

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5170405号
(P5170405)

(45) 発行日 平成25年3月27日 (2013. 3. 27)

(24) 登録日 平成25年1月11日 (2013. 1. 11)

(51) Int. Cl.		F I	
H03H 3/04	(2006.01)	H03H 3/04	B
H03H 3/02	(2006.01)	H03H 3/02	C

請求項の数 5 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2008-77995 (P2008-77995)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成20年3月25日 (2008. 3. 25)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2009-232376 (P2009-232376A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成21年10月8日 (2009. 10. 8)	(74) 代理人	100090387
審査請求日	平成23年3月18日 (2011. 3. 18)		弁理士 布施 行夫
		(74) 代理人	100090398
			弁理士 大淵 美千栄
		(74) 代理人	100113066
			弁理士 永田 美佐
		(72) 発明者	遠藤 秀男
			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	▲高▼橋 徳浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電振動子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) 振動腕を有し、前記振動腕の表裏面の少なくとも一方の面に金属膜及び励振電極膜が形成された圧電振動片を用意する工程と、

(b) 前記金属膜にて覆われた前記振動腕の面の一部を露出させるように前記金属膜の一部を、レーザービームを用いて除去する工程と、

(c) 前記 (b) 工程後に、前記圧電振動片をパッケージに取り付ける工程と、

(d) 前記 (c) 工程後に、前記金属膜を、イオンビームによってエッチングする工程と、

(e) 前記 (d) 工程後に、前記パッケージの内部空間を気密に封止する工程と、
を含み、

前記 (b) 工程で、前記レーザービームで前記金属膜の材料を蒸発させて前記金属膜の一部を除去し、蒸発した前記材料を残された前記金属膜に再付着させて凸部を形成し、

前記 (d) 工程で、前記凸部が形成された前記金属膜を、前記イオンビームによってエッチングする圧電振動子の製造方法。

【請求項2】

請求項1に記載された圧電振動子の製造方法において、

前記 (a) 工程で、複数の前記圧電振動片を、相互に連結された状態で用意し、

前記 (b) 工程を、相互に連結された複数の前記圧電振動片に対して行い、

前記 (b) 工程後、前記 (c) 工程前に、複数の前記圧電振動片を個片に切断する工程

10

20

をさらに含み、

前記(c)工程で、個片の前記圧電振動片を前記パッケージに取り付ける圧電振動子の製造方法。

【請求項3】

請求項1又は2に記載された圧電振動子の製造方法において、

前記(d)工程で、前記イオンビームを、マスクを介して、前記金属膜に照射する圧電振動子の製造方法。

【請求項4】

請求項1又は2に記載された圧電振動子の製造方法において、

前記パッケージは、開口及び貫通穴を有し、

10

前記(c)工程で、前記開口から前記圧電振動片を前記パッケージに取り付け、前記開口に蓋を取り付け、

前記(d)工程で、前記イオンビームを、前記貫通穴を介して、前記金属膜に照射し、

前記(e)工程で、前記貫通穴を塞ぐ圧電振動子の製造方法。

【請求項5】

請求項1又は2に記載された圧電振動子の製造方法において、

前記パッケージは、開口を有し、

前記(c)工程で、前記開口から前記圧電振動片を前記パッケージに取り付け、前記開口に蓋を取り付け、

前記蓋は、貫通穴を有し、

20

前記(d)工程で、前記イオンビームを、前記貫通穴を介して、前記金属膜に照射し、

前記(e)工程で、前記貫通穴を塞ぐ圧電振動子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電振動子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、圧電振動片の振動腕の先端に金属膜からなる錘を形成し、金属膜をレーザービームによって蒸発させることで振動腕の重さを調整して周波数を調整することが知られている(特許文献1)が、蒸発した金属材料が再付着するという問題があり、部品の汚染や特性の変動をもたらすおそれがあった。また、完成した圧電振動子が高温下にさらされると、再付着した金属材料が蒸発して周波数変化が生じる可能性があった。ここで、レーザービームによる周波数粗調整後に、圧電振動片をパッケージに取り付けた後、金属膜をイオンビームエッチングによって除去して周波数微調整を行う製造方法が考えられる。しかし、イオンビームエッチングによる周波数調整レートは低いため、イオンビームエッチングの所要時間が長くなる。あるいは、圧電振動片をパッケージに取り付けた後、イオンビームエッチング前にレーザービームによる周波数微調整工程をさらに設ける必要があった。

30

【特許文献1】特開2003-133879号公報

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明は、周波数変化を最小にとどめることができる圧電振動子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】

【0004】

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。

[適用例1] 本適用例に係る圧電振動子の製造方法は、

(a) 振動腕を有し、前記振動腕に金属膜及び励振電極膜が形成された圧電振動片を用

50

意する工程と、

(b) 前記金属膜にレーザービームで凹凸を形成することで、前記金属膜の表面積を拡大する工程と、

(c) 前記(b)工程後に、前記圧電振動片をパッケージに取り付ける工程と、

(d) 前記(c)工程後に、前記金属膜を、イオンビームによってエッチングする工程と、

(e) 前記(d)工程後に、前記パッケージの内部空間を気密に封止する工程と、

を含む。本発明によれば、圧電振動片をパッケージに取り付けてからイオンビームで金属膜をエッチングするので、レーザービームで蒸発して再付着した金属材料を除去することができる。また、イオンビームによって周波数の微調整が可能になる。さらに、レーザービームで金属膜に凹凸を形成するので、イオンビームが照射される面積が大きくなって、イオンビームによるエッチング時間を短縮することができる。

〔適用例2〕本適用例に係る圧電振動子の製造方法において、

前記(a)工程で、複数の前記圧電振動片を、相互に連結された状態で用意し、

前記(b)工程を、相互に連結された複数の前記圧電振動片に対して行い、

前記(b)工程後、前記(c)工程前に、複数の前記圧電振動片を個片に切断する工程をさらに含み、

前記(c)工程で、個片の前記圧電振動片を前記パッケージに取り付ける。

〔適用例3〕本適用例に係る圧電振動子の製造方法において、

前記(b)工程で、前記レーザービームで前記金属膜の材料を蒸発させて凹部を形成し、蒸発した前記材料を前記金属膜に再付着させて凸部を形成する。

〔適用例4〕本適用例に係る圧電振動子の製造方法において、

前記(d)工程で、前記イオンビームを、マスクを介して、前記金属膜に照射する。

〔適用例5〕本適用例に係る圧電振動子の製造方法において、

前記パッケージは、開口及び貫通穴を有し、

前記(c)工程で、前記開口から前記圧電振動片を前記パッケージに取り付け、前記開口に蓋を取り付け、

前記(d)工程で、前記イオンビームを、前記貫通穴を介して、前記金属膜に照射し、

前記(e)工程で、前記貫通穴を塞ぐ。

〔適用例6〕本適用例に係る圧電振動子の製造方法において、

前記パッケージは、開口を有し、

前記(c)工程で、前記開口から前記圧電振動片を前記パッケージに取り付け、前記開口に蓋を取り付け、

前記蓋は、貫通穴を有し、

前記(d)工程で、前記イオンビームを、前記貫通穴を介して、前記金属膜に照射し、

前記(e)工程で、前記貫通穴を塞ぐ。

【発明を実施するための最良の形態】

【0005】

(第1の実施の形態)

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る圧電振動子の製造方法で用意する圧電振動片の集合体の一部を示す平面図である。図2は、図1に示す圧電振動片のII-II線断面図である。図3は、図1に示す圧電振動片のIII-III線断面の一部を示す図である。図4～7は、本発明の実施の形態に係る圧電振動子の製造方法を説明する図である。

【0006】

図1には、1つの圧電振動片10が示されているが、本実施の形態では、複数の圧電振動片10の集合体を用意する。集合体は、圧電材料(水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等)からなる。集合体は、複数の圧電振動片10の連結部12を有する。

【0007】

圧電振動片10は、基部14と、基部14から延びる振動腕16と、を含む。図1に示す圧電振動片10は、一对の振動腕16を有するが、1本の振動腕だけを有していてもよ

10

20

30

40

50

いし、3本以上の振動腕を有していてもよい。振動腕16には、表裏面に、長手方向に延びる溝18（図8参照）がそれぞれ形成されていてもよい。溝18によって振動腕16が動きやすくなって効率的に振動するのでC I値を下げることができる。

【0008】

圧電振動片10は、一对の支持腕20を有してもよい。一对の支持腕20は、基部14から振動腕16が延びる方向とは交差方向であってそれぞれ相互に反対方向に延び、基部14から振動腕16が延びる方向に屈曲してさらに延びる。屈曲することで、支持腕20は小型化される。支持腕20は、パッケージ40（後述）に取り付けられる部分であり、支持腕20での取り付けによって、振動腕16及び基部14は浮いた状態になる。

【0009】

基部14には、振動腕16の表裏面と同じ側の面に括れた形状が表れるように、相互に対向方向に一对の切り込み22が形成されている。一对の切り込み22は、それぞれ、一对の支持腕20が基部14から延びて屈曲する方向の側で一对の支持腕20に隣接して基部14に形成されている。切り込み22によって、振動腕16の振動の伝達が遮断されるので、振動が基部14や支持腕20を介して外部に伝わること（振動漏れ）を抑制し、C I値の上昇を防止することができる。切り込み22の長さ（深さ）は、基部14の強度を確保できる範囲で長い（深い）ほど、振動漏れ抑制効果は大きい。

【0010】

振動腕16には、励振電極膜24が形成されている。励振電極膜24は、下地のCr膜とその上に形成されたAu膜を含む多層構造であってもよい。Cr膜は水晶との密着性が高く、Au膜は電気抵抗が低く酸化し難い。励振電極膜24によって、第1及び第2の励振電極26、28が構成される。

【0011】

第1の励振電極26は、溝18に形成されている。表裏面の一方（例えば表面）の溝18に形成された第1の励振電極26と、表裏面の他方（例えば裏面）の溝18に形成された第1の励振電極26とは電氣的に接続されている。すなわち、表裏面それぞれに形成された一对の第1の励振電極26は電氣的に接続されている。また、一方の振動腕16に形成された一对の第1の励振電極26は、基部14上の表裏面それぞれに形成された引き出し電極30に接続されている。これらの引き出し電極30は、他方の振動腕16の第2の励振電極28に接続されることで電氣的に接続される。

【0012】

第2の励振電極28は、振動腕16の側面（表裏面に接続する面）に形成されている。振動腕16の相互に反対を向く両側面に形成された第2の励振電極28は電氣的に接続されている。その電氣的接続は、振動腕16の溝18が形成されていない部分において、表裏面の少なくとも一方（あるいは両方）上に形成された接続電極32によってなされている。

【0013】

一方の振動腕16に形成された第1の励振電極26と、他方の振動腕16に形成された第2の励振電極28と、は基部14上の引き出し電極30で電氣的に接続されている。引き出し電極30は、第2の励振電極28が形成される振動腕16の隣に並ぶ支持腕20上に至るまで形成されている。引き出し電極30は、支持腕20の表裏面（あるいはさらに側面）に形成されている。支持腕20上で、引き出し電極30を外部との電氣的接続部にすることができる。

【0014】

振動腕16には、表裏面の少なくとも一方（詳しくはその先端部）上に、金属膜34が形成されている。金属膜34は、Au、Ag、Alなどから形成する。金属膜34は、振動腕16を構成する材料の面に直接形成されている。金属膜34は、励振電極膜24を避けて（非接触で）形成されている。金属膜34は、振動腕16の錘の役割を果たしており、その一部を除去することで錘の重さを調整することができる。錘が重いほど振動腕16の振動周波数が小さくなり、軽いほど振動腕16の振動周波数が大きくなる。これを利用

10

20

30

40

50

して周波数調整を行うことができる。

【0015】

圧電振動子の製造方法は、上述した圧電振動片10の形成プロセスを含んでもよい。圧電振動片10は、その構成材料のウエハから形成する。例えば、圧電振動片10を水晶から構成する場合、水晶ウエハは、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5度の範囲で回転して切り出した水晶Z板であって所定の厚みに切断研磨して得られるものを用いる。1つのウエハから複数の圧電振動片10を連結された状態で切り出す。また、圧電振動片10には、励振電極膜24及び金属膜34を形成する。

【0016】

10

図2及び図3に示すように、本実施の形態では、レーザービームで金属膜34の材料を蒸発させて凹部36を形成する。凹部36は、さらに進行させて貫通穴にしてもよい。レーザービームによって、金属膜34の一部を除去する（凹部36を形成する）ことで、振動腕16を軽くして振動しやすくし、周波数調整を行うことができる。なお、金属膜34に対して行う周波数調整プロセスは、おおまかな調整を目的としたもので粗調整ということができる。

【0017】

また、凹部36の形成時に蒸発した材料を金属膜34に再付着させて凸部38を形成する。凹部36及び凸部38の形成により、金属膜34に凹凸を形成し、金属膜34の表面積を拡大させる。この工程は、相互に連結された複数の圧電振動片10に対して同時に行う。凸部38は凹部36の周囲に形成される。したがって、図2における凸部38の輪郭（点線）はII-II線断面から±Y軸方向にずれている。同様に、図3における凸部の輪郭（点線）はIII-III線断面から±X軸方向にずれている。

20

【0018】

図4に示すように、複数の圧電振動片10を個片に切断する。例えば、連結部12を切断する。この工程は、上述したレーザービーム加工を行った後に行う。

【0019】

図5に示すように、個片の圧電振動片10をパッケージ40に取り付ける。パッケージ40は、圧電振動片10が固定される底部42と、底部42を囲む枠壁部44と、を含み、枠壁部44の内側が開口になっている。圧電振動片10は底部42に固定する。

30

【0020】

図6に示すように、金属膜34を、イオンビームによってエッチングする。イオンとしてアルゴンイオンを使用してもよい。イオンビームは、マスク43を介して、金属膜34に照射する。マスク43を使用することで、イオンビームが励振電極膜24に照射されるのを防ぐ。

【0021】

本実施の形態によれば、圧電振動片10をパッケージ40に取り付けてからイオンビームで金属膜34をエッチングするので、レーザービームで蒸発して再付着した金属材料を除去することができる。また、イオンビームによって周波数の微調整が可能になる。さらに、レーザービームで先に金属膜34に凹凸を形成しておくので、金属膜34の、イオンビームが照射される面積が大きくなって、イオンビームによるエッチング時間を短縮することができる。

40

【0022】

図7に示すように、パッケージ40の内部空間を気密に封止する。例えば、パッケージ40の枠壁部44と蓋46を、シーム溶接によって接合する。こうして、パッケージ40の開口を蓋46によって塞ぐ。パッケージ40の開口を蓋46によって塞いだ後に、パッケージ40に形成された貫通穴48を介して、蓋46によって塞がれたパッケージ40内を真空にし、その後、ロウ材50で貫通穴48を塞ぐ。

【0023】

図7は、本発明の実施の形態に係る方法で製造された圧電振動子を示す図でもある。圧

50

電振動子に組み込まれた圧電振動片 10 では、金属膜 34 に凹部 36 が形成されている。凹部 36 が貫通穴であって振動腕 16 の表裏面が露出しているもよい。

【0024】

圧電振動子は、パッケージ 40 を有する。パッケージ 40 は、圧電振動片 10 が固定される底部 42 と、底部 42 を囲む枠壁部 44 と、を含む。底部 42 には、真空引きを行うための貫通穴 48 が形成され、貫通穴 48 は、ろう材 50 (AuGe 等) で塞がれている。

【0025】

パッケージ 40 の底部 42 に圧電振動片 10 が固定されている。支持腕 20 が底部 42 に固定されて、振動腕 16 がパッケージ 40 から浮いた状態になっている。底部 42 は、振動腕 16 の先端部と対向する領域が低くなっており、振動腕 16 が曲がっても底部 42 に接触し難いようになっている。導電性接着剤 52 を使用して、支持腕 20 上の引き出し電極 30 (図 1 参照) と、底部 42 に形成された配線 54 と、が電氣的に接続されている。配線 54 は、パッケージ 40 の底面の外部電極 56 に電氣的に接続されている。なお、圧電振動片 10 は 2 つの支持腕 20 を有し、パッケージ 40 には 2 つの外部電極 56 が形成され、一方の支持腕 20 上の引き出し電極 30 が一方の外部電極 56 に電氣的に接続され、他方の支持腕 20 上の引き出し電極 30 が他方の外部電極 56 に電氣的に接続されている。外部電極 56 は、ハンダによって、電氣的に接続されて回路基板 (図示せず) に実装される。

【0026】

パッケージ 40 は、その全体を金属で形成してもよいが、主としてセラミックス等の非金属で形成する場合には、枠壁部 44 の上端面はメタライズされている。例えば、枠壁部 44 の非金属部上に、Mo (又は W) 膜、Ni 膜及び Au 膜が順に積層されて、上端面は Au からなる。上端面は、底部 42 の上方を囲む形状をなしている。

【0027】

図 8 は、本実施の形態に係る圧電振動片の動作を説明する図である。本実施の形態では、振動腕 16 の一方の側端を伸ばし、他方の側端を縮ませて振動腕 16 を屈曲させて振動させる。詳しくは、一方の振動腕 16 の第 1 及び第 2 の励振電極 26, 28 に電圧を印加し、他方の振動腕 16 の第 1 及び第 2 の励振電極 26, 28 に電圧を印加する。ここで、一方 (左側) の振動腕 16 の第 1 の励振電極 26 と他方 (右側) の振動腕 16 の第 2 の励振電極 28 が同じ電位 (図 8 の例では + 電位) となり、一方 (左側) の振動腕 16 の第 2 の励振電極 28 と他方 (右側) の振動腕 16 の第 1 の励振電極 26 が同じ電位 (図 8 の例では - 電位) となるように、第 1 の励振電極 26 及び第 2 の励振電極 28 は、クロス配線によって交流電源に接続され、駆動電圧としての交番電圧が印加されるようになっている。印加電圧によって、図 8 に矢印で示すように電界が発生し、これにより、振動腕 16 は、互いに逆相振動となるように (振動腕 16 の先端側が互いに接近・離間するように) 励振されて屈曲振動する。また、基本モードで振動するように交番電圧が調整されている。

【0028】

上述した圧電振動子を使用して、発振器又はセンサを構成することができる。圧電振動子を含む発振回路で発振器を構成すると、周波数精度の高い交流信号を得ることができる。また、圧電振動子を使用したセンサは、物理量に応じて圧電振動片 10 の周波数が変動することを利用してその物理量を検出するセンサである。例えば、温度、加速度によって発生する応力、角速度によって発生するコリオリ力などを検出するセンサが例に挙げられる。

【0029】

(第 2 の実施の形態)

図 9 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る圧電振動子の製造方法を説明する図である。本実施の形態では、上述したパッケージ 40 を使用し、圧電振動片 10 は開口からパッケージ 40 に取り付ける。パッケージ 40 の開口に蓋 146 を取り付ける。蓋 146 は、貫通穴 148 を有している。貫通穴 148 は金属膜 34 (特に凹部 36 及び凸部 38) に対

向させる。そして、イオンビームを、貫通穴１４８を介して、金属膜３４に照射する。すなわち、蓋１４６の貫通穴１４８をマスクとして利用する。その後、貫通穴１４８は塞ぐ。その他の詳細は、第１の実施の形態で説明した内容が該当する。

【００３０】

（第３の実施の形態）

図１０は、本発明の第３の実施の形態に係る圧電振動子の製造方法を説明する図である。本実施の形態で使用するパッケージ２４０は、開口の他に貫通穴２４８を有する。圧電振動片１０は、開口からパッケージ２４０に取り付ける。なお、この例では、第１及び第２の実施の形態とは異なり、圧電振動片１０を、金属膜３４がパッケージ２４０を向くように取り付ける。詳しくは、金属膜３４（特に凹部３６及び凸部３８）を、貫通穴２４８

10

に対向させる。そして、開口に蓋４６を取り付ける。そして、イオンビームを、パッケージ２４０の貫通穴２４８を介して、金属膜３４に照射する。すなわち、パッケージ２４０の貫通穴２４８をマスクとして利用する。その後、貫通穴２４８を塞ぐ。その他の詳細は、第１の実施の形態で説明した内容が該当する。

【００３１】

本発明は、上述した実施の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、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び結果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の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、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又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、実施の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

【図面の簡単な説明】

【００３２】

【図１】図１は、本発明の第１の実施の形態に係る圧電振動子の製造方法で用意する圧電振動片の集合体の一部を示す平面図である。

【図２】図２は、図１に示す圧電振動片のII-II線断面図である。

【図３】図３は、図１に示す圧電振動片のIII-III線断面の一部を示す図である。

【図４】図４は、本発明の実施の形態に係る圧電振動子の製造方法を説明する図である。

【図５】図５は、本発明の実施の形態に係る圧電振動子の製造方法を説明する図である。

30

【図６】図６は、本発明の実施の形態に係る圧電振動子の製造方法を説明する図である。

【図７】図７は、本発明の実施の形態に係る圧電振動子の製造方法を説明する図である。

【図８】図８は、本実施の形態に係る圧電振動片の動作を説明する図である。

【図９】図９は、本発明の第２の実施の形態に係る圧電振動子の製造方法を説明する図である。

【図１０】図１０は、本発明の第３の実施の形態に係る圧電振動子の製造方法を説明する図である。

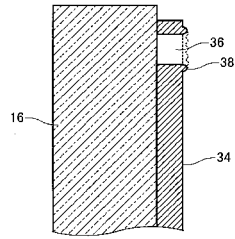
【符号の説明】

【００３３】

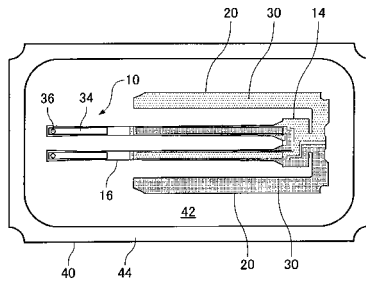
１０…圧電振動片、 １２…連結部、 １４…基部、 １６…振動腕、 １８…溝、 20…支持腕、 22…切り込み、 24…励振電極膜、 26…第１の励振電極、 28…第２の励振電極、 30…引き出し電極、 32…接続電極、 34…金属膜、 36…凹部、 38…凸部、 40…パッケージ、 42…底部、 43…マスク、 44…枠壁部、 46…蓋、 48…貫通穴、 50…ロウ材、 52…導電性接着剤、 54…配線、 56…外部電極、 146…蓋、 148…貫通穴、 240…パッケージ、 248…貫通穴

40

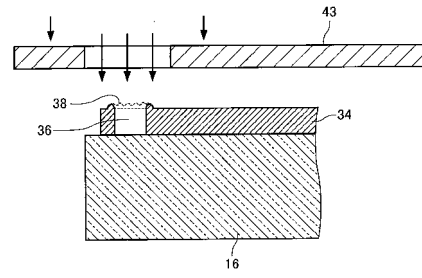
【図 3】



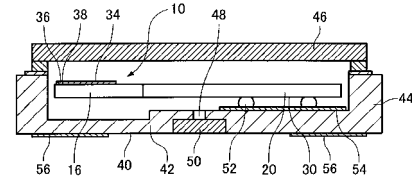
【図 5】



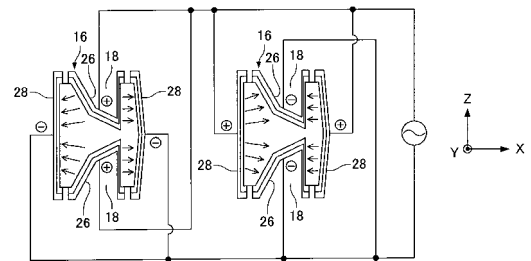
【図 6】



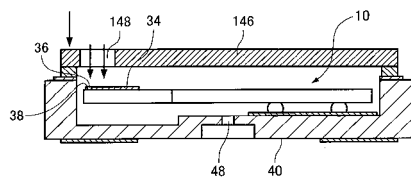
【図 7】



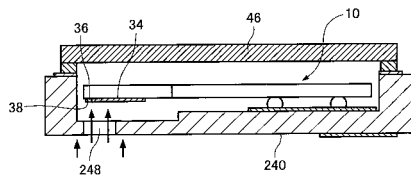
【図 8】



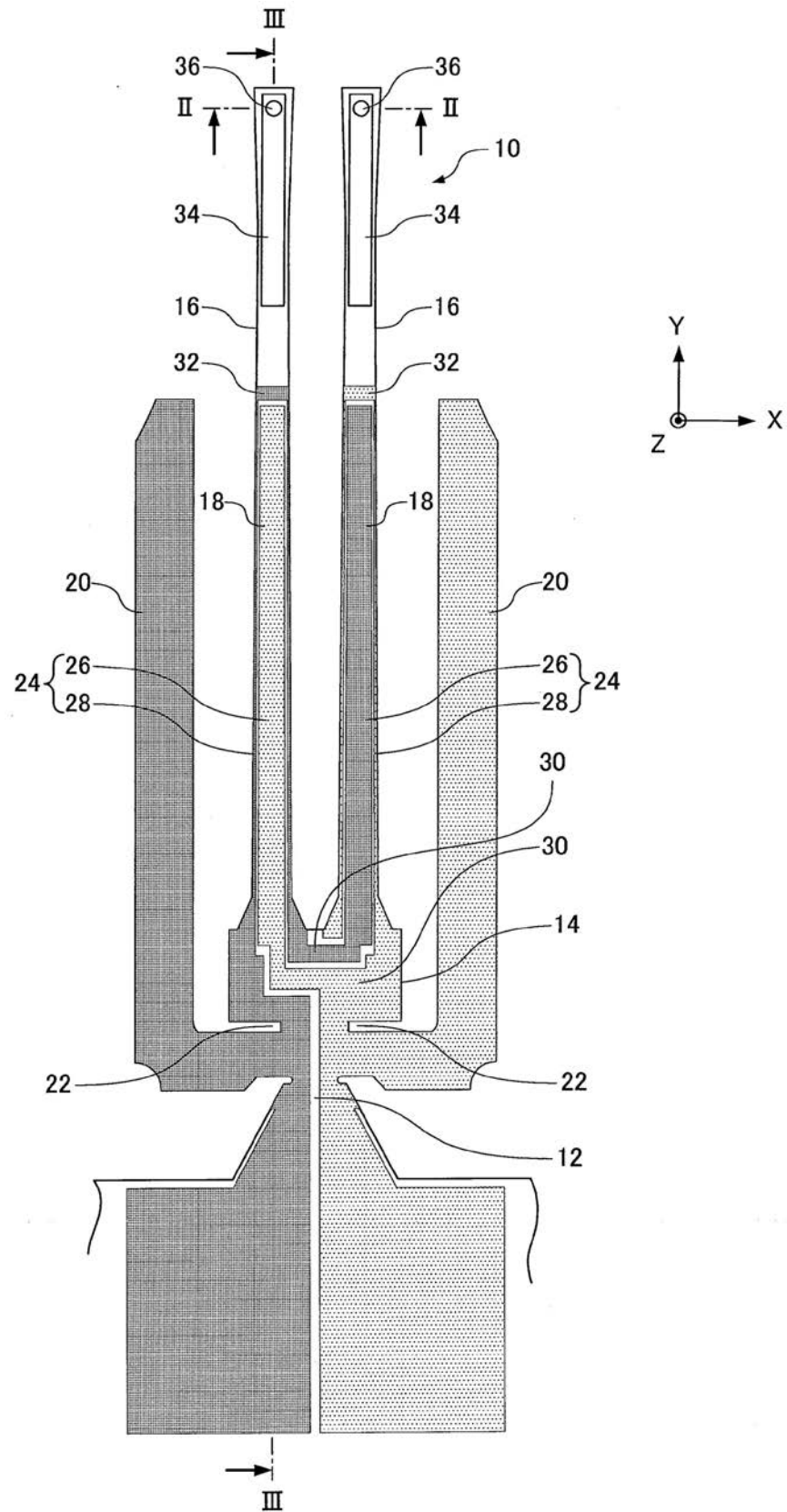
【図 9】



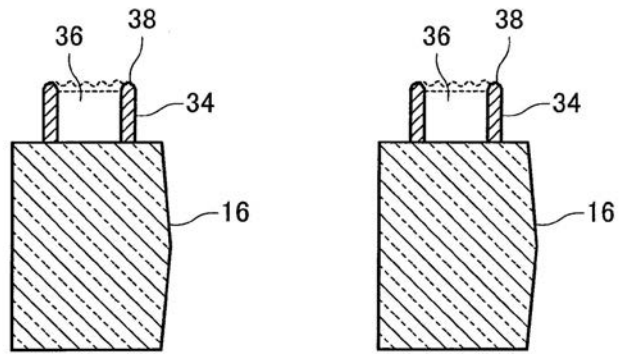
【図 10】



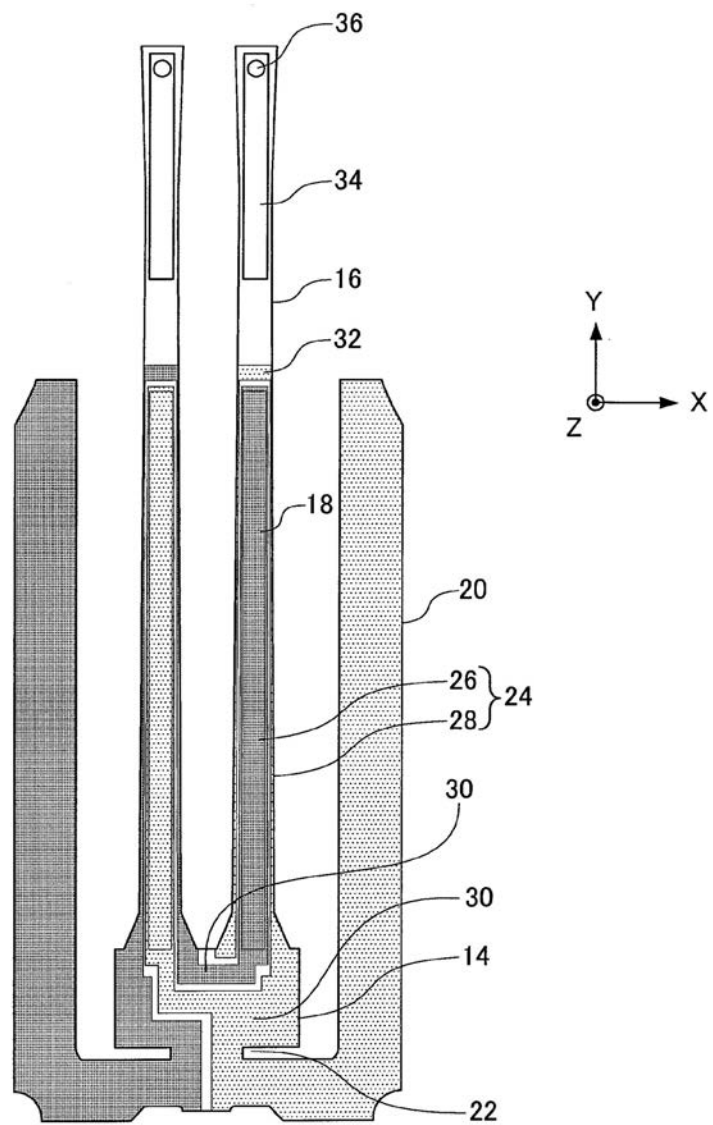
【図 1】



【図 2】



【図 4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平03-262310 (JP, A)
特開2004-201105 (JP, A)
特開2008-022184 (JP, A)
特開2002-353766 (JP, A)
特開2002-171152 (JP, A)
特開平11-312948 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H03H3/007-H03H3/10
H03H9/00-H03H9/76