

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4422721号
(P4422721)

(45) 発行日 平成22年2月24日 (2010. 2. 24)

(24) 登録日 平成21年12月11日 (2009. 12. 11)

(51) Int. Cl.

F 1

H 0 2 N 2/00 (2006. 01)

H 0 2 N 2/00

C

A 6 1 B 17/22 (2006. 01)

A 6 1 B 17/22

A 6 1 B 8/12 (2006. 01)

A 6 1 B 8/12

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2006-513683 (P2006-513683)
 (86) (22) 出願日 平成17年4月27日 (2005. 4. 27)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2005/008546
 (87) 国際公開番号 W02005/114824
 (87) 国際公開日 平成17年12月1日 (2005. 12. 1)
 審査請求日 平成19年4月26日 (2007. 4. 26)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-151313 (P2004-151313)
 (32) 優先日 平成16年5月21日 (2004. 5. 21)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 500138571
 守屋 正
 神奈川県横浜市青葉区松風台1-8 グラ
 ンフォルム青葉台111-106
 (73) 特許権者 504198061
 古 川 勇 二
 東京都調布市下石原三丁目57番地11
 調布ダイヤモンドマンション501
 (74) 復代理人 100093506
 弁理士 小野寺 洋二
 (74) 代理人 100094651
 弁理士 大川 晃
 (72) 発明者 守屋 正
 神奈川県横浜市青葉区松風台一丁目8番地

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 進行波型超音波モータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動体と、前記移動体に近接も若しくは接触して配置される弾性体と、前記弾性体に超音波発生部を構成する振動子からの超音波を伝導する音響導波路を備え、

前記弾性体に前記音響導波路を介して伝導される超音波による屈曲波を伝搬させることにより、前記移動体を回転、走行移動させる進行波型超音波モータであって、

前記弾性体は、その両端に超音波発振子に接続する前記音響導波路を有して、前記移動体に近接も若しくは接触してヘリカルコイル状に巻回されており、

前記弾性体の両端における前記音響導波路の一端又は両端を介して伝導させる超音波による屈曲波を前記弾性体に伝搬させることで、前記移動体を回転、走行移動させることを特徴とする進行波型超音波モータ。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記弾性体は、前記移動体の外側に設置され、前記移動体をヘリカルコイル状の前記弾性体の内部で前記回転、走行移動させることを特徴とする進行波型超音波モータ。

【請求項 3】

請求項 1 において、

前記弾性体は、前記移動体の内部に設置され、前記移動体をヘリカルコイル状の前記弾性体の外側で前記回転、走行移動させることを特徴とする進行波型超音波モータ。

【請求項 4】

10

20

請求項 1 において、

前記移動体の表面に、前記ヘリカルコイル状の弾性体に適合するヘリカルコイル状の溝を有することを特徴とする進行波型超音波モータ。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 の何れか 1 項において、

前記超音波発生部として、振動子が幾つかに分割されたアレイ型振動子を備えると共に、

前記アレイ型振動子で発生する超音波の位相を調整することにより前記弾性体を伝搬する屈曲波を制御する位相制御部を備え、

前記位相制御部によって、前記分割された各振動子の位相を制御して前記弾性体を伝搬する前記屈曲波による前記移動体の駆動力を高めることを特徴とする進行波型超音波モータ。

10

【請求項 6】

請求項 1 ～ 4 の何れか 1 項において、

前記移動体にヘリカルコイル状に巻回される複数の弾性体を有し、

前記複数の弾性体のそれぞれに直列接続された超音波発生部および位相調整器を備え、

前記弾性体のそれぞれの両端にある前記音響導波路を介して前記位相調整器で位相調整して伝導された超音波による屈曲波を前記弾性体のそれぞれに伝搬させることで、前記移動体を回転、走行移動させることを特徴とする進行波型超音波モータ装置。

【請求項 7】

20

請求項 1 ～ 4 の何れか 1 項において、

前記超音波モータのそれぞれを構成する弾性体のそれぞれに並列接続された超音波発生部を備えると共に、

前記超音波発生部と前記弾性体のそれぞれとの間に接続された位相調整器を備え、

前記弾性体のそれぞれの両端に接続された前記音響導波路を介して前記位相調整器で位相調整して伝導された超音波による屈曲波を前記弾性体のそれぞれに伝搬させることで、前記移動体を回転、走行移動させることを特徴とする進行波型超音波モータ装置。

【請求項 8】

請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項において、

前記円柱若しくは円筒からなる移動体と連動して回転して当該移動体の回転数を検出するエンコーダを備え、

30

前記エンコーダは、前記移動体の一部に設けた導電部分と絶縁部分と、前記導電部分と絶縁部分に接触する電氣的接触部を有することを特徴とする進行波型超音波モータ。

【請求項 9】

球状の移動体と、前記移動体に近接も若しくは接触して球状に配置される弾性体と、前記弾性体に超音波発生部を構成する振動子からの超音波を伝導する音響導波路を備え、

前記弾性体に前記音響導波路を介して伝導される超音波による屈曲波を伝搬させることにより、前記移動体を回転、走行移動させる進行波型超音波モータであって、

前記弾性体は、その両端に超音波発振子に接続した前記音響導波路を有して、前記移動体に近接若しくは接触してヘリカルコイル状に巻回されており、

40

前記弾性体の両端に接続する前記音響導波路の一端又は両端を介して伝導させる超音波による屈曲波を前記弾性体に伝搬させることで、前記移動体を回転させることを特徴とする進行波型超音波モータ。

【請求項 10】

円筒状の移動体と、前記移動体内に内設された弾性体と、前記弾性体に超音波発生部を構成する振動子からの超音波を伝導する音響導波路を備え、

前記弾性体に前記音響導波路を介して伝導される超音波による屈曲波を伝搬させることにより、前記移動体を回転、走行移動させる進行波型超音波モータであって、

前記弾性体は、その両端に超音波発振子に接続した前記音響導波路を有して、前記移動体に近接も若しくは接触してヘリカルコイル状に内設されており、

50

前記弾性体の両端に接続する前記音響導波路の一端又は両端を介して伝導させる超音波による屈曲波を前記弾性体に伝搬させることで、前記移動体を前記弾性体の軸方向に移動させることを特徴とする進行波型超音波モータ。

【請求項 1 1】

生体内に挿入されるカテーテルに取り付けて当該生体内の細かい部分の観察を行う超音波内視鏡用に用いる進行波型超音波モータであって、

前記カテーテルは、その内に超音波探触子と、前記超音波探触子から発生した超音波の伝搬方向を回転させるミラーと、前記ミラーを回転させるモータを備えており、

前記モータは、請求項 1 乃至 8 の何れか 1 項に記載の超音波モータであることを特徴とする超音波内視鏡用に用いる進行波型超音波モータ。

10

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至 1 1 の何れか 1 項において、

前記音響導波路が、金属、ジルコニア等のセラミックス、石英ファイバーまたはサファイアからなる矩形断面、円形断面もしくは円形断面の一部に平面を有するファイバーまたはテープから構成されることを特徴とする進行波型超音波モータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ヘリカルコイル状の音響導波路あるいは平面内らせんコイル状の音響導波路をステータとして用いた進行波型超音波モータに関する。

20

【背景技術】

【0002】

超音波モータは、モータを必要とするロボット工学、電気自動車等の機械工学分野、医用診断・治療等の医学分野、電磁界の影響を回避する必要のある計測・生産工学分野など広範囲の技術分野で用いられている。特に、医用分野における血管内超音波両像化法（IVUS：Intravascular Ultrasound の略）や血栓除去及び血栓付防止用モータには、血管内で使用する必要があるため、

（１）超小型が可能であること

（２）液中動作が可能であること、

（３）中空軸の移動体の回転が可能であること、

30

等の条件を満たす必要がある。

【0003】

そこで前記（１）から（３）の条件の充足が可能であるか否かを中心に従来技術を検討する。

【0004】

ここで、超音波モータの中でも、進行波型超音波モータは、電磁モータに比べ小型・大トルク、低速高トルクなどの特徴をもつことから、ロボット工学など広い技術分野で用いられている。

【0005】

従来の進行波型超音波モータの原理は、次のようである。即ち、平板や弾性棒等の音響導波路に屈曲波（非対称ラム波非対称モード）や表面波を伝搬させると音響導波路上の一点は楕円運動を行うので、ばね等により予圧を与えることにより移動体を平板に押し付けると、移動体は進行波の方向と反対方向に移動する。

40

【0006】

これまで開発された進行波型超音波モータにおいては、（Ａ）平板を導波路とするもの、（Ｂ）平面内におけるリング状の導波路を用いるもの、の何れかである。これらの超音波モータにおいて、超音波の伝搬は二次元平面内に限られていた。そのため超音波が伝達する導波路と移動体との接触部が短くなる。そこで駆動力を増すため予圧用バネが用いられていた。それ故、従来の進行波型超音波モータでは以下のような問題点があった。

（１）予圧用バネが不可欠であるため小型化あるいは超小型化が困難である。

50

(2) 液中動作は想定されていない。特に前記(B)の場合には、振動子と導波路が一体で電極を有するため、液中での使用には防水が必要である。

(3) 前記(B)のモータは中空軸の回転が可能であるものの半径方向の厚さを増加する必要があるため血管内での使用は困難であり、また、前記(A)のモータでは中空軸の回転は不可能である。

【0007】

従って、従来の超音波モータは、前記条件(1)から(3)の全て又は一部を満たすことができない(特許文献1、非特許文献1、非特許文献2参照)。

【0008】

さらに、進行波型超音波モータ以外では、予圧用ばねを使用しないため、小型化可能な従来技術がある。例えば、音響導波路の先端を回転体に接触させて駆動する方式の超音波モータでは、(1)予圧用ばねがないため小型化の可能性はある。しかし、(2)音響導波路の先端を機械的に回転させる必要があるため水中での動作は困難、(3)音響導波路が軸上にあるため中空軸の回転が困難、などの問題点があった(非特許文献3参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2000-102271号公報

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】J. L. Pons, H. Rodriguez, R. Ceres, and L. Calderon, "Novel Modeling Technique for the Stator of Travelling Wave Ultrasonic Motors," IEEE Transactions of Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, vol.50, NO.11, November 2003, pp.1429-1435、

【非特許文献2】浅井勝彦、黒澤 実、弾性表面波モータの摩擦駆動モデル、電子通信学会論文誌、A Vol. J85-A, PP.1428-1439, 2002年12月

【非特許文献3】R. Carotenuto, A. Lulaa, and G. Caliano, "Flexible piezoelectric motor based on acoustic fiber," Applied Physics Letters, Vol.27, NO.12, pp.1905-1907

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明が解決しようとする問題点は、従来の進行波型超音波モータでは、(1)予圧用バネが不可欠であったため該モータの構造が複雑であるため小型化困難、

(2)防水なしでは液中動作が不可能、(3)血管内では中空軸を有するロータの回転が困難、等である。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の超音波モータは、進行波型超音波モータの動作原理に基づくものである。該モータでは、音響導波路の先端部をコイル状にしたものがステータとして用いられているため、移動体に駆動力を与える範囲が広くなり、単位長さ当たりの駆動力が小さいままで大きな駆動力を与えることを可能となり、これにより予圧用ばねが不要である。さらに、該ステータに近接して配置した移動体を、ステータ中を伝搬する屈曲波の表面粒子の楕円運動で駆動することにより、該移動体を回転、走行移動または曲線運動させるようにする。

【発明の効果】

【0013】

本発明の超音波モータでは、予圧用バネと吸収体を不要として構造が簡単化されたため、(1)通常の音響導波路で構成したコイルは言うまでもなくカーボンナノコイルの使用も検討できるほどの超小型化が可能、(2)液中での動作が可能。(3)中空軸の移動体の回転も可能、さらに、(4)移動体を回転しつつ軸方向に直線運動させることが可能、

(5) 球、楕円、円錐など任意の軸対称の物体の回転が可能、(6) 円柱又は円筒である移動体の直線運動が可能、等、の利点がある。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】第 1 図は、進行波型超音波モータの動作原理を示し、(a) は、屈曲波の時間変化、(b) は、弾性体下面上の点 P の時間軌跡を、また (c) は、駆動原理を示す。

【図 2】第 2 図は、本発明の進行波型超音波モータの基本構成を示す概念図であって、円形断面のロータにヘリカル状に巻かれた音響導波路 (ステータ) の配置と該導波路表面の質点の位置を示す。

【図 3】第 3 図は、本発明の進行波型超音波モータのステータに伝搬する超音波の屈曲波の振動により弾性体表面の粒子が辿る時間軌跡を示す概念図である。

10

【図 4】第 4 図は、本発明の進行波型超音波モータの動作原理を示す概念図であって、波モータの時間の経過に伴い音響導波路表面の質点 P、Q、R、S が次々にロータと接触し、ロータの周方向に駆動力を与える状態を示す。

【図 5】第 5 図は、本発明の進行波型超音波モータの実施例 1 の原理を示すものであって、ヘリカルコイル状のステータを用いたものを示す概念図である。

【図 6】第 6 図は、本発明の進行波型超音波モータに用いる導波路の実施例を示す概念図であって、(a) は丸みを帯びた断面をもつ複合導波路を、また、(b) は矩形断面をもつ複合導波路を用いた例を示す。

【図 7】第 7 図は、本発明の進行波型超音波モータの実施例 2 の概念図であって、超音波伝送に複合導波路を用い、ステータをロータの外部に配置した例を示す。

20

【図 8】第 8 図は、本発明の進行波型超音波モータの他の実施例の概念図であって、ステータにヘリカル状コイル型ステータを用い、該ステータをロータの内部に配置した例を示す。

【図 9】第 9 図は、本発明の進行波型超音波モータの別の実施例の概念図であって、超音波伝送に複合導波路を用い、ステータをヘリカル状コイル型ステータで構成し、該ステータをロータ外部に配置した例を示す。

【図 10】第 10 図は、本発明の超音波モータの実施例 3 の概念図であって、(a) は球形にステータを構成した、また (b) は円筒状ロータ内にステータを内設した例を示す。

【図 11】第 11 図は、本発明の進行波型超音波モータの実施例 4 の概念図であって、ロータと一体に回転するエンコーダを配置した例を示す。

30

【図 12】第 12 図は、第 11 図に示したエンコーダがパルスをカウントする状態を示す概念図である。

【図 13】第 13 図は、第 11 図に示したエンコーダの出力を示すグラフである。

【図 14】第 14 図は、本発明の進行波型超音波モータの実施例 5 の概念図であって、超音波内視鏡へ応用した例を示す。

【図 15】第 15 図は、移動体を回転しつつ軸方向に移動する超音波モータの実施例 6 を示し、(a) はその正面図、(b) は右側面図、(c) は縦断面図を示す。

【図 16】第 16 図は、アレイ型超音波振動子よりなる超音波発生部で音響導波路中に超音波の進行波を発生させ、音響導波路を介してステータに伝送し、さらにステータで変換されない超音波を位相制御部と音響導波路を介して超音波発生部に同相で帰還させることを特徴とする超音波モータの実施例 7 を示す。

40

【図 17】第 17 図は、アレイ型超音波振動子に位相差を与えた電圧を印加し、一方向に伝搬する屈曲波を発生する方法を示す。

【図 18】第 18 図は、コイルの内径とコイル上を伝搬する屈曲波の群速度とコイル内径との関係とを示す。

【図 19】第 19 図は、本発明の超音波モータの実施例 8 において超音波モータを直列接続する方法を示す。

【図 20】第 20 図は、本発明の超音波モータの実施例 9 において超音波モータを並列接続する方法を示す。

50

【図 2 1】第 2 1 図は、本発明の超音波モータの実施例 1 0 の概念図であって、(a) はその正面図、(b) はその平面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

[進行波型超音波モータの動作原理]

まず本発明のモータの動作原理は進行波型超音波モータと同一なので、その動作原理を述べる。ここで、まず、屈曲波が平板中を伝搬する際の表面各点での変位に着目する。

【 0 0 1 6 】

第 1 図 (a) は、弾性体中を時間経過に伴い、屈曲波が右方向へ進んでいく様子を表わしている。 t_0 位を時間的な基準とすると、 t_1 、 t_2 、 t_3 は、それぞれ $\pi / 2$ 、 π 、 $3 \pi / 2$ 秒後の弾性体を表わしている。

10

【 0 0 1 7 】

いま、弾性体の中心線上の各点 (例えば点 q) の動きを t_0 から順に追ってみると、点 q は上下振動のみをしていることが分かる。次に表面の各点 (例えば点 p) に着目する。 t_0 から t_3 へと時間が経過するに伴い、点 p は上下だけでなく左右にも変位することが分かる。この点 p の軌跡を描いたものが第 1 図 (b) である。これは、屈曲波が進行するに伴い、弾性体表面の各点の進行方向に対する運動の存在を表わす。

【 0 0 1 8 】

ここで、第 1 図 (c) に示すように、弾性体と移動体とを接触させ、弾性体に屈曲波を伝搬させる。屈曲波の進行方向に伴う弾性体表面の粒子の運動は、弾性体と移動体との摩擦を介して移動体へと伝わり、移動体を駆動する。このときの移動体に加わる力の向きは、その楕円振動の向きから屈曲波の進行方向に対して逆向きとなる。

20

[本発明の超音波モータの動作原理]

【 0 0 1 9 】

本発明の進行波型超音波モータの基本的構成及び動作原理を説明する。

【 0 0 2 0 】

第 2 図 (a) に示すように、本発明の進行波型超音波モータ M は、円形断面をもつロータ 2 にらせん状に巻回されたヘリカルコイル状の音響導波路あるいは平面内らせんコイル状の音響導波路からなるステータ 1 とから構成されている。

【 0 0 2 1 】

30

通常、進行波型超音波モータにおいては、ロータ等の移動体と接する音響導波路の質点を楕円運動させる必要がある。本発明の超音波モータに用いる音響導波路からなるステータ 1 は、厚みを有するため、この音響導波路からなるステータ 1 を介して超音波の屈曲波を移動体に伝搬させた場合には、屈曲波の進行に伴い音響導波路からなるステータ 1 の表面近くの任意の質点 (第 2 図 (a) 中の P、Q、R、S のいずれか一つに着目する) は、楕円運動を行うようになる。

【 0 0 2 2 】

また、第 3 図に示すように、ステータ 1 に伝搬する屈曲波の主たる振動方向は半径方向である。ここで、屈曲波の伝搬がない場合には、ロータ 2 と音響導波路からなるステータ 1 は非接触とする。屈曲波の伝搬に伴い音響導波路からなるステータ 1 の表面の質点は、第 3 図に示すように、楕円運動を行い、また、屈曲波は周方向に伝搬する場合には、質点は時計回り方向に回転する。屈曲波の振幅が小さく、音響導波路からなるステータ 1 上の質点とロータ 2 が接触していない状態では、音響導波路からなるステータ 1 上の質点は、細線 1 1 で示す軌跡を辿る。これに対して屈曲波の振幅が増大し音響導波路からなるステータ 1 とロータ 2 と接触する場合には、質点の移動がロータにより制限されるため、太い実線 1 2 で示したように、A から B への軌跡を辿る。このため、ロータ 2 は屈曲波の伝搬方向と逆方向の駆動力を受け、この駆動力によりロータ 2 は回転する。

40

【 0 0 2 3 】

ここで、第 2 図に示すように、ステータ 1 のロータ 2 側で 30° 間隔離れた点 (第 2 図 (b) 参照) を P、Q、R、S とする。また、ここでは、説明を簡単にするために、ステ

50

ータ 1 の一周が一波長であるとする。ある時間に点 P がロータ 2 と接触したとすると、第 4 図 (a)、(b)、(c)、(d) に示すように、時間の経過に伴い Q、R、S が次々にロータ 2 と接触し、ロータ 2 の周方向に駆動力を与える。この駆動力の方向は常に同一である。ここで点 P とロータ 2 の反対側の点でステータ 1 とロータ 2 が接触する条件でロータ 2 とステータ 1 とを動作させることにより、従来の超音波モータのように予圧用バネを用いることなく駆動力を得ることができる。また、ステータ 1 上の前述した質点は、らせん方向に楕円運動するので移動体、例えばロータ 2、は軸方向にも駆動される。

【 0 0 2 4 】

また、ステータ 1 としてコイルを多数巻回したものをを用いた場合には、屈曲波のエネルギーがロータ 2 に与えられるため、屈曲波の振幅が次第に小さくなる。そのため、コイルの先端から反射波が生じることはなく、コイル上には進行波のみが存在する。それ故、本発明の超音波モータでは、従来の超音波モータのように反射波抑圧用の吸収体を設ける必要がない。

【 0 0 2 5 】

さらに、このように構成したヘリカルコイル状の音響導波路で構成されるステータを用いれば、予圧用バネと吸収体が不要となるため、構造が簡単になり、小型・堅牢な進行波型超音波モータを実現できる。なお、ステータを平面内らせんコイル状にした場合には、ステータを 2 枚の円板で挟む構造にすれば、予圧用バネは必要としない。

【 0 0 2 6 】

また、移動体 (ロータ) は、軸対称であれば、円柱、円板、円筒、円錐状、テーパ状 (所謂、円錐台形)、球状等任意の形状の物でよい。円柱又は円筒の表面にらせん状の突起又は溝を設ければ回転を通じた軸方向の直線移動が可能となる。また磨耗することを問題にしなければ任意の固体で作られていても良い。

【 0 0 2 7 】

ここで述べた屈曲波は、通常ラム (L a m b) 波と呼ばれている超音波を想定している。L a m b 波を用いる場合、駆動力を高めるためには、ステータを構成する音響導波路の板厚が大きいほうが好ましい。さらにコイルとロータの接触面が広い方が望ましいので、円形断面の音響導波路を用いる場合には、円形断面の一部を研削して平面状に加工の上、コイル化するとよい。また、L a m b 波の他に表面弾性波等、超音波の伝搬とともに表面の粒子が楕円運動する超音波を用いることができる。

【 実施例 1 】

【 0 0 2 8 】

第 5 図は、本発明の実施例 1 であるヘリカルコイル状の音響導波路をステータとして用いた進行波型超音波モータの原理図を示す。本実施例 1 の超音波モータ M は、ロータ 2 と、このロータ 2 に巻回されたヘリカルコイル状のステータ 1 a と、このヘリカルコイル状のステータ 1 a の両端に音響導波路 5 a、5 b を介して接続した振動子 (超音波発生器) 3、4 とから構成される。

【 0 0 2 9 】

振動子 3 を駆動すると、振動子 3 で発生した超音波の屈曲波は、音響導波路 5 a を介してヘリカルコイル状のステータ 1 a に到達する。ヘリカルコイル上では超音波はヘリカルコイルに沿って伝搬するとともに、移動体であるロータ 2 に超音波の進行方向と逆向きの駆動力を与える。ここで、ヘリカルコイルの全ての部分で、駆動力は、同一方向である。超音波はヘリカルコイル上を伝搬するにつれ減衰する。ヘリカルコイルの各部分がロータ 2 に与える駆動力は、小さいもののステータとロータの相互作用する距離が長いため、ヘリカルコイルを超音波が伝搬するときの伝搬損失を除く全てのエネルギーがロータ 2 の駆動力に用いられる。振動子 4 を駆動すると、振動子 4 で発生した超音波は音響導波路 5 b を介してステータ 1 b に達し、ロータを反対方向に回転させる。

【 0 0 3 0 】

とくに、本発明の進行波型超音波モータでは、通常の進行波型超音波モータのように、予圧用バネが不要なことである。ここで、音響導波路 5 a のみを用いて、音響導波路 5 b

10

20

30

40

50

を用いない場合には、ロータ2の回転方向は一方向に限られる。

【0031】

これまでの動作説明は進行波型の超音波モータに係るものであった。ここで第5図において、振動子3、4に印加する周波数もしくは位相に差をもたせることにより、コイル上に定在波を発生できる。そこで、一方の周波数を掃引することによりコイル上の定在波は移動するため、ロータを駆動できる。これにより定在波合成による進行波型超音波モータを構成できる。

【0032】

本発明の進行波型超音波モータの音響導波路5a、5bとして、金属、ジルコニア等のセラミックス、石英ファイバーまたはサファイアからなる矩形断面、円形断面あるいは円形断面の一部に平面を有するファイバーまたはテープを用いることができる。

10

【0033】

また、第5図に示した本発明の実施例1のヘリカルコイル状のステータを用いる超音波モータでは、超音波振動部(超音波発生部：振動子3、4)から40KHzの超音波が音響導波路5a、5b(超音波用導波路)に伝導される。音響導波路5a、5bは、例えば幅1mm、厚さ0.05mmのニッケル薄膜からなる。音響導波路5a、5bを伝搬した超音波は、ステータ1aのヘリカルコイル部分でロータ2を駆動する。ロータ2は、例えば、直径2mm、長さ20mmのアルミニウム棒からなり、ロータ2には回転確認用の羽をつけてもよい。

【0034】

20

ここで、超音波振動部(振動子)3を音響導波路5aに接触させるとロータ2は超音波の伝送方向と逆向きに回転し、また、超音波振動部(振動子)4と音響導波路5bを接触させるとロータ2は先の方向と反対方向に回転する。

【0035】

実施例1に基づいて試作した超音波モータと得られたトルクを示すと(ただし、この場合には音響導波路は5aのみである。線径0.2mmのピアノ線を用いて、内径2.1mm、巻数10、ピッチ0.4mmのコイル部分を構成し、ロータとして、直径2.0mm、軸長20mmの超音波モータを構成した。)ランジュバン型振動子に28.8kHz、80Vの電圧を印加してピアノ線を介して超音波モータに伝送し、鍾の巻上げによる起動トルクを測定したところ、0.1μN・mが得られた。

30

【0036】

ここで、第6図は、本発明の進行波型超音波モータに用いる音響導波路の実施例を示す概念図であって、(a)は丸みを帯びた断面をもつ複合音響導波路を、また、(b)は矩形断面をもつ複合音響導波路を用いた例を示す。

【実施例2】

【0037】

第7図は、本発明の進行波型超音波モータの実施例2を示し、複合導波路5a、5bを用いて振動子3からの超音波伝送を行い、第8図に示すように、ステータ1aがロータ2の内部に配設された構成となる。

【0038】

40

本実施例2は、振動子3で発生した超音波をヘリカルコイル状のステータ1aに伝送するシステムである。第7図に示すように、振動子3、4から発生した超音波は、振動子3、4に接続された音響導波路5aを介して、ヘリカル状コイル型ステータ1aに伝送され、この際生ずる駆動力により、ロータ2が屈曲波の伝搬方向と逆方向に回転される。ここでロータ2の回転方向を反転する場合には、振動子3に代えて振動子4を駆動させる。

【0039】

また、第9図に示すように、ステータ1a内部にロータ2を配置することも可能である。

【0040】

さらに、本発明の進行波型超音波モータMでは、その回転数、トルクの調整は、ロータ

50

の直径、音響導波路の幅、超音波強度、駆動超音波等をパルス動作させるなどにより調整できる。また、前述した同じ条件でもステータ表面に超音波の進行方向と所定角度例えば直角に近い方向に適当な溝を設けることにより、超音波モータの回転数、トルクを変えることができる。

【0041】

ここで、第8図に示す構造の試作例を示す。ただしこの試作例では、音響導波路は5aのみとした。線径0.2mmのピアノ線を用いて、外径0.7mm、巻数15、ピッチ0.1mmのコイル(ステータ)、チタンを用いて外径1.0mm、内径0.8mm、軸長5.0mmのロータを製作し、ロータをステータの外側に配置し、1.2mの音響導波路5aを介して実施例1の場合と同様にして駆動し、水中での回転を確認した。この構造のモータは、モータの中空軸の中に溶解剤輸送用細径カテーテルを通すことが可能であるため、血栓除去術における血栓溶解剤と血栓(血餅)との畏絆や血管内モニター装置への血栓付着防御に用いることができる。

10

【実施例3】

【0042】

三次元的構造、例えば、第10図に示すように、振動子3a、3bで駆動される音響導波路を用いて球状あるいはテーパ状(前記段落0026のテーパ:円錐台)にステータ1を構成し、球状あるいはテーパ状の移動体(ロータ)2をステータ1内に保持して回転させて進行波型超音波モータとすることも可能である。(第10図(a))

【0043】

20

さらに、円筒状ロータ2内に同心にヘリカルコイル状の音響導波路よりなるステータ1を内設して、円筒状ロータ2をステータ1の軸方向に移動させてもよい。(第10図(b))

【実施例4】

【0044】

第11図から第13図は、本発明の進行波型超音波モータMに、エンコーダを配設した実施例4を示す。

【0045】

第11図と第12図に示すように、ロータ2と一体となってロータ2の一部からなるエンコーダは回転する。図中太線で示した部分は導電部分7であり、また細線で示した部分は絶縁部分8である。ここでは導電部分7と静止した外部回路との接続部は示していない。導電部分7に電氣的接触部9を接触させることで電池-抵抗-エンコーダで電気回路を閉じる。そのため抵抗部の電圧を計測することによりロータ2の回転数が検出できる。

30

【0046】

ここで第12図について説明する。

【0047】

第12図(1)のON状態では、電氣的接触部9a、導電部分7a、導電部分7b、および電氣的接触部9bが導通するため、電池、抵抗を含めた回路が閉じて電流が流れる(ON)。

【0048】

40

第12図(2)ON終了状態では、ONの状態が終了する。

【0049】

第12図(3)のOFF状態では、電氣的接触部9aと導電部分7a、電氣的接触部9bと導電部分7bが離れるためOFF状態になる。

【0050】

第12図(4)のOFF終了状態では、OFF状態が終了する。

【0051】

そして、第13図に示すように、エンコーダからのパルス数をカウントすることにより、進行波型超音波モータMの回転数を設定できる。

【実施例5】

50

【 0 0 5 2 】

本発明の進行波型超音波モータの一応用例として、超音波内視鏡への適用した実施例 5 を説明する。従来の機械回転式の超音波内視鏡では、カテーテル内に探触子 1 1 を配置し、探触子（超音波振動子）1 1 に接続されたトルクワイヤー 1 0 全体を回転させている。そのため、生体への安全性を考慮して、保護チューブを硬いものになっているため、先端部分の曲率を小さく出来ないの、生体内の細かい部分の観察が出来ない。

【 0 0 5 3 】

そこで本発明の小型化した進行波型超音波モータ M を、第 1 4 図に示すように、トルクワイヤー 1 0 の先端部分に付けて超音波内視鏡を構成し、超音波モータ M でミラー 1 2 を回転させれば、超音波振動子から発生した超音波の伝搬方向を回転させられる。この場合、超音波モータが小型化されていて、回転部分は先端部分だけであるので、曲率を小さく出来る。従って、生体内の細かい部分の観察が可能となる。

10

【 0 0 5 4 】

また、本発明の進行波型超音波モータを生体の血管内に挿入して、異常部分を検出する血管内エコー法に適用することも可能である。

【実施例 6】

【 0 0 5 5 】

小型カメラのレンズ移動用モータとしては第 1 5 図に示すように、中空のロータ 2 の表面に螺旋状の溝 2 a を設けておき、この溝 2 a に適合する螺旋状コイルからなるステータ 1 に振動子 3 から屈曲波を伝送すれば、ロータ 2 を回転させながら軸方向に直線運動させることが可能である。位相制御部 1 4 を設置することにより駆動力を高めることができる。第 1 5 図（ a ）はロータ 2 とステータ 1 の部分の正面図、第 1 5 図（ b ）は側面図、第 1 5 図（ c ）は断面図である。

20

【 0 0 5 6 】

実施例 6 の実験例として直径 6 m m 長さ、2 0 m m の標準ボルトに直径 0 . 5 m m の鉄線を 5 回巻きつけ、5 0 k H z において出力 1 0 W の超音波振動子に鉄線を接触させることにより、約 1 0 m m のストロークが容易に得られた。

【実施例 7】

【 0 0 5 7 】

コイルの巻き数が少ない状態で駆動力を高める方法を第 1 6 図に示す。第 1 6 図において超音波発生部 1 3 は、一方向に伝搬する屈曲波を発生するアレイ型振動子で音響導波路 5 a を介してステータ 1 1 a に屈曲波を伝送する。ステータ 1 1 a においてロータ 2 の回転運動に変換されなかった屈曲波は導波路 5 b を介し超音波発生部 1 3 に戻る。このとき位相制御部 1 4 で屈曲波の位相を制御することにより、超音波発生部 1 3 で発生する超音波と同位相で加算されるため、屈曲波から移動体に変換されるエネルギーが大きくなる。

30

【 0 0 5 8 】

超音波発生部 1 3 では A、B、C、・・・で示すように、振動子が幾つかに分割されている。ここで第 1 7 図に示すように各振動子 A、B、C、・・・に印加する電圧の位相を調整することにより一方向に進行する屈曲波を発生できる。

【 0 0 5 9 】

なお、屈曲波の位相はコイルの直径や音響導波路の厚さや長さを変えることにより調整できる。一例として第 1 8 図に直径 0 . 1 m m から 0 . 3 m m のステンレス線をコイル化した場合の群速度の大きさとコイルの半径との関係を示す。

40

【実施例 8】

【 0 0 6 0 】

第 1 9 図は本発明の超音波モータを直列接続して駆動力を大きくしたモータを示す。超音波発生部 1 3 - 1 で発生した屈曲波は音響導波路 5 a - 1 を介しステータ 1 a に伝送され、ロータ 2 を駆動する。超音波発生部 1 3 - 2、1 3 - 3 で発生した屈曲波も同様にロータ 2 を同一方向に駆動するように配置する。1 4 - 1 ~ 1 4 - 3 は位相調整器を示す。

【実施例 9】

50

【 0 0 6 1 】

第 2 0 図は本発明のモータを並列接続して幾つかのモータを同時に駆動する方法を示す。超音波発生部 1 3 で発生した屈曲波は、音響導波路 5 a - 1 ~ 5 a - 3 を介してステータ 1 a - 1 ~ 1 a - 3 に伝送され、超音波モータ 1 5 - 1 ~ 1 5 - 3 のロータ 2 - 1 ~ 2 - 3 を駆動する。超音波発生部 1 3 と位相制御部 1 4 を独立させることにより、各超音波モータ 1 5 - 1 ~ 1 5 - 3 を独立に駆動することも可能となる。

【実施例 1 0】

【 0 0 6 2 】

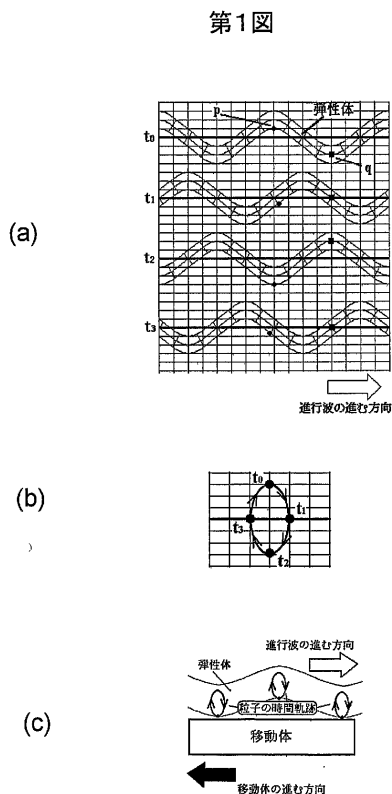
らせん状ステータを用いたモータを構成する場合には、第 2 1 図 (a)、(b) に示すように、ヨーヨーのようにステータ 1 の両側を円盤 (ロータ) 2 で挟んだ構成とする。一例として、直径 0 . 3 m m の真鍮線をらせん状に巻き直径 1 0 m m の円盤 2 で挟んだ構造のモータを試作し、4 0 k H z において出力 1 0 W の超音波振動子 3 に真鍮線を接触させ、円盤 2 の回転を確認した。

【産業上の利用可能性】

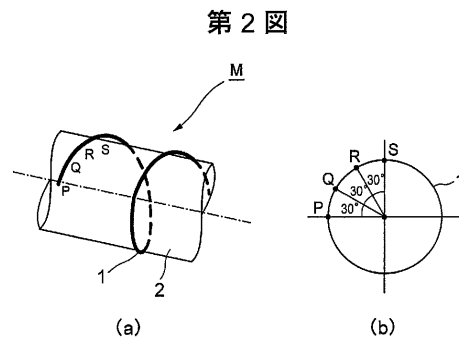
【 0 0 6 3 】

以上のように、本発明の超音波モータは、モータを必要とするロボット工学、電気自動車等の機械工学分野、医用診断・治療等の医学分野、電磁界の影響を回避する必要がある計測・生産工学分野など広範囲の技術分野で用いられる。特に、超小型、水中動作、及び中空軸の移動体の回転が可能な、医用分野における血管内超音波画像化法 (I V U S) や血栓除去及び血栓付防止用モータ等、血管内で使用するモータに利用可能である。

【 図 1 】

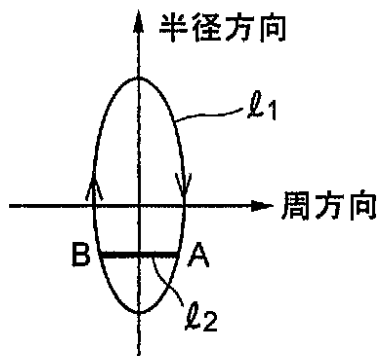


【 図 2 】



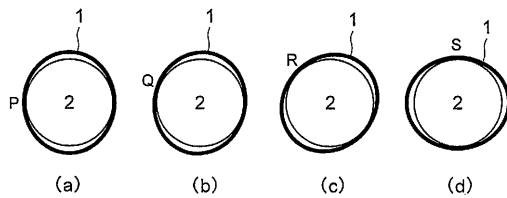
【図 3】

第 3 図



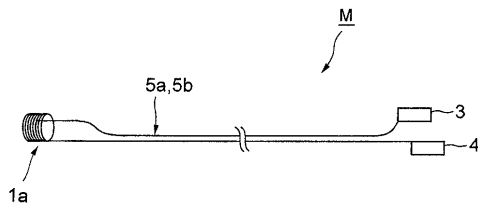
【図 4】

第 4 図



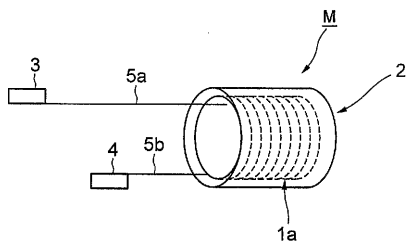
【図 7】

第 7 図



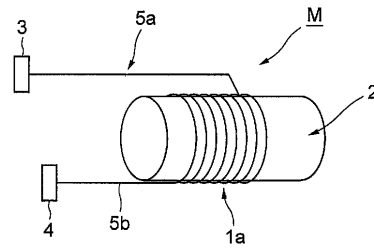
【図 8】

第 8 図



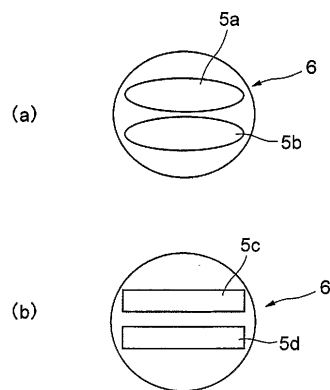
【図 5】

第 5 図



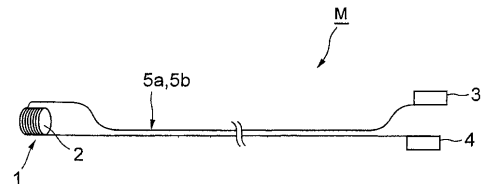
【図 6】

第 6 図



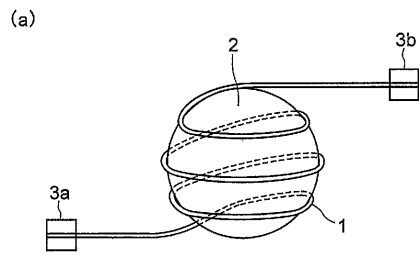
【図 9】

第 9 図

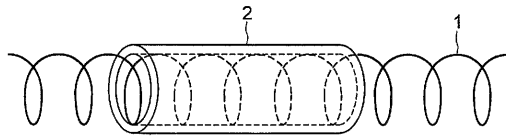


【図 10】

第 10 図

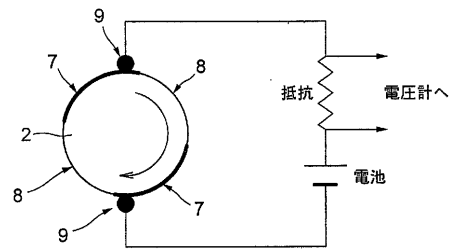


(b)



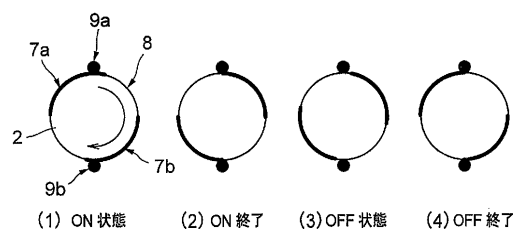
【図 11】

第 11 図



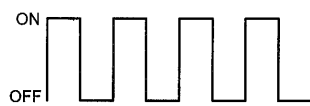
【図 12】

第 12 図



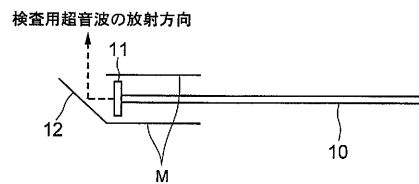
【図 13】

第 13 図



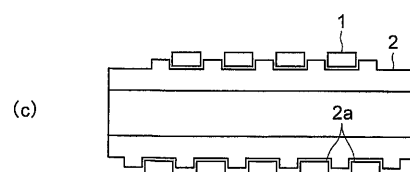
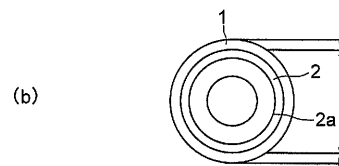
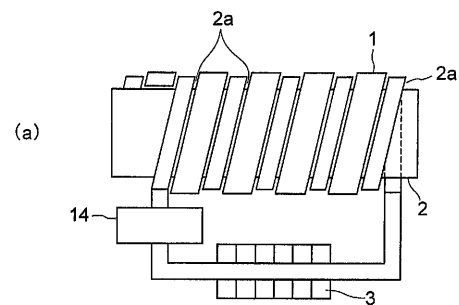
【図 14】

第 14 図



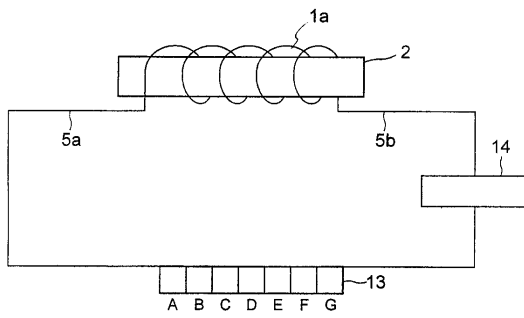
【図 15】

第 15 図



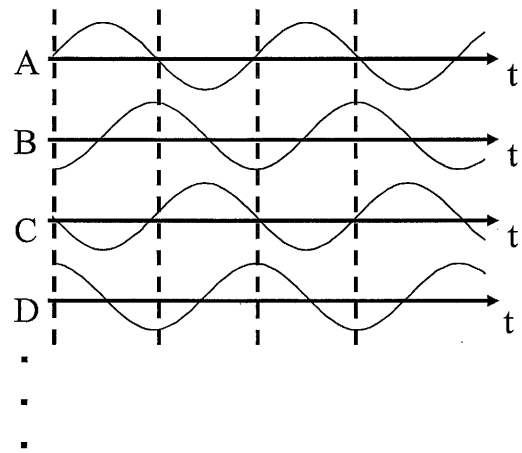
【図 16】

第 16 図



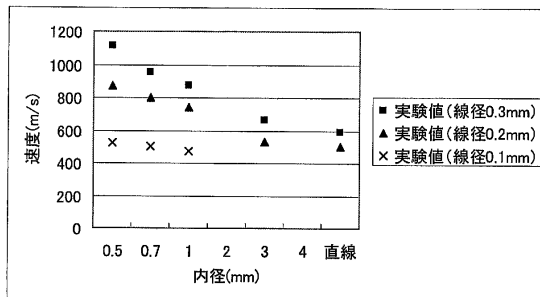
【図 17】

第 17 図



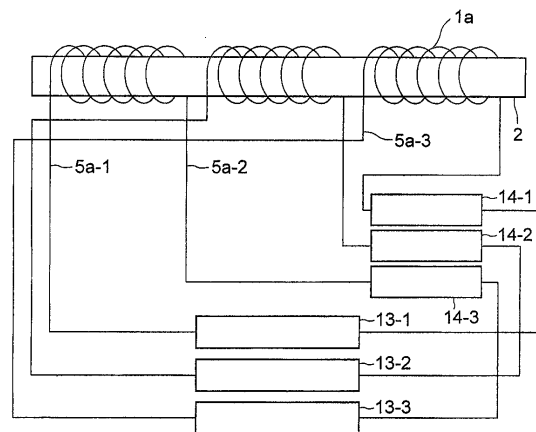
【図 18】

第 18 図



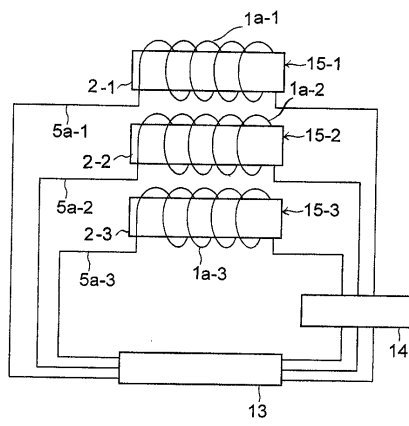
【図 19】

第 19 図



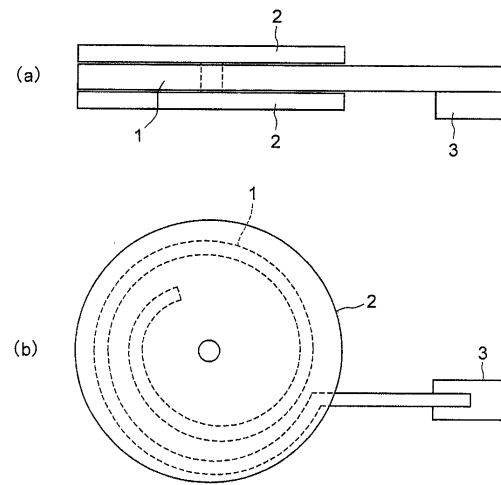
【図 20】

第 20 図



【図 21】

第 21 図



フロントページの続き

- (72)発明者 古川 勇二
東京都調布市下石原三丁目５番地１１
(72)発明者 鈴木 茂樹
東京都世田谷区池尻四丁目２２－１３

審査官 仲村 靖

- (56)参考文献 実開平０４－１１１２９１（ＪＰ，Ｕ）
特開２００５－０７４３６１（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－３０６４９１（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－３３６９５６（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－１５００６２（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－３３３５４（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－２９０８００（ＪＰ，Ａ）
実開平６－４８２９７（ＪＰ，Ｕ）

- (58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H02N ２/00
A61B ８/12
A61B 17/22

专利名称(译)	进行波型超音波モータ		
公开(公告)号	JP4422721B2	公开(公告)日	2010-02-24
申请号	JP2006513683	申请日	2005-04-27
[标]申请(专利权)人(译)	森谷忠 古川裕二		
申请(专利权)人(译)	森谷忠 古川 勇 二		
当前申请(专利权)人(译)	森谷忠 古川 勇 二		
[标]发明人	守屋正 古川勇二 鈴木茂樹		
发明人	守屋 正 古川 勇二 鈴木 茂樹		
IPC分类号	H02N2/00 A61B17/22 A61B8/12 H01L41/09		
CPC分类号	H02N2/08 H02N2/16		
FI分类号	H02N2/00.C A61B17/22 A61B8/12		
代理人(译)	小野寺杨枝 大川 晃		
优先权	2004151313 2004-05-21 JP		
其他公开文献	JPWO2005114824A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

根据本发明，在超声波马达中，定子1使用螺旋线圈声波导或面内螺旋线圈声波导构造，并且靠近线圈设置的移动体2放置在定子1上通过弯曲波的传播进行旋转，行进运动或曲线运动。根据本发明，可以简化结构，使结构小型化，在没有防水的情况下在液体中操作，并且使空心圆筒旋转，从而不需要预加载弹簧和吸收器。

