

(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2013-174315

(P2013-174315A)

(43) 公開日 平成25年9月5日(2013.9.5)

(51) Int.Cl.

F16H 1/32 (2006.01)

F1

F16H 1/32

B

テーマコード(参考)

3J027

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2012-39454 (P2012-39454)
 (22) 出願日 平成24年2月26日 (2012.2.26)

(71) 出願人 504132272
 国立大学法人京都大学
 京都府京都市左京区吉田本町36番地1
 (74) 代理人 100114502
 弁理士 山本 俊則
 (72) 発明者 小森 雅晴
 京都府京都市左京区吉田本町 国立大学法
 人京都大学 大学院工学研究科内
 Fターム(参考) 3J027 FA37 FB31 FB32 GC06 GC24
 GC26

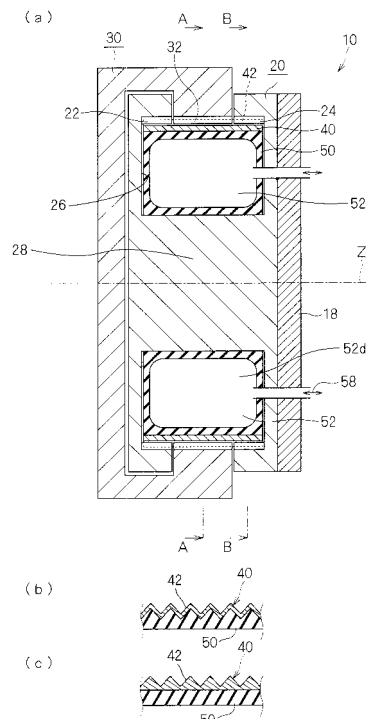
(54) 【発明の名称】 駆動ユニット

(57) 【要約】

【課題】 歯車装置にアクチュエータを組み込んでも剛性を高くすることができる駆動ユニットを提供する。

【解決手段】 第1、第2の内歯車22, 24が間隔を設けて同軸に形成された第1の歯車部材20と、第1、第2の内歯車22, 24の間に同軸に配置される第3の内歯車32が形成された第2の歯車部材30と、第1~第3の内歯車22, 24, 32と周方向の一部で噛み合う第1~第3の外歯車42が同軸に形成され半径方向に自在にたわむ環状の中間歯車部材40と、第1の歯車部材20又は第2の歯車部材30のいずれか一方に対して相対的に回転しないように支持され中間歯車部材40を半径方向にたわませるアクチュエータ50とを備える。第1の内歯車22と第1の外歯車42の歯数比と、第2の内歯車24と第2の外歯車42の歯数比とは、互いに等しく、かつ、第3の内歯車32と第3の外歯車42の歯数比とは異なる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 及び第 2 の内歯車が間隔を設けて同軸に形成された第 1 の歯車部材と、
 前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の内歯車の間に、前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の内歯車と同軸に配置される第 3 の内歯車が形成された第 2 の歯車部材と、
 前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の内歯車とそれぞれ周方向の一部で噛み合う第 1 及び第 2 の外歯車と前記第 2 の歯車部材の前記第 3 の内歯車と周方向の一部で噛み合う第 3 の外歯車とが同軸に形成され、半径方向に自在にたわむ環状の中間歯車部材と、
 前記第 1 の歯車部材又は前記第 2 の歯車部材のいずれか一方に対して相対的に回転しないように支持され、前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の外歯車がそれぞれ前記第 1 乃至第 3 の内歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記中間歯車部材を半径方向にたわませるアクチュエータと、
 を備え、

前記第 1 の内歯車と前記第 1 の外歯車の歯数比と、前記第 2 の内歯車と前記第 2 の外歯車の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ、前記第 3 の内歯車と前記第 3 の外歯車の歯数比とは異なり、

前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の外歯車がそれぞれ前記第 1 乃至第 3 の内歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記アクチュエータが前記中間歯車部材を半径方向にたわませると、前記第 1 の歯車部材と前記第 2 の歯車部材とが相対回転することを特徴とする、駆動ユニット。

【請求項 2】

第 1 及び第 2 の内歯車が間隔を設けて同軸に形成された第 1 の歯車部材と、
 前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の内歯車の間に、前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の内歯車と同軸に配置される第 3 の内歯車が形成された第 2 の歯車部材と、
 前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の内歯車とそれぞれ周方向の一部で噛み合う第 1 及び第 2 の外歯車と前記第 2 の歯車部材の前記第 3 の内歯車と周方向の一部で噛み合う第 3 の外歯車とが同軸に形成された環状の中間歯車部材と、
 前記第 1 の歯車部材又は前記第 2 の歯車部材のいずれか一方に対して相対的に回転しないように支持され、前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の外歯車がそれぞれ前記第 1 乃至第 3 の内歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記中間歯車部材を、前記第 1 乃至第 3 の内歯車の中心軸の周りに公転させるアクチュエータと、
 を備え、

前記第 1 の内歯車と前記第 1 の外歯車の歯数比と、前記第 2 の内歯車と前記第 2 の外歯車の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ、前記第 3 の内歯車と前記第 3 の外歯車の歯数比とは異なり、

前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の外歯車がそれぞれ前記第 1 乃至第 3 の内歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記アクチュエータが前記中間歯車部材を公転させると、前記第 1 の歯車部材と前記第 2 の歯車部材とが相対回転することを特徴とする、駆動ユニット。

【請求項 3】

第 1 及び第 2 の外歯車が間隔を設けて同軸に形成された第 1 の歯車部材と、
 前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の外歯車の間に、前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の外歯車と同軸に配置される第 3 の外歯車が形成された第 2 の歯車部材と、
 前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の外歯車とそれぞれ周方向の一部で噛み合う第 1 及び第 2 の内歯車と前記第 2 の歯車部材の前記第 3 の外歯車と周方向の一部で噛み合う第 3 の内歯車とが同軸に形成され、半径方向に自在にたわむ環状の中間歯車部材と、
 前記第 1 の歯車部材又は前記第 2 の歯車部材のいずれか一方に対して相対的に回転しないように支持され、前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の内歯車がそれぞれ前記第 1 乃至第 3 の外歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記中間歯車部材を半径方向にたわませるアクチュエータと、

を備え、

前記第 1 の内歯車と前記第 1 の外歯車の歯数比と、前記第 2 の内歯車と前記第 2 の外歯車の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ、前記第 3 の内歯車と前記第 3 の外歯車の歯数比とは異なり、

前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の内歯車がそれぞれ前記第 1 乃至第 3 の外歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記アクチュエータが前記中間歯車部材を半径方向にたわませると、前記第 1 の歯車部材と前記第 2 の歯車部材とが相対回転することを特徴とする、駆動ユニット。

【請求項 4】

第 1 及び第 2 の外歯車が間隔を設けて同軸に形成された第 1 の歯車部材と、

10

前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の外歯車の間に、前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の外歯車と同軸に配置される第 3 の外歯車が形成された第 2 の歯車部材と、

前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の外歯車とそれぞれ周方向の一部で噛み合う第 1 及び第 2 の内歯車と前記第 2 の歯車部材の前記第 3 の外歯車と周方向の一部で噛み合う第 3 の内歯車とが同軸に形成された環状の中間歯車部材と、

前記第 1 の歯車部材又は前記第 2 の歯車部材のいずれか一方に対して相対的に回転しないように支持され、前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の内歯車がそれぞれ前記第 1 乃至第 3 の外歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記中間歯車部材を、前記第 1 乃至第 3 の外歯車の中心軸の周りに公転させるアクチュエータと、

20

を備え、

前記第 1 の内歯車と前記第 1 の外歯車の歯数比と、前記第 2 の内歯車と前記第 2 の外歯車の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ、前記第 3 の内歯車と前記第 3 の外歯車の歯数比とは異なり、

前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の内歯車がそれぞれ前記第 1 乃至第 3 の外歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記アクチュエータが前記中間歯車部材を公転させると、前記第 1 の歯車部材と前記第 2 の歯車部材とが相対回転することを特徴とする、駆動ユニット。

【請求項 5】

前記第 1 の内歯車の歯数と前記第 1 の外歯車の歯数が同じであり、前記第 2 の内歯車の歯数と前記第 2 の外歯車の歯数が同じであることを特徴とする、請求項 1 乃至 4 のいずれか一つに記載の駆動ユニット。

30

【請求項 6】

前記第 3 の内歯車の歯数と前記第 3 の外歯車の歯数が同じであることを特徴とする、請求項 1 乃至 4 のいずれか一つに記載の駆動ユニット。

【請求項 7】

前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の外歯車、又は前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の内歯車の歯数が全て同じであることを特徴とする、請求項 1 乃至 6 のいずれか一つに記載の駆動ユニット。

【請求項 8】

前記第 1 の内歯車と前記第 1 の外歯車との有効歯幅と、前記第 2 の内歯車と前記第 2 の外歯車との有効歯幅とが同じであることを特徴とする、請求項 1 乃至 7 のいずれか一つに記載の駆動ユニット。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は駆動ユニットに関し、詳しくは歯車装置にアクチュエータを組み込んだ駆動ユニットに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、歯車装置とアクチュエータとを組み合わせた駆動ユニットが種々の分野で用いら

50

れている。

【0003】

例えば、高精度な位置決め性能、大トルク、小型が要求される産業用ロボット、半導体関連機器、フラットパネルディスプレイ搬送装置などの用途には、遊星歯車装置あるいは波動歯車装置と電磁モータとを組み合わせた駆動ユニットが用いられている。遊星歯車装置あるいは波動歯車装置を用いることにより、小型の電磁モータで大トルクを実現することができる。波動歯車装置は、遊星歯車装置よりも構成が簡単であり、小型化も容易である点で有利である。

【0004】

波動歯車装置は、例えば図40の写真に示すように、基本的には、ウェーブジェネレータ（波動発生器）と、フレクスプライン（柔歯車）と、サーキュラスプライン（剛歯車）の3つの要素から構成されている。

10

【0005】

波動発生器は、楕円形のカムと、その外周に嵌められた玉軸受とからなる。柔歯車はカップ状の部品であり、外歯車が形成された薄肉円管部が自在にたわむ。剛歯車は厚肉の内歯車環であり、剛歯車の内歯車は薄肉円管部の外歯車よりも複数枚歯数が多い。

【0006】

柔歯車は波動発生器の玉軸受の外側に嵌めこまれて楕円形に変形する。柔歯車は剛歯車の内側に配置され、柔歯車の外歯車と剛歯車の内歯車とが噛み合う。波動発生器の楕円形のカムが回転すると、図41の説明図に示すように柔歯車の外歯車と剛歯車の内歯車との噛み合い位置が移動していく。剛歯車を固定して波動発生器のカムを1回転させると、柔歯車は、剛歯車との歯数差分だけ反対方向に回転する（例えば、非特許文献1参照）。

20

【0007】

波動歯車装置の波動発生器のカムをアクチュエータで回転駆動する代わりに、例えば図42の断面図に示すように、剛歯車101に噛み合う柔歯車102と保持部材103との間に、圧力で伸縮する伸縮体104を配置するなどして、波動発生器そのものにアクチュエータを組み込む構成が種々提案されている（特許文献1、2参照）。

【0008】

また、図43の模式図に示すように、円環状のロータ6の内側に、複数の圧力室2a～2dを備えた弾性体1を配置し、圧力室2a～2dに順次圧力を供給して弾性体1とロータ6との接触点を移動させることにより、弾性体1の外周面に沿ってロータ6を摺動することなく転動運動させ、ロータ6を回転させる構成が提案されている（例えば、特許文献3参照）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開平7-77248号公報

【特許文献2】特開平7-98048号公報

【特許文献3】特開平10-78010号公報

【非特許文献】

40

【0010】

【非特許文献1】「機械工学便覧 デザイン編 4 機械要素・トライボロジー」社団法人日本機械学会、2005年10月25日、p.94

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

歯車装置にアクチュエータを組み込むと、単に歯車装置とアクチュエータとを結合する場合よりも、駆動ユニットを小型にすることができる。

【0012】

しかしながら、従来の構成では、出力部を支持する箇所に剛性の低い部分が介在する。

50

例えば、図42では、柔歯車102の、剛性の低いカップ状部分が出力部を支持する。また、図43では、剛性の低いアクチュエータである弾性体1が出力部を支持する。剛性が低い部分が介在すると、大きな負荷がかかった場合に停止位置が目標位置からずれたり、停止時に振動しやすくなるため、高精度の位置決めが困難である。

【0013】

本発明は、かかる実情に鑑み、歯車装置にアクチュエータを組み込んでも剛性を高くすることができる駆動ユニットを提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明は、上記課題を解決するために、以下のように構成した第1乃至第4のタイプの駆動ユニットを提供する。

10

【0015】

第1のタイプの駆動ユニットは、(a)第1及び第2の内歯車が間隔を設けて同軸に形成された第1の歯車部材と、(b)前記第1の歯車部材の前記第1及び第2の内歯車の間に、前記第1の歯車部材の前記第1及び第2の内歯車と同軸に配置される第3の内歯車が形成された第2の歯車部材と、(c)前記第1の歯車部材の前記第1及び第2の内歯車とそれぞれ周方向の一部で噛み合う第1及び第2の外歯車と前記第2の歯車部材の前記第3の内歯車と周方向の一部で噛み合う第3の外歯車とが同軸に形成され、半径方向に自在にたわむ環状の中間歯車部材と、(d)前記第1の歯車部材又は前記第2の歯車部材のいずれか一方に対して相対的に回転しないように支持され、前記中間歯車部材の前記第1乃至第3の外歯車がそれぞれ前記第1乃至第3の内歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記中間歯車部材を半径方向にたわませるアクチュエータとを備える。前記第1の内歯車と前記第1の外歯車の歯数比と、前記第2の内歯車と前記第2の外歯車の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ、前記第3の内歯車と前記第3の外歯車の歯数比とは異なる。前記中間歯車部材の前記第1乃至第3の外歯車がそれぞれ前記第1乃至第3の内歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記アクチュエータが前記中間歯車部材を半径方向にたわませると、前記第1の歯車部材と前記第2の歯車部材とが相対回転する。

20

【0016】

第2のタイプの駆動ユニットは、(a)第1及び第2の内歯車が間隔を設けて同軸に形成された第1の歯車部材と、(b)前記第1の歯車部材の前記第1及び第2の内歯車の間に、前記第1の歯車部材の前記第1及び第2の内歯車と同軸に配置される第3の内歯車が形成された第2の歯車部材と、(c)前記第1の歯車部材の前記第1及び第2の内歯車とそれぞれ周方向の一部で噛み合う第1及び第2の外歯車と前記第2の歯車部材の前記第3の内歯車と周方向の一部で噛み合う第3の外歯車とが同軸に形成された環状の中間歯車部材と、(d)前記第1の歯車部材又は前記第2の歯車部材のいずれか一方に対して相対的に回転しないように支持され、前記中間歯車部材の前記第1乃至第3の外歯車がそれぞれ前記第1乃至第3の内歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記中間歯車部材を、前記第1乃至第3の内歯車の中心軸の周りに公転させるアクチュエータとを備える。前記第1の内歯車と前記第1の外歯車の歯数比と、前記第2の内歯車と前記第2の外歯車の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ、前記第3の内歯車と前記第3の外歯車の歯数比とは異なる。前記中間歯車部材の前記第1乃至第3の外歯車がそれぞれ前記第1乃至第3の内歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記アクチュエータが前記中間歯車部材を公転させると、前記第1の歯車部材と前記第2の歯車部材とが相対回転する。

30

40

【0017】

第3のタイプの駆動ユニットは、(a)第1及び第2の外歯車が間隔を設けて同軸に形成された第1の歯車部材と、(b)前記第1の歯車部材の前記第1及び第2の外歯車の間に、前記第1の歯車部材の前記第1及び第2の外歯車と同軸に配置される第3の外歯車が形成された第2の歯車部材と、(c)前記第1の歯車部材の前記第1及び第2の外歯車と

50

それぞれ周方向の一部で噛み合う第 1 及び第 2 の内歯車と前記第 2 の歯車部材の前記第 3 の外歯車と周方向の一部で噛み合う第 3 の内歯車とが同軸に形成され、半径方向に自在にたわむ環状の中間歯車部材と、(d) 前記第 1 の歯車部材又は前記第 2 の歯車部材のいずれか一方に対して相対的に回転しないように支持され、前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の内歯車がそれぞれ前記第 1 乃至第 3 の外歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記中間歯車部材を半径方向にたわませるアクチュエータとを備える。前記第 1 の内歯車と前記第 1 の外歯車の歯数比と、前記第 2 の内歯車と前記第 2 の外歯車の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ、前記第 3 の内歯車と前記第 3 の外歯車の歯数比とは異なる。前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の内歯車がそれぞれ前記第 1 乃至第 3 の外歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記

10

【0018】

第 4 のタイプの駆動ユニットは、(a) 第 1 及び第 2 の外歯車が間隔を設けて同軸に形成された第 1 の歯車部材と、(b) 前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の外歯車の間に、前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の外歯車と同軸に配置される第 3 の外歯車が形成された第 2 の歯車部材と、(c) 前記第 1 の歯車部材の前記第 1 及び第 2 の外歯車とそれぞれ周方向の一部で噛み合う第 1 及び第 2 の内歯車と前記第 2 の歯車部材の前記第 3 の外歯車と周方向の一部で噛み合う第 3 の内歯車とが同軸に形成された環状の中間歯車部材と、(d) 前記第 1 の歯車部材又は前記第 2 の歯車部材のいずれか一方に対して相対的に回転しないように支持され、前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の内歯車がそれぞれ前記第 1 乃至第 3 の外歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記中間歯車部材を、前記第 1 乃至第 3 の外歯車の中心軸の周りに公転させるアクチュエータとを備える。前記第 1 の内歯車と前記第 1 の外歯車の歯数比と、前記第 2 の内歯車と前記第 2 の外歯車の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ、前記第 3 の内歯車と前記第 3 の外歯車の歯数比とは異なる。前記中間歯車部材の前記第 1 乃至第 3 の内歯車がそれぞれ前記第 1 乃至第 3 の外歯車と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、前記アクチュエータが前記中間歯車部材を公転させると、前記第 1 の歯車部材と前記第 2 の歯車部材とが相対回転する。

20

【0019】

上記第 1 乃至第 4 の各タイプの構成において、第 1 の歯車部材と第 2 の歯車部材のいずれか一方を出力部とすると、他方は出力部を支持する支持部品となる。アクチュエータだけでなく、第 1 の歯車部材又は第 2 の歯車部材が支持をするため、この点で剛性を高めることができる。また、カップ状の部品を支持に用いず、第 1 の歯車部材又は第 2 の歯車部材が支持をするため、剛性を高めることができる。中間歯車部材と第 1 の歯車部材とが 2 か所で噛み合い、その間において中間歯車部材と第 2 の歯車部材とが噛み合う構成にすることで、第 1 の歯車部材と第 2 の歯車部材との間でトルクが伝達されるときに、中間歯車部材の両端は同じ方向に力を受けるため、中間歯車部材の噛み合っている部分が傾きにくい。中間歯車部材と第 1 の歯車部材とが 1 か所で噛み合い、中間歯車部材と第 2 の歯車部材とが 1 か所で噛み合う構成においては、第 1 の歯車部材と第 2 の歯車部材との間でトルクが伝達されるときに、中間歯車部材の両端部が逆方向に力を受けるため、中間歯車部材の噛み合っている部分が傾きやすい。中間歯車部材と第 1 の歯車部材とが 2 か所で噛み合い、その間において中間歯車部材と第 2 の歯車部材とが噛み合う構成にすることで中間歯車部材の噛み合っている部分が傾きにくい状態でトルクを伝達することができる。

30

40

【0020】

なお、アクチュエータは、適宜な位置に配置することができる。例えば、中間歯車部材よりも径方向内側に配置しても、径方向外側に配置してもよい。第 1 及び第 2 の内歯車や、第 1 及び第 2 の外歯車と、径方向に対向して配置してもよい。軸方向については、第 1 及び第 2 の内歯車の間(軸方向内側)に配置しても、第 1 及び第 2 の内歯車よりも軸方向外側に配置しても、第 1 及び第 2 の外歯車よりも軸方向外側に配置しても、第 1 及び第 2

50

の外歯車の間（軸方向内側）に配置してもよい。アクチュエータによっては、歯車の歯部の背部にアクチュエータの一部を配置することも可能である。また、アクチュエータは、第1の歯車部材に固定しても、第2の歯車部材に固定してもよいが、第1の歯車部材に対して相対回転しないように支持（固定）する場合には、第2の歯車部材に対して相対回転するように支持し、第2の歯車部材に対して相対回転しないように支持（固定）する場合には、第1の歯車部材に対して相対回転するように支持する。

【0021】

上記各タイプの駆動ユニットは、具体的には、以下のように種々の態様で構成することができる。

【0022】

好ましい一態様は、前記第1の内歯車の歯数と前記第1の外歯車の歯数が同じであり、前記第2の内歯車の歯数と前記第2の外歯車の歯数が同じである。

【0023】

この場合、第1の歯車部材と中間歯車部材との間で相対回転が生じないため、構成を簡単にすることができる。

【0024】

好ましい他の態様は、前記第3の内歯車の歯数と前記第3の外歯車の歯数が同じである。

【0025】

この場合、第2の歯車部材と中間歯車部材との間で相対回転が生じないため、構成を簡単にすることができる。

【0026】

好ましくは、前記中間歯車部材の前記第1乃至第3の外歯車、又は前記中間歯車部材の前記第1乃至第3の内歯車の歯数が全て同じである。

【0027】

この場合、中間歯車部材について、第1乃至第3の外歯車あるいは第1乃至第3の内歯車の一方を連続して一体に形成し、構成を簡単にすることができる。

【0028】

好ましくは、前記第1の内歯車と前記第1の外歯車との有効歯幅と、前記第2の内歯車と前記第2の外歯車との有効歯幅とが同じである。有効歯幅とは、歯車同士が互いに接触する歯幅方向の寸法である。

【0029】

この場合、第1の内歯車と第1の外歯車の接触部の剛性と、第2の内歯車と第2の外歯車の接触部の剛性とを均等にしやすくなる。

【発明の効果】

【0030】

本発明の駆動ユニットによれば、歯車装置にアクチュエータを組み込んでも剛性を高くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】駆動ユニットの（a）断面図、（b）要部拡大断面図、（c）要部拡大断面図である。（実施例1-1）

【図2】駆動ユニットの断面図である。（実施例1-1）

【図3】駆動ユニットの（a）断面図、（b）要部拡大断面図、（c）要部拡大断面図である。（実施例1-2）

【図4】駆動ユニットの断面図である。（実施例1-2）

【図5】駆動ユニットの（a）断面図、（b）要部拡大断面図、（c）要部拡大断面図である。（実施例1-3）

【図6】駆動ユニットの断面図である。（実施例1-3）

【図7】駆動ユニットの（a）断面図、（b）要部拡大断面図、（c）要部拡大断面図で

10

20

30

40

50

ある。(実施例 1 - 4)

【図 8】駆動ユニットの断面図である。(実施例 1 - 4)

【図 9】駆動ユニットの (a) 断面図、(b) 要部拡大断面図、(c) 要部拡大断面図である。(実施例 1 - 5)

【図 10】駆動ユニットの断面図である。(実施例 1 - 5)

【図 11】駆動ユニットの (a) 断面図、(b) 要部拡大断面図、(c) 要部拡大断面図である。(実施例 1 - 6)

【図 12】駆動ユニットの断面図である。(実施例 1 - 6)

【図 13】駆動ユニットの (a) 断面図、(b) 要部拡大断面図である。(実施例 1 - 7)

10

【図 14】駆動ユニットの断面図である。(実施例 1 - 7)

【図 15】駆動ユニットの (a) 断面図、(b) 要部拡大断面図である。(実施例 1 - 8)

【図 16】駆動ユニットの断面図である。(実施例 1 - 8)

【図 17】駆動ユニットの (a) 断面図、(b) 要部拡大断面図である。(実施例 2 - 1)

【図 18】駆動ユニットの断面図である。(実施例 2 - 1)

【図 19】駆動ユニットの (a) 断面図、(b) 要部拡大断面図である。(実施例 2 - 2)

【図 20】駆動ユニットの断面図である。(実施例 2 - 2)

20

【図 21】駆動ユニットの (a) 断面図、(b) 要部拡大断面図である。(実施例 2 - 3)

【図 22】駆動ユニットの断面図である。(実施例 2 - 3)

【図 23】駆動ユニットの断面図である。(実施例 2 - 4)

【図 24】駆動ユニットの断面図である。(実施例 2 - 4)

【図 25】駆動ユニットの (a) 断面図、(b) 要部拡大断面図、(c) 要部拡大断面図である。(実施例 3 - 1)

【図 26】駆動ユニットの断面図である。(実施例 3 - 1)

【図 27】駆動ユニットの (a) 断面図、(b) 要部拡大断面図、(c) 要部拡大断面図である。(実施例 3 - 2)

30

【図 28】駆動ユニットの断面図である。(実施例 3 - 2)

【図 29】駆動ユニットの (a) 断面図、(b) 要部拡大断面図、(c) 要部拡大断面図である。(実施例 3 - 3)

【図 30】駆動ユニットの断面図である。(実施例 3 - 3)

【図 31】駆動ユニットの (a) 断面図、(b) 要部拡大断面図である。(実施例 4 - 1)

【図 32】駆動ユニットの断面図である。(実施例 4 - 1)

【図 33】駆動ユニットの断面図である。(実施例 4 - 2)

【図 34】駆動ユニットの断面図である。(実施例 4 - 2)

【図 35】駆動ユニットの断面図である。(実施例 4 - 3)

40

【図 36】駆動ユニットの断面図である。(実施例 4 - 3)

【図 37】駆動ユニットの断面図である。(変形例)

【図 38】駆動ユニットの断面図である。(変形例)

【図 39】駆動ユニットの断面図である。(変形例)

【図 40】波動歯車装置の写真である。(従来例 1)

【図 41】波動歯車装置の動作を示す説明図である。(従来例 1)

【図 42】駆動ユニットの断面図である。(従来例 2)

【図 43】駆動ユニットの動作を示す模式図である。(従来例 3)

【発明を実施するための形態】

【0032】

50

以下、本発明の実施の形態について、図1～図39を参照しながら説明する。なお、図1～図39は歯車の歯の概要を模式的に図示しており、歯の数や位相、形状などが正確に図示されていない部分がある。

【0033】

まず、本発明の第1のタイプの駆動ユニットの実施例1-1乃至実施例1-8について、図1～図16を参照しながら説明する。

【0034】

<実施例1-1> 実施例1-1の駆動ユニット10について、図1及び図2を参照しながら説明する。図1(a)は駆動ユニット10の断面図である。図1(b)及び(c)は、駆動ユニット10の要部拡大断面図である。図2(a)は、図1(a)の線A-Aに沿って切断した断面図である。図2(b)は、図1(a)の線B-Bに沿って切断した断面図である。

10

【0035】

図1及び図2に示すように、駆動ユニット10は、第1の歯車部材20と、第2の歯車部材30と、中間歯車部材40と、アクチュエータ50とを備える。

【0036】

第1の歯車部材20には、第1の内歯車22と第2の内歯車24とが同軸に、かつ間隔を設けて形成されている。第1の歯車部材20は、第1の内歯車22が形成された左側部分と、第2の内歯車24が形成された右側部分とが、中心軸28を介して結合されている。第2の歯車部材30には、第1の歯車部材20の第1の内歯車22と第2の内歯車24との間に同軸に配置される第3の内歯車32が形成されている。

20

【0037】

第1の歯車部材20には、第1乃至第3の内歯車22, 24, 32と中心軸28との間にドーナツ状の空洞部26が形成され、空洞部26内に、中間歯車部材40とアクチュエータ50とが配置されている。

【0038】

中間歯車部材40は、第1の歯車部材20の第1の内歯車22及び第2の内歯車24と、第2の歯車部材30の第3の内歯車32とに対向して配置される環状の部材であり、外周面には外歯車42が形成されている。中間歯車部材40の外歯車42は、第1の歯車部材20の第1の内歯車22及び第2の内歯車24と、第2の歯車部材30の第3の内歯車32とにそれぞれ噛み合う部分を有する。

30

【0039】

第1の内歯車22と外歯車42の歯数比と第2の内歯車24と外歯車42の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ、第3の内歯車32と外歯車42の歯数比とは異なるようにする。例えば、この例では、第1及び第2の内歯車22, 24と外歯車42の歯数は100、第3の内歯車32の歯数は102とする。

【0040】

中間歯車部材40の内側には、アクチュエータ50が配置されている。アクチュエータ50は、ゴム等の弾性材料からなり、内部に複数の圧力室52が形成されている。

【0041】

アクチュエータ50は、図1(b)の要部拡大断面図に示すように、外歯車42に沿って薄く連続的に延在する中間歯車部材40を保持する。あるいは、図1(c)の要部拡大断面図に示すように、外周面に外歯車42が形成された略筒形状の中間歯車部材40を保持する。アクチュエータ50によって保持された中間歯車部材40は、半径方向に自在にたわむことができる。

40

【0042】

アクチュエータ50の圧力室52には、図1(a)において矢印58で示すように、外部から空気や油、水等の流体が供給・排出され、圧力室52の容積が増減し、これに伴って、アクチュエータ50と中間歯車部材40とは一体となって径方向に変形する。例えば図2(a)及び(b)に示すように、楕円状に変形する。

50

【 0 0 4 3 】

次に、駆動ユニット 1 0 の動作について説明する。

【 0 0 4 4 】

駆動ユニット 1 0 は、中間歯車部材 4 0 の外歯車 4 2 が第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 と周方向の一部で噛み合う箇所（噛み合い位置）を周方向に移動させるように、アクチュエータ 5 0 によって中間歯車部材 4 0 を半径方向にたわませることによって、第 1 の歯車部材 2 0 と第 2 の歯車部材 3 0 とを相対的に回転させる。

【 0 0 4 5 】

例えば第 1 の歯車部材 2 0 をベース部材 1 8 に固定し、アクチュエータ 5 0 の各圧力室 5 2 に供給する流体の圧力を周期的に変化させ、中間歯車部材 4 0 の外歯車 4 2 と、第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 とが噛み合う位置を、周方向に順次移動させることによって、第 2 の歯車部材 3 0 を回転させる。

10

【 0 0 4 6 】

具体的には、図 2 (a) 及び (b) に示すように、アクチュエータ 5 0 の上下の圧力室 5 2 a , 5 2 d に相対的に高い圧力を与え、他の圧力室 5 2 b , 5 2 c , 5 2 e , 5 2 f に相対的に低い圧力を与え、中間歯車部材 4 0 が上下方向に長く、左右方向に短くなるように変形させ、第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 と外歯車 4 2 とが、上下位置で噛み合うようにする。

【 0 0 4 7 】

次いで、アクチュエータ 5 0 の右上と左下の圧力室 5 2 b , 5 2 e に相対的に高い圧力を与え、他の圧力室 5 2 a , 5 2 c , 5 2 d , 5 2 f には相対的に低い圧力を与え、中間歯車部材 4 0 を右上及び左下方向に長くなるように変形させ、第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 と外歯車 4 2 とが、右上及び左下の位置で噛み合うようにする。

20

【 0 0 4 8 】

次いで、アクチュエータ 5 0 の右下と左上の圧力室 5 2 c , 5 2 f に相対的に高い圧力を与え、他の圧力室 5 2 a , 5 2 b , 5 2 d , 5 2 e には相対的に低い圧力を与え、中間歯車部材 4 0 を右下及び左上方向に長くなるように変形させ、第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 と外歯車 4 2 とが、右下及び左上の位置で噛み合うようにする。

【 0 0 4 9 】

次いで、アクチュエータ 5 0 の上下の圧力室 5 2 a , 5 2 d に相対的に高い圧力を与え、他の圧力室 5 2 b , 5 2 c , 5 2 e , 5 2 f には相対的に低い圧力を与え、中間歯車部材 4 0 が上下方向に長く、左右方向に短くなるように変形させ、第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 と外歯車 4 2 とが、上下の位置で噛み合うようにする。

30

【 0 0 5 0 】

以下、同様に繰り返し、第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 と外歯車 4 2 との噛み合い位置を図 2 において時計まわりに回転させる。このとき、この例では外歯車 4 2 と第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 の歯数が同じであるので、中間歯車部材 4 0 と第 1 の歯車部材 2 0 とは相対回転しない。しかし、外歯車 4 2 と第 3 の内歯車 3 2 との歯数に差があるため、中間歯車部材 4 0 と第 2 の歯車部材 3 0 との間に相対回転が生じ、第 2 の歯車部材 3 0 は、第 1 の歯車部材 2 0 に対して回転する。したがって、第 1 の歯車部材 2 0 を固定した場合には、第 2 の歯車部材 3 0 を出力部とすることができる。

40

【 0 0 5 1 】

第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 と外歯車 4 2 の歯数を同じにすると、アクチュエータ 5 0 と中間歯車部材 4 0 との間を固着することができ、構成を簡単に行うことができる。

【 0 0 5 2 】

第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 と外歯車 4 2 の歯数が異なり、第 1 の歯車部材 2 0 と中間歯車部材 4 0 とが相対回転する場合には、アクチュエータ 5 0 と中間歯車部材 4 0 との間で相対回転可能なように支持すればよい。例えば、すべりが生じるように構成すればよい。

【 0 0 5 3 】

50

第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 と外歯車 4 2 の歯数が異なり、第 3 の内歯車 3 2 と外歯車 4 2 の歯数が同じになるようにすれば、第 2 の歯車部材 3 0 と中間歯車部材 4 0 との間で相対回転が生じない。

【 0 0 5 4 】

第 2 の歯車部材 3 0 が出力部となる場合に、出力部に大きな負荷トルクが作用すると、出力部は、(1) 一部は第 2 の歯車部材 3 0 の第 3 の内歯車 3 2 、中間歯車部材 4 0 の外歯車 4 2 、第 1 の歯車部材 2 0 の第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 を介して、ベース部材 1 8 により支持される。(2) また、一部は、第 2 の歯車部材 3 0 の第 3 の内歯車 3 2 、中間歯車部材 4 0 の外歯車 4 2 、アクチュエータ 5 0 、第 1 の歯車部材を介して、ベース部材 1 8 により支持される。このため、アクチュエータのみで出力部を支持する場合と比べて剛性を高くすることができる。また、中間歯車部材 4 0 を剛性の高い第 1 の歯車部材 2 0 で支持しており、カップ状の部品を用いて支持する場合と比べて剛性を高くできる。

【 0 0 5 5 】

さらに、第 1 の歯車部材 2 0 と第 2 の歯車部材 3 0 との間でトルクが伝達される時に、中間歯車部材 4 0 の外歯車 4 2 の両端は同じ方向に力を受けるため、中間歯車部材の噛み合っている部分が傾きにくい。中間歯車部材と第 1 の歯車部材とが 1 か所で噛み合い、中間歯車部材と第 2 の歯車部材とが 1 か所で噛み合う構成においては、第 1 の歯車部材と第 2 の歯車部材との間でトルクが伝達される時に、中間歯車部材の両端部が逆方向に力を受けるため、中間歯車部材の噛み合っている部分が傾きやすい。中間歯車部材 4 0 と第 1 の歯車部材 2 0 とが 2 か所で噛み合い、その間において中間歯車部材 4 0 と第 2 の歯車部材 3 0 とが噛み合う構成にすることで中間歯車部材の噛み合っている部分が傾きにくい状態でトルクを伝達することができる。

【 0 0 5 6 】

このように、駆動ユニット 1 0 は出力部の支持部の剛性を高めることができるので、高精度の位置決めが可能となる。

【 0 0 5 7 】

また、カップ状の部品を必要としないことから、駆動ユニット 1 0 を小型化することができる。

【 0 0 5 8 】

第 2 の歯車部材 3 0 を固定した場合には、第 2 の歯車部材 3 0 に対して第 1 の歯車部材 2 0 が相対的に回転するので、第 1 の歯車部材 2 0 を出力部とすることができる。この場合も、第 1 の歯車部材 2 0 を固定した場合と同様に、出力部の支持部の剛性を高くすることができるので、高精度な位置決めが可能となる。

【 0 0 5 9 】

第 1 の内歯車 2 2 と外歯車 4 2 との有効歯幅と、第 2 の内歯車 2 4 と外歯車 4 2 との有効歯幅とを同じにすれば、第 1 の内歯車 2 2 と外歯車 4 2 の接触部の剛性と、第 2 の内歯車 2 4 と外歯車 4 2 の接触部の剛性とを均等にしやすくなる。

【 0 0 6 0 】

なお、第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 と外歯車 4 2 とが周方向の一部で噛み合う箇所の数(噛み合い位置の数)は、本実施例のように中間歯車部材を楕円形状に変形させる場合は 2 であるが、2 に限られない。例えば、中間歯車部材 4 0 を略 M 角形状(M = 3 , 4 , . . .)に変形させ、噛み合い位置の数が M になるようにしてもよい。

【 0 0 6 1 】

< 実施例 1 - 2 > 実施例 1 - 2 の駆動ユニット 1 0 a について、図 3 及び図 4 を参照しながら説明する。

【 0 0 6 2 】

実施例 1 - 2 の駆動ユニット 1 0 a は、実施例 1 - 1 の駆動ユニット 1 0 と略同様に構成されている。例えば、第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 と外歯車 4 2 の歯数は 1 0 0 、第 3 の内歯車 3 2 の歯数は 1 0 2 とする。以下では、実施例 1 - 1 の駆動ユニット 1 0 との相違点を中心に説明し、同じ構成部分には同じ符号を用いる。

【 0 0 6 3 】

図 3 (a) は駆動ユニット 1 0 a の断面図である。図 3 (b) 及び (c) は、駆動ユニット 1 0 a の要部拡大断面図である。図 4 (a) は、図 3 (a) の線 A - A に沿って切断した断面図である。図 4 (b) は、図 3 (a) の線 B - B に沿って切断した断面図である。

【 0 0 6 4 】

図 3 及び図 4 に示すように、実施例 1 - 2 の駆動ユニット 1 0 a は、実施例 1 - 1 の駆動ユニット 1 0 と略同様に構成されているが、中間歯車部材 4 0 を変形させるアクチュエータの構成が実施例 1 - 1 の駆動ユニット 1 0 と異なる。

【 0 0 6 5 】

弾性部材 5 4 は、図 3 (b) の要部拡大断面図に示すように、外歯車 4 2 に沿って薄く連続的に延在する中間歯車部材 4 0 を保持する。あるいは、図 3 (c) の要部拡大断面図に示すように、外周面に外歯車 4 2 が形成された略筒形状の中間歯車部材 4 0 を保持する。弾性部材 5 4 によって保持された中間歯車部材 4 0 は、半径方向に自在にたわむことができる。

【 0 0 6 6 】

図 3 (a) 及び図 4 に示すように、弾性部材 5 4 の内側に複数のシリンダ 6 0 が配置されている。シリンダ 6 0 は、先端側に備えている伸縮部材 6 2 が弾性部材 5 4 に固着され、基端側が第 1 の歯車部材 2 0 の中心軸 2 8 に固定されている。伸縮部材 6 2 によって圧力室 6 4 が形成され、図 3 (a) において矢印 6 8 で示すように、空気や油、水等の流体が流路 6 6 を通って圧力室 6 4 に供給・排出されることによって、伸縮部材 6 2 が伸縮し、中間歯車部材 4 0 及び弾性部材 5 4 が径方向に変形する。

【 0 0 6 7 】

例えば図 4 のように、図において上下のシリンダ 6 0 a , 6 0 b が流体の供給により最も伸び、図において左右のシリンダ 6 0 c , 6 0 d が流体の排出により最も縮んだ状態では、中間歯車部材 4 0 及び弾性部材 5 4 は上下方向には伸び、左右方向には縮み、楕円形状に変形する。これにより、外歯車 4 2 と第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 とは、図において上下で噛み合う。

【 0 0 6 8 】

実施例 1 - 2 の駆動ユニット 1 0 a は、実施例 1 - 1 の駆動ユニット 1 0 と同様に動作させる。すなわち、各シリンダ 6 0 に供給する圧力を順次変化させて、中間歯車部材 4 0 の楕円形状を回転させ、外歯車 4 2 と第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 との噛み合い位置を周方向に移動させることによって、第 1 の歯車部材 2 0 と第 2 の歯車部材 3 0 とを相対的に回転させる。

【 0 0 6 9 】

< 実施例 1 - 3 > 実施例 1 - 3 の駆動ユニット 1 0 b について、図 5 及び図 6 を参照しながら説明する。

【 0 0 7 0 】

図 5 (a) は駆動ユニット 1 0 b の断面図である。図 5 (b) 及び (c) は、駆動ユニット 1 0 b の要部拡大断面図である。図 6 (a) は、図 5 (a) の線 A - A に沿って切断した断面図である。図 6 (b) は、図 5 (a) の線 B - B に沿って切断した断面図である。

【 0 0 7 1 】

図 5 及び図 6 に示すように、実施例 1 - 3 の駆動ユニット 1 0 b は、実施例 1 - 2 の駆動ユニット 1 0 a と略同様に構成されている。例えば、第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 と外歯車 4 2 の歯数は 1 0 0、第 3 の内歯車 3 2 の歯数は 1 0 2 とする。

【 0 0 7 2 】

ただし、実施例 1 - 2 の駆動ユニット 1 0 a と異なり、中間歯車部材 4 0 を変形させるアクチュエータに複数対の永久磁石 7 0 及び電磁石 7 2 を用いている。

【 0 0 7 3 】

10

20

30

40

50

すなわち、中間歯車部材 40 に固着された弾性部材 54 の内側に、複数個の永久磁石 70 が固定されている。ベース部材 18 に固定された第 1 の歯車部材 20 の中心軸 28 の外周には、各永久磁石 70 に対向する位置に、それぞれ電磁石 72 が固定されている。電磁石 72 に供給する電流の大きさや向きを変えることにより、図 6 (b) において白抜き矢印で示すように、対をなす永久磁石 70 と電磁石 72 とが接離する方向に、吸引力あるいは反発力が発生する。

【0074】

例えば図 6 (b) において白抜き矢印で示すように、図において上下の電磁石 72 a , 72 b が対をなす永久磁石 70 に最も反発し、図において左右の電磁石 72 c , 72 d が対をなす永久磁石 70 を最も吸引した状態では、中間歯車部材 40 及び弾性部材 54 は上下方向には伸び、左右方向には縮み、楕円形状に変形する。これにより、外歯車 42 と第 1 乃至第 3 の内歯車 22 , 24 , 32 とは、図において上下で噛み合う。

10

【0075】

実施例 1 - 3 の駆動ユニット 10 b は、実施例 1 - 1 の駆動ユニット 10 と同様に動作させる。すなわち、各電磁石 72 に印加する電流の大きさや向きを順次変化させて、中間歯車部材 40 の楕円形状を回転させ、外歯車 42 と第 1 乃至第 3 の内歯車 22 , 24 , 32 との噛み合い位置を周方向に移動させることによって、第 1 の歯車部材 20 と第 2 の歯車部材 30 とを相対的に回転させる。

【0076】

<実施例 1 - 4> 実施例 1 - 4 の駆動ユニット 10 c について、図 7 及び図 8 を参照しながら説明する。

20

【0077】

図 7 (a) は駆動ユニット 10 c の断面図である。図 7 (b) 及び (c) は、駆動ユニット 10 c の要部拡大断面図である。図 8 (a) は、図 7 (a) の線 A - A に沿って切断した断面図である。図 8 (b) は、図 7 (a) の線 B - B に沿って切断した断面図である。

【0078】

図 7 及び図 8 に示すように、実施例 1 - 4 の駆動ユニット 10 c は、実施例 1 - 1 の駆動ユニット 10 と略同様に構成されている。例えば、第 1 及び第 2 の内歯車 22 , 24 と外歯車 42 の歯数は 100、第 3 の内歯車 32 の歯数は 102 とする。

30

【0079】

ただし、実施例 1 - 1 の駆動ユニット 10 と異なり、第 1 の歯車部材 20 c の中心軸 28 c の径方向外側に配置された中間歯車部材 40 c を変形させるアクチュエータ 50 c が、中間歯車部材 40 c の径方向外側、かつ第 1 及び第 2 の内歯車 22 , 24 よりも軸方向外側に配置されている。

【0080】

すなわち、第 1 の歯車部材 20 c には、第 1 及び第 2 の内歯車 22 , 24 よりも軸方向両外側に、2 つのドーナツ状の空洞部 26 c が形成され、空洞部 26 c 内にそれぞれアクチュエータ 50 c が配置されている。アクチュエータ 50 c の外周面は、第 1 の歯車部材 20 c に固着されている。アクチュエータ 50 c の内周面は、図 7 (c) の要部拡大断面図に示すように、自在にたわむ環状の接続部材 41 の外周面の両端部に固着されている。接続部材 41 は、アクチュエータ 50 c によって径方向に変形する。

40

【0081】

図 7 (b) の要部拡大断面図に示すように、外歯車 42 が形成された中間歯車部材 40 c の内周面は、接続部材 41 の外周面に、間隔を設けて対向し、あるいは摺接する。

【0082】

実施例 1 - 4 の駆動ユニット 10 c は、図 7 (a) において矢印 58 c で示すようにアクチュエータ 50 c の各圧力室 52 s に供給・排出する流体の圧力を制御し、接続部材 41 を変形させ、接続部材 41 を介して中間歯車部材 40 c を径方向に変形させることで、実施例 1 - 1 と同様に駆動する。すなわち、中間歯車部材 40 c の外歯車 42 がそれぞれ

50

第1乃至第3の内歯車22, 24, 32と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、中間歯車部材40cを半径方向にたわませることによって、第1の歯車部材20cと第2の歯車部材30cとを相対的に回転させる。

【0083】

なお、第1の歯車部材20cに対して中間歯車部材40cが自転する場合は、アクチュエータ50cと中間歯車部材40cの間で相対回転が可能となるように、例えば、接続部材41などを用いることが必要となるが、第1の歯車部材20cに対して中間歯車部材40cが自転しない場合は、接続部材41を用いなくてもよく、アクチュエータ50cと中間歯車部材40cを直接固定すればよい。

【0084】

<実施例1-5> 実施例1-5の駆動ユニット10dについて、図9及び図10を参照しながら説明する。

【0085】

図9(a)は駆動ユニット10dの断面図である。図9(b)及び(c)は、駆動ユニット10dの要部拡大断面図である。図10(a)は、図9(a)の線A-Aに沿って切断した断面図である。図10(b)は、図9(a)の線B-Bに沿って切断した断面図である。

【0086】

図9及び図10に示すように、実施例1-5の駆動ユニット10dは、実施例1-4の駆動ユニット10cと略同様に構成されている。例えば、第1及び第2の内歯車22, 24と外歯車42の歯数は100、第3の内歯車32の歯数は102とする。

【0087】

ただし、実施例1-4の駆動ユニット10cと異なり、第1の歯車部材20dの中心軸28dの径方向外側に配置された中間歯車部材40dを変形させるアクチュエータ50dが、第1及び第2の内歯車22, 24の間(軸方向内側)に配置されている。

【0088】

すなわち、第1の歯車部材20dには、第1の内歯車22と第2の内歯車24との間に、2つのドーナツ状の空洞部26dが形成され、空洞部26d内にそれぞれアクチュエータ50dが配置されている。

【0089】

アクチュエータ50dの外周面は、第1の歯車部材20dに固着されている。アクチュエータ50dの内周面は、中間歯車部材40dに固定されている。アクチュエータ50dは、図9(b)の要部拡大断面図に示すように、外歯車42に沿って薄く連続的に延在する中間歯車部材40dを保持する。あるいは、図9(c)の要部拡大断面図に示すように、外周面に外歯車42が形成された略筒形状の中間歯車部材40dを保持する。中間歯車部材40dは、アクチュエータ50dの圧縮・引張によって、半径方向にたわむ。

【0090】

実施例1-5の駆動ユニット10dは、図9(a)において矢印58dで示すようにアクチュエータ50dの各圧力室52sに供給する流体の圧力を制御し、実施例1-1と同様に駆動する。すなわち、中間歯車部材40dの外歯車42がそれぞれ第1乃至第3の内歯車22, 24, 32と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、中間歯車部材40dを半径方向にたわませることによって、第1の歯車部材20dと第2の歯車部材30dとを相対的に回転させる。

【0091】

<実施例1-6> 実施例1-6の駆動ユニット10eについて、図11及び図12を参照しながら説明する。

【0092】

図11(a)は駆動ユニット10eの断面図である。図11(b)及び(c)は、駆動ユニット10eの要部拡大断面図である。図12(a)は、図11(a)の線A-Aに沿って切断した断面図である。図12(b)は、図11(a)の線B-Bに沿って切断した

10

20

30

40

50

断面図である。

【0093】

図11及び図12に示すように、実施例1-6の駆動ユニット10eは、実施例1-5の駆動ユニット10dと略同様に構成されている。例えば、第1及び第2の内歯車22, 24と外歯車42の歯数は100、第3の内歯車32の歯数は102とする。

【0094】

ただし、実施例1-5の駆動ユニット10dと異なり、第1の歯車部材20eの中心軸28eの径方向外側に配置された中間歯車部材40eを変形させるアクチュエータ50eの外周面が、第2の歯車部材30eに固着されている。

【0095】

すなわち、第2の歯車部材30eには、第3の内歯車32の軸方向両側に、2つのドーナツ状の空洞部36eが形成され、空洞部36e内にそれぞれアクチュエータ50eが配置されている。アクチュエータ50eの外周面は、第2の歯車部材30eに固着されている。アクチュエータ50eの内周面は、実施例1-5と同様に、中間歯車部材40eに固着されている。アクチュエータ50eは、図11(b)の要部拡大断面図に示すように、外歯車42に沿って薄く連続的に延在する中間歯車部材40eを保持する。あるいは、図11(c)の要部拡大断面図に示すように、外周面に外歯車42が形成された略筒形状の中間歯車部材40eを保持する。中間歯車部材40eは、アクチュエータ50eの圧縮・引張によって、半径方向にたわむ。

【0096】

実施例1-6の駆動ユニット10eは、アクチュエータ50eの各圧力室52tに供給する流体の圧力を制御し、中間歯車部材40eを径方向に変形させることで、実施例1-1と同様に駆動する。すなわち、中間歯車部材40eの外歯車42がそれぞれ第1乃至第3の内歯車22, 24, 32と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、中間歯車部材40eを半径方向にたわませることによって、第1の歯車部材20eと第2の歯車部材30eとを相対的に回転させる。

【0097】

<実施例1-7> 実施例1-7の駆動ユニット10xについて、図13及び図14を参照しながら説明する。

【0098】

図13(a)は駆動ユニット10xの断面図である。図13(b)は、駆動ユニット10xの要部拡大断面図である。図14(a)は、図13(a)の線A-Aに沿って切断した断面図である。図14(b)は、図13(a)の線B-Bに沿って切断した断面図である。

【0099】

図13及び図14に示すように、実施例1-7の駆動ユニット10xは、実施例1-4の駆動ユニット10cと略同様に構成されている。例えば、第1及び第2の内歯車22, 24と外歯車42の歯数は100、第3の内歯車32の歯数は102とする。

【0100】

ただし、実施例1-4の駆動ユニット10cと異なり、中間歯車部材40を変形させるアクチュエータに複数対の永久磁石70及び電磁石72を用いている。

【0101】

すなわち、中間歯車部材40の外周面に、複数個の永久磁石70が固定されている。ベース部材18に固定された第1の歯車部材20には、各永久磁石70に対向する位置に、それぞれ電磁石72が固定されている。電磁石72に供給する電流の大きさや向きを変えることにより、対をなす永久磁石70と電磁石72とが接離する方向に、吸引力あるいは反発力が発生し、中間歯車部材40が径方向に変形する。

【0102】

実施例1-7の駆動ユニット10xは、実施例1-3の駆動ユニット10bと同様に動作させる。すなわち、各電磁石72に印加する電流の大きさや向きを順次変化させて、例

10

20

30

40

50

えば中間歯車部材 40 の楕円形状を回転させ、外歯車 42 と第 1 乃至第 3 の内歯車 22 , 24 , 32 との噛み合い位置を周方向に移動させることによって、第 1 の歯車部材 20 と第 2 の歯車部材 30 とを相対的に回転させる。

【0103】

<実施例 1 - 8> 実施例 1 - 8 の駆動ユニット 10y について、図 15 及び図 16 を参照しながら説明する。

【0104】

図 15 (a) は駆動ユニット 10y の断面図である。図 15 (b) は、駆動ユニット 10y の要部拡大断面図である。図 16 (a) は、図 15 (a) の線 A - A に沿って切断した断面図である。図 16 (b) は、図 15 (a) の線 B - B に沿って切断した断面図である。

10

【0105】

図 15 及び図 16 に示すように、実施例 1 - 8 の駆動ユニット 10y は、実施例 1 - 7 の駆動ユニット 10x と略同様に構成されている。例えば、第 1 及び第 2 の内歯車 22 , 24 と外歯車 42 の歯数は 100、第 3 の内歯車 32 の歯数は 102 とする。

【0106】

ただし、実施例 1 - 7 の駆動ユニット 10x と異なり、中間歯車部材 40 を変形させるアクチュエータの永久磁石 70 が、中間歯車部材 40 の内周面に固定されている。アクチュエータの電磁石 72 は、対をなす永久磁石 70 と、中間歯車部材 40 を介して対向するように、第 1 の歯車部材 20 に固定されている。すなわち、中間歯車部材 40 の径方向内側と径方向外側にそれぞれアクチュエータの永久磁石 70 と電磁石 72 とが配置されている。アクチュエータの永久磁石 70 と電磁石 72 とは、入れ替えて配置することも可能である。

20

【0107】

電磁石 72 に供給する電流の大きさや向きを変えることにより、対をなす永久磁石 70 と電磁石 72 とが接離する方向に、吸引力あるいは反発力が発生し、中間歯車部材 40 が径方向に変形する。

【0108】

実施例 1 - 8 の駆動ユニット 10y は、実施例 1 - 7 の駆動ユニット 10x と同様に動作させる。すなわち、各電磁石 72 に印加する電流の大きさや向きを順次変化させて、例えば中間歯車部材 40 の楕円形状を回転させ、外歯車 42 と第 1 乃至第 3 の内歯車 22 , 24 , 32 との噛み合い位置を周方向に移動させることによって、第 1 の歯車部材 20 と第 2 の歯車部材 30 とを相対的に回転させる。

30

【0109】

次に、本発明の第 2 のタイプの駆動ユニットの実施例 2 - 1 乃至実施例 2 - 4 について、図 17 ~ 図 24 を参照しながら説明する。

【0110】

<実施例 2 - 1> 実施例 2 - 1 の駆動ユニット 12 について、図 17 及び図 18 を参照しながら説明する。

【0111】

図 17 (a) は駆動ユニット 12 の断面図である。図 17 (b) は、駆動ユニット 12 の要部拡大断面図である。図 18 (a) は、図 17 (a) の線 A - A に沿って切断した断面図である。図 18 (b) は、図 17 (a) の線 B - B に沿って切断した断面図である。

40

【0112】

図 17 及び図 18 に示すように、実施例 2 - 1 の駆動ユニット 12 は、実施例 1 - 1 の駆動ユニット 10 と略同様に構成されている。すなわち、第 1 及び第 2 の歯車部材 20 , 30 に形成された第 1 乃至第 3 の内歯車 22 , 24 , 32 の内側に、図 17 (b) に示すように外周面に外歯車 46 が形成された環状の中間歯車部材 44 が配置されている。中間歯車部材 44 と、第 1 の歯車部材 20 の中心軸 28 との間には、圧力室 52 を有するアクチュエータ 50 が配置されている。

50

【0113】

ただし、実施例1-1の駆動ユニット10と異なり、中間歯車部材44は、略筒状の剛体であり、楕円状に変形しない。

【0114】

実施例1-1の駆動ユニット10と同じく、第1の内歯車22と外歯車46の歯数比と第2の内歯車24と外歯車46の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ第3の内歯車32と外歯車46の歯数比とは異なるようにする。例えば、第1及び第2の内歯車22、24の歯数と外歯車46の歯数は100、第3の内歯車32の歯数は102にする。

【0115】

実施例2-1の駆動ユニット12は、実施例1-1の駆動ユニット10と同様に、中間歯車部材44の外歯車46が第1乃至第3の内歯車22、24、32と周方向の一部で噛み合う箇所（噛み合い位置）を周方向に移動させるように、アクチュエータ50の各圧力室52内の圧力を順次変化させて中間歯車部材44を公転させ、第1の歯車部材20と第2の歯車部材30とを相対回転させることによって駆動する。

10

【0116】

すなわち、アクチュエータ50の各圧力室52内の圧力を順次変化させることにより、中間歯車部材44が第1の歯車部材20の中心軸28に対して偏心する方向を変化させ、第1乃至第3の内歯車22、24、32と外歯車46との噛み合い位置を周方向に移動させる。

【0117】

具体的には、アクチュエータ50の上の圧力室52aに相対的に高い圧力を与え、アクチュエータ50の下の圧力室52dに相対的に低い圧力を与え、他の圧力室52b、52c、52e、52fに中間の圧力を与え、第1乃至第3の内歯車22、24、32と外歯車46とが上の位置で噛み合うようにする。

20

【0118】

次いで、アクチュエータ50の右上の圧力室52bに相対的に高い圧力を与え、左下の圧力室52eに相対的に低い圧力を与え、他の圧力室52a、52c、52d、52fには中間の圧力を与え、第1乃至第3の内歯車22、24、32と外歯車46とが右上の位置で噛み合うようにする。

【0119】

次いで、アクチュエータ50の右下の圧力室52cに相対的に高い圧力を与え、左上の圧力室52fに相対的に低い圧力を与え、他の圧力室52a、52b、52d、52eには中間の圧力を与え、第1乃至第3の内歯車22、24、32と外歯車46とが右下の位置で噛み合うようにする。

30

【0120】

次いで、アクチュエータ50の下の圧力室52dに相対的に高い圧力を与え、上の圧力室52aに相対的に低い圧力を与え、他の圧力室52b、52c、52e、52fには中間の圧力を与え、第1乃至第3の内歯車22、24、32と外歯車46とが下の位置で噛み合うようにする。

【0121】

次いで、アクチュエータ50の左下の圧力室52eに相対的に高い圧力を与え、右上の圧力室52bに相対的に低い圧力を与え、他の圧力室52a、52c、52d、52fには中間の圧力を与え、第1乃至第3の内歯車22、24、32と外歯車46とが左下の位置で噛み合うようにする。

40

【0122】

次いで、アクチュエータ50の左上の圧力室52fに相対的に高い圧力を与え、右下の圧力室52cに相対的に低い圧力を与え、他の圧力室52a、52b、52d、52eには中間の圧力を与え、第1乃至第3の内歯車22、24、32と外歯車46とが左上の位置で噛み合うようにする。

【0123】

50

以下、同様に繰り返すことにより、中間歯車部材 4 4 は、第 1 の歯車部材 2 0 の中心軸 2 8 の周りを公転する。

【 0 1 2 4 】

第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 と外歯車 4 6 とが噛み合う位置が周方向に移動すると、第 1 の内歯車 2 2 と外歯車 4 6 の歯数比と第 2 の内歯車 2 4 と外歯車 4 6 の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ、第 3 の内歯車 3 2 と外歯車 4 6 の歯数比とは異なるため、第 1 の歯車部材 2 0 と第 2 の歯車部材 3 0 との間に相対回転が発生する。第 1 の歯車部材 2 0 と第 2 の歯車部材 3 0 のいずれか一方を固定すれば、他方を出力部とすることができる。

【 0 1 2 5 】

駆動ユニット 1 2 は、第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 と外歯車 4 6 とが噛み合った状態を保ちながら、中間歯車部材 4 4 が第 1 の歯車部材 2 0 の中心軸 2 8 に対して公転する。このとき、第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 と外歯車 4 6 の歯数を同じにすると、中間歯車部材 4 4 は自転しない。自転がないと、アクチュエータ 5 0 と中間歯車部材 4 4 との間を固着することができ、構成を簡単にする事ができる。

【 0 1 2 6 】

第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 と外歯車 4 6 の歯数が異なり、中間歯車部材 4 4 が自転する場合には、アクチュエータ 5 0 と中間歯車部材 4 4 との間で相対回転可能なように支持すればよい。例えば、すべりが生じるように構成すればよい。

【 0 1 2 7 】

< 実施例 2 - 2 > 実施例 2 - 2 の駆動ユニット 1 2 p について、図 1 9 及び図 2 0 を参照しながら説明する。

【 0 1 2 8 】

図 1 9 (a) は駆動ユニット 1 2 p の断面図である。図 1 9 (b) は、駆動ユニット 1 2 p の要部拡大断面図である。図 2 0 (a) は、図 1 9 (a) の線 A - A に沿って切断した断面図である。図 2 0 (b) は、図 1 9 (a) の線 B - B に沿って切断した断面図である。

【 0 1 2 9 】

図 1 9 及び図 2 0 に示すように、実施例 2 - 2 の駆動ユニット 1 2 p は、実施例 2 - 1 の駆動ユニット 1 2 と略同様に構成されている。例えば、第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 の歯数と外歯車 4 6 の歯数は 1 0 0、第 3 の内歯車 3 2 の歯数は 1 0 2 にする。

【 0 1 3 0 】

ただし、実施例 2 - 1 の駆動ユニット 1 2 と異なり、中間歯車部材 4 4 と第 1 の歯車部材 2 0 の中心軸 2 8 との間に配置され、中間歯車部材 4 4 を移動させるアクチュエータに、実施例 1 - 3 の駆動ユニット 1 0 b と同様の複数対の永久磁石 7 0 及び電磁石 7 2 を用いている。

【 0 1 3 1 】

すなわち、図 1 9 に示すように、中間歯車部材 4 4 の内周面に永久磁石 7 0 が固定されている。ベース部材 1 8 に固定された第 1 の歯車部材 2 0 の中心軸 2 8 には、対をなす永久磁石 7 0 に対向するように、電磁石 7 2 が固定されている。

【 0 1 3 2 】

実施例 2 - 2 の駆動ユニット 1 2 p は、実施例 2 - 1 の駆動ユニット 1 2 と同様に動作させる。すなわち、各電磁石 7 2 に流す電流の大きさや向きを順次変化させて、外歯車 4 6 と第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 との噛み合い位置を周方向に移動させることによって、第 1 の歯車部材 2 0 と第 2 の歯車部材 3 0 とを相対的に回転させる。

【 0 1 3 3 】

< 実施例 2 - 3 > 実施例 2 - 3 の駆動ユニット 1 2 q について、図 2 1 及び図 2 2 を参照しながら説明する。

【 0 1 3 4 】

図 2 1 (a) は駆動ユニット 1 2 q の断面図である。図 2 1 (b) は、駆動ユニット 1

10

20

30

40

50

2 q の要部拡大断面図である。図 2 2 (a) は、図 2 1 (a) の線 A - A に沿って切断した断面図である。図 2 2 (b) は、図 2 1 (a) の線 B - B に沿って切断した断面図である。

【 0 1 3 5 】

図 2 1 及び図 2 2 に示すように、実施例 2 - 3 の駆動ユニット 1 2 q は、実施例 2 - 1 の駆動ユニット 1 2 と略同様に構成されている。例えば、第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 の歯数と外歯車 4 6 の歯数は 1 0 0、第 3 の内歯車 3 2 の歯数は 1 0 2 にする。

【 0 1 3 6 】

ただし、実施例 2 - 1 の駆動ユニット 1 2 と異なり、第 1 の歯車部材 2 0 q の中心軸 2 8 q の径方向外側に配置された中間歯車部材 4 4 q を移動させるアクチュエータ 5 0 q が、中間歯車部材 4 4 q の径方向外側、かつ第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 よりも軸方向外側に配置されている。

10

【 0 1 3 7 】

すなわち、第 1 の歯車部材 2 0 q には、第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 よりも軸方向両外側に、2 つのドーナツ状の空洞部 2 6 q が形成され、空洞部 2 6 q 内にそれぞれアクチュエータ 5 0 q が配置されている。アクチュエータ 5 0 q の外周面は、第 1 の歯車部材 2 0 q に固着されている。アクチュエータ 5 0 q の内周面は、図 2 1 (b) の要部拡大断面図に示すように、略筒形状の接続部材 4 5 の外周面の両端部に固着されている。接続部材 4 5 は、アクチュエータ 5 0 q によって径方向に移動する。外歯車 4 6 が形成された中間歯車部材 4 4 q の内周面は、接続部材 4 5 の外周面に間隔を設けて対向し、あるいは摺接するようになっている。

20

【 0 1 3 8 】

実施例 2 - 3 の駆動ユニット 1 2 q は、図 2 1 (a) において矢印 5 8 q で示すようにアクチュエータ 5 0 q の各圧力室 5 2 q に供給・排出する流体の圧力を制御し、接続部材 4 5 を介して中間歯車部材 4 4 q を径方向に移動させることで、実施例 2 - 1 と同様に駆動する。すなわち、中間歯車部材 4 4 q の外歯車 4 6 が第 1 乃至第 3 の内歯車 2 2 , 2 4 , 3 2 と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、アクチュエータ 5 0 q の各圧力室 5 2 q 内の圧力を順次変化させて中間歯車部材 4 4 q を公転させ、第 1 の歯車部材 2 0 q と第 2 の歯車部材 3 0 q とを相対回転させることによって駆動する。

【 0 1 3 9 】

なお、第 1 の歯車部材 2 0 q に対して中間歯車部材 4 4 q が自転する場合は、アクチュエータ 5 0 q と中間歯車部材 4 4 q の間で相対回転が可能となるように、例えば、接続部材 4 5 などを用いることが必要となるが、第 1 の歯車部材 2 0 q に対して中間歯車部材 4 4 q が自転しない場合は、接続部材 4 5 を用いなくてもよく、アクチュエータ 5 0 q と中間歯車部材 4 4 q を直接固定すればよい。

30

【 0 1 4 0 】

< 実施例 2 - 4 > 実施例 2 - 4 の駆動ユニット 1 2 r について、図 2 3 及び図 2 4 を参照しながら説明する。

【 0 1 4 1 】

図 2 3 は駆動ユニット 1 2 r の断面図である。図 2 4 (a) は、図 2 3 の線 A - A に沿って切断した断面図である。図 2 4 (b) は、図 2 3 の線 B - B に沿って切断した断面図である。

40

【 0 1 4 2 】

図 2 3 及び図 2 4 に示すように、実施例 2 - 4 の駆動ユニット 1 2 r は、実施例 2 - 3 の駆動ユニット 1 2 q と略同様に構成されている。例えば、第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 の歯数と外歯車 4 6 の歯数は 1 0 0、第 3 の内歯車 3 2 の歯数は 1 0 2 にする。

【 0 1 4 3 】

ただし、実施例 2 - 3 の駆動ユニット 1 2 q と異なり、第 1 の歯車部材 2 0 r の中心軸 2 8 r の径方向外側に配置された中間歯車部材 4 4 r を公転させるアクチュエータ 5 0 r が第 1 及び第 2 の内歯車 2 2 , 2 4 の間（軸方向内側）に配置され、かつアクチュエータ

50

50rの外周面が、第2の歯車部材30rに固着されている。

【0144】

すなわち、第2の歯車部材30rには、第3の内歯車32の軸方向両側に、2つのドーナツ状の空洞部36rが形成され、空洞部36r内にそれぞれアクチュエータ50rが配置されている。アクチュエータ50rの外周面は、第2の歯車部材30rに固着されている。アクチュエータ50rの内周面は、中間歯車部材44rの外周面に固着されている。中間歯車部材44rは、アクチュエータ50rによって、径方向に移動する。

【0145】

実施例2-4の駆動ユニット12rは、実施例2-1と同様に、アクチュエータ50rの各圧力室52r内の圧力を順次変化させ、中間歯車部材44rを第1乃至第3の内歯車22, 24, 32に対して偏心させながら移動させることによって駆動する。すなわち、中間歯車部材44rの外歯車46が第1乃至第3の内歯車22, 24, 32と周方向の一部で噛み合う箇所(噛み合い位置)を周方向に移動させるように、アクチュエータ50rの各圧力室52r内の圧力を順次変化させて中間歯車部材44rを公転させ、第1の歯車部材20rと第2の歯車部材30rとを相対回転させることによって駆動する。

10

【0146】

次に、本発明の第3のタイプの駆動ユニットの実施例3-1乃至実施例3-3について、図25~図30を参照しながら説明する。

【0147】

<実施例3-1> 実施例3-1の駆動ユニット14pについて、図25及び図26を参照しながら説明する。

20

【0148】

図25(a)は駆動ユニット14pの断面図である。図25(b)及び(c)は、駆動ユニット14pの要部拡大断面図である。図26(a)は、図25(a)の線A-Aに沿って切断した断面図である。図26(b)は、図25(a)の線B-Bに沿って切断した断面図である。

【0149】

実施例3-1の駆動ユニット14pは、実施例1-1の駆動ユニット10の外歯車と内歯車の関係が逆になっている。

【0150】

すなわち、図25及び図26に示すように、ベース部材19に固定された第1の歯車部材21pは、第1の外歯車23と第2の外歯車25とが同軸に、かつ間隔を設けて形成されている。第2の歯車部材31pには、中心軸38pに固定され、第1の歯車部材21pの第1の外歯車23と第2の外歯車25との間に同軸に配置される第3の外歯車33が形成されている。

30

【0151】

第1の歯車部材21pには、第1乃至第3の外歯車23, 25, 33の径方向外側にドーナツ状の空洞部27pが形成され、空洞部27p内に中間歯車部材48pとアクチュエータ51pとが配置されている。

【0152】

アクチュエータ51pの外周面は、第1の歯車部材21pに固着されている。アクチュエータ51pは、図25(b)の要部拡大断面図に示すように、内歯車49に沿って薄く連続的に延在する中間歯車部材48pを保持する。あるいは、図25(c)の要部拡大断面図に示すように、内周面に内歯車49が形成された略筒形状の中間歯車部材48pを保持する。アクチュエータ51pによって保持された中間歯車部材48pは、半径方向に自在にたわむことができる。

40

【0153】

第1の外歯車23と内歯車49の歯数比と第2の外歯車25と内歯車49の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ、第3の外歯車33と内歯車49の歯数比とは異なるようにする。例えば、第1及び第2の外歯車23, 25と内歯車49の歯数は100、第3

50

の外歯車 33 の歯数は 98 とする。

【0154】

実施例 3 - 1 の駆動ユニット 14 p は、アクチュエータ 51 p の各圧力室 53 p に供給する流体の圧力を制御し、中間歯車部材 48 p を変形させることによって、実施例 1 - 1 と同様に駆動する。すなわち、中間歯車部材 48 p の内歯車 49 が第 1 乃至第 3 の外歯車 23, 25, 33 と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、中間歯車部材 48 p を半径方向にたわませることによって、第 1 の歯車部材 21 p と第 2 の歯車部材 31 p とを相対的に回転させる。

【0155】

第 1 及び第 2 の外歯車 23, 25 と内歯車 49 の歯数を同じにすると、アクチュエータ 51 p と中間歯車部材 48 p との間を固着することができ、構成を簡単に行うことができる。

10

【0156】

第 1 及び第 2 の外歯車 23, 25 と内歯車 49 の歯数が異なり、第 1 の歯車部材 21 p と中間歯車部材 48 p とが相対回転する場合には、アクチュエータ 51 p と中間歯車部材 48 p との間で相対回転可能なように支持すればよい。例えば、すべりが生じるように構成すればよい。

【0157】

<実施例 3 - 2> 実施例 3 - 2 の駆動ユニット 14 q について、図 27 及び図 28 を参照しながら説明する。

20

【0158】

図 27 (a) は駆動ユニット 14 q の断面図である。図 27 (b) 及び (c) は、駆動ユニット 14 q の要部拡大断面図である。図 28 (a) は、図 27 (a) の線 A - A に沿って切断した断面図である。図 28 (b) は、図 27 (a) の線 B - B に沿って切断した断面図である。

【0159】

図 27 及び図 28 に示すように、実施例 3 - 2 の駆動ユニット 14 q は、実施例 3 - 1 の駆動ユニット 14 p と略同様に構成されている。例えば、第 1 及び第 2 の外歯車 23, 25 と内歯車 49 の歯数は 100、第 2 の歯車部材 31 q の中心軸 38 q に固定された第 3 の外歯車 33 の歯数は 98 とする。

30

【0160】

ただし、実施例 3 - 1 の駆動ユニット 14 p と異なり、中間歯車部材 48 q を変形させるアクチュエータ 51 q が、中間歯車部材 48 q の径方向内側、かつ第 1 及び第 2 の外歯車 23, 25 よりも軸方向外側に配置されている。

【0161】

すなわち、ベース部材 19 に固定された第 1 の歯車部材 21 q には、第 1 及び第 2 の外歯車 23, 25 よりも軸方向両外側に、それぞれドーナツ状の空洞部 27 q が形成され、空洞部 27 q 内にそれぞれアクチュエータ 51 q が配置されている。アクチュエータ 51 q の内周面は、第 1 の歯車部材 21 q に固着されている。アクチュエータ 51 q の外周面は、図 27 (c) の要部拡大断面図に示すように、自在にたわむ筒状の接続部材 47 q の内周面の両端部に固着されている。接続部材 47 q は、アクチュエータ 51 q によって径方向に変形する。図 27 (b) の要部拡大断面図に示すように、内歯車 49 が形成された中間歯車部材 48 q の外周面は、接続部材 47 q の内周面に間隔を設けて対向し、あるいは摺接するようになっている。

40

【0162】

実施例 3 - 2 の駆動ユニット 14 q は、アクチュエータ 51 q の各圧力室 53 q に供給する流体の圧力を制御し、接続部材 47 q を介して中間歯車部材 48 q を径方向に変形させることで、実施例 3 - 1 と同様に駆動する。すなわち、中間歯車部材 48 q の内歯車 49 が第 1 乃至第 3 の外歯車 23, 25, 33 と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、中間歯車部材 48 q を半径方向にたわませることによって、第 1 の歯車

50

部材 2 1 q と第 2 の歯車部材 3 1 q とを相対的に回転させる。

【 0 1 6 3 】

なお、第 1 の歯車部材 2 1 q に対して中間歯車部材 4 8 q が自転する場合は、アクチュエータ 5 1 q と中間歯車部材 4 8 q の間で相対回転が可能となるように、例えば、接続部材 4 7 q などを用いることが必要となるが、第 1 の歯車部材 2 1 q に対して中間歯車部材 4 8 q が自転しない場合は、接続部材 4 7 q を用いなくてもよく、アクチュエータ 5 1 q と中間歯車部材 4 8 q を直接固定すればよい。

【 0 1 6 4 】

< 実施例 3 - 3 > 実施例 3 - 3 の駆動ユニット 1 4 r について、図 2 9 及び図 3 0 を参照しながら説明する。

【 0 1 6 5 】

図 2 9 (a) は駆動ユニット 1 4 r の断面図である。図 2 9 (b) 及び (c) は、駆動ユニット 1 4 r の要部拡大断面図である。図 3 0 (a) は、図 2 9 (a) の線 A - A に沿って切断した断面図である。図 3 0 (b) は、図 2 9 (a) の線 B - B に沿って切断した断面図である。

【 0 1 6 6 】

図 2 9 及び図 3 0 に示すように、実施例 3 - 3 の駆動ユニット 1 4 r は、実施例 3 - 2 の駆動ユニット 1 4 q と略同様に構成されている。例えば、第 1 及び第 2 の外歯車 2 3 , 2 5 と内歯車 4 9 の歯数は 1 0 0、第 3 の外歯車 3 3 の歯数は 9 8 とする。

【 0 1 6 7 】

ただし、実施例 3 - 2 の駆動ユニット 1 4 q と異なり、中間歯車部材 4 8 r を変形させるアクチュエータ 5 1 r が、第 1 及び第 2 の外歯車 2 3 , 2 5 の間 (軸方向内側) に配置され、アクチュエータ 5 1 r の内周面が第 2 の歯車部材 3 1 r に固着されている。

【 0 1 6 8 】

すなわち、第 2 の歯車部材 3 1 r に形成された第 3 の外歯車 3 3 の軸方向両側に、それぞれアクチュエータ 5 1 r が配置され、アクチュエータ 5 1 r の内周面は、第 2 の歯車部材 3 1 r の中心軸 3 8 r に固着されている。アクチュエータ 5 1 r の外周面は、中間歯車部材 4 8 r の内周面に固着されている。アクチュエータ 5 1 r は、図 2 9 (b) の要部拡大断面図に示すように、内歯車 4 9 に沿って薄く連続的に延在する環状の中間歯車部材 4 8 r を保持する。あるいは、図 2 9 (c) の要部拡大断面図に示すように、内周面に内歯車 4 9 が形成された環状の中間歯車部材 4 8 r を保持する。中間歯車部材 4 8 r は、アクチュエータ 5 1 r の圧縮・引張によって半径方向にたわむ。

【 0 1 6 9 】

実施例 3 - 3 の駆動ユニット 1 4 r は、アクチュエータ 5 1 r の各圧力室 5 3 r に供給する流体の圧力を制御し、中間歯車部材 4 8 r を半径方向にたわませることで、実施例 3 - 1 と同様に駆動する。すなわち、中間歯車部材 4 8 r の内歯車 4 9 がそれぞれ第 1 乃至第 3 の外歯車 2 3 , 2 5 , 3 3 と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、中間歯車部材 4 8 r を半径方向にたわませることによって、第 1 の歯車部材 2 1 r と第 2 の歯車部材 3 1 r とを相対的に回転させる。

【 0 1 7 0 】

次に、本発明の第 4 のタイプの駆動ユニットの実施例 4 - 1 乃至実施例 4 - 3 について、図 3 1 ~ 図 3 6 を参照しながら説明する。

【 0 1 7 1 】

< 実施例 4 - 1 > 実施例 4 - 1 の駆動ユニット 1 6 について、図 3 1 及び図 3 2 を参照しながら説明する。

【 0 1 7 2 】

図 3 1 (a) は駆動ユニット 1 6 の断面図である。図 3 1 (b) は、駆動ユニット 1 6 の要部拡大断面図である。図 3 2 (a) は、図 3 1 (a) の線 A - A に沿って切断した断面図である。図 3 2 (b) は、図 3 1 (a) の線 B - B に沿って切断した断面図である。

【 0 1 7 3 】

10

20

30

40

50

実施例 4 - 1 の駆動ユニット 16 は、実施例 2 - 1 の駆動ユニット 12 の外歯車と内歯車の関係が逆になっている。

【0174】

すなわち、図 3 1 及び図 3 2 に示すように、第 1 の歯車部材 2 1 には、第 1 の外歯車 2 3 と第 2 の外歯車 2 5 とが同軸に、かつ間隔を設けて形成されている。第 2 の歯車部材 3 1 には、第 1 の歯車部材 2 1 の第 1 の外歯車 2 3 と第 2 の外歯車 2 5 との間に同軸に配置される第 3 の外歯車 3 3 が形成されている。

【0175】

第 1 の歯車部材 2 1 には、第 1 乃至第 3 の外歯車 2 3 , 2 5 , 3 3 に対向するドーナツ状の空洞部 2 7 が形成され、空洞部 2 7 内に中間歯車部材 4 8 とアクチュエータ 5 1 とが配置されている。中間歯車部材 4 8 は、第 1 乃至第 3 の外歯車 2 3 , 2 5 , 3 3 に対向して配置され、中間歯車部材 4 8 の径方向外側にアクチュエータ 5 1 が配置される。

10

【0176】

中間歯車部材 4 8 の内周面には、第 1 の歯車部材 2 1 の第 1 の外歯車 2 3 及び第 2 の外歯車 2 5 と、第 2 の歯車部材 3 1 の第 3 の外歯車 3 3 とに噛み合うことができる内歯車 4 9 が形成されている。中間歯車部材 4 8 は、図 3 1 (b) の要部拡大断面図に示すように、略円筒状の剛体である。

【0177】

第 1 の外歯車 2 3 と内歯車 4 9 の歯数比と第 2 の外歯車 2 5 と内歯車 4 9 の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ、第 3 の外歯車 3 3 と内歯車 4 9 の歯数比とは異なるようにする。例えば、第 1 及び第 2 の外歯車 2 3 , 2 5 と内歯車 4 9 の歯数は 100、第 3 の外歯車 3 3 の歯数は 98 とする。

20

【0178】

中間歯車部材 4 8 よりも径方向外側に、実施例 2 - 1 と同じく、ゴム等の弾性材料からなり、内部に複数の圧力室 5 3 が形成されているアクチュエータ 5 1 が配置される。図 3 1 (a) において矢印 5 9 で示すように、外部から圧力室 5 3 に空気や油、水等の流体が供給・排出され、圧力室 5 3 の容積が増減し、これに伴って中間歯車部材 4 8 の径方向の位置が変化するようになっている。

【0179】

実施例 4 - 1 の駆動ユニット 16 は、実施例 2 - 1 の駆動ユニット 12 と同様に、アクチュエータ 5 1 の各圧力室 5 3 内の圧力を順次変化させて中間歯車部材 4 8 を公転させることによって駆動する。

30

【0180】

すなわち、アクチュエータ 5 1 の各圧力室 5 3 内の圧力を順次変化させ、中間歯車部材 4 8 を、第 1 乃至第 3 の外歯車 2 3 , 2 5 , 3 3 に対して偏心する方向を変化させ、第 1 乃至第 3 の外歯車 2 3 , 2 5 , 3 3 と内歯車 4 9 とが周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させる。第 1 乃至第 3 の外歯車 2 3 , 2 5 , 3 3 と内歯車 4 9 とが周方向の一部で噛み合う箇所が周方向に移動すると、第 1 の外歯車 2 3 と内歯車 4 9 の歯数比と第 2 の外歯車 2 5 と内歯車 4 9 の歯数比とは、互いに等しく、かつ、それぞれ、第 3 の外歯車 3 3 と内歯車 4 9 の歯数比とは異なるため、第 1 の歯車部材 2 1 と第 2 の歯車部材 3 1 との間で相対回転が発生する。第 1 の歯車部材 2 1 と第 2 の歯車部材 3 1 のいずれか一方を固定すれば、他方を出力部とすることができる。例えば、第 1 の歯車部材 2 1 をベース部材 1 9 に固定すれば、第 2 の歯車部材 3 1 がベース部材 1 9 に対して回転し、出力部となる。

40

【0181】

中間歯車部材 4 8 は、内歯車 4 9 が第 1 乃至第 3 の外歯車 2 3 , 2 5 , 3 3 と周方向に一部で噛み合った状態を保ちながら、第 1 乃至第 3 の外歯車 2 3 , 2 5 , 3 3 の中心軸のまわりを公転する。このとき、第 1 及び第 2 の外歯車 2 3 , 2 5 と内歯車 4 9 の歯数を同じにすると、中間歯車部材 4 8 は自転しないため、アクチュエータ 5 1 と中間歯車部材 4 8 との間を固着することができ、構成を簡単にすることができる。

50

【 0 1 8 2 】

第 1 及び第 2 の外歯車 2 3 , 2 5 と内歯車 4 9 の歯数が異なり、中間歯車部材 4 8 が自転する場合には、アクチュエータ 5 1 と中間歯車部材 4 8 との間で相対回転可能なように支持すればよい。例えば、すべりが生じるように構成すればよい。

【 0 1 8 3 】

< 実施例 4 - 2 > 実施例 4 - 2 の駆動ユニット 1 6 a について、図 3 3 及び図 3 4 を参照しながら説明する。

【 0 1 8 4 】

図 3 3 は駆動ユニット 1 6 a の断面図である。図 3 4 (a) は、図 3 3 の線 A - A に沿って切断した断面図である。図 3 4 (b) は、図 3 3 の線 B - B に沿って切断した断面図である。

10

【 0 1 8 5 】

図 3 3 及び図 3 4 に示すように、実施例 4 - 2 の駆動ユニット 1 6 a は、実施例 4 - 1 の駆動ユニット 1 6 と略同様に構成されている。例えば、第 1 及び第 2 の外歯車 2 3 , 2 5 と内歯車 4 9 の歯数は 1 0 0、第 2 の歯車部材 3 1 a の中心軸 3 8 a に固定された第 3 の外歯車 3 3 の歯数は 9 8 とする。

【 0 1 8 6 】

ただし、実施例 4 - 1 の駆動ユニット 1 6 と異なり、中間歯車部材 4 8 a を移動させるアクチュエータ 5 1 a が、中間歯車部材 4 8 a の径方向内側に配置され、第 1 の歯車部材 2 1 a に固着されている。

20

【 0 1 8 7 】

すなわち、第 1 の歯車部材 2 1 a には、第 1 及び第 2 の外歯車 2 3 , 2 5 の間よりも軸方向両外側に、2 つのドーナツ状の空洞部 2 7 a が形成され、空洞部 2 7 a 内にそれぞれアクチュエータ 5 1 a が配置されている。アクチュエータ 5 1 a の内周面は、第 1 の歯車部材 2 1 a に固着されている。アクチュエータ 5 1 a の外周面は、中間歯車部材 4 8 a の内周面の両端部に固着されている。中間歯車部材 4 8 a は、アクチュエータ 5 1 a によって径方向に移動する。中間歯車部材 4 8 a の内周面の中間部には、第 1 乃至第 3 の外歯車 2 3 , 2 5 , 3 3 に噛み合うことができる内歯車 4 9 が形成されている。

【 0 1 8 8 】

実施例 4 - 2 の駆動ユニット 1 6 a は、アクチュエータ 5 1 a の各圧力室 5 3 a に供給する流体の圧力を制御し、中間歯車部材 4 8 a を公転させることで、実施例 4 - 1 と同様に駆動する。すなわち、中間歯車部材 4 8 a の内歯車 4 9 が第 1 乃至第 3 の外歯車 2 3 , 2 5 , 3 3 と周方向の一部で噛み合う箇所を周方向に移動させるように、中間歯車部材 4 8 a を公転させることによって、第 1 の歯車部材 2 1 a と第 2 の歯車部材 3 1 a とを相対的に回転させる。

30

【 0 1 8 9 】

< 実施例 4 - 3 > 実施例 4 - 3 の駆動ユニット 1 6 b について、図 3 5 及び図 3 6 を参照しながら説明する。

【 0 1 9 0 】

図 3 5 は駆動ユニット 1 6 b の断面図である。図 3 6 (a) は、図 3 5 の線 A - A に沿って切断した断面図である。図 3 6 (b) は、図 3 5 の線 B - B に沿って切断した断面図である。

40

【 0 1 9 1 】

図 3 5 及び図 3 6 に示すように、実施例 4 - 3 の駆動ユニット 1 6 b は、実施例 4 - 2 の駆動ユニット 1 6 a と略同様に構成されている。例えば、第 1 及び第 2 の外歯車 2 3 , 2 5 と内歯車 4 9 の歯数は 1 0 0、第 3 の外歯車 3 3 の歯数は 9 8 とする。

【 0 1 9 2 】

ただし、実施例 4 - 2 の駆動ユニット 1 6 a と異なり、中間歯車部材 4 8 b を公転させるためのアクチュエータ 5 1 b が、第 1 及び第 2 の外歯車 2 3 , 2 5 の間（軸方向内側）に配置され、アクチュエータ 5 1 b の内周面が第 2 の歯車部材 3 1 b に固着されている。

50

【0193】

すなわち、第2の歯車部材31bに形成された第3の外歯車33の軸方向両側に、2つのアクチュエータ51bがそれぞれ配置され、アクチュエータ51bの内周面は、第2の歯車部材31bの中心軸38bに固着されている。アクチュエータ51bの外周面は、中間歯車部材48bの内周面に固着されている。中間歯車部材48bには、第1乃至第3の外歯車23, 25, 33に噛み合うことができる内歯車49が形成されている。中間歯車部材48bは、アクチュエータ51bによって径方向に移動される。

【0194】

実施例4-3の駆動ユニット16bは、アクチュエータ51bの各圧力室53bに供給する流体の圧力を制御し、中間歯車部材48bを公転させることで、実施例4-1と同様に駆動する。すなわち、中間歯車部材48bの内歯車49が第1乃至第3の外歯車23, 25, 33と周方向の一部で噛み合う状態を保ちながら中間歯車部材48bを公転させることによって、第1の歯車部材21bと第2の歯車部材31bとを相対的に回転させる。

10

【0195】

<変形例> 変形例の駆動ユニット10zについて、図37~図39を参照しながら説明する。図37は駆動ユニット10zの断面図である。図38は、図37の線A-Aに沿って切断した断面図である。図39は、図37の線B-Bに沿って切断した断面図である。

【0196】

図37~図39に示すように、駆動ユニット10zは、実施例1-1の駆動ユニット10と同様に、第1の歯車部材20zに第1の内歯車22と第2の内歯車24とが同軸に、かつ間隔を設けて形成されている。第2の歯車部材30zには、第1の歯車部材20zの第1の内歯車22と第2の内歯車24との間に同軸に配置される第3の内歯車32が形成されている。

20

【0197】

実施例1-1の駆動ユニット10とは異なり、第1の歯車部材20zの第1の内歯車22と第2の内歯車24とは、第2の歯車部材30zの径方向外側を經由して固定されている。また、実施例1-1の駆動ユニット10とは異なり、駆動ユニット10zは、ベース部材18zと中心軸28zとが一体に形成されている。第1の歯車部材20zはベース部材18zに固定されている。

30

【0198】

中心軸28zには、実施例1-1の駆動ユニット10と同様に、第1乃至第3の内歯車22, 24, 32に対向するドーナツ状の空洞部26が形成され、空洞部26内に、中間歯車部材40とアクチュエータ50とが配置されている。

【0199】

駆動ユニット10zは、実施例1-1の駆動ユニット10と同様にアクチュエータ50を動作させることにより、第1の歯車部材20zと第2の歯車部材30zとを相対的に回転させることができる。

【0200】

<まとめ> 以上に説明したように、本発明の駆動ユニットは、歯車装置にアクチュエータを組み込んでも剛性を高くすることができるため、高精度な位置決めが可能である。また、大トルク、小型の要求にも対応することができる。したがって、特に高精度な位置決め性能、大トルク、小型が要求される産業用ロボット、半導体関連機器、フラットパネルディスプレイ搬送装置などに、好適に利用することができる。

40

【0201】

なお、本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、種々の変更を加えて実施することが可能である。

【0202】

例えば、中間歯車部材を変形又は移動させるアクチュエータの種類は、流体や磁力を用いるものに限らず、静電気力、圧電素子、形状記憶合金、電気粘性流体や磁気粘性流体や

50

電界共役流体のような機能性流体などを用いるアクチュエータや、メカノケミカルアクチュエータ（高分子アクチュエータやICPFアクチュエータなど）などの種々のタイプのものを選択可能である。磁力を用いる場合、永久磁石と電磁石とを用いるものに限らず、電磁石により吸引される鉄などの材料と電磁石とを用いてもよい。

【0203】

例えば、実施例にあげた流体を用いるアクチュエータを使う駆動ユニットにおいて、流体を用いるアクチュエータの代わりに、磁石を用いるアクチュエータを使用してもよい。

【0204】

中間歯車部材の第1乃至第3の外歯車の歯数、あるいは、第1乃至第3の内歯車の歯数は、互いに異なってもよい。

【0205】

アクチュエータは、第1の歯車部材あるいは第2の歯車部材のいずれか一方に対して相対回転しないように固定されていればよいので、必ずしも、第1の歯車部材あるいは第2の歯車部材に固定する必要はない。ベース部材などの他の部品に固定してもよい。

【0206】

第1の歯車部材の第1の内歯車と第2の内歯車とを固定する方法、あるいは、第1の歯車部材の第1の外歯車と第2の外歯車とを固定する方法には、実施例や変形例で示した方法の他に、第2の歯車部材に貫通する穴を設けてその穴を通して固定する方法などがある。

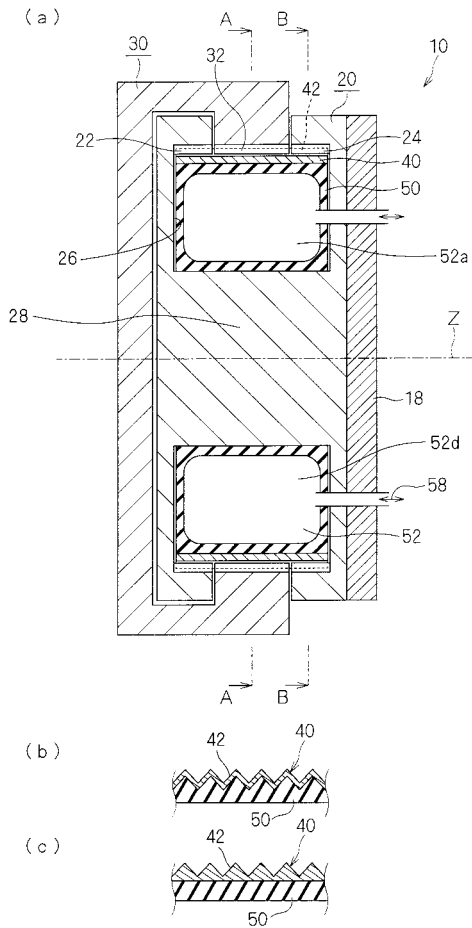
【符号の説明】

【0207】

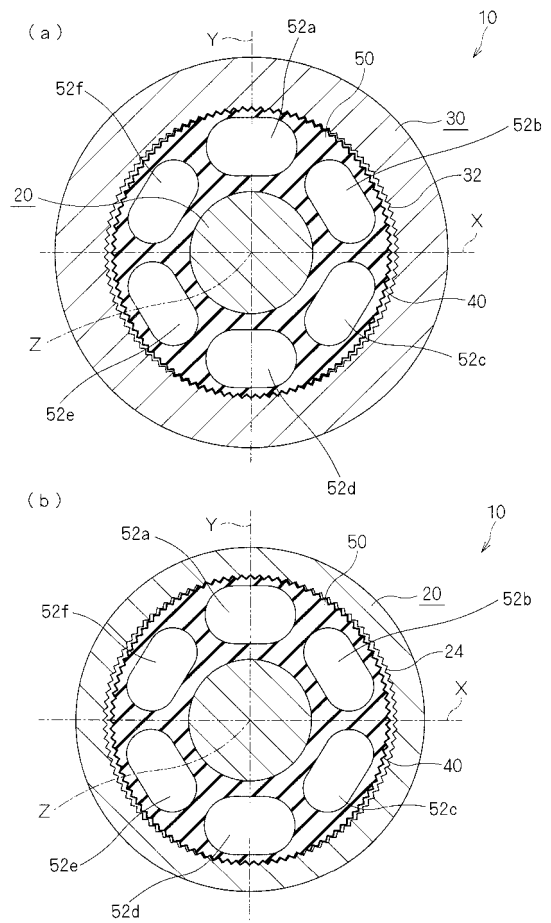
10, 10a ~ 10e, 10x, 10y, 10z	駆動ユニット	
12, 12p, 12q, 12r	駆動ユニット	
14p, 14q, 14r	駆動ユニット	
16, 16a, 16b	駆動ユニット	
18, 18z, 19	ベース部材	
20, 20c, 20d, 20e, 20q, 20r, 20z	第1の歯車部材	
21, 21a, 21b, 21p, 21q, 21r	第1の歯車部材	
22	第1の内歯車	
23	第1の外歯車	30
24	第2の内歯車	
25	第2の外歯車	
28, 28c, 28d, 28e, 28q, 28r, 28z	中心軸	
30, 30c, 30d, 30e, 30q, 30r, 30z	第2の歯車部材	
31, 31a, 31b, 31p, 31q, 31r	第2の歯車部材	
32	第3の内歯車	
33	第3の外歯車	
38a, 38b, 38p, 38q, 38r	中心軸	
40, 40c, 40d, 40e	中間歯車部材	
42	外歯車	40
44, 44q, 44r	中間歯車部材	
46	外歯車	
48, 48a, 48b, 48p, 48q, 48r	中間歯車部材	
49	内歯車	
50, 50c, 50d, 50e, 50q, 50r	アクチュエータ	
51, 51a, 51b, 51p, 51q, 51r	アクチュエータ	
52, 52s, 52t, 52q, 52r	圧力室	
53, 53a, 53b, 53p, 53q, 53r	圧力室	
54	弾性部材	
58, 58c, 58d, 58q	矢印	50

- 59 矢印
- 60, 60a ~ 60d シリンダ (アクチュエータ)
- 62 伸縮部材
- 70 永久磁石 (アクチュエータ)
- 72, 72a ~ 72d 電磁石 (アクチュエータ)

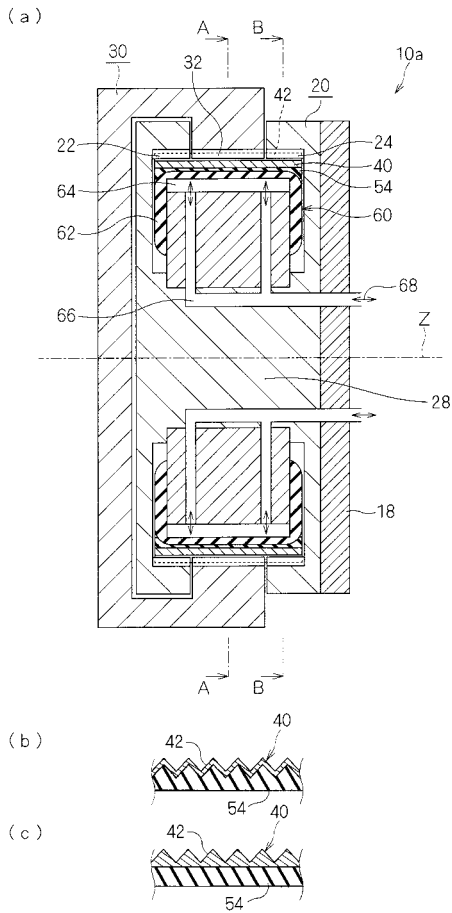
【図1】



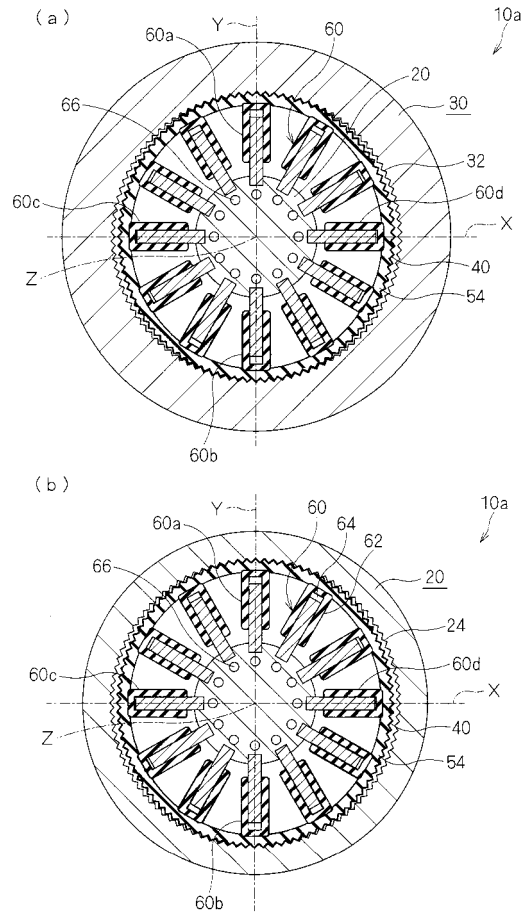
【図2】



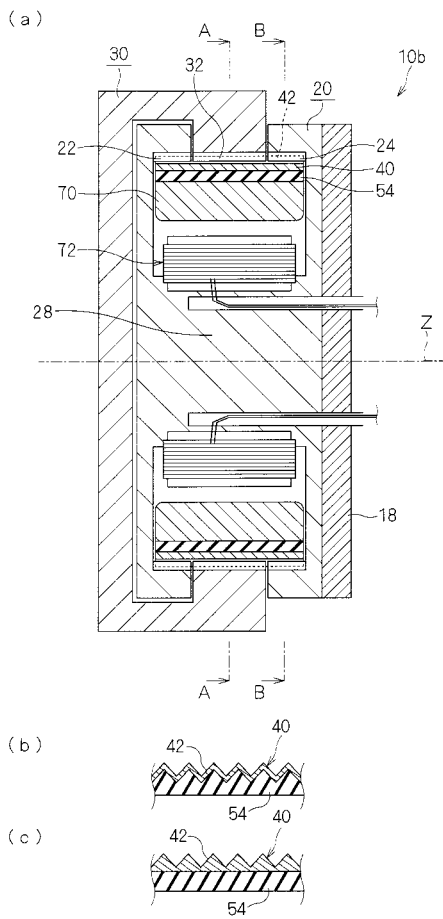
【 図 3 】



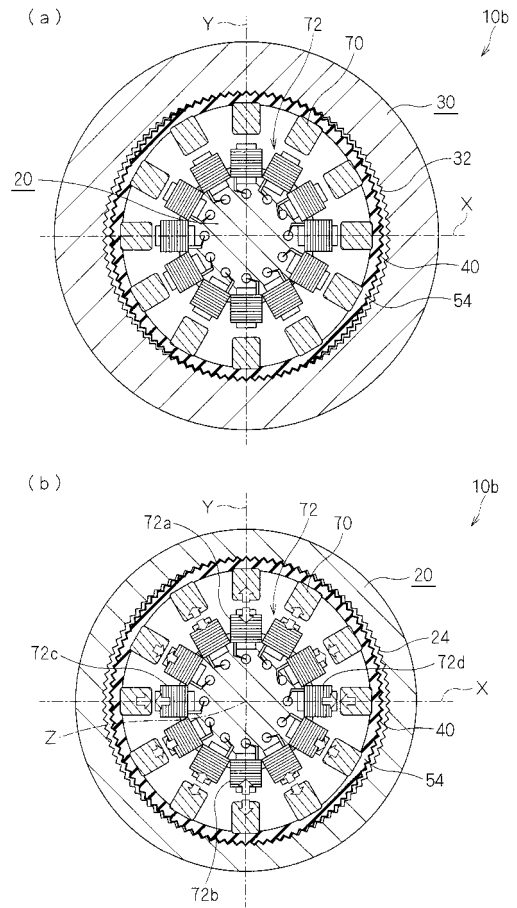
【 図 4 】



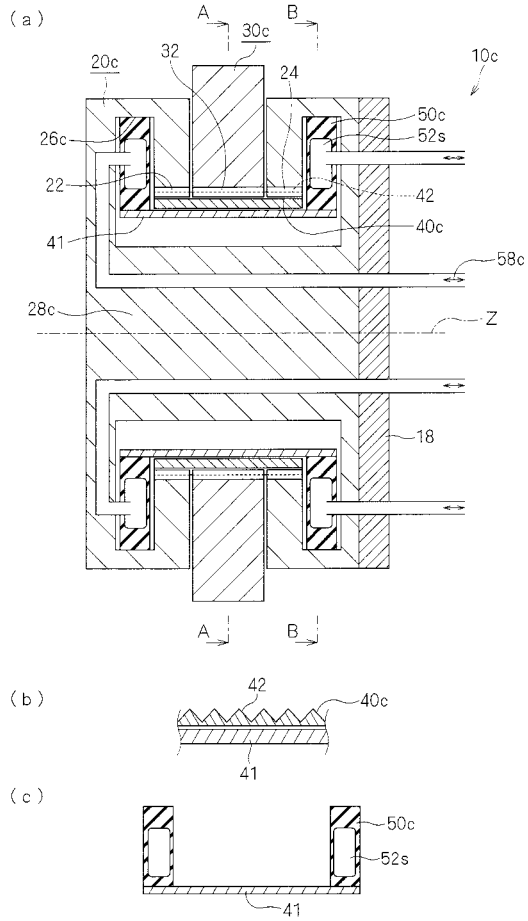
【 図 5 】



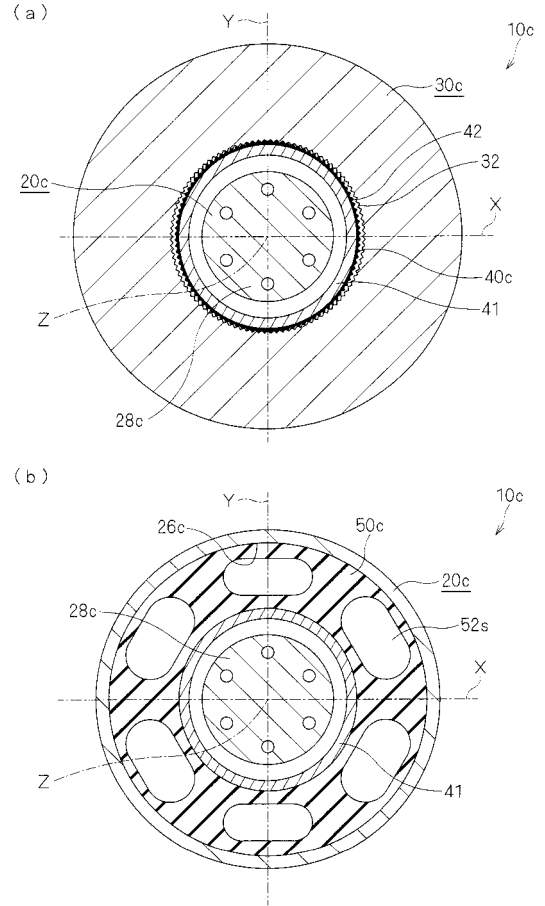
【 図 6 】



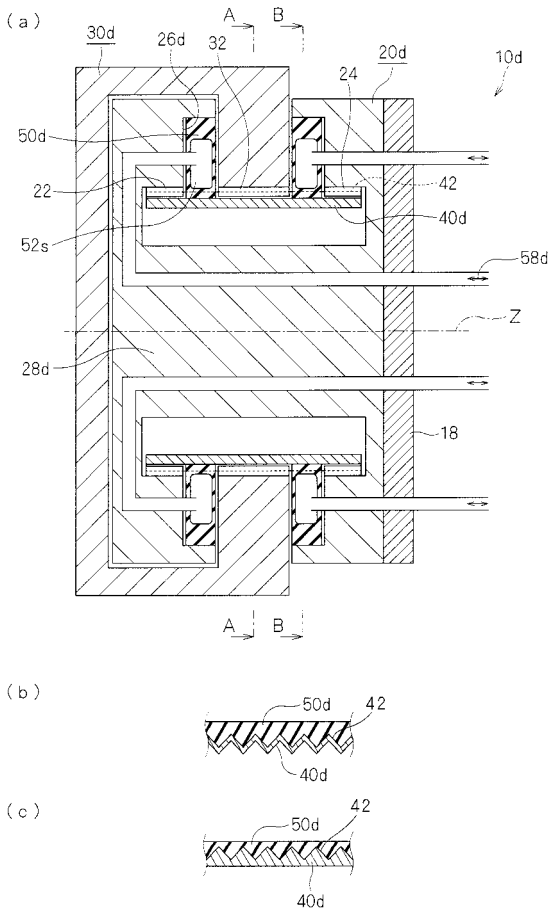
【 図 7 】



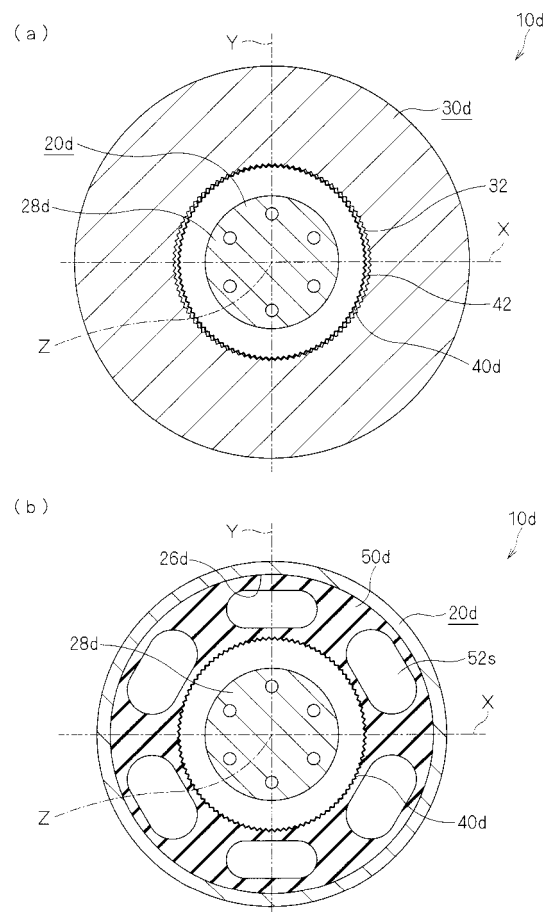
【 図 8 】



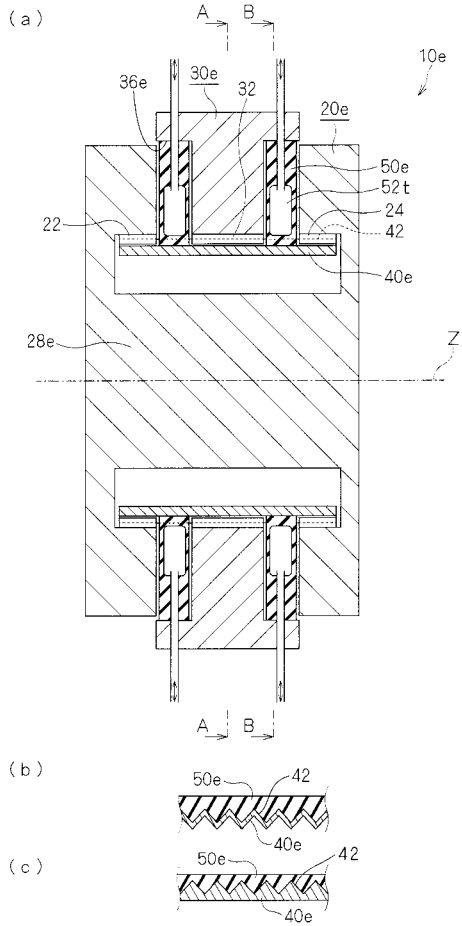
【 図 9 】



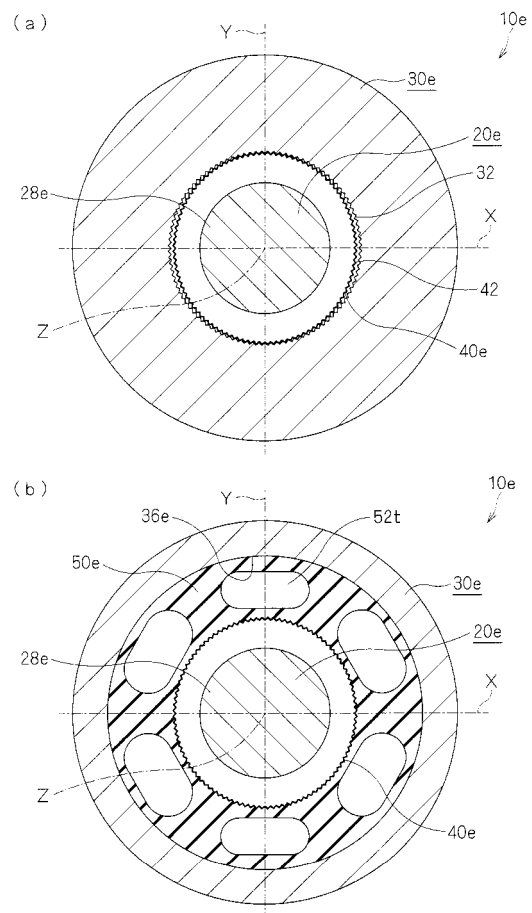
【 図 10 】



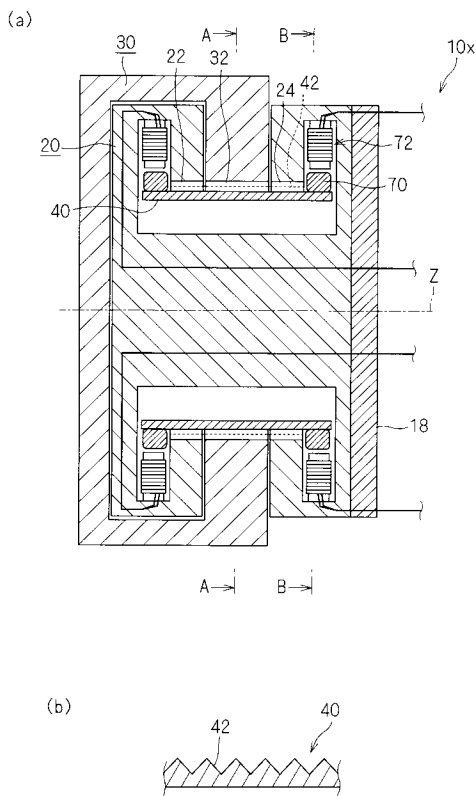
【 図 1 1 】



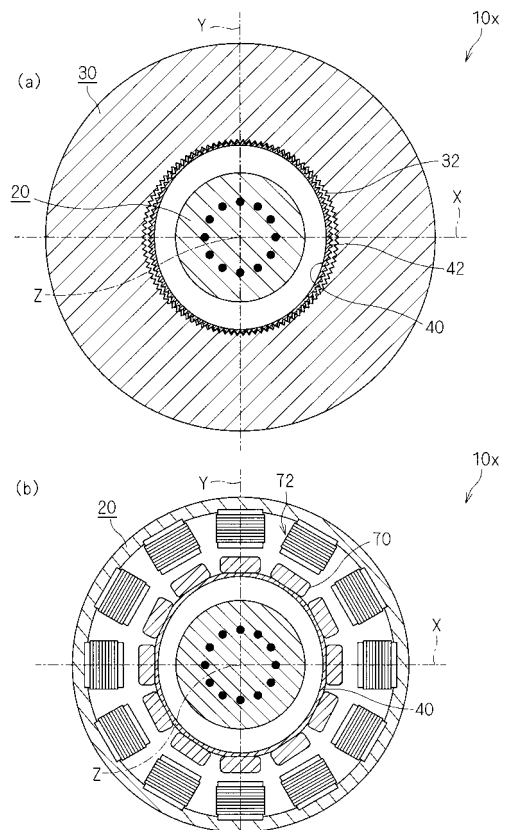
【 図 1 2 】



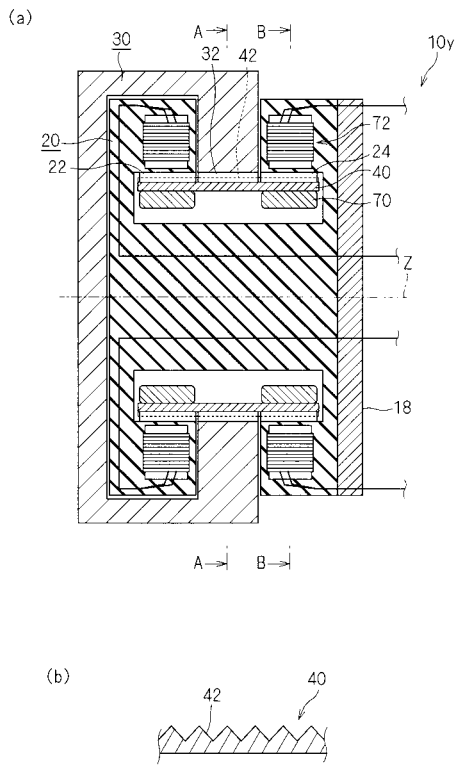
【 図 1 3 】



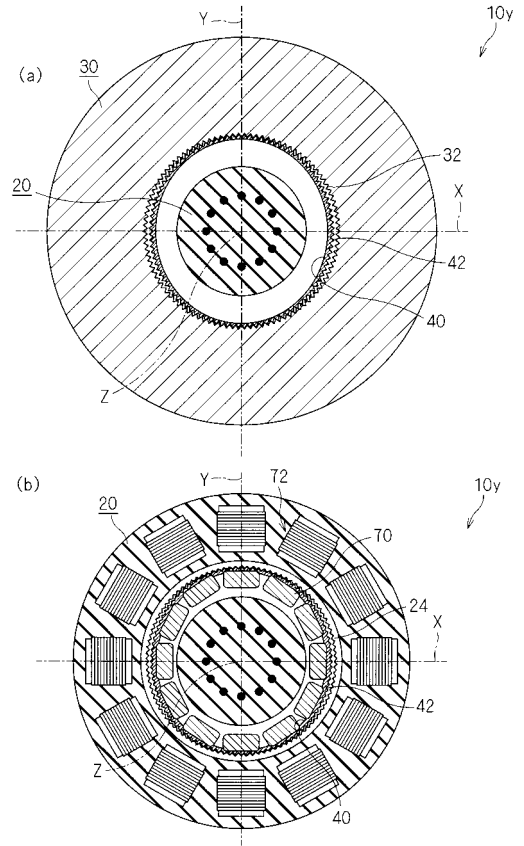
【 図 1 4 】



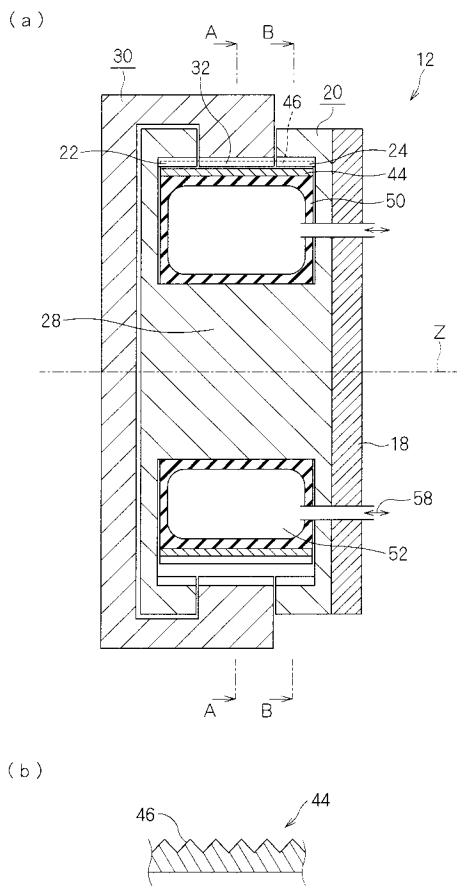
【 図 1 5 】



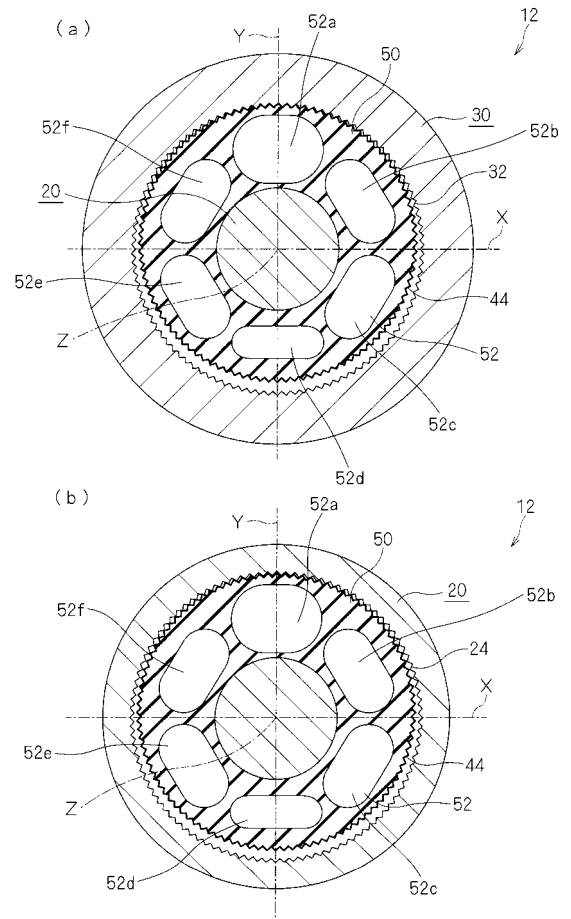
【 図 1 6 】



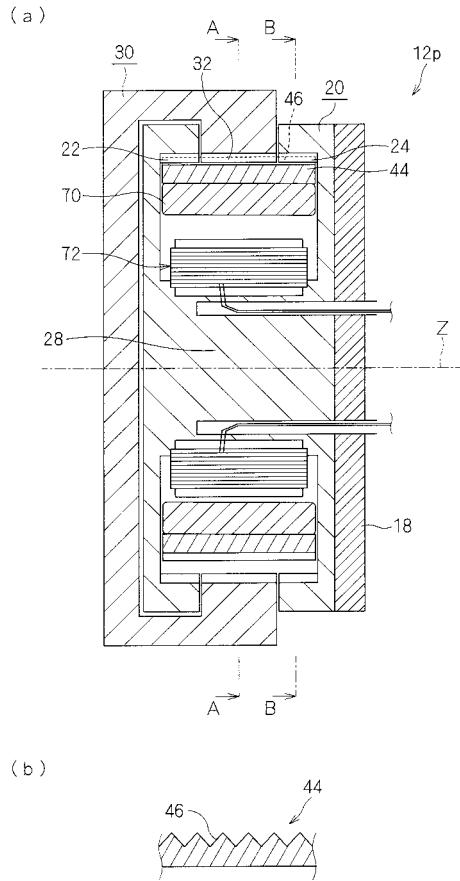
【 図 1 7 】



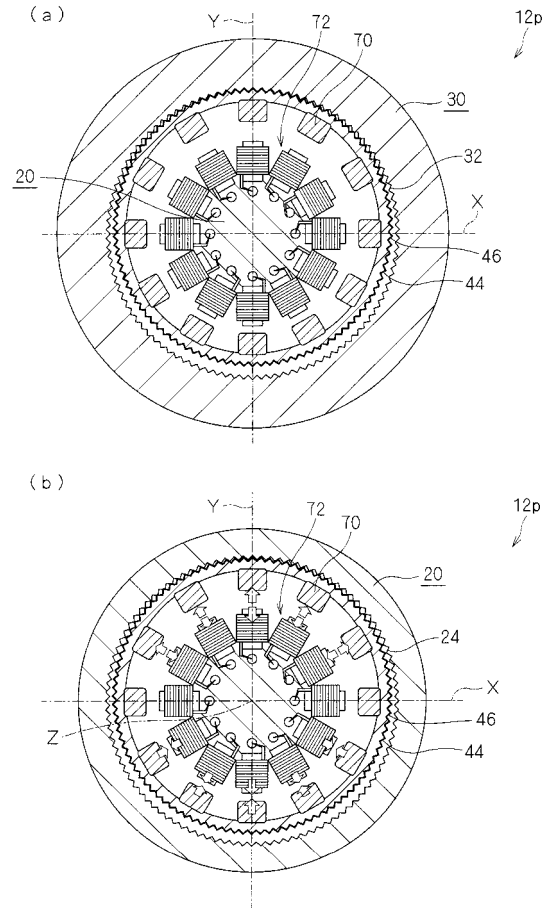
【 図 1 8 】



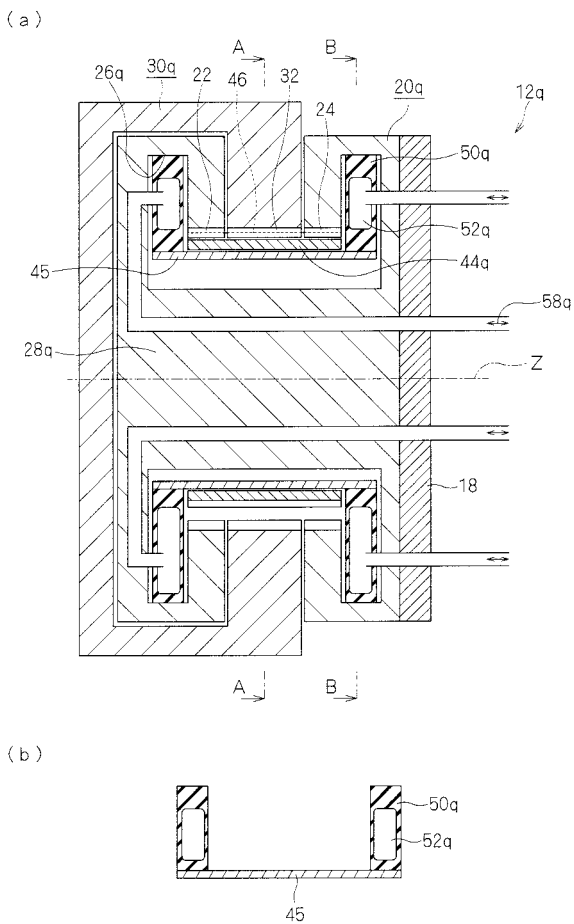
【図 19】



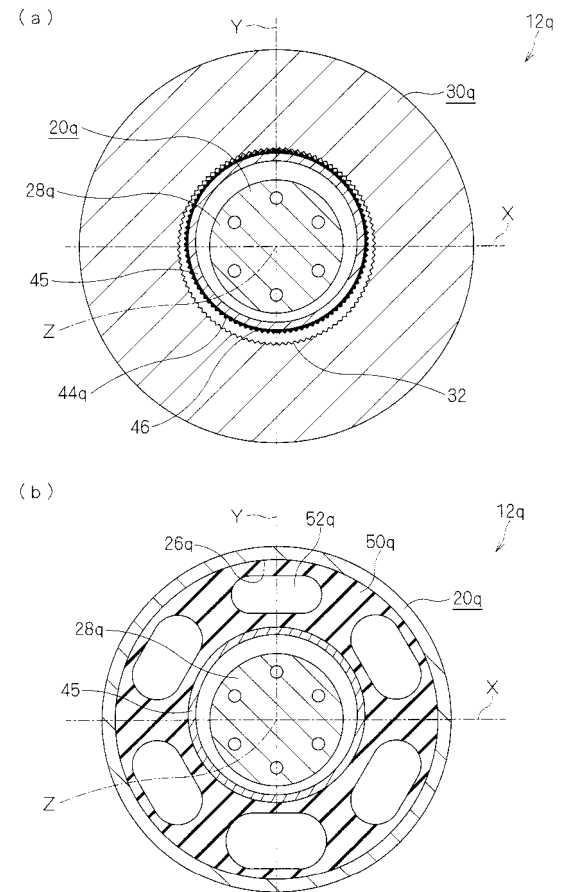
【図 20】



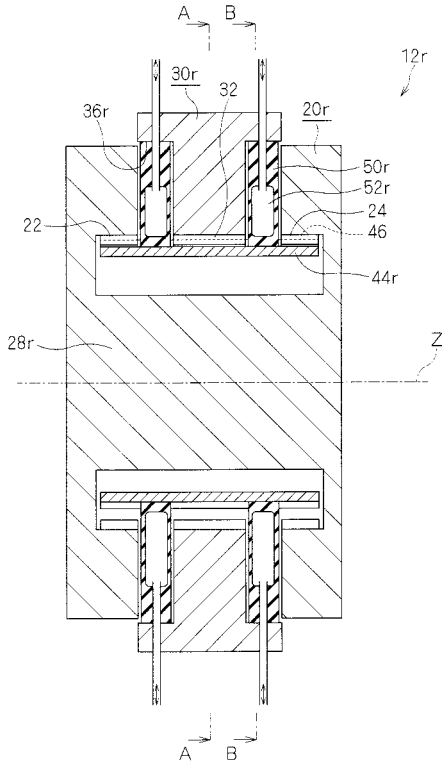
【図 21】



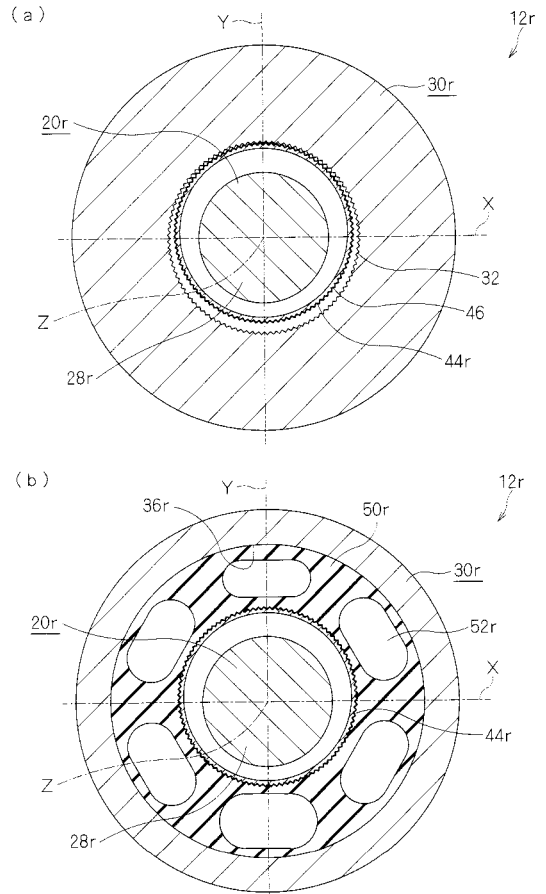
【図 22】



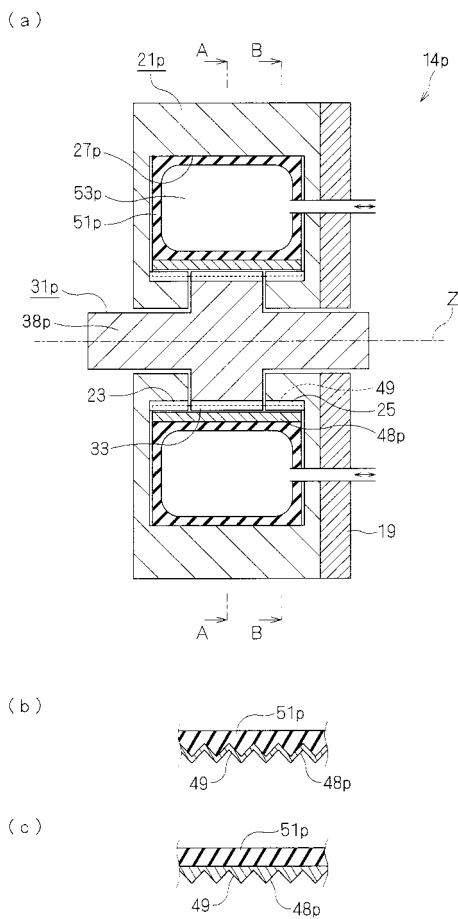
【 図 2 3 】



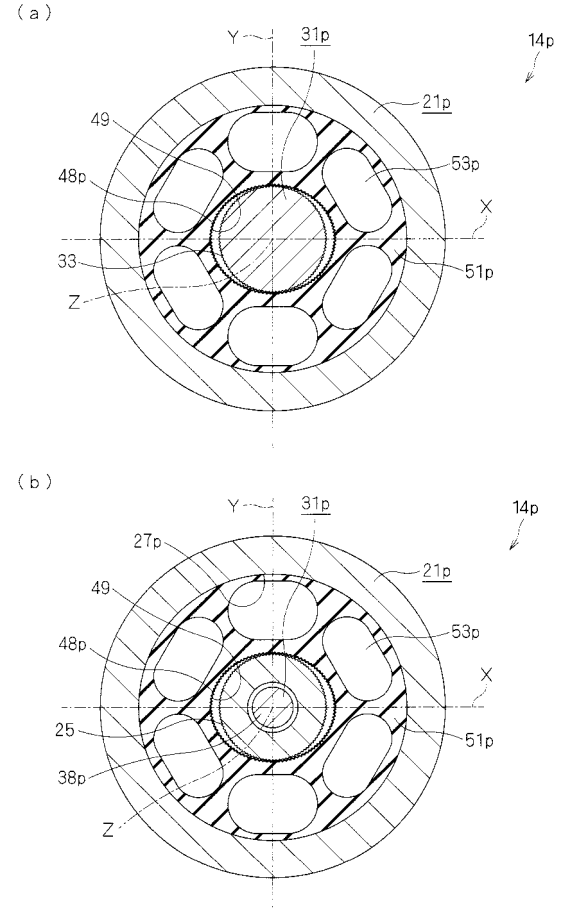
【 図 2 4 】



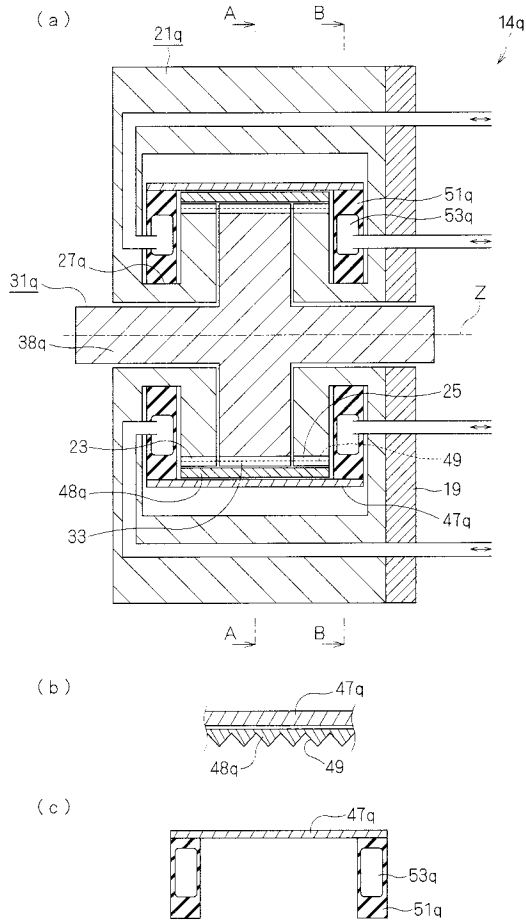
【 図 2 5 】



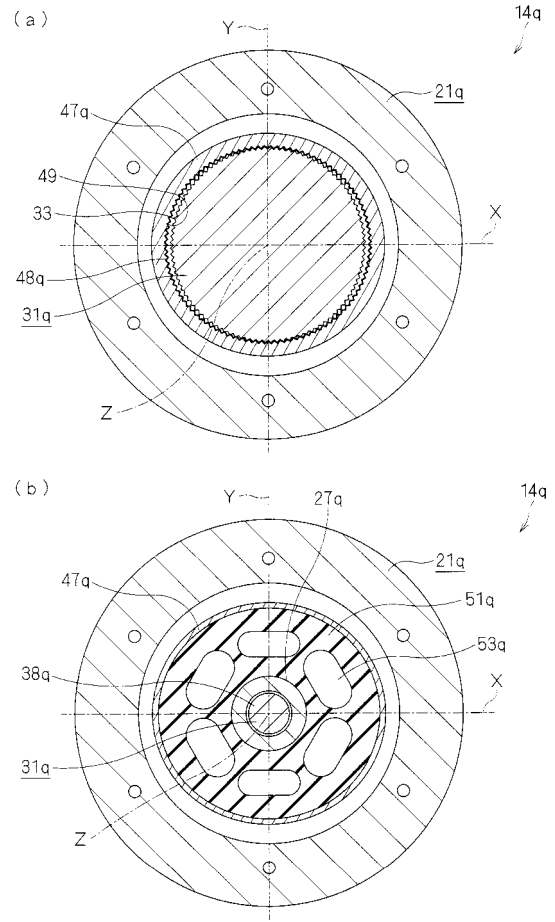
【 図 2 6 】



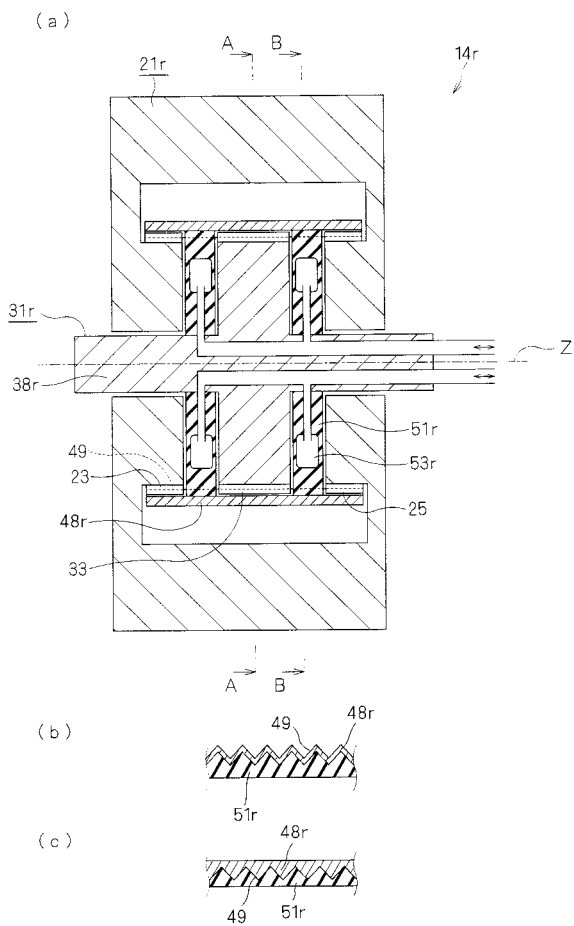
【 図 2 7 】



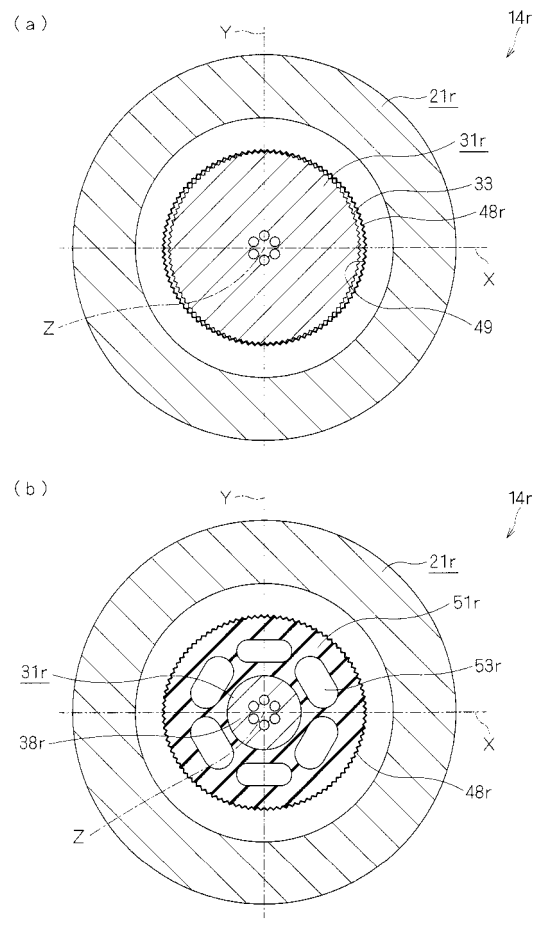
【 図 2 8 】



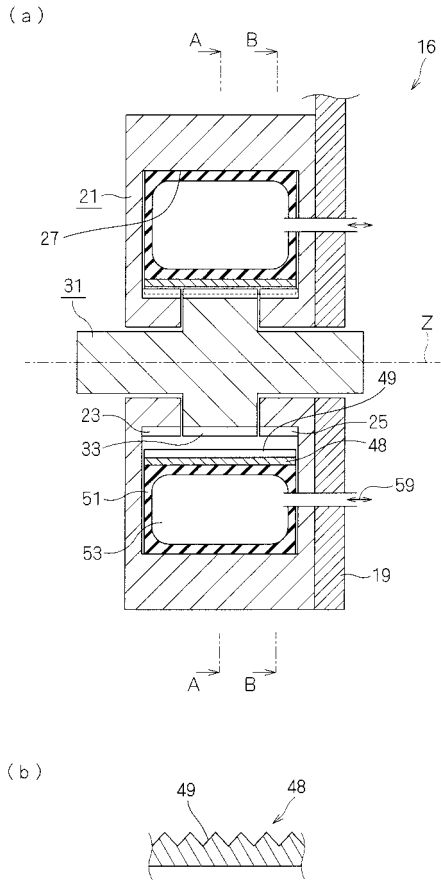
【 図 2 9 】



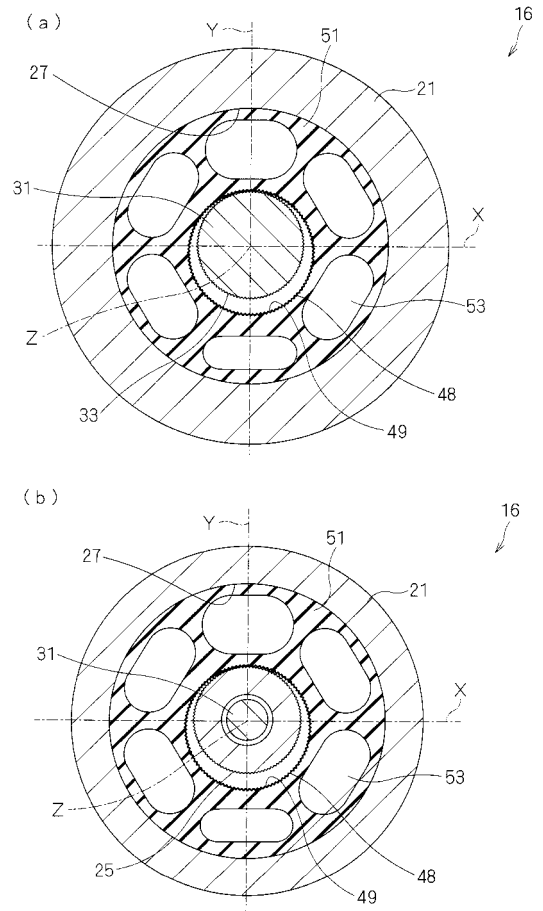
【 図 3 0 】



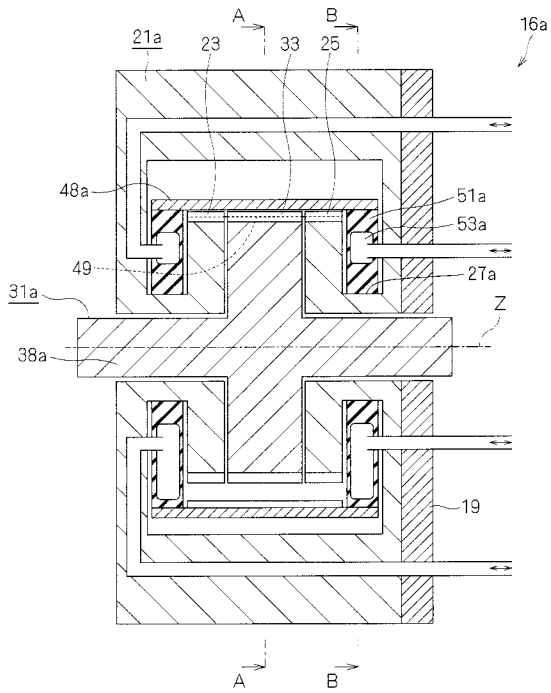
【 図 3 1 】



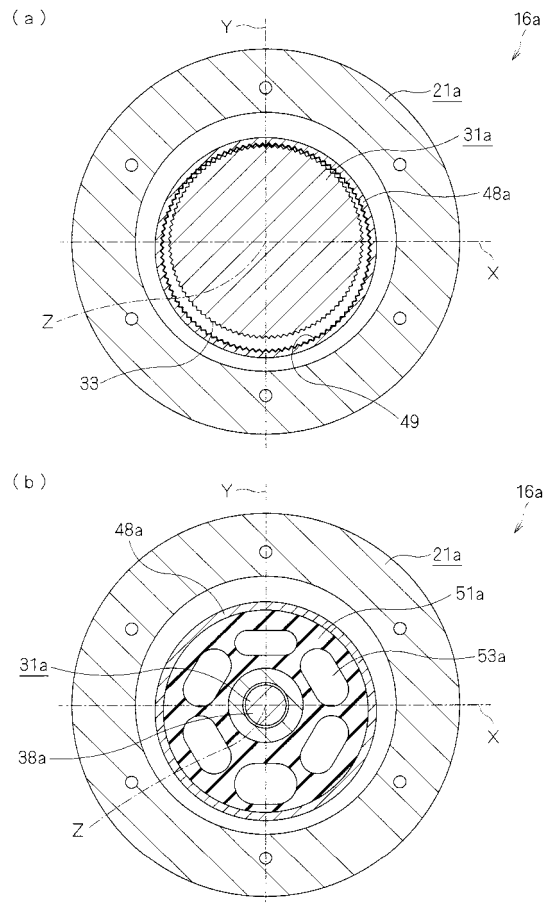
【 図 3 2 】



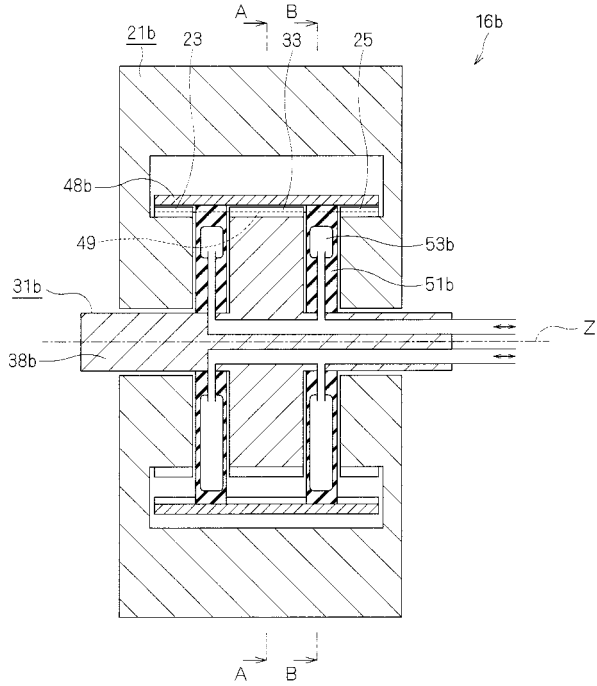
【 図 3 3 】



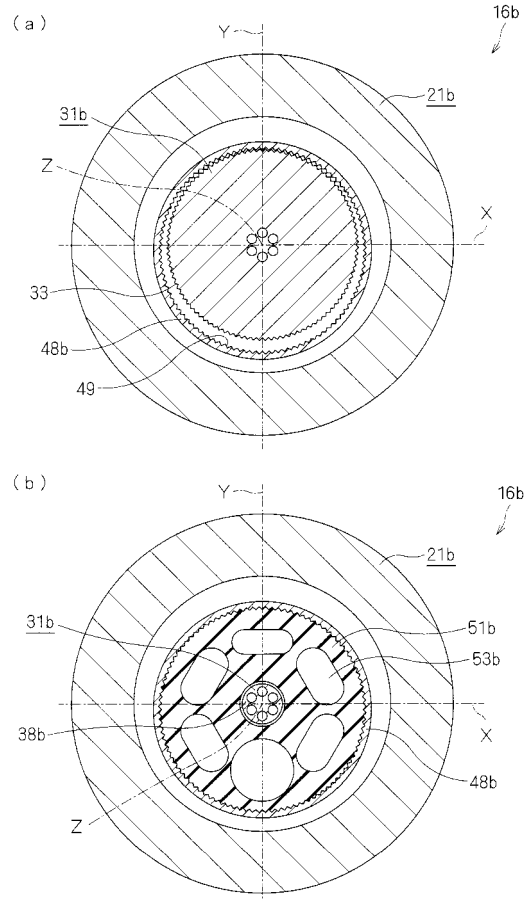
【 図 3 4 】



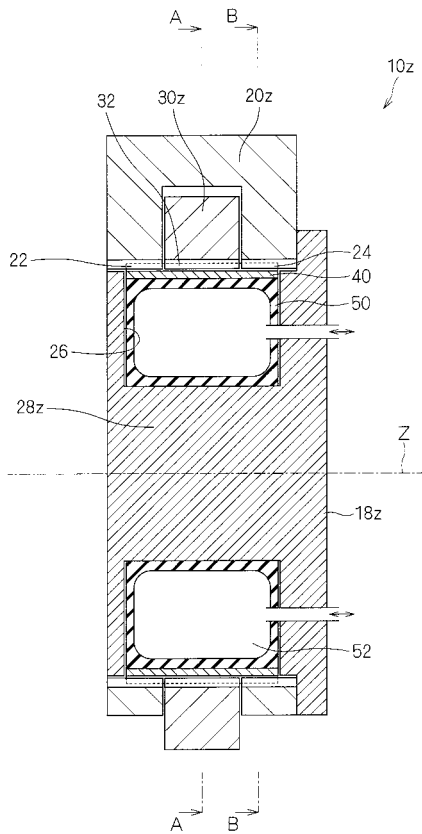
【図 3 5】



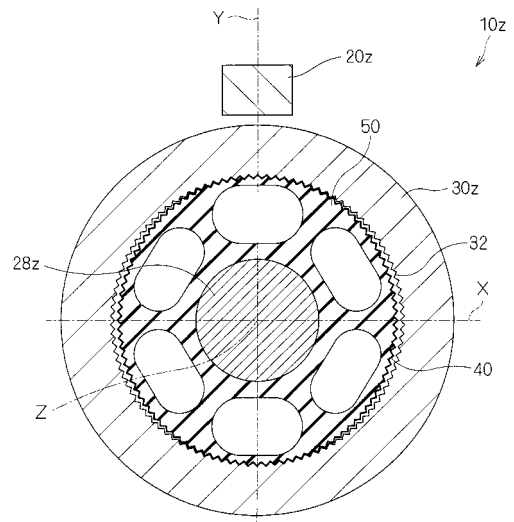
【図 3 6】



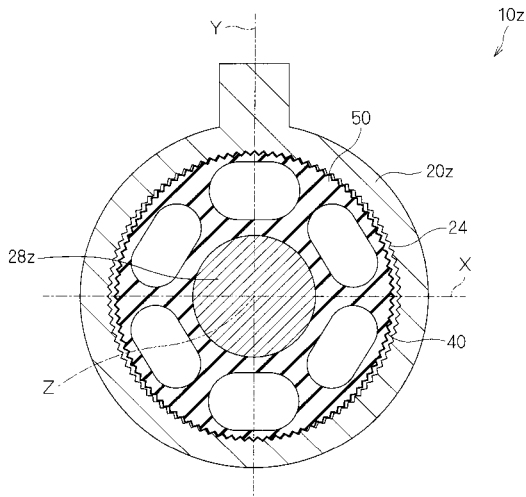
【図 3 7】



【図 3 8】



【 図 3 9 】



【 図 4 0 】

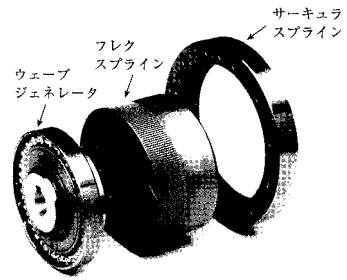


図 I-4-53 波動歯車装置 [(株)ハーモニック・ドライブ・システムズ提供]

【 図 4 1 】

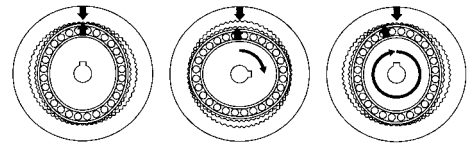
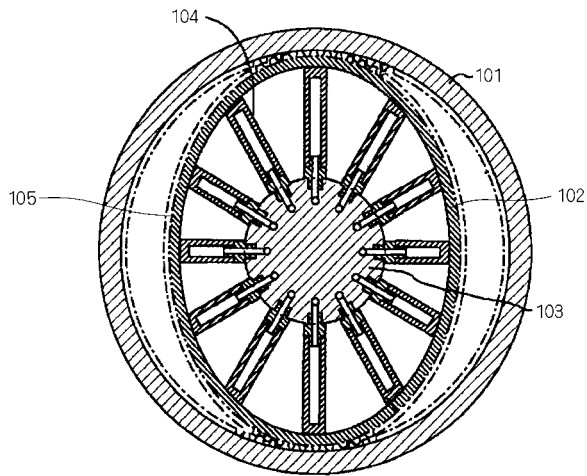


図 I-4-54 波動歯車装置の動作 [(株)ハーモニック・ドライブ・システムズ提供]

【 図 4 2 】



【 図 4 3 】

