

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5589167号
(P5589167)

(45) 発行日 平成26年9月17日(2014.9.17)

(24) 登録日 平成26年8月8日(2014.8.8)

(51) Int.Cl.	F 1
HO3H 9/19 (2006.01)	HO3H 9/19 E
HO3H 9/10 (2006.01)	HO3H 9/10
HO1L 41/18 (2006.01)	HO1L 41/18 101A
HO1L 41/22 (2013.01)	HO1L 41/22
HO1L 41/09 (2006.01)	HO1L 41/08 C

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2010-259177 (P2010-259177)	(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22年11月19日(2010.11.19)	(74) 代理人	100090387 弁理士 布施 行夫
(65) 公開番号	特開2012-114495 (P2012-114495A)	(74) 代理人	100090398 弁理士 大渕 美千栄
(43) 公開日	平成24年6月14日(2012.6.14)	(72) 発明者	伊井 稔博 東京都日野市日野421-8 エプソント ヨコム株式会社内
審査請求日	平成25年7月31日(2013.7.31)	(72) 発明者	小峰 賢二 東京都日野市日野421-8 エプソント ヨコム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】圧電振動片および圧電振動子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

水晶の結晶軸である、電気軸としてのX軸と、機械軸としてのY軸と、光学軸としてのZ軸と、からなる直交座標系の前記X軸を中心として、前記Z軸を前記Y軸の- Y方向へ傾けた軸をZ'軸とし、前記Y軸を前記Z'軸の+ Z方向へ傾けた軸をY'軸とし、前記X軸と前記Z'軸に平行な面で構成され、前記Y'軸に平行な方向を厚さとするATカット水晶基板からなり、前記Y'軸に平行な方向を厚さ方向とする圧電基板と、

前記圧電基板の両主面の振動領域に表裏で重なるように配置された励振電極と、
を含み、

前記圧電基板は、

10

前記X軸に平行な辺を長辺とし、前記Z'軸に平行な辺を短辺とする矩形の励振部と、
前記励振部より小さい厚さを有し、前記励振部の周辺に形成された周辺部と、
を有し、

前記励振部の前記X軸に平行な方向に延びる側面の各々は、1つの平面内にあり、

前記励振部の前記Z'軸に平行な方向に延びる側面の各々は、段差を有し、

前記圧電基板の前記Z'軸に平行な方向の寸法をZとし、前記励振部の短辺の寸法をM
zとし、前記励振部の厚さをtとすると、

$8 \ Z / t \ 11$ 、かつ、 $0.6 \ Mz / Z \ 0.8$ の関係を満たす、圧電振動片。

【請求項2】

請求項1において、

20

前記圧電基板の前記X軸に平行な方向の寸法をXとすると、
 $X / t = 1/7$ の関係を満たす、圧電振動片。

【請求項3】

請求項1または2において、

前記励振部は、

第1部分と、前記第1部分より小さい厚さを有する第2部分と、を有し、

前記Z'軸方向に延びる側面の前記段差は、前記第1部分および前記第2部分の厚さの差によって形成されている、圧電振動片。

【請求項4】

請求項3において、

10

前記励振部は、前記第2部分より小さい厚さを有する第3部分を、さらに有し、

前記Z'軸方向に延びる側面の前記段差は、前記第1部分、前記第2部分、および前記第3部分の厚さの差によって形成されている、圧電振動片。

【請求項5】

請求項1ないし4のいずれか1項に記載の圧電振動片と、

前記圧電振動片が収容されたパッケージと、

を含む、圧電振動子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、圧電振動片および圧電振動子に関する。

【背景技術】

【0002】

ATカット圧電振動片は、温度特性に優れた厚みすべり振動モードを主共振として使用されている。このようなATカット振動片は、機械加工やフォトリソグラフィー法によって加工されている。

【0003】

特許文献1には、ベベル構造やコンベックス構造と同等のエネルギー閉じ込め効果を発揮する、いわゆるメサ型の厚みすべり振動を行う圧電振動子が開示されている。

【0004】

30

近年、振動片のサイズを小型化する傾向が強まり、益々、辺比の小さい振動子の必要性が高まっている。一般的に、辺比の小さな振動子は、振動子の輪郭に起因するモード（輪郭振動）の影響を受けやすく、その振動との結合により厚みすべりモードを抑制してしまう。

【0005】

特許文献2には、メサ型のATカット水晶振動子において、メサ部と周辺の薄肉部との境界において、境界部の側壁が正面に対して90°であると励振電極から延出された引き出し電極（リード電極）が断線してしまうという問題に鑑みてなされたものであって、境界部の側壁を傾斜または曲面とすることにより、リード電極の断線を防止することができる事が開示されている。

40

【0006】

特許文献3には、メサ型のATカット水晶振動子において、メサ部と周辺の薄肉部との境界の側壁部を、垂直（90°）ではなく、63°、35°と傾斜させていくと、主振動である厚みすべり振動と屈曲振動との結合を抑圧することができる事が開示されている。

【0007】

特許文献4には、輪郭振動である屈曲モードの振動をメサ寸法およびメサ電極間を適正な間隔にすることによって、厚みすべりモードと屈曲モードの結合を抑制できる事が開示されている。

【0008】

50

特許文献 5 には、メサ型の A T カット水晶振動子において、段差部の堀量を適正な値にすることによって、不要モードを抑圧できることが開示されている。

【 0 0 0 9 】

特許文献 6 には、メサ型の A T カット水晶振動子において、圧電基板の短辺の寸法、および振動部における短辺の寸法を適正な値にすることにより、不要モードを抑圧できることが開示されている。

【 0 0 1 0 】

特許文献 7 には、メサ部を多段とすることにより、主振動のエネルギーをより効率よく閉じ込めることを可能にすることが開示されている。

【 0 0 1 1 】

特許文献 8 には、断面形状が階段形状である振動子が開示されており、このような階段形状は、振動子部分を保護するレジスト寸法を段階的に変えてエッチングなどの化学的加工やサンドブラストなどの機械的加工を用いれば製造することができる事が開示されている。

【 0 0 1 2 】

特許文献 9 には、厚肉中央部と薄肉周辺部との段差を複数段の階段状に形成することにより、レジストパターンの形状および電極材料の十分な厚さでの成膜が容易になり、さらに、厚膜中央部がコンベックス形状に近づくので、エネルギー閉じ込め効果を高めることができることが開示されている。

【 0 0 1 3 】

特許文献 10 には、多段型メサ構造の振動片において、段差部を導電性接着剤の流れ止めとして活用して、メサ部への接着剤の流入を抑止することが開示されている。

【 0 0 1 4 】

特許文献 11 には、多段型メサ構造を有する外形を、フォトリソグラフィーにより水晶基材をエッチングすることによって精密に形成することが開示されている。

【 0 0 1 5 】

特許文献 12 には、レーザーを用いてメサを形成する多段メサ型 A T カット水晶振動子の製造方法が開示されている。

【 0 0 1 6 】

以上のように、特許文献 7 ~ 12 には、強いエネルギー閉じ込め効果により屈曲モードとの結合を抑制する構造として、メサの段数を増やした多段型メサ構造が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 1 7 】

【特許文献 1】特開昭 58 - 4 7 3 1 6 号公報

【特許文献 2】実開平 0 6 - 5 2 2 3 0 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 1 - 2 3 0 6 5 5 号公報

【特許文献 4】特許第 4 3 4 1 5 8 3 号公報

【特許文献 5】特開 2 0 0 8 - 2 6 3 3 8 7 号公報

【特許文献 6】特開 2 0 1 0 - 6 2 7 2 3 号公報

【特許文献 7】特開平 0 2 - 5 7 0 0 9 号公報

【特許文献 8】特許第 3 7 3 1 3 4 8 号公報

【特許文献 9】特開 2 0 0 8 - 2 3 6 4 3 9 号公報

【特許文献 10】特開 2 0 0 9 - 1 3 0 5 4 3 号公報

【特許文献 11】特開 2 0 1 0 - 1 0 9 5 2 7 号公報

【特許文献 12】特許第 4 0 7 5 8 9 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 8 】

10

20

30

40

50

しなしながら、長辺の伸びる方向が X 軸に平行な多段型メサ構造の厚みすべり圧電振動片において、特に X 辺比の小さな圧電振動片では、厚みすべり振動と輪郭振動等の不要モードとの結合し、 C I (Crystal Impedance) 値が増加してしまうことが明らかとなった。

【 0 0 1 9 】

本発明のいくつかの態様に係る目的の 1 つは、多段型メサ構造を有する圧電振動片であつて、 C I 値の低減を図ることができる圧電振動片を提供することにある。また、本発明のいくつかの態様に係る目的の 1 つは、上記圧電振動片を含む圧電振動子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

10

【 0 0 2 0 】

本発明に係る圧電振動片は、

水晶の結晶軸である、電気軸としての X 軸と、機械軸としての Y 軸と、光学軸としての Z 軸と、からなる直交座標系の前記 X 軸を中心として、前記 Z 軸を前記 Y 軸の - Y 方向へ傾けた軸を Z' 軸とし、前記 Y 軸を前記 Z 軸の + Z 方向へ傾けた軸を Y' 軸とし、前記 X 軸と前記 Z' 軸に平行な面で構成され、前記 Y' 軸に平行な方向を厚みとする A T カット水晶基板からなり、前記 Y' 軸に平行な方向を厚み方向とする圧電基板と、

前記圧電基板の両主面の振動領域に表裏で対向するように配置された励振電極と、を含み、

前記圧電基板は、

20

前記 X 軸に平行な辺を長辺とし、前記 Z' 軸に平行な辺を短辺とする矩形の励振部と、前記励振部より小さい厚みを有し、前記励振部の周辺に形成された周辺部と、を有し、

前記励振部の前記 X 軸に平行な方向に延びる側面の各々は、 1 つの平面内にあり、

前記励振部の前記 Z' 軸に平行な方向に延びる側面の各々は、段差を有する。

【 0 0 2 1 】

このような圧電振動片によれば、 Z' 軸に平行な方向における厚みすべり振動と輪郭振動等の不要モードとの結合を抑制でき、 C I 値の低減を図ることができる（詳細は後述）。

【 0 0 2 2 】

30

本発明に係る圧電振動片において、

前記圧電基板の前記 Z' 軸に平行な方向の寸法を Z とし、前記励振部の短辺の寸法を Mz とし、前記励振部の厚みを t とすると、

$8 \leq Z/t \leq 11$ 、かつ、 $0.6 \leq Mz/Z \leq 0.8$ の関係を満たしてもよい。

【 0 0 2 3 】

このような圧電振動片によれば、より C I 値の低減を図ることができる。

【 0 0 2 4 】

本発明に係る圧電振動片において、

前記圧電基板の前記 X 軸に平行な方向の寸法を X とすると、
 $X/t \leq 17$ の関係を満たしてもよい。

40

【 0 0 2 5 】

このような圧電振動片によれば、小型化を図りつつ、 C I 値の低減を図ることができる。

【 0 0 2 6 】

本発明に係る圧電振動片において、

前記励振部は、

第 1 部分と、前記第 1 部分より小さい厚みを有する第 2 部分と、を有し、

前記 Z' 軸方向に延びる側面の前記段差は、前記第 1 部分および前記第 2 部分の厚みの差によって形成されていてもよい。

【 0 0 2 7 】

50

このような圧電振動片によれば、C I 値の低減を図ることができる。

【0028】

本発明に係る圧電振動片において、

前記励振部は、前記第2部分より小さい厚みを有する第3部分を、さらに有し、

前記Z'軸方向に延びる側面の前記段差は、前記第1部分、前記第2部分、および前記第3部分の厚みの差によって形成されていてもよい。

【0029】

このような圧電振動片によれば、より強いエネルギー閉じ込め効果を有することができる。

【0030】

本発明に係る圧電振動子は、

本発明に係る圧電振動片と、

前記圧電振動片が収容されたパッケージと、
を含む。

【0031】

このような圧電振動子によれば、本発明に係る圧電振動片を有するため、C I 値の低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本実施形態に係る圧電振動片を模式的に示す平面図。

10

【図2】本実施形態に係る圧電振動片を模式的に示す断面図。

【図3】本実施形態に係る圧電振動片を模式的に示す断面図。

【図4】A Tカット水晶基板を模式的に示す斜視図。

【図5】本実施形態に係る圧電振動片の製造方法を模式的に示す平面図および断面図。

20

【図6】本実施形態に係る圧電振動片の製造方法を模式的に示す平面図および断面図。

【図7】本実施形態に係る圧電振動片の製造方法を模式的に示す平面図および断面図。

【図8】本実施形態に係る圧電振動片の製造方法を模式的に示す平面図および断面図。

【図9】本実施形態に係る圧電振動片の製造方法を模式的に示す平面図および断面図。

【図10】本実施形態に係る圧電振動片の製造方法を模式的に示す平面図および断面図。

【図11】本実施形態に係る圧電振動片の製造方法を模式的に示す平面図および断面図。

30

【図12】本実施形態の変形例に係る圧電振動片を模式的に示す平面図。

【図13】本実施形態の変形例に係る圧電振動片を模式的に示す断面図。

【図14】本実施形態の変形例に係る圧電振動片を模式的に示す断面図。

【図15】本実施形態に係る圧電振動子を模式的に示す断面図。

【図16】比較例の圧電振動片を模式的に示す平面図および断面図。

【図17】C I 値の分布を示すグラフ。

【図18】M z (励振部の短辺の寸法) / Z (圧電基板の短辺の寸法) と C I 値との関係を示すグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0033】

40

以下に本発明のいくつかの実施形態について説明する。以下に説明する実施形態は、本発明の例を説明するものである。本発明は、以下の実施形態になんら限定されるものではなく、本発明の要旨を変更しない範囲において実施される各種の変形例も含む。なお、以下の実施形態で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。

【0034】

1. 圧電振動片

まず、本実施形態に係る圧電振動片について、図面を参照しながら説明する。図1は、本実施形態に係る圧電振動片100を模式的に示す平面図である。図2および図3は、本実施形態に係る圧電振動片100を模式的に示す断面図である。なお、図2は、図1のI - I I I線断面図であり、図3は、図1のI I I - I I I線断面図である。

50

【0035】

圧電振動片100は、図1～図3に示すように、圧電基板10と、励振電極20と、を含む。

【0036】

圧電基板10は、ATカット水晶基板からなる。図4は、ATカット水晶基板101を模式的に示す斜視図である。

【0037】

水晶等の圧電材料は、一般的に三方晶系であり、図4に示すような結晶軸(X, Y, Z)を有する。X軸は電気軸であり、Y軸は機械軸であり、Z軸は光学軸である。ATカット水晶基板101は、XZ平面を、X軸周りに角度だけ回転させた平面に沿って、圧電材料(例えば、人工水晶)から切り出された平板である。ここで、 $\theta = 35^\circ 15'$ である。なお、Y軸およびZ軸もX軸周りに回転させて、それぞれY'軸およびZ'軸とする。したがって、ATカット水晶基板101は、結晶軸(X, Y', Z')軸を有する。ATカット水晶基板101は、Y'軸に直交するXZ'面(X軸およびZ'軸を含む面)が主面(励振面)となり、厚み滑り振動を主振動として振動することができる。このATカット水晶基板101を加工して、圧電基板10を得ることができる。

【0038】

すなわち、圧電基板10は、図4に示すように水晶の結晶軸である、電気軸としてのX軸と、機械軸としてのY軸と、光学軸としてのZ軸と、からなる直交座標系のX軸を中心として、Z軸をY軸の- Y方向へ傾けた軸をZ'軸とし、Y軸をZ軸の+ Z方向へ傾けた軸をY'軸とし、X軸とZ'軸に平行な面で構成され、Y'軸に平行な方向を厚みとするATカット水晶基板からなる。

【0039】

圧電基板10は、図1に示すように、Y'軸に平行な方向(以下「Y'軸方向」ともいう)を厚み方向として、X軸に平行な方向(以下「X軸方向」ともいう)を長辺とし、Z'軸に平行な方向(以下「Z'軸方向」ともいう)を短辺とする矩形の形状を有することができる。圧電基板10は、周辺部12と、励振部14と、を有する。

【0040】

周辺部12は、図1に示すように、励振部14の周辺に形成されている。周辺部12は、励振部14より小さい厚みを有する。

【0041】

励振部14は、図1に示すように周辺部12に囲まれており、周辺部12のY'軸方向の厚みよりも大きい厚みを有する。すなわち、励振部14は、図2および図3に示すように、周辺部12に対して、Y'軸方向に突出している。図示の例では、励振部14は、周辺部12に対して、+ Y'側と- Y'側とに突出している。励振部14(圧電基板10)は、例えば、対称の中心となる点(図示せず)を有し、該点に関して点対称となる形状を有することができる。

【0042】

励振部14は、図1に示すように、X軸方向を長辺とし、Z'軸方向を短辺とする矩形の形状を有する。すなわち、励振部14は、X軸に平行な辺を長辺とし、Z'軸に平行な辺を短辺としている。そのため、励振部14は、X軸方向に延びる側面14a, 14bと、Z'軸方向に延びる側面14c, 14dと、を有する。すなわち、X軸方向に延びる側面14a, 14bの長手方向は、X軸方向であり、Z'軸方向に延びる側面14c, 14dの長手方向は、Z'軸方向である。図示の例では、側面14a, 14bのうち、側面14aが+ Z'側の側面であり、側面14bが- Z'側の側面である。また、側面14c, 14dのうち、側面14cが- X側の側面であり、側面14dが+ X側の側面である。

【0043】

X軸方向に延びる側面14aは、例えば、図2に示すように、周辺部12に対して、+ Y'側と- Y'側とに形成されている。このことは、側面14b, 14c, 14dについても同様である。X軸方向に延びる側面14a, 14bの各々は、図2に示すように、1

つの平面内にある。すなわち、+Y'側の側面14aは、1つの平面内にあり、-Y'側の側面14aは、1つの平面内にある。同様に、+Y'側の側面14bは、1つの平面内にあり、-Y'側の側面14bは、1つの平面内にある。

【0044】

なお、本発明に係る記載において、「1つの平面内」とは、励振部14の側面が平坦な面である場合と、水晶の結晶異方性の分だけ凹凸を有する場合と、を含む。すなわち、フッ酸を含む溶液をエッティング液としてATカット水晶基板を加工すると、励振部14の側面は、水晶結晶のR面が露出して、XY'面と平行な面となる場合と、水晶結晶のm面が露出して、水晶の結晶異方性の分だけ凹凸を有する場合とがある。本発明に係る記載では、このような水晶結晶のm面による凹凸を有する側面についても、「1つの平面内」にあるとしている。便宜上、図1および図2では、m面による凹凸の図示を省略している。なお、レーザーによってATカット水晶基板を加工することにより、水晶結晶のR面のみを露出することも可能である。

【0045】

Z'軸方向に延びる側面14c, 14dの各々は、図3に示すように、段差を有する。励振部14は、第1部分15と、第1部分15より小さい厚みを有する第2部分16と、を有し、側面14c, 14dの段差は、第1部分15および第2部分16の厚みの差によって形成されている。図示の例では、側面14c, 14dは、第1部分15のY'Z'平面に平行な面と、第2部分16のXZ'平面に平行な面と、第2部分16のY'Z'平面に平行な面と、によって構成されている。

【0046】

図1および図3に示すように、例えば、第2部分16は、第1部分15をX軸方向から挟むように形成されている。そのため、図2に示すように、X軸方向に延びる側面14a, 14bは、第1部分15の側面によって形成されている。このように励振部14は、厚みの異なる2種類の部分15, 16を有しており、圧電振動片100は、2段型のメサ構造を有しているといえる。

【0047】

励振部14は、厚みすべり振動を主振動として振動することができる。励振部14が2段型のメサ構造であることによって、圧電振動片100は、エネルギー閉じ込め効果を有することができる。

【0048】

ここで、圧電基板10のZ'軸方向の寸法(短辺の寸法)をZとし、励振部14の短辺の寸法をMzとし、励振部14の厚み(励振部14の第1部分15の厚み)をtとする、下記式(1)の関係を満たすことが好ましい。

$$8 \ Z / t \ 1.1, \text{かつ, } 0.6 \ Mz / Z \ 0.8 \ \dots \ (1)$$

【0049】

これにより、厚みすべり振動と輪郭振動等の不要モードとの結合を抑制することができ、よりCI値の低減を図ることができる(詳細は後述)。このような厚みすべり振動と不要モードとの結合は、一般的に、圧電振動片が小さいほど発生しやすい。そのため、例えば、圧電基板10のX軸方向の寸法(長辺の寸法)をXとした場合に、下記式(2)の関係を満たすような小型の圧電振動片100において、上記式(1)の関係を満たすように設計すると、より顕著に厚みすべり振動と不要モードとの結合を抑制できる。

$$X / t \ 1.7 \ \dots \ (2)$$

【0050】

励振電極20は、励振部14に形成されている。図2および図3に示す例では、励振電極20は、励振部14を挟んで形成されている。より具体的には、励振電極20は、圧電基板10の両主面(例えばXZ'平面に平行な面)の振動領域(励振部14)に表裏で対向するように配置されている。励振電極20は、励振部14に電圧を印加することができる。励振電極20は、例えば、引出電極22を介して、パッド24と接続されている。パッド24は、例えば、圧電振動片100を駆動するためのICチップ(図示せず)と電気

10

20

30

40

50

的に接続されている。励振電極 20、引出電極 22、およびパッド 24 の材質としては、例えば、圧電基板 10 側から、クロム、金をこの順で積層したものを用いることができる。

【0051】

本実施形態に係る圧電振動片 100 は、例えば、以下の特徴を有する。

【0052】

圧電振動片 100 によれば、励振部 14 の X 軸方向に延びる側面 14a, 14b の各々は、1 つの平面内にあり、励振部 14 の Z' 軸方向に延びる側面 14c, 14d の各々は、段差を有する。これにより、励振部 14 の X 軸方向に延びる側面の各々が 1 つの平面内にない圧電振動片（後述の図 16 参照）に比べて、CI 値の低減を図ることができる（詳細は後述）。

10

【0053】

圧電振動片 100 によれば、上述のとおり、圧電基板 10 の短辺の寸法 Z、励振部 14 の短辺の寸法 Mz、および励振部 14 の厚み t を式（1）の関係とすることにより、より CI 値の低減を図ることができる。

【0054】

圧電振動片 100 によれば、上述のとおり、X 辺比（X / t）を式（2）の関係とすることにより、小型化を図りつつ、CI 値の低減を図ることができる。

【0055】

2. 圧電振動片の製造方法

20

次に、本実施形態に係る圧電振動片の製造方法について、図面を参照しながら説明する。図 5 ~ 図 11 は、本実施形態に係る圧電振動片 100 の製造工程を模式的に示す図である。なお、図 5 ~ 図 11 において、（a）は平面図であり、（b）は（a）の B - B 線断面図であり、（c）は（a）の C - C 線断面図である。

【0056】

図 5 に示すように、AT カット水晶振動板 101 の表裏主面（XZ' 平面に平行な面）に耐蝕膜 30 を形成する。耐蝕膜 30 は、例えば、スパッタ法や真空蒸着法などにより、クロムおよび金をこの順で積層した後、該クロムおよび金をパターニングすることによって形成される。パターニングは、例えば、フォトリソグラフ技術およびエッティング技術によって行われる。耐蝕膜 30 は、AT カット水晶基板 101 を加工する際に、エッティング液となるフッ酸を含む溶液に対して耐蝕性を有する。

30

【0057】

図 6 に示すように、ポジ型のフォトレジスト膜を塗布した後、該フォトレジスト膜を露光および現像して、所定の形状を有するレジスト膜 40 を形成する。レジスト膜 40 は、耐蝕膜 30 の一部を覆うように形成される。

【0058】

図 7 に示すように、マスク M を用いて、再度レジスト膜 40 の一部を露光して、感光部 42 を形成する。マスク M は、図 7（a）に示すように Y' 軸方向から見て、レジスト膜 40 に対して交差するように配置する。すなわち、マスク M の X 軸方向の寸法は、レジスト膜 40 の X 軸方向の寸法より小さく、マスク M の Z' 軸方向の寸法は、レジスト膜 40 の Z' 軸方向の寸法より大きい。このようなマスク M を用いて露光することにより、図 7（c）に示すように Z' 軸方向から見て、レジスト膜 40 の両側に感光部 42 を形成することができる。

40

【0059】

図 8 に示すように、耐蝕膜 30 をマスクとして、AT カット水晶基板 101 をエッティングする。エッティングは、例えば、フッ化水素酸（フッ酸）とフッ化アンモニウムとの混合液をエッティング液として行われる。これにより、圧電基板 10 の外形（Y' 軸方向から見たときの形状）が形成される。

【0060】

図 9 に示すように、レジスト膜 40 をマスクとして、所定のエッティング液で耐蝕膜 30

50

エッティングした後、さらに、上述の混合液をエッティング液として、A Tカット水晶基板101を所定の深さまでハーフエッティングする。これにより、励振部14の外形が形成される。

【0061】

図10に示すように、レジスト膜40の感光部42を現像して除去する。これにより、耐蝕膜30の一部が露出する。なお、感光部42を現像する前に、例えば、真空または減圧雰囲気下で放電により作られた酸素プラズマによって、レジスト膜40の表面に形成された変質層（図示せず）をアッシングする。これにより、確実に感光部42を現像して除去することができる。

【0062】

図11に示すように、レジスト膜40をマスクとして、所定のエッティング液で耐蝕膜30をエッティングした後、さらに、上述の混合液をエッティング液として、A Tカット水晶基板101を所定の深さまでハーフエッティングする。これにより、X軸方向に延びる側面14a, 14bの各々を、1つの平面内に形成することができる。また、Z'軸方向に延びる側面14c, 14dの各々に、段差を形成することができる。

【0063】

以上の工程により、周辺部12および励振部14を有する圧電基板10を形成することができる。

【0064】

図1～図3に示すように、レジスト膜40および耐蝕膜30を除去した後、圧電基板10に、励振電極20、引出電極22、およびパッド24を形成する。励振電極20、引出電極22、およびパッド24は、例えば、スパッタ法や真空蒸着法などにより、クロムおよび金をこの順で積層した後、該クロムおよび金をパターニングすることによって形成される。

【0065】

以上の工程により、本実施形態に係る圧電振動片100を製造することができる。

【0066】

圧電振動片100の製造方法によれば、励振部14の外形を形成するために用いたレジスト膜40を、現像して感光部42を除去した後、再度レジスト膜40を用いて、X軸方向に延びる側面14a, 14bを露出することができる。ここで、感光部42を形成するためのマスクMは、X軸方向の寸法がレジスト膜40の寸法より小さく、Z'軸方向の寸法がレジスト膜40の寸法より大きい。そのため、精度よく、側面14a, 14bの各々を、1つの平面内に形成することができる。例えば、励振部14を形成するために、2回レジスト膜を塗布する場合（例えば、第1レジスト膜を用いて励振部の外形を形成した後、第1レジスト膜を剥離し新たに第2レジスト膜を塗布して励振部の側面を露出する場合）は、第1レジスト膜と第2レジスト膜との間で合わせずれが生じ、励振部の側面を1つの平面内に形成できないことがある。圧電振動片100の製造方法では、このような問題を解決することができる。

【0067】

3. 圧電振動片の変形例

次に、本実施形態の変形例に係る圧電振動片について、図面を参照しながら説明する。図12は、本実施形態の変形例に係る圧電振動片200を模式的に示す平面図である。図13および図14は、本実施形態の変形例に係る圧電振動片200を模式的に示す断面図である。なお、図13は、図12のXⅠⅠⅠ-XⅠⅠⅠ線断面図であり、図14は、図12のXⅠⅤ-XⅠⅤ線断面図である。以下、本実施形態の変形例に係る圧電振動片200において、本実施形態に係る圧電振動片100の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【0068】

圧電振動片100の例では、図1～図3に示すように、厚みの異なる第1部分15および第2部分16を有する、2段型のメサ構造について説明した。

10

20

30

40

50

【0069】

これに対して、圧電振動片200では、図12～図14に示すように、3段型のメサ構造を有する。すなわち、圧電振動片200の励振部14は、第1部分15および第2部分16に加え、第2部分16より厚みの小さい第3部分17を有する。図12および図14に示す例では、第3部分17は、第1部分15および第2部分16を、X軸方向から挟むように形成されている。

【0070】

Z'軸方向に延びる側面14c, 14dの段差は、図14に示すように、第1部分15、第2部分16、および第3部分17の厚みの差によって形成されている。図示の例では、側面14c, 14dは、第1部分15のY'Z'平面に平行な面と、第2部分16のXZ'平面に平行な面と、第2部分16のY'Z'平面に平行な面と、第3部分17のXZ'平面に平行な面と、第3部分17のY'Z'平面に平行な面と、によって構成されている。

10

【0071】

圧電振動片200は、圧電振動片100の製造方法を適用して製造することができる。すなわち、図10に示すように感光部42を現像して除去した後、再度、レジスト膜40を露光して所定形状の第2感光部(図示せず)を形成する。次に、第2感光部を有するレジスト膜40をマスクとして、耐蝕膜30およびATカット水晶基板101をエッティングする。次に、例えばアッシングを行ってレジスト膜40の変質層を除去した後、第2感光部を現像して除去する。次に、第2感光部が除去されたレジスト膜40をマスクとして、耐蝕膜30およびATカット水晶基板101をエッティングする。以上の工程により、3段型のメサ構造を有する圧電振動片200を製造することができる。

20

【0072】

圧電振動片200によれば、2段型のメサ構造を有する圧電振動片100に比べて、より強いエネルギー閉じ込め効果を有することができる。

【0073】

なお、上述の例では、3段型のメサ構造を有する圧電振動片200について説明したが、本願に係る発明では、多段型のメサ構造において、励振部のX軸方向に延びる側面の各々が1つの平面内にあれば、メサ構造の段数(段差の数)は特に限定されない。

30

【0074】

4. 圧電振動子

次に、本実施形態に係る圧電振動子について、図面を参照しながら説明する。図15は、本実施形態に係る圧電振動子300を模式的に示す断面図である。

【0075】

圧電振動子300は、図15に示すように、本発明に係る圧電振動片(図示の例では圧電振動片100)と、パッケージ50と、を含む。

【0076】

パッケージ50は、キャビティー52内に圧電振動片100を収容することができる。パッケージ50の材質としては、例えば、セラミック、ガラスが挙げられる。キャビティー52は、圧電振動片100が動作するための空間となる。キャビティー52は、密閉され、減圧空間や不活性ガス雰囲気に設置されることができる。

40

【0077】

圧電振動片100は、パッケージ50のキャビティー52内に収容されている。図示の例では、圧電振動片100は、導電性接着剤60を介して、片持ち梁状にキャビティー52内に固定されている。導電性接着剤60としては、例えば、半田、銀ペーストを用いることができる。

【0078】

なお、図示はしないが、パッケージ50には、圧電振動片100を制御するためICチップが収容されていてもよい。ICチップは、導電性接着剤60を介して、パッド24と電気的に接続されていてもよい。

50

【0079】

圧電振動子300によれば、本発明に係る圧電振動片を有するので、CI値の低減を図ることができる。

【0080】

5. 実験例

以下に実験例を示し、本発明をより具体的に説明する。なお、本発明は、以下の実験例によってなんら限定されるものではない。

【0081】

5.1. 圧電振動片の構成

実施例1として、図1～図3に示す2段型のメサ構造を有する圧電振動片100を用いた。実施例1では、フッ酸を含む溶液によるウェットエッティングによりATカット水晶板を加工し、周辺部12および励振部14を有する圧電基板10を形成した。圧電基板10は、対称の中心となる点(図示せず)に関して点対称に形成した。励振部14(第1部分15)の厚みtを0.065mmとし、振動周波数を24MHzに設定した。また、圧電基板10の長辺の寸法Xを1.1mm(すなわち、X辺比X/tを17)とし、圧電基板10の短辺の寸法Zを0.629mm(すなわち、Z辺比Z/tを9.7)とし、励振部12の短辺の寸法Mzを0.43mmとし、X軸方向に延びる側面14a, 14bの各々を1つの平面内に形成した。

【0082】

比較例としては、図16に示す圧電振動片1000を用いた。なお、図16において、(b)は、(a)のB-B線断面図である。

【0083】

比較例1では、励振部1014を、図16(b)に示すように、X軸方向に延びる側面の各々が段差を有すること以外は、実施例1の励振部14と同様の形状に形成した。なお、図16に示した、周辺部1012、励振電極1020、引出電極1022、およびパッド1024は、それぞれ、図1～図3に示した、周辺部12、励振電極20、引出電極22、およびパッド24に対応している。

【0084】

5.2. CI値の分布測定結果

上述の実施例1および比較例1を、それぞれ200個ずつ形成し、これらをパッケージに収容してCI値(室温)を測定した。図17は、測定個数に対するCI値を示したグラフであり、図17(a)は実施例1の測定結果であり、図17(b)は比較例1の測定結果である。すなわち、図17は、実施例1および比較例1におけるCI値の分布を示している。

【0085】

図17より、実施例1では全ての試料においてCI値は80以下であり、比較例1よりCI値が低いことがわかった。さらに、実施例1は、比較例1に比べて、CI値のばらつきが小さいことがわかった。すなわち、励振部のX軸方向に延びる側面の各々を1つの平面内に形成することにより、CI値の低減を図ることができた。これは、X軸方向に延びる側面の各々を1つの平面内に形成することで、Z'軸方向における厚みすべり振動と輪郭振動等の不要モードとの結合を抑制できたためであると推察される。

【0086】

5.3. Mz/Zに対するCI値評価

実施例1の圧電振動片において、励振部14の厚みtを0.065mm、および励振部14の短辺の寸法Mzを0.43mmに固定し、圧電基板10の短辺の寸法Zを0.46mm、0.5mm、0.54mm、0.59mm、0.65mm、0.72mm、0.81mm、0.92mmと振って、CI値(室温)を測定した。測定は、圧電振動片をパッケージに収容して行った。図18は、Mz/ZとCI値との関係を示したグラフである。

【0087】

図18より、Mz/Zが0.6以上0.8以下の範囲では、CI値は60程度と低い

10

20

30

40

50

ことがわかった。このときの Z は 0.54 mm 以上 0.72 mm 以下であり、 Z 辺比 (Z/t) は 8 以上 11 以下となる。以上より、 Z 辺比 (Z/t) の範囲を $8 \leq Z/t \leq 11$ とし、かつ、 M_z/Z の範囲を $0.6 \leq M_z/Z \leq 0.8$ とすることにより (すなわち、上記式 (1) を満たすことにより)、 C_I 値の低減を図れることがわかった。これは、式 (1) を満たすように Z/t および M_z/Z を設計することにより、いっそう Z' 軸方向における厚みすべり振動と輪郭振動等の不要モードとの結合を抑制できたためであると推察される。

【 0 0 8 8 】

なお、 M_z を 0.4 mm とし Z を 0.65 mm とした (すなわち $M_z/Z = 0.6$) 压電振動片、および M_z を 0.48 mm とし Z を 0.6 mm とした (すなわち $M_z/Z = 0.8$) 压電振動片についても C_I 値を測定したところ、ともに 60 程度であった。このことから、 $M_z = 0.43\text{ mm}$ の場合に限定されることなく、上記式 (1) を満たす限り、 C_I 値の低減を図ることができるといえる。

【 0 0 8 9 】

以上の実験例は、図 1 ~ 図 3 に示した 2 段型のメサ構造を有する压電振動片について行ったが、本実験結果は、例えば図 12 ~ 14 に示したような多段型のメサ構造を有する压電振動片にも適用することができる。

【 0 0 9 0 】

本発明は、前述した実施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、方法および結果が同一の構成、あるいは目的および効果が同一の構成) を含む。また、本発明は、実施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、実施形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成また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、実施形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 1 】

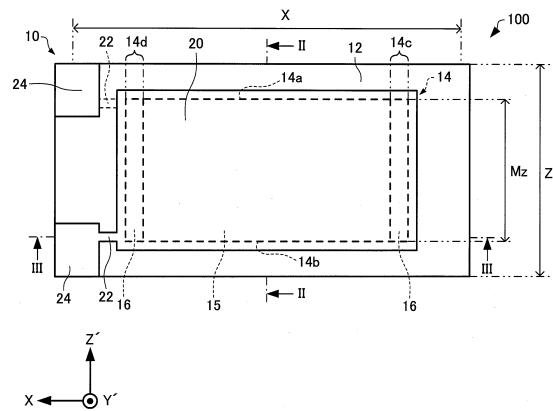
10 壓電基板、12 周辺部、14 励振部、
 14a, 14b X 軸方向に延びる側面、14c, 14d Z' 軸方向に延びる側面、
 15 第 1 部分、16 第 2 部分、17 第 3 部分、20 励振電極、22 引出電極、
 24 パッド、30 耐蝕膜、40 レジスト膜、42 感光部、50 パッケージ、
 52 キャビティー、60 導電性接着剤、100 壓電振動片、
 101 AT カット水晶基板、200 壓電振動片、300 壓電振動子

10

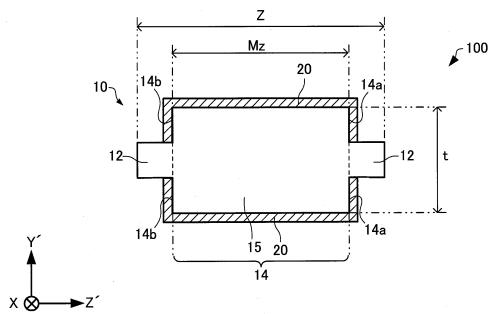
20

30

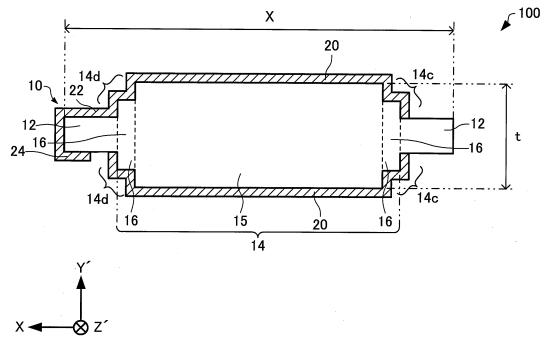
【図1】



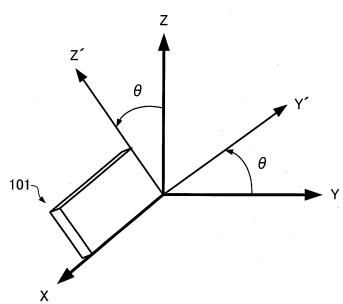
【図2】



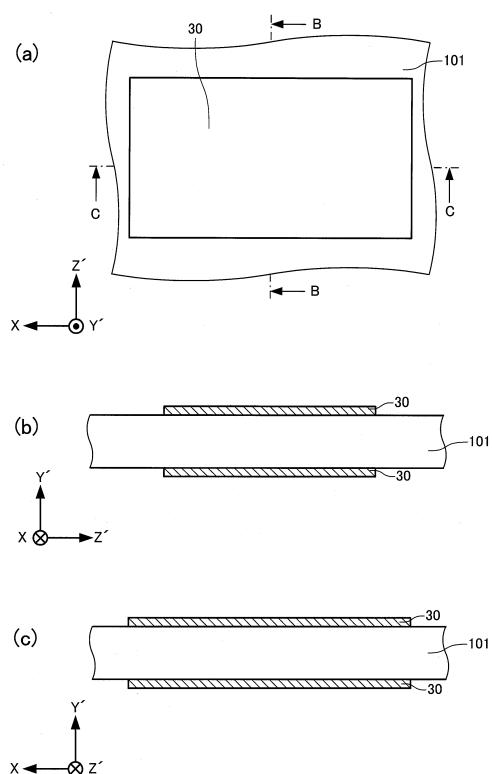
【図3】



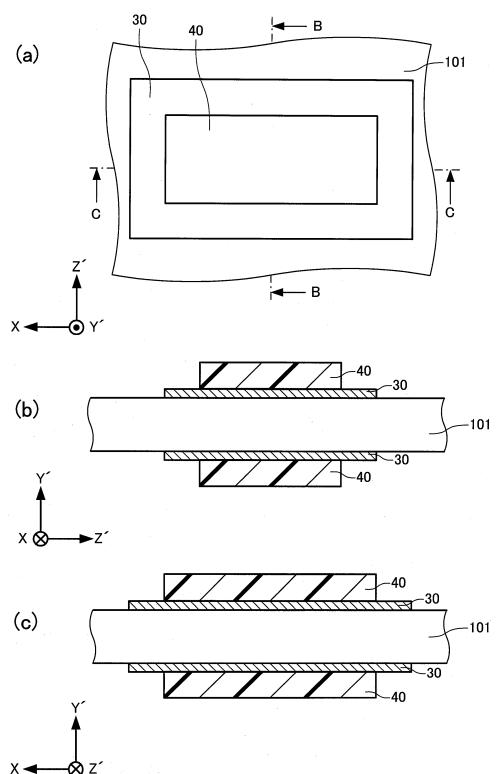
【図4】



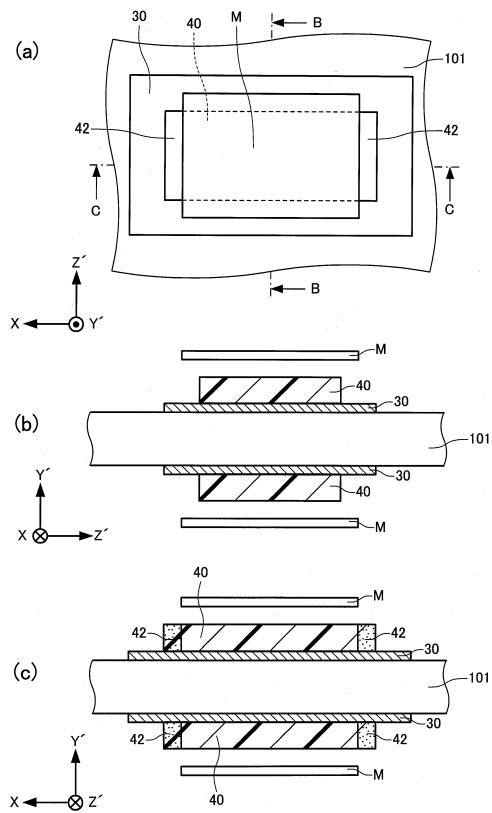
【図5】



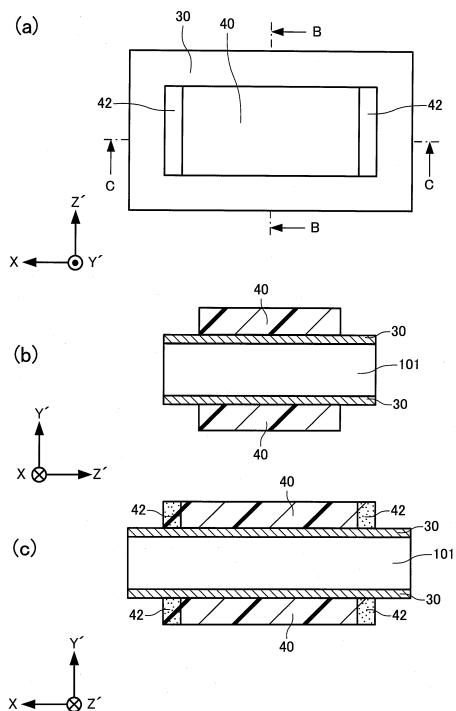
【図6】



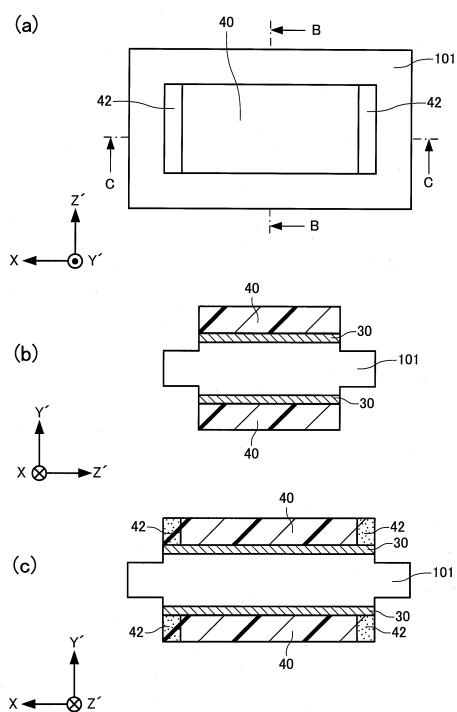
【図7】



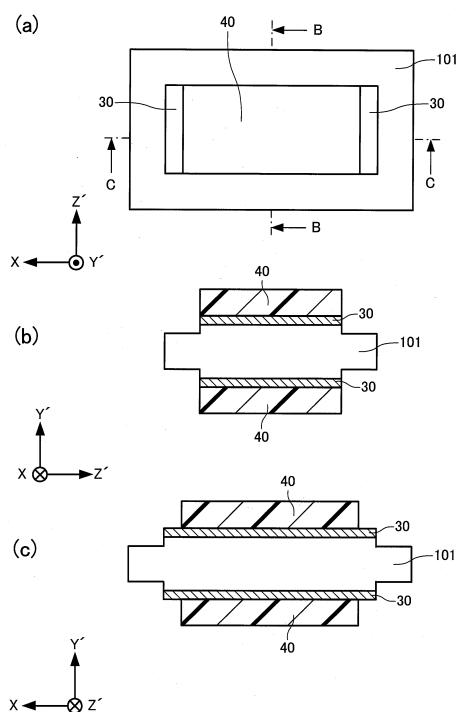
【図8】



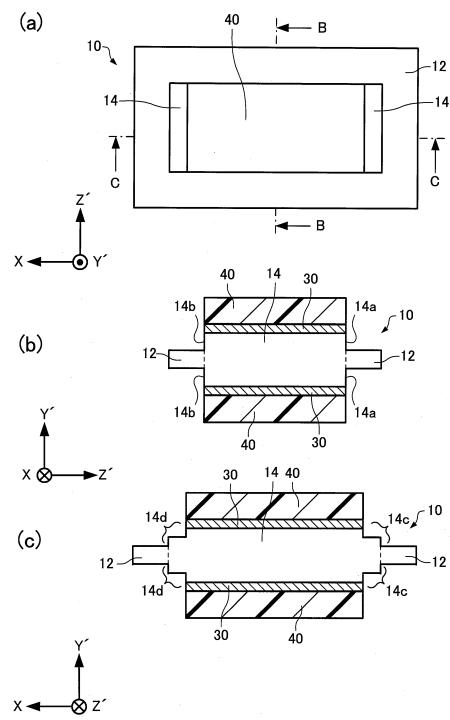
【図9】



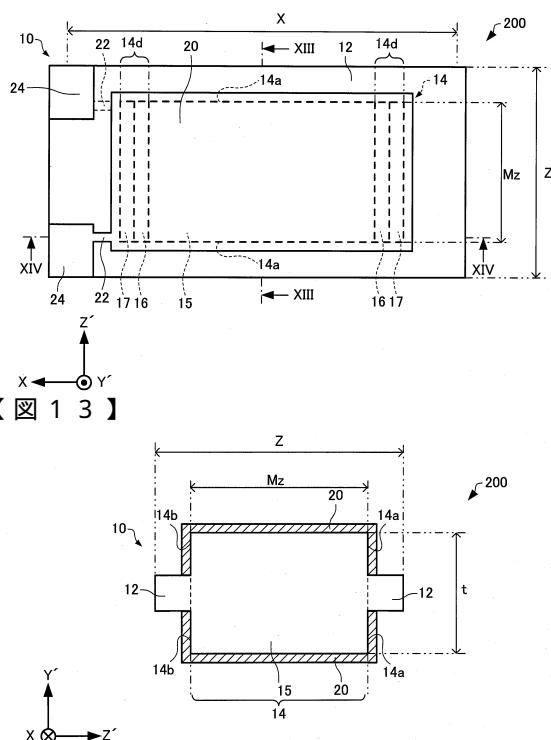
【図10】



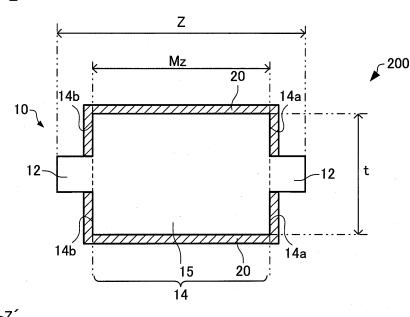
【図11】



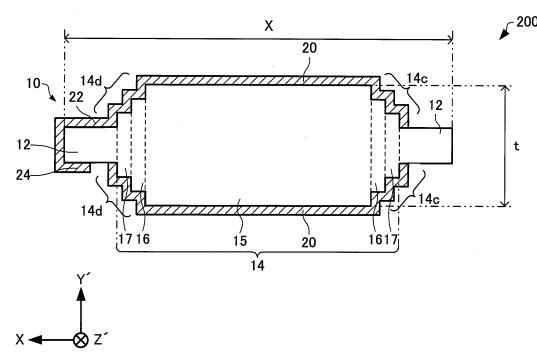
【図12】



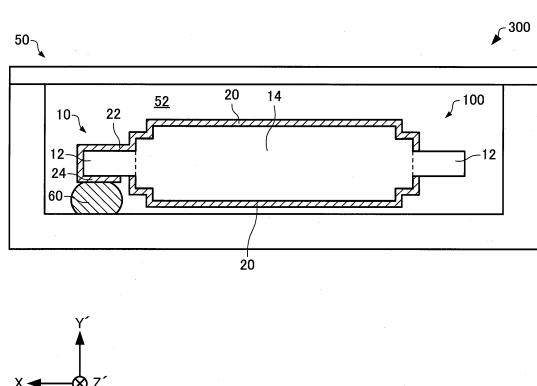
【図13】



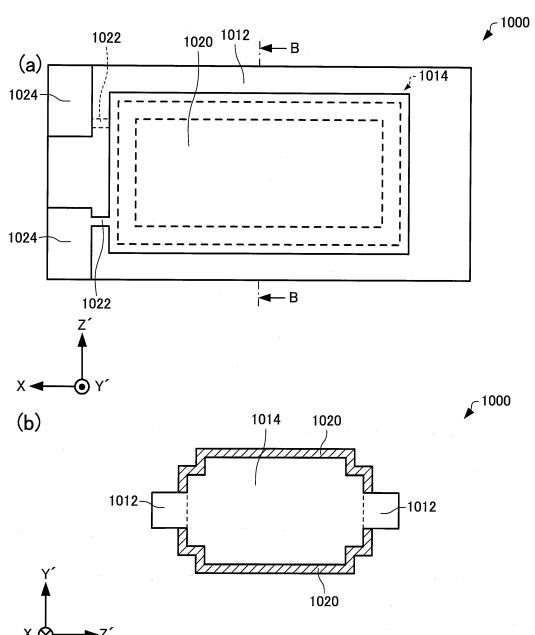
【図14】



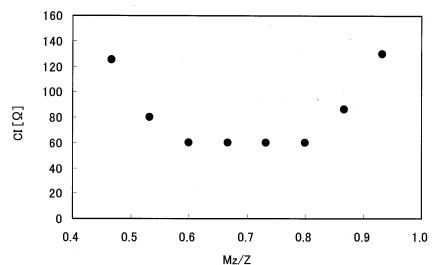
【図15】



【図16】

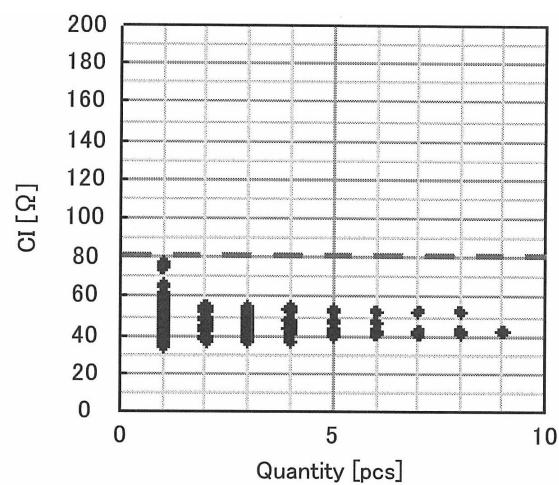


【図 1 8】

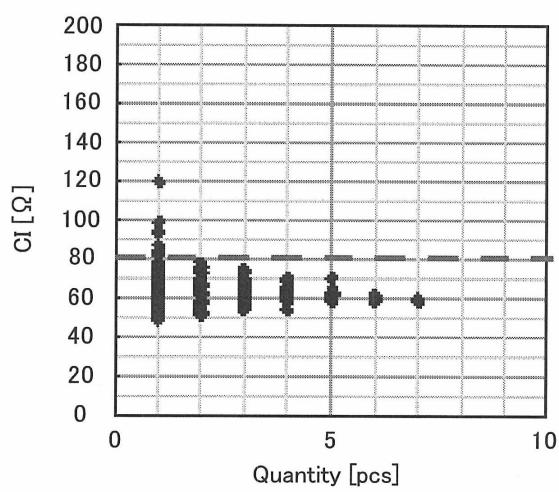


【図17】

(a)



(b)



フロントページの続き

(72)発明者 内藤 松太郎
東京都日野市日野421-8 エプソントヨコム株式会社内

審査官 橋本 和志

(56)参考文献 特開2006-014270(JP, A)
特開2008-306594(JP, A)
特開2005-318477(JP, A)
特開2007-124441(JP, A)
特開2006-060798(JP, A)
実開昭57-151023(JP, U)
特開2001-230654(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H9/00-9/76
H01L41/09
H01L41/18
H01L41/22