

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4591035号  
(P4591035)

(45) 発行日 平成22年12月1日(2010.12.1)

(24) 登録日 平成22年9月24日(2010.9.24)

(51) Int.Cl.	F I	
HO3H 3/02 (2006.01)	HO3H 3/02	D
HO1L 41/09 (2006.01)	HO1L 41/08	C
HO1L 41/18 (2006.01)	HO1L 41/18	1 O 1 A
HO1L 41/22 (2006.01)	HO1L 41/22	Z
HO3H 9/215 (2006.01)	HO3H 9/215	

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2004-306887 (P2004-306887)  
 (22) 出願日 平成16年10月21日(2004.10.21)  
 (65) 公開番号 特開2006-121411 (P2006-121411A)  
 (43) 公開日 平成18年5月11日(2006.5.11)  
 審査請求日 平成19年10月4日(2007.10.4)

(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 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 菊島 正幸  
 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  
 審査官 崎間 伸洋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電振動片ならびに圧電デバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基部と、この基部と一体に形成され、かつ前記基部から平行に延びる少なくとも一対の振動腕と、前記各振動腕の長さ方向に形成される長溝とを備える圧電振動片の外形と前記長溝とをエッチングにより形成する圧電振動片の製造方法であって、

前記圧電基板を用意し、前記圧電振動片の外形を形成後、

前記長溝の位置に、前記長溝よりも浅い溝をウエットエッチングによって形成した後、浅く形成した前記溝の底部をドライエッチングにより加工することを特徴とする圧電振動片の製造方法。

【請求項2】

パッケージまたはケースに圧電振動片を収容した圧電デバイスの製造方法であって、前記パッケージまたはケースに前記圧電振動片を固定もしくは接合する接合工程と、前記パッケージまたはケースを気密に封止する封止工程と、を備えており、

前記圧電振動片が、

基部と、この基部と一体に形成され、かつ前記基部から平行に延びる少なくとも一対の振動腕と、前記各振動腕の長さ方向に形成される長溝とを備える音叉型の圧電振動片であって、

前記圧電振動片が、請求項1に記載の圧電振動片の製造方法で形成されることを特徴とする圧電デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、パッケージまたはケースに收容するための圧電振動片と、この圧電振動片をパッケージやケースに收容した圧電デバイスとをそれぞれ製造する方法に関する。

## 【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ジャイロセンサなどの計測機器において、パッケージなどの内部に圧電振動片を收容した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。

10

図8は、このような圧電デバイスに使用される圧電振動片の公知の構成例（特許文献1参照）を簡略化して示す概略平面図である。

## 【0003】

図において、圧電振動片1は、例えば水晶の単結晶から形成されており、幅広の基部2と、この基部から同じ方向に平行に延びる2本の振動腕3, 4とを備えている。図9は図8のA-A線切断端面図であり、振動腕3, 4には、それぞれ、表裏面に長さ方向に延びる長溝5, 6が形成されている。この長溝5, 6には、図示しない駆動電極としての励振電極が形成されている。

これにより、外部から励振電極に駆動電圧が印加されることで、振動腕3, 4内に効率よく電界が発生し、各振動腕3, 4は、図8に示すように、その先端部を互いに接近・離間されるように屈曲振動するようになっている。そして、このような振動に基づく振動周波数を取り出すことにより、制御用のクロック信号等の基準信号に利用されるようになっている。

20

## 【0004】

この圧電振動片1の各振動腕3, 4と、これら振動腕3, 4の長溝5, 6は、ウエハ状にした圧電材料でなる基板をエッチングすることにより形成されている。すなわち、一般的には、まず、ウエハ基板をエッチングして、図8のような音叉状の外形を形成し、その後図9で説明した長溝5, 6をハーフエッチングすることにより形成される。

【特許文献1】特開2002 76806

## 【発明の開示】

30

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

ところが、このような圧電振動片1においては、その外形エッチング工程でのウエットエッチングでは、図8、図9に示した電気軸X、機械軸Y、光学軸Zに関して、エッチングの進行スピードに相違が見られ、このようなエッチング異方性により、長溝5, 6内には、平らな底面を形成することができない。

この結果、例えば、振動腕3について見ると、長溝5を挟んだ両側壁部5a, 5bの厚みが左右で相違し、この結果、振動腕3は図9に示す仮想の中心線CEに関して、左右の側壁部の剛性が相違する。すなわち、左側の壁部5aが剛性が高く、右側の壁部5bの剛性はこれより低くなる。

40

## 【0006】

このため、図8のように各振動腕3, 4が屈曲振動している状態では、それぞれ、水平方向に左右に屈曲する際の変形度が異なるため、左右の振動腕3, 4の屈曲バランスが崩れてしまう。これにより、各振動腕3, 4の変形によって基部2に伝えられる応力もF1, F2が均衡することがないので、打ち消すことができず、Z方向変位や、Y方向変位の原因となり、CI（クリスタルインピーダンス）値の増大を招くと考えられる。

ここで、圧電振動片をエッチングにより形成する際に、長時間かけてウエットエッチングすることで、図9において長溝5, 6を挟んでいる両側の壁部5a, 5bのうち、左側の壁部5aの厚みを十分薄くして、左右の剛性をバランスさせることができる。

しかしながら、その場合には、従来よりも非常に長い時間をエッチング工程に費やさな

50

ければならず、生産性が低くなってしまふ。

加えて、圧電振動片 1 が小型化されると、その分長溝 5 の幅  $W_1$  が狭くなる。この幅  $W_1$  が非常に狭くなった場合には、エッチャントが回り込みにくくなり、長時間かけてウエットエッチングした場合でも左右の壁部 5 a , 5 b の厚みを等しくできない。

【 0 0 0 7 】

また、圧電振動片を形成する場合のエッチング異方性がないドライエッチングにより圧電振動片 1 の外形および長溝を加工形成することが考えられる。

しかしながら、ドライエッチングは、ウエットエッチングに比べるとはるかに長い時間を必要とし、この場合にも生産性が著しく悪化するという問題がある。

【 0 0 0 8 】

この発明は、振動バランスを改善し、C I 値を低く抑えることができるようにした圧電振動片と圧電デバイスとを、短時間で製造するための製造方法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】

【 0 0 0 9 】

上記の目的は、第 1 の発明にあっては、基部と、この基部と一体に形成され、かつ前記基部から平行に延びる少なくとも一対の振動腕と、前記各振動腕の長さ方向に形成される長溝とを備える圧電振動片の外形と前記長溝とをエッチングにより形成する圧電振動片の製造方法であって、前記圧電基板を用意し、前記圧電振動片の外形を形成後、

前記長溝の位置に、前記長溝よりも浅い溝をウエットエッチングによって形成した後、浅く形成した前記溝の底部をドライエッチングにより加工する圧電振動片の製造方法により、達成される。

【 0 0 1 0 】

第 1 の発明の構成によれば、圧電振動片の外形加工だけでなく、長溝の加工も途中まで従来と同じウエットエッチングで行い、ある程度長溝が形成された時点で、ドライエッチングに切り換えることになるので、従来の製造に要していた時間が、極端に延長されることなく、振動バランスを改善し、C I 値を低く抑えることができるようにした圧電振動片を迅速に加工形成することができる。

【 0 0 1 2 】

第 3 の発明は、第 1 の発明の構成において、前記圧電基板を用意した後で、先ず前記圧電振動片の外形の加工と、前記長溝の加工の一部をウエットエッチングにより行い、次いで、前記長溝の残りの加工をドライエッチングにより行うことを特徴とする。

第 3 の発明の構成によれば、圧電振動片の外形加工だけでなく、長溝の加工も途中まで従来と同じウエットエッチングで行い、ある程度長溝が形成された時点で、ドライエッチングに切り換えることになるので、従来の製造に要していた時間が、極端に延長されることなく、振動バランスを改善し、C I 値を低く抑えることができるようにした圧電振動片を迅速に加工形成することができる。

【 0 0 1 3 】

また、上記目的は、第 2 の発明にあっては、パッケージまたはケースに圧電振動片を収容した圧電デバイスの製造方法であって、前記パッケージまたはケースに前記圧電振動片を固定もしくは接合する接合工程と、前記パッケージまたはケースを気密に封止する封止工程とを備えており、前記圧電振動片が、基部と、この基部と一体に形成され、かつ前記基部から平行に延びる少なくとも一対の振動腕と、前記各振動腕の長さ方向に形成される長溝とを備える音叉型の圧電振動片であって、前記圧電振動片が、第 1 の発明の製造方法によって形成される圧電デバイスの製造方法により、達成される。

第 2 の発明の構成によれば、第 1 の発明と同じ原理により、振動バランスを改善し、C I 値を低く抑えることができるようにした圧電デバイスを可能な限り短時間で製造することができる。

10

20

30

40

50

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0014】

図1及び図2は、本発明の圧電デバイスの実施の形態を示しており、図1はその概略平面図、図2は図1のB-B線概略断面図である。

図において、圧電デバイス30は、水晶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、収容容器としてのパッケージ36内に圧電振動片32を収容している。パッケージ36は、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。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S2を形成するようにされている。この内部空間S2が圧電振動片32を収容するための収容空間である。

10

## 【0015】

このパッケージ36の内部に圧電振動片32をマウントし、蓋体39で気密に封止するようにされている。ここで、蓋体39は、セラミック、金属、ガラスなどの材質を選択して形成されている。

蓋体39が、例えば、金属の場合には、一般に他の材料よりも強度が高い利点がある。パッケージ36との熱膨張率が近似したものが適しており、例えば、コパールなどを使用することができる。

また、蓋封止後の周波数調整を可能にするために、蓋体39は、例えばガラスなどの光透過材料で形成される。例えば、硼珪酸ガラスなどの板体を使用することができる。

20

## 【0016】

パッケージ36の内部空間S2内の図において左端部付近において、内部空間S2に露出して内側底部を構成する積層基板には、例えば、タングステンメタライズ上にニッケルメッキ及び金メッキで形成した電極部31, 31が設けられている。この電極部31, 31は、外部と接続されて、駆動電圧を供給するものである。この各電極部31, 31の上に導電性接着剤43, 43が塗布され、この導電性接着剤43, 43の上に圧電振動片32の基部51が載置されて、導電性接着剤43, 43が硬化されるようになっている。尚、導電性接着剤43, 43としては、接合力を発揮する接着剤成分としての合成樹脂剤に、銀製の細粒等の導電性の粒子を含有させたものが使用でき、シリコン系、エポキシ系またはポリイミド系導電性接着剤等を利用することができる。

30

## 【0017】

圧電振動片32は、後述する製造工程により、圧電材料として、例えば水晶をエッチングして形成されており、本実施形態の場合、圧電振動片32は、小型に形成して、必要な性能を得るために、特に図3の概略平面図および図4で示す図3のC-C線切断端面図で示す構造とされている。

すなわち、圧電振動片32は、パッケージ36側と固定される基部51と、この基部51を基端として、図において上方に向けて、二股に別れて平行に延びる一对の振動腕34, 35を備えており、全体が音叉のような形状とされた、所謂、音叉型圧電振動片が利用されている。

## 【0018】

40

圧電振動片32の各振動腕34, 35には、図3および図4を参照して理解されるように、それぞれ長さ方向に延びる長い有底の長溝56, 57が形成されている。この各長溝56, 57は、図3のC-C線切断端面図である図4に示されているように、各振動腕34, 35の表裏両面に形成されている。

特に、この圧電振動片32においては、後述する製造工程を実行することにより、各長溝56, 57がほぼ理想的な形状となっている。

図4の振動腕34について説明すると、図9と比較して理解されるように、長溝56の底部56aは水平であり、長溝56を挟む両方の壁部56bと56cは、その厚みKW1, KW2がほぼ同じ厚みに形成されている。

このため、振動腕34, 35の屈曲振動に際して、個々の振動腕の左右の剛性バランス

50

が改善されており、C I 値を低く抑えることができるものである。

さらに、図 3 において、圧電振動片 3 2 の基部 5 1 の端部（図 3 では下端部）の幅方向両端付近には、引き出し電極 5 2 , 5 3 が形成されている。各引き出し電極 5 2 , 5 3 は、圧電振動片 3 2 の基部 5 1 の図示しない裏面にも同様に形成されている。

#### 【 0 0 1 9 】

これらの各引き出し電極 5 2 , 5 3 は、上述したように図 1 に示されているパッケージ側の電極部 3 1 , 3 1 と導電性接着剤 4 3 , 4 3 により接続される部分である。そして、各引き出し電極 5 2 , 5 3 は、図 3 および図 4 に示されているように、各振動腕 3 4 , 3 5 の長溝 5 6 , 5 7 内に設けた励振電極 5 4 , 5 5 とそれぞれ一体に接続されている。また、各励振電極 5 4 , 5 5 は、図 4 に示されているように各振動腕 3 4 , 3 5 の両側面にも形成されており、例えば、振動腕 3 4 に関しては、長溝 5 6 内の励振電極 5 4 と、その側面部の励振電極 5 5 とは互いに異極となるようにされている。また、振動腕 3 5 に関しては、長溝 5 7 内の励振電極 5 5 と、その側面部の励振電極 5 4 とは互いに異極となるようにされている。

10

#### 【 0 0 2 0 】

圧電振動片 3 2 の基部 5 1 と振動腕 3 4 , 3 5 との間には、基部 5 1 の幅方向に縮幅して設けた切欠き部もしくはくびれ部（図示せず）を設けてもよい。

これにより、基部 5 1 側への圧電振動片 3 2 の振動の漏れを防止して、C I（クリスタルインピーダンス）値を低減することができる。

しかも、圧電振動片 3 2 は、全体として、きわめて小型に形成されていて、図 3 において、例えば、全長が、1 3 0 0  $\mu\text{m}$  程度、振動腕の長さが 1 0 4 0  $\mu\text{m}$  程度、腕幅が 4 0  $\mu\text{m}$  ないし 5 5  $\mu\text{m}$  程度とされたきわめて小型の圧電振動片である。

20

#### 【 0 0 2 1 】

（圧電デバイスの製造方法）

次に、図 5 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を説明する。

圧電デバイス 3 0 の圧電振動片 3 2 と、パッケージ 3 6 と、蓋体 3 9 は、それぞれ別々に製造される。

（蓋体およびパッケージの製造方法）

蓋体 3 9 は、例えば、所定の大きさのガラス板を切断し、パッケージ 3 6 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。

30

パッケージ 3 6 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 2 を形成する。

#### 【 0 0 2 2 】

（圧電振動片の製造方法）

図 6 および図 7 は、本実施形態の圧電振動片 3 2 の製造方法の一例を説明するための主要な工程を示す工程図である。

まず、圧電基板 7 1 を用意し、図 6 ( a ) に示すように、ひとつの圧電基板 7 1 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）。以下の工程は、圧電振動片の振動腕 3 4 について、図 6 ( a ) に示す C U の位置でカットした断面図 6 ( b ) 以降に工程順で図示している。

40

#### 【 0 0 2 3 】

ここで、基板 7 1 は、圧電材料のうち、例えば、圧電振動片 3 2 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。この基板 7 1 は工程の進行により音叉型の圧電振動片 3 2 とした際には、図 3 に示す X 軸が電気軸、Y 軸が機械軸及び Z 軸が光軸となるように、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 2 度の範囲で回転して切り出した水晶 Z 板を所定の

50

厚みに切断研磨して得られる。

【 0 0 2 4 】

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基板 7 1 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。この実施形態では、エッチング液として、フッ酸、フッ化アンモニウムを用いて、所定時間でエッチング工程が完了する ( S T 1 1 ) 。

【 0 0 2 5 】

( 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 4 で説明した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、外形エッチングと同じエッチング条件で、図 6 ( c ) に示すようにウエットエッチングにより長溝に対応した浅い底部 5 6 - 1 を形成する ( S T 1 2 ) 。

【 0 0 2 6 】

( ドライエッチング工程 )

続いて、図 6 ( d ) に示すように、溝を形成しない部分 ( 図 4 で説明した長溝を挟む両側の壁部 ) の上側に、メタルマスク 7 3 を配置する ( S T 1 3 ) 。この状態で、例えば、図示しないチャンパー内に収容し、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 ( S T 1 4 ) 。つまり、真空チャンパー ( 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、真空チャンパーには、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。

真空チャンパー内が、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 7 3 から露出した長溝の浅い底部 5 6 - 1 に当たる。この衝撃により、浅い底部の水晶が物理的に削り取られて飛散し、図 7 ( a ) に示すように、エッチングが進行する。

【 0 0 2 7 】

次に、図 7 ( b ) に示すように、圧電基板 7 2 である水晶ウエハを反転させて、メタルマスク 7 3 を配置し ( S T 1 5 ) 、図 7 ( c ) に示すように、上記と同様にドライエッチングする ( S T 1 6 ) 。

かくして、図 7 ( d ) に示すように、振動腕 3 4 に長溝 5 6 , 5 6 を完成させることができる。この場合、長溝 5 6 の両側の壁部 5 6 b , 5 6 c の厚みはほぼ同じで、長溝 5 6 の底部 5 6 a はほぼ水平な理想に近い形態を実現することができる。

この状態に、図 3 および図 4 で説明した必要な駆動用の電極を形成することにより、圧電振動片 3 2 を完成させることができる。

【 0 0 2 8 】

次いで、図 3 のように完成した圧電振動片 3 2 は、図 1 及び図 2 に示すように、パッケージ 3 6 の内部に、導電性接着剤 4 3 を利用して接合される ( マウント工程 ) ( S T 1 7 ) 。その後で、このパッケージ 3 6 にロウ材 ( 例えば、低融点ガラス ) を用いて蓋体 3 9 を接合する ( S T 1 8 ) ことで、圧電デバイス 3 0 を完成することができる ( S T 1 9 ) 。

【 0 0 2 9 】

上述の実施形態によれば、圧電振動片 3 2 の外形については、従来どおりウエットエッチングにより比較的迅速に加工形成することができ、長溝 5 6 , 5 7 に関しては、ドライエッチングにより形成することにより、エッチング異方性を原因とする不良を防止することができる。

しかも、この実施形態では、ウエットエッチングによる外形加工を先行させるので、従来の工程をそのまま利用でき、従来工程にドライエッチングの設備を付加するだけで実施

10

20

30

40

50

可能な利点がある。

また、圧電振動片 3 2 の外形加工だけでなく、長溝 5 6 , 5 7 の加工も途中まで従来と同じウエットエッチングで行い、ある程度長溝が形成された時点で、ドライエッチングに切り換えることになるので、従来の製造に要していた時間を極端に長くすることなく、振動バランスを改善し、C I 値を低く抑えることができるようにした圧電振動片 3 2 を迅速に加工形成することができる。

【 0 0 3 0 】

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、パッケージ内に圧電振動片を収容するものであれば、水晶振動子、水晶発振器、ジャイロ、角度センサ等の名称にかかわらず、全ての圧電振動片とこれを利用した圧電デバイスに適用することができる。

また、上述の実施形態では、パッケージにセラミックを使用した箱状のものを利用して、このような形態に限らず、金属製のシリンダー状のケース等のパッケージと同等の収容容器に圧電振動片を収容するものであれば、いかなるパッケージやケースを伴うものについても本発明を適用することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 1 】

【 図 1 】 本発明の実施形態に係る圧電デバイスの概略平面図。

【 図 2 】 図 1 の圧電デバイスの B - B 線における概略断面図。

【 図 3 】 図 1 の圧電デバイスに使用される圧電振動片の一例を示す概略平面図。

【 図 4 】 図 3 の圧電振動片の C - C 線切断端面図。

【 図 5 】 図 1 の圧電デバイスの製造方法の実施形態を示すフローチャート。

【 図 6 】 図 3 の圧電振動片の製造方法の実施形態に対応して、順次工程を示す図。

【 図 7 】 図 3 の圧電振動片の製造方法の実施形態に対応して、順次工程を示す図。

【 図 8 】 従来の圧電振動片の概略平面図。

【 図 9 】 図 8 の A - A 線切断端面図。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 2 】

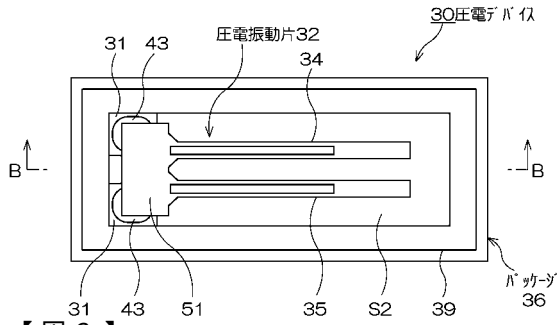
3 0 . . . 圧電デバイス、 3 6 . . . パッケージ、 3 2 . . . 圧電振動片、 3 4 , 3 5 . . . 振動腕、 5 1 . . . 基部、 5 4 , 5 5 . . . 励振電極、 5 6 , 5 7 . . . 長溝

10

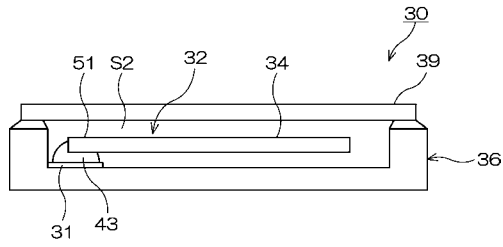
20

30

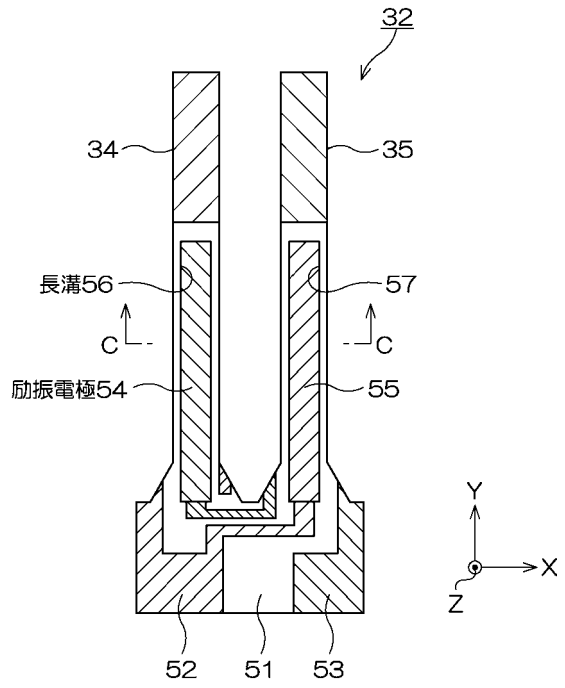
【図1】



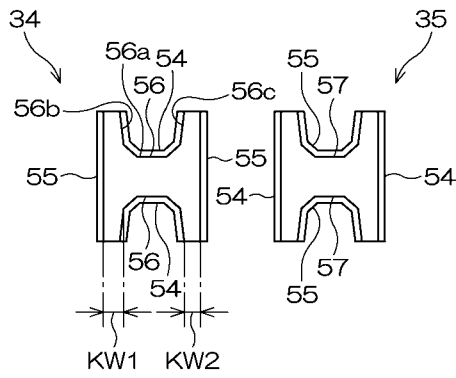
【図2】



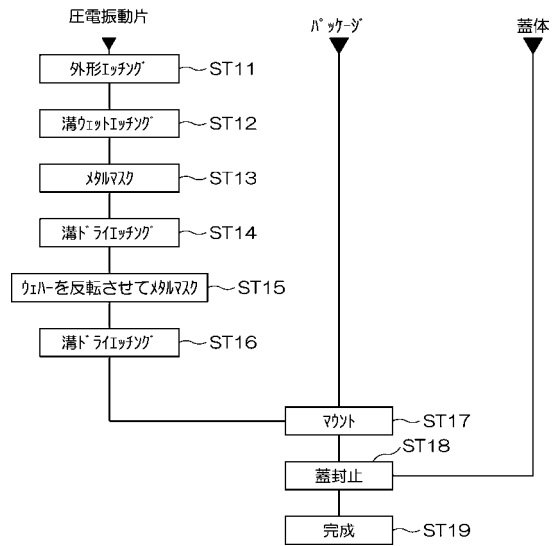
【図3】



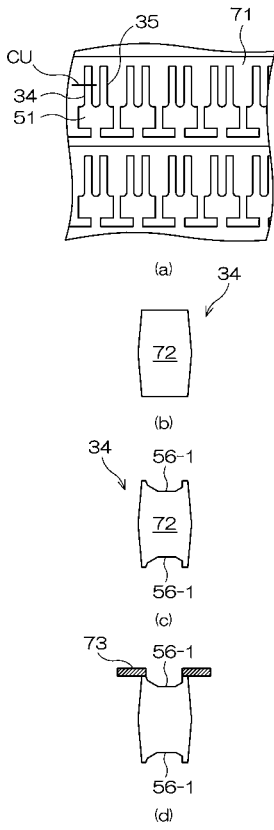
【図4】



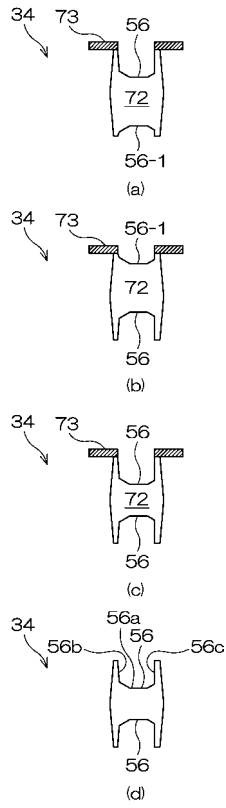
【図5】



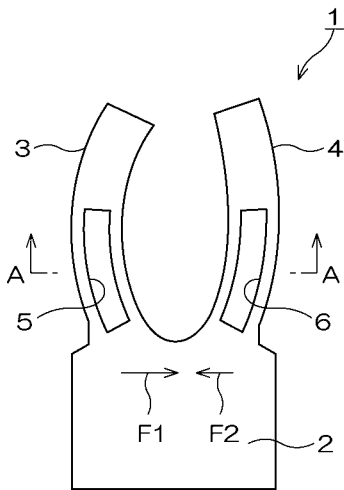
【図6】



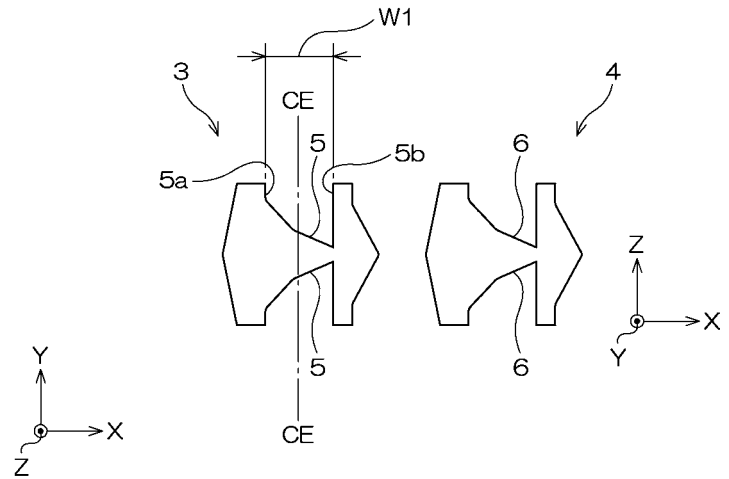
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-204234(JP,A)  
特開2002-374146(JP,A)  
特開2002-246866(JP,A)  
特開平08-242134(JP,A)  
特開平11-040514(JP,A)  
特開2005-016976(JP,A)

(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