

(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2010-57357

(P2010-57357A)

(43) 公開日 平成22年3月11日(2010.3.11)

(51) Int.Cl.
H02K 41/03 (2006.01)F1
H02K 41/03テーマコード (参考)
5H641

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2009-178165 (P2009-178165)
 (22) 出願日 平成21年7月30日 (2009.7.30)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-195761 (P2008-195761)
 (32) 優先日 平成20年7月30日 (2008.7.30)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 390029805
 T H K 株式会社
 東京都品川区西五反田3丁目11番6号
 (74) 代理人 100112140
 弁理士 塩島 利之
 (72) 発明者 浅生 利之
 東京都品川区西五反田3丁目11番6号
 T H K 株式会社内
 (72) 発明者 山中 修平
 東京都品川区西五反田3丁目11番6号
 T H K 株式会社内
 Fターム (参考) 5H641 BB06 BB10 BB14 BB16 BB19
 GG02 GG05 GG08 GG12 HH03
 JA03 JA09 JA10 JA15 JA18
 JA19

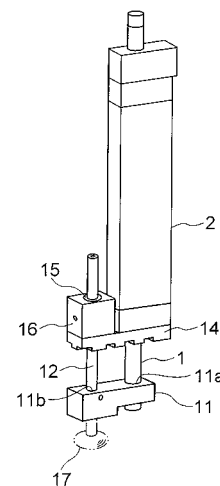
(54) 【発明の名称】 リニアモータアクチュエータ及び多軸リニアモータアクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】複数のマグネットが収容されるロッドに無関係に軸部材を選定でき、また推力を落とすことなく、全長を短くできるリニアモータアクチュエータを提供する。

【解決手段】リニアモータのロッド1に平行に第二の軸部材12を配置する。ロッド1の直線運動に連れて第二の軸部材12が直線運動するように、ロッド1の先端部と第二の軸部材12の先端部とを第一の連結部材11で連結する。第二の連結部材14は、第二の軸部材12が直線運動できるように第二の軸部材12とハウジング2とを連結し、ロッド1の軸線の回りを第二の軸部材12が旋回するのを防止する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数のマグネットを有し、軸線方向に N 極及び S 極が交互に形成される第一の軸部材と

、

前記第一の軸部材を囲み、前記第一の軸部材の軸線方向に積層される複数のコイルと、
前記複数のコイルが収容されるハウジングと、

前記第一の軸部材と平行に配置される第二の軸部材と、

前記ハウジングに対して前記第一の軸部材がその軸線方向に直線運動するのに連れて、
前記第二の軸部材がその軸線方向に直線運動するように、前記第一の軸部材と前記第二
の軸部材を連結する第一の連結部材と、

10

前記第二の軸部材がその軸線方向に直線運動できるように前記第二の軸部材と前記ハウ
ジングとを連結すると共に、前記第一の軸部材の軸線の回りを前記第二の軸部材が回転す
るのを防止する第二の連結部材と、を備えるリニアモータアクチュエータ。

【請求項 2】

前記ハウジングに対して前記第一の軸部材がその軸線の回りを回転できないように、前
記第一の軸部材が前記第一の連結部材に固定されることを特徴とする請求項 1 に記載のリ
ニアモータアクチュエータ。

【請求項 3】

前記第一の連結部材に対して前記第二の軸部材がその軸線の回りを回転できないように
、前記第二の軸部材が前記第一の連結部材に固定されることを特徴とする請求項 1 又は 2
に記載のリニアモータアクチュエータ。

20

【請求項 4】

前記第二の軸部材が中空であり、前記第二の軸部材の先端部に設けた吸着具で移動体を
吸着できるように真空吸引されることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の
リニアモータアクチュエータ。

【請求項 5】

前記第二の連結部材には、ケーシングが取り付けられ、当該ケーシングには前記第二の軸
部材がその軸線方向に直線運動するのを案内する外筒が収容されることを特徴とする請求
項 1 ないし 4 のいずれかに記載のリニアモータアクチュエータ。

【請求項 6】

30

前記外筒は、前記第二の軸部材の軸線方向に離間させた状態で少なくとも二つ設けられ
ることを特徴とする請求項 5 に記載のリニアモータアクチュエータ。

【請求項 7】

前記第二の軸部材の外周面には、前記第二の軸部材の軸線方向に伸びる複数のスプライ
ン溝が形成され、

前記少なくとも二つの外筒それぞれには、前記複数本のスプライン溝に対向する複数の
転動体転走溝が形成されると共に、前記複数のスプライン溝と前記複数の転動体転走溝と
の間を転がる転動体を循環させる複数の転動体循環経路が設けられ、

前記少なくとも二つの外筒が前記第二の軸部材に対して反対方向にねじられた状態で前
記ケーシングに収容されることを特徴とする請求項 6 に記載のリニアモータアクチュエー
タ。

40

【請求項 8】

前記第二の軸部材、前記第一の連結部材、及び前記第二の連結部材から構成される回転
阻止構造が、前記第一の軸部材の軸線方向の両端部に設けられることを特徴とする請求
項 1 ないし 7 のいずれかに記載のリニアモータアクチュエータ。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載のリニアモータアクチュエータが複数組み合わせされ
た多軸リニアモータアクチュエータであって、

複数の第二の軸部材の軸線が平行に配置され、かつ、隣り合う一対のリニアモータアク
チュエータの一対の第一の軸部材が、隣り合う一対の第二の軸部材の軸線が含まれる平面

50

を挟んで当該平面の両側に配置されることを特徴とする多軸リニアモータアクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マグネットに発生する磁界とコイルに流す電流によって、直線運動するための推力を得るリニアモータアクチュエータに関する。

【背景技術】

【0002】

リニアモータは、回転形のモータの固定子側と回転子側を直線状に引き伸ばしたもので、電気エネルギーを直線運動するための推力に変換する。直線的な推力が得られるリニアモータは、移動体を直線運動させるアクチュエータとして用いられる。リニアモータの一種として、N極及びS極が軸線方向に交互に形成されるロッドを三相コイルによって囲んだロッドタイプのリニアモータが知られている。三相コイルに120°ずつ位相が異なる三相交流電流を流すと、ロッドの軸線方向に移動する移動磁界が発生する。ロッドは移動磁界により推力を得てロッドの軸線方向に直線運動する。

【0003】

ロッドタイプリニアモータにおいて、ロッドはコイル内で浮いていて、その軸線の回りを回転できる状態にある。ロッドタイプリニアモータをアクチュエータとして用いる場合、ロッドの回転を阻止する必要がある。例えば、電子部品を基板に実装するチップマウンタとしてリニアモータを使用する場合、ロッドの先端に吸着した電子部品の姿勢を一体に保つためにロッドの回転を阻止する必要がある。従来のリニアモータにおいては、ロッドにスプライン軸を直列に締結し、コイルが収容されるハウジングにスプライン軸を案内するスプラインナットを取り付け、スプラインナットによってスプライン軸がその軸線の回りを回転するのを阻止していた（例えば特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2007/026566号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、従来のリニアモータにおいては、ロッドに締結されるスプライン軸の種類が限られてしまい、ロッドとは無関係にアクチュエータに適した軸部材を選択することができない。また、リニアモータの全長がロッドとスプライン軸とを合算した長さになるので、リニアモータの全長が長くなり易くなる。もし、スプライン軸の長さの分だけマグネットが収容されるロッドの長さを短くするならば、ロッドの磁力に作用できるコイルの数が少なくなるので、リニアモータの推力が低下してしまう。

【0006】

そこで本発明は、複数のマグネットが収容されるロッドに無関係に軸部材を選定でき、また推力を落とすことなく、全長を短くできるリニアモータアクチュエータ、及びこのリニアモータアクチュエータを組み合わせた多軸リニアモータアクチュエータを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明は、複数のマグネットを有し、軸線方向にN極及びS極が交互に形成される第一の軸部材と、前記第一の軸部材を囲み、前記第一の軸部材の軸線方向に積層される複数のコイルと、前記複数のコイルが収容されるハウジングと、前記第一の軸部材と平行に配置される第二の軸部材と、前記ハウジングに対して前記第一の軸部材がその軸線方向に直線運動するのに連れて、前記第二の軸部材がその軸線方向に

10

20

30

40

50

直線運動するように、前記第一の軸部材と前記第二の軸部材を連結する第一の連結部材と、前記第二の軸部材がその軸線方向に直線運動できるように前記第二の軸部材と前記ハウジングとを連結すると共に、前記第一の軸部材の軸線の回りを前記第二の軸部材が旋回するのを防止する第二の連結部材と、を備えるリニアモータアクチュエータ。

【発明の効果】

【0008】

第一の軸部材に平行に第二の軸部材が配置されるので、複数のマグネットを有する第一の軸部材に直列にスプライン軸を締結する必要がなくなり、第一の軸部材と無関係に第二の軸部材を選択することができる。また、第一の軸部材を折り返すように第二の軸部材が設けられるので、推力を落とすことなく、リニアモータアクチュエータの全長を短くすることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第一の実施形態におけるリニアモータアクチュエータの斜視図（一部断面図を含む）

【図2】リニアモータの斜視図（一部断面図を含む）

【図3】コイルとマグネットを示す概念図

【図4】コイルホルダに保持されたコイルユニットを示す斜視図

【図5】コイルホルダに保持されたコイルユニットを示す図（図中（A）は正面図を示し、（B）は断面図を示す）

20

【図6】ボールブッシュ型外筒の斜視図

【図7】スプライン型外筒の斜視図

【図8】リニアモータアクチュエータの全体の長さ及び推力を比較した図（図中（A）及び（B）が比較例を示し、（C）が本発明例を示す）

【図9】本発明の第二の実施形態におけるリニアモータアクチュエータの斜視図

【図10】上記第二の実施形態のリニアモータアクチュエータに組み込まれるスプライン外筒の斜視図

【図11】本発明の第三の実施形態におけるリニアモータアクチュエータの斜視図

【図12】多軸リニアモータアクチュエータの斜視図

【図13】多軸リニアモータアクチュエータの平面図

30

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、添付図面に基づいて本発明の実施形態を詳細に説明する。図1は本発明の第一の実施形態におけるリニアモータアクチュエータの斜視図を示す。この実施形態のリニアモータアクチュエータは、例えば電子部品等の移動体を基板上にマウントするチップマウンタに組み込まれる。

【0011】

第一の軸部材であるロッド1には、複数のマグネット3（図2参照）が収容され、軸線方向にN極及びS極が交互に形成される。直方体形状のハウジング2には、ロッド1を囲む複数のコイル4（図2参照）が収容される。複数のコイル4は、U相、V相及びW相からなる三相コイルである。三相コイルに三相交流電流を流すと、ハウジング2に対してロッド1がその軸線方向に直線運動する。

40

【0012】

ロッド1の先端には、ロッド1の軸線方向と直交する方向に細長く伸びる第一の連結部材11が固定される。第一の連結部材11にはロッド1の外径に合わせた第一の貫通孔11aが開けられる。第一の連結部材11の第一の貫通孔11aに通されたロッド1は、ねじ、接着、しまり嵌め等の固定手段によって第一の連結部材11に固定される。ロッド1が第一の連結部材11に固定されているので、ロッド1は第一の連結部材11に対してその軸線方向に相対的に移動することもできないし、第一の連結部材11に対してロッド1の軸線の回りを相対的に回転することもできない。

50

【 0 0 1 3 】

第二の軸部材 1 2 はロッド 1 と平行に配置される。第二の軸部材 1 2 はロッド 1 を折り返すようにロッド 1 の先端部からハウジング 2 側に向かって伸びる。第二の軸部材 1 2 は中空に形成される。第二の軸部材 1 2 の先端部には第一の連結部材 1 1 が固定される。第一の連結部材 1 1 には第二の軸部材 1 2 の外径に合わせた第二の貫通孔 1 1 b が開けられる。第一の連結部材 1 1 の第二の貫通孔 1 1 b に通された第二の軸部材 1 2 は、ねじ、接着、しまり嵌め等の固定手段によって第一の連結部材 1 1 に固定される。第一の連結部材 1 1 に固定されているので、第二の軸部材 1 2 は第一の連結部材 1 1 に対してその軸線方向に相対的に移動することもできないし、第一の連結部材 1 1 に対して第二の軸部材 1 2 の軸線の回りを相対的に回転することもできない。第一の連結部材 1 1 にはロッド 1 の先端部及び第二の軸部材 1 2 の先端部が固定されるので、ハウジング 2 に対してロッド 1 が軸線方向に直線運動するのに連れて、第二の軸部材 1 2 がその軸線方向に直線運動する。

10

【 0 0 1 4 】

ハウジング 2 の端面には、ロッド 1 の軸線と直交する方向で第二の軸部材 1 2 に向かって細長く伸びる矩形プレート状の第二の連結部材 1 4 が固定される。第二の連結部材 1 4 はボルト、ねじ等の固定手段によってハウジング 2 の端面に固定される。ロッド 1 は第二の連結部材 1 4 には連結されていない。第二の連結部材 1 4 にはロッド 1 の外径よりも大きな孔（図示せず）が開けられる。ロッド 1 はこの孔に挿通される。第二の連結部材 1 4 は、第二の軸部材 1 2 の、第一の連結部材 1 1 よりもハウジング側の部分とハウジング 2 とを連結する。第二の連結部材 1 4 には、外筒 1 5 が埋め込まれる直方体形状のケーシング 1 6 が取り付けられる。ケーシング 1 6 はボルト、ねじ等の固定手段によって第二の連結部材 1 4 に固定される。第二の連結部材 1 4 に一体に固定される外筒 1 5 は、第二の軸部材 1 2 が直線運動するのを案内する。もし第二の連結部材 1 4 を設けないと、ロッド 1 の軸線の回りを第二の軸部材 1 2 が旋回してしまう。第二の連結部材 1 4 は、ロッド 1 の軸線の回りを第二の軸部材 1 2 が旋回するのを防止する。第二の軸部材 1 2 及び外筒 1 5 の構造については後述する。

20

【 0 0 1 5 】

第二の軸部材 1 2 の先端部には、電子部品等を吸着する吸着具として吸着パッド 1 7 が取り付けられる。第二の軸部材 1 2 には、ホースを介して図示しない真空発生装置が接続される。真空発生装置を作動させると、ホースや第二の軸部材 1 2 を介して吸着パッド 1 7 からエアーが吸引される。

30

【 0 0 1 6 】

図 2 は、リニアモータの斜視図を示す。リニアモータは、N 極及び S 極が軸線方向に交互に形成されるように複数のマグネット 3 を有するロッド 1 と、ロッド 1 を囲み、ロッド 1 の軸線方向に積層される複数のコイル 4 と、複数のコイル 4 が収容されるハウジング 2 と、を備える。リニアモータは、マグネット 3 に発生する磁界と複数のコイル 4 に流す電流によって運動するための推力を発生する。

【 0 0 1 7 】

図 3 はリニアモータの概念図を示す。ロッド 1 内の中空空間には、円盤状の複数のマグネット 3 が互いに同極が対向するように、すなわち N 極と N 極が、S 極と S 極とが対向するように積層される。ロッド 1 の周囲には、ロッド 1 を囲む複数のコイル 4 が積層される。コイル 4 は 3 つで U・V・W 相からなる一組の三相コイルとなる。三相コイルを複数組み合わせ合わせてコイルユニットが構成される。三相コイルに 120° ずつ位相が異なる三相交流電流を流すと、コイル 4 の軸線方向に移動する移動磁界が発生する。ロッド 1 は移動磁界により推力を得て、移動磁界の速さと同一の速さでコイル 4 に対して相対的に直線運動を行なう。

40

【 0 0 1 8 】

図 2 に示されるように、リニアモータのロッド 1 は、ハウジング 2 にロッド 1 の軸線方向に移動可能に支持される。コイルユニットはコイルホルダ 5 に保持され、これらコイルユニット及びコイルホルダ 5 はハウジング 2 に収容される。

50

【 0 0 1 9 】

ロッド 1 は、例えばステンレス等の非磁性材からなり、中空空間を有する。ロッド 1 の中空空間には、円柱状の複数のマグネット 3 が互いに同極が対向するように積層される。マグネット 3 の間には、例えば鉄等の磁性体からなるポールシュー 7 が介在される。

【 0 0 2 0 】

コイル 4 は銅線を螺旋状に巻いたもので、コイルホルダ 5 に保持されている。この実施形態では、コイル 4 及びコイルホルダ 5 を射出成型の金型にセットし、溶融した樹脂又は特殊セラミックスを金型内に流すインサート成形によってハウジング 2 を形成する。成形品を金型から取り出すと、コイル 4 の周囲がハウジング 2 で覆われている状態になる。インサート成形によってハウジング 2 を形成することで、ハウジング 2 の肉厚を薄くできるという利点がある。リニアモータを並べて使用する場合には、リニアモータの寸法を小さくする必要がある。

10

【 0 0 2 1 】

ハウジング 2 には、リニアモータをチップマウンタのヘッドに取り付けるための取付け部としてねじ孔 2 b が加工される。またハウジング 2 には、ヘッドに対するハウジング 2 の位置決めをするためのピンが挿入される位置決め穴 2 c が開けられる。コイル 4 との絶縁を保つ必要があるため、ハウジング 2 の材料には絶縁性の高い樹脂が使用される。ハウジング 2 には、放熱性を高めるためにフィン 2 a が形成される。

【 0 0 2 2 】

ロッド 1 はリニアモータの作動中、コイル 4 内で浮いている状態になっている。ロッド 1 の直線運動を支えるために、ロッド 1 の軸線方向におけるハウジング 2 の両端部には、ブッシュ 8 が設けられる。ブッシュ 8 は、ハウジング 2 の両端に一体に成形されたエンド部材 9 に固定される。

20

【 0 0 2 3 】

図 4 は、コイルホルダ 5 に保持されたコイルユニットを示す。コイルユニットは、銅線を螺旋状に巻いた複数のコイル 4 を軸線方向に積層したものである。コイル 4 のリード線 4 a は一本一本接続する必要がある。コイル 4 のリード線 4 a の配線を簡素化するために絶縁基板 6 が用意される。

【 0 0 2 4 】

図 5 は、コイル 4、及びコイル 4 を保持するコイルホルダ 5 の詳細図を示す。隣接するコイル 4 同士を絶縁する必要があるので、コイル 4 間には絶縁材として樹脂製のスペーサ部 5 b が介在される。スペーサ部 5 b はコイル 4 の正面形状と同様に円環形状に形成される。スペーサ部 5 b はコイル 4 の配列方向に細長く伸びる板状のホルダ本体部 5 a に一体に形成される。コイルホルダ 5 は樹脂の射出成形品であり、コイル 4 の配列方向に細長く伸びる板状のホルダ本体部 5 a と、ホルダ本体部 5 a から垂下する薄肉の複数のスペーサ部 5 b とから構成される。ホルダ本体部 5 a の上面には、絶縁基板 6 の取り付け座が形成される。ホルダ本体部 5 a の側面には、射出成形するときコイルホルダ 5 を金型に固定するための突起 5 c (図 4 参照) が設けられる。射出成形時の圧力により、コイルホルダ 5 が位置ずれするのを防止するためである。図 4 に示されるように、ホルダ本体部 5 a の下面には、コイル 4 の外形形状に合わせた曲面状の窪み 5 d が形成される。リード線 4 a を絶縁基板 6 のスルーホール 6 a (図 4 にはスルーホール 6 a にコイル 4 の配線 4 a が半田付けされた状態が示されている) まで導くために、ホルダ本体部 5 a には絶縁基板 6 のスルーホール 6 a と同じ位置に複数の配線用孔が空けられる。

30

40

【 0 0 2 5 】

図 6 は、第二の連結部材 1 4 に一体に固定される外筒 1 5 を示す。円筒形の外筒 1 5 の内部には、保持器 2 1 とボール 1 8 が組み込まれる。外筒 1 5 の内部には、第二の軸部材 1 2 がその軸線方向に直線運動可能に組み込まれる。第二の軸部材 1 2 の外径の断面は円形に形成される。ボール 1 8 と第二の軸部材 1 2 とは点接触するので、最小の摩擦抵抗で第二の軸部材 1 2 が直線運動する。

【 0 0 2 6 】

50

第二の軸部材 1 2 は中空丸棒からなる。第二の軸部材 1 2 の外周面を直接ボール 1 8 が転動するので、第二の軸部材 1 2 は硬さ、表面粗さ、及び寸法精度に注意して製作される。第二の軸部材 1 2 の材質には、好ましくは軸受け鋼、炭素工具鋼等の焼入れに適した材質が用いられ、第二の軸部材 1 2 の表面は焼入れ等の熱処理を経て所定の硬度に加工される。第二の軸部材 1 2 の表面粗さを低減するために、第二の軸部材 1 2 の外周面は研削加工されてもよい。

【 0 0 2 7 】

外筒 1 5 は中空の筒体である。図 6 に示されるように、外筒 1 5 の外周面は円筒形状であり、内周面は異形状である。異形状の内径部に軸線方向に伸びる負荷ボール転走溝が形成される。負荷ボール転走溝は周方向に均等間隔を空けて例えば四条形成される。外筒 1 5 は例えば、素材を押出し成形等により加工し、内径・外径・端面等を切削加工し、焼入れ後、外径・内径を研削加工することで製造される。外筒 1 5 の材質には、好ましくは軸受け鋼、炭素工具鋼等の焼入れに適した材質が用いられる。外筒 1 5 の外周面には、外筒 1 5 を第二の連結部材 1 4 に取り付けるための止め輪が装着される外周溝 1 5 a が形成される。外筒 1 5 は完全な円筒形でなくても、軸線方向に切断された所謂開放形であってもよいし、外筒 1 5 と第二の軸部材 1 2 との隙間を調整できるように円筒形の外筒 1 5 に軸線方向に伸びるすり割りが設けられてもよい。

【 0 0 2 8 】

外筒 1 5 と第二の軸部材 1 2 との間に介在されるボール 1 8 は、一般の軸受けに用いられる転動体と同様に鋼製である。外筒 1 5 には保持器 2 1 が組み込まれる。保持器 2 1 は外筒 1 5 の内側に組み込まれる中空筒体である。保持器 2 1 には、四つのサーキット状ボール循環経路 1 9 が形成される。ボール循環経路 1 9 は、外筒 1 5 の負荷ボール転走溝に沿った負荷ボール転走路 1 9 a、負荷ボール転走路 1 9 a と平行に伸びるボール戻し通路 1 9 b、負荷ボール転走路 1 9 a の端とボール戻し通路 1 9 b の端とを接続する円弧形状の方向転換路 1 9 c で構成される。負荷ボール転走路 1 9 a は保持器 2 1 の外周面及び内周面の双方に開口する。負荷ボール転走路 1 9 a に配列されたボール 1 8 は、外筒 1 5 の負荷ボール転走溝及び第二の軸部材 1 2 の外周面に接触する。外筒 1 5 に対して第二の軸部材 1 2 が相対的に直線運動すると、負荷ボール転走路 1 9 a に配列されたボール 1 8 はこれらの間で転がり運動する。ボール戻し通路 1 9 b は保持器 2 1 の外周面のみに開口する。外筒 1 5 と保持器 2 1 のボール戻し通路 1 9 b とによって閉じた断面の無負荷戻し通路が構成される。無負荷戻し通路においては、ボール 1 8 の周囲には僅かな遊びがある。ボール 1 8 は後続のボール 1 8 に押されながら無負荷戻し通路を移動する。保持器 2 1 は、止め輪 2 0 によって外筒 1 5 の所定位置に固定される。

【 0 0 2 9 】

図 7 は、第二の軸部材及び外筒の他の例を示す。この例の第二の軸部材 2 2 の外周面には、スプライン溝として長手方向に伸びる複数条のボール転走溝 2 2 a が形成される。スプライン外筒 2 3 の内周面には第二の軸部材 2 2 の複数条のボール転走溝 2 2 a に対向する複数条の負荷ボール転走溝が形成される。第二の軸部材 2 2 は第一の連結部材 1 1 に固定されているので、第二の軸部材 2 2 は第一の連結部材 1 1 によって回り止めされている。このため、スプライン外筒 2 3 に対して第二の軸部材 2 2 を回り止めする必要はない。しかし、第二の軸部材 2 2 の外周面にボール転走溝 2 2 a を形成することによって、例えば第二の軸部材 2 2 の先端の吸着パッド 1 7 に第二の軸部材 2 2 の軸線に直交する方向の荷重がかかったり、軸線回りのモーメント荷重がかかったりする場合でも、これらの荷重を負荷できるようになる。さらに、第二の軸部材 2 2 の案内の精度を上げたり、ボール 2 4 の寿命を長くしたりすることもできる。

【 0 0 3 0 】

第二の軸部材 2 2 は中空丸棒からなる。第二の軸部材 2 2 の外周面には、軸線方向に伸びる複数条（この実施形態では六条）のボール転走溝 2 2 a が形成される。ボール転走溝 2 2 a の断面形状はボール 2 4 の曲率よりも若干大きいサーキュラーアーク溝形状に形成される。ボール 2 4 が負荷を受けながら転がり運動するので、第二の軸部材 2 2 のボール

転走溝 2 2 a の硬さ、表面粗さ、及び寸法精度は注意して製作される。第二の軸部材 2 2 の材質には、好ましくは軸受け鋼、炭素工具鋼などの焼入れに適した材質が用いられる。また、第二の軸部材 2 2 のボール転走溝 2 2 a の表面は焼入れなどの熱処理を経て所定の硬度に加工される。ボール転走溝 2 2 a の表面粗さを低減するために、ボール転走溝 2 2 a の外周面は研削加工される。

【 0 0 3 1 】

スプライン外筒 2 3 と第二の軸部材 2 2 との間に介在されるボール 2 4 は、一般の軸受けに用いられる転動体と同様に鋼製である。スプライン外筒 2 3 は中空の筒体である。スプライン外筒 2 3 の外周面は円筒形状であり、スプライン外筒 2 3 の内周面は大径部と小径部とを繰り返して有する異形状である。内径部にボール転走溝 2 2 a に対向し、軸線方向に伸びる負荷ボール転走溝が形成される。スプライン外筒 2 3 は例えば、素材を押出し成形などにより異形状に加工し、内径・外径・端面などを切削加工し、焼入れ後、外径・内径を研削加工することで製造される。スプライン外筒 2 3 の材質には、好ましくは軸受け鋼、炭素工具鋼などの焼入れに適した材質が用いられる。

【 0 0 3 2 】

図 7 に示されるように、スプライン外筒 2 3 には保持器 2 6 が組み込まれる。保持器 2 6 はスプライン外筒 2 3 の内側に組み込まれる中空筒体である。保持器 2 6 の外周面は、スプライン外筒 2 3 の内周面に形状を合わせた異形状であり、大径部と小径部とを有する。保持器 2 6 には、スプライン外筒 2 3 の負荷ボール転走溝の条数に合わせて複数のサーキット状のボール循環経路 2 7 が形成される。ボール循環経路 2 7 は、スプライン外筒 2 3 の負荷ボール転走溝に沿った負荷ボール転走路 2 7 a、負荷ボール転走路 2 7 a と平行に伸びるボール戻し通路 2 7 b、負荷ボール転走路 2 7 a の端とボール戻し通路 2 7 b の端とを接続する円弧形状の方向転換路 2 7 c で構成される。負荷ボール転走路 2 7 a は保持器 2 6 の小径部にあり、保持器 2 6 の外周面及び内周面の双方に開口する。ボール 2 4 はスプライン外筒 2 3 の負荷ボール転走溝と第二の軸部材 2 2 のボール転走溝 2 2 a に接触しながら転がり運動する。ボール戻し通路 2 7 b は保持器 2 6 の大径部にあり、保持器 2 6 の外周面のみに開口する。スプライン外筒 2 3 と保持器 2 6 のボール戻し通路 2 7 b とによって閉じた断面の無負荷戻し通路が構成される。無負荷戻し通路においては、ボール 2 4 の周囲には僅かな遊びがある。ボール 2 4 は後続のボール 2 4 に押されながら無負荷戻し通路を移動する。保持器 2 6 は、ボール循環経路 2 7 に配列・収容されたボール列を循環可能に保持し、スプライン外筒 2 3 を第二の軸部材 2 2 から外したときにボール 2 4 が脱落するのを防止する。この保持器 2 6 は、止め輪 2 9 によってスプライン外筒 2 3 の所定位置に固定される。

【 0 0 3 3 】

図 8 は、本発明例と比較例とで、リニアモータアクチュエータの全体の長さ及び推力を比較したものである。図 8 中 (A) 及び (B) が比較例を示し、(C) が本発明例を示す。図 8 (C) に示されるように、本発明例においては、第一の軸部材であるロッド 1 に並列にかつロッド 1 を折り返すように第二の軸部材 1 2 が配置されるので、推力を落とすことなく、リニアモータアクチュエータの全長を短くすることができる。これに対し、図 8 (A) 及び (B) に示されるように、ロッド 1 に直列にスプライン軸 3 1 を直結し、スプラインナット 3 2 によってスプライン軸 3 1 の直線運動を案内した場合、スプライン軸 3 1 がストロークする範囲であるシャフト移動範囲 (図参照) のコイル 4 は有効に働かなくなる。スプライン軸 3 1 の内部にマグネット 3 を収容することができないからである。このため、図 8 (A) に示されるように、本発明例のように有効コイル数を 5 s e t にする場合、すなわち本発明例に推力を合わせた場合、リニアモータアクチュエータの全体の長さが 1 3 8 m m から 1 6 4 m m に増加してしまう。一方、図 8 (B) に示されるように、本発明例にリニアモータアクチュエータの全長を合わせた場合、有効コイル数が 3 s e t になってしまい、推力が低下してしまうのがわかる。

【 0 0 3 4 】

ロッドタイプのリニアモータにおいては、ロッド 1 がコイル 4 内で浮いている状態にあ

10

20

30

40

50

るので、ロッド 1 がその軸線の回りを回転してしまう。ロッド 1 を第一の連結部材 1 1 に固定することで、ロッド 1 の軸線回りの回転を防止することができる。さらに第二の軸部材 1 2 を第一の連結部材 1 1 に固定することで、第二の軸部材 1 2 のその軸線の回りの回転を防止することができ、第二の軸部材 1 2 の先端に設けられる吸着パッド 1 7 (図 1 参照) の姿勢を一定に保つことができる。

【 0 0 3 5 】

さらに第二の軸部材 1 2 を中空に形成することで、第二の軸部材 1 2 を吸着パッドの真空系統として有効に利用することができる。ロッド 1 のマグネット 3 に真空系統としての貫通孔を開けなくて済むので、真空系統を容易に構成することができ、また、真空系統の長さ (第二の軸部材 1 2 の軸線方向の長さ) を短くすることができるので、エアーの応答性も向上させることができる。第二の軸部材 1 2 の軸線方向の長さが短いので、第二の軸部材 1 2 に接続される真空系統のホースの取扱いも容易になる。

【 0 0 3 6 】

図 9 は、本発明の第二の実施形態におけるリニアモータアクチュエータの斜視図を示す。この実施形態のリニアモータアクチュエータにおいても、リニアモータの第一の軸部材であるロッド 1 と平行に第二の軸部材 4 2 が設けられる。ロッド 1 の先端部と第二の軸部材 4 2 の先端部とは第一の連結部材 4 1 に固定されている。リニアモータのハウジング 2 の端部には、第一の連結部材 4 1 と平行な第二の連結部材 4 4 が固定される。第二の連結部材 4 4 は、第二の軸部材 4 2 が直線運動するのを許容しつつ、第二の軸部材 4 2 がロッド 1 の回りを旋回するのを防止する。互いに平行なロッド 1 及び第二の軸部材 4 2 、並びに互いに平行な第一及び第二の連結部材 4 1 , 4 4 によって井桁形状が形成される。

【 0 0 3 7 】

この実施形態のリニアモータアクチュエータにおいて、第二の軸部材 4 2 は、第二の軸部材 4 2 の軸線方向に離間して配列された二つの外筒 4 6 によって案内される。第二の連結部材 4 2 には、第二の軸部材 4 2 の軸線方向に細長い立方体形状のケーシング 4 6 が取り付けられる。二つの外筒 4 6 はこのケーシング 4 5 に収容される。外筒 4 6 には、図 6 に示すボールプッシュタイプが用いられるか、又は図 7 に示すボールスプラインタイプが用いられる。なお、リニアモータがロッドタイプリニアモータである点、第二の軸部材 4 2 が中空であり、先端に吸着パッドが設けられる点は、上記第一の実施形態のリニアモータアクチュエータと同一である。

【 0 0 3 8 】

第二の実施形態のリニアモータアクチュエータによれば、第二の軸部材 4 2 が直線運動するのを軸線方向に離間させた二つの外筒 4 6 で案内するので、第二の軸部材 4 2 が、第二の軸部材 4 2 の先端にかかるモーメント荷重によって振れたり、傾いたりするのを防止することができる。

【 0 0 3 9 】

図 1 0 は、上記第二の実施形態のリニアモータアクチュエータにおいて、第二の軸部材 4 2 の剛性をさらに高めた例を示す。この例において、第二の軸部材 4 2 及び二つの外筒 4 6 には、図 7 に示すボールスプラインタイプが用いられる。第二の軸部材 4 2 の外周面には、軸線方向に伸びる複数本のスプライン溝 4 2 a (図 7 の 2 2 a に相当) が形成される。二つの外筒 4 6 の内周面には、第二の軸部材 4 2 の複数本のスプライン溝に対向する転動体転走溝としてのボール転走溝が形成される。外筒 4 6 にはさらに、第二の軸部材 4 2 のスプライン溝 4 2 と外筒 4 6 のボール転走溝とを転がるボール (図 7 の 2 4 に相当) を循環させるボール循環経路 (図 7 の 2 7 に相当) が設けられる。二つの外筒 4 6 は、第二の軸部材 4 2 に対して互いに反対方向にねじられた状態でケーシングに取り付けられている。すなわち、上側の外筒 4 6 は第二の軸部材に対して時計方向のトルクを与えられた状態で、下側の外筒 4 6 は反時計方向のトルクを与えられた状態でケーシング 4 5 に固定される。このため、二つの外筒 4 6 のボール転走溝の位相は周方向に僅かにずれている。

【 0 0 4 0 】

この例のリニアモータアクチュエータによれば、上下二つの外筒 4 6 に収容されるボー

10

20

30

40

50

ルが周方向に互いに反対方向に圧縮されるので、予圧が付与された状態を保つことができる。このため、第二の軸部材 4 2 の周方向のがたつきをなくすことができ、第二の軸部材 4 2 の周方向の剛性を向上させることができる。

【 0 0 4 1 】

図 1 1 は、本発明の第三の実施形態におけるリニアモータアクチュエータを示す。この実施形態においては、リニアモータのロッド 1 の回転を阻止する回転阻止構造 4 6 A , 4 6 B がロッド 1 の軸線方向の両端部に配置されている。すなわち、回転阻止構造 4 6 A , 4 6 B は、ロッド 1 の軸線方向の一方の端部に配置される第一の回転阻止構造 4 6 A と、ロッド 1 の軸線方向の他方の端部に配置される第二の回転阻止構造 4 6 B と、から構成される。回転阻止構造 4 6 A , 4 6 B それぞれは、ロッド 1 と平行な第二の軸部材 1 2 と、ロッド 1 の先端部と第二の軸部材 1 2 の先端部に固定される第一の連結部材 1 1 と、ハウジング 2 の端部に固定され、第二の軸部材 1 2 がその軸線方向に運動するのを許容する第二の連結部材 1 4 と、から構成される。第二の連結部材 1 4 には、ケーシング 1 6 が取り付けられ、ケーシングには、第二の軸部材 1 2 が直線運動するのを案内する外筒 1 5 が収容される。

10

【 0 0 4 2 】

この第三の実施形態のリニアモータアクチュエータによれば、ロッド 1 の軸線方向の両端部でロッド 1 の回転が阻止されているので、ロッド 1 の剛性を高めることができ、ひいてはロッド 1 に連結される第二の軸部材 1 2 の剛性を高めることができる。

【 0 0 4 3 】

20

図 1 2 及び図 1 3 は、本発明のリニアモータアクチュエータを複数組み合わせた多軸リニアモータアクチュエータを示す。この多軸リニアモータアクチュエータにおいては、複数のリニアモータのロッド 1 を一列に積層するのではなく、リニアモータのロッド 1 と平行な第二の軸部材 1 2 を一列に積層している。複数の第二の軸部材 1 2 はその軸線が平行になるようにつつその軸線が一平面 F 1 (図 1 3 参照) 内に配置されるように積層される。外筒 1 5 が収容されるケーシング 1 6 は直方体形状に形成される。ハウジング 2 とケーシング 1 6 を連結する第二の連結部材 1 4 の積層方向における横幅 W は、ケーシング 1 6 の横幅に等しく、またハウジング 2 の横幅に等しい。複数のケーシング 1 6 はその側面が互いに接触する。

【 0 0 4 4 】

30

隣り合う一対のリニアモータアクチュエータの一対のロッド 1 は、第二の軸部材 1 2 の軸線が含まれる一平面 F 1 を挟んで当該一平面 F 1 の両側に配置される。一対のロッド 1 それぞれは一平面 F 1 に直交する方向にそれぞれ平面 F 1 から一定の距離 L を開けて配置される。隣り合う一対のリニアモータアクチュエータの一対のロッド 1 は、一平面 F 1 を挟んで一平面 F 1 の両側に互い違いに配列されるので、一平面 F 1 の片側に配列されるロッド 1 間のピッチ P 2 は第二の軸部材 1 2 間のピッチ P 1 の二倍になる。

【 0 0 4 5 】

マグネット 3 を有するロッド 1 間の距離が短いと、一つのロッド 1 が軸線方向に移動するのに連れて隣のロッド 1 が移動方向に移動する。隣り合う一対のロッド 1 のマグネット 3 同士の磁力の影響が生ずるからである。これを防止するためには、ロッド 1 間に磁気干渉を防ぐ磁気シールドプレートが必要になる。本実施形態によれば、一平面 F 1 の片側に配列されるロッド 1 間には十分な距離が保たれるので、磁気干渉を防ぐ磁気シールドプレートが不要になる。

40

【 0 0 4 6 】

なお、本発明は上記実施形態に限られることなく、本発明の要旨を変更しない範囲で種々変更できる。例えば、第二の軸部材の先端に取り付けられる工具の回転姿勢を制御できるように第二の軸部材を回転させる機構やモータを設けてもよい。第二の軸部材は中空に限られることはなく、アクチュエータの用途に応じて中実に形成されてもよい。

【 0 0 4 7 】

また、推力を大きくするために、ロッドがストロークする全範囲においてコイルに対向

50

するマグネットが設けられることが望ましいが、アクチュエータに要求される推力が大きい場合には、ロッドがストロークする全範囲においてコイルに対向するマグネットが設けられなくてもよい。すなわち、ロッドに収容されるマグネットの領域が少なくてもよい。

【 0 0 4 8 】

複数のリニアモータアクチュエータが並べられる多軸リニアモータアクチュエータにおいて、平行に並べられる第二の軸部材及びロッドは一平面内に配列されなくても、一平面からずれて例えばジグザグ状に配列されてもよい。全ての隣り合う一対のロッドが第二の軸部材の軸線が含まれる平面の両側に配置されなくても、少なくとも一対のロッドが第二の軸部材の軸線が含まれる平面の両側に配置されればよい。

10

【 0 0 4 9 】

多軸リニアモータアクチュエータにおいて、ハウジング間に磁気シールドプレートを介在させることができれば、リニアモータのロッドが第二の軸部材が含まれる平面の片側に隣り合うように配列されてもよい。また、リニアモータのロッドの軸線を平行に且つ一列に配置し、第二の軸部材をロッドの軸線が含まれる平面を挟んで当該平面の両側に配置してもよい。

【 0 0 5 0 】

第二の連結部材はエンド部材を含むハウジングに一体に成形されてもよい。外筒と第二の軸部材との間にはボールが介在されなくてもよく、ブッシュからなる外筒に対して第二の軸部材が滑ってもよい。

20

【 0 0 5 1 】

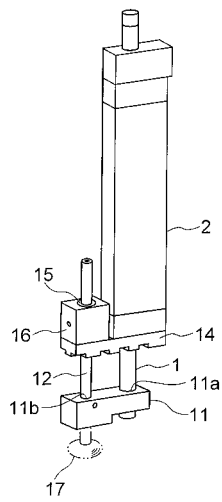
さらに、第二の軸部材の先端には吸着パッド以外に電気的な治具を取り付けてもよい。この場合、第二の軸部材の中空空間を配線スペースとして利用することができる。

【 符号の説明 】

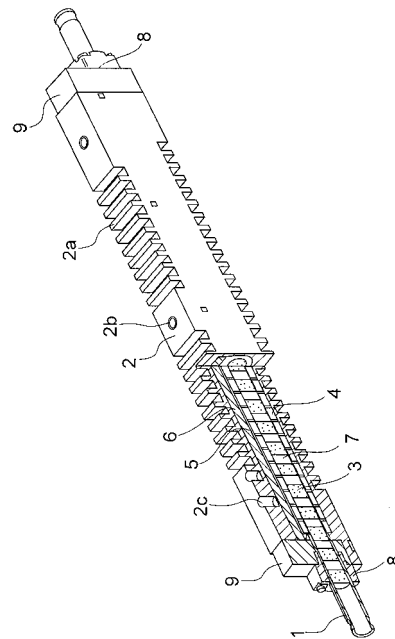
【 0 0 5 2 】

1 ... ロッド (第一の軸部材) , 2 ... ハウジング , 3 ... マグネット , 4 ... コイル , 1 1 ... 第一の連結部材 , 1 2 ... 第二の軸部材 , 1 4 ... 第二の連結部材 , 1 5 ... 外筒 , 1 6 ... ケーシング , 1 7 ... 吸着パッド (吸着具) , 2 2 ... 第二の軸部材 , 2 3 ... スプライン外筒 (外筒) , P 1 ... 平面

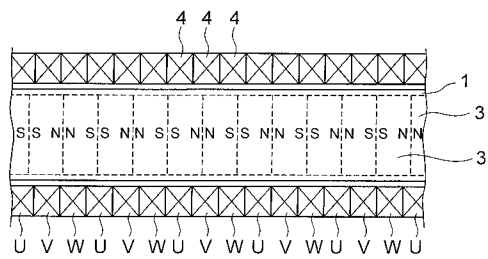
【 図 1 】



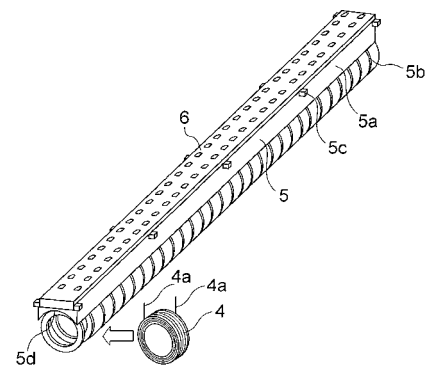
【 図 2 】



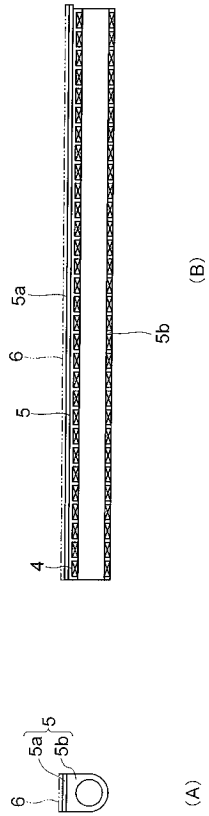
【 図 3 】



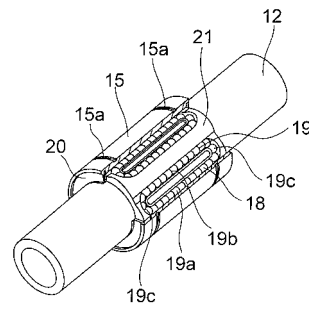
【 図 4 】



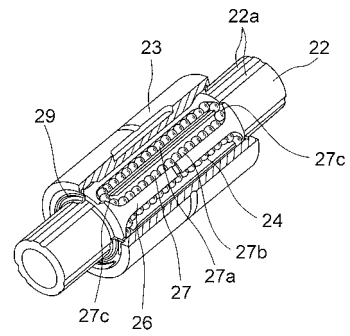
【図 5】



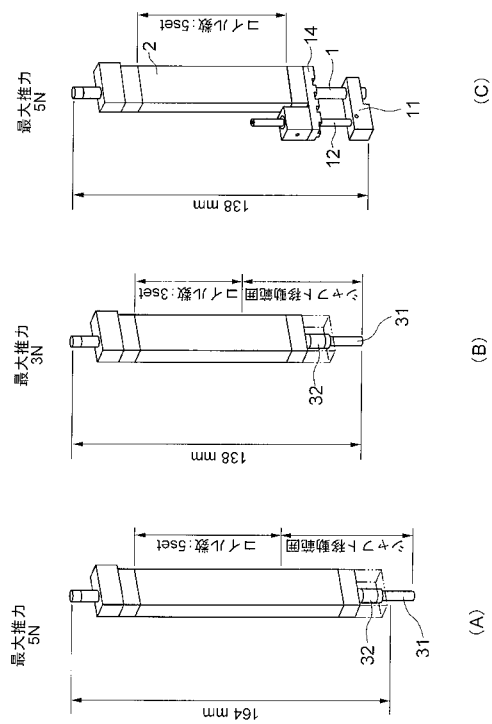
【図 6】



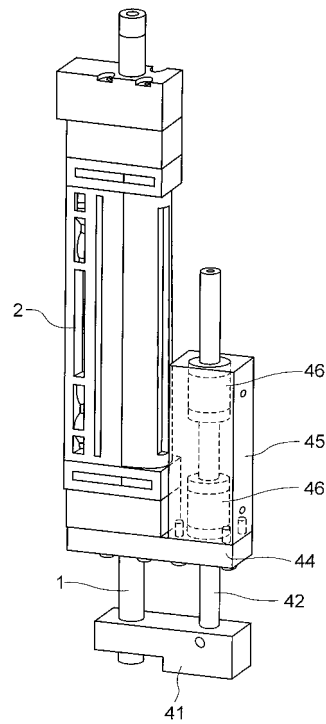
【図 7】



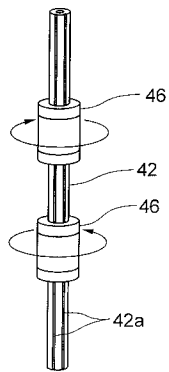
【図 8】



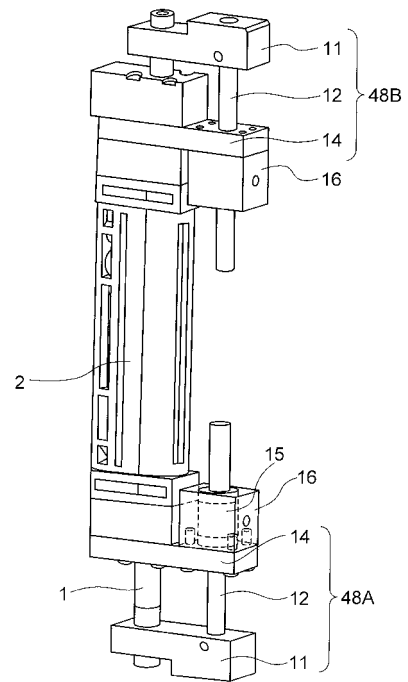
【図 9】



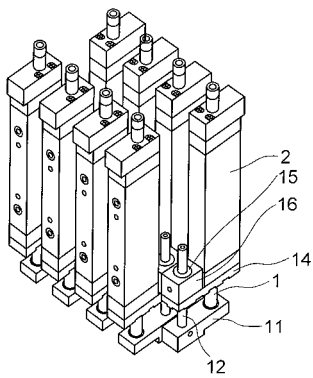
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】

