

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-175875

(P2017-175875A)

(43) 公開日 平成29年9月28日(2017.9.28)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
HO2N 2/04 (2006.01)		HO2N 2/04		5D107
GO6F 3/01 (2006.01)		GO6F 3/01	560	5E555
HO1L 41/09 (2006.01)		HO1L 41/09		5H681
HO1L 41/053 (2006.01)		HO1L 41/053		
BO6B 1/04 (2006.01)		BO6B 1/04	S	
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 19 頁)				

(21) 出願番号 特願2016-62446 (P2016-62446)
 (22) 出願日 平成28年3月25日 (2016.3.25)

(71) 出願人 000006633
 京セラ株式会社
 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 100153017
 弁理士 大倉 昭人
 (74) 代理人 100188307
 弁理士 太田 昌宏
 (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
 Fターム(参考) 5D107 BB08 BB20 CC02 DD11 FF05

最終頁に続く

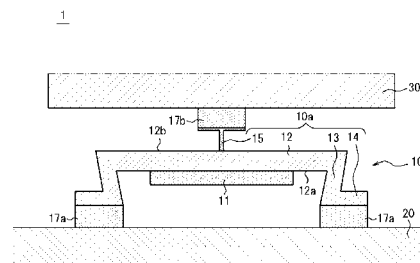
(54) 【発明の名称】 アクチュエータ及び触感呈示装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 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。

【解決手段】 アクチュエータ10は、圧電素子11と、圧電素子11が接合され、圧電素子11の伸縮変位に応じて屈曲振動する振動板12と、振動板12を屈曲振動可能に基部20に支持するための支持部13と、振動板12に振動対象30を保持するための保持部15と、支持部13に結合され、支持部13を基部20に固定するための第1の固定部17aと、保持部15に結合され、振動対象30を保持部15に固定するための第2の固定部17bと、を備え、第1の固定部17a及び第2の固定部17bは、それぞれ圧電素子11の伸縮方向と交差する方向に変位可能である。

【選択図】 図1



【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屈曲振動する振動板と、

前記振動板を屈曲振動可能に基部に支持するための支持部と、

前記振動板に振動対象を保持するための保持部と、

前記支持部に結合され、前記支持部を前記基部に固定するための第 1 の固定部と、

前記保持部に結合され、前記振動対象を前記保持部に固定するための第 2 の固定部と、

を備え、

前記第 1 の固定部及び前記第 2 の固定部は、それぞれ前記圧電素子の伸縮方向と交差する方向に変位可能である、アクチュエータ。

10

【請求項 2】

前記第 1 の固定部及び第 2 の固定部は平板形状を有し、該平板形状の平面が前記圧電素子の伸縮方向と交差する方向に変位可能である、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前記保持部とが一体成型されている、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 3 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

20

【請求項 5】

基部と、

振動対象と、

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屈曲振動する振動板と、前記振動板を屈曲振動可能に前記基部に支持するための支持部と、前記振動板に前記振動対象を保持するための保持部と、前記支持部に結合され、前記支持部を前記基部に固定するための第 1 の固定部と、前記保持部に結合され、前記振動対象を前記保持部に固定するための第 2 の固定部と、を備えるアクチュエータと、

30

を備え、

前記第 1 の固定部及び前記第 2 の固定部は、それぞれ前記圧電素子の伸縮方向と交差する方向に変位可能である、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】

【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。

40

【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】

【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

50

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、前記圧電素子が接合され、前記圧電素子の伸縮変位に応じて屈曲振動する振動板と、前記振動板を屈曲振動可能に基部に支持するための支持部と、前記振動板に振動対象を保持するための保持部と、前記支持部に結合され、前記支持部を前記基部に固定するための第1の固定部と、前記保持部に結合され、前記振動対象を前記保持部に固定するための第2の固定部と、を備える。前記第1の固定部及び前記第2の固定部は、それぞれ前記圧電素子の伸縮方向と交差する方向に変位可能である。

10

【0007】

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、基部と、振動対象と、アクチュエータとを備える。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屈曲振動する振動板と、前記振動板を屈曲振動可能に前記基部に支持するための支持部と、前記振動板に前記振動対象を保持するための保持部と、前記支持部に結合され、前記支持部を前記基部に固定するための第1の固定部と、前記保持部に結合され、前記振動対象を前記保持部に固定するための第2の固定部と、を備える。前記第1の固定部及び前記第2の固定部は、それぞれ前記圧電素子の伸縮方向と交差する方向に変位可能である。

20

【発明の効果】

【0008】

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】

【0009】

【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。

30

【図3】固定部を介したアクチュエータの固定方法の例を示す図である。

【図4】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5】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6】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7】筐体及び振動対象に固定されたアクチュエータの動作を説明する図である。

【図8】図1に示すアクチュエータを端末装置に搭載した例を示す端末装置の断面図である。

【図9】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10】振動板と支持部との接合部の断面形状の例である。

【図11】リブを備える支持部の例である。

40

【図12】連結部を内側に曲げて両側の連結部を接続したフレームの例である。

【図13】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】

【0010】

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。

【0011】

(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

50

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 P C、家電製品、産業用機器 (F A (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。

【 0 0 1 2 】

[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 1 0 と、筐体 (基部) 2 0 と、振動対象 3 0 とを備える。

10

【 0 0 1 3 】

アクチュエータ 1 0 は、圧電素子 1 1 と、振動板 1 2 と、支持部 1 3 と、連結部 1 4 と、保持部 1 5 と、第 1 の固定部 1 7 a と、第 2 の固定部 1 7 b とを備える。本実施形態において、アクチュエータ 1 0 は、第 1 の固定部 1 7 a を 2 つ備える。アクチュエータ 1 0 は、連結部 1 4 に結合された第 1 の固定部 1 7 a を介して筐体 2 0 に接合される。また、アクチュエータ 1 0 は、保持部 1 5 に結合された第 2 の固定部 1 7 b を介して振動対象 3 0 に接合される。

【 0 0 1 4 】

図 2 は、アクチュエータ 1 0 の構成例を示す斜視図である。図 2 (a) は、筐体 2 0 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 3 0 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 1 0 の各部について説明していく。

20

【 0 0 1 5 】

圧電素子 1 1 は、例えば長形状である。圧電素子 1 1 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 1 1 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。

【 0 0 1 6 】

また、圧電素子 1 1 は、外部からの圧力により変形すると、圧電素子 1 1 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、電氣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 1 1 から出力される電圧信号は、例えばアクチュエータ 1 0 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。

30

【 0 0 1 7 】

振動板 1 2 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 1 2 は、例えば、弾性を有する薄板である。振動板 1 2 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 1 2 は、金属薄板 (シム板ともいう) であってもよい。以下、振動板 1 2 において筐体 2 0 の側に対向する面を第 1 の面 1 2 a という。また、振動板 1 2 において振動対象 3 0 の側に対向する面を第 2 の面 1 2 b という。

40

【 0 0 1 8 】

振動板 1 2 の第 1 の面 1 2 a には、圧電素子 1 1 が設けられる。圧電素子 1 1 は、圧電素子 1 1 の長手方向が振動板 1 2 の長手方向と一致するように設けられる。振動板 1 2 の第 2 の面 1 2 b には、保持部 1 5 が設けられる。圧電素子 1 1 及び保持部 1 5 はそれぞれ、接着等の方法で振動板 1 2 に接合される。

【 0 0 1 9 】

振動板 1 2 の第 1 の面 1 2 a に圧電素子 1 1 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 1 1 の伸縮変位が、振動板 1 2 の屈曲振動を引き起こす。振動板 1 2 の一方の端部のみが筐体 2 0 に支持されている場合には、振動板 1

50

2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。

【0020】

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る。ただし、支持部13は、振動板12とは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。

10

【0021】

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、連結部14に接続される。連結部14は、支持部13と第1の固定部17aとを連結する。支持部13と第1の固定部17aとを直接連結できる場合には、アクチュエータ10は、連結部14を有していなくてもよい。連結部14は、例えば振動板12と同様に、弾性を有する薄板である。連結部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。

【0022】

保持部15は、第2の固定部17bを介して振動対象30に接続される。保持部15は、例えば、図1に示すように、断面がT字形状である。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。

30

【0024】

本実施形態において、保持部15は、振動板12と同一の材料により構成されている。ただし、保持部15は、振動板12とは異なる材料により構成されていてもよい。

【0025】

本実施形態において、振動板12と支持部13と連結部14と保持部15とは、一体成型されている。以下、振動板12と支持部13と連結部14と保持部15とが一体成型された部材を、アクチュエータ10のフレーム10aともいう。本実施形態に係るフレーム10aは、同一の材料からなる。フレーム10a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。フレーム10aは、振動板12と支持部13と連結部14と保持部15とがそれぞれ溶接されて一体に成型されてもよい。フレーム10aは、樹脂の一体成型によって作られてもよい。

40

【0026】

第1の固定部17aは、フレーム10aを筐体20に固定する。第2の固定部17bは、フレーム10aを振動対象30に固定する。第1の固定部17a及び第2の固定部17bは、例えば金属、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。第1

50

の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b は、例えばフレーム 10 a と同一の材料により構成されていてもよい。

【0027】

第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b は、例えば平板状の部材である。第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b は、それぞれ圧電素子 11 の伸縮方向に交差する方向に変位可能である。本実施形態では、第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b は、その平面が、圧電素子 11 の伸縮方向に直交する方向であって、振動板 12 の屈曲振動の方向に直交する方向に変位可能に、フレーム 10 a に接続される。

【0028】

第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b は、フレーム 10 a をそれぞれ筐体 20 及び振動対象 30 に固定するためのねじ止め用の穴 17 c を有する。なお、フレーム 10 a と、筐体 20 及び振動対象 30 との固定方法は、ねじ止めに限られない。フレーム 10 a は、例えば接着等により筐体 20 及び振動対象 30 に固定されてもよい。この場合、第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b は、穴 17 c を有していなくてもよい。第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b は、それぞれアクチュエータ 10 の筐体 20 及び振動対象 30 への固定状態において、少なくとも一部が筐体 20 及び振動対象 30 から露出する。すなわち、第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b の少なくとも一部は、フレーム 10 a と、それぞれ筐体 20 及び振動対象 30 とのクリアランスを保つように、筐体 20 及び振動対象 30 に固定される。

10

【0029】

図 3 は、第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b を介したアクチュエータ 10 の固定方法の例を示す図であり、アクチュエータ 10 を一方の側面（一方の支持部 13 側）から見た図である。図 3 では、説明のため、第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b のうち、それぞれ筐体 20 及び振動対象 30 の内部に挿入された部分についても示している。

20

【0030】

例えば図 3 (a) に示すように、筐体 20 及び振動対象 30 に形成された溝にそれぞれ第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b を挿入して接着剤等で固定することにより、アクチュエータ 10 を筐体 20 及び振動対象 30 に固定できる。この場合、第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b は、穴 17 c を有していなくてもよい。

30

【0031】

また、例えば図 3 (b) に示すように、筐体 20 及び振動対象 30 に形成された溝にそれぞれ第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b を挿入し、穴 17 c を介して第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b をねじ止めすることにより、アクチュエータ 10 を筐体 20 及び振動対象 30 に固定できる。

【0032】

また、例えば第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b を側面視において L 字型に形成し、図 3 (c) に示すように、筐体 20 及び振動対象 30 の表面でそれぞれ第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b をねじ止めすることにより、アクチュエータ 10 を筐体 20 及び振動対象 30 に固定できる。図 3 (c) に示すように、筐体 20 及び振動対象 30 の表面で第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b をねじ止めする場合には、筐体 20 及び振動対象 30 に、それぞれ第 1 の固定部 17 a 及び第 2 の固定部 17 b を挿入するための溝を形成する必要がない。

40

【0033】

図 1 及び図 3 に示すように、筐体 20 には、連結部 14 に接続された第 1 の固定部 17 a 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。

【0034】

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

50

等であってよい。振動対象 30 には、保持部 15 に接続された第 2 の固定部 17 b 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。

【0035】

[触感呈示装置の動作例]

図 4 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 4 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又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る。

10

【0036】

図 4 に示されるように、コントローラ 40 は、アクチュエータ 10 に接続される。コントローラ 40 は、アクチュエータ 10 に駆動信号を出力する。駆動信号は、アクチュエータ 10 の圧電素子 11 に対して印加される電圧信号である。

【0037】

圧電素子 11 は、コントローラ 40 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 10 の振動板 12 は、圧電素子 11 の変位に応じて屈曲する。つまり、圧電素子 11 が振動板 12 の長手方向に縮む方向に変位した場合、振動板 12 は第 2 の面 12 b が凸になるように屈曲する。また、圧電素子 11 が振動板 12 の長手方向に伸びる方向に変位した場合、振動板 12 は第 1 の面 12 a が凸になるように屈曲する。このように、圧電素子 11 の変位が、振動板 12 の第 1 の面 12 a の法線方向の振動に変換される。

20

【0038】

本実施形態においては、圧電素子 11 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 12 は、第 2 の面 12 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 11 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 11 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。

30

【0039】

このようにして、コントローラ 40 は、アクチュエータ 10 を駆動し、振動板 12 を振動させる。振動板 12 の振動は、保持部 15 を介して振動対象 30 に伝達される。そして、振動対象 30 にタッチしたユーザに対して触感が呈示される。

【0040】

コントローラ 40 は、例えば図 4 に示されるように、タッチセンサ 50 に接続されてもよい。この場合、コントローラ 40 は、タッチセンサ 50 から取得した信号に応じて、アクチュエータ 10 に駆動信号を出力してもよい。タッチセンサ 50 は、触感呈示装置 1 の振動対象 30 であってもよい。この場合、ユーザが振動対象 30 にタッチしていることがタッチセンサ 50 により検出される。コントローラ 40 は、ユーザが振動対象 30 にタッチしているときに振動対象 30 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 30 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 50 は、触感呈示装置 1 の振動対象 30 とは別個の構成として設けられてもよい。

40

【0041】

[フレームの形状]

図 5 は、本実施形態に係るアクチュエータ 10 のフレーム 10 a の断面形状の例である。アクチュエータ 10 のフレーム 10 a は、アクチュエータ 10 の駆動に応じて弾性変形する。図 5 (a) には、アクチュエータ 10 が駆動されていない場合のフレーム 10 a の形状が示されている。また図 5 (b) には、アクチュエータ 10 が駆動されている場合の

50

フレーム 10 a の形状が示されている。図 5 (b) において振動板 12 は、アクチュエータ 10 の駆動に応じて第 2 の面 12 b が凸となるように屈曲している。

【 0042 】

図 5 (a) に示されるように、アクチュエータ 10 が駆動されていない場合、支持部 13 は、振動板 12 に接続される側の端部が連結部 14 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 13 の状態のことを、支持部 13 が外側に傾いている状態ともいう。この場合、振動板 12 と支持部 13 とがなす角度は鋭角になっている。

【 0043 】

支持部 13 は、振動板 12 の法線方向と支持部 13 とがなす角度が θ となるように設けられている。以下、角度 (θ) のことを与角 (θ) ともいう。与角 (θ) は、振動板 12 の法線方向に対して支持部 13 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 (θ) 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 13 が設けられる方向を一意に表すために、与角 (θ) は、 $-\pi < \theta < \pi$ であるものとする。

10

【 0044 】

支持部 13 の長さは H である。この場合、振動板 12 の端部と連結部 14 との距離は、 $H \cos \theta$ である。振動板 12 の端部と連結部 14 との距離は、振動板 12 の端部から連結部 14 を含む面に下ろした垂線の長さとして定義される。

【 0045 】

20

図 5 (b) に示されるように、アクチュエータ 10 が駆動されている場合、振動板 12 は屈曲している。振動板 12 の両端部に対する中央部の変位は、第 1 の面 12 a 側から第 2 の面 12 b 側へ向かう変位が正の値になるものとして、 x (> 0) である。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。振動板 12 により引っ張られた支持部 13 は、振動板 12 の法線方向と支持部 13 とがなす角度が θ となる。以下、角度 (θ) のことを変位角 (θ) ともいう。変位角 (θ) は、支持部 13 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 (θ) の範囲と同様に、変位角 (θ) は、 $-\pi < \theta < \pi$ であるものとする。アクチュエータ 10 の駆動状態において、支持部 13 の上端は、振動板 12 の中央部側に引っ張られるため、 θ と θ は、 $\theta > \theta$ を満たす。支持部 13 の長さは、図 5 (a) と同様に H である。この場合、振動板 12 の端部と連結部 14 との距離は、 $H \cos \theta$ である。

30

【 0046 】

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 の端部と連結部 14 との距離の変化 (y) は、以下の式 (1) により算出される。

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

ここで、 $\theta > \theta > 0$ 、 $H > 0$ であるから、 $y > 0$ である。

【 0047 】

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 (x) と、振動板 12 の端部と連結部 14 との距離の変化 (y) との和である。

40

$y > 0$ であるから、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 ($y = 0$) 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 の変位を大きくすることができる。

【 0048 】

< 比較例 >

図 6 は、比較例に係るアクチュエータ 10 のフレーム 10 b の断面形状である。フレーム 10 b は、図 1 等に示されるフレーム 10 a と同様に、一体成型された振動板 12、支持部 13 及び連結部 14 と、保持部 15 とにより構成される部材である。フレーム 10 b は、フレーム 10 a とは異なる断面形状を有する。図 6 (a) には、アクチュエータ 10 が駆動されていない場合のフレーム 10 b の形状が示されている。図 6 (b) には、アク

50

チュエータ10が駆動されている場合のフレーム10bの形状が示されている。図6(b)において振動板12は、アクチュエータ10の駆動に応じて第2の面12bが凸となるように屈曲している。

【0049】

図6(a)に示されるように、アクチュエータ10が駆動されていない場合、フレーム10bの支持部13は、振動板12の法線方向に沿うように位置している。つまり図6(a)において、支持部13は振動板12に直交している。支持部13の長さはHである。この場合、振動板12の端部と連結部14との距離は、支持部13の長さと同じ(H)である。

【0050】

図6(b)は、アクチュエータ10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12b側にxだけ変位するように屈曲しているとする。図5の場合と同様に、第1の面12a側から第2の面12b側へ向かう変位を正の値として、 $x > 0$ 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、(上述の定義によれば < 0)となっている。支持部13の長さは、図5(a)と同様にHである。この場合、振動板12の端部と連結部14との距離は、 $H \cos$ である。

【0051】

図6(a)と図6(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の端部と連結部14との距離の変化(y)は、以下の式(2)により算出される。

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

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

【0052】

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(x)と、振動板12の端部と連結部14との距離の変化(y)との和である。

$y < 0$ であるから、上述の本実施形態に係るフレーム10aの断面形状の例($y > 0$)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($y = 0$)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。

【0053】

このように、本実施形態に係るフレーム10aの断面形状は、支持部13が与角()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10b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10a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。

【0054】

次に、筐体20及び振動対象30に固定されたアクチュエータ10の動作について、図7を参照しながら説明する。図7は、アクチュエータ10を一方の側面(一方の支持部13側)から見た図である。本実施形態に係るアクチュエータ10は、例えば図3(a)に示したように、第1の固定部17a及び第2の固定部17bの一部がそれぞれ筐体20及び振動対象30に挿入された状態で固定される。この状態で、例えば圧電素子11が駆動されると、アクチュエータ10の振動により、振動対象30が図7(a)の上下方向に振動する。

【0055】

図7(b)は、アクチュエータ10に対してせん断応力がかかっている場合の状態を示

10

20

30

40

50

す図である。図7(b)に示すように、筐体20と振動対象30とが図7(a)に示した状態から、左右のそれぞれ反対方向にずれた場合、アクチュエータ10にせん断応力がかかる。この場合、第1の固定部17a及び第2の固定部17bにおいてそれぞれ筐体20及び振動対象30から露出した部分が、せん断方向の応力に対応して、第1の固定部17a及び第2の固定部17bの弾性により変形する。この状態で圧電素子11が駆動されると、振動板12での振動の方向が、変形した第1の固定部17a及び第2の固定部17bにより、筐体20及び振動対象30に対する垂直な方向の振動に変換される。このようにして、振動対象30が図7(b)の上下方向に振動する。このように、本実施形態によれば、アクチュエータ10は、第1の固定部17a及び第2の固定部17bにより、せん断応力に対して対応可能である。

10

【0056】

次に、本実施形態に係るアクチュエータ10を所定の機器に搭載した場合のアクチュエータ10の動作の一例について説明する。ここでは、一例として、アクチュエータ10を、スマートフォン等の端末装置に搭載した場合の例について説明する。

【0057】

図8は、図1に示すアクチュエータ10を端末装置に搭載した例を示す端末装置の断面図である。端末装置60は、本体61と、本体61の上面側に配置されるパネル62とを備える。

【0058】

本体61は、例えば金属又は硬質プラスチック等で形成される。本体61は、例えば外觀形状が概略直方体形状であり、パネル62が配置されるための凹部を有する。本体61は、図1で示した筐体20に対応する。

20

【0059】

パネル62は、接触を検出するタッチパネル、又は端末装置60が備える表示部を保護するカバーパネル等であり、例えばガラス又はアクリル等の合成樹脂により形成される。パネル62は、例えば略直方体形状である。パネル62は、平板であってもよいし、表面が滑らかに傾斜する曲面パネルであってもよい。パネル62は、図1に示した振動対象30に対応する。

【0060】

本体61は、凹部の底部に、略直角三角形形状の突起61aを有する。また、パネル62は、本体61に配置された状態における下面側に、略直角三角形形状の突起62aを有する。図8に示すように、本体61とパネル62とは、それぞれ突起61a及び突起62aが形成する傾斜面において、支持部材63を介して結合される。支持部材63は、例えばゴム等の弾性材料により形成される。

30

【0061】

また、本体61とパネル62との間には、アクチュエータ10が連結されている。図8に示す例では、本体61の凹部により形成される側面と、本体61に配置された状態におけるパネル62の側面とに、それぞれ第1の固定部17a及び第2の固定部17bが挿入されることにより、アクチュエータ10が本体61とパネル62との間に連結されている。

40

【0062】

ここで、圧電素子11が駆動されると、アクチュエータ10の振動がパネル62に伝達され、パネル62が振動する。ここで説明している例では、図8(b)の矢印で示すように、パネル62は、突起61a及び62aの傾斜面に沿って、左下から右上という斜め方向に振動する。このとき、例えば、ユーザの指がパネル62を押圧すると、アクチュエータ10の第1の固定部17a及び第2の固定部17bが、押圧により発生するせん断応力に対して変形する。そのため、せん断応力がかかった場合であっても、アクチュエータ10は、所望の振動をパネル62に発生させやすい。このように、アクチュエータ10によれば、第1の固定部17a及び第2の固定部17bにより、せん断応力に対して対応可能である。

50

【 0 0 6 3 】

なお、図 8 では、パネル 6 2 が突起 6 1 a 及び 6 2 a の傾斜面に沿って斜め方向に振動する場合について説明したが、パネル 6 2 の振動方向は、この方向に限られない。例えば、本体 6 1 及びパネル 6 2 がそれぞれ突起 6 1 a 及び 6 2 a を有さず、パネル 6 2 が支持部材 6 3 を介して本体 6 1 の凹部の底部に結合されている場合、パネル 6 2 は、パネル 6 2 の面に沿った方向（図 8 における横方向）に振動する。また例えば、パネル 6 2 の下面と、本体 6 1 の凹部の底部とが、アクチュエータ 1 0 により結合されている場合、アクチュエータ 1 0 の振動により、パネル 6 2 は、パネル 6 2 の面に垂直な方向（図 8 における縦方向）に振動する。パネル 6 2 が横方向又は縦方向に振動する場合においても、例えばユーザがパネル 6 2 の周縁付近をタッチすることにより、アクチュエータ 1 0 にせん断応力がかかる場合がある。しかしながら、この場合でも、アクチュエータ 1 0 は第 1 の固定部 1 7 a 及び第 2 の固定部 1 7 b が変形することにより、せん断応力に対して対応可能である。

10

【 0 0 6 4 】

仮に、端末装置 6 0 において、例えば図 7 (c) に示したような、第 1 の固定部 1 7 a 及び第 2 の固定部 1 7 b を有さないアクチュエータ 1 0 0 を用いた場合、本体 6 1 とパネル 6 2 との位置関係に基づくせん断応力が発生すると、アクチュエータ 1 0 0 は、所望の振動をパネル 6 2 に与えられなくなりうる。

【 0 0 6 5 】

このように、本実施形態に係るアクチュエータ 1 0 では、アクチュエータ 1 0 にせん断応力が発生した場合に、第 1 の固定部 1 7 a 及び第 2 の固定部 1 7 b が変形する。これにより、アクチュエータ 1 0 は、せん断応力が発生した場合であっても、所望の振動を振動対象 3 0 に与えやすい。

20

【 0 0 6 6 】

（第 2 実施形態）

第 1 実施形態では、振動板 1 2 と支持部 1 3 と連結部 1 4 と保持部 1 5 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 1 2、連結部 1 4 及び保持部 1 5 の材料と支持部 1 3 の材料とが異なる構成について説明する。図 9 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、適宜説明を省略し、主に異なる点について説明する。

30

【 0 0 6 7 】

本実施形態において、振動板 1 2、連結部 1 4 及び保持部 1 5 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 1 2 の材料と連結部 1 4 の材料と保持部 1 5 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 1 3 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 1 2 の法線方向の弾性係数が大きい部材である。支持部 1 3 は、金属等の他の材料により構成されてもよい。支持部 1 3 は、振動板 1 2 との接合部及び連結部 1 4 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 1 3 は、傾斜するように動くことができる。

【 0 0 6 8 】

本実施形態において、振動板 1 2 と支持部 1 3 とは異なる材料間で一体成型される。例えば、振動板 1 2 と支持部 1 3 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 1 2 の周りに支持部 1 3 となる樹脂を成型することにより、振動板 1 2 と支持部 1 3 とが一体成型されてもよい。あるいは、金属の振動板 1 2 に嵌合部を設け、樹脂により構成される支持部 1 3 と嵌合することにより、振動板 1 2 と支持部 1 3 とが一体成型されてもよい。あるいは、金属の振動板 1 2 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 1 2 と支持部 1 3 とが一体成型されてもよい。あるいは、金属の振動板 1 2 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 1 2 と支持部 1 3 とが一体成型されてもよい。

40

【 0 0 6 9 】

本実施形態に係るアクチュエータ 1 0 によれば、材料が互いに異なる振動板 1 2 と支持

50

部 1 3 とが一体成型される。この場合、振動板 1 2 と支持部 1 3 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 1 1 の変位に応じて発生する振動板 1 2 の振動の減衰が支持部 1 3 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 1 0 によれば、振動板 1 2 と支持部 1 3 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。

【 0 0 7 0 】

第 2 実施形態に係るアクチュエータ 1 0 は、第 1 実施形態と同様に、振動板 1 2 と支持部 1 3 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 1 0 によれば、振動板 1 2 と支持部 1 3 とがなす角度が鋭角でない場合と比較して、振動対象 3 0 に対して伝達されるアクチュエータ 1 0 の変位をより大きくできる。

10

【 0 0 7 1 】

(他の実施形態)

図 1 0 は、振動板 1 2 と支持部 1 3 との接合部の断面形状の例である。図 1 0 (a) は、接合部の内側 (振動板 1 2 の第 1 の面 1 2 a に連結する側) において切込み 1 6 が設けられている断面形状の例を示す。図 1 0 (b) は、接合部の外側 (振動板 1 2 の第 2 の面 1 2 b に連結する側) において切込み 1 6 が設けられている断面形状の例である。図 1 0 (c) は、内側にも外側にも切込み 1 6 が設けられていない比較例である。

【 0 0 7 2 】

図 1 0 (a) 及び図 1 0 (b) に示される振動板 1 2 と支持部 1 3 との接合部は、図 1 0 (c) に示される例と比較して、切込み 1 6 が設けられているために屈曲しやすい。よって、支持部 1 3 の上部が振動板 1 2 の中央部側に引っ張られやすくなり、アクチュエータ 1 0 の駆動時の振動板 1 2 の屈曲が妨げられにくくなる。

20

【 0 0 7 3 】

図 1 0 (a) 及び図 1 0 (b) に示される切込み 1 6 は、支持部 1 3 と連結部 1 4 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 1 3 の与角 () と変位角 () との差がより大きくなりうる。

【 0 0 7 4 】

図 1 1 は、リブ 1 3 a を備える支持部 1 3 の例である。図 1 1 (a) は、アクチュエータ 1 0 のフレーム 1 0 a の断面形状の例を示す。図 1 1 (b) は、図 1 1 (a) の A - A 断面図である。支持部 1 3 が図 1 1 (b) に示されるようなリブ 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。

30

【 0 0 7 5 】

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。

40

【 0 0 7 6 】

図 1 2 は、連結部 1 4 を内側に曲げて両側の連結部 1 4 を接続したフレーム 1 0 a の例である。図 1 2 (a) は、フレーム 1 0 a の断面形状を示している。図 1 2 (b) は、フレーム 1 0 a の平面図である。図 1 2 (a) によれば、連結部 1 4 が接続されることにより、フレーム 1 0 a 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、連結部 1 4 が分離して形成される場合と比較して、フレーム 1 0 a の強度が増す。また図 1 2 (b) によれば、連結部 1 4 の横にねじ止め用の穴 1 4 a が設けられており、連結部 1 4 の

50

筐体 20 へのねじ止めが容易になっている。

【0077】

(変位の算出例)

図 13 は、アクチュエータ 10 の駆動時の各部の寸法の一列を示す図である。ここで、図 13 を用いて、アクチュエータ 10 の駆動時における振動板 12 の中央部の変位の算出例について説明する。なお、図 13 では、保持部 15 の記載を省略している。

【0078】

図 13 (a) は、アクチュエータ 10 が駆動されていない場合の各部の寸法の一列である。圧電素子 11 の長手方向の寸法は L である。圧電素子 11 は、振動板 12 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 12 の長手方向の寸法は、L + 2M である。支持部 13 の長さは H である。支持部 13 と振動板 12 の法線方向とがなす角 (与角) は θ である。支持部 13 の、連結部 14 に連結する側の端部は、連結部 14 により固定される。支持部 13 は、当該端部を中心として揺動可能である。

10

【0079】

図 13 (b) は、アクチュエータ 10 の駆動時の各部の寸法の一列である。圧電素子 11 が縮むことにより、振動板 12 は、第 2 の面 12b (図 1 参照) が凸になるように屈曲している。図 13 (b) において、アクチュエータ 10 が駆動されていない場合の振動板 12 及び支持部 13 の形状は、二点鎖線で示されている。振動板 12 の端部 (支持部 13 との接合部) に対する中央部の変位 (x) は、以下の式 (3) により算出される。

$$x = M \sin \alpha + (1 - \cos \alpha) R \quad (3)$$

20

ここで R は、振動板 12 が屈曲する際の曲率半径である。α は、振動板 12 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 12 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、2α と表される。曲率半径 (R) 及び内角 (2α) は、圧電素子 11 の変位量、又は、圧電素子 11 と振動板 12 との厚みの比等によって定められる値である。

【0080】

曲率半径 (R) 又は屈曲部分の内角 (2α) が既知である場合、支持部 13 の変位角 (β) は、以下の式 (4) を用いて算出されうる。

$$\beta = \arcsin \left(\frac{M (1 - \cos \alpha)}{H} \right) \quad (4)$$

ここで、式 (4) では、 $\frac{M (1 - \cos \alpha)}{H}$ 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、 $\sin \beta \approx \beta$ 、 $\cos \beta \approx 1 - \frac{\beta^2}{2}$ 、及び $\sin \alpha \approx \alpha$ としている。また、 $\sin \alpha \approx L / 2$ としている。

30

【0081】

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 (R) 及び内角 (2α) に応じた支持部 13 の変位角 (β) が 0 となる。式 (4) において β = 0 の場合、与角 (θ) は、以下の式 (5) の関係を満たす。

$$\theta = \arcsin \left(\frac{M (1 - \cos \alpha)}{H} \right) \quad (5)$$

【0082】

図 13 (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 の端部と連結部 14 との距離の変化 (y) は、以下の式 (6) により算出される。

40

$$y = H (1 - \cos \beta) \quad (6)$$

【0083】

振動板 12 の中央部の変位 (z) は、x と y との和である。よって図 13 (b) に示される振動板 12 の中央部の変位 (z) は、式 (3) 及び式 (6) に基づく以下の式 (7) を用いて算出される。

$$z = M \sin \alpha + (1 - \cos \alpha) R + H (1 - \cos \beta) \quad (7)$$

【0084】

上述の式 (1) によれば、与角 (θ) と変位角 (β) とが $\cos \theta < \cos \beta$ を満たす

50

場合、 $y > 0$ 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、 $y > 0$ となる。よって、 $\theta = 0$ であれば、 $y > 0$ である。以上のことから、 $y > 0$ となるための与角(θ)に係る十分条件は、以下の式(8)により表される。

$$M(1 - \cos \theta) / H \quad (8)$$

【0085】

したがって式(8)を満たすように、支持部13の与角(θ)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。

【0086】

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。

10

【符号の説明】

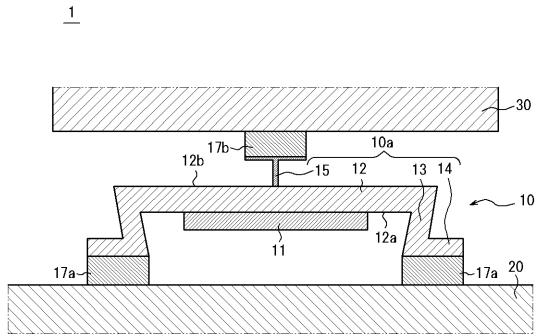
【0087】

- 1 触感呈示装置
- 10、100 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
- 14 連結部
- 14a、17c 穴
- 15 保持部
- 16 切込み
- 17a 第1の固定部
- 17b 第2の固定部
- 20 筐体(基部)
- 30 振動対象
- 40 コントローラ
- 50 タッチセンサ
- 60 端末装置
- 61 本体
- 61a、62a 突起
- 62 パネル
- 63 支持部材

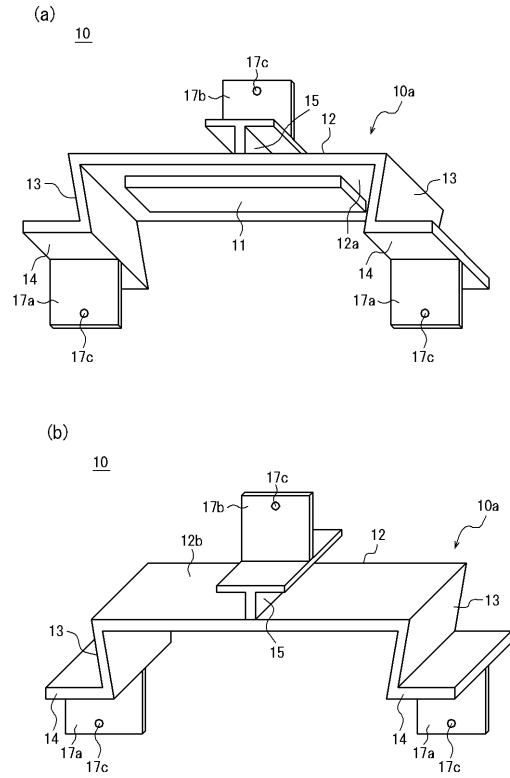
20

30

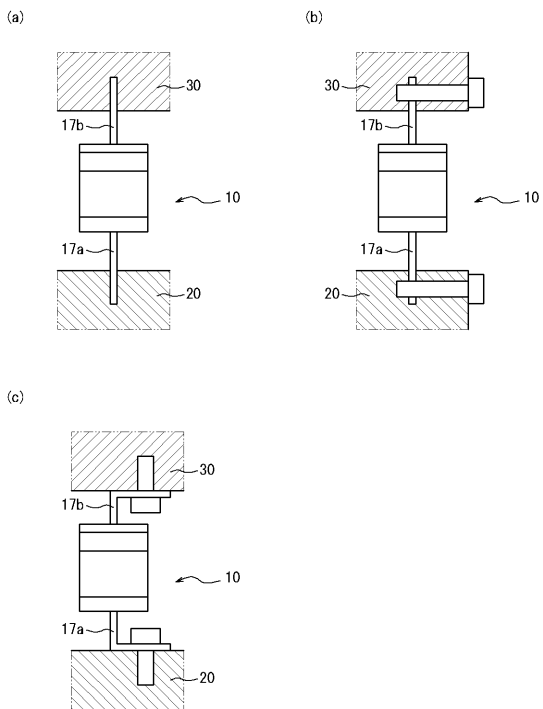
【図1】



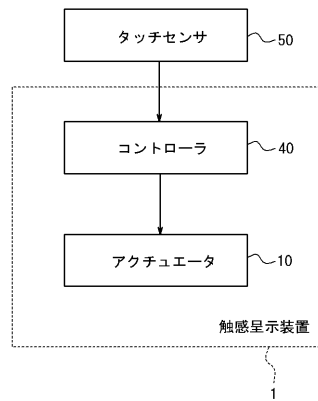
【図2】



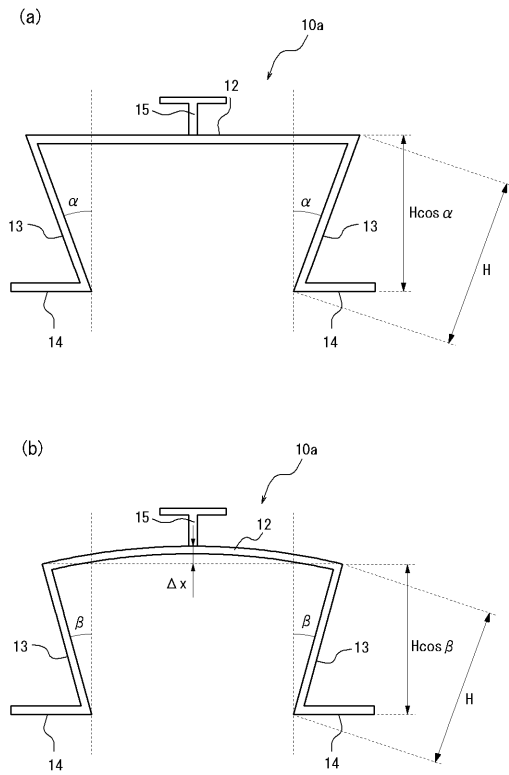
【図3】



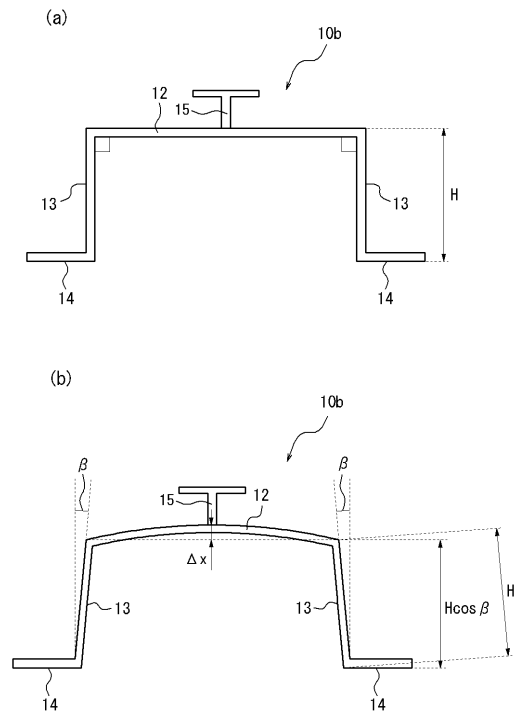
【図4】



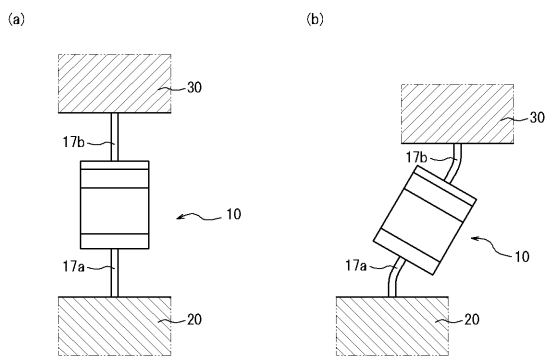
【 図 5 】



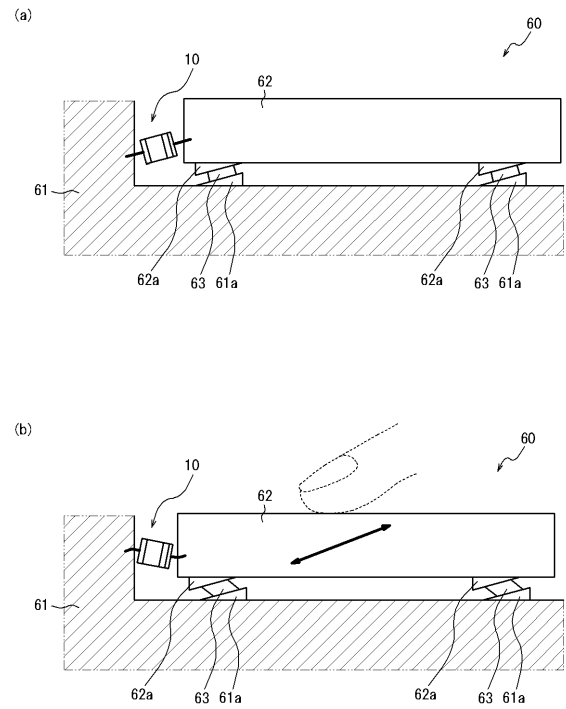
【 図 6 】



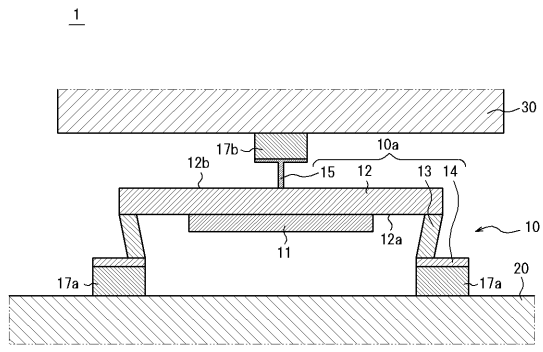
【 図 7 】



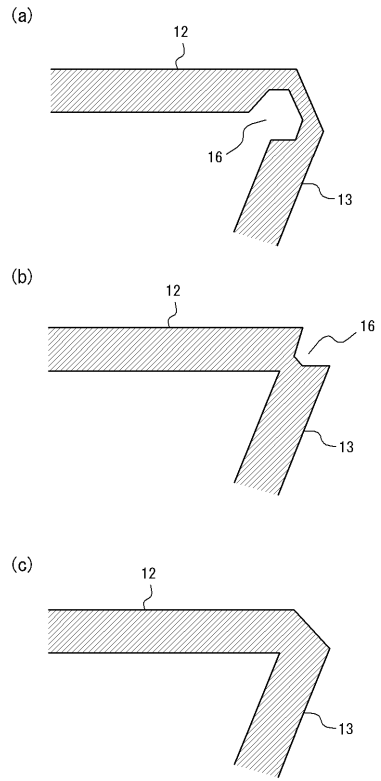
【 図 8 】



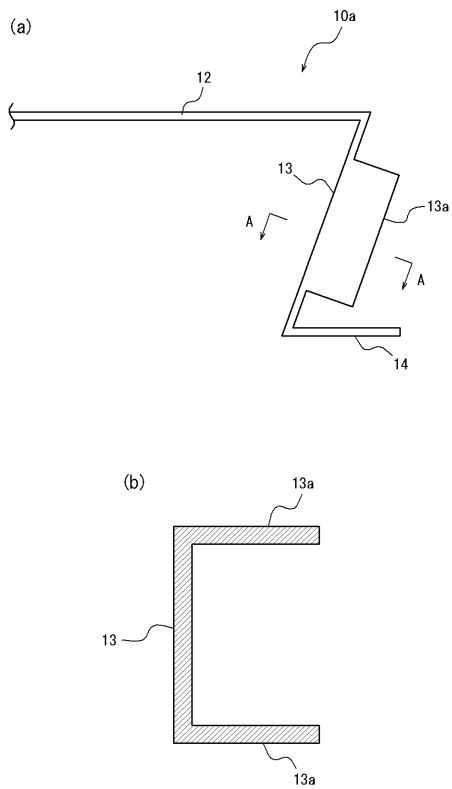
【 図 9 】



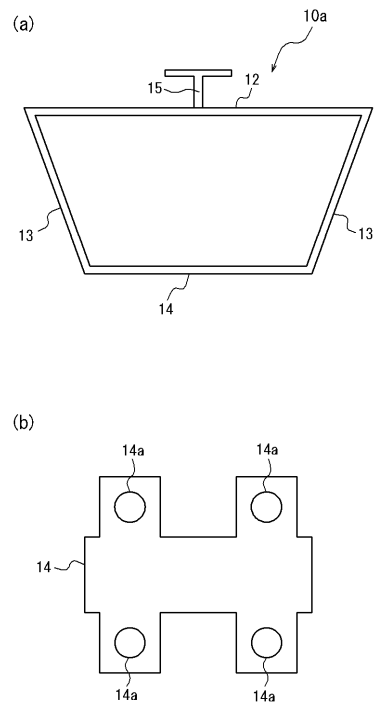
【 図 1 0 】



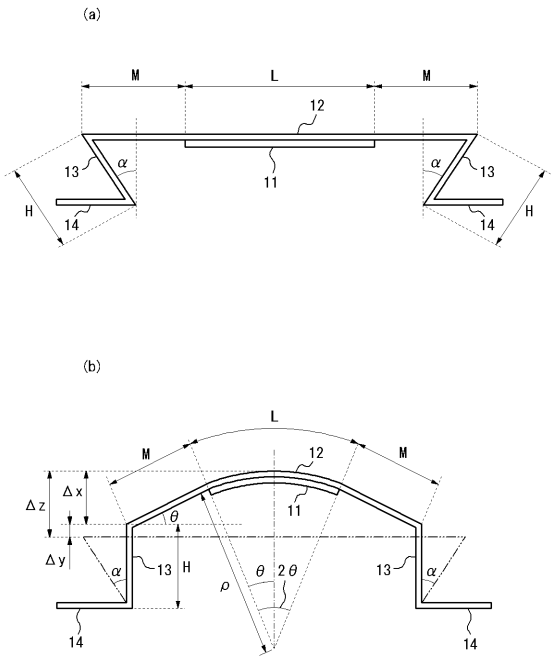
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5E555 AA08 AA80 BA02 BA04 BA23 BB02 BB04 BB23 BC01 CA10
CA12 CB12 CB20 DA24 DD06 FA00
5H681 BB02 BC07 CC01 DD15 DD27 DD34 DD64 DD82 GG01