

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5386925号  
(P5386925)

(45) 発行日 平成26年1月15日(2014.1.15)

(24) 登録日 平成25年10月18日(2013.10.18)

(51) Int.Cl.

HO2K 41/03 (2006.01)

F 1

HO2K 41/03

A

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2008-268638 (P2008-268638)  
 (22) 出願日 平成20年10月17日 (2008.10.17)  
 (65) 公開番号 特開2010-98880 (P2010-98880A)  
 (43) 公開日 平成22年4月30日 (2010.4.30)  
 審査請求日 平成23年5月9日 (2011.5.9)

(73) 特許権者 000006622  
 株式会社安川電機  
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
 (74) 代理人 100089118  
 弁理士 酒井 宏明  
 (72) 発明者 鹿山 透  
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
 株式会社 安川電機内  
 (72) 発明者 豊田 昭仁  
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
 株式会社 安川電機内  
 審査官 田村 耕作

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】円筒形リニアモータ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

3相電機子巻線を巻装した複数のティースを円周方向に配置すると共に、前記ティースのギャップ面に軸方向等間隔に小歯を配置した固定子と、

前記固定子と磁気的空隙を介して対向すると共に、軸方向等間隔に磁極を配置した可動子と、

を備えた円筒形リニアモータにおいて、

前記小歯の軸方向の厚さを  $t$ 、軸方向ピッチを  $P$  とした場合、

$2 / 5 < t / P < 1 / 2$

とし、

前記可動子の磁極の極ピッチを  $P_m$ 、前記磁極の極数である界磁極数を  $P_m$  とした場合、

$/ 2 - / ( 6 \times P_m ) < / 2$  または  $/ 2 < / 2 + / ( 6 \times P_m )$

)

としたことを特徴とする円筒形リニアモータ。

## 【請求項 2】

前記3相電機子巻線が作る磁界の極数である電機子極数を  $P_a$ 、前記ティース数を  $N$  とした場合、隣接する前記ティースとの間の前記小歯の軸方向ずれ  $\delta$  を

$$\delta = P_a \cdot / ( 2 \times N )$$

としたことを特徴とする請求項1記載の円筒形リニアモータ。

## 【請求項 3】

10

20

前記可動子の磁極を可動子コアと永久磁石で構成すると共に、前記可動子コアと前記永久磁石を軸方向に交互に配置し、隣接する前記永久磁石の磁化方向を軸方向にして対極させたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の円筒形リニアモータ。

**【請求項 4】**

前記固定子の小歯の形状を階段状もしくは台形状にしたことを特徴とする請求項 1 ~ 3までの何れか 1 項に記載の円筒形リニアモータ。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、半導体製造装置などの精密位置決め装置の直動機構に使用されているリニアモータの中で特に重力方向の小ストローク位置決め用途に向けたものであり、小型でありながら高推力、推力リップル低減が求められる円筒形リニアモータに関する。 10

**【背景技術】**

**【0002】**

従来、半導体製造装置などの精密位置決め装置の直動機構に使用されると共に、固定子と可動子が円筒形を成し、固定子が電機子巻線を巻装した複数のティースとそのティース先端に軸方向等間隔に設けられた小歯から構成され、可動子が軸方向等間隔に配置された磁極から構成された、円筒形リニアモータが提案されている（例えば、特許文献 1 及び特許文献 2 参照）。

特許文献 1 の円筒形リニアモータは、ティースを有する固定子コアが電磁鋼板の積層により構成されており、1枚の電磁鋼板中に有する小歯の数が相数とティースの数により決められている。電磁鋼板が回転積層されることで、小歯が隣接するティース間で軸方向にずれるように配置される。小歯の軸方向ピッチが電磁鋼板の厚さ × ティース数に設定されているので、ステッピングモータとして駆動した場合、ステップごとの基本移動量を小さくできる。また、回転モータと同様の製造方法により電機子巻線をティースに巻装することができるので、スロット内の導体数を多くでき高推力にすることができる。 20

特許文献 2 の円筒形リニアモータは、特許文献 1 の可動子を改良したものである。可動子は薄板の永久磁石が2枚の薄板の可動子コアで挟まれ、その組合せが軸方向等間隔に並べて構成される。特許文献 1 に比べ、ギャップの磁束密度を高めることができ、さらに高推力にすることができる。 30

以下、特許文献 1 を例に従来の円筒形リニアモータを説明する。

図 1 3 は第 1 従来技術（特許文献 1 ）による円筒形リニアモータの側断面図、図 1 4 は図 1 3 を軸方向から見た正断面図である。図において、1 は可動子、2 はシャフト、3 は永久磁石、4 は可動子コア、5 は凸部、100 は固定子、101 はフレーム、102 は電機子巻線、103 は固定子コア、104 はティース、105 は小歯である。

可動子 1 はシャフト 2 、永久磁石 3 、可動子コア 4 から構成されている。シャフト 2 の外周に 2 個の可動子コア 4 と 1 個の永久磁石 3 が配置され、可動子コア 4 の外周表面に凸部 5 が形成されている。軸方向上側の可動子コア 4 の凸部 5 は N 極の磁極となり、軸方向下側の可動子コア 4 の凸部 5 は S 極の磁極となっている。このように構成された可動子 1 は、図示しない支持機構により固定子 10 と所定の磁気的空隙を介して相対移動できるようになっている。 40

固定子 100 はフレーム 101 、電機子巻線 102 、固定子コア 103 、ティース 104 、小歯 105 から構成されている。フレーム 101 の内周に固定子コア 103 が設けられ、固定子コア 103 の円周方向には 6 個のティース 104 が形成されている。そのティース 104 に 3 相の電機子巻線 102 が巻装されている。固定子コア 103 の材料には電磁鋼板の積層体が用いられている。3 相の電機子巻線 102 はティース 104 と同数の 6 個のコイルにより構成されており、各コイルは図 1 4 において時計方向の順に U 相、V 相、W 相、U 相、V 相、W 相となっている。

また、ティース 104 の内周表面には軸方向等間隔に小歯 105 が形成されている。図 1 5 は図 1 3 に示す可動子 1 側から見た小歯 105 の配置展開図である。同図の上下方向 50

と左右方向は、円筒形リニアモータのそれぞれ軸方向と円周方向を表している。つまり、上下方向に並ぶ小歯 105 は各ティース 104 上での並びを表し、左右方向はティース 104 の並びを表している。

特許文献 1 によると、 $k$  を 1 以上の整数、 $m$  を相数、 $n$  を  $m / 2$  より小さく  $m / 2$  に最も近い値の整数とするとき、電磁鋼板は  $k \times m$  個のティースを有するとともに、1 枚の電磁鋼板中の小歯 105 が  $n \times k$  個とするように決められている。図 13、14 に示す円筒形リニアモータは、相数  $m = 3$ 、ティース 104 の数を 6 としているので、 $n = 1$ 、 $k = 2$  であり、1 枚の電磁鋼板中の小歯 105 は  $n \times k = 2$  個となっている。従って、図 15 に示すような小歯 105 の並びとなっており、小歯 105 の厚さ  $t$  と軸方向ピッチ の関係は必然的に

$$t / \quad = 1 / 3$$

となる。

例えば、相数  $m = 3$ 、ティースの数を 9 とすると、 $n = 1$ 、 $k = 3$  となるので、1 枚の電磁鋼板中の小歯は  $n \times k = 3$  個となり、小歯の厚さ  $t$  と軸方向ピッチ の関係は  $t / \quad = 1 / 3$  となる。従って、3 相の場合はティースの数に限らず、 $t / \quad$  が  $1 / 3$  に決定される。

次に、図 16 は第 2 従来技術（特許文献 2）による円筒形リニアモータの可動子の側面から見た断面拡大図である。図において、13 は永久磁石、14 は可動子コアである。特許文献 1 と異なり、薄板の永久磁石が 2 枚の薄板の可動子コアで挟まれ、その組合せが軸方向等間隔に並べて配置されている。永久磁石 23 の磁化方向はすべて同じ軸方向となっている。

このように構成された従来技術による円筒形リニアモータは、電機子巻線にサーボモータとして 3 相交流電流を供給したり、ステッピングモータとして矩形波状の電流を供給することで、可動子に軸方向の推力を発生させることができる。

【特許文献 1】特許第 3220559 号公報（第 3 - 4 頁、図 1）

【特許文献 2】特開平 11-41905 号公報（第 3 - 4、図 1）

#### 【発明の開示】

##### 【発明が解決しようとする課題】

##### 【0003】

しかし、従来技術の円筒形リニアモータには次のような問題があった。

特許文献 1 の構成は、小歯の厚さ  $t$  と軸方向ピッチ の関係が  $t / \quad = 1 / 3$  に設定されている。一般に  $t / \quad$  が小さいと推力 / 電流比は大きくできるものの、電流を大きくすると巻線磁束の増大にともない小歯が磁気飽和を起こしてしまう。つまり、推力が飽和し、所定の最大推力が得られなくなる問題があった。

また、 $t / \quad$  が小さいので、ギャップのパーミンアンス分布は高調波成分を多く含む歪なものとなり、コギング力が大きくなつた。コギング力が大きいと、ステッピングモータとして駆動した場合は静止位置誤差が大きくなり、サーボモータとして駆動した場合は送り時の振動が大きくなるなどの問題を引き起こした。さらに、特許文献 2 の構成は、永久磁石の磁化方向がすべて同じ軸方向になっている。そのため、永久磁石が作る磁束のうち固定子側を通る有効磁束はわずかで、可動子コア間を漏れ渡つて軸方向に通る漏れ磁束が圧倒的に多くなっていた。その結果、所定の推力を得られない問題があった。

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、円筒形リニアモータにおいて、推力を大きくでき、かつ、コギング力を小さくできる円筒形リニアモ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】

##### 【0004】

上記問題を解決するため、請求項 1 に記載の発明は、3 相電機子巻線を巻装した複数のティースを円周方向に配置すると共に、前記ティースのギャップ面に軸方向等間隔に小歯を配置した固定子と、前記固定子と磁気的空隙を介して対向すると共に、軸方向等間隔に磁極を配置した可動子と、を備えた円筒形リニアモータにおいて、前記小歯の軸方向の厚

10

20

30

40

50

さを  $t$ 、軸方向ピッチをとした場合、 $2/5 < t / 1/2$  とし、前記可動子の磁極の極ピッチを、前記磁極の極数である界磁極数を  $P_m$  とした場合、 $/2 - / (6 \times P_m) < /2$  または  $/2 < /2 + / (6 \times P_m)$  としたことを特徴としている。

また、請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の円筒形リニアモータにおいて、前記 3 相電機子巻線が作る磁界の極数である電機子極数を  $P_a$ 、前記ティース数を  $N$  とした場合、隣接する前記ティースとの間の前記小歯の軸方向ずれを、 $= P_a \cdot / (2 \times N)$  としたことを特徴としている。

また、請求項 3 記載の発明は、請求項 1 または 2 記載の円筒形リニアモータにおいて、前記可動子の磁極を可動子コアと永久磁石で構成すると共に、前記可動子コアと前記永久磁石を軸方向に交互に配置し、隣接する前記永久磁石の磁化方向を軸方向にして対極させたことを特徴としている。10

また、請求項 4 記載の発明は、請求項 1 ~ 3 までの何れか 1 項に記載の円筒形リニアモータにおいて、前記小歯の形状を階段状もしくは台形状にしたことを特徴としている。

#### 【発明の効果】

#### 【0005】

請求項 1 に記載の発明によると、小歯の厚さ  $t$  と軸方向ピッチの関係  $t /$  を従来技術よりも大きくしているので、固定子の小歯の磁気飽和を抑制し、最大推力を大きくすることができます。また、可動子の磁極ピッチを固定子の小歯ピッチ  $/2$  よりも少し小さくまたは大きく設定しているので、各磁極に発生するコギング力を可動子全体で相殺することができ、コギング力を大幅に低減することができる。20

また、請求項 2 に記載の発明によると、隣接するティース間での小歯の軸方向ずれをティース数と電機子極数に合わせ推力が最大となるように規定しているので、推力 / 電流比を大きくし、推力を有効的に発生させることができる。さらに、ギャップのパーミアンス分布の高調波成分も低減されるので、コギング力を低減することができる。

また、請求項 3 に記載の発明によると、可動子コアと永久磁石を軸方向に交互に配置し、隣接する永久磁石の磁化方向を軸方向にして対極するようにしている。そのため、可動子コアで集中された永久磁石の磁束が固定子側を通る有効磁束となるので、推力を大幅に向上することができる。

また、請求項 4 に記載の発明によると、小歯の形状を階段状もしくは台形状にしているので、請求項 1 に比べ、ギャップのパーミアンス分布をより滑らかにし、コギング力を更に低減することができる。30

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0006】

以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。

#### 【実施例 1】

#### 【0007】

図 1 は本発明の第 1 実施例を示す円筒形リニアモータの側断面図、図 2 は図 1 に示す可動子の拡大側断面図、図 3 は図 1 を軸方向から見た正断面図である。以下、本発明が従来技術と同一の構成要素については同一の符号を付して説明する。40

図において、23 は永久磁石、24 は可動子コア、112 は電機子巻線、113 は固定子コア、114 はティース、115 は小歯である。可動子 1 はシャフト 2、永久磁石 23、可動子コア 24 から構成されている。シャフト 2 の外周に可動子コア 24 と永久磁石 23 を軸方向に交互に配置するとともに、隣接する永久磁石 23 の磁化方向を軸方向に対極するようにして、それを磁極数（界磁極数） $P_m = 16$  個組み合わせている。このように構成した可動子 1 を、図示しない支持機構により固定子 100 と所定の磁気的空隙を介して相対移動できるようにしている。

固定子 10 はフレーム 101、電機子巻線 112、固定子コア 113、ティース 114、小歯 115 から構成されている。フレーム 101 の内周に固定子コア 113 を設け、固定子コア 113 の円周方向に 6 個のティース 114 を形成し、そのティース 114 に 3 相

10

20

30

40

50

の電機子巻線 112 を巻装している。固定子コア 113 の材料には磁性体である電磁鋼板の積層体や焼結コアの成形体を用いることでき、第 1 実施例では電磁鋼板の積層体としている。3 相の電機子巻線 112 をティース 114 と同数の 6 個のコイルにより構成しており、各コイルを図 2 において時計方向の順に U 相、V 相、W 相、U 相、V 相、W 相となるように配置している。このようなコイルの相順にすることで、3 相の電機子巻線 112 が作る回転磁界の極数（電機子極数）は  $P_a = 4$  となっている。

また、ティース 114 の内周表面には軸方向等間隔に小歯 115 を形成している。図 4 は図 1 に示す可動子 1 側から見た小歯 115 の配置展開図である。第 1 実施例では小歯 115 の軸方向厚さ  $t$  と軸方向ピッチ  $\lambda$  の関係を、

$$t / \lambda = 1 / 2$$

10

としている。従来技術は  $t / \lambda = 1 / 3$  であるので、第 1 実施例の  $t / \lambda$  は 1.5 倍大きくなっている。さらに、小歯 115 を隣接するティース 114 間で軸方向にずらして配置させている。ティース 114 の数を  $N$  とした場合、隣接するティース 114 との間で生じる小歯 115 の軸方向ずれ  $\Delta$  を

$$\Delta = P_a \cdot \lambda / (2 \times N) = 1 / 3$$

になるように設定している。

上記した式の関係から、1 枚の電磁鋼板中に有する小歯 115 の数は図 4 を見てわかるように 2 個と 4 個が繰り返すようになっている。つまり、従来技術が 2 個の電磁鋼板だけであったのに対し、新たに 4 個の電磁鋼板が入っている。

#### 【0008】

20

以上のような構成において、電機子巻線 112 に 3 相交流電流を供給すると、回転磁界を生じる。その回転磁界はティース 114 の先端の小歯 115 で変調され、軸方向の進行磁界になる。この進行磁界と可動子 1 の磁極との電磁作用によって、可動子 1 は軸方向に推力を発生する。

#### 【0009】

30

以上のように構成された円筒形リニアモータは、小歯の厚さ  $t$  と軸方向ピッチ  $\lambda$  の関係である  $t / \lambda$  を従来技術に比べ大きく設定しているので、固定子の小歯の磁気飽和を抑制し、最大推力を大きくすることができます。また、永久磁石の磁束を可動子コアに集中させ、固定子に流れる有効磁束としているので、推力 / 電流比を大きく大きくすることができます。さらに、ギャップのパーミアンス分布の高調波成分も低減されるので、コギング力を低減することができる。

#### 【実施例 2】

#### 【0010】

次に本発明の第 2 実施例について説明する。

図 5 は本発明の第 2 実施例を示す円筒形リニアモータの側断面図、図 6 は図 5 を軸方向から見た正断面図である。また、図 7 は図 5 に示す可動子側から見た小歯の配置展開図である。図において、122 は電機子巻線、123 は固定子コア、124 はティース、125 は小歯である。

第 2 実施例が第 1 実施例と異なる点は、ティース 124 の数を  $N = 9$ 、電機子極数を  $P_a = 8$  とし、小歯 125 の厚さ  $t$  と軸方向ピッチ  $\lambda$  を

$$t / \lambda = 4 / 9$$

40

としたことである。従来技術は  $t / \lambda = 1 / 3$  であるので、第 2 実施例の  $t / \lambda$  は 1.3 倍大きくなっている。

また、ティース 124 の数を  $N = 9$ 、電機子極数を  $P_a = 8$  としているので、図 6 における電機子巻線 122 の 9 個のコイルを時計方向の順に U 相、U' 相、V' 相、V 相、V' 相、W' 相、W 相、W' 相、U' 相としている（U' 相、V' 相、W' 相で示されるコイルは U 相、V 相、W 相で示されるコイルと反対のコイル巻線方向（逆相）を示す）。

そして、隣接するティース 124 間の小歯 125 の軸方向ずれ  $\Delta$  を

$$\Delta = P_a \cdot \lambda / (2 \times N) = 4 \times \lambda / 9$$

としている。

50

上記した式の関係から、ティースの数  $N = 9$  における 1 枚の電磁鋼板中に有する小歯の数は図 7 を見てわかるように 4 個となっている。従来技術でティース数  $N = 9$  とすると、1 枚の電磁鋼板中に有する小歯の数は前記したように 3 個となる。従って、従来技術とは異なる構成となっている。

#### 【0011】

以上のような構成において、電機子巻線 122 に 3 相交流電流を供給すると、第 1 実施例と同様の原理により、可動子 1 に推力を発生させることができる。

#### 【0012】

以上のように構成された円筒形リニアモータは、第 1 実施例とはティース数や電機子極数、1 枚の電磁鋼板中の小歯数が異なっている。このように異なる構造においても、第 1 実施例と同様に、最大推力を大きくでき、コギング力を低減することができる。さらに、隣接するティース間での小歯の軸方向ずれを、ティース数と電機子極数に合わせ推力が最大となるように規定している。つまり、同じティース数であっても従来技術とは異なる電機子巻線と小歯の配置になっており、より推力 / 電流比を大きくし推力を有効的に発生させるようになっている。

#### 【0013】

なお、第 1 実施例および第 2 実施例で説明した効果は、小歯の厚さ  $t$  と軸方向ピッチの関係を従来技術の  $t / \text{pitch} = 1 / 3$  よりも大きな  $2 / 5$  とすることで、より大きな効果を得ることができる。また、 $1 / 2$  よりも大きくすると、推力 / 電流比や最大推力がかえつて低下してしまう。従って、本発明では

$$2 / 5 < t / \text{pitch} < 1 / 2$$

の条件を満たすこととしている。軸方向ピッチあたりの電磁鋼板の枚数を 3 の倍数とし、この条件を満たす  $t / \text{pitch}$  を求めると、以下のとおりとなる。

電磁鋼板の枚数が 3 枚の場合 適合するものなし

$$6 \text{ 枚の場合 } t / \text{pitch} = 3 / 6 = 1 / 2 \quad (\text{第 1 実施例に適用})$$

$$9 \text{ 枚の場合 } t / \text{pitch} = 4 / 9 \quad (\text{第 2 実施例に適用})$$

$$12 \text{ 枚の場合 } t / \text{pitch} = 5 / 12$$

$$t / \text{pitch} = 6 / 12 = 1 / 2$$

$$15 \text{ 枚の場合 } t / \text{pitch} = 7 / 15$$

$$18 \text{ 枚の場合 } t / \text{pitch} = 8 / 18 = 4 / 9$$

$$t / \text{pitch} = 9 / 18 = 1 / 2$$

以上のように電磁鋼板の枚数を設定することで、第 1 実施例、第 2 実施例と同様の効果を得ることができる。なお、電磁鋼板の枚数を多くしを大きくしすぎると、小歯の数が少くなり、推力 / 電流比が低下してしまう。よって、18 枚より多く設定することは、設計上ほとんどないと言える。

#### 【実施例 3】

#### 【0014】

次に本発明の第 3 の実施例について説明する。

図 8 ~ 図 11 は本発明の第 3 の実施例を示す側面から見た小歯の形状である。図において、135、145、155、165 すべて小歯である。

図 8 は第 1 実施例における小歯を階段状に形成し、新たに小歯 135 として構成したものである。小歯 135 は電磁鋼板 3 枚のうち外側 2 枚の内径を大きくすることで階段状としている。

図 9 は第 2 実施例における小歯を階段状に形成し、新たに小歯 145 として構成したものである。小歯 145 は電磁鋼板 4 枚のうち外側 2 枚の内径を大きくすることで階段状としている。

図 10 は小歯の厚さ  $t$  と軸方向ピッチの関係を  $t / \text{pitch} = 5 / 12$  として構成した場合について、その小歯を階段状に形成し、新たに小歯 155 として構成したものである。小歯 155 は電磁鋼板 5 枚のうち外側 2 枚の内径を最も大きくし、次に内側 2 枚の内径を少し大きくすることで階段状としている。

10

20

30

40

50

図11は固定子コアを焼結コアで構成した場合であり、小歯165を台形状に形成したものである。

【0015】

以上のように構成された円筒形リニアモータは、第1実施例や第2実施例に比べ、ギャップのパーセンス分布の高調波成分がより低減されるので、コギング力をさらに低減することができる。

【実施例4】

【0016】

次に本発明の第4実施例について説明する。

図12は本発明の第4実施例を示す可動子であって、(a)はその側断面図、(b)は(a)の比較対象となる第1実施例の側断面図である。 10

図12において、33は永久磁石、34は可動子コアである。第4実施例が第1実施例と異なる点は、可動子の磁極ピッチを固定子の小歯ピッチよりも少し大きく設定している点である。図12(b)に示す第1実施例の可動子の磁極ピッチは、

$$= / 2$$

に設定されている。一方、図12(a)に示す第4実施例の磁極ピッチは、界磁極数  $P_m = 16$  があるので

$$= / 2 + / (6 \times P_m) = / 2 + / 96$$

に設定している。つまり、磁極ピッチを  $/ 96$  だけ大きくしている。その結果、可動子の軸方向長  $L_m$  は第1実施例が 20

$$L_m = \times P_m = 8 \times$$

であるのに対し、第4実施例では

$$L_m = 8 \times + / 6$$

となり、 $/ 6$  だけ長くなっている。

【0017】

一方、第1実施例において発生するコギング力の1周期は  $/ 6$  (可動子が だけ動くと6山のコギング力が発生する) である。可動子の界磁極数は  $P_m = 16$  であり、16個の磁極はそれぞれ  $/ 96$  だけずれて配置されるので、それぞれの磁極に発生するコギング力も  $/ 96$  だけずれることになる。よって、16個の磁極に発生するコギング力が相殺され、可動子に発生するコギング力をさらに低減することができる。 30

なお、第4実施例では磁極ピッチを

$$= / 2 + / (6 \times P_m)$$

として設定したが、この場合16個の磁極が  $/ 96$  ずつずれることになるので、推力も低下してしまう。そこで、下記の範囲

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{(6 \times P_m)} < / 2 \text{ または } / 2 < \frac{1}{2} + \frac{1}{(6 \times P_m)}$$

の中で、必要な推力に合わせて設定すれば、推力をむやみに低下させずにコギング力を低減することができる。

【0018】

以上の実施例では、磁極を可動子コアと永久磁石を交互に配置する構成で示したが、可動子コアをなくし永久磁石のみで構成しても良いし、可動子表面に径方向を磁化方向とする永久磁石を配置する構成としても良い。また、第1実施例では小歯の軸方向ピッチの電磁鋼板枚数が6枚であったがこれを12枚とし、小歯の電磁鋼板枚数を5枚として、 $t / = 5 / 12$  として構成しても良い。また、可動子に永久磁石、固定子に電機子巻線を有する構成で示したが、これを逆にして構成するようにしても本発明の効果が得られることは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

【0019】

本発明の円筒形リニアモータは推力が大きく、コギング力が小さいので、精密な直動機構として半導体製造装置などに搭載されている昇降機構の位置決め用途に適用できる。 50

## 【図面の簡単な説明】

## 【0020】

【図1】本発明の第1実施例を示す円筒形リニアモータの側断面図、

【図2】図1に示す可動子の拡大側断面図、

【図3】図1を軸方向から見た正断面図、

【図4】図1に示す可動子側から見た小歯の配置展開図、

【図5】本発明の第2実施例を示す円筒形リニアモータの側断面図、

【図6】図5を軸方向から見た正断面図、

【図7】図5に示す可動子側から見た小歯の配置展開図、

【図8】本発明の第3実施例を示す小歯の形状を示す図

10

【図9】本発明の第3実施例を示す小歯の別の形状を示す図

【図10】本発明の第3実施例を示す小歯の別の形状を示す図

【図11】本発明の第3実施例を示す小歯の別の形状を示す図

【図12】本発明の第4実施例を示す可動子であって、(a)はその側断面図、(b)は(a)の比較対象となる第1実施例の側断面図、

【図13】第1従来技術(特許文献1)による円筒形リニアモータの側断面図、

【図14】図13を軸方向から見た正断面図、

【図15】図13に示す可動子側から見た小歯の配置展開図、

【図16】第2従来技術(特許文献2)による円筒形リニアモータの可動子の側面から見た拡大断面図

20

## 【符号の説明】

## 【0021】

1 可動子

2 シャフト

3、13、23、33 永久磁石

4、14、24、34 可動子コア

5 凸部

100 固定子

101 フレーム

102、112、122 電機子巻線

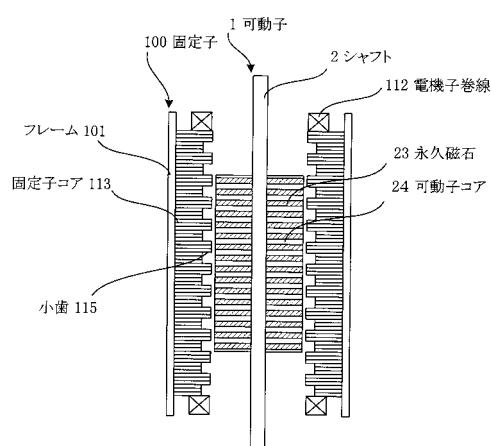
30

103、113、123 固定子コア

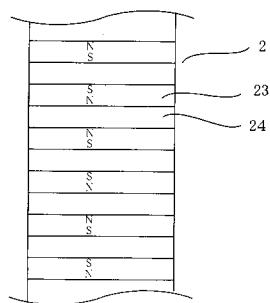
104、114、124 ティース

105、115、125、135、145、155、165 小歯

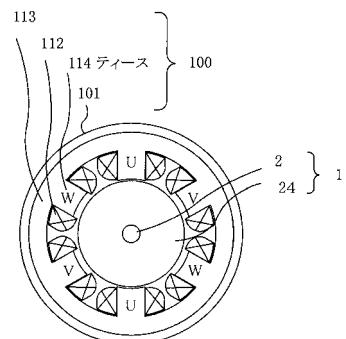
【図1】



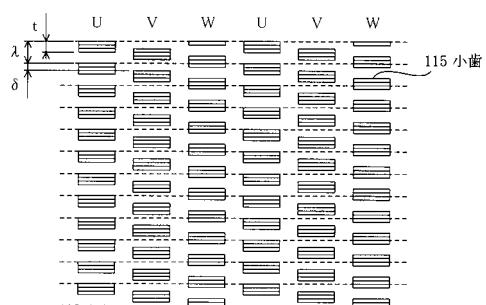
【図2】



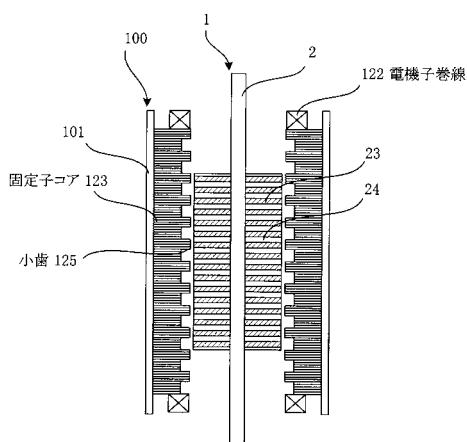
【図3】



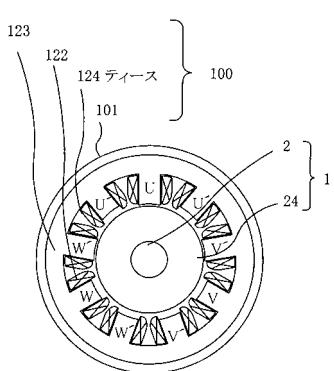
【図4】



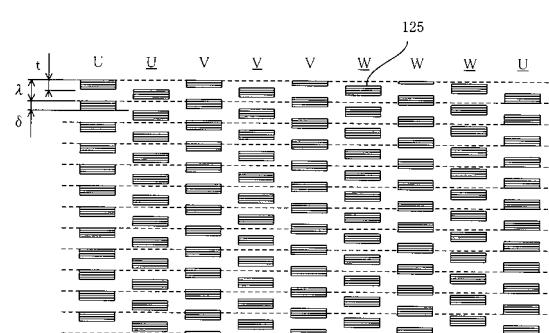
【図5】



【図6】



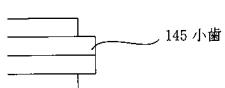
【図7】



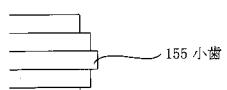
【図 8】



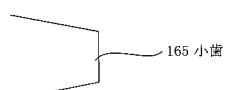
【図 9】



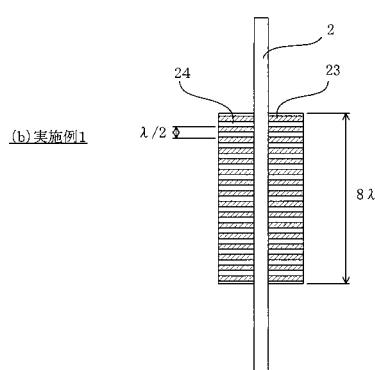
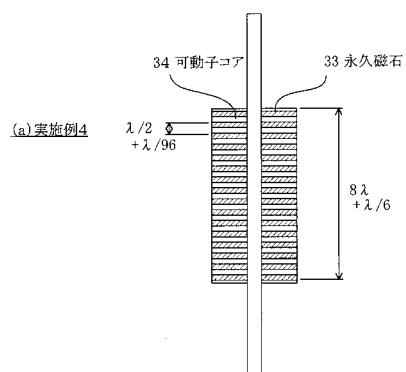
【図 10】



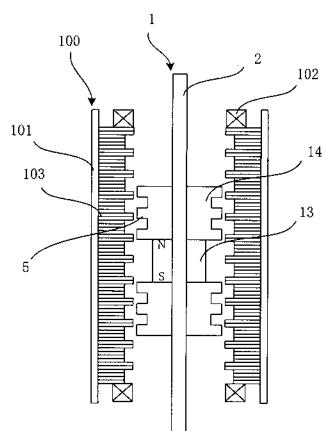
【図 11】



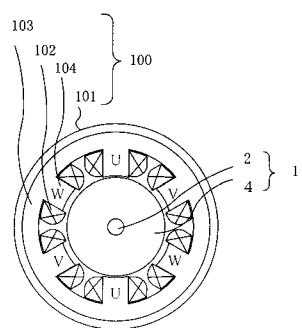
【図 12】



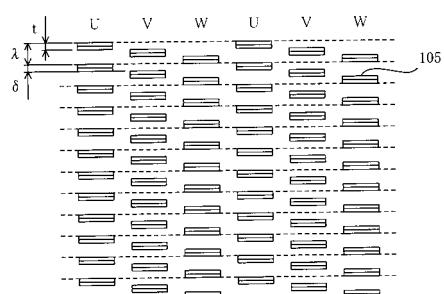
【図 13】



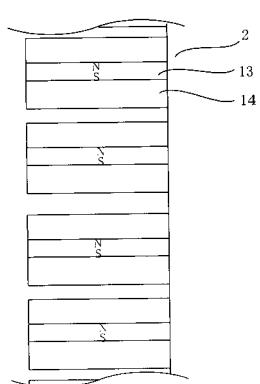
【図 14】



【図 15】



【図 16】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭49-116514(JP,A)  
特開平11-041905(JP,A)  
特開2007-244004(JP,A)  
特開平07-039135(JP,A)  
特開平07-099769(JP,A)  
特開平08-237933(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 41/00 - 41/06