

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6955843号
(P6955843)

(45) 発行日 令和3年10月27日 (2021. 10. 27)

(24) 登録日 令和3年10月6日 (2021. 10. 6)

(51) Int. Cl.

F I

HO2N 2/04 (2006. 01)

HO2N 2/04

BO6B 1/06 (2006. 01)

BO6B 1/06 Z

GO6F 3/01 (2006. 01)

GO6F 3/01 560

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2016-62430 (P2016-62430)	(73) 特許権者	000006633
(22) 出願日	平成28年3月25日 (2016. 3. 25)		京セラ株式会社
(65) 公開番号	特開2017-175874 (P2017-175874A)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地
(43) 公開日	平成29年9月28日 (2017. 9. 28)	(74) 代理人	100147485
審査請求日	平成30年7月24日 (2018. 7. 24)		弁理士 杉村 憲司
審判番号	不服2020-10896 (P2020-10896/J1)	(74) 代理人	100139491
審判請求日	令和2年8月5日 (2020. 8. 5)		弁理士 河合 隆慶
		(74) 代理人	100132045
			弁理士 坪内 伸
		(72) 発明者	中尾 文章
			京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地
			京セラ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アクチュエータ及び触感呈示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧電素子と、
前記圧電素子が接合され、前記圧電素子の伸縮変位に応じて振動対象を振動させる振動板と、
前記振動板に接合され、前記振動対象を保持する保持部と、
前記振動板の長手方向の両端それぞれを固定部に支持する支持部とを備え、
前記振動板が押圧されていない状態において、前記振動板の両端が、前記支持部が前記固定部に固定される箇所より外側に位置するとともに前記支持部は互いに非平行であり、
前記振動板が押圧されて前記振動板の両端が当該振動板の内側寄りに変位した状態において、前記支持部と前記振動対象とが接触した場合に、前記支持部が前記振動板の両端を支持する部分と前記保持部の上端とが含まれる平面と、前記支持部とのなす角度が略垂直になり、
前記保持部の高さは、外力によって前記圧電素子が破損しない最大の湾曲変位未満である、アクチュエータ。

【請求項 2】

前記振動板と前記支持部とが一体成型されている、請求項 1 に記載のアクチュエータ。

【請求項 3】

前記振動板と前記支持部とがなす角度が鋭角である、請求項 1 又は 2 に記載のアクチュ

エータ。

【請求項 4】

前記支持部は、前記一端に、前記振動対象を支持する支持面を備える、請求項 3 に記載のアクチュエータ。

【請求項 5】

前記支持面は、前記振動対象との接触面上に緩衝材をさらに備える、請求項 4 に記載のアクチュエータ。

【請求項 6】

前記支持部は、前記圧電素子の前記伸縮変位に応じて、前記振動板の端部が前記振動板の法線方向よりも前記圧電素子の前記伸縮変位の方向に大きく変位するように構成される、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

10

【請求項 7】

圧電素子と、前記圧電素子が接合され、前記圧電素子の伸縮変位に応じて振動する振動板と、前記振動板に接合される保持部と、前記振動板の長手方向の両端それぞれを固定部に支持する支持部とを備え、前記振動板が押圧されていない状態において、前記振動板の両端が、前記支持部が前記固定部に固定される箇所より外側に位置するとともに前記支持部は互いに非平行であるアクチュエータと、

前記保持部に保持され、前記振動板の振動が伝達されてユーザに対して触感を呈示する振動対象と

を備え、

20

前記振動板が押圧されている状態において、前記支持部と前記振動対象とが接触した場合に、前記支持部が前記振動板の両端を支持する部分と前記保持部の上端とが含まれる平面と、前記支持部とのなす角度が略垂直になり、

前記保持部の高さは、外力によって前記圧電素子が破損しない最大の湾曲変位未満である、触感呈示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アクチュエータ及び触感呈示装置に関する。

【背景技術】

30

【0002】

従来、振動を発生させるアクチュエータが配設されたタッチセンサ等が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。かかるタッチセンサ等では、アクチュエータが、タッチセンサ等の振動対象を振動させることにより、振動対象にタッチするユーザに対して触感が呈示される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 5 4 5 2 7 2 9 号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

触感を呈示する装置は、アクチュエータの振動を大きくすることにより、ユーザに対してより効率的に触感を呈示できる。

【0005】

本発明は、上述の点に鑑みてなされたものであり、発生する振動を大きくできるアクチュエータ及び触感呈示装置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】

【0006】

上記目的を達成する本発明の一実施形態に係るアクチュエータは、圧電素子と、前記圧

50

電素子が接合され、前記圧電素子の伸縮変位に応じて振動対象を振動させる振動板と、前記振動板に接合され、前記振動対象を保持する保持部と、前記振動板の長手方向の両端それぞれを固定部に支持する支持部とを備え、前記固定部と前記支持部とのなす角度が鋭角であり、前記振動板が押圧されていない状態において、前記支持部は互いに非平行である。前記振動板が押圧されている状態において、前記支持部と前記振動板とが接触した場合に前記支持部と前記振動板とのなす角度が略垂直になる。前記保持部の高さは、外力によって前記圧電素子が破損しない最大の湾曲変位未満である。

【 0 0 0 7 】

また、上記目的を達成する本発明の一実施形態に係る触感呈示装置は、アクチュエータと振動対象とを備える。アクチュエータは、圧電素子と、前記圧電素子が接合され、前記圧電素子の伸縮変位に応じて振動する振動板と、前記振動板に接合される保持部と、前記振動板の長手方向の両端それぞれを固定部に支持する支持部とを備え、前記固定部と前記支持部とのなす角度が鋭角であり、前記振動板が押圧されていない状態において、前記支持部は互いに非平行である。振動対象は、前記保持部に保持され、前記振動板の振動が伝達されてユーザに対して触感を呈示する。前記振動板が押圧されている状態において、前記支持部と前記振動板とが接触した場合に前記支持部と前記振動板とのなす角度が略垂直になる。前記保持部の高さは、外力によって前記圧電素子が破損しない最大の湾曲変位未満である。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明の一実施形態に係るアクチュエータ及び触感呈示装置によれば、発生する振動を大きくできる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】第 1 実施形態に係る触感呈示装置の構成例を示す要部断面図である。

【図 2】図 1 に示すアクチュエータの構成例を示す斜視図である。

【図 3】図 1 の触感呈示装置の概略構成例を示す機能ブロック図である。

【図 4】図 1 のアクチュエータのフレームの断面形状の例である。

【図 5】比較例に係るアクチュエータのフレームの断面形状である。

【図 6】圧電素子が湾曲した状態の例を示す図である。

【図 7】圧電素子の湾曲状態を模式的に示す図である。

【図 8】支持部の与角について説明するための模式図である。

【図 9】支持部の上端の構造の例である。

【図 10】第 2 実施形態に係るアクチュエータのフレームの断面形状の例である。

【図 11】振動板と支持部との接合部の断面形状の例である。

【図 12】リブを備える支持部の例である。

【図 13】固定部を内側に曲げて両側の固定部を接続したフレームの例である。

【図 14】アクチュエータの駆動時の各部の寸法の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

以下、本発明の実施形態に係るアクチュエータ及び触感呈示装置について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【 0 0 1 1 】

(第 1 実施形態)

第 1 実施形態に係る触感呈示装置は、種々の機器に用いられうる。本実施形態に係る触感呈示装置は、カーナビゲーションシステム、又は、ステアリング若しくはパワーウィンドウのスイッチ等の車載機器とすることができる。触感呈示装置は、携帯電話、スマートフォン、タブレット型 P C (Personal Computer)、ノート P C 等とすることができる。

触感呈示装置はこれらに限定されるものではなく、デスクトップＰＣ、家電製品、産業用機器（ＦＡ（Factory Automation）機器）、専用端末等、種々の電子機器とすることもできる。以下の説明で用いられる図は模式的なものであり、図面上の寸法比率等は現実のものとは必ずしも一致していない。

【００１２】

[触感呈示装置の構成例]

図１は、第１実施形態に係る触感呈示装置１の構成例を示す要部断面図である。図１に示されるように、本実施形態に係る触感呈示装置１は、アクチュエータ１０と、筐体２０と、振動対象３０とを備える。

【００１３】

アクチュエータ１０は、圧電素子１１と、振動板１２と、支持部１３と、固定部１４と、保持部１５とを備える。アクチュエータ１０は、固定部１４を介して筐体２０に接合される。アクチュエータ１０には、保持部１５を介して振動対象３０が接合される。

【００１４】

図２は、アクチュエータ１０の構成例を示す斜視図である。図２（ａ）は、筐体２０に接合される側から見た斜視図である。図２（ｂ）は、振動対象３０が接合される側から見た斜視図である。図１及び図２を参照して、アクチュエータ１０の各部について説明していく。

【００１５】

圧電素子１１は、例えば長形状である。圧電素子１１は、印加される電圧信号に応じて長手方向に種々のパターンで伸縮変位する。圧電素子１１は、圧電フィルムであってもよいし、圧電セラミックであってもよい。圧電セラミックは、圧電フィルムよりも、より大きい振動エネルギーを有する振動を発生させることができる。

【００１６】

振動板１２は、所定の厚みを有する長方形の板状の部材である。振動板１２は、例えば、弾性を有する薄板である。振動板１２は、金属、樹脂、又は、金属及び樹脂等の複合材料等を含んで構成される。振動板１２は、金属薄板（シム板ともいう）であってもよい。以下、振動板１２において筐体２０の側に対向する面を第１の面１２ａという。また、振動板１２において振動対象３０の側に対向する面を第２の面１２ｂという。

【００１７】

振動板１２の第１の面１２ａには、圧電素子１１が設けられる。圧電素子１１は、圧電素子１１の長手方向が振動板１２の長手方向と一致するように設けられる。振動板１２の第２の面１２ｂには、保持部１５が設けられる。圧電素子１１及び保持部１５はそれぞれ、接着等の方法で振動板１２に接合される。

【００１８】

振動板１２の第１の面１２ａに圧電素子１１が設けられる構造は、いわゆるモノモルフである。モノモルフにおいては、圧電素子１１の伸縮変位が、振動板１２の屈曲振動を引き起こす。振動板１２の一方の端部のみが筐体２０に支持されている場合には、振動板１２の他方の端部における第１の面１２ａの法線方向の振幅が最大になるように振動する。振動板１２の両端が筐体２０に支持されている場合には、振動板１２の中央付近における第１の面１２ａの法線方向の振幅が最大になるように振動する。

【００１９】

振動板１２の長手方向の両端にはそれぞれ、支持部１３が設けられる。支持部１３は、圧電素子１１の変位に応じて振動板１２が振動しても筐体２０に衝突しないように圧電素子１１と筐体２０との間のクリアランスを保つ。支持部１３は、振動板１２と同様に、例えば弾性を有する薄板である。支持部１３は、振動板１２と同一の材料により構成されていてもよいし、異なる材料により構成されていてもよい。上述の通り、振動板１２の両端が支持されている場合、圧電素子１１の変位に応じて、振動板１２の中央付近における振幅が最大になるように振動する。

【００２０】

支持部 13 の一方の端部は、振動板 12 に接続される。支持部 13 の他方の端部は、固定部 14 に接続される。固定部 14 は、例えば、ねじ止め又は接着等により筐体 20 に固定される。固定部 14 は、例えば振動板 12 と同様に、弾性を有する薄板である。固定部 14 は、振動板 12 と同一の材料により構成されていてもよいし、異なる材料により構成されていてもよい。

【0021】

本実施形態に係るアクチュエータ 10 において、振動板 12 と支持部 13 と固定部 14 とは、一体成型されている。すなわち、振動板 12 と支持部 13 と固定部 14 とは、同一の材料により構成されている。振動板 12 と支持部 13 と固定部 14 との一体となった部材は、例えば、一枚の金属の薄板を板金加工により折り曲げることにより一体成型されてもよい。なお、振動板 12 と支持部 13 と固定部 14 とは、それぞれ個別の部品が溶接されて一体に成型されてもよい。また、振動板 12 と支持部 13 と固定部 14 とは、樹脂の一体成型によって作られてもよい。

10

【0022】

保持部 15 は、振動対象 30 を保持する。保持部 15 は、例えば金属により構成される。保持部 15 は、金属の他、ゴム材料等の他の材料により構成されていてもよい。保持部 15 は、振動板 12 の第 2 の面 12b に設けられる。保持部 15 は、例えば接着等の方法を用いて振動板 12 に接合される。保持部 15 は、第 2 の面 12b の中央付近に設けられる。ただし、保持部 15 が設けられる位置は中央付近に限られない。保持部 15 は、振動板 12 の最大の振幅となる部分に設けられてもよい。保持部 15 には、例えば接着等の方法を用いて振動対象 30 が接合される。

20

【0023】

保持部 15 は、ゴム材料により構成される場合、振動板 12 の振動が振動対象 30 に効率よく伝達されるように、振動板 12 の振動方向、つまり第 1 の面 12a の法線方向に大きい弾性係数を有していてもよい。一方で保持部 15 は、振動板 12 の第 1 の面 12a に平行な方向に小さい弾性係数を有していてもよい。このようにすることで、外力による触感呈示装置 1 の破損の可能性を低減できる。弾性係数は、部材にかかる外力と部材の変位量との関係を示す定数であり、変位量と弾性係数との積が外力となる。つまり同じ外力に対する変位量は、弾性係数が小さいほど大きくなる。

【0024】

本実施形態において、以下、一体成型された振動板 12、支持部 13 及び固定部 14 と、保持部 15 とにより形成される部材全体を、アクチュエータ 10 のフレーム 10a ともいう。

30

【0025】

筐体 20 には、固定部 14 においてアクチュエータ 10 が接合される。筐体 20 は、アクチュエータ 10 と比較して質量が大きく、剛性も高い。よって本実施形態において、筐体 20 は剛体とみなされる。

【0026】

振動対象 30 は、例えば機器に備えられるタッチセンサ 50 (図 3 参照) 又はスイッチ等であってよい。振動対象 30 には、保持部 15 においてアクチュエータ 10 が接合される。上述のように、筐体 20 が剛体とみなされる場合、アクチュエータ 10 が発生する振動は、主に振動対象 30 に伝達される。よって振動対象 30 は、タッチしたユーザに触感を呈示することができる。

40

【0027】

[触感呈示装置の動作例]

図 3 は、本実施形態に係る触感呈示装置 1 の機能ブロックの一例である。図 3 に示されるように、触感呈示装置 1 は、上述したアクチュエータ 10 と、コントローラ 40 とを備える。コントローラ 40 は、アプリケーションソフトウェアを実行可能なプロセッサまたはマイクロコンピュータ等により構成することができる。コントローラ 40 は、必要に応じて各種情報を記憶することができるメモリ等によって構成される記憶部等も適宜含みう

50

る。

【 0 0 2 8 】

図 3 に示されるように、コントローラ 4 0 は、アクチュエータ 1 0 に接続される。コントローラ 4 0 は、アクチュエータ 1 0 に駆動信号を出力する。駆動信号は、アクチュエータ 1 0 の圧電素子 1 1 に対して印加される電圧信号である。

【 0 0 2 9 】

圧電素子 1 1 は、コントローラ 4 0 から取得した駆動信号に応じて、長手方向に伸縮変位する。図 1 及び図 2 に例示されるアクチュエータ 1 0 の振動板 1 2 は、圧電素子 1 1 の変位に応じて屈曲する。つまり、圧電素子 1 1 が振動板 1 2 の長手方向に縮む方向に変位した場合、振動板 1 2 は第 2 の面 1 2 b が凸になるように屈曲する。また、圧電素子 1 1 が振動板 1 2 の長手方向に伸びる方向に変位した場合、振動板 1 2 は第 1 の面 1 2 a が凸になるように屈曲する。このように、圧電素子 1 1 の変位が、振動板 1 2 の第 1 の面 1 2 a の法線方向の振動に変換される。

【 0 0 3 0 】

本実施形態においては、圧電素子 1 1 は、電圧信号の印加に応じて縮む方向にのみ変位する。この場合、振動板 1 2 は、第 2 の面 1 2 b が凸になるように屈曲した状態と、屈曲していない平坦な状態とを繰り返して振動する。圧電素子 1 1 の変位は、電圧信号の印加に応じて縮む方向に限られるものではない。圧電素子 1 1 は、電圧信号の印加に応じて伸びる方向に変位するように構成されてもよいし、伸びる方向及び縮む方向のいずれにも変位するように構成されてもよい。

【 0 0 3 1 】

このようにして、コントローラ 4 0 は、アクチュエータ 1 0 を駆動し、振動板 1 2 を振動させる。振動板 1 2 の振動は、保持部 1 5 を介して振動対象 3 0 に伝達される。そして、振動対象 3 0 にタッチしたユーザに対して触感が呈示される。

【 0 0 3 2 】

コントローラ 4 0 は、例えば図 3 に示されるように、タッチセンサ 5 0 に接続されてもよい。この場合、コントローラ 4 0 は、タッチセンサ 5 0 から取得した信号に応じて、アクチュエータ 1 0 に駆動信号を出力してもよい。タッチセンサ 5 0 は、触感呈示装置 1 の振動対象 3 0 であってもよい。この場合、ユーザが振動対象 3 0 にタッチしていることがタッチセンサ 5 0 により検出される。コントローラ 4 0 は、ユーザが振動対象 3 0 にタッチしているときに振動対象 3 0 を振動させる。このようにすることで、触感呈示装置 1 は、振動対象 3 0 にタッチしたユーザに対して触感を呈示することができる。タッチセンサ 5 0 は、触感呈示装置 1 の振動対象 3 0 とは別個の構成として設けられてもよい。

【 0 0 3 3 】

[フレームの形状]

図 4 は、本実施形態に係るアクチュエータ 1 0 のフレーム 1 0 a の断面形状の例である。アクチュエータ 1 0 のフレーム 1 0 a は、アクチュエータ 1 0 の駆動に応じて弾性変形する。図 4 (a) には、アクチュエータ 1 0 が駆動されていない場合のフレーム 1 0 a の形状が示されている。また図 4 (b) には、アクチュエータ 1 0 が駆動されている場合のフレーム 1 0 a の形状が示されている。図 4 (b) において振動板 1 2 は、アクチュエータ 1 0 の駆動に応じて第 2 の面 1 2 b が凸となるように屈曲している。

【 0 0 3 4 】

図 4 (a) に示されるように、アクチュエータ 1 0 が駆動されていない場合、支持部 1 3 は、振動板 1 2 に接続される側の端部が固定部 1 4 に接続される側の端部よりも外側になるように設けられている。このように設けられた支持部 1 3 の状態のことを、支持部 1 3 が外側に傾いている状態ともいう。この場合、振動板 1 2 と支持部 1 3 とがなす角度は鋭角になっている。

【 0 0 3 5 】

支持部 1 3 は、振動板 1 2 の法線方向と支持部 1 3 とがなす角度が α となるように設けられている。以下、角度 (α) のことを与角 (α) ともいう。与角 (α) は、振動板 1 2

10

20

30

40

50

の法線方向に対して支持部 1 3 が外側に傾いている状態の場合に正の値をとるものと定義される。与角 (α) の単位はラジアンである。以降の説明に用いられる角度の単位も、特に言及がない限りラジアンである。支持部 1 3 が設けられる方向を一意に表すために、与角 (α) は、 $-\pi < \alpha < \pi$ であるものとする。

【0036】

支持部 1 3 の長さは H である。この場合、振動板 1 2 の端部と固定部 1 4 との距離は、 $H \cos \alpha$ である。振動板 1 2 の端部と固定部 1 4 との距離は、振動板 1 2 の端部から固定部 1 4 を含む面に下ろした垂線の長さとして定義される。

【0037】

図 4 (b) に示されるように、アクチュエータ 1 0 が駆動されている場合、振動板 1 2 は屈曲している。振動板 1 2 の両端部に対する中央部の変位は、第 1 の面 1 2 a 側から第 2 の面 1 2 b 側へ向かう変位が正の値になるものとして、 $\Delta x (> 0)$ である。振動板 1 2 の屈曲に応じて、支持部 1 3 の上端 (振動板 1 2 に接続される側の端部) は、振動板 1 2 により、振動板 1 2 の中央部側に引っ張られる。振動板 1 2 により引っ張られた支持部 1 3 は、振動板 1 2 の法線方向と支持部 1 3 とがなす角度が β となる。以下、角度 (β) のことを変位角 (β) ともいう。変位角 (β) は、支持部 1 3 が外側に傾いている状態の場合に正の値をとるものと定義される。与角 (α) の範囲と同様に、変位角 (β) は、 $-\pi < \beta < \pi$ であるものとする。アクチュエータ 1 0 の駆動状態において、支持部 1 3 の上端は、振動板 1 2 の中央部側に引っ張られるため、 α と β とは、 $\alpha > \beta$ を満たす。支持部 1 3 の長さは、図 4 (a) と同様に H である。この場合、振動板 1 2 の端部と固定部 1 4 との距離は、 $H \cos \beta$ である。

【0038】

図 4 (a) と図 4 (b) とを比較して、アクチュエータ 1 0 の駆動による振動板 1 2 の端部と固定部 1 4 との距離の変化 (Δy) は、以下の式 (1) により算出される。

$$\Delta y = H (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (1)$$

ここで、 $\alpha > \beta > 0$ 、 $H > 0$ であるから、 $\Delta y > 0$ である。

【0039】

振動対象 3 0 に対して伝達されるアクチュエータ 1 0 の変位は、振動板 1 2 の中央部の変位 (Δx) と、振動板 1 2 の端部と固定部 1 4 との距離の変化 (Δy) との和である。 $\Delta y > 0$ であるから、支持部 1 3 と振動板 1 2 の法線方向とがなす角度が変化しない場合 ($\Delta y = 0$) と比較して、振動対象 3 0 に対して伝達されるアクチュエータ 1 0 の変位を大きくすることができる。

【0040】

< 比較例 >

図 5 は、比較例に係るアクチュエータ 1 0 のフレーム 1 0 b の断面形状である。フレーム 1 0 b は、図 1 等示されるフレーム 1 0 a と同様に、一体成型された振動板 1 2、支持部 1 3 及び固定部 1 4 と、保持部 1 5 とにより構成される部材である。フレーム 1 0 b は、フレーム 1 0 a とは異なる断面形状を有する。図 5 (a) には、アクチュエータ 1 0 が駆動されていない場合のフレーム 1 0 b の形状が示されている。図 5 (b) には、アクチュエータ 1 0 が駆動されている場合のフレーム 1 0 b の形状が示されている。図 5 (b) において振動板 1 2 は、アクチュエータ 1 0 の駆動に応じて第 2 の面 1 2 b が凸となるように屈曲している。

【0041】

図 5 (a) に示されるように、アクチュエータ 1 0 が駆動されていない場合、フレーム 1 0 b の支持部 1 3 は、振動板 1 2 の法線方向に沿うように位置している。つまり図 5 (a) において、支持部 1 3 は振動板 1 2 に直交している。支持部 1 3 の長さは H である。この場合、振動板 1 2 の端部と固定部 1 4 との距離は、支持部 1 3 の長さと同じ (H) である。

【0042】

図 5 (b) は、アクチュエータ 1 0 が駆動されている場合を示しており、この場合に、

振動板 12 は、両端部に対して中央部が第 2 の面 12 b 側に Δx だけ変位するように屈曲しているとする。図 4 の場合と同様に、第 1 の面 12 a 側から第 2 の面 12 b 側へ向かう変位を正の値として、 $\Delta x > 0$ とする。振動板 12 の屈曲に応じて、支持部 13 の上端（振動板 12 に接続される側の端部）は、振動板 12 により、振動板 12 の中央部側に引っ張られる。このとき、支持部 13 の変位角は、 β （上述の定義によれば $\beta < 0$ ）となっている。支持部 13 の長さは、図 4（a）と同様に H である。この場合、振動板 12 の端部と固定部 14 との距離は、 $H \cos \beta$ である。

【0043】

図 5（a）と図 5（b）とを比較して、アクチュエータ 10 の駆動による振動板 12 の端部と固定部 14 との距離の変化（ Δy ）は、以下の式（2）により算出される。

$$\Delta y = H (\cos \beta - 1) \quad (2)$$

ここで、 $\cos \beta < 1$ 、 $H > 0$ であるから、 $\Delta y < 0$ である。

【0044】

振動対象 30 に対して伝達されるアクチュエータ 10 の変位は、振動板 12 の中央部の変位（ Δx ）と、振動板 12 の端部と固定部 14 との距離の変化（ Δy ）との和である。 $\Delta y < 0$ であるから、上述の本実施形態に係るフレーム 10 a の断面形状の例（ $\Delta y > 0$ ）と比較して、振動対象 30 に対して伝達されるアクチュエータ 10 の変位は小さくなっている。また、支持部 13 と振動板 12 の法線方向とがなす角度が変化しない場合（ $\Delta y = 0$ ）と比較しても、振動対象 30 に対して伝達されるアクチュエータ 10 の変位は小さくなっている。

【0045】

このように、本実施形態に係るフレーム 10 a の断面形状は、支持部 13 が与角（ α ）を有している。言い換えると、振動板 12 と支持部 13 とがなす角度が鋭角である。比較例に係るフレーム 10 b の断面形状のように、振動板 12 と支持部 13 とがなす角度が直角である場合、振動対象 30 に対して伝達されるアクチュエータ 10 の変位が大きくなる。また説明は省略するが、振動板 12 と支持部 13 とがなす角度が鈍角である場合も、振動対象 30 に対して伝達されるアクチュエータ 10 の変位が大きくなることは明らかである。そのため、本実施形態に係るフレーム 10 a によれば、振動対象 30 に対して伝達されるアクチュエータ 10 の変位をより大きくできる。

【0046】

次に、本実施形態における圧電素子 11 を保護する構造について説明する。圧電素子 11 は、外部からの圧力により変形すると、圧電素子 11 に対する押圧に係る荷重（力）の大きさ、又は荷重（力）の大きさが変化する速さ（加速度）に応じた、電気的な特性である電圧の大きさ（電圧値）の電圧信号を出力する。圧電素子 11 から出力される電圧信号は、例えばアクチュエータ 10 が用いられる機器の制御部（コントローラ）に送信される。機器の制御部は、取得した電圧信号に応じて、機器の制御を行うことができる。

【0047】

本実施形態では、例えば機器のユーザが振動対象 30（タッチセンサ 50）を押圧することにより、保持部 15 を介して振動板 12 の中央部が筐体 20 に向かって凸形状となるように湾曲する。このとき、圧電素子 11 も中央部が筐体 20 に向かって凸形状となるように湾曲する。これにより、振動対象 30 への押圧に応じた電圧信号が圧電素子 11 から出力される。

【0048】

ここで、ユーザが振動対象 30 にかかる圧力が強いほど、圧電素子 11 の湾曲（曲率）が大きくなる。圧電素子 11 は、曲率が所定値以上となると、圧電素子 11 に亀裂が生じたり圧電素子 11 が折損したりする可能性がある。そのため、アクチュエータ 10 を、外部からの圧力に対して圧電素子 11 を保護する構造とすることにより、アクチュエータ 10 の信頼性が向上する。ここで、図 6 乃至図 9 を参照しながら、本実施形態における圧電素子 11 を保護する構造の詳細について説明する。

【0049】

図 6 は、ユーザによる振動対象 30 への押圧により、圧電素子 11 が湾曲した状態の例を示す図である。図 6 に示すように、ユーザによる押圧等により振動対象 30 が筐体 20 側に変位すると、保持部 15 が振動対象 30 からの圧力により、筐体 20 側に変位する。すると、振動板 12 の中央部が筐体 20 側に押し下げられる。そのため、振動板 12 及び振動板 12 に設けられた圧電素子 11 が、中央部が筐体 20 側に向かって凸形状となるように湾曲する。このとき、支持部 13 の上部が振動板 12 の中央部側に引っ張られ、振動板 12 の法線方向と支持部 13 とがなす角度が、押圧がかけられていない場合の与角 α よりも小さくなる。そして、振動板 12 の中央部と、端部との高低差が、保持部 15 の高さと同じになった場合、振動対象 30 の底面 30a が振動板 12 の端部（つまり支持部 13 の上端）に接触する。これにより、支持部 13 は、ストッパとして機能し、振動対象 30 の更なる筐体 20 方向への変位を防止する。なお、振動板 12 の中央部と端部との高低差は、振動板 12 の 2 つの端部により定まる直線（平面）から中央部に下ろした垂線の長さにより定義され、図 6 において d で示される。本明細書において、この高低差を振動板 12 の湾曲変位ともいい、特に図 6 に示すように振動対象 30 の底面 30a と支持部 13 の上端とが接触している場合における湾曲変位を限界湾曲変位ともいう。また、保持部 15 の高さは、振動対象 30 の、保持部 15 によって保持される底面 30a の法線方向における、保持部 15 の長さである。すなわち、本実施形態では、保持部 15 の高さは、振動板 12 において保持部 15 が取り付けられた位置（本実施形態では中央部）から振動対象 30 の底面 30a までの長さとして定義され、図 6 では h で示される。

【0050】

振動対象 30 の底面 30a が支持部 13 の上端と接触すると、振動板 12 はこの場合の湾曲状態から更に湾曲することはない。そのため、圧電素子 11 も更に湾曲することはない。従って、振動対象 30 の底面 30a が支持部 13 の上端と接触した状態において、圧電素子 11 が破損しない程度の湾曲状態となるように、保持部 15 の高さが決定されていれば、圧電素子 11 の破損を防止することができる。

【0051】

ここで、本明細書において、圧電素子 11 が外力によって湾曲した場合における、圧電素子 11 の中央部から端部までの変位差を、湾曲変位という。圧電素子 11 の中央部から端部までの変位差は、図 7 に示すように、圧電素子 11 の 2 つの端部により定まる直線（平面）から中央部に下ろした垂線の長さにより定義される。湾曲変位は、図 7 では D で示される。また、本明細書において、圧電素子 11 が破損しない最大の湾曲変位を限界湾曲変位 D_{max} という。

【0052】

本実施形態において、保持部 15 の高さ h は、圧電素子 11 の限界湾曲変位 D_{max} 未満となっている。保持部 15 の高さ h が圧電素子 11 の限界湾曲変位 D_{max} 未満であれば、つまり $h < D_{max}$ を満たせば、圧電素子 11 が限界湾曲変位 D_{max} に達する前に、支持部 13 の上端が振動対象 30 の底面 30a に接触する。そのため、圧電素子 11 の湾曲変位 D が限界湾曲変位 D_{max} を超えなくなり、圧電素子 11 を保護することができる。

【0053】

上述のように、振動対象 30 の底面 30a が支持部 13 の上端に接触した場合、支持部 13 が振動対象 30 の更なる変位を防止するため、支持部 13 は振動対象 30 によって押圧される。支持部 13 は、上端が底面 30a と接触した際に、支持部 13 が底面 30a に対して垂直になるように接触すると、振動対象 30 からの押圧を効率的に支持しやすくなる。

【0054】

ここで、上端が底面 30a と接触した際に支持部 13 が底面 30a に対して垂直に接触する場合の与角 α_0 について説明する。図 8 は、支持部 13 の与角 α_0 について説明するための模式図である。振動板 12 の長手方向の長さを l とする。

【0055】

図 8 (a) に示すように、振動板 12 が押圧されていない状態において、与角は α_0 で

ある。振動対象 30 から振動板 12 が押圧され、底面 30 a が支持部 13 の上端と接触した場合、図 8 (b) に示すように、支持部 13 は、底面 30 a と垂直になるように接触している。このとき、底面 30 a と振動板 12 とのなす角を α_1 とする。ここで、振動板 12 の湾曲変位 d は、振動板 12 の長手方向の長さ l に対して微小であるため、 $\alpha_1 = \alpha_0$ と近似できる。そのため、振動板 12 が湾曲した状態を示す図 8 (b) は、図 8 (c) に示す図と等価と考えることができる。

【0056】

図 8 (c) に示す等価図において、次の式 (3) が成立する。

$$\tan \alpha_0 = d / (l / 2) = 2d / l \quad (3)$$

従って、 α_0 は、式 (4) となる。

$$\alpha_0 = \arctan (2d / l) \quad (4)$$

【0057】

圧電素子 11 は、振動板 12 の第 1 の面 12 a に設けられているため、圧電素子 11 の長手方向の長さは、振動板 12 の長手方向の長さよりも短い。そのため、圧電素子 11 の湾曲変位 D は、振動板 12 の湾曲変位 d 以下となる。従って、圧電素子 11 の限界湾曲変位 $D_{\max}$ は、振動板 12 の湾曲変位 d 以下であればよいので、式 (4) において、 $d = D_{\max}$ とすることにより、与角 α_0 を、 $\arctan (2D_{\max} / l)$ として定めればよい。

【0058】

なお、支持部 13 は、上端が底面 30 a と接触した際に、底面 30 a に対して必ずしも垂直になるように接触しなくてもよい。支持部 13 は、底面 30 a と略垂直になるように接触してもよい。ここで、略垂直とは、支持部 13 が座屈することなく振動対象 30 からの押圧を支持可能な程度である場合を含む。

【0059】

振動対象 30 の底面 30 a が支持部 13 の上端に接触すると、支持部 13 の上端に応力が集中しやすくなる。そのため、支持部 13 は、応力が集中しやすい上端に、応力を分散又は吸収可能な構造を有していてもよい。

【0060】

図 9 は、支持部 13 の上端の構造の例である。例えば、支持部 13 の上端は、図 9 (a) に示すように、断面視において曲面を有する構造となってもよい。この場合、支持部 13 の曲面は、支持面 13 b において底面 30 a を支持する。また、例えば支持部 13 の上端は、上端から振動板 12 とは反対側に、底面 30 a と接触した場合に底面 30 a と接触して底面 30 a を支持する支持面 13 b を備えていてもよい。上記図 8 を参照して説明したように上端が底面 30 a と接触した際に支持部 13 が底面 30 a に対して垂直に接触する場合、支持面 13 b は、図 9 (b) に示すように、支持部 13 に対して直交するように設けられている。また、支持面 13 b は、図 9 (c) に示すように、底面 30 a と接触する面上に、緩衝材 17 を有していてもよい。支持部 13 がこのような構造を有することにより、底面 30 a との接触に際して上端にかかる応力を分散又は吸収することができる。

【0061】

このように、本実施形態に係るフレーム 10 a において、保持部 15 の高さが、圧電素子 11 の限界湾曲変位 $D_{\max}$ 未満となっている。そのため、保持部 15 を介して振動対象 30 から圧電素子 11 に圧力がかかっても、支持部 13 が上端において振動対象 30 を支持するので、圧電素子 11 は限界湾曲変位 $D_{\max}$ 以上に湾曲しない。そのため、本実施形態に係る触感呈示装置 1 によれば圧電素子 11 を保護しやすくなる。

【0062】

(第 2 実施形態)

第 1 実施形態では、振動板 12 と支持部 13 と固定部 14 とが同一の材料で一体として成型されていた。第 2 実施形態では、振動板 12 及び固定部 14 の材料と支持部 13 の材料とが異なる構成について説明する。図 10 は、第 2 実施形態に係る触感呈示装置 1 の構成例を示す要部断面図である。以下、第 1 実施形態と同一の点については、適宜説明を省

10

20

30

40

50

略し、主に異なる点について説明する。

【0063】

本実施形態において、振動板12及び固定部14は、第1実施形態と同様に、例えば弾性を有する薄板等である。振動板12の材料と固定部14の材料とは同一であってもよいし、異なってもよい。一方で、支持部13は、例えば硬化型樹脂等により構成されるピラーであり、振動板12の法線方向の弾性係数が大きい部材である。支持部13は、金属等の他の材料により構成されてもよい。支持部13は、振動板12との接合部及び固定部14との接合部において、弾性変形するように構成される。よって支持部13は、傾斜するように動くことができる。

【0064】

本実施形態において、振動板12と支持部13とは異なる材料間で一体成型される。例えば、振動板12と支持部13とは溶接して一体に成型されてもよい。あるいは、金属の振動板12の周りに支持部13となる樹脂を成型することにより、振動板12と支持部13とが一体成型されてもよい。あるいは、金属の振動板12に嵌合部を設け、樹脂により構成される支持部13と嵌合することにより、振動板12と支持部13とが一体成型されてもよい。あるいは、金属の振動板12の表面にプライマーを塗布した接合面を設け、当該接合面に樹脂を成型することにより、振動板12と支持部13とが一体成型されてもよい。あるいは、金属の振動板12の表面に微細加工を施した接合面を設け、当該接合面に樹脂を成型することにより、振動板12と支持部13とが一体成型されてもよい。

【0065】

本実施形態に係るアクチュエータ10によれば、材料が互いに異なる振動板12と支持部13とが一体成型される。この場合、振動板12と支持部13とが別個の部品として構成される場合と比較して、圧電素子11の変位に応じて発生する振動板12の振動の減衰が支持部13によって低減されつつ、部品点数及び組み立て工数が削減される。本実施形態に係るアクチュエータ10によれば、振動板12と支持部13との間に接着剤を用いないことにより、平均故障間隔(MTBF)が延びたり、組み立て時の歩留まりが向上したりする。

【0066】

第2実施形態に係るアクチュエータ10は、第1実施形態と同様に、振動板12と支持部13とがなす角度が鋭角である。そのため、本実施形態に係るアクチュエータ10によれば、振動板12と支持部13とがなす角度が鋭角でない場合と比較して、振動対象30に対して伝達されるアクチュエータ10の変位をより大きくできる。

【0067】

(他の実施形態)

図11は、振動板12と支持部13との接合部の断面形状の例である。図11(a)は、接合部の内側(振動板12の第1の面12aに連結する側)において切込み16が設けられている断面形状の例を示す。図11(b)は、接合部の外側(振動板12の第2の面12bに連結する側)において切込み16が設けられている断面形状の例である。図11(c)は、内側にも外側にも切込み16が設けられていない比較例である。

【0068】

図11(a)及び図11(b)に示される振動板12と支持部13との接合部は、図11(c)に示される例と比較して、切込み16が設けられているために屈曲しやすい。よって、支持部13の上部が振動板12の中央部側に引っ張られやすくなり、アクチュエータ10の駆動時の振動板12の屈曲が妨げられにくくなる。

【0069】

図11(a)及び図11(b)に示される切込み16は、支持部13と固定部14との接合部に設けられてもよい。このようにすることで、支持部13の与角(α)と変位角(β)との差がより大きくなりうる。

【0070】

図12は、リブ13aを備える支持部13の例である。図12(a)は、アクチュエー

10

20

30

40

50

タ 1 0 のフレームの断面形状の例を示す。図 1 2 (b) は、図 1 2 (a) の A - A 断面図である。支持部 1 3 が図 1 2 (b) に示されるようなりブ 1 3 a を有することにより、振動板 1 2 の法線方向に対する支持部 1 3 の剛性が高められる。つまり、アクチュエータ 1 0 が振動対象 3 0 に加える力の反力として支持部 1 3 に加わる力による支持部 1 3 の変形量を抑制できる。このようにすることで、アクチュエータ 1 0 が発生する振動は、支持部 1 3 に吸収されにくくなる。よってアクチュエータ 1 0 が発生する振動は、振動対象 3 0 に対してより効率よく伝達される。

【 0 0 7 1 】

また、支持部 1 3 は、振動板 1 2 の端部が圧電素子 1 1 の伸縮変位に応じて振動板 1 2 の法線方向よりも長手方向に大きく変位するように、構成されてもよい。このように、振動板 1 2 の端部の振動板 1 2 の法線方向への変位が小さくなるように支持部 1 3 が構成される場合、振動板 1 2 の振動が振動対象 3 0 に効率よく伝達される。振動板 1 2 の端部の振動板 1 2 の長手方向への変位が大きくなるように支持部 1 3 が構成される場合、振動板 1 2 の振動の減衰が低減される。

【 0 0 7 2 】

図 1 3 は、固定部 1 4 を内側に曲げて両側の固定部 1 4 を接続したフレームの例である。図 1 3 (a) は、フレームの断面形状を示している。図 1 3 (b) は、フレームの平面図である。図 1 3 (a) によれば、固定部 1 4 が接続されることにより、フレームの断面形状が台形の枠の形状となる。このようにすることで、固定部 1 4 が分離して形成される場合と比較して、フレームの強度が増す。また図 1 3 (b) によれば、固定部 1 4 の横にねじ止め用の穴 1 4 a が設けられており、固定部 1 4 の筐体 2 0 へのねじ止めが容易になっている。

【 0 0 7 3 】

(変位の算出例)

図 1 4 は、アクチュエータ 1 0 の駆動時の各部の寸法の一例を示す図である。ここで、図 1 4 を用いて、アクチュエータ 1 0 の駆動時における振動板 1 2 の中央部の変位の算出例について説明する。なお、図 1 4 では、保持部 1 5 の記載を省略している。

【 0 0 7 4 】

図 1 4 (a) は、アクチュエータ 1 0 が駆動されていない場合の各部の寸法の一例である。圧電素子 1 1 の長手方向の寸法は L である。圧電素子 1 1 は、振動板 1 2 の両端からそれぞれ寸法 (M) をあけて設けられている。振動板 1 2 の長手方向の寸法は、 $L + 2 M$ である。支持部 1 3 の長さは H である。支持部 1 3 と振動板 1 2 の法線方向とがなす角 (与角) は α である。支持部 1 3 の、固定部 1 4 に連結する側の端部は、固定部 1 4 により固定される。支持部 1 3 は、当該端部を中心として揺動可能である。

【 0 0 7 5 】

図 1 4 (b) は、アクチュエータ 1 0 の駆動時の各部の寸法の一例である。圧電素子 1 1 が縮むことにより、振動板 1 2 は、第 2 の面 1 2 b (図 1 参照) が凸になるように屈曲している。図 1 4 (b) において、アクチュエータ 1 0 が駆動されていない場合の振動板 1 2 及び支持部 1 3 の形状は、二点鎖線で示されている。振動板 1 2 の端部 (支持部 1 3 との接合部) に対する中央部の変位 (Δx) は、以下の式 (5) により算出される。

$$\Delta x = M \sin \theta + p (1 - \cos \theta) \quad (5)$$

ここで p は、振動板 1 2 が屈曲する際の曲率半径である。 θ は、振動板 1 2 の端部において、屈曲していない状態と屈曲した状態との間の角度の差である。振動板 1 2 の屈曲部分の内角、つまり、屈曲部分を円弧とする扇形の内角は、 2θ と表される。曲率半径 (p) 及び内角 (2θ) は、圧電素子 1 1 の変位量、又は、圧電素子 1 1 と振動板 1 2 との厚みの比等によって定められる値である。

【 0 0 7 6 】

曲率半径 (p) 又は屈曲部分の内角 (2θ) が既知である場合、支持部 1 3 の変位角 (β) は、以下の式 (6) を用いて算出されうる。

$$\beta = \alpha - M (1 - \cos \theta) / H \quad (6)$$

ここで、式(6)では、 α 、 β 、 θ が微小量であるとみなして、三角関数のテイラー展開に基づく近似を用いている。つまり、 $\sin \alpha \approx \alpha$ 、 $\sin \beta \approx \beta$ 、及び $\sin \theta \approx \theta$ としている。また、 $\sin \theta \approx L / 2\rho$ としている。

【0077】

支持部13が振動板12の法線方向に平行になる場合、曲率半径(ρ)及び内角(2θ)に応じた支持部13の変位角(β)が0となる。式(6)において $\beta = 0$ の場合、与角(α)は、以下の式(7)の関係を満たす。

$$\alpha = M(1 - \cos \theta) / H \quad (7)$$

【0078】

図14(b)において、支持部13は、振動板12の屈曲に応じて、アクチュエータ10が駆動されていない場合の振動板12の法線方向に平行になっている。この場合、振動板12の端部と固定部14との距離の変化(Δy)は、以下の式(8)により算出される。

$$\Delta y = H(1 - \cos \theta) \quad (8)$$

【0079】

振動板12の中央部の変位(Δz)は、 Δx と Δy との和である。よって図14(b)に示される振動板12の中央部の変位(Δz)は、式(5)及び式(8)に基づく以下の式(9)を用いて算出される。

$$\Delta z = M \sin \theta + \rho(1 - \cos \theta) + H(1 - \cos \theta) \quad (9)$$

【0080】

上述の式(1)によれば、与角(α)と変位角(β)とが $\cos \alpha < \cos \beta$ を満たす場合、 $\Delta y > 0$ となる。ここで、実施形態1等に係るアクチュエータ10においては、 $\alpha > \beta$ となる。よって、 $\beta = 0$ であれば、 $\Delta y > 0$ である。以上のことから、 $\Delta y > 0$ となるための与角(α)に係る十分条件は、以下の式(10)により表される。

$$\alpha = M(1 - \cos \theta) / H \quad (10)$$

【0081】

したがって式(10)を満たすように、支持部13の与角(α)を適宜設定すれば、振動板12の中央部の振幅を大きくすることができる。

【0082】

本発明に係る実施形態について諸図面や実施例に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形や修正を行うことが容易であることに注意されたい。従って、これらの変形や修正は本発明の範囲に含まれることに留意されたい。

【符号の説明】

【0083】

- 1 触感呈示装置
- 10 アクチュエータ
- 10a、10b フレーム
- 11 圧電素子
- 12 振動板
- 12a 第1の面
- 12b 第2の面
- 13 支持部
- 13a リブ
- 13b 支持面
- 14 固定部
- 14a 穴
- 15 保持部
- 16 切込み
- 17 緩衝材
- 20 筐体

10

20

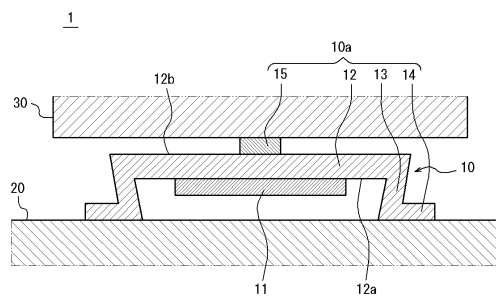
30

40

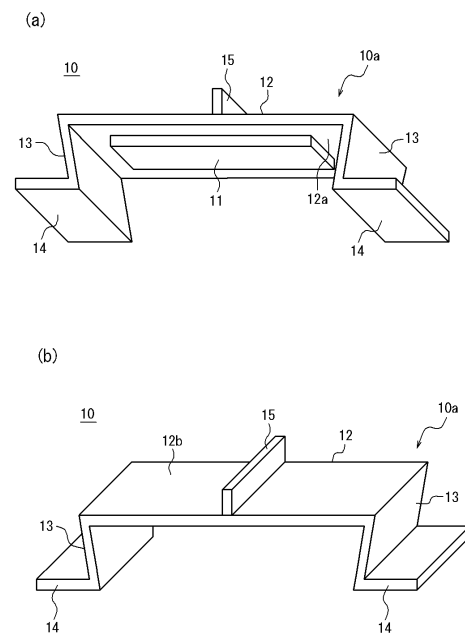
50

3 0 振動対象
3 0 a 底面
4 0 コントローラ
5 0 タッチセンサ

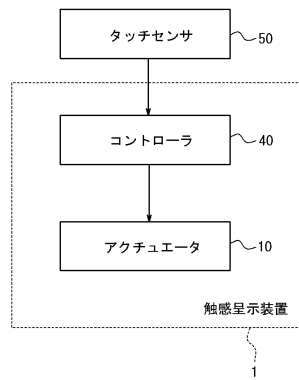
【図 1】



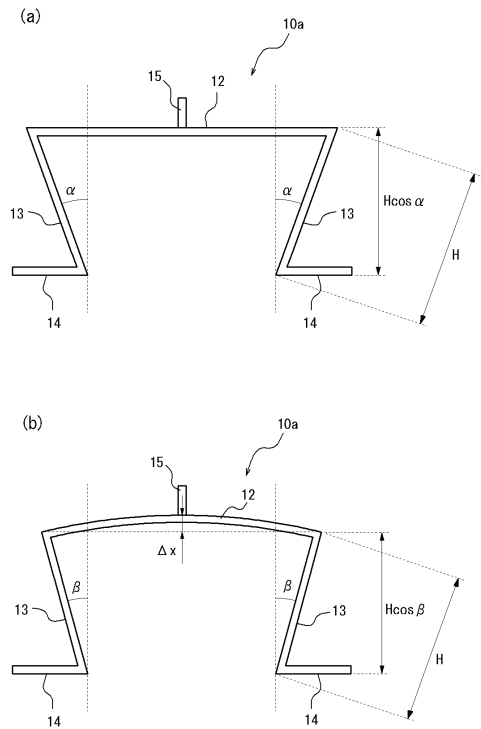
【図 2】



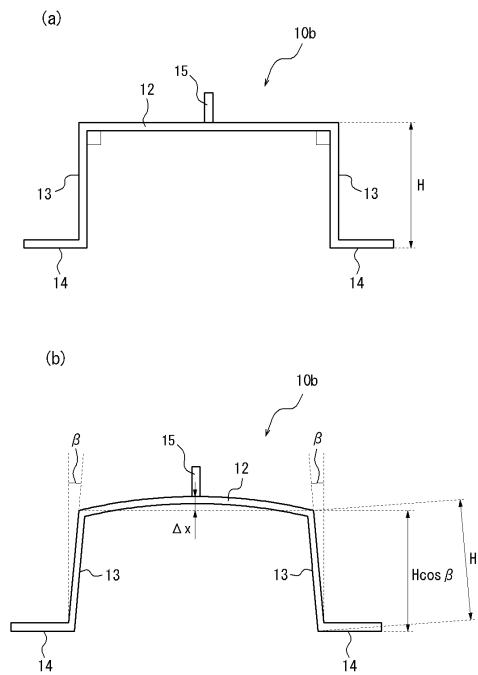
【図 3】



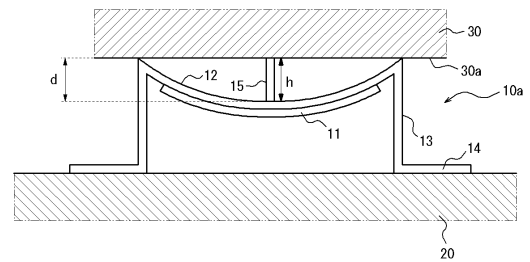
【図 4】



【図 5】



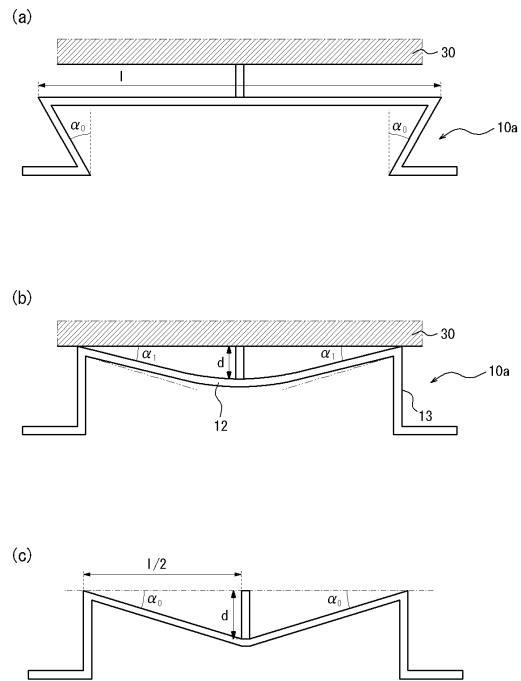
【図 6】



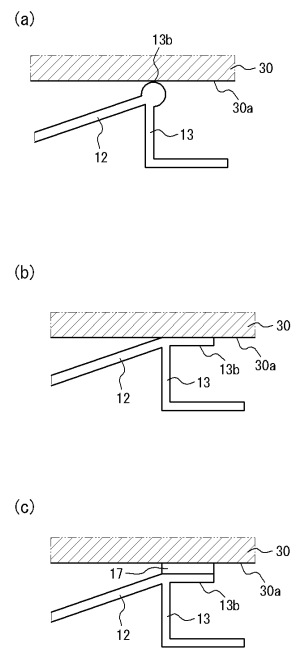
【図 7】



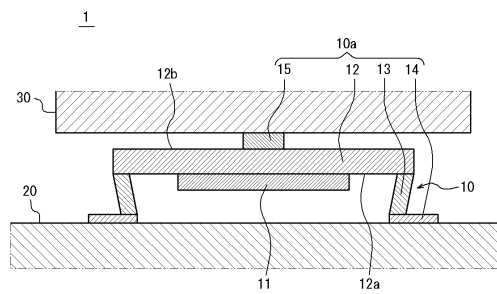
【図 8】



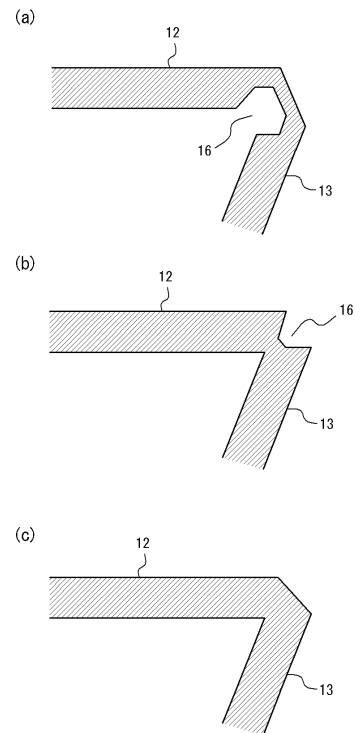
【図 9】



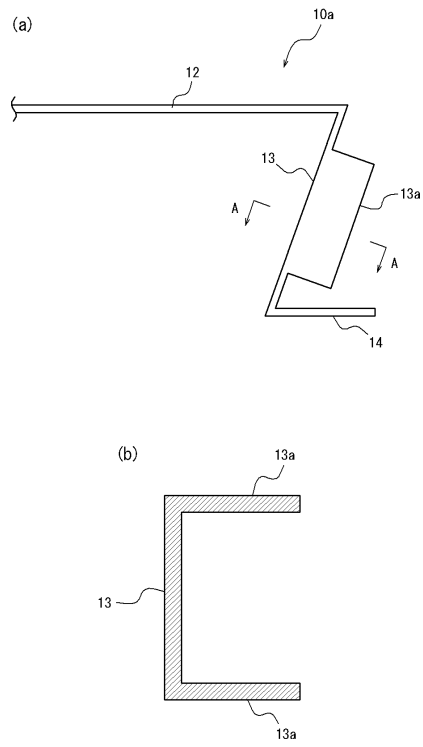
【図 10】



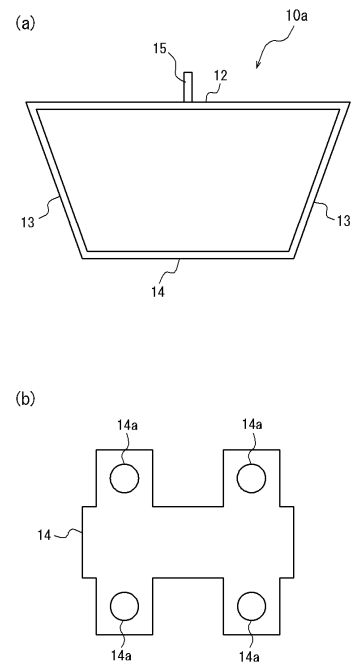
【図 11】



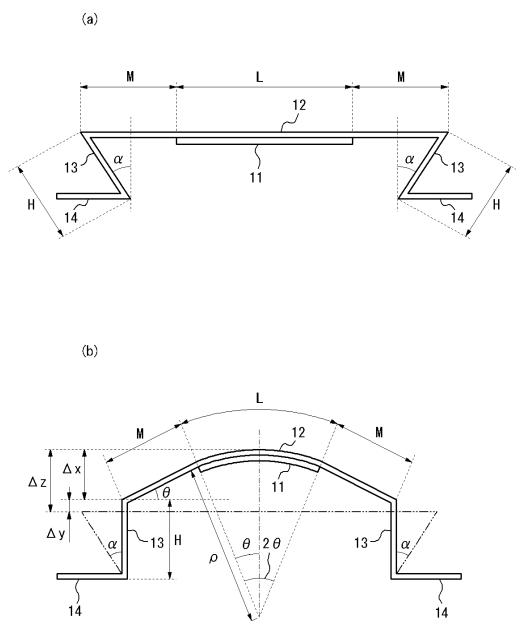
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

合議体

審判長 窪田 治彦

審判官 田合 弘幸

審判官 柿崎 拓

- (56)参考文献 特開 2 0 1 0 - 1 5 2 8 8 8 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 2 0 0 6 0 7 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 2 3 0 4 8 2 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 9 / 0 6 3 6 1 0 (W O , A 1)
欧州特許出願公開第 2 1 8 4 6 6 4 (E P , A 1)
国際公開第 2 0 0 7 / 0 2 6 7 3 6 (W O , A 1)
特開平 1 - 1 7 7 8 8 0 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H02N2/04

B06B1/06

G06F3/01