

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6923278号
(P6923278)

(45) 発行日 令和3年8月18日(2021.8.18)

(24) 登録日 令和3年8月2日(2021.8.2)

(51) Int. Cl. F I
BO6B 1/04 (2006.01) BO6B 1/04 S
HO2K 33/12 (2006.01) HO2K 33/12

請求項の数 18 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2020-15500 (P2020-15500)	(73) 特許権者	000114215
(22) 出願日	令和2年1月31日(2020.1.31)		ミネベアミツミ株式会社
(65) 公開番号	特開2020-195999 (P2020-195999A)		長野県北佐久郡御代田町大字御代田410
(43) 公開日	令和2年12月10日(2020.12.10)		6-73
審査請求日	令和2年7月31日(2020.7.31)	(74) 代理人	110002952
(31) 優先権主張番号	特願2019-103148 (P2019-103148)		特許業務法人鷺田国際特許事務所
(32) 優先日	令和1年5月31日(2019.5.31)	(72) 発明者	高橋 勇樹
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツ
早期審査対象出願		(72) 発明者	関口 力
			東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツ
		(72) 発明者	下村 重幸
			東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツ
			ミ電機株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動アクチュエータ及び電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

コイルを含む固定体と、
 前記コイルの径方向内側で前記コイルの径方向と直交する振動方向に相対移動可能に配置されるマグネットを含む可動体と、
 前記可動体を前記固定体に対して移動自在に支持する弾性支持部と、
 を有し、給電される前記コイルと前記マグネットの協働により、前記可動体が前記固定体に対して振動する振動アクチュエータであって、
 前記固定体は、前記マグネットを径方向外側で囲むように配置され、且つ、前記径方向外側に配置される前記コイルを保持するボビン状のコイル保持部を有し、
 前記コイル保持部は、前記コイルの前記径方向内側で、前記マグネットから間隔を空けて配置され、前記コイルと前記マグネットを含む前記可動体との接触を阻害するコイル保護壁部を有し、
 前記弾性支持部は、前記可動体を前記振動方向で挟むように前記固定体と前記可動体との間に架設された少なくとも2つ以上の板ばねを有し、
 前記板ばねは、前記可動体の非振動時及び振動時に、前記可動体が前記コイル保持部に接触しないよう、前記可動体を振動方向で移動自在に支持し、
 前記コイル保持部には、前記コイルが接続されるコイル結線部が突出して設けられ、
 前記コイル保持部は、振動方向の中央部に径方向に張り出すフランジ状の中央壁部を有し、前記コイルを構成する第1コイルと第2コイルとを、前記中央壁部を振動方向で挟む

ように、並べて保持し、

前記中央壁部は、

前記コイル結線部と、

前記中央壁部の外周部で径方向外方に開口して設けられ、前記第1コイルと前記第2コイルとを連絡するコイル線が配線される溝部と、

を有し、

前記コイルの径方向外側に、前記コイルを囲むように配置され、磁性体からなる電磁シールド部を更に有し、

前記コイル保持部は、振動方向の両端部に放射方向に張り出す両端フランジ部を有し、

前記中央壁部は、前記電磁シールド部に当接するように前記両端フランジ部と同一径部を有する、

振動アクチュエータ。

【請求項2】

前記マグネットは、前記振動方向で単極着磁されて構成され、

前記第1コイル及び第2コイルを形成する前記コイルの巻線は、前記溝部において巻方向を逆方向に反転される、

請求項1記載の振動アクチュエータ。

【請求項3】

前記溝部は、前記溝部の底部を構成する底壁部と、前記底壁部において前記コイル結線部から遠い側の端部から前記径方向外方に延びる一側壁部とを有し、

前記底壁部と前記一側壁部とは、前記一側壁部と前記底壁部との接合部を通る前記中央壁部の外径の法線よりも前記コイル結線部側で鋭角を形成するように設けられている、

請求項1または2に記載の振動アクチュエータ。

【請求項4】

前記コイル結線部は、前記中央壁部の外径より外方に突設されている、

請求項1から3のいずれか一項に記載の振動アクチュエータ。

【請求項5】

前記電磁シールド部は、中央に前記コイル結線部が挿通する開口部を有する、

請求項4記載の振動アクチュエータ。

【請求項6】

前記電磁シールド部の前記開口部は、前記電磁シールド部における前記振動方向の片側で前記振動方向に開口して設けられている、

請求項5記載の振動アクチュエータ。

【請求項7】

前記中央壁部は、前記コイルの巻線を前記コイル結線部から前記コイル保持部のコイル巻回部分における一巻目の位置に案内するコイル案内部を有する、

請求項6記載の振動アクチュエータ。

【請求項8】

前記ケースの外周面には、配線固定用の突起部が設けられている、

請求項1から7のいずれか一項に記載の振動アクチュエータ。

【請求項9】

前記突起部は、前記ケースの外周面から突出する突出片と、突出片の先端から突出片に対して垂直に突出する垂直片とを有し、前記突出片と前記垂直片とは、前記外周面とともに配線可能な溝を構成する、

請求項8記載の振動アクチュエータ。

【請求項10】

前記突起部には、前記配線としてのケーブルが接着固定されている、

請求項8または9に記載の振動アクチュエータ。

【請求項11】

U字形状、ないし、リング状形状の端部を有するケーブルを備え、

10

20

30

40

50

前記ケーブルは、前記コイル結線部に、前記端部を係合してはんだにより接合されている、

請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の振動アクチュエータ。

【請求項 12】

前記両端フランジ部は、それぞれ振動方向に突出する突起を有し、前記突起を介して前記コイル保持部を収容するケースの底面及び天面をそれぞれ受ける受け部を備える、

請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の振動アクチュエータ。

【請求項 13】

前記突起は、前記両端フランジ部において、前記コイル保持部の軸を中心に等間隔に間を空けて設けられている、

請求項 12 記載の振動アクチュエータ。

【請求項 14】

前記突起は、前記コイル保持部の軸を中心に等間隔を空けて3箇所設けられている、

請求項 13 記載の振動アクチュエータ。

【請求項 15】

前記突起は、前記板ばねに設けられた位置決め溝に嵌合して、前記板ばねの径方向の位置決めを行う、

請求項 14 記載の振動アクチュエータ。

【請求項 16】

前記コイル保持部の外周には、前記電磁シールド部と係合し、当該電磁シールド部を位置決めする位置決め用の凹みが設けられている、

請求項 1 に記載の振動アクチュエータ。

【請求項 17】

前記コイル保持部は前記電磁シールド部に接着固定されている、

請求項 1 から 16 のいずれか一項に記載の振動アクチュエータ。

【請求項 18】

請求項 1 から 17 のいずれか一項に記載の振動アクチュエータを実装した、電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動アクチュエータ及びこれを備える電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、振動機能を有する電子機器には、振動発生源として振動アクチュエータが実装されている。電子機器は、振動アクチュエータを駆動してユーザに振動を伝達して体感させることにより、着信を通知したり、操作感や臨場感を向上したりすることができる。ここで、電子機器は、携帯型ゲーム端末、据置型ゲーム機のコントローラ（ゲームパッド）、携帯電話やスマートフォンなどの携帯通信端末、タブレットPCなどの携帯情報端末、服や腕などに装着されるウェアラブル端末の携帯できる携帯機器を含む。

【0003】

携帯機器に実装される小型化可能な構造の振動アクチュエータとしては、例えば、特許文献1に示すように、ページャー等に用いられる振動アクチュエータが知られている。

【0004】

この振動アクチュエータは、一对の板状弾性体を相対向するようにして円筒状の枠体の開口縁部でそれぞれ支持させている。加えて、この振動アクチュエータは、一对の板状弾性体のうちの一方の渦巻型形状の板状弾性体における盛り上がった中央部分に、磁石を取り付けたヨークを固定して、ヨークを枠体内で支持している。

【0005】

ヨークは磁石とともに磁界発生体を構成し、この磁界発生体の磁界内に、コイルが他方

10

20

30

40

50

の板状弾性体に取り付けた状態で配置されている。コイルは、銅線の表面に樹脂を焼き付けたエナメル線を用いて円筒状体に構成され、所謂、自己融着線を用いた空芯コイルであり、配置スペースは小さくなっている。このコイルに発振回路を通じて周波数の異なる電流が切替えて付与されることにより一对の板状弾性体は選択的に共振されて振動を発生し、ヨークは枠体内で枠体の中心線方向で振動する。

【0006】

この振動アクチュエータでは、ヨークと枠体の内周壁との距離よりも磁石とコイル及びヨークとコイル間の距離を大きくしている。これにより、外部から衝撃を受けた場合、先にヨークが枠体の内周壁に衝突させることによりヨークや磁石がコイルに接触することがなく、コイルの破損を防止している。

10

【0007】

しかしながら、実際には、磁石を有するヨークが枠体に衝突するので、ヨークを有する可動体を弾性支持する一对の板状弾性体は衝撃を受けて損傷する恐れがある。

【0008】

このため、特許文献1では、第2の実施の形態として、可動体が振動方向に摺動して移動するシャフトを固定体に設けることにより、外部から衝撃を受けても可動体であるヨークは、シャフトにより枠体の内周面に移動することがなく、枠体への衝突を防止する構成も開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0009】

【特許文献1】特許第3748637号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、可動体が摺動するシャフトを固定体に設けた従来の振動アクチュエータの構成では、シャフトにより可動体の動きを規制して耐衝撃性を高めることはできるものの、可動体が駆動時にシャフトを摺動して、摺動音が発生する恐れがある。

【0011】

振動音等のように、接触によるノイズの発生は、振動アクチュエータ自体の振動表現力を低下させる、という問題がある。このため、可動体の駆動により振動体として振動する振動アクチュエータは、振動ノイズを極力含めずに振動表現力が高く、ユーザに対して十分に体感させることができる好適な体感振動を出力することが望まれている。また、空芯コイルを用いた従来と比較して、低コストであることが望ましい。

30

【0012】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、低コストで小型化を実現できるとともに、耐衝撃性を有し、高い出力で好適な体感振動を発生する振動アクチュエータ及び電子機器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】

【0013】

40

本発明の振動アクチュエータの一つの態様は、
 コイルを含む固定体と、
 前記コイルの径方向内側で前記コイルの径方向と直交する振動方向に相対移動可能に配置されるマグネットを含む可動体と、
 前記可動体を前記固定体に対して移動自在に支持する弾性支持部と、
 を有し、給電される前記コイルと前記マグネットの協働により、前記可動体が前記固定体に対して振動する振動アクチュエータであって、
前記固定体は、前記マグネットを径方向外側で囲むように配置され、且つ、前記径方向外側に配置される前記コイルを保持するボビン状のコイル保持部を有し、
前記コイル保持部は、前記コイルの前記径方向内側で、前記マグネットから間隔を空け

50

て配置され、前記コイルと前記マグネットを含む前記可動体との接触を阻害するコイル保護壁部を有し、

前記弾性支持部は、前記可動体を前記振動方向で挟むように前記固定体と前記可動体との間に架設された少なくとも2つ以上の板ばねを有し、

前記板ばねは、前記可動体の非振動時及び振動時に、前記可動体が前記コイル保持部に接触しないよう、前記可動体を振動方向で移動自在に支持し、

前記コイル保持部には、前記コイルが接続されるコイル結線部が突出して設けられ、

前記コイル保持部は、振動方向の中央部に径方向に張り出すフランジ状の中央壁部を有し、前記コイルを構成する第1コイルと第2コイルとを、前記中央壁部を振動方向で挟むように、並べて保持し、

前記中央壁部は、

前記コイル結線部と、

前記中央壁部の外周部で径方向外方に開口して設けられ、前記第1コイルと前記第2コイルとを連絡するコイル線が配線される溝部と、

を有し、

前記コイルの径方向外側に、前記コイルを囲むように配置され、磁性体からなる電磁シールド部を更に有し、

前記コイル保持部は、振動方向の両端部に放射方向に張り出す両端フランジ部を有し、

前記中央壁部は、前記電磁シールド部に当接するように前記両端フランジ部と同一径部を有する構成を採る。

【0014】

本発明の電子機器の一つの態様は、

上記構成の振動アクチュエータを実装した構成を採る。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、低コストで小型化を実現できるとともに、耐衝撃性を有し、高い出力で好適な体感振動を発生することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施の形態に係る振動アクチュエータを示す外観斜視図である。

【図2】同振動アクチュエータの縦断面図である。

【図3】同振動アクチュエータにおいてケースを外した状態を示す斜視図である。

【図4】弾性支持部が固定された可動体を示す斜視図である。

【図5】可動体及び弾性支持部の分解斜視図である。

【図6】減衰部を備えた弾性支持部の平面図である。

【図7】減衰部を備えた弾性支持部の部分断面図である。

【図8】電磁シールド部を外したコイル組立体を示す図である。

【図9】コイル組立体の分解図である。

【図10】ケース本体の底面側斜視図である。

【図11】蓋部を裏面側からみた図である。

【図12】同振動アクチュエータの磁気回路構成を示す模式的に示す図である。

【図13】コイルとマグネットとの相対的な移動状態を示す図である。

【図14】コイルとマグネットとの相対的な移動状態を示す図である。

【図15】端子絡げ部を有するコイルボビン部を示す斜視図である。

【図16】コイルボビン部を端子絡げ部側から見た側面図である。

【図17】図16のA-A線矢視断面図である。

【図18】図16のX部分の拡大図である。

【図19】端子絡げ部を有する巻線引出部の説明に供するコイル組立体とケースとの関係を示す分解斜視図である。

【図20】コイル組立体におけるコイルボビンと電磁シールド部との接触部分を示す断面

10

20

30

40

50

図である。

【図 2 1】図 3 に示すコイル組立体の平面図である。

【図 2 2】図 3 に示すコイル組立体を端子絡げ部側から見た斜視図である。

【図 2 3】図 3 に示すコイル組立体を端子絡げ部側から見た側面図である。

【図 2 4】コイル組立体の変形例を示す斜視図である。

【図 2 5】コイル組立体の変形例を示す側面図である。

【図 2 6】本発明の一実施の形態に係る振動アクチュエータを切り欠き側から見た外観斜視図である。

【図 2 7】端子絡げ部にケーブルを接続した状態の振動アクチュエータの外観斜視図である。

10

【図 2 8】図 2 7 に示す端子絡げ部とケーブルとの接続部分の拡大図である。

【図 2 9】ケース突起部の断面図である。

【図 3 0】ケース突起部の変形例を示す断面図である。

【図 3 1】ケーブル端部を示す図である。

【図 3 2】ケーブル端部の変形例を示す図である。

【図 3 3】図 2 2 の端子絡げ部とケーブルとの接続部分の変形例を示す図である。

【図 3 4】振動アクチュエータの組立工程を示す縦断面図である。

【図 3 5】同振動アクチュエータを実装した電子機器の一例を示す図である。

【図 3 6】同振動アクチュエータを実装した電子機器の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0017】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0018】

[振動アクチュエータの全体構成]

図 1 は、本発明の一実施の形態に係る振動アクチュエータを示す外観斜視図であり、図 2 は、同振動アクチュエータの縦断面図であり、図 3 は、同振動アクチュエータにおいてケースを外した状態を示す斜視図である。また、図 4 は、弾性支持部が固定された可動体を示す斜視図であり、図 5 は、可動体及び弾性支持部の分解斜視図である。図 6 は、減衰部を備えた弾性支持部の平面図であり、図 7 は、減衰部を備えた弾性支持部の部分断面図である。また、図 8 は、電磁シールド部を外したコイル組立体を示す図であり、図 9 は、同コイル組立体の分解図である。なお、本実施の形態における「上」側、「下」側は、理解しやすくするために便宜上付与したものであり、振動アクチュエータにおける可動体の振動方向の一方、他方を意味する。すなわち、振動アクチュエータが電子機器（図 3 5 及び図 3 6 参照）に搭載される際には上下が逆になっても左右になっても構わない。

30

【0019】

本実施の形態 1 に係る振動アクチュエータ 1 は、携帯型ゲーム端末機器（例えば、図 3 5 に示すゲームコントローラ GC）等の電子機器に振動発生源として実装され、電子機器の振動機能を実現する。この電子機器としては、スマートフォン等の携帯機器（例えば、図 3 6 に示す携帯端末 M）も含む。振動アクチュエータ 1 は、携帯型ゲーム端末機器或いは、携帯機器等の各機器に実装され、駆動することにより振動して、ユーザに対して着信を通知したり、操作感や臨場感を与えたりする。

40

【0020】

本実施の形態の振動アクチュエータ 1 は、図 1 及び図 2 に示すように、中空のケース 10 内に、可動体 20 を、ケース 10 の軸方向（上下方向）を振動方向として、上下端面間で振動可能に収容している。ケース 10 内部の可動体 20 が可動することにより、振動アクチュエータ 1 自体が振動体として機能する。

【0021】

振動アクチュエータ 1 は、マグネット 30 及び可動体コア 41、42 を有する可動体 20 と、コイル 61、62 を有する固定体 50 と、可動体 20 を固定体 50 に対して往復動自在に支持させる板状の弾性支持部 81、82 と、を有する。

50

【 0 0 2 2 】

振動アクチュエータ 1 においてコイル 6 1、6 2、マグネット 3 0 及び可動体コア 4 1、4 2 は、可動体 2 0 を振動させる磁気回路を構成する。振動アクチュエータ 1 は、電源供給部（例えば、図 3 5 及び図 3 6 に示す駆動制御部 2 0 3）からコイル 6 1、6 2 が通電されることで、コイル 6 1、6 2 とマグネット 3 0 とが協働して、ケース 1 0 内で、可動体 2 0 が振動方向に往復移動する。

【 0 0 2 3 】

本実施の形態の振動アクチュエータ 1 では、可動体 2 0 は、コイルボビン部 5 2 に保持されたコイル 6 1、6 2 の内側で、可動体 2 0 との間に配置されるボビン本体部（コイル保護壁部）5 2 2 により、コイル 6 1、6 2 の軸方向、つまり、振動方向で往復移動する。コイル 6 1、6 2 の軸方向は、可動体 2 0 の振動方向であり、マグネット 3 0 の着磁方向であり、コイルボビン部 5 2 の軸方向でもある。

10

【 0 0 2 4 】

可動体 2 0 は、可動していない非振動時において、弾性支持部 8 1、8 2 を介して、振動方向の長さの中心が、コイルボビン部 5 2 の振動方向の長さの中心と、可動体 2 0 の軸方向と直交する方向で、所定間隔をあけて対向するように配置される。このとき、可動体 2 0 は、コイルボビン部 5 2 のボビン本体部 5 2 2 に接触しないように、コイル 6 1、6 2 との間で釣り合う位置に位置することが望ましい。本実施の形態では、マグネット 3 0 および可動体コア 4 1、4 2 における振動方向の長さの中心が、上下で離間するコイル 6 1、6 2 間の振動方向の長さの中心と、振動方向と直交する方向で対向する位置に配置されることが好ましい。なお、ボビン本体部 5 2 2 と可動体 2 0 の間に、磁性流体が介在するようにしてもよい。

20

【 0 0 2 5 】

振動アクチュエータ 1 は、本実施の形態では、図 3 に示すように、ケース本体 1 1 及び蓋部 1 2 を有するケース 1 0 内に、コイル 6 1、6 2、コイルボビン部 5 2、可動体 2 0 及び弾性支持部 8 1、8 2 を有する駆動ユニット 1 3 を設けることで構成される。

【 0 0 2 6 】

< 可動体 2 0 >

可動体 2 0 は、固定体 5 0 の筒状のコイルボビン部 5 2 の内側で、上下端部で接続された弾性支持部 8 1、8 2 により、ボビン本体部 5 2 2 の内周面 5 2 2 a に沿って、往復移動可能に支持される。言い換えれば、可動体 2 0 は、振動アクチュエータ 1 内において、蓋部 1 2 と底部 1 1 4 が対向する方向に往復移動可能に支持されている。可動体 2 0 は、図 3 に示す駆動ユニット 1 3 に設けられる。

30

【 0 0 2 7 】

可動体 2 0 は、図 2、図 4 及び図 5 に示すように、マグネット 3 0、可動体コア 4 1、4 2、及びばね止め部 2 2、2 4、固定ピン 2 6、2 8 を有する。本実施の形態では、マグネット 3 0 を中心に振動方向の両側（図では上下方向）に向かってそれぞれ可動体コア 4 1、4 2、ばね止め部 2 2、2 4 が連設されている。可動体 2 0 では、マグネット 3 0 及び可動体コア 4 1、4 2 の外周面 2 0 a がボビン本体部 5 2 2 の内周面 5 2 2 a の内側で所定間隔を空けて対向されている。

40

【 0 0 2 8 】

可動体 2 0 が振動方向に移動する際には、外周面 2 0 a が内周面 5 2 2 a に沿って接触することなく往復移動する。

【 0 0 2 9 】

マグネット 3 0 は、振動方向に着磁される。マグネット 3 0 は、本実施の形態では円盤状に形成され、振動方向で離間する表裏面 3 0 a、3 0 b がそれぞれ異なる極性を有している。マグネット 3 0 の表裏面 3 0 a、3 0 b は、コイル 6 1、6 2 の軸の延在方向で離間する 2 つの着磁面である。

【 0 0 3 0 】

マグネット 3 0 は、コイル 6 1、6 2（詳細は後述する）に対して、コイル 6 1、6 2

50

の径方向内側で間隔を空けて位置するように配置される。ここで、「径方向」とは、コイル61、62の軸に直交する方向であり、振動方向と直交する方向でもある。この径方向における「間隔」は、ボビン本体部522を含むコイル61、62と、マグネット30との間の間隔であり、可動体20の振動方向に互いに接触することなく移動可能な間隔とする。すなわち、本実施の形態では、「間隔」とは、ボビン本体部522とマグネット30との間の所定間隔を意味している。

【0031】

マグネット30は、本実施の形態では、径方向外側で、ボビン本体部522の中心と、対向するように配置されている。なお、マグネット30は、コイル61、62の内側で、コイル61、62の軸の延在方向に2つの着磁面をそれぞれ向けて配置されるものであれば、筒状、板形状等のように円盤状以外の形状であってもよい。また、マグネット30の軸方向の中心が、可動体20の軸方向の中心と一致することが望ましい。

10

【0032】

マグネット30の表裏面30a、30bには、それぞれ可動体コア41、42が設けられている。

【0033】

可動体コア41、42は、磁性体であり、ヨークとして機能し、マグネット30、コイル61、62とともに磁気回路を構成する。可動体コア41、42は、マグネット30の磁束を集中させて、漏らすことなく効率良く流し、マグネット30とコイル61、62間に流れる磁束を効果的に分布させる。

20

【0034】

また、可動体コア41、42は、磁気回路の一部としての機能の他、可動体20において、可動体20の本体部分としての機能、ばね止め部22、24を固定する機能、及び、ウェイトとしての機能を有する。

【0035】

可動体コア41、42は、本実施の形態では、マグネット30と同表面形状を有する円環平板状に形成されている。可動体コア41、42は、外周面がマグネットの外周面と面一となるようにマグネット30に固定され、マグネットの外周面とともに可動体20の外周面20aを構成する。

【0036】

可動体コア41、42は、本実施の形態では同様に形成された同じ部材であり、本実施の形態では、マグネット30を中心に、マグネット30を挟むようにマグネットの上下に対称に設けられている。なお、可動体コア41、42は、マグネット30に吸引されるとともに、例えば、エポキシ樹脂等の熱硬化型接着剤もしくは嫌気性接着剤によりマグネット30に固定される。

30

【0037】

可動体コア41、42のそれぞれの中央部には、上下のばね止め部22、24が嵌合する嵌合口411、421が設けられている。嵌合口411、421は、上下のばね止め部22、24のそれぞれの軸、つまり、弾性支持部81、82の中心軸が、可動体20の中心軸上に位置するように設けられている。嵌合口411、421は、挿入されるばね止め部22、24を、その軸上で正確に固定するため三点或いは四点で接触して上下のばね止め部22、24を可動体20の軸上に位置するように支持している。嵌合口411、421は、可動体コア41、42における開口度合いを調整して、可動体20の重さを調整し、好適な振動出力を設定できる。

40

【0038】

本実施の形態では、可動体コア41、42は、可動体20の非振動時において、コイル61、62の内側（径方向内側）で、コイル61、62の軸方向と直交する方向で、コイル61、62のそれぞれに対向するように位置する。

【0039】

可動体コア41、42は、マグネット30とともに可動体側磁気回路を構成する。本実

50

施の形態では、マグネット 30 の上側の可動体コア 41 の上面の高さ位置が、上側のコイル 61 の高さ方向（上下方向）の中心の位置と対向することが好ましい。加えて、マグネット 30 の下側の可動体コア 42 の下面の高さ位置が、下側のコイル 62 の高さ方向（上下方向）の中心の位置と対向することが好ましい。

【0040】

ばね止め部 22、24 は、可動体側磁気回路を弾性支持部 81、82 に固定する機能を有するとともに、可動体 20 のウェイトとしての機能を有する。ばね止め部 22、24 は、マグネット 30 及び可動体コア 41、42 を挟むように対象に設けられ、可動体 20 の振動出力を増加させている。

【0041】

ばね止め部 22、24 は、本実施の形態では、可動体 20 の中心軸に沿って配置される軸状体であり、可動体コア 41、42 と、弾性支持部 81、82 との間に介設される。

【0042】

ばね止め部 22、24 は、本実施の形態では、同形状に形成され、接合部 222、242 と、ばね固定部 224、244 とを有する。これら接合部 222、242 とばね固定部 224、244 とが、それぞれ振動方向（具体的には上下方向）に連設されている。

【0043】

ばね止め部 22、24 は、貫通する貫通孔を有している。なお、ばね止め部 22、24 は、貫通孔内に錘を追加して重量調整部として機能させてもよい。貫通孔内に錘を追加することにより可動体 20 を重くして、可動体 20 の振動出力を大きくすることができる。

【0044】

接合部 222、242 は、それぞれ可動体コア 41、42 に接合する。具体的には、接合部 222、242 は、一端部側を可動体コア 41、42 の嵌合口 411、421 にそれぞれ挿入して内嵌されている。本実施の形態では、ばね止め部 22、24 は、可動体コア 41、42 に圧入により固定されているが、これに限らず、例えば、エポキシ樹脂等の熱硬化型接着剤や嫌気性接着剤を用いた接着により固定されてもよい。

【0045】

上側のばね固定部 224 は、可動体 20 の振動方向の一方の端部、つまり、可動体 20 の上側の端部を構成し、弾性支持部 81 である上側板ばねの内径側の端部である内周部 802 に接合されている。一方、下側のばね固定部 244 は、可動体 20 の振動方向の他方の端部、つまり、可動体 20 の下側の端部を構成し、弾性支持部 82 である下側板ばねの内径側の端部である内周部 802 に接合されている。

【0046】

ばね固定部 224、244 は、それぞれ接合部 222、242 から上下に突出するように設けられ、その先端で、固定ピン 26、28 を介して弾性支持部 81、82 の内周部 802、802 にそれぞれ接合されている。

【0047】

固定ピン 26、28 は、弾性支持部 81、82 と可動体 20 とを、可動体 20 の振動により外れないように強固に固定する。

【0048】

固定ピン 26、28 は、本実施の形態では同形状に形成されており、それぞれ、ばね固定部 224、244 に圧入可能な軸状のピン本体 262、282 と、ピン本体 262、282 の一端側の縁部に設けられたフランジ 264、284 とを有する。

【0049】

具体的には、固定ピン 26、28 のそれぞれのピン本体 262、282 は、弾性支持部 81、82 のそれぞれの内周部 802 を、ばね固定部 224、244 に重ねた状態で、内周部 802 の開口を介して、ばね固定部 224、244 の貫通孔に圧入して固定される。これにより、フランジ 264、284 は、ばね固定部 224、244 とで弾性支持部 81、82 の内周部 802 を挟持して、強固に接合する。なお、弾性支持部 81、82 の内周部 802 と、ばね固定部 224、244 とは、溶接、接着、または、カシメ等により、更

10

20

30

40

50

には溶接、接着、または、カシメを組み合わせて接合されてもよい。

【0050】

ばね止め部22、24が、可動体20において、可動体側磁気回路に対して振動方向で離間する両端部（上下端部）に配置されていることにより、可動体20における錘は、可動体磁気回路の外周側に配置されていない。これにより、可動体側磁気回路の外周側、つまり、可動体20の外周側で対向して位置するコイル61、62の配置スペースを制限することがなく、つまり、可動体磁気回路とコイル61、62との距離を離間させることがなく、電磁変換の効率は低下しない。よって、好適に可動体20の重量を増加でき、高振動出力を実現できる。

【0051】

また、ばね止め部22、24は、錘機能とばね固定機能を有するため、それぞれの機能を有する部材を個々に組み立てる必要が無い。ばね止め部22、24を可動体側磁気回路に設けるだけで、錘とともに、弾性支持部81、82である上側板ばね、下側板ばねを可動体20に対して容易に組み付けることができ、組立性を高めることができる。

【0052】

なお、ばね止め部22、24は、磁性材料により構成されてもよいが、非磁性材料により構成されることが望ましい。ばね止め部22、24が非磁性材料であれば、可動体コア41からの磁束が上方に流ることがないとともに、可動体コア42からの磁束が下方に流ることがなく、効率良く可動体コア41、42の外周側に位置するコイル61、62側に流すことができる。

【0053】

また、ばね止め部22、24は、ケイ素鋼板（鋼板の比重は7.70～7.98）等の材料よりも比重の高い材料（例えば、比重が16～19程度）により形成されるのが好ましい。ばね止め部22、24の材料には、例えば、タングステンを適用できる。これにより、設計等において可動体20の外形寸法が設定された場合でも、可動体20の質量を比較的容易に増加させることができ、ユーザに対する十分な体感振動となる所望の振動出力を実現することができる。

【0054】

<固定体50>

固定体50は、コイル61、62を保持するとともに、コイル61、62の径方向内側で、可動体20を、弾性支持部81、82を介して振動方向（コイル軸方向、可動体20の軸方向）に移動自在に支持する。

【0055】

固定体50は、ケース10、コイル61、62、コイルボビン部52、及び電磁シールド部58を有する。

【0056】

コイルボビン部52は、外周面に巻回されるコイル61、62を保持し、内周面522aでマグネット30を囲み、マグネット30を有する可動体20の移動を案内する。

【0057】

コイルボビン部52は、フェノール樹脂、ポリブチレンテレフタレート（poly butylene terephthalate；PBT）等の樹脂により形成された筒状体である。コイルボビン部52は、本実施の形態では、難燃性の高いベークライト等のフェノール樹脂を含む素材で構成される。

【0058】

コイルボビン部52が、フェノール樹脂を含む素材で構成されることにより、難燃性が高まり、保持するコイル61、62に電流が流れた際にジュール熱により発熱しても、駆動の際の安全性の向上を図ることができる。また、寸法精度が高まり、コイル61、62の位置精度が高まるため、振動特性のばらつきを低減出来る。

【0059】

コイルボビン部52は、筒状のボビン本体部522と、ボビン本体部522の外周から

10

20

30

40

50

放射方向に突出するフランジ部 5 2 6 ~ 5 2 8 と、端子絡げ部 (コイル結線部) 5 3 と、可動範囲形成部 5 4 と、連絡溝部 5 5 を有する。

【 0 0 6 0 】

コイルボビン部 5 2 では、フランジ部 5 2 6 ~ 5 2 8 間 (コイル取付部 5 2 b、5 2 c) にコイル 6 1、6 2 が巻回される。このコイル 6 1、6 2 は、コイルボビン部 5 2 の端子引出部 9 0 及び位置決め係合部 5 2 9 を介して位置決めされる電磁シールド部 5 8 により覆われる。なお、端子絡げ部 (コイル結線部) 5 3 は、便宜上、端子絡げ部 (コイル結線部) 5 3 - 1、5 3 - 2 と図示して説明することもある。

【 0 0 6 1 】

ボビン本体部 5 2 2 の内周面 5 2 2 a は、可動体 2 0 の外周面と所定間隔を空けて対向して配置されている。この所定間隔は、可動体 2 0 が、振動方向に移動する際に、内周面 5 2 2 a と接触することなく振動方向である軸方向に移動可能な間隔である。ボビン本体部 5 2 2 は、マグネット 3 0 とコイル 6 1、6 2 との接触を阻害するように構成され、可動体 2 0 は、内周面 5 2 2 a に沿って接触することなく往復移動可能である。

10

【 0 0 6 2 】

ボビン本体部 5 2 2 は、内側に配置される可動体 2 0 の駆動時におけるコイル 6 1、6 2 への衝突を保護する保護壁部として機能している。ボビン本体部 5 2 2 の厚みは、移動する可動体 2 0 が接触しても、外周側のコイル 6 1、6 2 に何ら影響を与えない強度を有する厚みである。

【 0 0 6 3 】

ボビン本体部 5 2 2 の外周側には、可動体 2 0 の可動体コア 4 1、4 2 の外周面 (マグネット 3 0 及び可動体コア 4 1、4 2 の外周面) を囲むようにコイル 6 1、6 2 が、コイル軸方向に並んで配置されている。

20

【 0 0 6 4 】

具体的には、ボビン本体部 5 2 2 の外周面には、フランジ部 5 2 6 ~ 5 2 8 とともに、外周側に径方向外側に開口する凹状のコイル取付部 5 2 b、5 2 c (図 2 及び図 9 参照) が設けられている。

【 0 0 6 5 】

コイル取付部 5 2 b、5 2 c は、フランジ部 5 2 6 ~ 5 2 8 により仕切られるように設けられている。コイル取付部 5 2 b、5 2 c には、コイル 6 1、6 2 が、フランジ部 5 2 7、5 2 8 の間で、フランジ部 (中央壁部、以下、「中央フランジ部」とも称する) 5 2 6 を振動方向で挟むように、巻回されている。

30

【 0 0 6 6 】

中央フランジ部 5 2 6 は、環状に設けられ、円状の外周部を有する。

中央フランジ部 5 2 6 の外周部の一部には、コイルの巻線を引き回し、且つ、コイルの端末状態を処理する機能を有する引き回し部 9 が設けられている。

引き回し部 9 は、端子絡げ部 5 3 が設けられた端子引出部 9 0 と、コイル 6 1、6 2 とを連絡するコイルの巻線が配線される連絡溝部 5 5 とを含む。

【 0 0 6 7 】

端子絡げ部 5 3 は、図 8、図 9、図 1 5 及び図 1 6 に示すように、コイル 6 1、6 2 のコイルの巻線を絡げて、外部機器と接続するコネクタ結線部として機能する。端子絡げ部 5 3 は、コイル 6 1、6 2 と外部機器 (例えば、駆動制御部等の電源供給部) とを接続し、コイル 6 1、6 2 に電力が供給される。

40

【 0 0 6 8 】

端子絡げ部 5 3 は、ボビン本体部 5 2 2 の外周部分に突設された導電性を有する部材であり、本実施の形態では、棒状体である。端子絡げ部 5 3 は、本実施の形態では、コイルボビン部 5 2 の外周部、具体的には、振動方向の中心に配置される中央のフランジ部 5 2 6 の外周面に、基端部を圧入することにより設けられている。

【 0 0 6 9 】

端子絡げ部 5 3 は、振動アクチュエータ 1 において、振動方向の中央部のフランジ部 5

50

26の外周面から突出する端子引出部90に設けられている。

端子引出部90は、端子絡げ部53を介して、コイル61、62を形成するコイルの巻線の端部を、振動アクチュエータ1の外部に引き出す。

【0070】

端子引出部90は、中央フランジ部526の外周面から突出することによりフランジ部526において、径方向の所定の長さ、振動方向の厚みと、周方向の幅とを有し、端子絡げ部53の圧入シロを確保している。これにより、端子引出部90は、端子絡げ部53を強固に保持することができ、端子絡げ部53をコイルボビン部52に組み付ける際に、安定して固定させることができる。

【0071】

本実施の形態では、端子引出部90は、図17に示すように、中央フランジ部526の外径Rより外方に突出する。この外方に突出する部分に端子絡げ部53が外方に突設されている。

端子引出部90とともに端子絡げ部53が外径Rより外側に突出する。これにより、端子絡げ部53が、組み立て後にコイルボビン部52を囲むように配置される電磁シールド部58に接触することを防ぐことができる。なお、電磁シールド部58についての詳細は後述する。また、本実施の形態では、端子引出部90は、電磁シールド部58の開口部582に嵌合する。これにより、端子引出部90は、電磁シールド部58の回転止めとして機能する。

【0072】

端子引出部90は、中央フランジ部526において、連絡溝部55に近接（ここでは隣接）して設けられている。

【0073】

連絡溝部55には、コイル61、62を繋ぐコイルの巻線が挿通される。本実施の形態の連絡溝部55では、コイル61及びコイル62を形成するコイルの巻線の巻方向が連絡溝部55の上下で逆方向となるように反転される。

【0074】

連絡溝部55は、中央フランジ部526の外周部で径方向外方に開口し、且つ、振動方向に貫通する切り欠き状に形成されている。具体的には、連絡溝部55は、少なくとも、溝状の底を形成する底壁部55aと、底壁部55aにおいて端子絡げ部53から遠い側壁部（一側壁部）55bとを有し、底壁部55aと、遠い側壁部55bとにより切り欠き状に形成された部位を有する。切り欠き部位は、コイル61或いはコイル62のうちの一方を巻回して配置した後で、巻回方向を逆にして他方を巻回して配置する際に、巻線が外れないように巻線を係止する機能を有する。本実施の形態の連絡溝部55は、底壁部55を底面として周方向で離間する両端で両側壁部が立設した平面視U字状に形成されている。

【0075】

連絡溝部55では、図17に示すように、端子絡げ部53から遠い側壁部55bは、平面視して、遠い側壁部55bと底壁部55aとの接合部を通る中央フランジ部526の外径Rの外周面の法線nに対して端子絡げ部53側で鋭角となるように位置するように形成されている。これにより、連絡溝部55では、端子絡げ部53から遠い側壁部55bと底壁部55aとでなす角度は、法線nよりも端子絡げ部53側で鋭角を形成するように設けられている。

【0076】

よって、コイルの巻線をコイル取付部52b、52cに上下反転方向で巻き付けてコイル61、62を配置する際に、コイルの巻線は、連絡溝部55から外れないように確実に連絡溝部55に係合され、所望のコイル取付部52b、52cに好適に案内される。よって、コイルボビン部52へのコイル61、62の組み付けを容易に行うことができる。

【0077】

また、引き回し部9は、中央フランジ部526において、コイルの巻線を端子絡げ部53からコイルボビン部52のコイル巻回部分（コイル取付部52b、52cの一方）にお

10

20

30

40

50

ける一卷目の位置（例えば角部）に案内するコイル案内部 9 2 を有する。

【 0 0 7 8 】

コイル案内部 9 2 は、中央フランジ部 5 2 6 の上下面（振動方向で離間する面）の少なくとも一方の面に設けられている。コイル案内部 9 2 は、本実施の形態では、中央フランジ部 5 2 6 において端子引出部 9 0 及び連絡溝部 5 5 に対し、周方向両側で隣接する部位にそれぞれ形成されている。

【 0 0 7 9 】

コイル案内部 9 2 は、中央フランジ部 5 2 6 の上下面の段差により形成される傾斜部 9 3 により、コイル取付部 5 2 b、5 2 c において中央フランジ部 5 2 6 とボビン本体部 5 2 2 の外周得面との接合部と、端子絡げ部 5 3 とを連絡する。

10

【 0 0 8 0 】

図 1 8 は、コイル案内部 9 2 のうち、コイル取付部 5 2 c においてコイル取付部 5 2 c と、端子絡げ部 5 3 - 1 との間を案内するコイル案内部 9 2 - 1 を示す。段差 Y は、コイル取付部 5 2 c においてコイル本体部 5 2 2 の外周面との接合位置と略同じ高さ位置である中央フランジ部 5 2 6 の高さレベル（中央フランジ部 5 2 6 の上面の高さレベル）と、これよりも低く端子絡げ部 5 3 に近接する高さレベル位置との段差である。

【 0 0 8 1 】

傾斜部 9 3 は、段差 Y により、中央フランジ部 5 2 6 の上面と、端子絡げ部 5 3 に近接する高さレベル位置の面との間の段差面を有する。この段差面は、端子絡げ部 5 3 に近接する高さレベル位置の面から立ち上がるように配置され、端子絡げ部 5 3 の基端側から周方向に延在しつつ、コイル取付部 5 2 b、5 2 c の底面側に向かって傾斜する。

20

【 0 0 8 2 】

図 1 8 では、コイル案内部 9 2 - 1 は、例えば、コイルの巻線を端子絡げ部 5 3 - 1 に絡げた後、傾斜部 9 3 により、コイルの巻線を、コイルボビン部 5 2 のコイル取付部 5 2 c 側へ引き込むように案内する。これにより、端子絡げ部 5 3 - 1 からコイル取付部 5 2 c に直接、引き込む場合と比較して、一卷目の巻線の位置を安定させて、好適にコイル 6 2 を配置することができる。

【 0 0 8 3 】

コイル案内部 9 3 は、端子絡げ部 5 3 からのコイルの巻線をコイル取付部 5 2 b、5 2 c に巻回する際に、コイル取付部 5 2 b、5 2 c における一卷目の巻線の位置を安定させることができ、工程での不具合が抑制される。

30

【 0 0 8 4 】

これにより、端子絡げ部 5 3 への巻線の絡げ、上下のコイル形成、及び最後の端子絡げ部 5 3 への絡げの各工程を、一連の流れで行い振動アクチュエータ 1 を組み立てることができる。これにより、コイル形成工程等を容易に自動化でき、効率的な組立構造を有する振動アクチュエータを実現することができる。

【 0 0 8 5 】

フランジ部 5 2 7、5 2 8 は、ボビン本体部 5 2 2 の軸方向（本実施の形態では振動方向であり、上下方向でもある）で離間する両端部に設けられ、コイルボビン部 5 2 の上下端部を構成する。フランジ部 5 2 7、5 2 8（纏めて「両端フランジ部」とも称し、それぞれを「端フランジ部」とも称する）は、それぞれボビン本体部 5 2 2 の外周から振動方向の両端部に放射方向に張り出して設けられている。両端フランジ部 5 2 7、5 2 8 は、図 1 6 及び図 2 0 に示すように、中央フランジ部 5 2 6 の外周部 5 2 6 a と同一径部分 5 2 7 b、5 2 8 b を有し、これら同一径部分で電磁シールド部 5 8 の内周面に当接する。

40

【 0 0 8 6 】

コイルボビン部 5 2 では、中央フランジ部 5 2 6 の外周部 5 2 6 a と、フランジ部 5 2 7、5 2 8 の同一径部分 5 2 7 b、5 2 8 b とにより、径方向に開口し、電磁シールド部 5 8 が嵌まる凹状部を形成している。この凹状部に電磁シールド部 5 8 が配置されることにより、電磁シールド部 5 8 は、コイル 6 1、6 2 を囲む位置に位置決めされる。また、電磁シールド部 5 8 は、外周部 5 2 6 a と、フランジ部 5 2 7、5 2 8 の同一径部分 5 2

50

7 b、5 2 8 bに当接することにより、コイルボビン部5 2に安定して固定され、電磁シールド部5 8の高さ寸法（振動方向の長さ）が大きくなる場合でも、安定して固定させることができる。

【0087】

フランジ部5 2 7、5 2 8は、フランジ部5 2 6から離間する方向側の端部（本実施の形態では上下端部）で、弾性支持部8 1、8 2が固定される。

【0088】

可動範囲形成部5 4は、コイルボビン部5 2の上下端部に設けられ、ケース1 0内にコイルボビン部5 2を収容した際に、ケース1 0の蓋部1 2及び底部1 1 4と、可動体2 0との間の振動範囲を形成する。

10

【0089】

可動範囲形成部5 4は、フランジ部5 2 7、5 2 8のそれぞれから振動方向（上下方向）に突設された突状辺部である。可動範囲形成部5 4は、フランジ部5 2 7、5 2 8の円環状の上下の開口端面（それぞれ「上端面、下端面」とも称する）5 2 7 a、5 2 8 aにおいて、所定間隔を空けて設けられている。上端面5 2 7 aは、一方側の開口端面であり、下端面5 2 8 aは、他方側の開口端面を意味している。

【0090】

フランジ部5 2 7は、振動方向に突出する突起状の可動範囲形成部5 4を有し、可動範囲形成部5 4を介して蓋部1 2を受ける天面受部を有する。フランジ部5 2 8は、振動方向に突出する突起状の可動範囲形成部5 4を有し、可動範囲形成部5 4を介して底部1 1 4を受ける底面受部を有する。

20

【0091】

また、可動範囲形成部5 4は、図2 1に示すように、弾性支持部8 1、8 2に設けられた位置決め溝8 0 8に嵌合して、弾性支持部8 1、8 2の径方向の位置決めを行う。可動範囲形成部5 4は、周方向の長さとして所定の厚みを有し、これに対応して位置決め溝8 0 8も形成されている。本実施の形態では、可動範囲形成部5 4は、位置決め溝8 0 8に嵌合することにより、弾性支持部8 1、8 2の径方向及び周方向の移動を規制して、弾性支持部8 1、8 2の位置決めを行っている。

【0092】

突起状の可動範囲形成部5 4を位置決め溝8 0 8に嵌合することにより弾性支持部8 1、8 2のコイルボビン部5 2に対する位置出しを行うため、駆動ユニット1 3の各個体での弾性支持部8 1、8 2の位置を一律に設定して、コイルボビン部5 2に対する弾性支持部8 1、8 2の安定した位置出しを行うことができる。これにより、弾性支持部8 1、8 2は、回転方向への移動が規制され、製品として、弾性支持部8 1、8 2のバラツキを抑制し、安定した特性を実現できる。

30

【0093】

また、可動範囲形成部5 4は、コイルボビン部5 2の軸を中心に等間隔に間を空けて設けられている。可動範囲形成部5 4は、本実施の形態では、コイルボビン部5 2の軸を中心に等間隔を空けて3か所設けられている。

【0094】

また、3か所の可動範囲形成部5 4で、弾性支持部8 1、8 2のそれぞれを受けることにより、コイルボビン部5 2内への可動体2 0の挿入時の引っ掛かりや摩擦を低減し、組立性良く、可動体2 0及びコイルボビン部5 2の位置出しを容易に行うことができる。

40

【0095】

コイルボビン部5 2は、ケース1 0に、上下端部の可動範囲形成部5 4を、蓋部1 2の縁部と、底部1 1 4の縁部とに当接させた状態で収容され、底部1 1 4の縁部に固定される。

【0096】

フランジ部5 2 7、5 2 8は、本実施の形態では、電磁シールド部5 8に係合して、電磁シールド部5 8をコイル6 1、6 2を囲む位置に位置させる位置決め係合部5 2 9を有

50

する。

【0097】

位置決め係合部529は、電磁シールド部58の被係合部589と係合する。位置決め係合部529は、本実施の形態では、それぞれのフランジ部527、528の外周部において、中央フランジ部526側に開口する凹状の溝であり、凸状の被係合部589と係合する。

【0098】

このように、フランジ部527、528の外周部、つまり、コイルボビン部52の外径部に、電磁シールド部位置出し用の位置決め係合部529が設けられている。位置決め係合部529と被係合部589との係合により、コイルボビン部52に巻回されるコイル61、62に対して電磁シールド部58をずれることなく配置して、安定した磁気特性を得ることができる。また、端子引出部90と開口部582の係合でのみ電磁シールド部58を位置決めしてコイルボビン部52に組み付ける場合と比較して、端子引出部90でのみに組み立ての際に荷重がかかり変形することがない。

【0099】

このように端子引出部90にかかる荷重により、端子引出部90の端子絡げ部53が変形することがなく、端子絡げ部53の変形を抑制して、振動アクチュエータを安定して製造できる。なお、フランジ部526～528の同一外径の外周面に、接着部を設け、接着部を介して、各フランジ部526～528に電磁シールド部58を固着してもよい。これにより、安定した振動特性を実現できる。

【0100】

<コイル>

コイル61、62は、振動アクチュエータ1において、コイル61、62の軸方向（マグネット30の着磁方向）を振動方向として、マグネット30及び可動体コア41、42とともに、振動アクチュエータ1の駆動源の発生に用いられる。コイル61、62は、駆動時（振動時）に通電されて、マグネット30とともにボイスコイルモータを構成する。

【0101】

コイル取付部52b、52cには、コイル61、62が配置され、コイル61、62は、本実施の形態では、可動体コア41、42に対して振動方向と直交する方向で対向する位置に配置されている。

【0102】

コイル61、62は、コイルボビン部52に、コイル軸方向（振動方向）の長さの中心位置が、可動体20の振動方向の長さの中心位置（マグネット30の振動方向の中心位置）と、振動方向で略同じ位置（同じ位置も含む）となるように、保持されている。なお、本実施の形態のコイル61、62は、互いに逆方向に巻回されて構成され、通電時に逆方向に電流が流れるように構成されている。

【0103】

コイル61、62のそれぞれの端部は、フランジ部526の端子絡げ部53に絡げて接続されている。コイル61、62は、端子絡げ部53を介して、電源供給部（例えば、図35及び図36に示す駆動制御部203）に接続される。例えば、コイル61、62のそれぞれの端部は、端子絡げ部53を介して、交流供給部に接続され、交流供給部からコイル61、62に交流電源（交流電圧）が供給される。これにより、コイル61、62はマグネットとの間に、互いの軸方向で互いに接離方向に移動可能な推力を発生できる。

【0104】

コイル61、62は、本実施の形態では、図8及び図16に示すように、まず、端子絡げ部53-1にコイルの巻線の一端部を絡げて接続される。一端部が端子絡げ部53-1に接続された巻線の他端部側は、コイル案内92-1により（矢印D1）、コイル取付部52cにおいて一巻き目が形成される位置に案内される。この一巻き目の位置で、巻線は、反時計回り（矢印D2）で巻回され、一巻き目を形成し、順次反時計回りで巻回（矢印D2～D3で示す）が繰り返される。これにより、コイル62がコイル取付部52cに

10

20

30

40

50

配置される。

【0105】

次いで、コイル62の他端部側の巻線は、連絡溝部55を通して(矢印D4で示す)、連絡溝部55内で巻回方向を逆方向(矢印D5参照)にしてコイル案内内部92-2により、コイル取付部52bの一巻き目の位置に案内される。巻線は、コイル取付部52bでは、コイル取付部52cとは逆方向で巻回、ここでは時計回りで巻回(矢印D6~D7で示す)される。巻線を、順次時計回りで巻回することにより、コイル61がコイル取付部52bに配置される。なお、本実施の形態では、コイル61、62を一本の巻線により構成したが、これに限らず、別体のコイル61、62を用いて構成してもよい。この構成では、別体となったコイルどうしが、同じ方向で巻線を巻回して構成されている場合、駆動時には、それぞれ異なる方向電流を供給する。

10

【0106】

コイル61、62のコイル軸は、コイルボビン部52の軸、或いは、マグネット30の軸と同軸上に配置されることが好ましい。

コイル61、62は、コイルボビン部52の外側から、コイル取付部52b、52cに、コイル線を巻き付けることにより円筒状に形成されている。この構成により、コイル61、62を有するコイルボビン部52は、コイル61、62の円筒状体をそれぞれ維持するために、コイルを自己融着線を用いずに組み立てることができる。つまり、コイルとして空芯コイルを用いる必要がないので、コイル61、62自体の低コスト化、ひいては、振動アクチュエータ全体を低コスト化できる。

20

【0107】

また、コイル61、62は、ケース10の内側で、外周面を電磁シールド部58により囲まれ、コイル取付部内52b、52cで封止され、コイル取付部52b、52c内で接着等により固定される。本実施の形態ではコイル61、62は、ボビン本体部522、フランジ部526~528の全てに接着により固定される。よって、コイル61、62はコイルボビン部52との接合強度を大きくすることができ、大きな衝撃が加わる場合でも、可動体がコイルと直接接触する構成と比較して、コイル61、62が破損することがない。

【0108】

<電磁シールド部58>

30

電磁シールド部58は、コイルボビン部52の外周面を囲み、コイル61、62を径方向外側で覆う位置に配置される筒状の磁性体である。電磁シールド部58は、コイル61、62とともに固定体側磁気回路を構成し、可動体側磁気回路、つまり、マグネット30及び可動体コア41、42とともに構成する磁気回路において、振動アクチュエータ1の外部への漏れ磁束を防止する。

【0109】

電磁シールド部58は、電磁シールド部58の振動方向の長さの中心を、内側に配置されるマグネット30の振動方向の中心と同じ高さとなる位置となるように配置されている。この電磁シールド部58のシールド効果により、振動アクチュエータの外側への漏れ磁束の低減を図ることができる。

40

【0110】

また、電磁シールド部58は、磁気回路において、推力定数を大きくして電磁変換効率を高めることができる。電磁シールド部58は、マグネット30の磁気吸引力を利用して、マグネット30とともに磁気ばねとしての機能を有し、弾性支持部81、82を機械バネにした際の応力を低下させることができ、弾性支持部81、82の耐久性を向上させることができる。

【0111】

電磁シールド部58には、端子絡げ部53が挿通する開口部582が設けられている。開口部582は、図22及び図23に示すように、端子引出部90に嵌合し、コイルボビン部52に対する電磁シールド部58の周方向への回転止めとして機能する。

50

【 0 1 1 2 】

開口部 5 8 2 は、本実施の形態では、電磁シールド部 5 8 本体の中央部に上下方向よりも周方向に長い形状で形成されている。これにより、開口部 5 8 2 の上下に電磁シールド部 5 8 が存在するため、バランス良く、磁気回路における磁気吸引力のアンバランスや漏れ磁束も最小限に抑制することができる。

【 0 1 1 3 】

なお、この開口部 5 8 2 は、本実施の形態では、電磁シールド部 5 8 において上下方向（振動方向）の中央部に設けられる構成としたが、収容するコイルボビン部 5 2 の端子絡げ部 5 3 を外部に突出させる構成であればどのように設けられてもよい。

【 0 1 1 4 】

例えば、図 2 4 及び図 2 5 に示す駆動ユニット 1 3 A は、駆動ユニット 1 3 の構成において、電磁シールド部 5 8 A の構成のみ異なる。

【 0 1 1 5 】

駆動ユニット 1 3 A の電磁シールド部 5 8 A は、開口部 5 8 2 A を、筒状の電磁シールド部 5 8 A の一方の開口部側を切り欠いた形状で設けられている。

【 0 1 1 6 】

すなわち、電磁シールド部 5 8 A の開口部 5 8 2 A は、筒状の電磁シールド部 5 8 A において、電磁シールド部 5 8 A を貫通するとともに、片側の開口縁部で開口するように形成されている。このように、電磁シールド部 5 8 A において、開口部 5 8 2 を片側に開口するように形成すると、電磁シールド部 5 8 A を、片側の開口部側から、コイルボビン部 5 2 A に対して、軸方向に外装させて、組み付けることができる。これにより、コイルボビン部 5 2 A への電磁シールド部 5 8 A の組付けを容易に行うことができる。特に、振動アクチュエータを小型化、薄型化した場合でも、電磁シールド部 5 8 A に開口部を設けることが可能となり、組み立て性の向上を図ることができる。

【 0 1 1 7 】

また、電磁シールド部 5 8 において軸方向両側で開口する開口縁部には凸状に形成され、位置決め係合部 5 2 9 と係合する被係合部 5 8 9 が設けられている。

被係合部 5 8 9 は、位置決め係合部 5 2 9 と対応する位置に設けられている。被係合部 5 8 9 が、位置決め係合部 5 2 9 と係合することにより、電磁シールド部 5 8 は、コイルボビン部 5 2 に対して、周方向及び上下方向への移動が規制され、コイル 6 1、6 2 を囲む位置に位置決めされた状態となる。

【 0 1 1 8 】

< 弾性支持部 8 1、8 2 >

弾性支持部 8 1、8 2 は、可動体 2 0 を固定体 5 0 に対して振動方向に往復移動自在に支持する。

【 0 1 1 9 】

弾性支持部 8 1、8 2 は、可動体 2 0 の振動方向で、可動体 2 0 を挟み、且つ、可動体 2 0 と固定体 5 0 との双方に振動方向と交差するように架設されている。弾性支持部 8 1、8 2 は、本実施の形態では、図 2 ~ 図 4 に示すように、可動体 2 0 において振動方向で離間する両端部（上下端部）で互いに離間して配置され、固定体 5 0 と接続する。本実施の形態では、弾性支持部 8 1、8 2 は、それぞれ振動方向と直交する方向で互いに対向して配置されている。

【 0 1 2 0 】

弾性支持部 8 1、8 2 は、可動体 2 0 の軸方向（振動方向）で離れる両端部（ばね固定部 2 2 4、2 4 4）にそれぞれの内周部 8 0 2 が嵌合され、可動体 2 0 に、外周固定部 8 0 6 側が径方向外側（放射方向）に張り出すように取り付けられる。

【 0 1 2 1 】

弾性支持部 8 1、8 2 は、可動体 2 0 を、可動体 2 0 の可動体の非振動時及び振動時において、固定体 5 0 に接触しないように支持する。なお、弾性支持部 8 1、8 2 は、可動体 2 0 の駆動（振動）時において、可動体 2 0 のボビン本体部 5 2 2 の内周面 5 2 2 a に

10

20

30

40

50

接触しても、磁気回路、具体的には、コイル 6 1、6 2 が損傷することはない。弾性支持部 8 1、8 2 は、可動体 2 0 を可動自在に弾性支持するものであれば、どのようなもので構成されてもよい。弾性支持部 8 1、8 2 は、本実施の形態では同様の構成を有する同部材である。

【 0 1 2 2 】

弾性支持部 8 1、8 2 は、それぞれ平板状の複数の板ばねである。可動体 2 0 は、複数の弾性支持部 8 1、8 2 を 3 つ以上の板ばねとしてもよい。これら複数の板ばねは、振動方向と直交する方向に沿って取り付けられる。

【 0 1 2 3 】

板ばねである弾性支持部 8 1、8 2 は、内側のばね端部である環状の内周部 8 0 2 と、外側のばね端部である外周固定部 8 0 6 とが、弾性変形する平面視円弧状の変形アーム 8 0 4 により接合された形状を有する。変形アーム 8 0 4 と外周固定部 8 0 6 とで弾性支持部 8 1、8 2 のそれぞれの外周部 8 0 7 を構成する。変形アーム 8 0 4 の変形により、内周部 8 0 2 と外周固定部 8 0 6 とが、軸方向での相対的に変位する。

【 0 1 2 4 】

弾性支持部 8 1、8 2 は、外周固定部 8 0 6 が固定体 5 0 に接合され、内周部 8 0 2 が可動体 2 0 に接合される。

【 0 1 2 5 】

弾性支持部 8 1、8 2 としての板ばねは、本実施の形態では、ステンレス鋼板を用いて板金加工により形成されており、より具体的には、薄い平板円盤状の渦巻き型ばねとしている。弾性支持部 8 1、8 2 は、平板状であるので、円錐状のばねと比較して、位置精度の向上、つまり加工精度の向上を図ることができる。

【 0 1 2 6 】

複数の弾性支持部 8 1、8 2 は、本実施の形態では、渦巻きの向きが同一となる向きで、それぞれ外周側の一端である外周固定部 8 0 6 が固定体 5 0 に固定されるとともに、内周側の他端である内周部 8 0 2 が可動体 2 0 に固定されている。

【 0 1 2 7 】

このように、本実施の形態では、複数の弾性支持部 8 1、8 2 として、渦巻き形状の板ばねを複数用いて、可動体 2 0 において振動方向で離間する両端部にそれぞれ取り付けて、固定体 5 0 に対して可動体 2 0 を弾性支持している。これにより、可動体 2 0 の移動量が大きくなると、可動体は、僅かではあるが回転しながら並進方向（ここでは、振動方向に対して垂直な面上の方向）に移動する。複数の板ばねの渦の方向が反対向きであれば、複数の板ばねは、互いに座屈方向ないし引っ張り方向に動くことになり、円滑な動きが妨げられることになる。

【 0 1 2 8 】

本実施の形態の弾性支持部 8 1、8 2 は、渦巻きの向きが同一となるように可動体 2 0 に固定されているので、可動体 2 0 の移動量が大きくなったとしても、円滑に動く、つまり、変形することができ、より大きな振幅となり、振動出力を高めることが可能である。

但し、所望の可動体 2 0 の振動範囲によっては、複数の弾性支持部 8 1、8 2 の渦巻き方向を互いに反対方向とする設計であってもよい。

【 0 1 2 9 】

板状の弾性支持部 8 1、8 2 は、可動体 2 0 に対して、弾性支持部 8 1、8 2 のそれぞれの内周部 8 0 2 を、可動体 2 0 の振動方向の端部を構成するばね固定部 2 2 4、2 4 4 に重ねて配置されている。弾性支持部 8 1、8 2 の内周部 8 0 2 が、上述したように、固定ピン 2 6、2 8 のフランジ 2 6 4、2 8 4 とばね固定部 2 2 4、2 4 4 とで挟持されることにより固定されている。

【 0 1 3 0 】

一方、上側の弾性支持部 8 1 の外周固定部 8 0 6 は、径方向外側で、コイルボビン部 5 2 の上端部に固定されている。具体的には、弾性支持部 8 1 の外周固定部 8 0 6 は、コイルボビン部 5 2 の上端部を形成する上側のフランジ部 5 2 7 の環状の上端面 5 2 7 a にお

10

20

30

40

50

いて、可動範囲形成部 5 4 を避けた部位に固定される。

【 0 1 3 1 】

弾性支持部 8 1 の外周固定部 8 0 6 は、ケース 1 0 内において、フランジ部 5 2 7 の環状の上端面 5 2 7 a と蓋部 1 2 の押圧部 1 2 8 とに挟持されて固定される。なお、上端面 5 2 7 a は、上側（一方側）のフランジ部 5 2 7 の上側（一方側）において、可動範囲形成部 5 4 を避けた部分の上側（一方側）の端面である。

【 0 1 3 2 】

また、下側の弾性支持部 8 2 の外周固定部 8 0 6 は、径方向外側で、コイルボビン部 5 2 の下端部に固定されている。具体的には、弾性支持部 8 2 の外周固定部 8 0 6 は、コイルボビン部 5 2 の下端部を形成する下側のフランジ部 5 2 8 の環状の下端面 5 2 8 a において、可動範囲形成部 5 4 を避けた部位に固定される。

10

【 0 1 3 3 】

弾性支持部 8 2 の外周固定部 8 0 6 は、ケース 1 0 内において、フランジ部 5 2 8 の環状の下端面 5 2 8 a と、底部 1 1 4 の周縁部に設けられた段差部 1 1 8 とに挟持されて固定される。

【 0 1 3 4 】

このように弾性支持部 8 1、8 2 は、コイルボビン部 5 2 の上下の開口縁部の開口端面 5 2 7 a、5 2 8 a と、ケース 1 0 の蓋部 1 2 及び底部 1 1 4 とにより、振動方向と直交する方向に配置された状態で挟持されている。また、コイル 6 1、6 2 が巻回されたコイルボビン部 5 2 内に、可動体 2 0 を収容して、可動体 2 0 の上下端部に弾性支持部 8 1、8 2 の内周部 8 0 2 を固定するとともに、コイルボビン部 5 2 の上端部に弾性支持部 8 1、8 2 の外周固定部 8 0 6 を固定する。これにより、コイル 6 1、6 2 と可動体 2 0 との位置関係が規定された駆動ユニット 1 3 として構成され、ケース 1 0 内に配置し易くなる。

20

【 0 1 3 5 】

弾性支持部 8 1、8 2 は、本実施の形態では、変形アーム 8 0 4 或いは変形アーム 8 0 4 と外周固定部 8 0 6 に、弾性支持部 8 1 において発生する振動を減衰させる減衰手段としての減衰部（ダンパー）7 2 が取り付けられている。減衰手段は、弾性支持部 8 1 において、共振峰を抑え、且つ、広範囲にわたる安定した振動を発生させる。

【 0 1 3 6 】

本実施の形態の減衰部 7 2 は、例えば、図 6 及び図 7 に示すように、断面 T 型形状のエラストマーであり、板状のフランジ 7 2 2 と、フランジ 7 2 2 の中央部から突出して設けられた押し込み部 7 2 4 とを有する。

30

【 0 1 3 7 】

減衰部 7 2 は、押し込み部 7 2 4 を弾性支持部 8 1（8 2）の一方の面側からばね部分間、具体的には外周固定部 8 0 6 と変形アーム 8 0 4 との間に挿入して、フランジ 7 2 2 を、ばね部分間に架け渡して位置させている。取付部 7 3 は、熱硬化樹脂或いは弾性支持部 8 1（8 2）に固着しない接着剤等であり、弾性支持部 8 1（8 2）の裏面側で、押し込み部 7 2 4 がばね部分間から外れないような形状で押し込み部 7 2 4 に固定されている。なお、図 2、図 1 2 ~ 図 1 4、図 2 0、図 3 4 では、減衰部 7 2 は、押し込み部 7 2 4 を介して弾性支持部 8 1（8 2）を両面側から挟持した状態で固定される一つの部材のように図示されている。減衰部 7 2 は、減衰機能を有する材料で構成されていれば、エラストマーでなくてもよく、熱硬化樹脂或いは接着材等で形成されていてもよい。減衰部 7 2 は、板状のフランジと、このフランジと同様の機能を有する部材に押し込み部で接合された別部材とで、弾性支持部 8 1（8 2）を両面側から挟み込む形状であれば、どのように構成されてもよい。

40

【 0 1 3 8 】

この構成により、減衰部 7 2 は、弾性支持部 8 1（8 2）における鋭いばね共振を減衰して、共振周波数付近での振動が著しく大きくなることで周波数による振動の差が大きくなることを防止する。これにより、可動体 2 0 は、塑性変形する前に、共振峰を抑え、蓋部 1

50

2及び底部114に接触することなく、広範囲にわたり安定した振動を発生することができ、接触により異音が生じることがない。減衰部72は、弾性支持部81(82)における鋭い振動の発生を防止するものであれば、どのような形状、材料等で形成されてもよい。

【0139】

<ケース10>

図10は、ケース本体の底面側斜視図であり、図11は、蓋部を裏面側からみた図である。ケース10は、図1、図3、図10及び図11に示すように、周壁部112及び底部114を有する有底筒状のケース本体11と、ケース本体11の開口部115を閉塞する蓋部12とを有する。

10

【0140】

蓋部12及び底部114は、本実施の形態における振動アクチュエータ1の天面部122、下面部(底部114)を構成し、駆動ユニット13の可動体20に可動体20の振動方向で所定間隔を空けて対向して配置される。蓋部12は、天面部122の外周の一部から垂下して設けられ、ケース本体11の切り欠き102に係合する垂下部124を有する。

【0141】

蓋部12及び底部114は、それぞれ可動体20の可動範囲を抑制する。蓋部12及び底部114は、可動体20のハードストップ(可動範囲限定)となる可動範囲抑制部としての機能を有する。

20

【0142】

具体的には、蓋部12及び底部114は、可動範囲形成部54により形成される可動範囲を規制する。つまり、蓋部12及び底部114は、蓋部12及び底部114から駆動ユニット13(コイルボビン部52)の上下端部の縁部(上下のフランジ部527、528の開口端面527a、528a)までの長さを規制する。これにより、ケース10の中空は、可動体20が移動する空間である可動体空間を形成している。

【0143】

このように、可動体空間は、弾性支持部81、82が塑性変形しない範囲の長さに規定されている。よって、可動体20に、可動範囲を超える力が加わる場合でも、弾性支持部81、82は、塑性変形することなく、固定体50(蓋部12及び底部114の少なくとも一方)に接触するので、弾性支持部81、82が破損することなく、信頼性が高めることができる。

30

【0144】

また、蓋部12及び底部114は、それぞれ通気孔126、116が貫通して設けられている。通気孔126、116は、それぞれケース10内において、可動体20の往復振動により形成される圧縮空気を外部に放出する。

【0145】

図26は、本発明の一実施の形態に係る振動アクチュエータ1を切り欠き側から見た外観斜視図である。また、図27は、端子絡げ部53にケーブルWを接続した状態の振動アクチュエータの外観斜視図であり、図28は、図27に示す端子絡げ部53とケーブルWとの接続部分の拡大図である。

40

【0146】

図26に示すように、ケース10の切り欠き102には、コイルボビン部52の端子引出部90と、垂下部124とが配置され、これら端子引出部90と垂下部124により閉塞される。

これにより、ケース10の切り欠き102から端子絡げ部53が外方に突出した状態で配設され、端子絡げ部53を介して、外部機器との接続を容易にしている。

【0147】

また、ケース10の外周面には、配線固定用の突起部119が設けられている。配線固定用の突起部119は、図27及び図28に示すように、端子絡げ部53に接続されるケ

50

ケーブルWを係合可能に構成され、ケーブルWを係合して保持する。これにより突起部119で固定されたケーブルWは、その端部Waを、端子絡げ部53に、精度良く導通するように接続することができる。

【0148】

突起部119は、端子引出部90が嵌合する開口部582の近傍に形成されていることが好ましい。これにより、端子絡げ部53近傍でケーブルWを保持することができ、ケーブルWを端子絡げ部53に接続する際の作業を容易に行うことができる。

【0149】

突起部119は、図29に示すように、ケース10の外周面から突出する突出片1192と、突出片1192の先端から突出片1192に対して交差する方向、ここでは、垂直に突出する垂直片1194とを有する。突出片1192と垂直片1194とは、外周面とともに配線可能な溝1190を構成し、この溝1190内に、ケーブルWを内嵌することにより係合して、ケーブルWを固定する。

10

【0150】

本実施の形態では、突起部119は、突出片1192の先端から垂直片1194が断面T字状に接続して形成されている。これにより、突起部119は、突出片1192を挟み2つの溝1190を有する。よって、ケーブルWの2本の配線を溝1190にそれぞれ内嵌させて保持することができ、工程の安定化及び配線自体の保持も容易に行うことができる。

【0151】

20

なお、突起部119は、ケーブルWの端部Waを、端子絡げ部53に、精度良く導通するように接続できるように、ケーブルWを保持できればよい。例えば、図30に示す配線固定用の突起部119Aは、ケース10の外周面から突出する突出片1196の先端に、突出片1196に対して垂直に接合され、突出片1196とともに断面L字状をなす垂直片1198を有する構成としてもよい。

【0152】

突起部119Aでは、突出片1196と、外周面と、垂直片1198とで溝1190Aが形成されている。突起部119Aは、この溝1190Aで、ケーブルWの配線を、2本まとめて保持することができ、T字状の突起部119と同様の効果を得ることができる。

ケーブルWの端部Waは、端子絡げ部53に容易に接続可能に構成されることが好ましい。

30

【0153】

図31は、ケーブルWの端部Waを示す。

本実施形態では、ケーブルWの端部Waは、ピン状の端子絡げ部53に容易に係合可能な形状を有し、U字状に形成されている。また、図32に示すように、ケーブルWの端部Wa1は、一部切り欠いたリング状に形成されてもよい。

【0154】

このような形状を有する端部Waは、端子絡げ部53に掛止して保持させることができ、掛止状態、つまり、位置決めした状態で半田付けを行うことができる。よって、端部Waを端子絡げ部53に安定した状態で確実に導通状態で固定することができ、導通工程も容易に行うことができる。

40

【0155】

<振動アクチュエータ1の動作>

振動アクチュエータ1の動作について、マグネット30において着磁方向の一方側（本実施の形態では上側）の表面30a側がN極、着磁方向の他方側（本実施の形態では下側）の裏面30b側がS極となるように着磁されている場合を一例に説明する。

【0156】

振動アクチュエータ1では、可動体20は、ばね-マス系の振動モデルにおけるマス部に相当すると考えられるので、共振が鋭い（急峻なピークを有する）場合、振動を減衰することにより、急峻なピークを抑制する。振動を減衰することにより共振が急峻では無く

50

なり、共振時の可動体 20 の最大振幅値、最大移動量がばらつくことがなく、好適な安定した最大移動量による振動が出力される。

【0157】

振動アクチュエータ 1 では、図 12 に示す磁気回路が形成される。また、振動アクチュエータ 1 において、コイル 61、62 はコイル軸がマグネット 30 を振動方向で挟む可動体コア 41、42 からの磁束に直交するように、配置されている。

【0158】

具体的には、マグネット 30 の表面 30a 側から出射し、可動体コア 41 からコイル 61 側に放射され、電磁シールド部 58 を通り、コイル 62 を介してマグネット 30 の下側の可動体コア 42 からマグネット 30 へ入射する磁束の流れ $m f$ が形成される。

10

【0159】

したがって、図 12 に示すように通電が行われると、マグネット 30 の磁界とコイル 61、62 に流れる電流との相互作用により、フレミング左手の法則に従ってコイル 61、62 に $-f$ 方向のローレンツ力が生じる。

【0160】

$-f$ 方向のローレンツ力は、磁界の方向とコイル 61、62 に流れる電流の方向に直交する方向である。コイル 61、62 は固定体 50 (コイルボビン部 52) に固定されているので、作用反作用の法則に則り、この $-f$ 方向のローレンツ力と反対の力が、マグネット 30 を有する可動体 20 に F 方向の推力として発生する。これにより、マグネット 30 を有する可動体 20 側が F 方向、つまり蓋部 12 (蓋部 12 の天面部 122) 側に移動する (図 13 参照)。

20

【0161】

また、コイル 61、62 の通電方向が逆方向に切り替わり、コイル 61、62 に通電が行われると、逆向きの F 方向のローレンツ力が生じる。この F 方向のローレンツ力の発生により、作用反作用の法則に則り、この F 方向のローレンツ力と反対の力が、可動体 20 に推力 ($-F$ 方向の推力) として発生し、可動体 20 は、 $-F$ 方向、つまり、固定体 50 の底部 114 側に移動する (図 14 参照)。

【0162】

振動アクチュエータ 1 では、通電していない場合の非駆動時 (非振動時) においては、マグネット 30 と電磁シールド部 58 との間に磁気吸引力がそれぞれ働き磁気バネとして機能する。このマグネット 30 と電磁シールド部 58 との間に発生する磁気吸引力と、弾性支持部 81、82 の元の形状に戻ろうとする復元力により、可動体 20 は、元の位置に戻る。

30

【0163】

振動アクチュエータ 1 は、コイル 61、62 を有する固定体 50 と、コイル 61、62 の径方向内側に配置され、且つ、コイル 61、62 の軸方向に磁化されたマグネット 30 を有する可動体 20 と、を備える。加えて、振動アクチュエータ 1 は、可動体 20 をコイル軸方向である振動方向に、移動自在に弾性保持する平板状の弾性支持部 81、82 を備える。

【0164】

また、コイル 61、62 は、コイルボビン部 52 のボビン本体部 522 の外周に配置され、ボビン本体部 522 の内周側に、間隔を空けて、可動体 20 の外周面 20a が配置され、コイル 61、62 は、外周面を電磁シールド部 58 により囲まれている。

40

【0165】

弾性支持部 81、82 は、可動体 20 を、可動体 20 の非振動時及び振動時に接触しないようにボビン本体部 522 の内周面 522a から所定の間隔を空けて支持する。

【0166】

また、コイル 61、62 はボビン本体部 522 の外周に配置される、つまり、コイル 61、62 がボビン本体部 522 の外周に巻き付けられる構成であるので、空芯コイルを用いた場合と比較して、低コスト化をはかることができる。更に、振動アクチュエータ 1 で

50

は、ケース 10 内に駆動ユニット 13 を収容する構造であり、ケース 10 の周壁部 112 の外周面を滑らかな面に構成できる。これにより、振動アクチュエータ 1 を電子機器に取り付ける際に、取付箇所との間に介在させるスポンジ等の緩衝材の貼り付けを確実に容易に行うことができる。

【0167】

コイル 61、62 は、ケース 10 内に配置されるコイル保持部であるコイルボビン部 52 の外周側に配置されている。よって、コイル 61、62 がコイル保持部の内周側に配置される構成において、組み立ての際の、外部機器と接続するために、コイル線の端部を外側に持ち出す作業を行う必要がない。

【0168】

また、振動アクチュエータ 1 は、ケース 10 内に駆動ユニット 13 を配置することにより構成されているので、高い寸法精度が必要な弾性支持部 81、82 の固定は、コイルボビン部 52 に組み付けることにより行うことができる。これにより、弾性支持部 81、82 の固定を含む可動体 20 の配置は、コイルボビン部 52 を基準として決定させることができ、製品としての振動発生方向の精度を高めることができる。具体的には、例えば樹脂等により一つの部品として形成されるコイルボビン部 52 の寸法精度を上げるだけで、コイル 61、62 と、弾性支持部 81、82 を介して取り付けられる可動体 20 (マグネット 30) とを正確な位置関係で位置させることを容易に行うことができる。

【0169】

また、ケース 10 内に配置されるコイルボビン部 52 に、電磁シールド部 58 が、コイル 61、62 を囲むように取り付けられることにより、ケース 10 における周壁部 112 の外周面は面精度の良い樹脂となり滑らかな面となる。これにより、緩衝材を取り付ける部材、例えば、両面テープの接合状態が良好となり、接合強度を高めることができる。

【0170】

また、コイルボビン部 52 には、端子絡げ部 53 が外方に突出して設けられているので、コイルのコイル線の絡げと半田付けが容易になり、外部機器とコイル 61、62 との接続を容易にできる。

【0171】

また、ケース 10 は、有底筒状、つまり、カップ状のケース本体 11 と蓋部 12 とで形成されている。これにより、周壁部 112 と底部 114 とを別体にした構成よりも、部品点数を減らし、組立性の向上を図ることができるとともに、耐衝撃性が向上する。

【0172】

また、蓋部 12 は、カップ状のケース本体 11 の開口部 115 に溶着することで固定されている。蓋部 12 は、図 34 に示すように、ケース本体 11 内に、弾性支持部 81、82 を介して可動体 20 が取り付けられたコイルボビン部 52 を収容した後、開口部 115 を閉塞するように、ケース本体 11 の開口部 115 に嵌合される。そして、蓋部 12 の周囲で蓋部 12 上に延びる開口部 115 の開口端 115a が、カシめられて屈曲されることにより、蓋部 12 は、ケース本体 11 に固定される。

【0173】

また、これら突起部 119、119A は、ケーブル W を接着固定することが好ましい。例えば、図 33 に示すように、突起部 119 では、端部 Wa が端子絡げ部 53 に接続された状態で、ケーブル W が接着剤により固定される。図 33 に示す領域 R1 は、接着剤が塗布された接着領域を示す。

【0174】

突起部 119 にてケーブル W を接着することにより、ケーブル W に外力が掛かる場合でも、ケーブル W が端子絡げ部 53 から外れることがなくなり、断線などの不具合のリスクを抑制することができる。

【0175】

また、接着固定と比較して、固定強度が向上し耐衝撃性を高めることができる。さらに、工程も塗布工程から硬化工程と複雑化することがなく、工程も単純でありタクト時間の

10

20

30

40

50

低減化を図ることができる。

【 0 1 7 6 】

また、振動アクチュエータ 1 において、可動体 2 0 は、固定体 5 0 に対して、可動しない状態の非振動時と、可動している状態つまり振動時では、ボビン本体部 5 2 2 との間隙間を空けて支持される。これにより、可動体 2 0 は可動中、つまり、振動中に、固定体 5 0 への接触が発生することがない。

【 0 1 7 7 】

また、振動アクチュエータ 1 を落下した場合等、振動アクチュエータ 1 自体に衝撃が加わる場合にのみ、可動体 2 0 は、ボビン本体部 5 2 2 の内周面 5 2 2 a に接触する。すなわち、衝撃がある場合にのみ、可動体 2 0 とボビン本体部 5 2 2 とは、可動体 2 0 の外周面 2 0 a とボビン本体部 5 2 2 の内周面 5 2 2 a との間の範囲で相対移動し、可動体 2 0 は、コイル 6 1、6 2 に接触することがない。

10

【 0 1 7 8 】

このように、振動アクチュエータ 1 によれば、従来の振動アクチュエータと異なり、振動アクチュエータに衝撃が加わることで可動体 2 0 が変位して固定体の内壁に接触し、衝撃を与えることがない。つまり、衝撃により、固定体 5 0 のコイル 6 1、6 2 が破損することがない。また、衝撃で弾性支持部 8 1、8 2 自体が変形することもなく、弾性支持部 8 1、8 2 の変形により生じる可動体 2 0 の可動不能等の不具合を解消できる。

【 0 1 7 9 】

このように振動アクチュエータ 1 によれば、耐衝撃性を有するとともに、振動表現力の高い好適な体感振動を出力できる。

20

【 0 1 8 0 】

振動アクチュエータ 1 は、電源供給部（例えば、図 3 5 及び図 3 6 に示す駆動制御部 2 0 3）からコイル 6 1、6 2 へ入力される交流波によって駆動される。つまり、コイル 6 1、6 2 の通電方向は周期的に切り替わり、可動体 2 0 には、蓋部 1 2 の天面部 1 2 2 側の F 方向の推力と底部 1 1 4 側の - F 方向の推力が交互に作用する。これにより、可動体 2 0 は、振動方向（コイル 6 1、6 2 の径方向と直交するコイル 6 1、6 2 の巻回軸方向、或いは、マグネット 3 0 の着磁方向）に振動する。

【 0 1 8 1 】

以下に、振動アクチュエータ 1 の駆動原理について簡単に説明する。本実施の形態の振動アクチュエータ 1 では、可動体 2 0 の質量を m [k g]、ばね（ばねである弾性支持部 8 1、8 2）のばね定数を K_{sp} とした場合、可動体 2 0 は、固定体 5 0 に対して、下式（1）によって算出される共振周波数 F_r [H z] で振動する。

30

【 0 1 8 2 】

【数 1】

$$F_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_{sp}}{m}} \quad \dots (1)$$

【 0 1 8 3 】

可動体 2 0 は、ばね - マス系の振動モデルにおけるマス部を構成すると考えられるので、コイル 6 1、6 2 に可動体 2 0 の共振周波数 F_r に等しい周波数の交流波が入力されると、可動体 2 0 は共振状態となる。すなわち、電源供給部からコイル 6 1、6 2 に対して、可動体 2 0 の共振周波数 F_r と略等しい周波数の交流波を入力することにより、可動体 2 0 を効率良く振動させることができる。

40

【 0 1 8 4 】

振動アクチュエータ 1 の駆動原理を示す運動方程式及び回路方程式を以下に示す。振動アクチュエータ 1 は、下式（2）で示す運動方程式及び下式（3）で示す回路方程式に基づいて駆動する。

【 0 1 8 5 】

50

【数 2】

$$m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = K_f i(t) - K_{sp} x(t) - D \frac{dx(t)}{dt} \quad \dots (2)$$

m : 質量 [k g]

$x(t)$: 変位 [m]

K_f : 推力定数 [N/A]

$i(t)$: 電流 [A]

K_{sp} : ばね定数 [N/m]

D : 減衰係数 [N/(m/s)]

10

【0186】

【数 3】

$$e(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + K_e \frac{dx(t)}{dt} \quad \dots (3)$$

$e(t)$: 電圧 [V]

R : 抵抗 [Ω]

L : インダクタンス [H]

K_e : 逆起電力定数 [V/(rad/s)]

20

【0187】

すなわち、振動アクチュエータ1における質量 m [k g]、変位 $x(t)$ [m]、推力定数 K_f [N/A]、電流 $i(t)$ [A]、ばね定数 K_{sp} [N/m]、減衰係数 D [N/(m/s)] 等は、式(2)を満たす範囲内で適宜変更できる。また、電圧 $e(t)$ [V]、抵抗 R []、インダクタンス L [H]、逆起電力定数 K_e [V/(rad/s)] は、式(3)を満たす範囲内で適宜変更できる。

【0188】

このように、振動アクチュエータ1では、可動体20の質量 m と板ばねである弾性支持部81、82のばね定数 K_{sp} により決まる共振周波数 F_r に対応する交流波によりコイル61、62への通電を行った場合に、効率的に大きな振動出力を得ることができる。

30

【0189】

また、振動アクチュエータ1は、式(2)、(3)を満たし、式(1)で示す共振周波数を用いた共振現象により駆動する。これにより、振動アクチュエータ1では、定常状態において消費される電力は減衰部72による損失だけとなり、低消費電力で駆動、つまり、可動体20を低消費電力で直線往復振動させることができる。また、減衰係数 D を大きくすることにより、高帯域に渡り振動を発生させることができる。

【0190】

本実施の形態によれば、可動体20の上下(振動方向)に板状の弾性支持部81、82を配置しているので、可動体20を上下方向に安定して駆動すると同時に、マグネット30の上下の弾性支持部81、82から効率的にコイル61、62の磁束を分布できる。これにより、振動アクチュエータ1として、高出力の振動を実現することができる。

40

【0191】

また、固定体50は、コイル61、62の保持機能、可動体20に対するコイル61、62の保護機能を兼ねたコイルボビン部52を有する。これにより、固定体50が衝撃を受けた場合でも、その衝撃に耐えるとともに、弾性支持部81、82に変形などのダメージを与えない。また、コイル61、62に対しては、樹脂製のボビン本体部522を介して衝撃が伝わるため、ダメージを抑制することができ、信頼性の高い振動アクチュエータ

50

1 となっている。

このように、振動アクチュエータ 1 によれば、低コストで小型化を実現できるとともに、耐衝撃性を有し、高い出力で好適な体感振動を発生することができる。

【0192】

(電子機器)

図35及び図36は、振動アクチュエータ 1 の実装形態の一例を示す図である。図35は、振動アクチュエータ 1 をゲームコントローラ GC に実装した例を示し、図36は、振動アクチュエータ 1 を携帯端末 M に実装した例を示す。

【0193】

ゲームコントローラ GC は、例えば、無線通信によりゲーム機本体に接続され、ユーザが握ったり把持したりすることにより使用される。ゲームコントローラ GC は、ここでは矩形板状を有し、ユーザが両手でゲームコントローラ GC の左右側を掴み操作するものとしている。

【0194】

ゲームコントローラ GC は、振動により、ゲーム機本体からの指令をユーザに通知する。なお、ゲームコントローラ GC は、図示しないが、指令通知以外の機能、例えば、ゲーム機本体に対する入力操作部を備える。

【0195】

携帯端末 M は、例えば、携帯電話やスマートフォン等の携帯通信端末である。携帯端末 M は、振動により、外部の通信装置からの着信をユーザに通知するとともに、携帯端末 M の各機能（例えば、操作感や臨場感を与える機能）を実現する。

【0196】

図35及び図36に示すように、ゲームコントローラ GC 及び携帯端末 M は、それぞれ、通信部 201、処理部 202、駆動制御部 203、及び駆動部としての振動アクチュエータ 1 である振動アクチュエータ 204、205、206 を有する。なお、ゲームコントローラ GC では、複数の振動アクチュエータ 204、205 が実装される。

【0197】

ゲームコントローラ GC 及び携帯端末 M において、振動アクチュエータ 204、205、206 は、例えば、端末の主面と振動アクチュエータ 204、205、206 の振動方向と直交する面、ここでは底部 114 の底面とが平行となるように実装されることが好ましい。端末の主面とは、ユーザの体表面に接触する面であり、本実施の形態では、ユーザの体表面に接触して振動を伝達する振動伝達面を意味する。なお、端末の主面と、振動アクチュエータ 204、205、206 の底部 114 の底面とが直交するように配置されてもよい。

【0198】

具体的には、ゲームコントローラ GC では、操作するユーザの指先、指の腹、手の平等が接触する面、或いは、操作部が設けられた面と、振動方向が直交するように振動アクチュエータ 204、205 が実装される。また、携帯端末 M の場合は、表示画面（タッチパネル面）と振動方向が直交するように振動アクチュエータ 206 が実装される。これにより、ゲームコントローラ GC 及び携帯端末 M の主面に対して垂直な方向の振動が、ユーザに伝達される。

【0199】

通信部 201 は、外部の通信装置と無線通信により接続され、通信装置からの信号を受信して処理部 202 に出力する。ゲームコントローラ GC の場合、外部の通信装置は、情報通信端末としてのゲーム機本体であり、Bluetooth（登録商標）等の近距離無線通信規格に従って通信が行われる。携帯端末 M の場合、外部の通信装置は、例えば基地局であり、移動体通信規格に従って通信が行われる。

【0200】

処理部 202 は、入力された信号を、変換回路部（図示省略）により振動アクチュエータ 204、205、206 を駆動するための駆動信号に変換して駆動制御部 203 に出力

10

20

30

40

50

する。なお、携帯端末Mにおいては、処理部202は、通信部201から入力される信号の他、各種機能部（図示省略、例えばタッチパネル等の操作部）から入力される信号に基づいて、駆動信号を生成する。

【0201】

駆動制御部203は、振動アクチュエータ204、205、206に接続されており、振動アクチュエータ204、205、206を駆動するための回路が実装されている。駆動制御部203は、振動アクチュエータ204、205、206に対して駆動信号を供給する。

【0202】

振動アクチュエータ204、205、206は、駆動制御部203からの駆動信号に従って駆動する。具体的には、振動アクチュエータ204、205、206において、可動体20は、ゲームコントローラGC及び携帯端末Mの主面に直交する方向に振動する。

【0203】

可動体20は、振動する度に、蓋部12の天面部122又は底部114にダンパーを介して接触するようにしてもよい。この場合、可動体20の振動に伴う蓋部12の天面部122又は底部114への衝撃、つまり、筐体への衝撃が、ダイレクトにユーザに振動として伝達される。特に、ゲームコントローラGCでは、複数の振動アクチュエータ204、205が実装されているため、入力される駆動信号に応じて、複数の振動アクチュエータ204、205のうち的一方、または双方を同時に駆動させることができる。

【0204】

ゲームコントローラGC又は携帯端末Mに接触するユーザの体表面には、体表面に垂直な方向の振動が伝達されるので、ユーザに対して十分な体感振動を与えることができる。ゲームコントローラGCでは、ユーザに対する体感振動を、振動アクチュエータ204、205のうち的一方、または双方で付与でき、少なくとも強弱の振動を選択的に付与するといった表現力の高い振動を付与できる。

【0205】

以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で変更可能である。

【0206】

また、本発明に係る振動アクチュエータは、ゲームコントローラGC及び携帯端末M以外の携帯機器（例えば、タブレットPCなどの携帯情報端末、携帯型ゲーム端末、ユーザが身につけて使用するウェアラブル端末）に適用する場合に好適である。また、本実施の形態の振動アクチュエータ1は、上述した携帯機器の他、振動を必要とする美顔マッサージ器等の電動理美容器具にも用いることができる。

【産業上の利用可能性】

【0207】

本発明に係る振動アクチュエータは、低コストで小型化を実現できるとともに、耐衝撃性を有し、高い出力で好適な体感振動をユーザに付与することができ、ゲーム機端末或いは携帯端末等の電子機器に搭載されるものとして有用である。

【符号の説明】

【0208】

- 1 振動アクチュエータ
- 9 引き回し部
- 10 ケース
- 11 ケース本体
- 12 蓋部
- 13、13A 駆動ユニット
- 20 可動体
- 20a 外周面

10

20

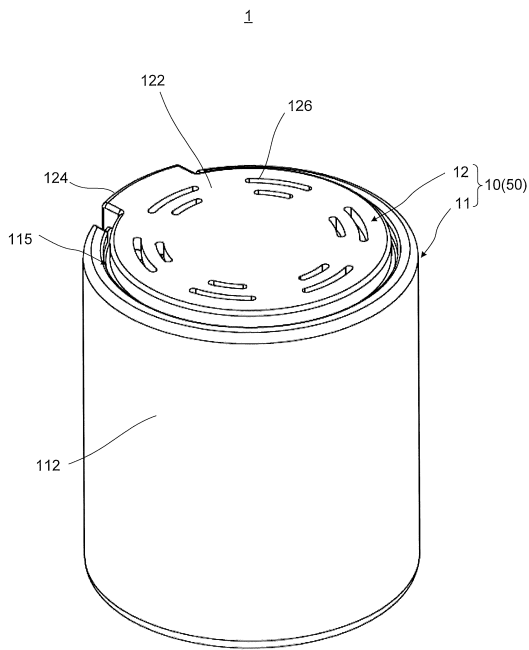
30

40

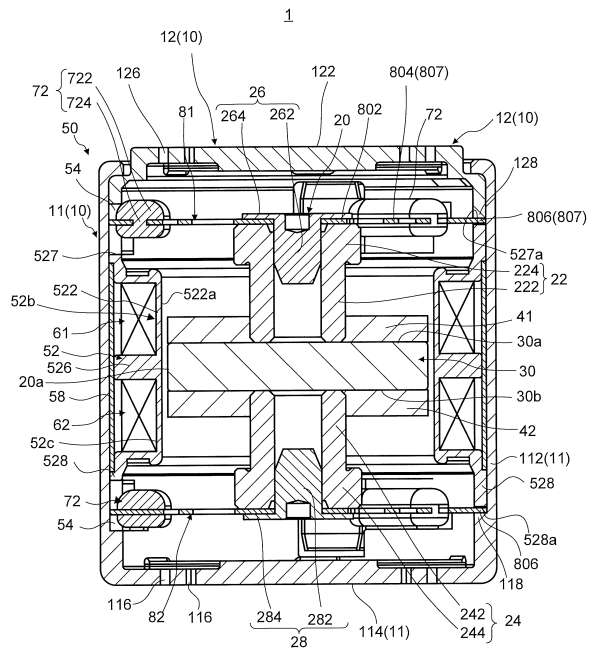
50

3 0	マグネット	
3 0 a	表面	
3 0 b	裏面	
4 1、4 2	可動体コア	
5 0	固定体	
5 2、5 2 A	コイルボビン部 (コイル保持部)	
5 2 b、5 2 c	コイル取付部	
5 3、5 3 - 1、5 3 - 2	端子絡げ部 (コイル結線部)	
5 4	可動範囲形成部 (突起)	
5 5	連絡溝部 (溝部)	10
5 8、5 8 A	電磁シールド部	
6 1	コイル (第 1 コイル)	
6 2	コイル (第 2 コイル)	
7 2	減衰部	
7 3	取付部	
8 1、8 2	弾性支持部	
9 0	端子引出部	
9 2、9 2 - 1、9 2 - 2	コイル案内部	
9 3	傾斜部	
1 1 2	周壁部	20
1 1 4	底部	
1 1 5	開口部	
1 1 6、1 2 6	通気孔	
1 1 8	段差部	
1 1 9、1 1 9 A	突起部	
1 2 2	天面部	
1 2 4	垂下部	
1 2 8	押圧部	
2 0 1	通信部	
2 0 2	処理部	30
2 0 3	駆動制御部	
2 0 4、2 0 5、2 0 6	振動アクチュエータ	
2 2 2、2 4 2	接合部	
2 2 4、2 4 4	ばね固定部	
5 2 2	ボビン本体部 (コイル保護壁部)	
5 2 2 a	内周面	
5 2 6	中央フランジ部 (中央壁部)	
5 2 6 a	外周部	
5 2 7、5 2 8	フランジ部	
5 2 7 a	上端面	40
5 2 8 a	下端面	
5 2 9	位置決め係合部	
5 8 9	被係合部	
8 0 2	内周部	
8 0 4	変形アーム	
8 0 6	外周固定部	
8 0 7	外周部	
8 0 8	位置決め溝	
1 1 9 2、1 1 9 6	突出片	
1 1 9 4、1 1 9 8	垂直片	50

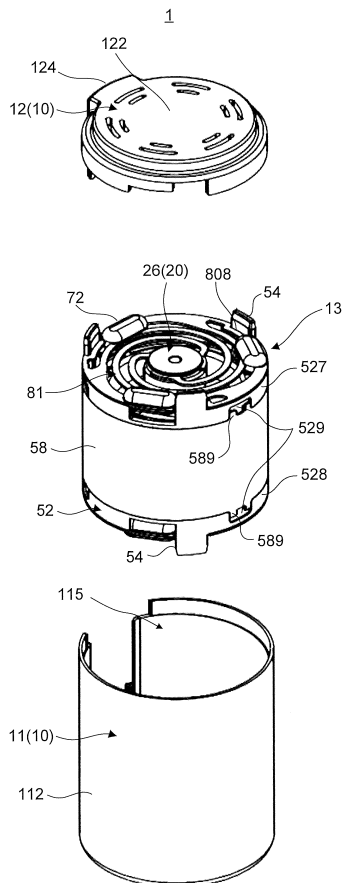
【図1】



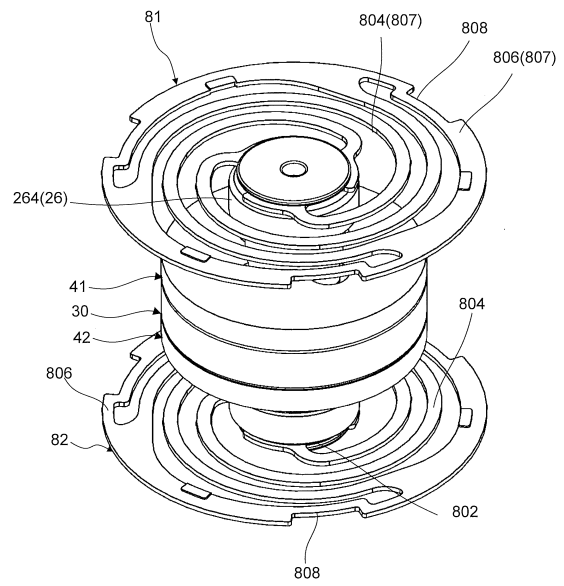
【図2】



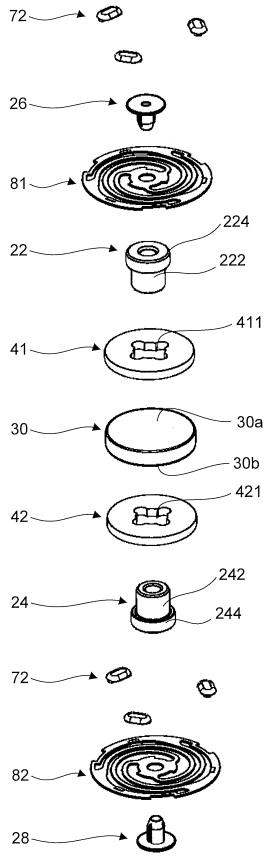
【図3】



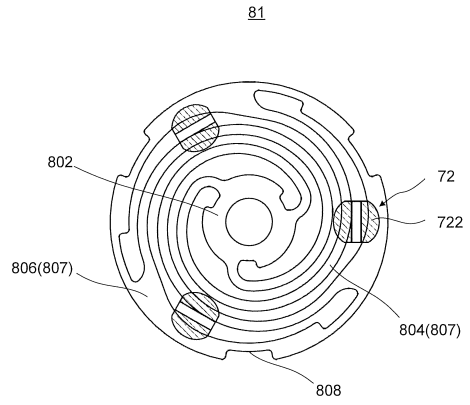
【図4】



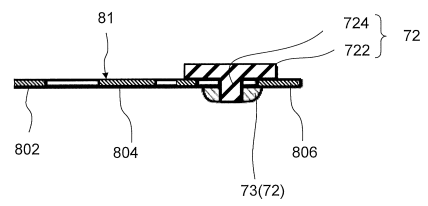
【図5】



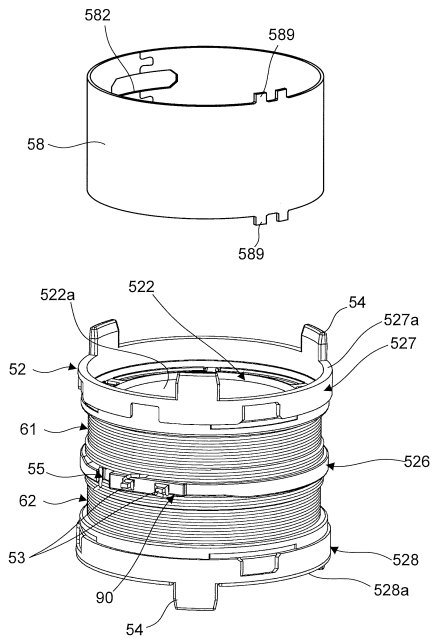
【図6】



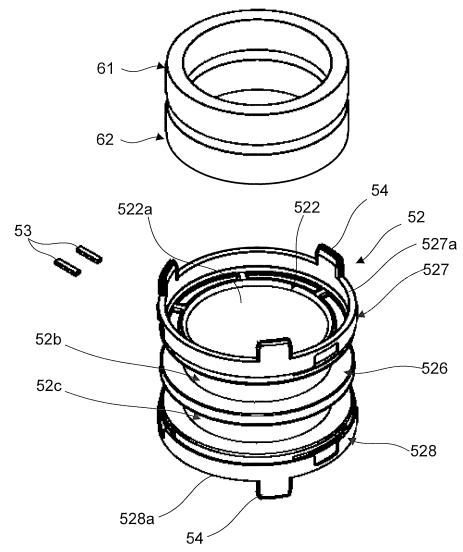
【図7】



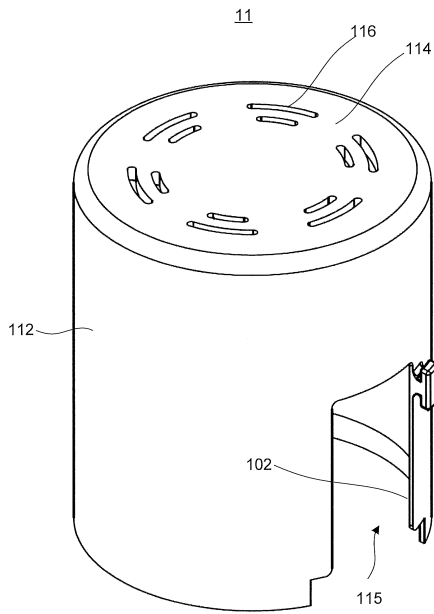
【図8】



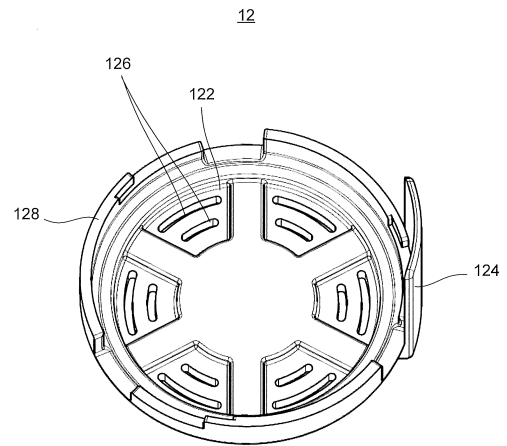
【図9】



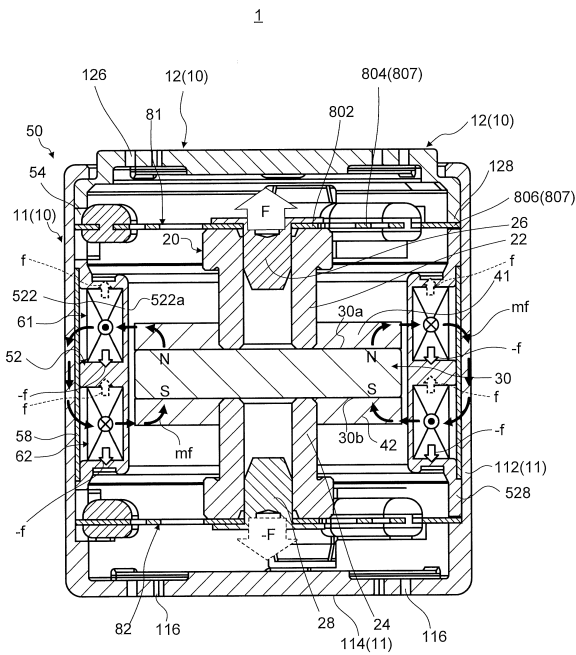
【図10】



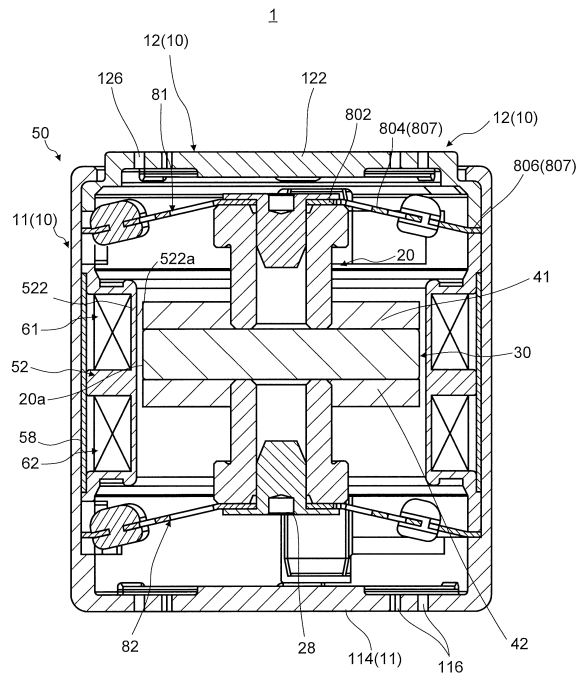
【図11】



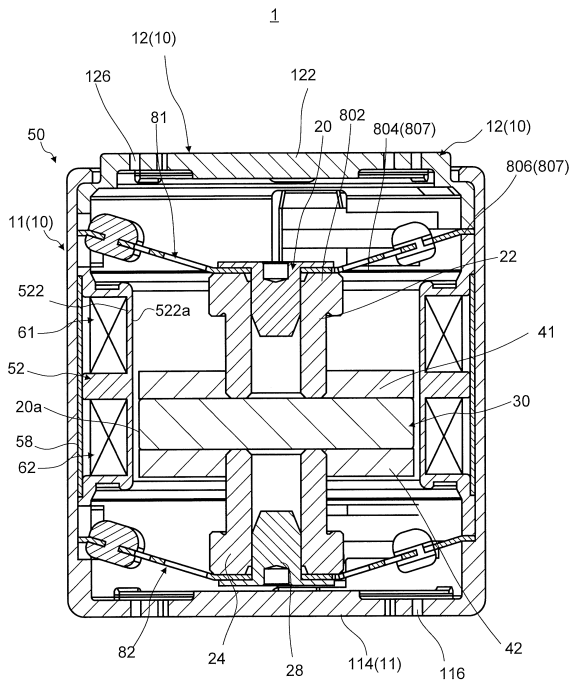
【図12】



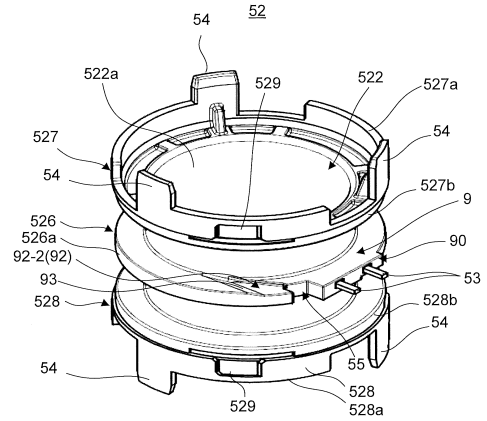
【図13】



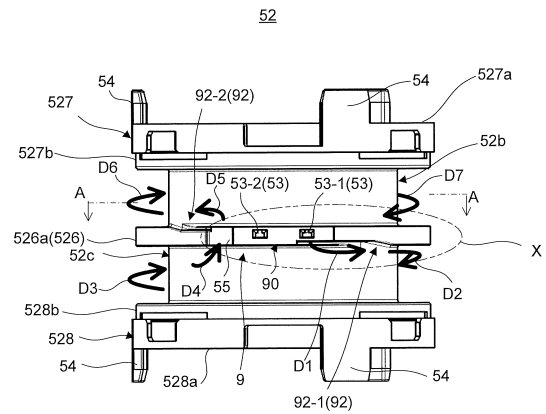
【 図 1 4 】



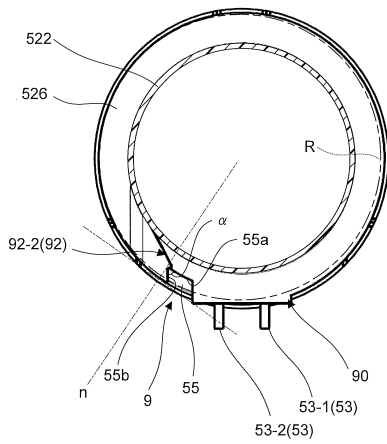
【 図 1 5 】



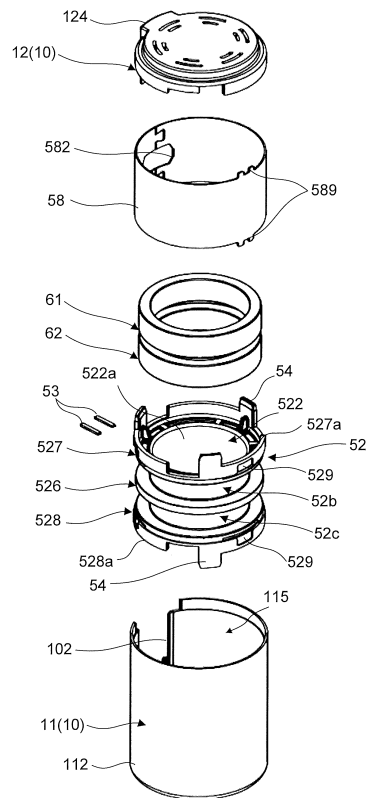
【 図 1 6 】



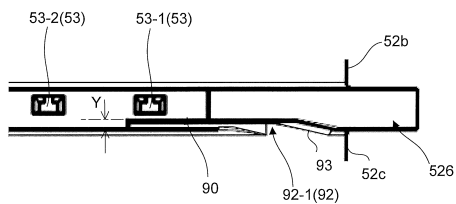
【 図 1 7 】



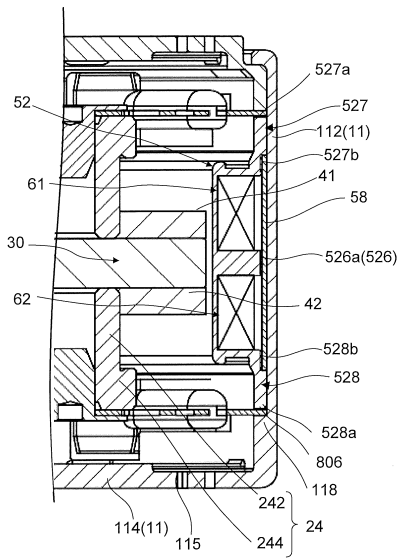
【 図 1 9 】



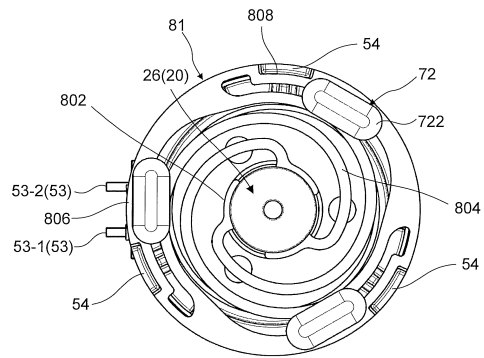
【 図 1 8 】



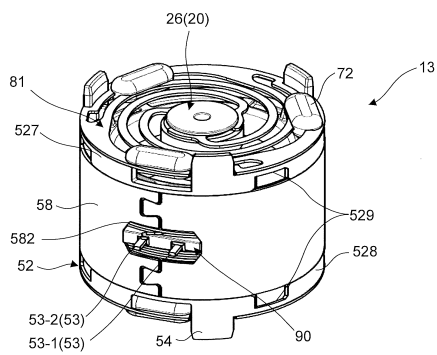
【 図 2 0 】



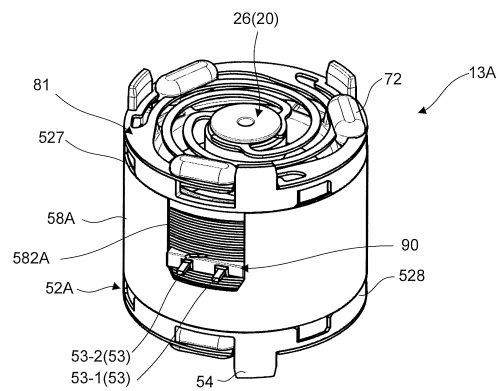
【 図 2 1 】



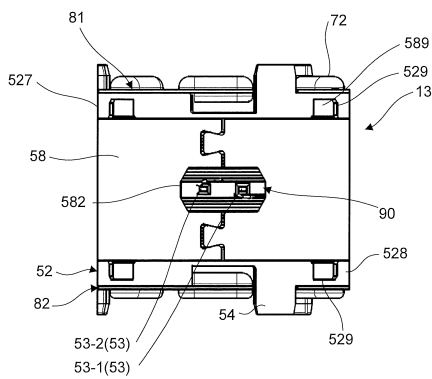
【 図 2 2 】



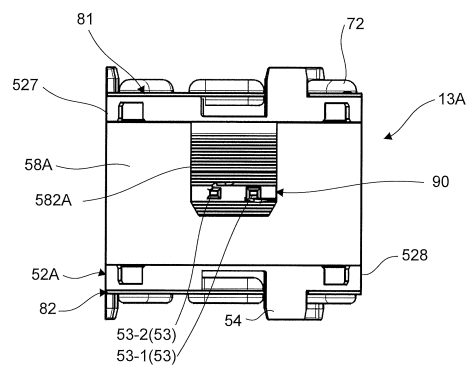
【 図 2 4 】



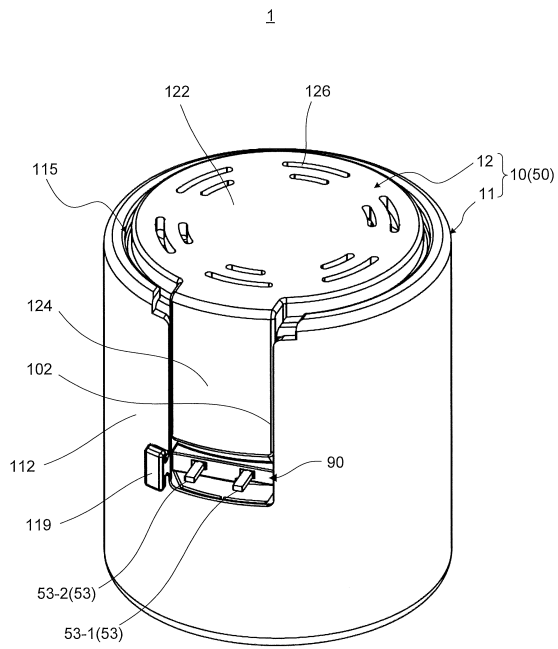
【 図 2 3 】



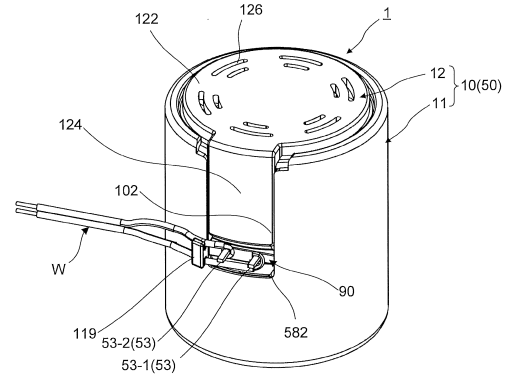
【 図 2 5 】



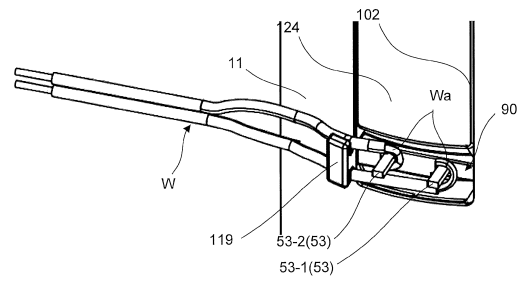
【 26 】



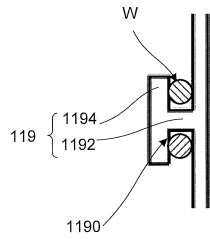
【 27 】



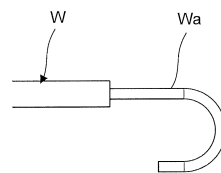
【 28 】



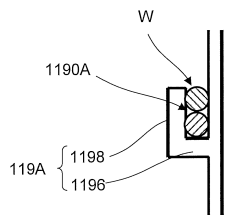
【 29 】



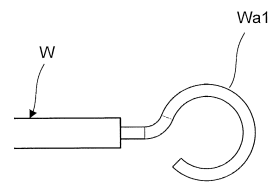
【 31 】



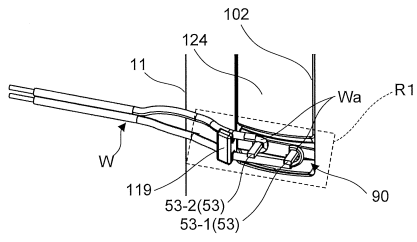
【 30 】



【 32 】



【図33】



【図34】

図34A

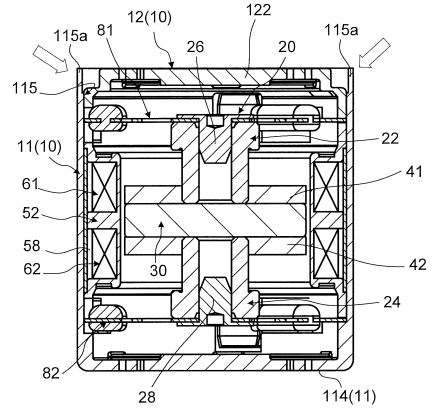
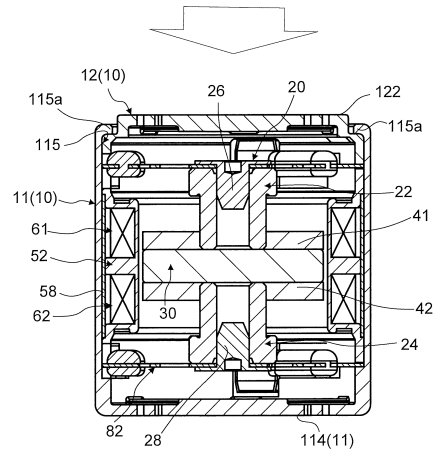
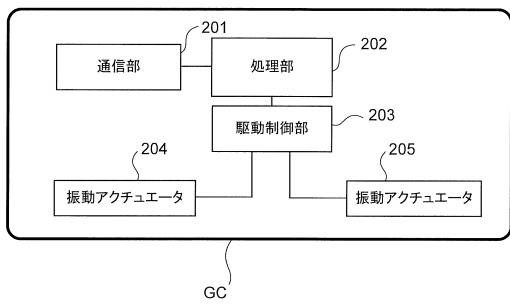


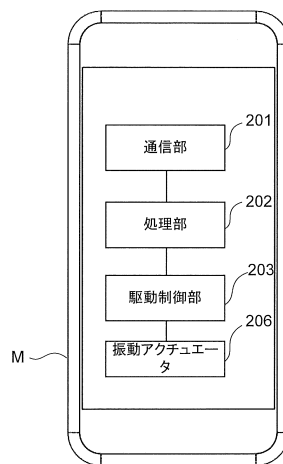
図34B



【図35】



【図36】



フロントページの続き

- (72)発明者 熊埜御堂 好広
東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツミ電機株式会社内
- (72)発明者 児玉 大輔
東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツミ電機株式会社内
- (72)発明者 良井 優太
東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツミ電機株式会社内
- (72)発明者 稲本 繁典
東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツミ電機株式会社内

審査官 服部 俊樹

- (56)参考文献 特開2016-013554(JP,A)
米国特許出願公開第2017/0141665(US,A1)
中国特許出願公開第101944819(CN,A)
特開平11-262234(JP,A)
特開2006-296127(JP,A)
特開2018-164398(JP,A)
特開2017-158274(JP,A)
特開2019-068569(JP,A)
特開2003-062525(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B06B 1/04
H02K 33/12