

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
【部門区分】第 7 部門第 4 区分
【発行日】平成 16 年 7 月 8 日 (2004.7.8)

【公開番号】特開 2003-180092 (P2003-180092A)
【公開日】平成 15 年 6 月 27 日 (2003.6.27)
【出願番号】特願 2001-373654 (P2001-373654)
【国際特許分類第 7 版】
H 0 2 N 2/00
【F I】
H 0 2 N 2/00 C

【手続補正書】
【提出日】平成 15 年 4 月 25 日 (2003.4.25)
【手続補正 1】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【発明の名称】振動波駆動装置
【特許請求の範囲】

【請求項 1】円環形状の振動部を少なくとも備える弾性体に電気機械エネルギー変換素子を接合して駆動振動を前記弾性体に形成する振動体と、前記振動体に設けた摺動部において加圧接触する接触体とを有し、前記電気機械エネルギー変換素子に所定の駆動周波数帯域の交番電圧を印加することによって、前記振動部の対称軸方向を主とする屈曲振動を駆動モードとする駆動振動を前記振動体に生じさせ、前記振動体と前記接触体とを相対的に駆動する振動波駆動装置において、

前記駆動周波数帯域内に、前記振動部が該振動部内の円周上の節円を中心としてねじれるねじりモードの固有振動数を含まないことを特徴とする振動波駆動装置。

【請求項 2】次数が異なる前記ねじりモードが前記駆動周波数帯域の上方および下方にそれぞれ存在し、前記上方および下方のねじりモードの摺動部加振に対する周波数応答ゲインが等しい周波数を前記駆動周波数帯域が含んでいることを特徴とする請求項 1 記載の振動波駆動装置。

【請求項 3】前記振動体の摺動部と前記接触体との摩擦力と、前記接触体を加圧接触する加圧力との合力の方向の範囲内であって、前記ねじりモードのねじりの中心軸を含むような位置に前記摺動部を設けたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の振動波駆動装置。

【請求項 4】前記弾性体は、前記振動部と、前記振動部を支持する円板部と、前記振動体を他部材に固定するための固定部によって構成され、前記円板部の前記固定部近傍に剛性低下部を設けたことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の振動波駆動装置。

【請求項 5】前記弾性体は、前記振動部と、前記振動部を支持する円板部と、前記振動体を他部材に固定するための固定部によって構成され、前記円板部の前記固定部近傍に高剛性部を設けたことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の振動波駆動装置。

【請求項 6】弾性体に電気機械エネルギー変換素子を接合して駆動振動を前記弾性体に形成する振動体と、前記振動体に設けた摺動部において加圧接触する接触体とを有し、前記電気機械エネルギー変換素子に交番電圧を印加することによって所定の固有振動モードを駆動モードとする駆動振動を生じさせ、前記振動体と前記接触体を相対的に駆動する振動波駆動装置において、

該交番電圧の駆動周波数帯域内には、駆動振動の摺動部における振動方向成分をもつ他の振動モードの固有振動数を駆動モード以外に含まないことを特徴とする振動波駆動装置。

【請求項 7】前記他の振動モードの固有振動数が前記駆動周波数帯域の上方および下方に

存在し、上方および下方の振動モードの周波数応答ゲインが等しい周波数を前記駆動周波数帯域が含むことを特徴とする請求項 6 記載の振動波駆動装置。

【請求項 8】前記振動体を同心状に配置された複数の粘性抵抗の低い材料で形成されるシート部材で支持することにより、前記駆動周波数帯域内に、前記振動部が該振動部内の円周上の節円を中心としてねじれるねじりモードの固有振動数を含まないことを特徴とする請求項 1 に記載の振動波駆動装置。

【請求項 9】前記振動体を前記振動部の幅よりも狭い粘性抵抗の低い材料で形成されるシート部材で支持することにより、前記駆動周波数帯域内に、前記振動部が該振動部内の円周上の節円を中心としてねじれるねじりモードの固有振動数を含まないことを特徴とする請求項 1 に記載の振動波駆動装置。

【請求項 10】前記駆動周波数帯域よりも上方を前記ねじりモードの第 1 次のモードとしたことを特徴とする請求項 1 に記載の振動波駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電気機械エネルギー変換素子により弾性体に駆動振動を形成する振動体を有する振動波駆動装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

振動波駆動装置は、圧電素子などの電気機械エネルギー変換素子により金属等の弾性体に駆動振動を形成する振動体を基本的構成として有し、前記振動体と前記振動体に加圧接触する接触体（移動体）を前記振動体に形成する駆動振動により相対駆動する。そして、前記振動体を固定し、前記接触体を移動体とした振動波モータは、低速度で大きな駆動力が取り出せるアクチュエータであるとともに、速度むらが少ないことが特長である。

【0003】

特に、進行波型の振動波モータは、弾性体に進行性の振動波を起こし、これに加圧接触した移動体を連続的に駆動することにより、より滑らかな駆動が可能である。

【0004】

図 15 に従来の振動波モータの構成を示す。この従来の振動波モータは、ハウジング 7 にビスなどで固定された円環形状の金属等の弾性体 1 と、弾性体 1 に摩擦材 3 を介して摩擦接触する移動体 4 と、移動体 4 を弾性体 1 に加圧接触させ、移動体 4 の回転を出力する加圧ばね 5 および回転軸 6 によって構成されている。回転軸 6 は玉軸受 8 によってハウジング 7 に回転自在に支持されている。弾性体 1 は、最外周に位置する円環形状の振動部 1 A と、振動部 1 A の内周側に位置する支持円板部 1 B と、支持円板部 1 B よりも内周側に位置するフランジ部 1 C とにより一体的に構成され、金属材料の切削加工あるいは粉末焼結などの型成形によって製作され、この弾性体 1 の片面に接着剤などで圧電素子を接合して振動体を形成している。

【0005】

図 16 は従来の振動波モータの振動体の斜視図を示す。円環形状の振動部 1 A の一方の平面には、複数の放射状の溝 4 が軸方向に形成されており、この複数の溝によって形成されたくし歯状の突起 1 E の上面には摩擦材 3 として、PTFE を主体とする複合樹脂材料が接着されている。この摩擦材料には、用途に合わせて表面処理を施した金属材料や、アルミナセラミックも用いられる。

【0006】

弾性体 1 のもう一方の複数の溝が形成されていない面には、図 17 に示すように、電気機械エネルギー変換素子として円環状の圧電素子 2 が接着されており、圧電素子 2 には図 17 に示すパターン電極 2 - 1 が蒸着または印刷によって形成されている。

【0007】

パターン電極 2 - 1 は、振動体の円環部に励起する振動モードの次数に対応して、次数の四倍の数に等分割されており、それぞれの電極には、順に時間位相が 90° ずつ異なる略

サイン波形状の交流電圧が印加される。励起する振動モードの固有振動数付近の周波数で交流電圧を印加すると、圧電素子2の伸縮により弾性体に加わる曲げモーメントによって弾性体が共振し、90°ずつ異なる交流電圧に対してそれぞれ励起される振動は、その合成によって進行波となる。このように円環形状の振動部に均等に圧電素子の加振部を配置しているため、振動振幅が均一化され、より長期間にわたって高精度な駆動を維持できている。

【0008】

また、いわゆる「鳴き」低減のための技術として本出願人により特開平2-214477号公報に開示された例は、駆動に用いているモードとは別の振動モードが接触部で発生する加振力による自励振動として発生する場合にそのモードの波長の1/2の整数倍の位置の動剛性を不均一として、同じモードの複数の振動の固有振動数を異ならしめて進行波を生じにくくするものである。接触部では、移動体と振動体との接触による加振力が働くためにこのような鳴きが発生する場合があるが、この手段によって鳴きを発生しづらくすることができている。図18の溝4-1は、他の溝4より深くなっており、全周16箇所に配置されている。これによって、16箇所に節を持つ、8次のモードの2つの固有振動数に差が生じ、進行波としての自励振動が生じにくくなっている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の構成のように、振動の均一化、あるいは他のモードの自励振動の低減をしても、長期にわたって性能を維持するのが困難である場合があった。

【0010】

図19は従来の弾性体の駆動モード（面外曲げモードの9次）付近の他の固有モード（ねじりモードの5次と6次、面内曲げモードの2次と3次）とその固有振動数を示し、図20に示した弾性体の変形図のように、円環部が軸方向にたわみ変形する面外9次モードを駆動に用いている。この例では、9次の駆動周波数に対して下方の周波数および上方の周波数域にはより低次数、高次数の面外8次、面外10次モードが存在している。

【0011】

また、面外モード以外では、図21に示すように円環部が円環部の断面の中心付近を軸にして交互にねじれるねじりモードが存在し、さらに円環の対称軸に垂直な面内で曲げ振動する面内モードが存在する。

【0012】

図17に示した圧電素子の電極パターンでは、圧電素子の各パターン電極での加振力は、位相の等しい9箇所の加振点が均等に円周上に配置されるため、9次モード以外の加振力は相殺されて存在しない。そのため、駆動周波数付近の他のモードを励起する加振力はゼロである。

【0013】

図22の曲線Aは、振動体のみの場合での圧電素子に印加する駆動電圧の周波数に対する振動変位の周波数応答曲線を示す。このように、他のモードに加振力がないため、他のモードの応答は現れない。

【0014】

図22の曲線Bは、弾性体の摩擦部に等間隔な9点で加振した場合の周波数応答曲線を示し、この場合は曲線Aの場合と同様に、応答曲線は9次のモードにしか現れない。

【0015】

一方、振動体への加振力は、圧電素子からの加振力、および加圧接触する移動体からの加振力の2つの合力であるから、移動体を駆動している状態では圧電素子からの9次の加振と、移動体との9個の領域での均等な加振力を受けているはずであり、駆動状態においても他のモードが強制励振されることはない。

【0016】

しかしながら、摩擦材料に凹凸がある場合は異なる応答を示す。摩擦材料が1点のみ突出している場合、移動体との接触圧力は突出した1点に集中し、他の接触部の圧力が低下す

る。突出した１点を駆動振動である進行波が通過するたびに振動体はこの突出した点において駆動周波数での加振を受けることになる。

【００１７】

図２２の曲線Ｃに振動体の摩擦部の１点に加振した場合の周波数応答曲線を示す。９点の均等加振の場合と異なり、他のモードの応答が現れていることがわかる。

【００１８】

図２３は面外曲げモード、ねじりモードの応答を別の応答曲線として示し、図２３（Ａ）は低振幅（低回転数）時、図２３（Ｂ）は大振幅（高回転数）時のものである。面外曲げ９次モードの応答曲線は、振幅を大きくすることによる接触状態の変化から、共振周波数が振幅の増加とともに徐々に低下するような非線形性を示す。

【００１９】

ここで、面外曲げ９次モードを駆動モードとして励振するため、図に示した駆動周波数帯域での加振を行う。このとき駆動モードに近接しているねじり５次のモードは、駆動に用いる周波数帯域において応答が大きくなっている。このことから摩擦部に凹凸がある駆動状態では、駆動周波数での強制励振によってねじり５次の振動が生じ、駆動モードである面外９次の振動に重畳されてしまう恐れがある。

【００２０】

実際に、摩擦部に凹凸がある状態での振動体の振幅分布を測定したところ、図２４のような振幅分布を示すことがわかった。これは、９次モードにねじりの５次モードが同じ周波数で重畳されたことによって、１４箇所の振幅極大点をもっているものである。

【００２１】

これは、駆動周波数に応答して不要な他のモードが発生しているため、不要振動も駆動周波数での振動として生じるもので、このため鳴きのように異音を発することはない。

【００２２】

しかしながら、合成振動の振動振幅は不均一となり、摩擦部の部分的な摩耗を促進し、偏摩耗の原因となる。１４箇所での偏摩耗が進行すると、９次モードを駆動している振動体との空隙が広がり、より５次のモードが発生しやすくなる。このためにさらに偏摩耗が促進され、安定した接触が保てず、出力特性が劣化していく。

【００２３】

また、摩擦部の凹凸は、製造時のキズによるものや、駆動状態での摩耗粉の一時的な堆積や、充填材の脱落によっても生じるため、これらの凹凸がきっかけとなって移動体から受ける加振力が他のモードを駆動周波数で加振する加振力となる。

【００２４】

本出願に係る発明の目的は、通常の使用状態で生じる摩擦部の凹凸に対して強制励振される駆動モード以外の他モードを駆動周波数帯域から離し、応答振幅を減らすことによって他モードの重畳による振動の不均一を排除し、長期間にわたって出力性能を維持できる振動波駆動装置を提供するものである。

【００２５】

【課題を解決するための手段】

本出願に係る発明の目的を実現する第１の構成は、円環形状の振動部を少なくとも備える弾性体に電気機械エネルギー変換素子を接合して駆動振動を前記弾性体に形成する振動体と、前記振動体に設けた摺動部において加圧接触する接触体とを有し、前記電気機械エネルギー変換素子に所定の駆動周波数帯域の交番電圧を印加することによって、前記振動部の対称軸方向を主とする屈曲振動を駆動モードとする駆動振動を前記振動体に生じさせ、前記振動体と前記接触体とを相対的に駆動する振動波駆動装置において、前記駆動周波数帯域内に、前記振動部が該振動部内の円周上の節円を中心としてねじれるねじりモードの固有振動数を含まないことを特徴とする。

【００２６】

本出願に係る発明の目的を実現する第２の構成は、前記第１の構成において、次数が異なる前記ねじりモードが前記駆動周波数帯域の上方および下方にそれぞれ存在し、前記上方

および下方のねじりモードの摺動部加振に対する周波数応答ゲインが等しい周波数を前記駆動周波数帯域が含んでいることを特徴とする。

【0027】

本出願に係る発明の目的を実現する第3の構成は、前記第1または第2の構成において、前記振動体の摺動部と前記接触体との摩擦力と、前記接触体を加圧接触する加圧力との合力の方向の範囲内であって、前記ねじりモードのねじりの中心軸を含むような位置に前記摺動部を設けたことを特徴とする。

【0028】

本出願に係る発明の目的を実現する第4の構成は、前記第1、2または3の構成において、前記弾性体は、前記振動部と、前記振動部を支持する円板部と、振動体を他部材に固定するための固定部によって構成され、前記円板部の前記固定部近傍に剛性低下部を設けたことを特徴とする。

【0029】

本出願に係る発明の目的を実現する第5の構成は、前記第1、2または3の構成において、前記弾性体は、前記振動部と、前記振動部を支持する円板部と、前記振動体を他部材に固定するための固定部によって構成され、前記円板部の前記固定部近傍に高剛性部を設けたことを特徴とする。

【0030】

本出願に係る発明の目的を実現する第6の構成は、弾性体に電気機械エネルギー変換素子を接合して駆動振動を前記弾性体に形成する振動体と、前記振動体に設けた摺動部において加圧接触する接触体とを有し、前記電気機械エネルギー変換素子に交番電圧を印加することによって所定の固有振動モードを駆動モードとする駆動振動を生じさせ、前記振動体と前記接触体を相対的に駆動する振動波駆動装置において、該交番電圧の駆動周波数帯域内には、駆動振動の摺動部における振動方向成分をもつ他の振動モードの固有振動数を駆動モード以外に含まないことを特徴とする。

【0031】

本出願に係る発明の目的を実現する第7の構成は、前記第6の構成において、前記他の振動モードの固有振動数が前記駆動周波数帯域の上方および下方に存在し、上方および下方の振動モードの周波数応答ゲインが等しい周波数を前記駆動周波数帯域が含むことを特徴とする。

【0032】

本出願に係る発明の目的を実現する第8の構成は、前記第1の構成において、前記振動体を同心状に配置された複数の粘性抵抗の低い材料で形成されるシート部材で支持することにより、前記駆動周波数帯域内に、前記振動部が該振動部内の円周上の節円を中心としてねじれるねじりモードの固有振動数を含まないことを特徴とする。

【0033】

本出願に係る発明の目的を実現する第9の構成は、前記第1の構成において、前記振動体を前記振動部の幅よりも狭い粘性抵抗の低い材料で形成されるシート部材で支持することにより、前記駆動周波数帯域内に、前記振動部が該振動部内の円周上の節円を中心としてねじれるねじりモードの固有振動数を含まないことを特徴とする。

【0034】

本出願に係る発明の目的を実現する第10の構成は、前記第1の構成において、前記駆動周波数帯域よりも上方を前記ねじりモードの第1次のモードとしたことを特徴とする。

【0035】

【発明の実施の形態】

(第1の実施の形態)

図1は本発明の第1の実施形態の振動体を示す。

【0036】

振動体を構成する円環形状の弾性体1の円環状の振動部1Aには、放射方向(振動体の径方向)に延びる複数の溝2が周方向に形成され、振動変位拡大用の複数のくし歯3を溝2

の間に形成している。円環状振動部 1 A の内径部には円環状振動部 1 A を支持するための支持円板部 1 B が一体的に形成されており、さらに内径部には振動体を固定するためのフランジ部 1 C が一体的に形成されている。なお、支持円板部 1 B は周波数調整部としての機能を兼ねている。

【 0 0 3 7 】

図 2 は弾性体 1 における支持円板部 1 B が無い場合、及び支持円板部 1 B の厚さを変化させた場合における各振動体の駆動モードの固有振動数、ねじりモードの固有振動数を示す。

【 0 0 3 8 】

図 2 に示すように、円環状振動部 1 A (支持円板部 1 B およびフランジ部 1 C が無い状態) のみの面外曲げ 9 次モードの固有振動数は、ねじり 4 次モードの固有振動数とねじり 5 次モードの固有振動数の中央に位置している。

【 0 0 3 9 】

ここで、この振動部 1 A を支持するために支持円板部 1 B およびフランジ部 1 C を設け、フランジ部 1 C をビス締結する。支持円板部 1 B の厚さは、振動部 1 A の振動を阻害しないように十分薄い必要があるが、振動によって円環状の振動部 1 A に生ずる発熱と、摺動部での摩擦熱を外部へ導いて振動体の加熱を防ぐにはある程度の厚さが必要になる。図 2 は支持円板部 1 B の厚さを増していった場合の各固有振動数の推移を示している。

【 0 0 4 0 】

ここで、駆動モードである面外曲げ 9 次モードの固有振動数がほとんど変化していないのに対して、ねじりモードは支持円板部 1 B の厚みを増すごとに固有振動数が上昇している。

【 0 0 4 1 】

図 2 の実線の縦長の で囲んだ領域 1 に示す厚みの支持円板部 1 B をもつ振動体では、駆動モードである面外曲げ 9 次モードの固有振動数とねじり 5 次モードの固有振動数がほぼ一致している。この形状の振動体では、振動波モータとして構成して駆動モードを励振した場合、振動体とこの振動体に加圧接触する移動体の摺動部における加振によってねじり 5 次モードが強制加振されてしまうおそれがある。

【 0 0 4 2 】

そこで、本実施の形態では、支持円板部 1 B の厚さを、図 2 に破線で囲った領域 2、領域 3 の厚さにすることによって駆動モードの固有振動数がねじりモードの固有振動数から十分離れるようにしている。

【 0 0 4 3 】

図 3 は駆動周波数 - 速度曲線、摺動部加振でのねじりモードの周波数応答を示す。図中に示した領域が本実施の形態の振動体を有する振動波モータの駆動周波数帯域である。

【 0 0 4 4 】

すなわち、支持円板部 1 B の薄板部の寸法 (厚み) を選択することによって異なる次数のねじりモードの中間に駆動周波数帯域を設定した結果、図 3 に示すようにねじりモードの固有振動数を含まない周波数帯域で駆動することができる。

【 0 0 4 5 】

(第 2 の実施の形態)

図 4 は本発明の第 2 の実施形態の振動体の断面図を示す。

【 0 0 4 6 】

本実施の形態では、支持円板部 1 B の内径部近傍に、厚みが薄い部分を周波数調整部として設けている。

【 0 0 4 7 】

駆動時に、振動部 1 A は、自身の内部歪による発熱、摺動部での摩擦による発熱、圧電素子の発熱によって温度上昇する。摺動部での安定した摩擦力の確保と、圧電素子との接合部の劣化を防ぐためには所定の温度上昇に抑える必要があり、支持円板部 1 B を介して伝熱させるのが有効である。

【 0 0 4 8 】

支持円板部 1 B の伝熱性能は、振動部 1 A からフランジ部 1 C に向かう径方向に鉛直な断面積と温度勾配によって決定される。従って他モードを避けて配置するために支持円板部 1 B の厚さを薄くすると伝熱性能が損なわれ、振動部 1 A の温度上昇による性能劣化・破損のおそれがある。

【 0 0 4 9 】

そこで、本実施の形態では、支持円板部 1 B の一部のみに厚みが薄い周波数調整部 9 を設けている。

【 0 0 5 0 】

図 5 はねじり振動時の弾性体の形状の断面図を示す。

図 5 において、支持円板部 1 B のフランジ 1 C 側である内周側は固定端になっているため、振動時の振幅は微小であるが歪は大きい。外周の振動部 1 A が回転変位するために支持円板部 1 B には最大振幅をもつ位置があり、ここは振幅が大きく、歪も大きくなっている。

【 0 0 5 1 】

一方、ねじりモードの固有振動数を下げることによって駆動周波数帯域からねじりモードの固有振動数を外す場合、歪が大きい部分の剛性を低下させることによって振動体の剛性を下げることが有効である。

【 0 0 5 2 】

しかしながら、振動体（弾性体 1）の一部を切除して剛性を下げる場合、その領域の質量も同時に低下させてしまうことになる。振動振幅が大きい部分の質量を切除する場合には、その振動モードにおける等価質量を大きくさげることとなり、固有振動数を上昇させる効果があるため、剛性の低下による固有振動数低下と相殺する関係になる。そこで、振動振幅が小さく、歪の大きい領域の形状を削除するのが効果がおおきい。

【 0 0 5 3 】

図 6 は支持円板部 1 B の一部に低剛性部を設けた場合の駆動モードの固有振動数と、ねじりモードの固有振動数の関係を示す。図 2 に示す支持円板部全体の厚さを変化させるのに比較して、固有振動数低下の効果が十分に得られている。円環状の振動部 1 A から熱を伝達させて固定部（フランジ部 1 C）へと逃がすためには、厚さが薄い部分はできるだけ幅が狭いほうが熱勾配が大きくなり、より多くの熱量を伝達することができる。そこで本実施の形態では、振幅が小さく歪が大きい、支持円板部 1 B の最内周付近の厚みを薄くすることによって放熱効果を低下させずに、ねじりモードの固有振動数を低下させている。

【 0 0 5 4 】

（第 3 の実施の形態）

図 7 は第 3 の実施の形態の振動体の断面図を示す。

【 0 0 5 5 】

本実施の形態は、支持円板部 1 B の最内周付近に、固定部（フランジ部 1 C）に近づくに従い厚みが大きくなるようなテーパ部 9 を設けている。

【 0 0 5 6 】

本実施の形態の振動体は、支持円板部 1 B の最内周付近が他の部分と同じ厚みである場合には、駆動周波数帯域の上方に近接してねじりモードの固有振動数が存在している。この場合にねじりモードの固有振動数を上げることによって上方にシフトさせることが有効であるため、第 2 の実施の形態と同様の理由で支持円板部 1 B の最内周近傍の厚みを径方向外方の部分よりも厚くしている。

【 0 0 5 7 】

さらに本実施の形態では、最も歪が大きい部分から振幅が増大する外周側に向かって厚みを薄くするテーパとすることによって、より小領域の変更で周波数を調整できるため、駆動モードにあたえる影響を少なくできる。ここではテーパ形状としたが、複数段の階段状にしてもよい。

【 0 0 5 8 】

(第4の実施の形態)

図8は第4の実施の形態の振動波モータの振動体の断面図を示す。

【0059】

本実施の形態の弾性体は支持円板、固定部を持たない円環形状の弾性体であって、中央部の空間を利用する中空構造とする場合に用いられる。

【0060】

本実施の形態の振動体は、弾性体1の下部に設けられた弾性材のシート10によって軸方向に支持されている。このシート10は、粘性抵抗の低い材料を用いており、例えばフェルトなどが用いられる。

【0061】

従来は振動体の内径、外径とほぼ同径のリング状のシートを用いているが、本実施の形態では、円環状の弾性体1のねじり振動の固有振動数を逃がすために、シート10の形状を弾性体1の内径側と外径側に分離した構造としている。シート10における内外径の中央部は、面外の曲げ振動に対しては変位するが、ねじり振動に対しては軸方向の変位を持たないため、この部分の剛性は面外曲げ振動に対して寄与するがねじり振動には剛性として寄与しない。このため、面外曲げ振動に対する剛性を変化させずにシート10の形状を2分して内外に分離することによってねじり振動に対する剛性を高めることができる。

【0062】

逆に、ねじり振動の固有振動数を下げる場合には、図9に示すように、フェルト製のシート10を振動体(弾性体1)の内径より大きく、振動体の外径よりも小さくしたリング形状とし、相対的に剛性を高めるために厚さを薄くするなどして面外曲げ振動の固有振動数を変えないようにすれば、ねじり振動の固有振動数を低下させることができる。

【0063】

(第5の実施の形態)

図10は第5の実施の形態の振動体のねじりモードの周波数応答曲線、駆動周波数帯域の図を示す。

【0064】

本実施の形態は、駆動周波数帯域の上方、下方にあるねじりモード(ねじり5次モード、ねじり6次モード)の共振周波数応答ゲインが互いに等しくなる領域を駆動周波数帯域が含んでいるように設定したものである。

【0065】

駆動周波数帯域外にねじりモードの固有振動数を逃がしても、ねじりモードの強制振動の応答ゲインは存在するため、できるだけ応答が小さい領域で駆動することがより安定した駆動を可能にできる。しかしながら、複数の次数のねじりモードが存在しているから、駆動周波数帯域は上方、下方にねじりモードの固有振動数を持っており、その両方の応答ゲインが最小となる領域で駆動するのが最もねじりモードの影響が少ない。

【0066】

そこで、本実施の形態では、振動体の摺動部を加振したときのねじりモードの応答ゲインが等しくなる周波数(図10の矢印に示す)を駆動周波数帯域が含むように設定している。

【0067】

これによって次数の異なる隣り合うねじりモードのどちらの応答も最小となる条件で駆動することができる。

【0068】

(第6の実施の形態)

図11は第6の実施の形態の振動体のねじりモードの固有振動数と駆動周波数帯域の図を示す。

【0069】

本実施の形態は、駆動周波数帯域の上方に最も近接した固有振動数を持つねじりモードが第1次のモードとなるようにしたものである。

【 0 0 7 0 】

ねじり 1 次モードを駆動周波数帯域の上方にすることによって、駆動周波数帯域の下方にはねじりモードが存在しないため、ねじりモードの強制振動の応答ゲインがより小さい帯域で振動波モータを駆動することが可能である。

【 0 0 7 1 】

(第 7 の実施の形態)

図 1 2 は第 7 の実施の形態の振動体を用いた振動波モータの断面図を示す。図中矢印で示したのは本実施の形態の振動体が摺動部において受ける反力の方向を表したものである。

【 0 0 7 2 】

摺動部において、振動体が移動体 4 に接触すると、移動体 4 は摺動面に鉛直な方向の抗力と、摺動面の摩擦係数と前記抗力によって決まる摺動面に平行な摩擦力を受ける。ここで、移動体 4 の接触部は、鉛直な方向の力を受けたときに振動体の振動方向と略同方向に変位するような構造にしてあるため、摺動部に平行な摩擦力は微小となる。

【 0 0 7 3 】

そこで、本実施の形態では移動体 4 に働く力は摺動部を通り、摺動部に鉛直な方向の抗力のみと考えてよい。振動体は、同様に移動体 4 からの反力として摺動部を通り摺動部に鉛直な方向の反力を受けるため、振動部 1 A への加振力は図 1 2 に矢印で示したような加振力となる。

【 0 0 7 4 】

本実施の形態は、振動体への反力が振動体のねじりモードのねじりの中心 O を通るように摺動部の位置を設定している。このように配置することによって、摺動部で生じた凹凸によって振動体への別の加振力が生じても、移動体 4 のねじり中心 O を通る反力となるために振動体をねじる偶力とはならず、応答変位をさらに小さくすることができる。

【 0 0 7 5 】

(第 8 の実施の形態)

図 1 3 は本発明の第 8 の実施の形態の振動波モータの振動体の斜視図、図 1 4 は図 1 3 に示す振動体の断面図を示す。

【 0 0 7 6 】

本実施の形態の振動体は、弾性体 1 の円環部 1 A のねじり振動を駆動振動に用いるねじり振動型の振動波モータである。

【 0 0 7 7 】

支持円板部 1 B の裏面に固着した圧電素子 2 に駆動電圧を印加することによって、支持円板部 1 B をたわませる加振力を生じさせる。支持円板部 1 B のたわみが円環部 1 A の変形の加振力となって円環部 1 A にねじりモードを発生させる。

【 0 0 7 8 】

このとき、円環部 1 A の軸方向の曲げ振動の固有振動数がねじりモードの駆動周波数帯域に存在すると、摺動部で生じた凹凸による駆動周波数の加振力によって不要な曲げ振動が強制振動として発生する恐れがある。

【 0 0 7 9 】

そこで本実施の形態では、曲げ振動の固有振動数をねじりモードの駆動周波数帯域外としたものである。さらに、振動体の摺動部加振での応答振幅が等しくなる領域を駆動周波数帯域が含むようにすることによって不要なモードの応答成分を減らすことができる。

【 0 0 8 0 】

【 発明の効果 】

請求項 1、2 に係る発明によれば、曲げ振動を駆動モードとする振動波モータ等の振動波駆動装置において、ねじりモードが強制振動として重畳されることによる性能劣化を低減することができる。

【 0 0 8 1 】

請求項 3 に係る発明によれば、曲げ振動を駆動モードとする振動波モータ等の振動波駆動装置において、ねじりモードの強制振動の応答振幅を下げ、ねじりモードが重畳されるこ

とによる性能劣化をさらに低減することができる。

【0082】

請求項4に係る発明によれば、ねじりモードの固有振動数を低下させることによってねじりモードが強制振動として重畳されることによる性能劣化を低減することができる。

【0083】

請求項5に係る発明によれば、ねじりモードの固有振動数を上昇させることによってねじりモードが強制振動として重畳されることによる性能劣化を低減することができる。

【0084】

請求項6、7に係る発明によれば、摺動部における駆動方向成分を持つ他のモードが強制振動として重畳されることによる性能劣化を低減することができる。

【0085】

請求項8、9に係る発明によれば、振動体に一体的な支持円板部をもたない、あるいは支持円板部の形状が制限された振動波モータなどの振動波駆動装置において、ねじりモードが強制振動として重畳されることによる性能劣化を低減することができる。

【0086】

請求項10に係る発明によれば、駆動周波数帯域下方のねじりモードの応答がなくなり、ねじりモードが強制振動として重畳されることによる性能劣化をさらに低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態の振動体の断面図

【図2】第1の実施の形態の振動体の固有振動数を示す図

【図3】第1の実施の形態の駆動周波数帯域を示す図

【図4】第2の実施の形態の振動体の断面図

【図5】ねじりモードの振動形状をあらわす断面図

【図6】第2の実施の形態の振動体の固有振動数を示す図

【図7】第3の実施の形態の振動体の断面図

【図8】第4の実施の形態の振動体の断面図

【図9】第4の実施の形態の別形態の振動体の断面図

【図10】第5の実施の形態の駆動周波数帯域を示す図

【図11】第6の実施の形態の駆動周波数帯域を示す図

【図12】第7の実施の形態の振動波モータの断面図

【図13】第8の実施の形態の振動体の斜視図

【図14】第8の実施の形態の振動体の断面図

【図15】従来の振動波モータの断面図

【図16】従来の振動体の斜視図

【図17】従来の振動体の斜視図

【図18】従来の不要振動低減手段

【図19】従来の振動体の固有振動数表

【図20】駆動モードの変形図

【図21】ねじりモードの変形図

【図22】振動体の周波数応答曲線

【図23】振動体の周波数応答曲線と駆動周波数帯域を示す図

【図24】ねじりモード重畳時の振幅分布

【符号の説明】

1 振動体

1 A 振動部（円環部）

1 B 支持円板部

1 C フランジ部

1 D 溝

1 E 突起

2 圧電素子

2 - 1 パターン電極

3 摩擦材

4 移動体

5 加圧ばね

6 回転軸

7 ハウジング

8 玉軸受

9 周波数調整部

10 フェルト

【手続補正2】

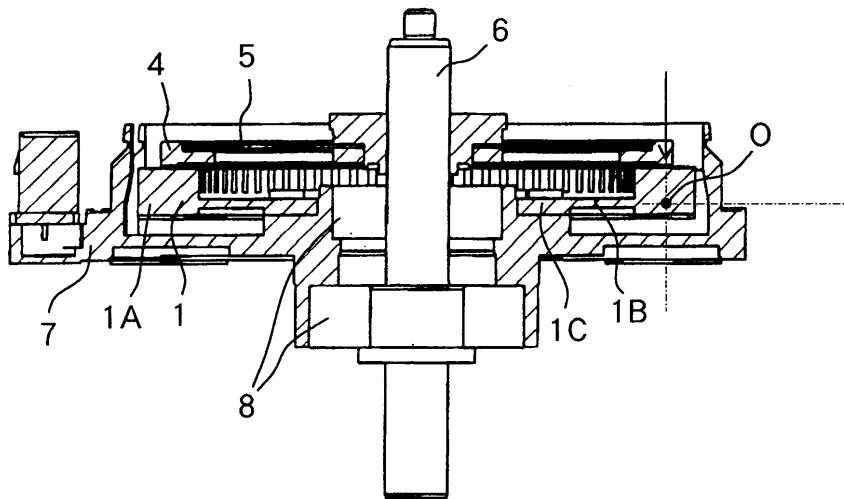
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図12

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図12】



【手続補正3】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図13

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 13】

