

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5045890号
(P5045890)

(45) 発行日 平成24年10月10日(2012.10.10)

(24) 登録日 平成24年7月27日(2012.7.27)

(51) Int.Cl.

F 1

H03H	9/215	(2006.01)	H03H	9/215
H03H	9/19	(2006.01)	H03H	9/19
H01L	41/09	(2006.01)	H01L	41/08
H01L	41/18	(2006.01)	H01L	41/08
			H01L	41/18

1 O 1 A

請求項の数 5 (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願2007-49214 (P2007-49214)

(22) 出願日

平成19年2月28日 (2007.2.28)

(65) 公開番号

特開2008-219066 (P2008-219066A)

(43) 公開日

平成20年9月18日 (2008.9.18)

審査請求日

平成22年2月26日 (2010.2.26)

(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 大渕 美千栄

(74) 代理人 100113066

弁理士 永田 美佐

(72) 発明者 棚谷 英雄

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 德浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】圧電振動片

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の部分と第2の部分とを有し、前記第1の部分と前記第2の部分との間に、平面視において括れた形状の接続部を備えている基部と、

前記第1の部分から表裏面に平行に延びている一対の振動腕と、を備え、

前記接続部は、前記第1の部分、前記接続部および前記第2の部分が並んでいる方向に對して直交している断面が、矩形の両側に三角形を接続したような形状であり、

前記三角形は、第1の辺と、第2の辺と、第3の辺と、を有し、

前記第1の辺は、前記三角形と前記矩形との境界線であり、

前記第1の辺と前記第2の辺とがなしている角、および前記第1の辺と前記第3の辺とがなしている角は、鋭角である圧電振動片。 10

【請求項 2】

請求項1において、

前記三角形は、前記第1の辺を底辺とする二等辺三角形である圧電振動片。

【請求項 3】

請求項1又は2に記載された圧電振動片において、

前記基部の前記第2の部分から延びている一対の支持腕をさらに含んでいる圧電振動片。

。

【請求項 4】

請求項1から3のいずれか1項に記載された圧電振動片において、

前記基部及び前記一対の振動腕は、水晶から構成され、結晶方位について、前記表裏面がZ軸方向を向き、前記基部から前記一対の振動腕がY軸に沿って延びているように構成されてなる圧電振動片。

【請求項5】

請求項1から4のいずれか1項に記載された圧電振動片において、

前記接続部に、前記表裏面に貫通している貫通穴が形成されてなる圧電振動片。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電振動片に関する。

10

【背景技術】

【0002】

基部から延びる一対の振動腕を有する圧電振動片において、基部に切り込みを形成することによって、振動腕からの振動が基部に伝わり難くすることが知られている（特許文献1）。これによれば、基部におけるパッケージとの固定部分に振動が伝わること（振動漏れ）を防止してC.I値の安定化を図ることができる。ただし、切り込みを形成すると振動漏れを防止する代わりに曲げ強さが低下し、落下衝撃に対する強度が低下するのでその対策が必要である。

【特許文献1】特開2002-261575号公報

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の目的は、曲げ強さを大きくし、落下衝撃に対する強度低下を最小限に抑えて振動漏れを防止することにある。

【課題を解決するための手段】

【0004】

(1) 本発明に係る圧電振動片は、

表裏面に括れた形状が表れるように1つの直線に沿って対向方向に一対の切り込みが形成され、前記一対の切り込みを挟んで両側に位置する第1及び第2の部分と、前記一対の切り込みの間で前記第1及び第2の部分を接続する接続部と、を含む基部と、

30

前記第1の部分から前記表裏面に平行に延びる一対の振動腕と、

を有し、

前記接続部は、前記表裏面に直交するとともに前記1つの直線を含む断面において、矩形の両側に三角形を接続した形、矩形の両側に半円を接続した形、ひし形及び円形からなるグループの形状のうちいずれか1つの形状である。本発明によれば、接続部の断面が上述した形状になっているので、接続部は、表裏面が向く方向には変形しやすく、これに直交する方向には変形しにくい。また、前記直交する方向は曲げ強さが大きい。このことは、それぞれの方向の断面二次モーメント及び断面係数を計算することにより明らかにすることができる。（詳しくは後述する）。したがって、表裏面が向く方向の曲がりやすさによって振動漏れを防止しすることができ、一方では、表裏面方向に直交する方向の曲げ強さを大きくすることによって、落下衝撃に対する強度を向上することができる。

40

(2) この圧電振動片において、

前記基部の前記第2の部分から延びる一対の支持腕をさらに含んでもよい。

(3) この圧電振動片において、

前記基部及び前記一対の振動腕は、水晶から構成され、結晶方位について、前記表裏面がZ軸方向を向き、前記基部から前記一対の振動腕が前記Y軸に沿って延びるように構成されてもよい。

(4) この圧電振動片において、

前記接続部に、前記表裏面に貫通する貫通穴が形成されてもよい。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【0005】

図1は、本発明の実施の形態に係る圧電振動片を示す平面図である。なお、底面図は平面図と対称に表れる。圧電振動片（例えば音叉型圧電振動片）は、水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等の圧電材料からなる。圧電振動片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板を所定の厚みに切断研磨して得られるものを用いる。圧電振動片は、基部10と、基部10から延びる一对の振動腕12と、を含む。

【0006】

基部10には、表裏面に括れた形状が表れるように1つの直線に沿って対向方向に一对の切り込み14が形成されている。基部10は、一对の切り込み14を挟んで両側に位置する第1及び第2の部分16, 18と、一对の切り込み14の間で第1及び第2の部分16, 18を接続する接続部20と、を含む。切り込み14によって、振動腕12の振動の伝達が遮断されるので、振動が基部10や支持腕30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14の長さ（深さ）は、基部10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。一对の切り込み14の間の幅（接続部20の幅）は、一对の振動腕12の対向する側面の間隔よりも小さくしてもよいし大きくしてもよいし、一对の振動腕12の相互に反対を向く側面の距離よりも小さくしてもよいし大きくしてもよい。

【0007】

図2は、図1に示す圧電振動片のII-II線断面拡大図である。すなわち、図2には、接続部20の、表裏面に直交するとともに1つの直線（II-II線）を含む断面が示されている。この断面において、接続部20は、矩形の両側（その対向辺）に三角形（その辺）を接続した形をなしている。

【0008】

本実施の形態によれば、接続部20の断面が上述した形状になっているので、接続部20は、表裏面が向く方向には変形しやすく、これに直交する方向には変形しにくい。このことは、それぞれの方向の断面二次モーメント及び断面係数を計算すると明らかである。接続部20の一例についての計算結果を次の表に示す。

【0009】

【表1】

図2の断面二次モーメント			図3の断面二次モーメント		
W1	160	μm	W	185	μm
W2	50	μm			
D1	100	μm	D	100	μm
Iz	1.54×10^7	μm^4	Iz	1.54×10^7	μm^4
Ix	8.155×10^7	μm^4	Ix	5.28×10^7	μm^4
Zx	6.27×10^5	μm^3	Zx	5.70×10^5	μm^3

【0010】

表1において、W1は接続部20の矩形部分の幅であり、W2は接続部20の三角形部分の幅（矩形部分からの突出長さ）であり、D1は接続部20の厚みである。断面二次モーメント及び断面係数の計算において、結晶の方位に対応するように、接続部20の幅方向をX軸方向とし、厚み方向をZ軸方向とする。

【0011】

この接続部20では、Z軸方向の断面二次モーメントIzは $1.54 \times 10^7 \mu\text{m}^4$ である。断面二次モーメントIxは、Z軸方向の変形のしやすさを表している。一方、X軸方向の変形しやすさを表す断面二次モーメントIxは、 $8.155 \times 10^7 \mu\text{m}^4$ である

10

20

30

40

50

。

【0012】

図3は、図2に示す断面と断面二次モーメント I_z が同じになる長方形の断面を示す図である。図3に示す例では、X軸方向の断面二次モーメント I_x は、表1に示すように $5 \cdot 28 \times 10^7 \mu\text{m}^4$ である。

【0013】

つまり、図2及び図3に示す断面形状を比較すると、図2に示す形状の方が、X軸方向の断面二次モーメントが大きい。すなわち、表裏面が向く方向の変形しやすさ(I_z)が同じ場合、長方形の断面形状と比較して、本実施の形態に係る接続部20の断面形状は、表裏面が向く方向に直交する方向には変形しにくい。

10

【0014】

断面係数 Z_x は、Z軸方向の曲げ強さを示す値である。これによって図2及び図3に示す断面形状を比較しても、断面二次モーメントと同様、図2の Z_x の方が大きくなる。すなわち、 I_z が同じ場合、長方形の断面形状よりも、本実施の形態に係る接続部20は、表裏面が向く方向に直交する方向には曲げ強さが大きく、つまり、落下衝撃に対する強度が高い。

【0015】

したがって、本実施の形態によれば、表裏面が向く方向の曲がりやすさ(応力の集中)によって振動漏れを防止し、これに直交する方向の曲げ強さを高めることができ、X軸方向の落下衝撃に対する強度を向上することができる。

20

【0016】

図4は、図1に示す圧電振動片のIV-IV線断面拡大図である。一対の振動腕12は、基部10の第1の部分16から表裏面に平行に延びる。振動腕12は、相互に反対を向く表裏面と、表裏面を両側で接続する第1及び第2の側面22, 24と、を有する。圧電振動片を水晶から構成する場合、結晶方位について、第1の側面22がX軸の+方向を向き、第2の側面24がX軸の-方向を向き、基部10から+Y軸に沿って延びるように構成する。

【0017】

一方(図4で左側)の振動腕12の第1の側面22と他方(図4で右側)の振動腕12の第2の側面24が対向するように並列している。第1の側面22は、表裏面の間隔によって定義される振動腕12の厚みの中央方向に高くなる山型となるように形成されている。第1の側面22が描く山型の高さは、第1及び第2の側面22, 24の間隔によって定義される振動腕12の幅の、0%超12.5%以下である。

30

【0018】

振動腕12は、基部10に接続される根本部において、基部10側に向けて幅を拡げてあり、広い幅で基部10に接続するので剛性が高くなっている。振動腕12は、第1及び第2の側面22, 24の間隔によって定義される幅が、基部10から先端に向けて細くなっている。このようなテーパを形成することにより、振動腕12は振動しやすくなっている。ただし、振動腕12は、先端に近い位置で、幅が先端に向けて太くなるように逆テーパが付けられている。逆テーパを付けることで、先端部分が錐の機能を果たすので、振動周波数を低くすることができる。テーパから逆テーパに反転する位置が長溝26よりも先端近くに位置するように、振動腕12は形成されている。

40

【0019】

振動腕12には、表裏面に、長手方向に延びる長溝26がそれぞれ形成されている。長溝26によって振動腕12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。長溝26は、振動腕12の長さの50~70%の長さを有する。また、長溝26は、振動腕12の幅の60~90%の幅を有する。

【0020】

長溝26は、第1の側面22と背中合わせに延びる第1の内面と、第2の側面24と背中合わせに延びる第2の内面と、を含む。第1の内面は第2の内面よりも、表裏面に対す

50

る角度が垂直に近くなっている。第1の内面は平坦面であってもよい。第2の内面も平坦面であってもよいが、図4に示す例では、異なる角度の面が接続されてなる。第1及び第2の側面22, 24は、第2の内面よりも表裏面に対する角度（表裏面と接続する部分の角度）が垂直に近くなっている。

【0021】

圧電振動片は、基部10の第2の部分18から延びる一対の支持腕30を有する。一対の支持腕30は、基部10から一対の振動腕12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、一対の振動腕12の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30は小型化される。支持腕30は、図示しないパッケージなどに取り付けられる部分であり、支持腕30で取り付けられることによって、振動腕12及び基部10は浮いた状態になる。10

【0022】

振動腕12には、励振電極膜40が形成されている。励振電極膜40は、100以上300以下の厚みを有する下地のCr膜と、Cr膜上に形成された200以上500以下の厚みを有するAu膜と、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ことで知られている。

【0023】

励振電極膜40は、表裏面にそれぞれ形成された表裏電極膜（複数の表電極膜と複数の裏電極膜）と、第1及び第2の側面22, 24にそれぞれ形成された第1及び第2の側面電極膜と、第1及び第2の内面にそれぞれ形成された第1及び第2の内面電極膜と、を含む。なお、複数の表電極膜は相互に電気的に分離され、複数の裏電極膜は相互に電気的に分離されている。20

【0024】

励振電極膜40によって、第1及び第2の励振電極42, 44が構成される。1つの振動腕12において、第1及び第2の励振電極42, 44間に電圧を印加して、振動腕12の第1及び第2の側面22, 24を伸縮させることで振動腕12を振動させる。なお、第1及び第2の励振電極42, 44は、振動腕12の70%までは、長いほどC/I値が下がることが分かっている。

【0025】

第1の励振電極42は、長溝26の第1及び第2の内面にそれぞれ形成された第1及び第2の内面電極膜と、表裏面にそれぞれ形成された表裏電極膜と、を含む。1つの長溝26に形成された第1及び第2の内面電極膜は、相互に連続的に形成されて電気的に接続されている。さらに、1つの長溝26に形成された第1及び第2の内面電極膜は、表裏電極膜の一方（例えば、表面に形成された長溝26に形成された第1及び第2の内面電極膜に対応するのは表電極膜）と連続的に形成されて電気的に接続されている。また、表裏面の一方（例えば表面）の長溝26に形成された第1及び第2の内面電極膜並びにこれらに電気的に接続する表裏電極膜の一方（例えば表電極膜）と、表裏面の他方（例えば裏面）の長溝26に形成された第1及び第2の内面電極膜並びにこれらに電気的に接続する表裏電極膜の他方（例えば裏電極膜）と、は電気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対の第1の励振電極42は電気的に接続されている。一方の振動腕12に形成された一対の第1の励振電極42は、基部10上の表裏面それぞれに形成された引き出し電極48に接続され、これらの引き出し電極48が、他方の振動腕12の第1又は第2の側面電極膜に接続されることで電気的に接続される。30

【0026】

第2の励振電極44は、第1及び第2の側面22, 24に形成された第1及び第2の側面電極膜と、表裏面に形成された表裏電極膜を含む。詳しくは、第1の側面電極膜に連続するように表裏電極膜が形成され、同様に、第2の側面電極膜に連続するように他の表裏電極膜が形成されている。また、第1及び第2の側面電極膜は電気的に接続されている。その電気的接続は、振動腕12の長溝26が形成されていない部分（例えば先端部）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46によってな40

されている。

【0027】

一方の振動腕12に形成された第1の励振電極42と、他方の振動腕12に形成された第2の励振電極44と、は基部10上の引き出し電極48で電気的に接続されている。引き出し電極48は、第2の励振電極44が形成される振動腕12の隣に並ぶ支持腕30上に至るまで形成されている。引き出し電極48は、支持腕30の表裏面（あるいはさらに側面）に形成してもよい。支持腕30上で、引き出し電極48を外部との電気的接続部にすることができる。

【0028】

図5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5に示すように、一方の振動腕12の第1及び第2の励振電極42, 44に電圧が印加され、他方の振動腕12の第1及び第2の励振電極42, 44に電圧が印加される。ここで、一方の振動腕12の第1の励振電極42と他方の振動腕12の第2の励振電極44が同じ電位（図5の例では+電位）となり、一方の振動腕12の第2の励振電極44と他方の振動腕12の第1の励振電極42が同じ電位（図5の例では-電位）となるように、第1の励振電極42及び第2の励振電極44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5に矢印で示すように電界が発生し、これにより、振動腕12は、互いに逆相振動となるように（振動腕12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。

【0029】

（第1の変形例）

図6(A)は、本発明の実施の形態の第1の変形例を示す図である。この変形例では、接続部120が、表裏面に直交するとともに1つの直線を含む断面において、ひし形である。この場合であっても、上述した実施の形態と同じ効果が得られることが計算から明らかである。図6(B)は、図6(A)に示す断面と断面二次モーメント I_z が同じになる長方形の断面を示す図である。計算結果を表2に示す。

【0030】

【表2】

図6(A)の 断面二次モーメント			図6(B)の 断面二次モーメント		
W1	0	μm	W	25	μm
W2	50	μm			
D1	100	μm	D	100	μm
I_z	2.08×10^6	μm^4	I_z	2.08×10^6	μm^4
I_x	2.083×10^6	μm^4	I_x	1.30×10^5	μm^4
Z_x	4.17×10^4	μm^3	Z_x	1.04×10^4	μm^3

【0031】

（第2の変形例）

図7(A)は、本発明の実施の形態の第2の変形例を示す図である。この変形例では、接続部220が、表裏面に直交するとともに1つの直線を含む断面において、矩形の両側に半円を接続した形である。この場合であっても、上述した実施の形態と同じ効果が得られることが計算から明らかである。図7(B)は、図7(A)に示す断面と断面二次モーメント I_z が同じになる長方形の断面を示す図である。計算結果を表3に示す。

【0032】

10

20

30

40

【表3】

図7 (A) の 断面二次モーメント			図7 (B) の 断面二次モーメント		
W1	160	μm	W	219	μm
W2	50	μm			
D1	100	μm	D	100	μm
I_z	1.82×10^7	μm^4	I_z	1.82×10^7	μm^4
I_x	1.159×10^8	μm^4	I_x	8.74×10^7	μm^4
Z_x	8.92×10^5	μm^3	Z_x	7.98×10^5	μm^3

【0033】

(第3の変形例)

図8 (A) は、本発明の実施の形態の第3の変形例を示す図である。この変形例では、接続部320が、表裏面に直交するとともに1つの直線を含む断面において円形である。この場合であっても、上述した実施の形態と同じ効果が得られることが計算から明らかである。図8 (B) は、図8 (A) に示す断面と断面二次モーメント I_z が同じになる長方形の断面を示す図である。計算結果を表4に示す。

【0034】

【表4】

図8 (A) の 断面二次モーメント			図8 (B) の 断面二次モーメント		
W1	0	μm	W	59	μm
W2	50	μm			
D1	100	μm	D	100	μm
I_z	4.91×10^6	μm^4	I_z	4.91×10^6	μm^4
I_x	4.906×10^6	μm^4	I_x	1.70×10^6	μm^4
Z_x	9.81×10^4	μm^3	Z_x	5.78×10^4	μm^3

【0035】

(第4の変形例)

図9は、本発明の実施の形態の第4の変形例を示す図である。この変形例では、接続部420に、表裏面に貫通する貫通穴422が形成されている。貫通穴422は、表裏面に対して垂直な内壁面のみによって形成されている。貫通穴422を形成しても、上述した効果を達成することができる。

【0036】

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。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】図1は、本発明の実施の形態に係る圧電振動片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線断面拡大図である。

10

20

30

40

50

【図3】図3は、図2に示す断面と断面二次モーメント I_z が同じになる長方形の断面を示す図である。

【図4】図4は、図1に示す圧電振動片のIV - IV線断面拡大図である。

【図5】図5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6】図6(A)は、本発明の実施の形態の第1の変形例を示す図であり、図6(B)は、図6(A)に示す断面と断面二次モーメント I_z が同じになる長方形の断面を示す図である。

【図7】図7(A)は、本発明の実施の形態の第2の変形例を示す図であり、図7(B)は、図7(A)に示す断面と断面二次モーメント I_z が同じになる長方形の断面を示す図である。 10

【図8】図8(A)は、本発明の実施の形態の第3の変形例を示す図であり、図8(B)は、図8(A)に示す断面と断面二次モーメント I_z が同じになる長方形の断面を示す図である。

【図9】図9は、本発明の実施の形態の第4の変形例を示す図である。

【符号の説明】

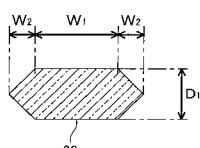
【0038】

10 ... 基部、 12 ... 振動腕、 14 ... 切り込み、 16 ... 第1の部分、 18 ... 第2の部分、 20 ... 接続部、 22 ... 第1の側面、 24 ... 第2の側面、 26 ... 長溝、 30 ... 支持腕、 40 ... 励振電極膜、 42 ... 第1の励振電極、 44 ... 第2の励振電極、 46 ... 接続電極、 48 ... 引き出し電極、 120 ... 接続部、 220 ... 接続部、 320 ... 接続部、 420 ... 接続部、 422 ... 貫通穴

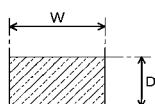
10

20

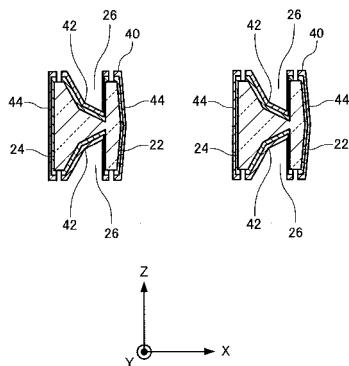
【図2】



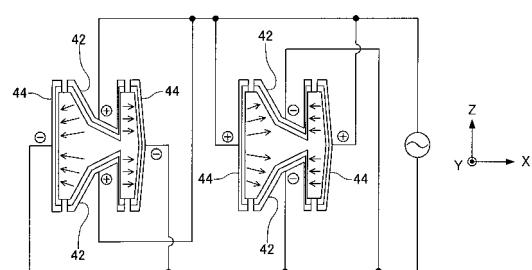
【図3】



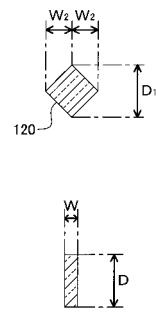
【図4】



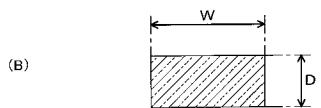
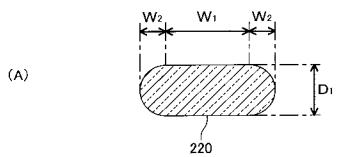
【図5】



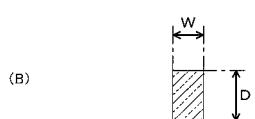
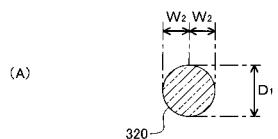
【図6】



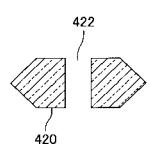
【図7】



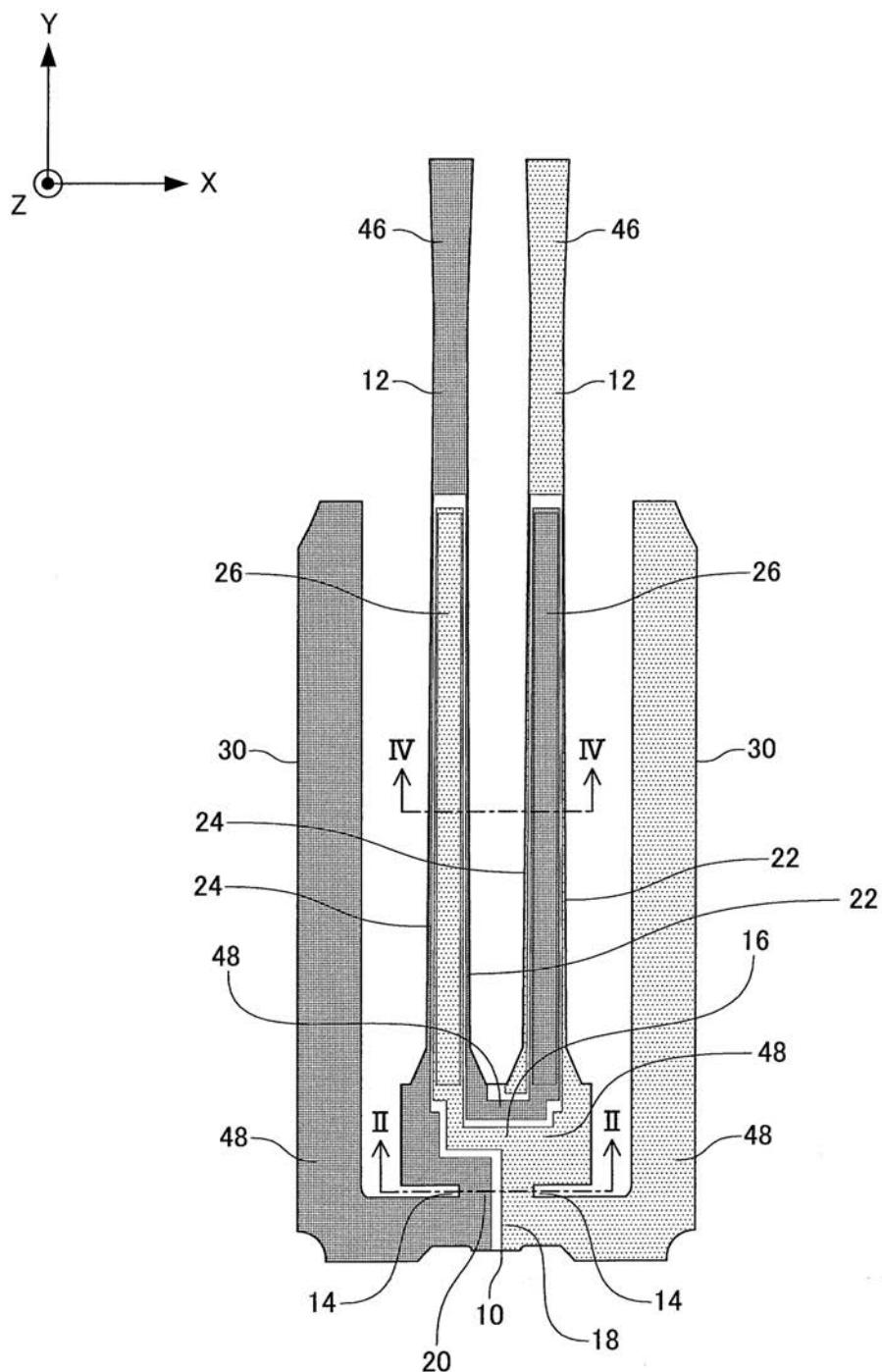
【図8】



【図9】



【図1】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-261575(JP,A)
特開2004-072609(JP,A)
特開2006-148857(JP,A)
特開2007-013391(JP,A)
実開昭62-133425(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H3/007 - H03H3/10
H03H9/00 - H03H9/76
H01L 41/09
H01L 41/18