

(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 I

H03H	9/19	(2006.01)	H03H	9/19	E
H03H	9/10	(2006.01)	H03H	9/10	
H01L	41/18	(2006.01)	H01L	41/18	101A
H01L	41/22	(2013.01)	H01L	41/22	
H01L	41/09	(2006.01)	H01L	41/08	C

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2010-259177 (P2010-259177)
 (22) 出願日 平成22年11月19日 (2010.11.19)
 (65) 公開番号 特開2012-114495 (P2012-114495A)
 (43) 公開日 平成24年6月14日 (2012.6.14)
 審査請求日 平成25年7月31日 (2013.7.31)

(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
 (74) 代理人 100090387
 弁理士 布施 行夫
 (74) 代理人 100090398
 弁理士 大淵 美千栄
 (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
 (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、

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、

$\frac{8}{Z} \leq \frac{M_z}{t} \leq 11$ 、かつ、 $0.6 \leq \frac{M_z}{Z} \leq 0.8$ の関係を満たす、圧電振動片。

【請求項 2】

請求項 1 において、

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、

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】

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】

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きている。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、境界部の側壁が主面に対して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ことが開示されている。

【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ことが開示されている。

【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ことが開示されている。

【0008】

10

20

30

40

50

特許文献5には、メサ型のAT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。

【0009】

特許文献6には、メサ型のAT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。

【0010】

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。

【0011】

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ことが開示されている。

【0012】

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。

【0013】

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。

【0014】

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。

【0015】

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ATカット水晶振動子の製造方法が開示されている。

【0016】

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】

【0017】

【特許文献1】特開昭58-47316号公報

【特許文献2】実開平06-52230号公報

【特許文献3】特開2001-230655号公報

【特許文献4】特許第4341583号公報

【特許文献5】特開2008-263387号公報

【特許文献6】特開2010-62723号公報

【特許文献7】特開平02-57009号公報

【特許文献8】特許第3731348号公報

【特許文献9】特開2008-236439号公報

【特許文献10】特開2009-130543号公報

【特許文献11】特開2010-109527号公報

【特許文献12】特許第4075893号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

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。

【0019】

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って、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

【0020】

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AT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。

【0021】

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)。

【0022】

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。

【0023】

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。

【0024】

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

【0025】

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。

【0026】

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。

【0027】

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。

【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】AT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。

【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。

【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】

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線断面図であり、図3は、図1のII-II線断面図である。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

圧電振動片 1 0 0 は、図 1 ~ 図 3 に示すように、圧電基板 1 0 と、励振電極 2 0 と、を含む。

【 0 0 3 6 】

圧電基板 1 0 は、A T カット水晶基板からなる。図 4 は、A T カット水晶基板 1 0 1 を模式的に示す斜視図である。

【 0 0 3 7 】

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。A T カット水晶基板 1 0 1 は、X Z 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、A T カット水晶基板 1 0 1 は、結晶軸 (X , Y' , Z') 軸を有する。A T カット水晶基板 1 0 1 は、Y' 軸に直交する X Z' 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 A T カット水晶基板 1 0 1 を加工して、圧電基板 1 0 を得ることができる。

【 0 0 3 8 】

すなわち、圧電基板 1 0 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 A T カット水晶基板からなる。

【 0 0 3 9 】

圧電基板 1 0 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 1 0 は、周辺部 1 2 と、励振部 1 4 と、を有する。

【 0 0 4 0 】

周辺部 1 2 は、図 1 に示すように、励振部 1 4 の周辺に形成されている。周辺部 1 2 は、励振部 1 4 より小さい厚みを有する。

【 0 0 4 1 】

励振部 1 4 は、図 1 に示すように周辺部 1 2 に囲まれており、周辺部 1 2 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 1 4 は、図 2 および図 3 に示すように、周辺部 1 2 に対して、Y' 軸方向に突出している。図示の例では、励振部 1 4 は、周辺部 1 2 に対して、+ Y' 側と - Y' 側とに突出している。励振部 1 4 (圧電基板 1 0) 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。

【 0 0 4 2 】

励振部 1 4 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 1 4 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 1 4 は、X 軸方向に延びる側面 1 4 a , 1 4 b と、Z' 軸方向に延びる側面 1 4 c , 1 4 d と、を有する。すなわち、X 軸方向に延びる側面 1 4 a , 1 4 b の長手方向は、X 軸方向であり、Z' 軸方向に延びる側面 1 4 c , 1 4 d の長手方向は、Z' 軸方向である。図示の例では、側面 1 4 a , 1 4 b のうち、側面 1 4 a が + Z' 側の側面であり、側面 1 4 b が - Z' 側の側面である。また、側面 1 4 c , 1 4 d のうち、側面 1 4 c が - X 側の側面であり、側面 1 4 d が + X 側の側面である。

【 0 0 4 3 】

X 軸方向に延びる側面 1 4 a は、例えば、図 2 に示すように、周辺部 1 2 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 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d についても同様である。X 軸方向に延びる側面 1 4 a , 1 4 b の各々は、図 2 に示すように、1

10

20

30

40

50

つの平面内にある。すなわち、+ Y' 側の側面 14 a は、1 つの平面内にあり、- Y' 側の側面 14 a は、1 つの平面内にある。同様に、+ Y' 側の側面 14 b は、1 つの平面内にあり、- Y' 側の側面 14 b 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チング液として 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 14 c, 14 d 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 14 c, 14 d 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 14 c, 14 d は、第 1 部分 15 の Y' Z' 平面に平行な面と、第 2 部分 16 の X Z' 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 14 a, 14 b 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 とすると、下記式（1）の関係を満たすことが好ましい。

$$8 \leq Z/t \leq 11, \text{ かつ、} 0.6 \leq Mz/Z \leq 0.8 \quad \cdots (1)$$

【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。

$$X/t \leq 17 \quad \cdots (2)$$

【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 X Z' 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 つの平面内にはない圧電振動片（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ンニングすることによって形成される。パターンニングは、例えば、フォトリソグラフィー技術およびエッチ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、エッチ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 をエッチングする。エッチングは、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チ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、所定のエッチング液で耐蝕膜 30 50

エッチングした後、さらに、上述の混合液をエッチング液として、ＡＴカット水晶基板１０１を所定の深さまでハーフエッチングする。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、所定のエッチング液で耐蝕膜３０をエッチングした後、さらに、上述の混合液をエッチング液として、ＡＴカット水晶基板１０１を所定の深さまでハーフエッチングする。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

【 0 0 6 9 】

これに対して、圧電振動片 2 0 0 では、図 1 2 ~ 図 1 4 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 2 0 0 の励振部 1 4 は、第 1 部分 1 5 および第 2 部分 1 6 に加え、第 2 部分 1 6 より厚みの小さい第 3 部分 1 7 を有する。図 1 2 および図 1 4 に示す例では、第 3 部分 1 7 は、第 1 部分 1 5 および第 2 部分 1 6 を、X 軸方向から挟むように形成されている。

【 0 0 7 0 】

Z' 軸方向に延びる側面 1 4 c , 1 4 d の段差は、図 1 4 に示すように、第 1 部分 1 5 、第 2 部分 1 6 、および第 3 部分 1 7 の厚みの差によって形成されている。図示の例では、側面 1 4 c , 1 4 d は、第 1 部分 1 5 の Y' Z' 平面に平行な面と、第 2 部分 1 6 の X Z' 平面に平行な面と、第 2 部分 1 6 の Y' Z' 平面に平行な面と、第 3 部分 1 7 の X Z' 平面に平行な面と、第 3 部分 1 7 の Y' Z' 平面に平行な面と、によって構成されている。

10

【 0 0 7 1 】

圧電振動片 2 0 0 は、圧電振動片 1 0 0 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 1 0 に示すように感光部 4 2 を現像して除去した後、再度、レジスト膜 4 0 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 4 0 をマスクとして、耐蝕膜 3 0 および A T カット水晶基板 1 0 1 をエッチングする。次に、例えばアッシングを行ってレジスト膜 4 0 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 4 0 をマスクとして、耐蝕膜 3 0 および A T カット水晶基板 1 0 1 をエッチングする。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 2 0 0 を製造することができる。

20

【 0 0 7 2 】

圧電振動片 2 0 0 によれば、2 段型のメサ構造を有する圧電振動片 1 0 0 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。

【 0 0 7 3 】

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 2 0 0 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。

【 0 0 7 4 】

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 1 5 は、本実施形態に係る圧電振動子 3 0 0 を模式的に示す断面図である。

30

【 0 0 7 5 】

圧電振動子 3 0 0 は、図 1 5 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 1 0 0 ）と、パッケージ 5 0 と、を含む。

【 0 0 7 6 】

パッケージ 5 0 は、キャビティー 5 2 内に圧電振動片 1 0 0 を收容することができる。パッケージ 5 0 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 5 2 は、圧電振動片 1 0 0 が動作するための空間となる。キャビティー 5 2 は、密閉され、減圧空間や不活性ガス雰囲気設置されることができる。

40

【 0 0 7 7 】

圧電振動片 1 0 0 は、パッケージ 5 0 のキャビティー 5 2 内に收容されている。図示の例では、圧電振動片 1 0 0 は、導電性接着剤 6 0 を介して、片持ち梁状にキャビティー 5 2 内に固定されている。導電性接着剤 6 0 としては、例えば、半田、銀ペーストを用いることができる。

【 0 0 7 8 】

なお、図示はしないが、パッケージ 5 0 には、圧電振動片 1 0 0 を制御するため I C チップが收容されていてもよい。I C チップは、導電性接着剤 6 0 を介して、パッド 2 4 と電氣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、C I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チングにより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. C I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C I値(室温)を測定した。図17は、測定個数に対するC I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C I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C I値は80以下であり、比較例1よりC I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、C I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、C I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C I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、C I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C I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、C I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、 Mz/Z の範囲を $0.6 \leq Mz/Z \leq 0.8$ 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)、 CI 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 Mz/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。

【0088】

なお、 Mz を 0.4 mm とし Z を 0.65 mm とした(すなわち $Mz/Z = 0.6$)圧電振動片、および Mz を 0.48 mm とし Z を 0.6 mm とした(すなわち $Mz/Z = 0.8$)圧電振動片についても CI 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、 $Mz = 0.43\text{ mm}$ の場合に限定されることなく、上記式(1)を満たす限り、 CI 値の低減を図ることができるといえる。

10

【0089】

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圧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圧電振動片にも適用することができる。

【0090】

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。

20

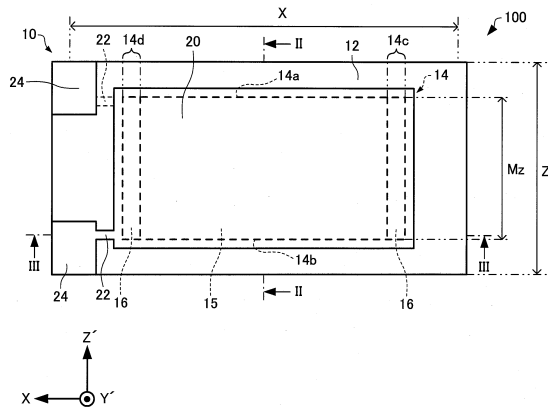
【符号の説明】

【0091】

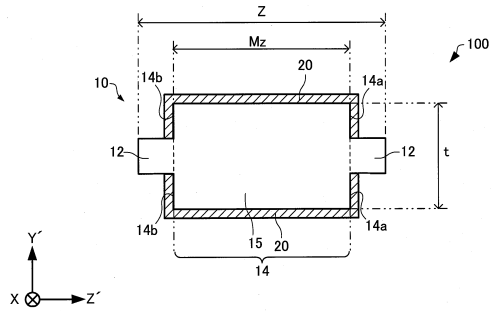
10 圧電基板、12 周辺部、14 励振部、
 14a, 14b X軸方向に延びる側面、14c, 14d Z'軸方向に延びる側面、
 15 第1部分、16 第2部分、17 第3部分、20 励振電極、22 引出電極、
 24 パッド、30 耐蝕膜、40 レジスト膜、42 感光部、50 パッケージ、
 52 キャピティ、60 導電性接着剤、100 圧電振動片、
 101 ATカット水晶基板、200 圧電振動片、300 圧電振動子

30

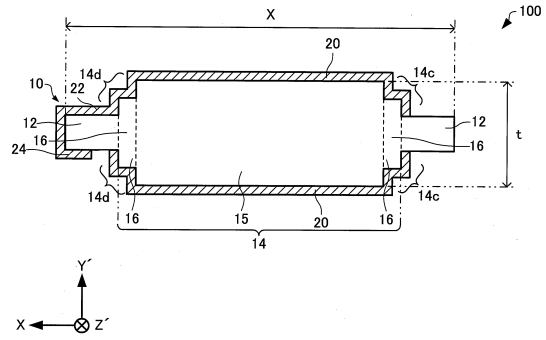
【図 1】



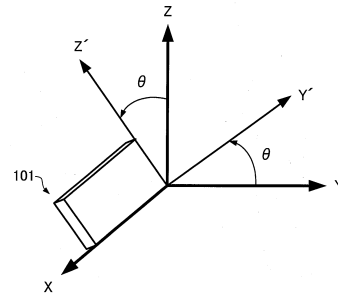
【図 2】



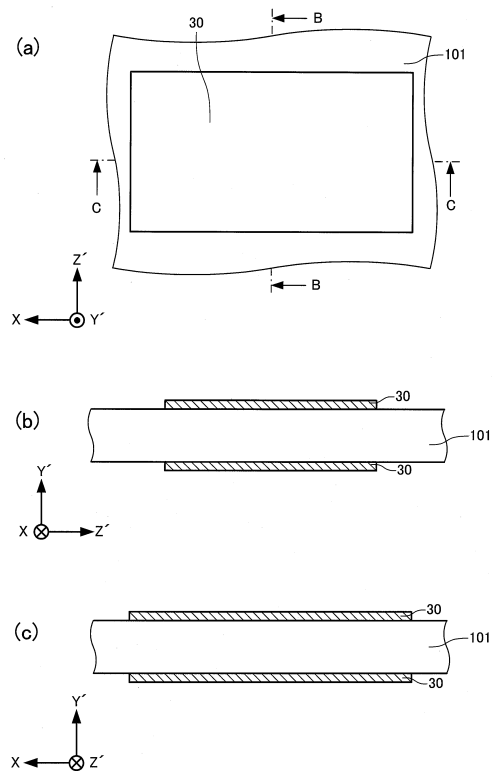
【図 3】



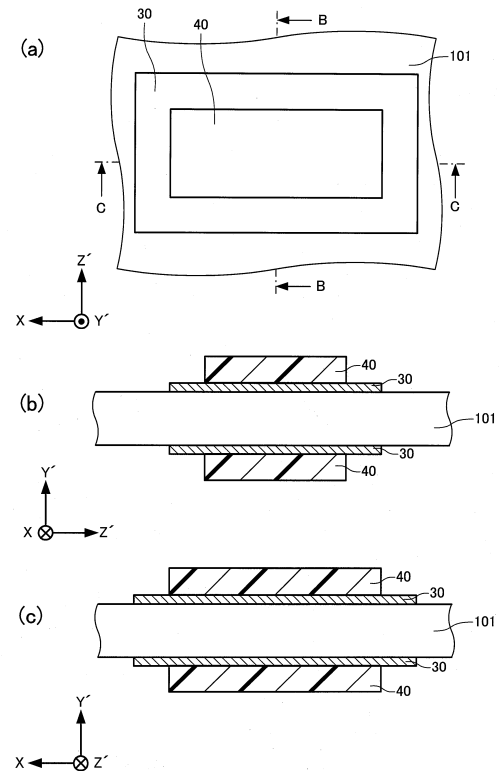
【図 4】



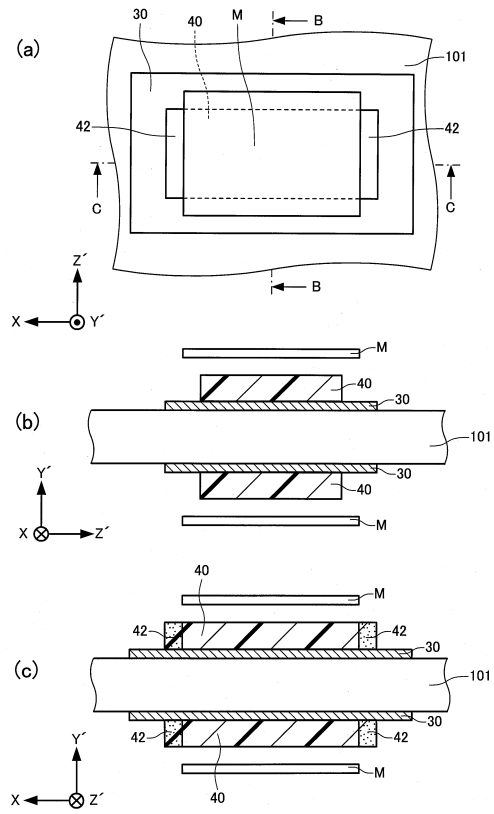
【図 5】



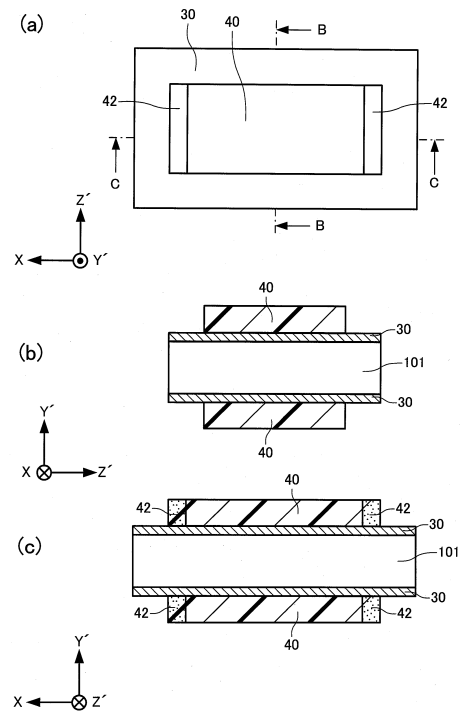
【図 6】



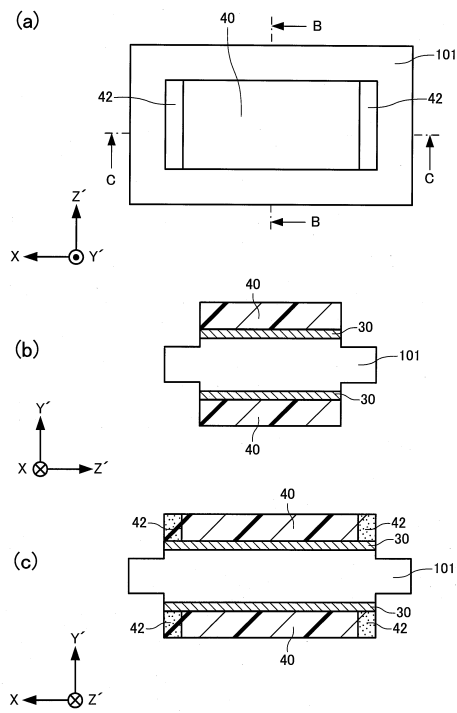
【図 7】



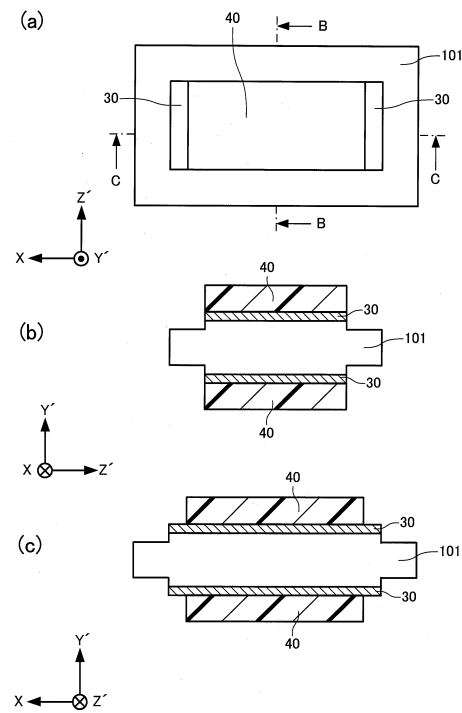
【図 8】



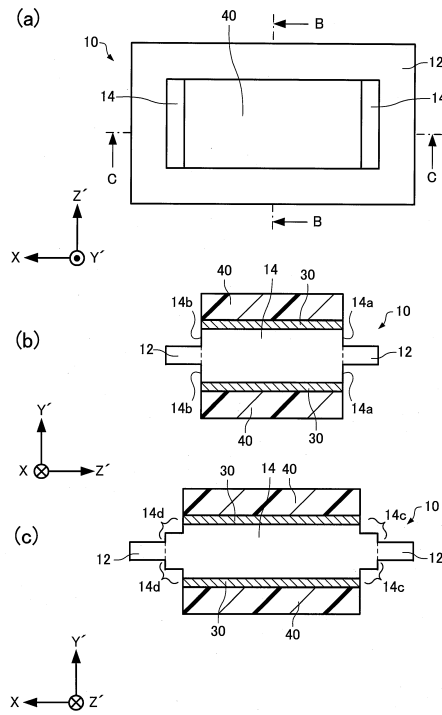
【図 9】



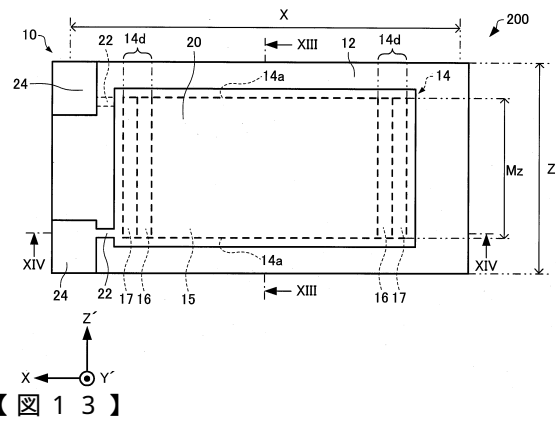
【図 10】



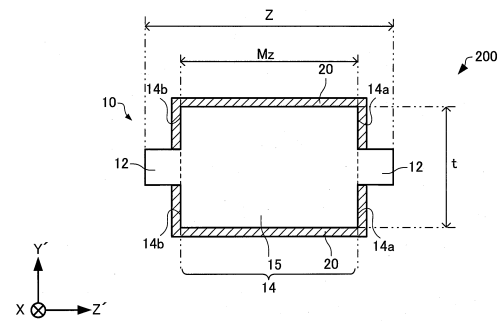
【図 1 1】



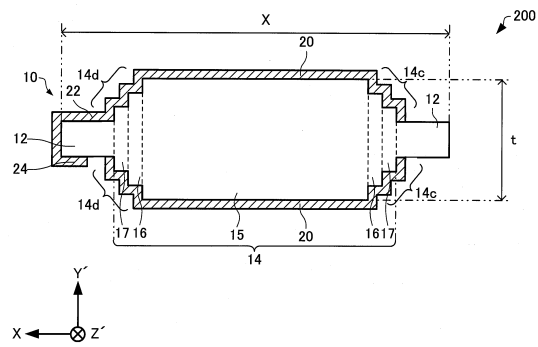
【図 1 2】



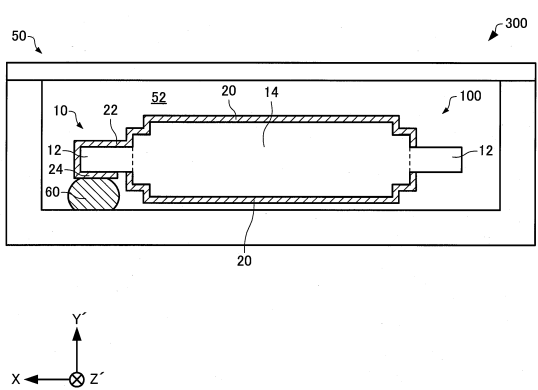
【図 1 3】



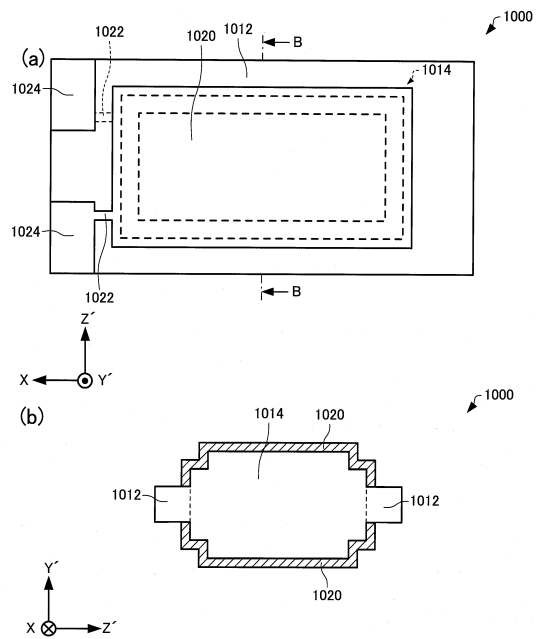
【図 1 4】



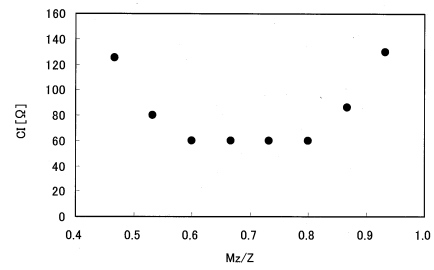
【図 1 5】



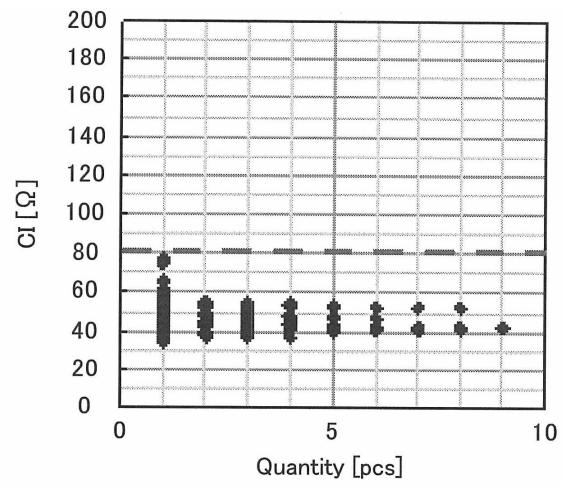
【図 1 6】



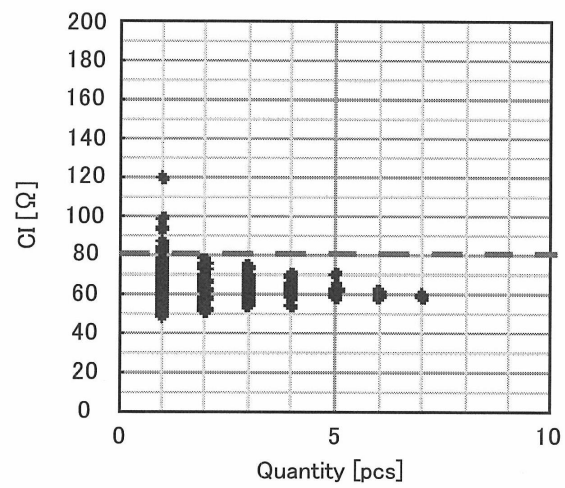
【図 18】



(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4 2 1 - 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2 0 0 6 - 0 1 4 2 7 0 (J P , A)
特開2 0 0 8 - 3 0 6 5 9 4 (J P , A)
特開2 0 0 5 - 3 1 8 4 7 7 (J P , A)
特開2 0 0 7 - 1 2 4 4 4 1 (J P , A)
特開2 0 0 6 - 0 6 0 7 9 8 (J P , A)
実開昭5 7 - 1 5 1 0 2 3 (J P , U)
特開2 0 0 1 - 2 3 0 6 5 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 3 H 9 / 0 0 - 9 / 7 6
H 0 1 L 4 1 / 0 9
H 0 1 L 4 1 / 1 8
H 0 1 L 4 1 / 2 2