031】

(凹陷部の従来の製造方法)

次に、本発明の一実施形態に係る振動素子の凹陷部の製造方法について、図 3 に示す振動素子の凹陷部加工の工程断面図で説明する。

まず、圧電基板 10 を純水で洗浄し (ST11)、続いて、圧電基板 10 の表裏の主面に、下地膜 32 が設けられる。これは耐食膜 34 となる金 (Au) が圧電基板 10 への付着性が弱いことを補うために設けられ、下地膜 32 としては、例えば、蒸着装置、或いはスパッタ装置等を用いてクロム (Cr) が成膜されている。その上には、耐食膜 34 として金 (Au) を蒸着装置、或いはスパッタ装置等を用いて成膜する (ST12)。

20

次に、耐食膜 34 の表面全体にレジスト 36 を塗布し (ST13)、露光・現像することで、振動素子の凹陷部形成マスクを形成する (ST14)。

続いて、マスク開口から露出した耐食膜 34 である金 (Au) を、例えば、よう化カリウム溶液を用いて、エッチングし、次いで、硝酸セリウムアンモニウム溶液により、下地膜 32 であるクロム (Cr) をエッチングする (ST15)。

次に、マスク開口から露出した圧電基板 10 を、例えば水晶基板の場合には、フッ化アンモニウム溶液等を用いてエッチングする (ST16)。これにより、圧電基板 10 に凹陷部 11 が形成される。

30

続いて、レジスト 36 を剥離し、2 種類の前記溶液を用いて耐食膜 34 および下地膜 32 を全て除去する (ST17)。その後、外形形成工程と電極形成工程とを行うことで、圧電振動素子 1 が完成する。

【0032】

図 4 は、図 1 の実施形態に係る共振周波数が 491 MHz 帯の AT カット水晶振動子を従来の製造方法で試作したものであって、当該 AT カット水晶振動子の振動部 12 における板厚の H/H と等価直列インダクタンス L_1 の L_1/L_1 との関係を示した図である。

ここで、平均板厚値 H と板厚差 ΔH について、QIAJ (日本水晶デバイス工業会) 技術基準 QIAJ-B-007「弾性表面波デバイス用単結晶-規格と利用ガイダンス」3.7.5 Total Thickness Variation (TTV) に記載の TTV 測定 (図 5) を参照して定義する。平均板厚値 H と板厚差 ΔH は、振動部 12 に形成された励振電極 25 a の外縁に位置する 4 隅の 4ヶ所と、励振電極 25 a の外縁に沿った 4 隅の中間点の 4ヶ所と、励振電極 25 a の中心位置の 1ヶ所との合計 9ヶ所の板厚を測定し、その 9ヶ所の板厚より平均板厚値 H を算出し、その 9個の板厚の内の最大値と最小値との板厚差を ΔH と定義する。また、等価直列インダクタンスの L_1 は H/H が 0.01% 以下のサンプル 5 個の平均値を L_1 とし、その差を示している。

40

図 4 では、振動部 12 の平行度つまり板厚差 ΔH が大きくなるのに伴い、等価直列インダクタンス L_1 が大きくなり、そのばらつきが大きくなる傾向を示している。尚、容量比

50

($= C_0 / C_1$)に関連する等価直列容量 C_1 は等価直列インダクタンス L_1 に反比例するため小さくなり、等価並列容量 C_0 は表裏の励振電極25a、25bの対向する面積に相応した静電容量のため一定のままなので、容量比は増大することになる。容量比の増大した水晶振動子を電圧制御型水晶発振器(VCXO)に用いた場合、周波数可変特性の周波数可変範囲が狭くなり、また、容量比のばらつきが大きいと周波数可変範囲のばらつきも大きくなり、特性上の欠点となる。

そのため、製造歩留まりを考慮し、電圧制御型水晶発振器の周波数可変範囲のばらつきを20%以下に抑えようとするには、水晶振動子の等価直列インダクタンス L_1 のばらつき(L_1 / L_1)を20%以下にする必要があり、図4より、振動部12における H/H を $0\% < H/H < 0.085\%$ に抑えることが望ましいと言える。

10

【0033】

図6は、共振周波数491MHz帯のATカット水晶振動子の共振特性を示した図であって、図6(a)は $H/H = 0.13\%$ の場合の共振特性を示し、図6(b)は $H/H = 0.01\%$ の場合の共振特性を示したものである。ここで、ATカット水晶振動子の共振周波数は約491MHzであり、振動部12の寸法は、長辺方向(X軸方向)が0.3mm、短辺方向(Z軸方向)が0.23mm、表裏の励振電極25a、25bの膜厚は、夫々ニッケル(Ni)7nmを下地にして、その上に金(Au)90nmである。

図6(a)より、 H/H が大きい場合は、主振動の振動分布が中心より板厚の厚い方へシフトするので、電荷の発生位置が励振電極25a下から無電極部へシフトし、電荷をロスすることとなり主振動のCIが劣化している。そのため、不要なスプリアスのCIが主振動より小さくなり、発振回路に実装した場合、スプリアスの共振周波数で発振してしまい問題となる。また、振動変位分布が非対称となることにより、通常は電荷が相殺されて励起されない斜対称モードのインハーモニクススプリアスも発生し易くなる。しかし、図6(b)の H/H が小さい場合は、主振動に対してスプリアスが十分抑制されており、スプリアスで発振する恐れがない。従って、振動部12の H/H を小さくすることは不要なスプリアスを抑制する上でも非常に効果がある。

20

【0034】

凹陥部11を有するATカット水晶基板は、量産性や製造コストを考慮し、大型の水晶基板からバッチ処理方式で製造されるのが一般的である。そのため、大型の水晶基板における平行度が重要であり、現在のポリッシュ加工技術では、板厚70 μ mで、40mm \times 40mm程度の水晶基板において、水晶基板内の平行度が0.2 μ m程度に加工されている。もし、491MHzの板厚3.4 μ mまで平行度の状態を維持しながらエッチングされたと仮定すると、0.3mm \times 0.3mm程度の振動部12の領域内では H/H が0.044%で形成されていることとなる。よって、水晶振動子の等価直列インダクタンス L_1 のばらつきは図4より約12%以下となると考えられる。しかし、現状では等価直列インダクタンス L_1 のばらつき(L_1 / L_1)が約40%近くまで劣化しているので、その要因を調査した。

30

【0035】

その結果、凹陥部11を形成する水晶エッチングプロセスに問題があることが明らかとなった。第1の要因は、凹陥部11をエッチングする際、水晶の露出した凹陥部11に気泡が付着することで、エッチングレートのばらつきを生じていたことであり、第2の要因は、エッチング槽内の液温を均一化するために水晶基板保持治具を上下揺動しているがエッチング槽内の上下方向で温度差を生じ、エッチングレートが変化していることであった。

40

そこで、気泡の付着は水晶表面の疎水性に起因するものと考察し、水晶表面の親水性を高めるために、水晶エッチング槽へ入れる直前に、界面活性剤を含む温水に浸漬するプロセスを追加した。また、エッチング槽内の上下方向でエッチングレートを均一にするのは装置の改造も含め非常に困難なため、水晶エッチングの中間時点でエッチング槽内に設置された水晶基板を上下反転するプロセスを追加した。その結果、気泡の付着が防止され、且つエッチング槽内の上下方向におけるエッチングレートの変化を抑え、凹陥部11での

50

エッチングレートの均一が図られ、平行度の劣化を防止することができた。

【0036】

(凹陥部の製造方法)

図7は本発明の一実施形態に係る振動素子の凹陥部の製造方法を示す工程断面図である。

図3に示した従来の製造方法とは、圧電基板10の洗浄(ST11)から振動素子の凹陥部形成マスクを形成(ST14)後、耐食膜34の金(Au)と下地膜32のクロム(Cr)をエッチングする(ST15)工程までは、同じである。

その後、圧電基板10のX軸方向またはZ'軸方向を上下方向とし基板保持治具に取り付け、基板保持治具と共に純水で洗浄し、次工程であるエッチング槽内の液温とほぼ同一温度である界面活性剤を含む温水に浸漬する(ST15-1)。これは、基板保持治具と圧電基板10を暖めることでエッチング槽内の液温を一定に保ち、エッチングレートの変化を防止するためである。

次に、マスク開口から露出した圧電基板10をエッチング槽に入れエッチングする(ST16)。

その後、振動部12が所望の板厚になるまでのエッチング加工時間の中間時点で、エッチング槽から基板保持治具と圧電基板10を引き上げ、圧電基板10のX軸方向またはZ'軸方向の上下方向を反転させてから、前記基板保持治具に取り付けて前記温水に浸漬させ、振動部12が所望の板厚になるまでエッチングする(ST16-1)。これにより、圧電基板10に凹陥部11が形成される。

その後は、従来の製造方法と同様に、レジスト36を剥離し、2種類の前記溶液を用いて耐食膜34および下地膜32を全て除去する(ST17)。その後、外形形成工程と電極形成工程とを行うことで、圧電振動素子1が完成する。

なお、振動部12の平行度の劣化を防止するために、図7に示す製造方法ではエッチングの途中で圧電基板10の上下反転を一回のみ実施する方法を示したが、エッチングの途中における圧電基板10の上下反転は一回のみに限定されず、複数回実施してもよい。

【0037】

図8～図10は、図7に示す実施形態に係る製造方法により、図1の実施形態に係る共振周波数が245MHz帯、368MHz帯、491MHz帯のATカット水晶振動子をそれぞれ試作したものであって、これらのATカット水晶振動子の振動部12の板厚に關し、 H/H と等価直列インダクタンス $L1$ の $L1/L1$ との関係を示した図である。

図8と図9から、共振周波数が245MHz帯と368MHz帯のATカット水晶振動子では、図7に示す製造方法で試作することにより、振動部12における H/H を $0\% < H/H < 0.085\%$ の範囲に抑えることができるので、等価直列インダクタンス $L1$ のばらつき($L1/L1$)を 20% 以下に抑えることが可能である。

しかし、図10に示す491MHz帯のATカット水晶振動子では、全数を振動部12における H/H が $0\% < H/H < 0.085\%$ の範囲に抑えることができなかった。しかし、 $0\% < H/H < 0.085\%$ の範囲に納まるものを良品とした場合、歩留まりは 94% (良品94個/総数100個)と、図4に示す従来の製造方法による歩留まりの 80% (良品80個/総数100個)を大幅に改善しており、図7に示す製造方法は歩留まり改善に非常に効果があると言える。

圧電基板10のポリッシュ加工後の平行度向上や製造工程における凹陥部11のエッチング時に圧電基板10のX軸方向またはZ'軸方向の上下反転を複数回行うことで、エッチング槽内の上下方向における液温の変化によるエッチングレートの変化をより抑えることができるので、凹陥部11内の振動部12における H/H を $0\% < H/H < 0.085\%$ の範囲内に抑えることが実現可能と考えられる。

【0038】

基本波の厚み滑り振動モードにおいて 100MHz 程度では影響の小さかった、水晶基板の平行度規格やエッチングプロセスによる平行度の劣化は、 200MHz 以上の高周波になると、板厚が非常に薄くなるため、定数のばらつきに非常に大きな影響を及ぼす。従

10

20

30

40

50

って、200MHz以上の高周波において、振動部12の平行度の劣化を防止することは定数のばらつきを小さく抑える上で非常に効果がある。尚、現状の設備で製造可能な周波数の上限は800MHz程度と予想され、製造歩留まりを考慮すると定数ばらつきは約20%が限界と予想される。

【0039】

図11は、本発明に係る実施形態の振動子の一例である圧電振動子の構成を示す概略図であり、図11(a)は蓋部材を省略した平面図であり、図11(b)は縦断面図である。

圧電振動子2は、圧電振動素子1と、圧電振動素子1を収容するために矩形の箱状に形成されているパッケージ本体40と、金属、セラミック、ガラス等から成る蓋部材49と、で構成されている。

パッケージ本体40は、図11に示すように、第1の基板41と、第2の基板42と、第3の基板43と、シールリング44と、実装端子45と、を積層して形成されている。実装端子45は、第1の基板41の外部底面に複数形成されている。第3の基板43は中央部が除去された環状体であり、第3の基板43の上部周縁に例えばコパール等のシールリング44が形成されている。

第3の基板43と第2の基板42とにより、圧電振動素子1を収容する凹部(キャビティ)が形成される。第2の基板42の上面の所定の位置には、導体46により実装端子45と電氣的に導通する複数の素子搭載パッド47が設けられている。素子搭載パッド47は、圧電振動素子1を載置した際に第2の厚肉部本体15aに形成したパッド電極29a

【0040】

圧電振動素子1を支持固定する際には、先ず、圧電振動素子1を反転(裏返し)してパッド電極29aを導電性接着剤30が塗布された素子搭載パッド47に載置して荷重をかける。導電性接着剤30は経年変化を考慮して脱ガスの少ないポリイミド系接着剤を用いることにした。

【0041】

次に、導電性接着剤30を硬化させるために、所定の温度の高温炉に所定の時間入れる。導電性接着剤30を硬化させた後、反転して上面側になったパッド電極29bと、パッケージ本体40の電極端子48とをボンディングワイヤーBWで導通接続する。図11(b)に示すように、圧電振動素子1をパッケージ本体40に支持固定する部分は、一カ所(1点)であるため、支持固定により生じる応力の大きさを小さくすることが可能となる。

アニール処理を施した後、励振電極25bに質量を付加するか、又は質量を減じて周波数調整を行う。その後、パッケージ本体40の第3の基板43の上面に形成したシールリング44上に、蓋部材49を載置し、真空中、又は窒素ガスの雰囲気中で蓋部材49をシーム溶接して密封し、圧電振動子2が完成する。又は、パッケージ本体40の上面に塗布した低融点ガラスに蓋部材49を載置し、溶融して密着する方法もある。この場合もパッケージのキャビティ内は真空にするか、又は窒素ガス等の不活性ガスを充填して、圧電振動子2が完成する。

【0042】

パッド電極29a、29bの間隔をZ'軸方向に離して形成した圧電振動素子1を構成してもよい。この場合も図11で説明した圧電振動子2と同様に圧電振動子2を構成することができる。また、パッド電極29a、29bを同一面上に間隔を離して形成した圧電振動素子1を構成してもよい。この場合、圧電振動素子1は、2カ所(2点)に導電性接着剤30を塗布して、導通と支持固定を図るようにした構造である。低背化に適した構造であるが、導電性接着剤30に起因する応力が少し大きくなる虞がある。

以上の圧電振動子2の実施形態では、パッケージ本体40に積層板を用いた例を説明したが、パッケージ本体40に単層セラミック板を用い、蓋体に絞り加工を施したキャップを用いて圧電振動子2を構成してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 3 】

図 1 2 は、本発明の実施形態に係る電子デバイスの構成を示す概略図であって、図 1 2 (a) は蓋部材を省略した平面図であり、図 1 2 (b) は縦断面図である。

電子デバイス 3 は、パッケージ本体 5 0 と、蓋部材 4 9 と、圧電振動素子 1 と、圧電振動素子 1 を励振する発振回路を搭載した IC 部品 5 1 と、電圧により容量が変化する可変容量素子、温度より抵抗が変化するサーミスター、インダクター等の電子部品 5 2 の少なくとも 1 つと、を備えている。

【 0 0 4 4 】

パッケージ本体 5 0 は、図 1 2 に示すように、第 1 の基板 6 1 と、第 2 の基板 6 2 と、第 3 の基板 6 3 と、を積層して形成されている。実装端子 4 5 は、第 1 の基板 6 1 の外部底面に複数形成されている。第 2 の基板 6 2 と第 3 の基板 6 3 とは中央部が除去された環状体で形成されている。

第 1 の基板 6 1 と、第 2 の基板 6 2 と、第 3 の基板 6 3 と、により、圧電振動素子 1、IC 部品 5 1、および電子部品 5 2 などを収容する凹部（キャビティ）が形成される。第 2 の基板 6 2 の上面の所定の位置には、導体 4 6 により実装端子 4 5 と電氣的に導通する複数の素子搭載パッド 4 7 が設けられている。素子搭載パッド 4 7 は、圧電振動素子 1 を載置した際に第 2 の厚肉部本体 1 5 a に形成したパッド電極 2 9 a に対応するように配置されている。

【 0 0 4 5 】

反転した圧電振動素子 1 のパッド電極 2 9 a を、導電性接着剤（ポリイミド系）3 0 を塗布したパッケージ本体 5 0 の素子搭載パッド 4 7 に載置し、パッド電極 2 9 a と素子搭載パッド 4 7 との導通を図る。反転して上面側になったパッド電極 2 9 b と、パッケージ本体 5 0 の電極端子 4 8 とをボンディングワイヤー B W にて接続し、パッケージ本体 5 0 の基板間に形成された導体を通じて、IC 部品 5 1 の 1 つの電極端子 5 5 との導通を図る。IC 部品 5 1 をパッケージ本体 5 0 の所定の位置に固定し、IC 部品 5 1 の端子と、パッケージ本体 5 0 の電極端子 5 5 とをボンディングワイヤー B W にて接続されている。また、電子部品 5 2 は、パッケージ本体 5 0 の所定の位置に載置し、金属バンプ等を用いて導体 4 6 に接続する。パッケージ本体 5 0 を真空、或いは窒素等の不活性気体で満たし、パッケージ本体 5 0 を蓋部材 4 9 で密封して電子デバイス 3 を完成する。

パッド電極 2 9 b とパッケージ本体 5 0 の電極端子 4 8 とをボンディングワイヤー B W で接続する工法は、圧電振動素子 1 を支持する部位が一カ所（1 点）になり、導電性接着剤 3 0 に起因して生じる応力を小さくする。また、パッケージ本体 5 0 に収容するに当たり、圧電振動素子 1 を反転して、より大きな励振電極 2 5 b を上面にしたので、電子デバイス 3 の周波数調整が容易となる。

【 0 0 4 6 】

図 1 2 に示すように、基本波で励振する高周波の圧電振動素子 1 を用いているので、主振動に影響を及ぼす不要なスプリアスを抑制し、高周波で周波数温度特性や C I 温度特性に優れた小型の電子デバイス 3 が得られる。

また、電子デバイス 3 として、高周波で小型の圧電発振器、温度補償型圧電発振器、電圧制御型圧電発振器等を構成することができる。

【 0 0 4 7 】

次いで、本発明の一実施形態に係る振動素子の一例である圧電振動素子を適用した電子機器（本発明の電子機器）について、図 1 3 ~ 図 1 5 に基づき、詳細に説明する。

図 1 3 は、本発明の一実施形態に係る振動素子の一例である圧電振動素子を備える電子機器としてのモバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピュータの構成を示す斜視図である。この図において、パーソナルコンピュータ 1 1 0 0 は、キーボード 1 1 0 2 を備えた本体部 1 1 0 4 と、表示部 1 0 0 を備えた表示ユニット 1 1 0 6 とにより構成され、表示ユニット 1 1 0 6 は、本体部 1 1 0 4 に対しヒンジ構造部を介して回動可能に支持されている。このようなパーソナルコンピュータ 1 1 0 0 には、フィルター、共振器、基準クロック等として機能する圧電振動素子 1 が内蔵されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

図 1 4 は、本発明の一実施形態に係る振動素子の一例である圧電振動素子を備える電子機器としての携帯電話機（PHSも含む）の構成を示す斜視図である。この図において、携帯電話機 1 2 0 0 は、複数の操作ボタン 1 2 0 2、受話口 1 2 0 4 および送話口 1 2 0 6 を備え、操作ボタン 1 2 0 2 と受話口 1 2 0 4 との間には、表示部 1 0 0 が配置されている。このような携帯電話機 1 2 0 0 には、フィルター、共振器等の少なくとも一つとして機能する圧電振動素子 1 が内蔵されている。

【 0 0 4 9 】

図 1 5 は、本発明の一実施形態に係る振動素子の一例である圧電振動素子を備える電子機器としてのデジタルカメラの構成を示す斜視図である。尚、この図には、外部機器との接続についても簡易的に示されている。ここで、通常のカメラは、被写体の光像により銀塩写真フィルムを感光するのに対し、デジタルカメラ 1 3 0 0 は、被写体の光像を CCD（Charge Coupled Device）などの撮像素子により光電変換して撮像信号（画像信号）を生成する。

デジタルカメラ 1 3 0 0 におけるケース（ボディー）1 3 0 2 の背面には、表示部 1 0 0 が設けられ、CCD による撮像信号に基づいて表示を行う構成になっており、表示部 1 0 0 は、被写体を電子画像として表示するファインダーとして機能する。また、ケース 1 3 0 2 の正面側（図中裏面側）には、光学レンズ（撮像光学系）や CCD などを含む受光ユニット 1 3 0 4 が設けられている。

撮影者が表示部 1 0 0 に表示された被写体像を確認し、シャッターボタン 1 3 0 6 を押下すると、その時点における CCD の撮像信号が、メモリー 1 3 0 8 に転送・格納される。また、このデジタルカメラ 1 3 0 0 においては、ケース 1 3 0 2 の側面に、ビデオ信号出力端子 1 3 1 2 と、データ通信用の入出力端子 1 3 1 4 とが設けられている。そして、図示されるように、ビデオ信号出力端子 1 3 1 2 にはテレビモニター 1 4 3 0 が、データ通信用の入出力端子 1 3 1 4 にはパーソナルコンピューター（PC）1 4 4 0 が、それぞれ必要に応じて接続される。さらに、所定の操作により、メモリー 1 3 0 8 に格納された撮像信号が、テレビモニター 1 4 3 0 や、パーソナルコンピューター 1 4 4 0 に出力される構成になっている。このようなデジタルカメラ 1 3 0 0 には、フィルター、共振器等として機能する圧電振動素子 1 が内蔵されている。

【 0 0 5 0 】

尚、本発明の一実施形態に係る振動素子の一例である圧電振動素子を備える電子機器は、図 1 3 のパーソナルコンピューター（モバイル型パーソナルコンピューター）、図 1 4 の携帯電話機、図 1 5 のデジタルカメラの他にも、例えば、インクジェット式吐出装置（例えばインクジェットプリンター）、ラップトップ型パーソナルコンピューター、テレビ、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダー、カーナビゲーション装置、ページャー、電子手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、POS 端末、医療機器（例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡）、魚群探知機、各種測定機器、計器類（例えば、車両、航空機、船舶の計器類）、フライトシュミレーター等に適用することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 1 】

1 ... 圧電振動素子、2 ... 圧電振動子、3 ... 電子デバイス、1 0 ... 圧電基板、1 1 ... 凹陷部、1 2 ... 振動部、1 3 ... 厚肉部、1 4 ... 第 1 の厚肉部、1 4 a ... 第 1 の厚肉部本体、1 4 b ... 第 1 の傾斜部、1 5 ... 第 2 の厚肉部、1 5 a ... 第 2 の厚肉部本体、1 5 b ... 第 2 の傾斜部、1 6 ... 第 3 の厚肉部、1 6 a ... 第 3 の厚肉部本体、1 6 b ... 第 3 の傾斜部、1 7 ... スリット、2 5 a , 2 5 b ... 励振電極、2 7 a , 2 7 b ... リード電極、2 9 a , 2 9 b ... パッド電極、3 0 ... 導電性接着剤、3 2 ... 下地膜、3 4 ... 耐食膜、3 6 ... レジスト、4 0 ... パッケージ本体、4 1 ... 第 1 の基板、4 2 ... 第 2 の基板、4 3 ... 第 3 の基板、4 4 ... シールリング、4 5 ... 実装端子、4 6 ... 導体、4 7 ... 素子搭載パッド、4 8 ... 電極端子、

10

20

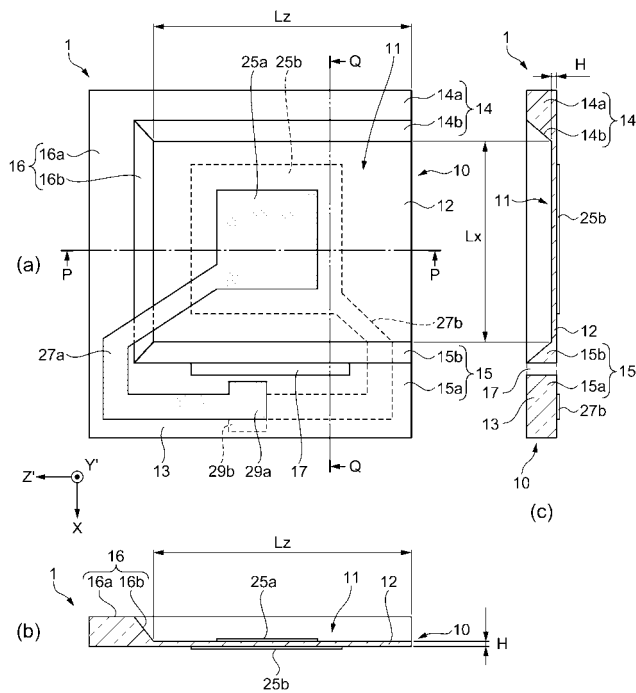
30

40

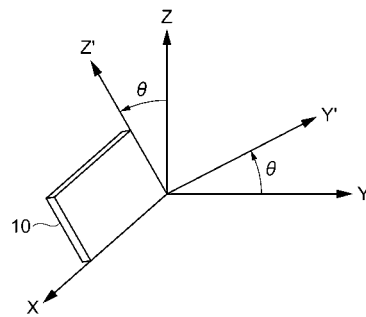
50

49 ... 蓋部材、50 ... パッケージ本体、51 ... IC部品、52 ... 電子部品、55 ... 電極端子、61 ... 第1の基板、62 ... 第2の基板、63 ... 第3の基板、100 ... 表示部、1100 ... パーソナルコンピューター、1102 ... キーボード、1104 ... 本体部、1106 ... 表示ユニット、1200 ... 携帯電話機、1202 ... 操作ボタン、1204 ... 受話口、1206 ... 送話口、1300 ... デジタルカメラ、1302 ... ケース、1304 ... 受光ユニット、1306 ... シャッターボタン、1308 ... メモリー、1312 ... ビデオ信号出力端子、1314 ... 入出力端子、1430 ... テレビモニター、1440 ... パーソナルコンピューター。

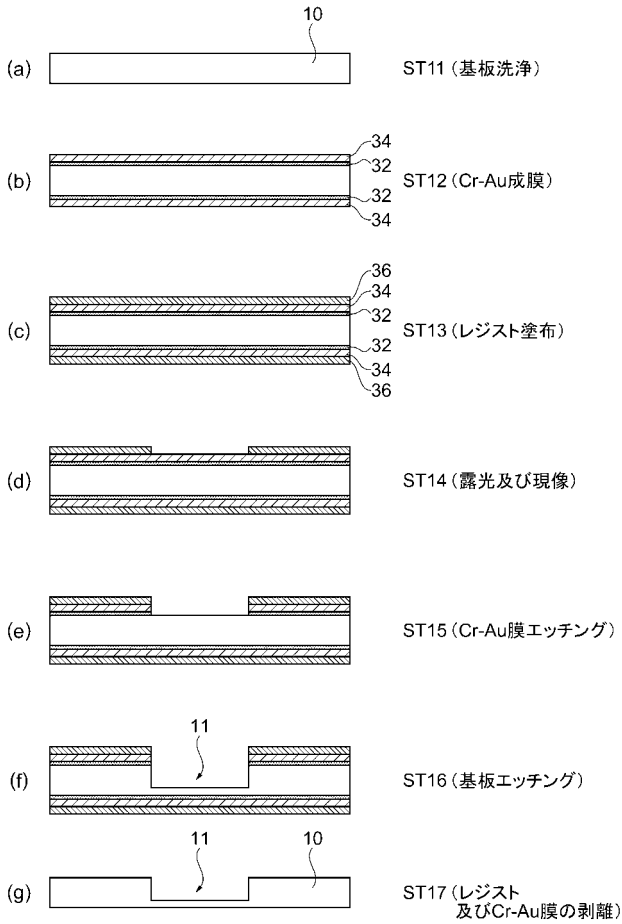
【図1】



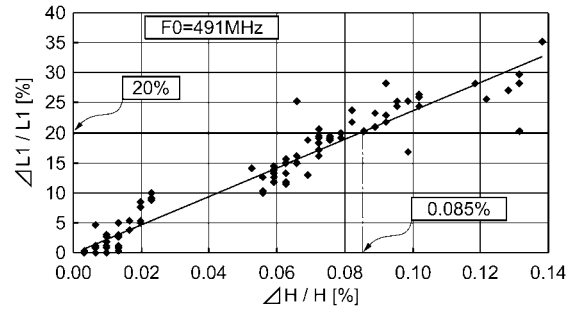
【図2】



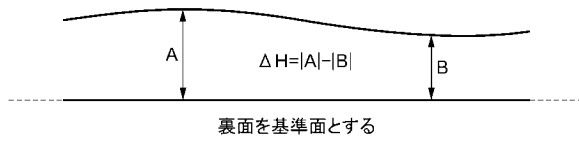
【 図 3 】



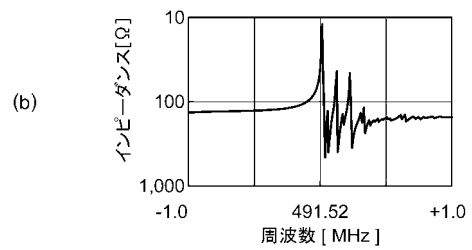
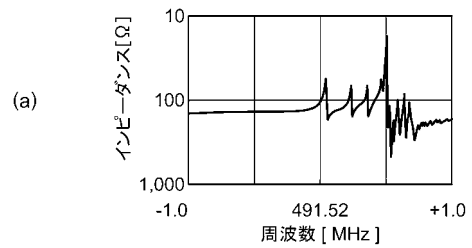
【 図 4 】



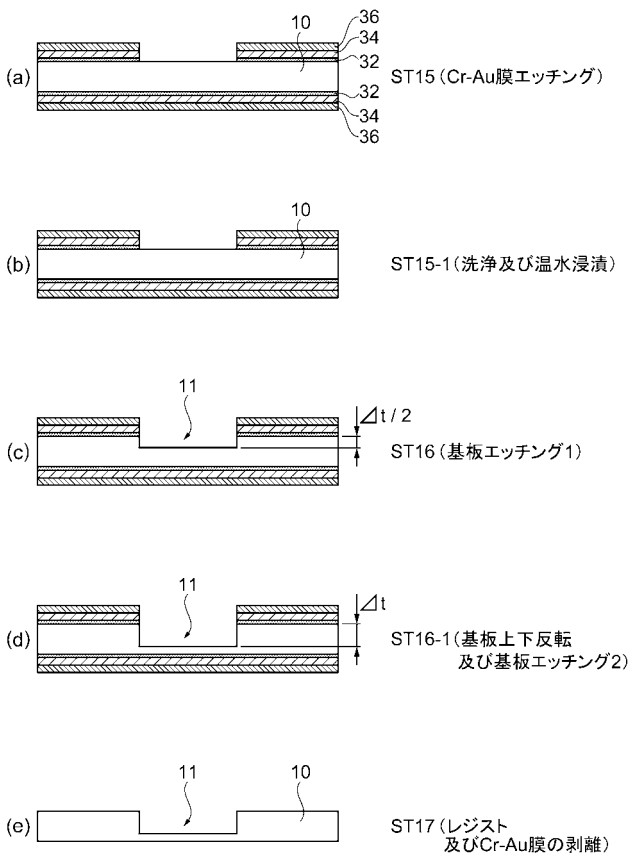
【 図 5 】



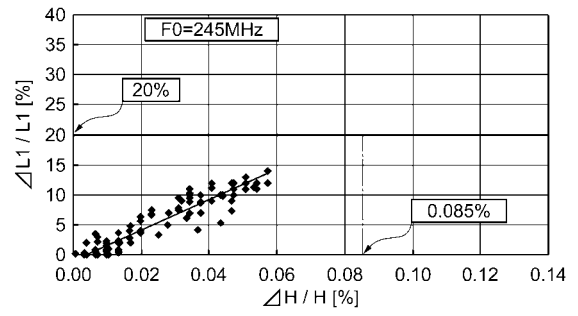
【 図 6 】



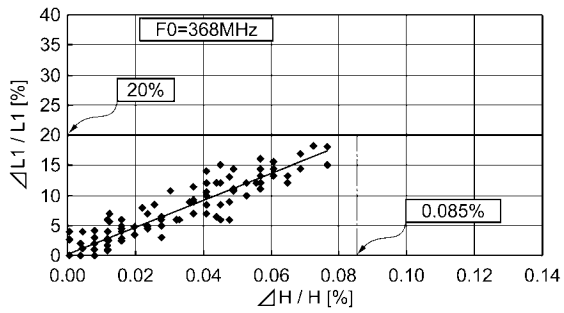
【 図 7 】



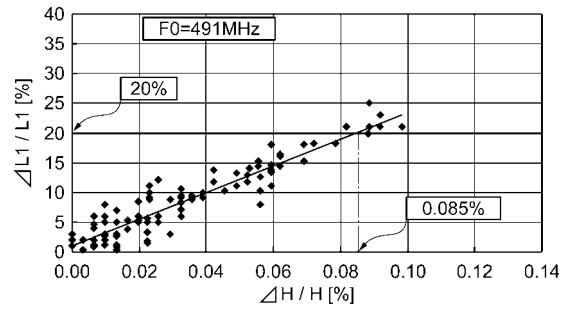
【 図 8 】



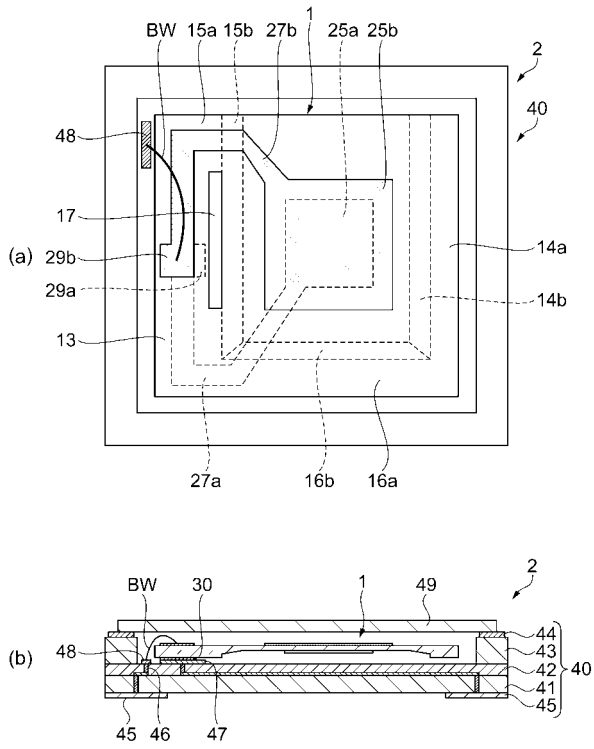
【 図 9 】



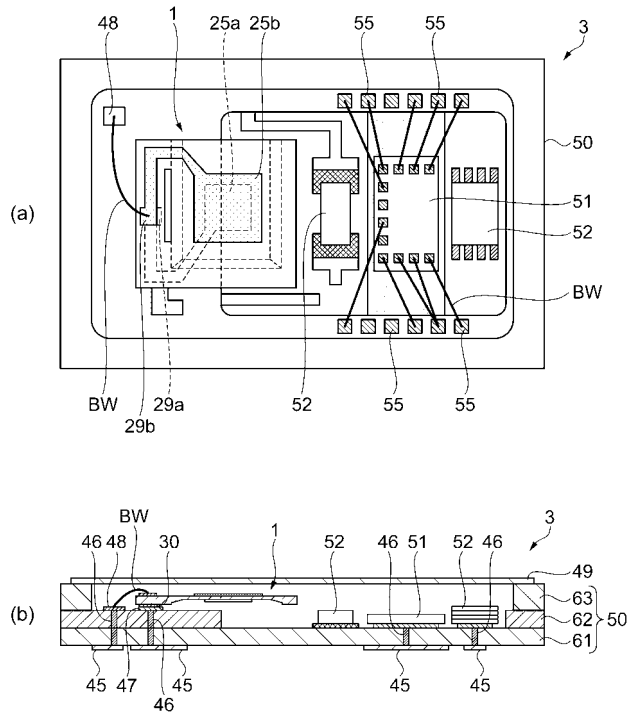
【 図 10 】



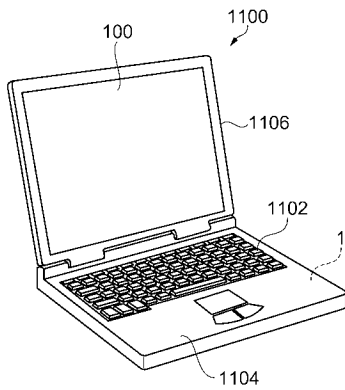
【 図 1 1 】



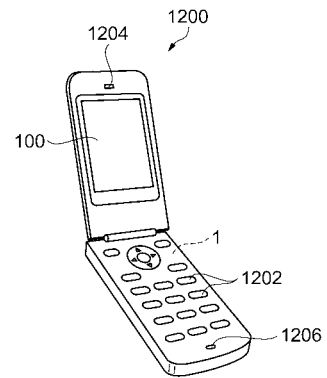
【 図 1 2 】



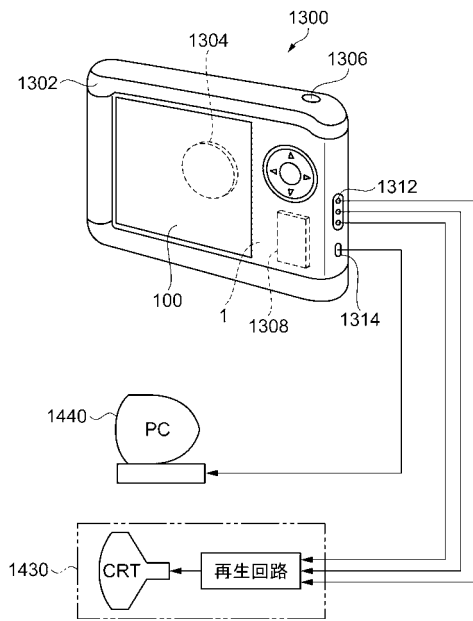
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)
H 0 1 L 41/09	(2006.01)	H 0 1 L 41/18	1 0 1 A	
		H 0 1 L 41/08	C	

Fターム(参考) 5J108 BB02 CC04 CC08 CC10 CC11 CC12 DD02 EE03 EE07 EE14
EE18 GG03 GG15 GG16 JJ03 JJ04 KK01 MM08 MM11