

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4491888号
(P4491888)

(45) 発行日 平成22年6月30日(2010.6.30)

(24) 登録日 平成22年4月16日(2010.4.16)

(51) Int.Cl.

H02N 2/00 (2006.01)

F 1

H02N 2/00

C

請求項の数 2 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-25873 (P2000-25873)
 (22) 出願日 平成12年2月3日 (2000.2.3)
 (65) 公開番号 特開2001-218482 (P2001-218482A)
 (43) 公開日 平成13年8月10日 (2001.8.10)
 審査請求日 平成19年1月30日 (2007.1.30)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
 (74) 代理人 100092576
 弁理士 鎌田 久男
 (72) 発明者 菅谷 功
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
 (72) 発明者 岡崎 光宏
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
 審査官 仲村 靖

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】振動アクチュエータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定周波数の振動を駆動力として発生する振動子と、
 前記振動子と所定の加圧力で接触して前記駆動力により前記振動子に対して相対的に運動する相対運動部材と、
 前記所定の加圧力で前記振動子により加圧された前記相対運動部材を相対運動可能に支持する支持部と、

を備える振動アクチュエータにおいて、

前記相対運動部材と前記支持部との間の摺動抵抗を、前記振動子と前記相対運動部材との間の摺動抵抗よりも下げる摺動抵抗低減手段を有し、

前記摺動抵抗低減手段は、前記支持部と前記相対運動部材との接触面に振動を発生させる励振部材を備えること、

を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項 2】

請求項1に記載の振動アクチュエータにおいて、

前記励振部材は、圧電素子を有し、前記圧電素子が屈曲振動を発生することにより前記支持部と前記相対運動部材との接触状態を間欠的とすること、

を特徴とする振動アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、所定周波数の振動を駆動力として発生する振動子を備える振動アクチュエータであって、特に摺動部の摺動抵抗を低減させる改良をした振動アクチュエータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

機械の小型化、軽量化が進む中、従来のモータにはない様々な特徴を備えた振動アクチュエータが多数開発され、注目が集まっている。これらの振動アクチュエータは、ダイレクトドライブが可能であるため、小型、軽量化を達成できるにも関わらず騒音を発生することもない。また、磁場を発生せず、逆に磁場の影響も受けない。更に、電気入力を行なっても保持力を維持する。こういった点を生かして今後、携帯機器や超小型精密機械等に積極的に搭載されることが予想される。

従来、これらの振動アクチュエータは、超音波振動を駆動力として発生する振動子と、この駆動力により相対的に運動する相対運動部材と、前記振動子を所定の加圧力で相対運動部材に加圧する加圧部と、相対運動部材を支持する支持部等とを備えており、振動モードの種類等により、複数の系統に分類されている。

これら従来の振動アクチュエータの支持部は、加圧力を受け、この加圧力に伴う垂直抗力により発生する摩擦による摺動抵抗を低減するために、ペアリングを使用することが一般に行われていた。

【0003】

ところで、振動アクチュエータとしては、小型で軽量化が期待できるものとして、図6に示した振動アクチュエータがある。図6は、この振動アクチュエータの振動子10の動作を説明する図である。

振動子10は、圧電素子11と、電極12等とを備えている。圧電素子11は、例えば、PZTなどの圧電材料をドーナツ板形状に形成し、全面を板厚方向に分極したものである。このドーナツ板形状は、径方向対称伸び振動モード(R, 1)と非軸対称面内振動モード((1, 1))の共振周波数がほぼ等しくなるように設計、製造されている。

【0004】

この圧電素子11は、表面には、扇形の第1、第2の電極12a, 12bが形成されており[図6(A)]、裏面には、ほぼ全面に第3の電極12cが形成されている[図6(B)]。

【0005】

振動子10は、発振器、移相器、增幅器等を含む駆動電圧発生装置によって、第1の電極12aには、第1の交流電圧が印加される。また、第2の電極12bには、第1の交流電圧とは電気的に位相が(π/2)だけ異なる第2の交流電圧が印加される。裏面の第3の電極12cは、GND電位に接続される。

【0006】

この振動子10は、交流電圧の周波数を2つの振動モードの共振周波数に近づけることによって、2つのモードで共振し、径方向対称伸び振動と、非軸対称面内振動とが同時に発生する。

【0007】

径方向対称伸び振動(R, 1)は、図6(C)に示すように、A点を節とした放射方向(径方向)の対称な伸縮振動であり、C1, C2点では、径方向の成分Urをもつ。

また、非軸対称面内振動((1, 1))は、図6(D)に示すように、B1, B2点を節として、破線で示すように、同一面内で潰れる(ひしゃげる)ような変形を、図6(D)の左右に繰り返す屈曲振動であり、円周上のC1, C2点では、矢印方向の変位成分Uをもつ。

そして、振動子10は、C1, C2点(駆動力取出部)の位置に、2つの振動が合成された変位として、図6(A)に示すような橜円運動が発生する。

橜円運動は、振動子10と相対運動部材の間に加圧力が加えられることにより、相対運動

10

20

30

40

50

部材の運動に変換される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、前述した従来の振動アクチュエータに、ペアリングを使用して相対運動部材を支持すると、高価になり、かつ小型化が難しかった。すなわち、ペアリング自体の価格が高価で、小型化にも限度があるため、振動子10等が低価格であっても、全体としては、高価であり、小型なものも無かった。

また、相対運動部材が直線運動をするリニア型の振動アクチュエータの場合には、例えば、フランジを設けたペアリングを複数配置したり、リニアガイド等を利用する考えられる。このような場合には、ペアリング、リニアガイド等の価格が更に高価になり、振動アクチュエータの価格が上昇することに加え、振動アクチュエータが占有するスペースも大きくなることが予想されるため、振動アクチュエータが使用される用途は、ごく限られた範囲内にとどまっていた。

更に、ペアリング、リニアガイド等は、潤滑剤として油を用いているため、油を嫌う真空中やクリーン環境等の特殊用途では使用することができなかった。

更にまた、ペアリング、リニアガイド等は、潤滑剤が必須の機械要素であるので、メンテナンスフリーを要求される用途には使用することができなかった。

【0009】

本発明の課題は、低価格で小型であっても、駆動効率が高く、しかも潤滑油等を必要としない振動アクチュエータを提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明は、以下のような解決手段により、前記課題を解決する。なお、理解を容易にするために、本発明の実施形態に対応する符号を付して説明するが、これに限定されるものではない。すなわち、請求項1の発明は、所定周波数の振動を駆動力として発生する振動子(10)と、前記振動子と所定の加圧力で接触して前記駆動力により前記振動子に対して相対的に運動する相対運動部材(31, 32, 33, 34, 35)と、前記所定の加圧力で前記振動子により加圧された前記相対運動部材を相対運動可能に支持する支持部(41, 42, 43, 44, 45)とを備える振動アクチュエータにおいて、前記相対運動部材と前記支持部との間の摺動抵抗を、前記振動子と前記相対運動部材との間の摺動抵抗よりも下げる摺動抵抗低減手段を有し、前記摺動抵抗低減手段は、前記支持部(44)と前記相対運動部材(34)との接触面に振動を発生させる励振部材(44-3)を備えること、を特徴とする振動アクチュエータである。

【0015】

請求項2の発明は、請求項1に記載の振動アクチュエータにおいて、前記励振部材(44-3)は、圧電素子(11)を有し、前記圧電素子が屈曲振動を発生することにより前記支持部(44)と前記相対運動部材(34)との接触状態を間欠的とすること、を特徴とする振動アクチュエータである。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、図面等を参照して、本発明の実施の形態について、さらに詳しく説明する。

(第1実施形態)

図1は、本発明による振動アクチュエータの第1実施形態を示す図である。

なお、以下の各実施形態の説明において、前述した従来例と同様の機能を果たす部分は、重複する説明を適宜省略する。

本実施形態における振動アクチュエータは、振動子10と、相対運動部材31と、支持部41等を有し、超音波領域の振動を駆動力として発生する超音波アクチュエータである。

【0017】

振動子10は、面内振動を発生する振動子であり、図示しない加圧部により相対運動部材31に所定の加圧力Nを与える状態で、その中央部において固定されている。また、振動

10

20

30

40

50

子 10 の駆動力取り出し部には摺動材として銅箔が貼り付けてある。

【 0 0 1 8 】

相対運動部材 31 は、振動子 10 に対して相対的に移動する部材であり、鉄系金属により形成され、本実施形態では、ステンレスを用いている。

【 0 0 1 9 】

支持部 41 は、相対運動部材 31 を移動可能に支持する部分であり、フッ素樹脂のプロックを用いている。支持部 41 の断面は凹型をしており、相対運動部材 31 を抱え込むことで支持部 41 からの脱落を防いでいる。

【 0 0 2 0 】

ここで図 1 に示すように、振動子 10 に加える加圧力を N とし、振動子 10 と相対運動部材 31 の間の摩擦係数を μ_1 、相対運動部材 31 と支持部 41 との間の摩擦係数を μ_2 とすると、以下の関係が成立している必要がある。 10

【 0 0 2 1 】

【 数 1 】

$$\mu_1 \cdot N > \mu_2 \cdot N$$

よって

$$\mu_1 > \mu_2$$

【 0 0 2 2 】

20

相対運動部材 31 は、支持部 41 から受ける摺動抵抗 (= 加圧力に伴う垂直抗力により生ずる摩擦抵抗) に打ち勝つだけの進行力を振動子 10 から与えられなければ起動することはできない。振動子 10 からそれだけの進行力を受け取るには、摺動面に上記の関係が必要である。

一般に鉄と銅の間の摩擦係数は 0.4 ~ 0.5 (= μ_1) 程度、鉄とフッ素樹脂の間の摩擦係数はそれより低く 0.3 (= μ_2) 程度以下である。よって、本実施形態では、 $\mu_1 > \mu_2$ の関係が成立している。 20

【 0 0 2 3 】

本実施形態によれば、非常に簡単な構成により相対運動部材の摺動抵抗を低減したので、駆動効率が高く、しかも潤滑油等を必要としない振動アクチュエータを低価格かつ小型にすることができる。 30

【 0 0 2 4 】

(第 2 実施形態)

図 2 は、本発明による振動アクチュエータの第 2 実施形態を示す図である。

第 2 実施形態における振動アクチュエータの形状自体は、第 1 実施形態に示したものと同様であるが、振動子 10 の駆動力取り出し部 (= A 面) 、相対運動部材 32 の振動子 10 側側面 (= B 面) 、相対運動部材 32 の支持部 42 側側面 (= C 面) 、支持部 42 の相対運動部材 32 との接触面 (= D 面) 、の計 4 つの面について選択的にコーティングを施すことで摩擦係数を変えた実施形態である。 40

【 0 0 2 5 】

振動子 10 は、A 面へのコーティングは行わず、銅箔を貼り付けたままの状態である。

【 0 0 2 6 】

相対運動部材 32 は、鉄系金属により形成されており、B 面は、何も処理を行わず、C 面にのみ、摩擦係数を低減する効果の高いガラス性のコーティングを施した。

【 0 0 2 7 】

支持部 42 は、フッ素樹脂よりも安価なプラスチック材料により形成されており、D 面には、C 面と同様に、ガラス性のコーティングを施した。

【 0 0 2 8 】

本実施形態において施すコーティングの選択は、A 面と B 面の間の摩擦係数を μ_{AB} 、C 面と D 面の間の摩擦係数を μ_{CD} とすると、以下の関係を満たすようにコーティングの種 50

類や有無を変えて行う。

【0029】

【数2】

$$\mu A B > \mu C D$$

【0030】

ここで、仮にコーティングの種類を1種類に限定しても、A, B, C, Dのそれぞれにコーティングを行うか否かの組合せだけで $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$ 通りもあり、更にコーティングの種類も多数の中から選択可能であるので、振動アクチュエータの駆動に最適な条件を簡単に設定することができる。

10

【0031】

また、コーティングにより表面の摩擦係数の関係が守られるようにすれば、摺動材、相対運動部材32、支持部42の材料は何でも良く、より安い材料に変更しても構わない。

【0032】

本実施形態によれば、相対運動部材32や支持部42の材料を自由に選択することができる、加工の容易性や価格等の点で有利な材料を使用することができ、振動アクチュエータをより低価格にすることができる。

【0033】

(第3実施形態)

図3は、本発明による振動アクチュエータの第3実施形態を示す図であり、一部断面により示している。

20

第3実施形態における振動アクチュエータの主な構成は、第1, 第2実施形態と同様であるが、相対運動部材と支持部との間の摺動抵抗を更に軽減させた形態である。

【0034】

相対運動部材33は、支持部43側の面にコーティング等を施す必要はなく、鍛止め等の他の理由がなければ、素材のままで構わない。本実施形態では、ステンレスをそのまま使用した。

【0035】

支持部43は、断面で示したように、相対運動部材33側の面から裏面まで貫通する小径の孔43aが多数設けられている。孔43aの裏面側には、エアーチューブ43bが各孔毎に接続されており、図示しないエアー供給源からエアーが供給され、相対運動部材33側の孔(噴出部)43aから放出されることにより、相対運動部材33と支持部43との間にエアー層(気体層)43cが形成される。

30

【0036】

振動アクチュエータの駆動時には、相対運動部材33と支持部43との間には、エアーが常に供給されているので、相対運動部材33と支持部43とが直接接触せず、エアー層43cを介した空気軸受けであるため、従来の接触型のベアリング等よりも摺動抵抗が少なく、高効率が達成できる。また、相対運動部材33がエアーにより浮いており支持部側との摩擦磨耗がほとんどないので、発塵が極めて少ない。そのためクリーン度が非常に高い環境でも使用できる。

40

【0037】

本実施形態に必須のエアー供給源を、専用のエアーボンベ等とすると、従来例や第2実施形態までに示した振動アクチュエータと比較して全体が大型化する可能性もある。しかし、振動アクチュエータが設置される周囲に既に別目的でエアー設備が存在する場合などは、チューブ等で引き回してくるだけで済むので、結果的に振動アクチュエータを小型で安上がりにすることができます。

【0038】

本実施形態によれば、空気軸受けを利用して、相対運動部材33と支持部43との間の摺動抵抗を更に低減することができ、振動アクチュエータの効率を一層高めることができる。また、相対運動部材33と支持部43との間の摩擦磨耗がほとんどないので、発塵

50

が極めて少なく、クリーン度が非常に高い環境でも使用することができる。

【0039】

(第4実施形態)

図4は、本発明による振動アクチュエータの第4実施形態を示す図であり、図4(a)は、振動子を省略して、相対運動部材34及び支持部44の分解斜視図を示し、図4(b)は、支持部44を裏返して示した斜視図である。

第4実施形態における振動アクチュエータは、エアーを使用せずに、相対運動部材と支持部との間の摺動抵抗を軽減させた形態であり、第1実施形態の支持部41を支持部44に変更したものであるので、ここでは、支持部44についてのみ説明する。

【0040】

支持部(励振部材)44は、低摩擦材44-1、弾性体44-2、圧電素子44-3、支持軸44-4を有している。

【0041】

低摩擦材44-1は、フッ素樹脂のブロックを用いている。低摩擦材44-1の断面は凹型をしており、相対運動部材31を抱え込むことで低摩擦材44-1からの脱落を防いでいる。また、低摩擦材44-1は、後述する波形Pの腹に相当する位置に一対で配置され、相対運動部材31を支えている。

【0042】

弾性体44-2は、圧電素子44-3に貼り付けられた金属板であり、低摩擦材44-1、支持軸44-4が固定されている。

【0043】

圧電素子44-3は、振動を発生する部材であり、PZTに電極を設けた電気機械変換素子である。電極の配置は、図4(b)に示すように配置され、電極44-3aと電極44-3bに位相が180度ずれた交流電圧が印加されることにより、2次の屈曲振動を行い、波形Pで示した振動波形を発生する。そして印加する交流電圧の周波数を支持部44の共振周波数に近づければ、大きな振動を得ることができる。

【0044】

支持軸44-4は、波形Pの節に相当する部分に設けられた軸であり、弾性体44-2に固定され、もう一端を図示しない固定部に固定されている。

【0045】

圧電素子44-3に電圧を印加しない状態では、支持部44は、鉄系素材とフッ素樹脂の間の摩擦係数である0.3(=μ2)程度以下のままであり、第1実施形態と変わらない。しかし、ここで圧電素子44-3の2種の電極44-3aと電極44-3bとに180度の位相差がある交流電圧を印加して先の2次の屈曲振動を励振する。すると、腹に相当する位置に設けた低摩擦材44-1と相対運動部材31との接触状態が間欠的になり、見かけの摩擦係数が大幅に下がり、空気軸受けを使用している第3実施形態と同様な効果が得られる。更に、この現象で得られる摩擦の強弱は電極44-3aと電極44-3bに入力する周波数や電圧により制御が可能であるため、例えば振動子10が駆動していないときに相対運動部材31を保持する自己保持力の大きさを任意に制御することもできる。

【0046】

本実施形態によれば、エアー供給源がない場合でも、駆動時には空気軸受けと同様な効果を得られる上に、振動子が駆動していないときの自己保持力の大きさを任意に制御することもできる。

【0047】

(第5実施形態)

図5は、本発明による振動アクチュエータの第5実施形態を示す図である。

第5実施形態における振動アクチュエータは、振動子10-2、相対運動部材35、支持部45を備えている。

【0048】

振動子10-2は、ステンレスを弾性体10-2bとして両側から圧電素子10-2aで

10

20

30

40

50

挿む形で接着した積層構造の振動子であり、弹性体 10 - 2b は、圧電素子 10 - 2a よりも外径が少し大きめに設計してあり、この突出部分を摺動材として利用している。

【0049】

相対運動部材 35 は、チューブ部 35a、振動子接触部 35b からなる部材である。チューブ部 35a は、フッ素樹脂により形成され、チューブ形状の外径部に Dカット面が加えられている。振動子接触部 35b は、チューブ部 35a の Dカット面に接着されたセラミック製の板である。

【0050】

支持部 45 は、ステンレス製の棒状の部材（レール部材）であり、相対運動部材 35 が滑らかに移動可能に嵌合している。

10

【0051】

ここで、仮に、振動子接触部 35b がない場合を想定すると、振動子 10 と相対運動部材 35 との摩擦係数が、相対運動部材 35 と支持部 45 との摩擦係数と等しくなり、駆動効率が非常に悪くなるか、駆動できなくなる。

また、この摩擦係数の問題が解決された場合であっても、フッ素樹脂は、硬度が低く、変形しやすいので、振動子 10 の振動を相対運動部材 35 が吸收、減衰してしまい、この場合も駆動効率が非常に悪くなるか、駆動できなくなる。

【0052】

本実施形態では、フッ素樹脂からなる相対運動部材 35 の振動子 10 が接触する部分にセラミックからなる振動子接触部 35b を設けており、ステンレスとセラミックとの摩擦係数は、フッ素樹脂とステンレスとの摩擦係数よりも十分大きいので、摺動抵抗の大小関係は適切な関係となる。また、セラミックは、硬度が高く、変形しにくいので、振動子 10 の振動を吸收、減衰することもない。

20

【0053】

本実施形態によれば、簡単な構成で摺動抵抗の大小関係を保つことができ、生産性及び信頼性が高く、しかも低価格な振動アクチュエータを製作することができる。

また、振動子の振動を吸收、減衰することなく効率よく駆動をすることができる。

【0054】

（変形形態）

以上説明した実施形態に限定されることなく、種々の変形や変更が可能であって、それらも本発明の均等の範囲内である。

30

【0055】

（1）第1実施形態において、材料を適当に選ぶことで摺動抵抗の関係を満足させたが、これに限らず、例えば、素材表面の仕上げ状態を切削や薬品等による粗しや変質で変えることにより同様の効果を得ることができる。

【0056】

（2）第2実施形態において、コーティングは相対的に摩擦係数を下げるために用いたが、逆に摩擦係数を上げるためにコーティングを用いてもよい。また、付加的な表面処理としてはコーティングに限らず、メッキや塗装など同様の効果が得られるものであれば何でもよい。

40

【0057】

（3）第4実施形態において、2次の屈曲振動を用いる例を示したが、これに限らず、同様の効果が得られるならばモードや次数は問わない。

【0058】

（4）第5実施形態において、支持部 45 は、ステンレス製であり、相対運動部材 35 がフッ素樹脂である例を示したが、この関係を逆にして、支持部 45 をフッ素樹脂として、相対運動部材 35 をステンレス製としてもよい。この場合、セラミック板を貼り付けなくても、摺動抵抗の大小関係を保つことができる。

【0059】

（5）各実施形態において、（R, 1）と（（1, 1））を用いた異モード縮退型振動子

50

トリニア駆動に限定して説明してきたが、これに限らず、相対運動部材がロータであってもよいし、ロータ、ステータ等を有する縦・ねじり振動の縮退を利用した振動アクチュエータであってもよい。また、リニア型であっても、実施形態に示した形態に限るものではなく、例えば、縦屈曲型の振動アクチュエータであってもよい。

【0060】

【発明の効果】

以上詳しく述べたように、本発明によれば、以下の効果がある。

(1) 低摩擦素材を使用して、非常に簡単な構成により相対運動部材の摺動抵抗を低減するので、駆動効率が高く、しかも潤滑油等を必要としない振動アクチュエータを低価格かつ小型にすることができる。

10

【0061】

(2) 表面処理を利用して相対運動部材の摺動抵抗を低減するため、相対運動部材や支持部の材料を自由に選択することができ、加工の容易性や価格等の点で有利な材料を使用することができるので、振動アクチュエータをより低価格にすることができる

【0062】

(3) 空気軸受けを利用して、相対運動部材と支持部との間の摺動抵抗を更に低減することができ、振動アクチュエータの効率を一層高めることができる。また、相対運動部材と支持部との間の摩擦磨耗がほとんどないので、発塵が極めて少なく、クリーン度が非常に高い環境でも使用することができる。

【0063】

20

(4) 励振部材を使用して相対運動部材と支持部との間の摺動抵抗を低減するので、エアーリード供給源がない場合でも、駆動時には、空気軸受けと同様な効果を得られる上に、振動子が駆動していないときの自己保持力の大きさを任意に制御することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による振動アクチュエータの第1実施形態を示す図である。

【図2】第2実施形態を示す図である。

【図3】第3実施形態を示す図である。

【図4】第4実施形態を示す図である。

【図5】第5実施形態を示す図である。

【図6】振動子10の動作を説明する図である。

30

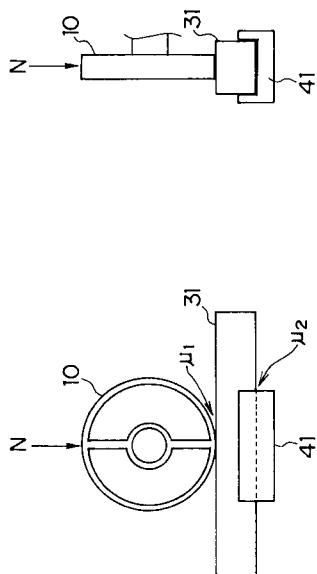
【符号の説明】

10 振動子

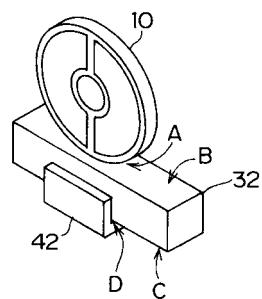
31, 32, 33, 34, 35 相対運動部材

41, 42, 43, 44, 45 支持部

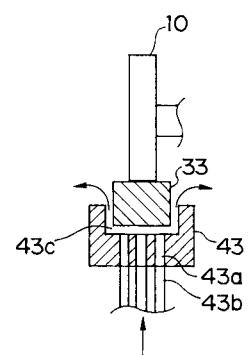
【図1】



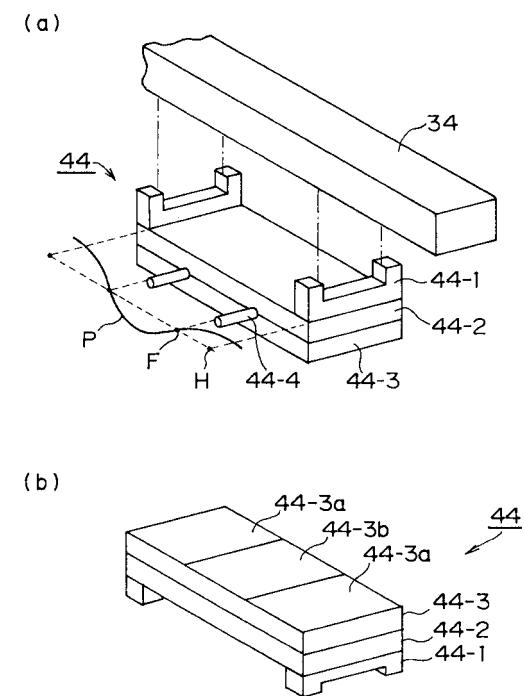
【図2】



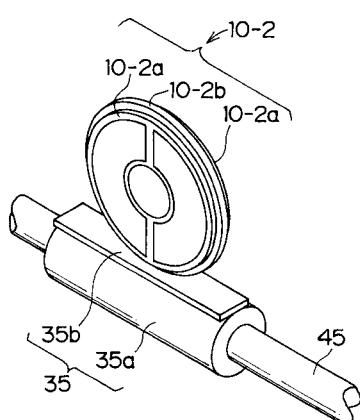
【図3】



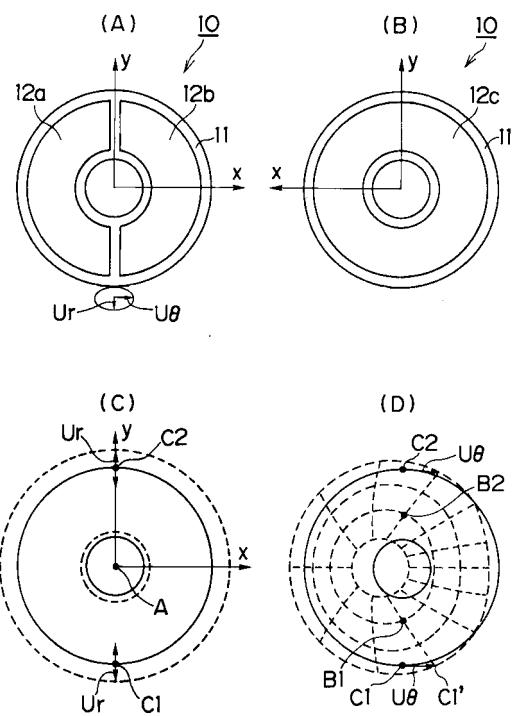
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平07-111789(JP,A)
特開平02-146971(JP,A)
特開平09-159672(JP,A)
特開平07-163159(JP,A)
特開平11-190339(JP,A)
特開平06-261565(JP,A)
特開平07-274559(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02N 2/00