

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

**特許第4788986号
(P4788986)**

(45) 発行日 平成23年10月5日(2011.10.5)

(24) 登録日 平成23年7月29日(2011.7.29)

(51) Int.Cl.

H02K 41/03 (2006.01)

F 1

H 0 2 K 41/03

B

請求項の数 1 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2001-140605 (P2001-140605)
 (22) 出願日 平成13年5月10日 (2001.5.10)
 (65) 公開番号 特開2002-335666 (P2002-335666A)
 (43) 公開日 平成14年11月22日 (2002.11.22)
 審査請求日 平成20年5月9日 (2008.5.9)

(73) 特許権者 000102511
 SMC株式会社
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 (73) 特許権者 594192202
 脇若 弘之
 長野県長野市若里5-16-3-5
 (73) 特許権者 500240243
 ノルヒサム ミスロン
 長野県長野市若里3-10-37 若里
 CAN CAN 5番館302号
 (74) 代理人 100077665
 弁理士 千葉 剛宏
 (74) 代理人 100077805
 弁理士 佐藤 辰彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】リニアモータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁性体からなる界磁ヨークに長さ方向に所定ピッチで埋め込まれた複数の永久磁石と、
前記界磁ヨークの長さ方向に沿って所定のピッチで設けられると共に、前記界磁ヨーク
に対向して所定のギャップ隔てて設けられた複数の電磁石とを備え、

隣り合う前記永久磁石は互いに逆向きに着磁され、

前記電磁石は3脚を有し、中央の脚に巻き回されたコイルを有し、該コイルに通電することにより前記中央の脚を挟む両外側の脚を異なる極性に磁化させ、

前記中央の脚は、二股に分かれた2脚を有し、前記2脚は、前記電磁石の一外側の脚と一対をなす第1脚と、前記電磁石の他外側の脚と一対をなす第2脚を有し、前記一外側の脚と前記第1脚、及び、前記他外側の脚と前記第2脚は、それぞれ前記所定ピッチに等しい極ピッチを有し、前記第1脚と前記第2脚との極ピッチは、前記所定ピッチの2倍のピッチであることを特徴とするリニアモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は界磁ヨークに永久磁石を埋め込んだリニアモータに関する。

【0002】

【従来の技術】

リニアモータまたはパルスモータにおいて、永久磁石を設けたものが多く提案されており

、永久磁石を設ける方法に注目すると、次に記載するようなものがある。

【0003】

励磁用コイルが設けられた鉄心の上方付近に、鉄心に接合された永久磁石を設け、該永久磁石を鉄心との間で挟持する磁極板を設けたバリアブルレラクタンス形リニアパルスモータ（特開昭63-294252号公報参照）がある。また、永久磁石を分割して配置したもの（特開平2-307356号公報、特開平2-32750号公報）もある。

【0004】

しかしながらこの特開昭63-294252号公報、特開平2-307356号公報および特開平2-32750号公報に開示されたリニアパルスモータでは、永久磁石を励磁側上方に設けたために鉄心を小型化できないという問題がある。

10

【0005】

固定子の上下両面側にそれぞれ配置され互いに機械的に固定された第1および第2の移動子をそれぞれU字状コアで形成し、該コアを2分割してその間に永久磁石を一方から他方へ磁束を流すように配置し、該コアに励磁巻線を施したリニアパルスモータ（特開昭64-47258号公報）がある。

【0006】

しかしこの特開昭64-47258号公報に開示されたリニアパルスモータでは、永久磁石が励磁側に設けられていて、励磁側を小型化できないという問題がある。

【0007】

また、移動子励磁側の鉄心歯に永久磁石を設けると共に、未着磁部分にスリットを設けたリニアパルスモータ、固定子の鉄心歯に永久磁石を設けると共に、未着磁部分にスリットを備えたスリット板を設けたリニアパルスモータ（特開平1-298945号公報）がある。

20

【0008】

しかしこの特開平1-298945号公報に開示されたリニアパルスモータでは、スリット板を含む鉄心を小型化できないという問題がある。

【0009】

また、移動子の電磁石を構成する磁極の先端に前記電磁石による起磁力の方向と直交する方向に起磁力を発生する永久磁石、または前記電磁石による起磁力の方向と平行する方向に起磁力を発生する永久磁石を設けたリニアパルスモータ（特開平2-114852号公報）がある。

30

【0010】

しかしこの特開平2-114852号公報に開示されたリニアパルスモータでは、磁極先端に永久磁石を設けるために、電磁石を小型化できないという問題がある。

【0011】

また、外周軸方向に小歯が配設された磁気ブロックとこれを所定の磁極に磁化する永久磁石を備え、この永久磁石によって磁極ブロックが互いに異極の磁性に磁化され、一方の磁極ブロックの歯先が固定子の突極の歯先に対向するとき、他方の磁極ブロックの歯先は固定子の突極の歯底と対向するようにしたリニアパルスモータ（特開平6-197517号公報）がある。

40

【0012】

しかしこの特開平6-197517号公報に開示されたリニアパルスモータでは磁極ブロックが存在するために小型化できないという問題がある。

【0013】

また、外周面に固定子小歯に対向して軸方向に等ピッチで複数個の移動子小歯が形成された移動子鉄心を有する移動子において、移動子の軸と移動子鉄心との間に、非磁性材からなる円筒状部材を設けたリニアパルスモータ（特開平7-170719号公報、特開平8-9623号公報）がある。

【0014】

しかしこの特開平7-170719号公報および特開平8-9623号公報に開示され

50

たリニアパルスモータでは移動子の軸と移動子鉄心との間の円筒状部材の存在のために小型化できないという問題がある。

【0015】

また、軸方向に所定間隔隔てて配設された移動子鉄心をそれぞれN極およびS極に磁化するための永久磁石を備え、移動子軸は磁性材または非磁性材からなり、永久磁石は円筒状に形成され、かつ移動鉄心と移動子軸との間に配設されたリニアパルスモータ（特開平7-288969号公報）がある。

【0016】

しかしこの特開平7-288969号公報に開示されたリニアパルスモータでは永久磁石の存在のために小型化できないという問題がある。

10

【0017】

また、軸方向に所定間隔隔てて配設された移動子コア間に軸方向に着磁された永久磁石を介在させたリニアパルスモータ（特開平8-163857号公報）がある。

【0018】

しかしこの特開平8-163857号公報に開示されたリニアパルスモータでは永久磁石が存在するために小型化できないという問題がある。

【0019】

また、固定子として機能する1/8ピッチの間隔で並んだ複数の励磁ユニット群に、所定の空隙隔てて設けられ、永久磁石と磁性体からなる歯部が所定のピッチで交互に並んだ可動子としての磁極ユニットで構成され、1つの励磁ユニットは磁極ユニットを両側から挟むように並ぶ磁極と、該磁極を連結する磁性部材と、磁性部材に巻き回された電機子コイルを備えたリニアパルスモータ（特開平10-327571号公報）がある。

20

【0020】

しかし、この特開平10-327571号公報に開示されたリニアパルスモータでは永久磁石が存在するために小型化できないという問題がある。

【0021】

また、複数個の移動子小歯が形成された移動子内に配設された永久磁石を備え、移動子小歯は固定子小歯のピッチの1/2間隔で配設され、1つの小歯と小歯との間に軸方向に着磁された永久磁石を挟み一対の移動子コアを構成し、対同士の間には、空隙または非磁性材を介して磁気的に絶縁したリニアパルスモータ（特開平11-41905号公報）がある。

30

【0022】

しかしこの特開平11-41905号公報に開示されたリニアパルスモータでは、移動子を小型化できないという問題がある。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、永久磁石を用いた上記リニアパルスモータでは、小型化が困難な他に、十分な推力を持たないという問題点があった。

【0024】

本発明は、構成が簡単で、かつ小型化できる上に十分な推力を有するリニアモータを提供することを目的とする。

40

【0025】

【課題を解決するための手段】

本発明のリニアモータは、磁性体からなる界磁ヨークに長さ方向に所定ピッチで埋め込まれた複数の永久磁石と、

予め定めた間隔の極ピッチを有し、界磁ヨークの長さ方向に沿って所定ピッチで設けられると共に、界磁ヨークに対向して所定ギャップ隔てて設けられた複数の電磁石とを備え、隣り合う永久磁石は互いに逆向きに着磁されたことを特徴とする。

【0026】

本発明のリニアモータによれば、界磁ヨークに所定のピッチで埋め込まれた永久磁石の磁

50

極と永久磁石間の界磁ヨーク部分に形成される磁極と磁化により電磁石に形成される磁極との間の極性に基づく吸引力と反発力とによって、界磁ヨークと電磁石との間に推力が発生し、界磁ヨークと電磁石側との一方が相対的に駆動される。

【0027】

本発明のリニアモータにおいて、界磁ヨークに埋め込まれた永久磁石のピッチの間を p 、電磁石の極ピッチを e 、電磁石間のピッチを g 、励磁相の相数を m 、 n を 0 、 1 、 2 、 $3 \dots$ 、 s を 1 、 2 、 $3 \dots$ としたとき

$$e = (2n + 1)p \quad \dots (3)$$

$$g = (2s + 1/m)e \quad \dots (4)$$

とすることを特徴とする。

10

【0028】

本発明のリニアモータによれば、永久磁石が界磁ヨークにピッチ p ($2n + 1$) / e で埋め込まれ、電磁石間のピッチ g は、 $g = (2s + 1/m)e$ の位置に形成されるために、ステップ幅 e/m で界磁ヨークまたは電磁石が一方の方向に駆動される。

【0029】

本発明のリニアモータにおいて、電磁石の鉄心はヨークで連結された異なる極性の磁極を発生させるための2脚を有し、各脚を連結するヨーク部分にコイルを巻き回したものであることを特徴とする。

【0030】

本発明のリニアモータによれば、各脚を連結するヨーク部分に巻き回されたコイルに通電することによって、各脚のそれぞれを異なる極性に磁化することができる。

20

【0031】

本発明のリニアモータにおいて、電磁石の鉄心はヨークで連結されて異なる極性の磁極を発生させるための2脚を有し、それぞれの脚に逆巻き方向に巻き回すことによって差動コイルを構成し、差動コイルに通電することによって各脚を異なる極性に磁化させることを特徴とする。

【0032】

本発明のリニアモータによれば、差動コイルに通電することによって各脚のそれぞれを異なる極性に磁化することができる。

【0033】

30

本発明のリニアモータにおいて、電磁石は3脚を有し、中央の脚に巻き回されたコイルを有し、該コイルに通電することにより中央の脚を挟む両外側の脚を異なる極性に磁化させることを特徴とする。

【0034】

本発明のリニアモータによれば、3脚の中央の脚に巻き回されたコイルに通電することによって電磁石の両外側の脚のそれぞれを異なる極性に磁化することができる。

【0035】

【発明の実施の形態】

本発明にかかるリニアモータの実施の形態について説明する。

【0036】

40

図1は本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ10の構成図である。

【0037】

このリニアモータ10は、ベース12上に固定されたステータブロック14と、前記ステータブロック14を貫通して図示しないガイドの案内作用の下に矢印Z方向に沿って変位自在に設けられた界磁ヨーク1とを有する。

【0038】

図2および図3は本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ10の構成を示す模式説明図である。

【0039】

磁性体である例えば積層鉄心、または積層珪素鋼板からなる界磁ヨーク1に予め定めた一

50

定の間隔、例えば環状に形成された永久磁石 2 - 0、2 - 1、2 - 2、…、2 - n が、界磁ヨーク 1 の表面と同一表面を形成するように例えればピッチ p で埋め込まれている。隣り合う永久磁石 2 - (n - 1) と永久磁石 2 - n とは互いに逆向きに、例えは NS、SN、NS、SN、…の如くに着磁されている。したがって永久磁石間の界磁ヨーク 1 の凸部には S 極と N 極とが交互に発生する。

【0040】

一方、界磁ヨーク 1 に対向して所定間隔のギャップを有して界磁ヨーク 1 側が開かれた断面 U 字状の積層珪素鋼板からなる電磁石鉄心 3 - 1 と電磁石鉄心 3 - 1 に巻き回されたコイル 3 - 2 とからなる電磁石 3 と、界磁ヨーク 1 に対向して所定間隔のギャップを有して界磁ヨーク 1 側が開かれた断面 U 字状の積層珪素鋼板からなる電磁石鉄心 4 - 1 と電磁石鉄心 4 - 1 に巻き回されたコイル 4 - 2 とからなる電磁石 4 が設けてある。10

【0041】

ここで、図 2 および図 3 では励磁相を 2 つ設け、1 相励磁の場合を例示しており、以下、電磁石 3 を励磁相 A とも記し、電磁石 4 を励磁相 B とも記す。

【0042】

ここで、図 4 に示すように、界磁ヨーク 1 に埋め込まれた永久磁石 2 - 0、2 - 1、2 - 2、…のピッチは p に設定してあり、電磁石鉄心 3 - 1 の脚間のピッチ、すなわち電磁石 3 の励磁による磁化により電磁石鉄心 3 - 1 の脚部に生成される磁極の中心位置間の距離である極ピッチおよび電磁石鉄心 4 - 1 の脚間のピッチすなわち電磁石 4 の励磁による磁化により電磁石鉄心 4 - 1 の脚部に生成される磁極の中心位置間の距離である極ピッチは e に設定してあり、極ピッチ e と永久磁石間のピッチ p との間には20

$$e = (2n + 1)p \quad \dots (5)$$

の関係がある。

【0043】

ここで、 $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ であり、 \dots と表現したのは推力の変動を抑圧するため多少ずらせる場合もあるためである。

【0044】

また、電磁石 3 と電磁石 4 との間のピッチ g は

$$g = (2s + 1/m)e \quad \dots (6)$$

に設定してある。30

【0045】

ここで、 $s = 1, 2, 3, \dots$ であり、 $m =$ 励磁相の相数である。

【0046】

また、隣り合う電磁石 3 と電磁石 4 との間の間隔 d は、電磁石鉄心の脚の幅を e/m とすると、相数 $m = 2$ のときには $d = e$ であり、相数 $m = 3$ のときは $d = 2e/3$ であり、相数 $m = 5$ のときは $d = 2e/5$ である。

【0047】

また、隣り合う電磁石 3 と電磁石 4 との間の間隔 d は、電磁石鉄心の脚の幅を $e/2$ とすると、相数 $m = 2$ のときには $d = e$ であり、相数 $m = 3$ のときは $d = 5e/6$ であり、相数 $m = 5$ のときは $d = 7e/10$ である。40

【0048】

図 2 A に示す如く、電磁石 3 および 4 が無励磁の初期位置において、電磁石 3 の脚が永久磁石 2 - 1、永久磁石 2 - 2 にほぼ対向し、電磁石 4 の一方の脚が永久磁石 2 - 3 と永久磁石 2 - 4 との間の界磁ヨーク部分にほぼ対向し、電磁石 4 の他方の脚が永久磁石 2 - 4 と永久磁石 2 - 5 との間の界磁ヨーク部分にほぼ対向しているものとする。

【0049】

この状態で、永久磁石 2 - 1 と永久磁石 2 - 2 との間の界磁ヨーク部分から電磁石鉄心 3 - 1 の一方の脚を通して永久磁石 2 - 1 の S 極の方向に磁界 p が発生し、永久磁石 2 - 1 と永久磁石 2 - 2 との間の界磁ヨーク部分から電磁石鉄心 3 - 1 の他方の脚を通して永久磁石 2 - 2 の S 極の方向に磁界 p が発生し、永久磁石 2 - 3 と永久磁石 2 - 4 との間50

の界磁ヨーク部分から永久磁石 2 - 4 の S 極の方向に電磁石鉄心 4 - 1 を通して磁界 p が発生する。

【 0 0 5 0 】

励磁相 A の初期位置にある図 2 A の状態から、コイル 3 - 2 、すなわち、励磁相 A を図 2 B に示す方向に通電する。この通電によって電磁石 3 は磁化されて反時計方向に磁界 c が発生し、電磁石鉄心 3 - 1 の一方の脚と、永久磁石 2 - 0 と永久磁石 2 - 1 との間の界磁ヨーク部分との間で吸引力が働き、電磁石鉄心 3 - 1 の他方の脚と、永久磁石 2 - 1 と永久磁石 2 - 2 との間の界磁ヨーク部分との間で吸引力が働いて、推力が発生する。

【 0 0 5 1 】

上記した励磁相 A の励磁による吸引力によって図 2 C に示すように e / m にて定まる 10 ステップ幅だけ界磁ヨーク 1 が図 2 において右方向に移動する。続いて励磁が一旦停止される。この状態は図 3 A に示すように励磁相 A の通電終了、すなわち励磁相 B の初期位置の状態となる。このときの状態は励磁相 A の初期位置の場合から容易に類推されるとおりであり、励磁相 A の初期位置の場合と同様である。

【 0 0 5 2 】

図 3 A における励磁相 B の初期位置に次いで、励磁相 B が励磁される。上記の励磁相 B の初期位置にある状態から、コイル 4 - 2 、すなわち、励磁相 B に図 3 B に示す方向に通電する。この通電によって電磁石鉄心 4 - 1 に反時計方向に磁界 c が発生し、電磁石鉄心 4 - 1 の一方の脚と、永久磁石 2 - 2 と永久磁石 2 - 3 の間の界磁ヨーク部分との間で吸引力が働き、電磁石鉄心 4 - 1 の他方の脚と、永久磁石 2 - 3 と永久磁石 2 - 4 との間の界磁ヨーク部分との間で吸引力が働いて、推力が発生し、続いて e / m にて定まる 1 ステップ幅だけ界磁ヨーク 1 が図 3 において右方向に移動される。 20

【 0 0 5 3 】

このように、本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ 10 では推力が生じ、界磁ヨーク 1 が駆動される。

【 0 0 5 4 】

このとき界磁ヨーク 1 に生ずる変位に対する推力特性は図 5 の実線に示す如くであり、ディテント力特性は図 5 の破線に示す如くである。

【 0 0 5 5 】

また、電磁石による起磁力と推力との関係を、本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ 10 の場合と、ハイブリッドリニアモータの場合と、バリアブルリラクタンスリニアモータの場合とを比較したところ図 6 に示す如くであった。図 6 において、本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ 10 の場合を実線で示し、ハイブリッドリニアモータの場合を破線で示し、バリアブルリラクタンスリニアモータの場合を一点鎖線で示している。 30

【 0 0 5 6 】

このように、本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ 10 によれば、界磁ヨーク 1 に永久磁石を埋め込んだ結果、

(a) 電磁石 3 、 4 の電磁石鉄心 3 - 1 、 4 - 1 の脚に発生する推力の方向を揃えることができて、従来のバリアブルリラクタンスリニアモータ、ハイブリッドリニアモータの場合の約 2 倍の推力が得られる。 40

【 0 0 5 7 】

(b) 界磁ヨーク 1 に永久磁石を埋め込むことによって、DC モータの推力であるフレミング左手則による力ばかりでなく、バリアブルリラクタンスリニアモータの推力であるリラクタンス力も発生させることができて、これらの力が作用して従来のリニアモータに比較して本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ 10 の場合、小型で大きな推力が発生するのである。

【 0 0 5 8 】

(c) 電磁石 3 、 4 を励磁相数に基づいて順次配列することによって、電磁石の磁気回路が 1 相毎に独立しているため、例えば 1 相励磁、 1 - 2 相励磁などの様々な励磁方法を採用することができるほか、各相を磁気的に連結するヨークを必要としないため、小型化が 50

達成できる。

【0059】

なお、上記においては、界磁ヨーク1が移動する場合を例示したが、電磁石3、4側が移動するようにすることもできる。

【0060】

また、電磁石3、4を図4に示す構成に代わって、図7に示すごとく電磁石鉄心3-1(4-1)の一方の脚に一方向にコイル3-2a(4-2a)を巻き回し、電磁石鉄心3-1(4-1)の他方の脚に他方向にコイル3-2b(4-2b)を巻き回し、両コイル3-2a(4-2a)と3-2b(4-2b)とを直列に接続して差動コイル3-2c(4-2c)としたものでもよい。差動コイル3-2c(4-2c)に通電することによって電磁石鉄心3-1(4-1)の一方の脚と電磁石鉄心3-1(4-1)の他方の脚とで異なる極性に磁化される。10

【0061】

次に、2相駆動の場合について、図8～図10によって説明する。

【0062】

図8～図10において界磁ヨーク1と電磁石3、4との間のギャップに記載した矢印は推力の発生方向を示しており、上向きは吸引力を示し、下向きは反発力を示している。

【0063】

2相駆動の場合においても、その構成は図2に示した場合と基本的には同一であり、励磁相Aと励磁相Bとに90度位相のずれた2相の電流を流してそれぞれ電磁石3、4を励磁する。ここで、励磁相A、Bに流す電流はレベル一定の定電流であるとする。すなわち、図11Aおよび図11Bに示すように励磁相A、Bに流す電流 、 は位相が90度ずれた矩形波である。20

【0064】

以下において、励磁電流を図11Aおよび図11Bに示すごとく、位相を45度ずつに区切った各電流区間a、b、c、d、e、f、g、hに対して、図8A、図8B、図8C、図9A、図9B、図9C、図10A、図10Bがそれぞれ対応し、図8A、図8B、図8C、図9A、図9B、図9C、図10A、図10Bに基づいて説明する。

【0065】

電流区間aにおいて、図8Aに示すごとく、励磁相Aに通電されることによって電磁石鉄心3-1が磁化されて磁界 c aが生成され、励磁相Bに通電されることによって電磁石鉄心4-1が磁化されて磁界 c bが生成される。30

【0066】

したがって、電磁石鉄心3-1の一方の脚にはN極が生成され、電磁石鉄心3-1の他方の脚にはS極が生成されて、永久磁石2-0と永久磁石2-1との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心3-1の一方の脚との間および永久磁石2-1と永久磁石2-2との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心3-1の他方の脚との間には吸引力が発生し、永久磁石2-1と永久磁石2-2との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心3-1の一方の脚との間および永久磁石2-2と永久磁石2-3との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心3-1の他方の脚との間には反発力が発生する。40

【0067】

同時に、電磁石鉄心4-1の一方の脚にはN極が生成され、電磁石鉄心4-1の他方の脚にはS極が生成されて、永久磁石2-3と永久磁石2-4との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心4-1の一方の脚との間および永久磁石2-4と永久磁石2-5との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心4-1の他方の脚との間には反発力が発生する。

【0068】

この結果、界磁ヨーク1が移動し、図8Bの状態となる。

【0069】

電流区間bにおいて、図8Bに示すごとく、励磁相Aに通電されることによって電磁石鉄心3-1が磁化されて磁界 c aが生成され、励磁相Bに通電されることによって電磁石

鉄心 4 - 1 が磁化されて磁界 c b が生成される。

【 0 0 7 0 】

したがって、電磁石鉄心 3 - 1 の一方の脚には N 極が生成され、電磁石鉄心 3 - 1 の他方の脚には S 極が生成されて、永久磁石 2 - 0 と永久磁石 2 - 1 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 1 と永久磁石 2 - 2 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の他方の脚との間には吸引力が発生し、永久磁石 2 - 1 と永久磁石 2 - 2 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 2 と永久磁石 2 - 3 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の他方の脚との間には反発力が発生する。

【 0 0 7 1 】

10

同時に、電磁石鉄心 4 - 1 の一方の脚には N 極が生成され、電磁石鉄心 4 - 1 の他方の脚には S 極が生成されて、永久磁石 2 - 2 と永久磁石 2 - 3 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 3 と永久磁石 2 - 4 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の他方の脚との間には吸引力が発生し、永久磁石 2 - 3 と永久磁石 2 - 4 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 4 と永久磁石 2 - 5 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の他方の脚との間には反発力が発生する。

【 0 0 7 2 】

20

この結果、界磁ヨーク 1 は図 8 C において一旦停止状態となる。界磁ヨーク 1 は図 8 A の状態から図 8 B の状態を経て、図 8 C の状態へと右側方向に e / m にて定まる 1 ステップ幅だけ移動する。

【 0 0 7 3 】

電流区間 c において、図 8 C に示すごとく、励磁相 A は図 8 A の場合に対して逆方向に通電されることによって電磁石 3 の鉄心 3 - 1 が逆方向に磁化されて磁界 c a が生成され、励磁相 B に通電されることによって電磁石鉄心 4 - 1 が磁化されて磁界 c b が生成される。

【 0 0 7 4 】

30

したがって、電磁石鉄心 3 - 1 の一方の脚には S 極が生成され、電磁石鉄心 3 - 1 の他方の脚には N 極が生成されて、永久磁石 2 - 0 と永久磁石 2 - 1 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 1 と永久磁石 2 - 2 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の他方の脚との間には反発力が発生する。

【 0 0 7 5 】

同時に、電磁石鉄心 4 - 1 の一方の脚には N 極が生成され、電磁石鉄心 4 - 1 の他方の脚には S 極が生成されて、永久磁石 2 - 2 と永久磁石 2 - 3 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 3 と永久磁石 2 - 4 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の他方の脚との間には吸引力が発生し、永久磁石 2 - 3 と永久磁石 2 - 4 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 4 と永久磁石 2 - 5 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の他方の脚との間には反発力が発生する。

【 0 0 7 6 】

40

この結果、界磁ヨーク 1 が移動し、図 9 A の状態となる。

【 0 0 7 7 】

電流区間 d において、図 9 A に示すごとく、励磁相 A は図 8 A の場合に対して逆方向に通電されることによって電磁石鉄心 3 - 1 が磁化されて磁界 c a が生成され、励磁相 B に通電されることによって電磁石鉄心 4 - 1 が磁化されて磁界 c b が生成される。

【 0 0 7 8 】

したがって、電磁石鉄心 3 - 1 の一方の脚には S 極が生成され、電磁石鉄心 3 - 1 の他方の脚には N 極が生成されて、永久磁石 2 - (- 1) と永久磁石 2 - 0 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 0 と永久磁石 2 - 1 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の他方の脚との間には吸引力が発生し、永久磁石 2

50

- 0 と永久磁石 2 - 1 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 1 と永久磁石 2 - 2 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の他方の脚との間には反発力が発生する。

【 0 0 7 9 】

同時に、電磁石鉄心 4 - 1 の一方の脚には N 極が生成され、電磁石鉄心 4 - 1 の他方の脚には S 極が生成されて、永久磁石 2 - 2 と永久磁石 2 - 3 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 3 と永久磁石 2 - 4 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の他方の脚との間には吸引力が発生し、永久磁石 2 - 3 と永久磁石 2 - 4 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 4 と永久磁石 2 - 5 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の他方の脚との間には反発力が発生する。 10

【 0 0 8 0 】

この結果、界磁ヨーク 1 が移動し、図 9 B において一旦停止状態となる。界磁ヨーク 1 は図 8 C の状態から図 9 A の状態を経て図 9 B の状態へと右側方向に e / m にて定まる 1 ステップ幅だけ移動する。

【 0 0 8 1 】

電流区間 e において、図 9 B に示すごとく、励磁相 A に図 8 A の場合に対して逆方向に通電されることによって電磁石鉄心 3 - 1 が磁化されて磁界 c a が生成され、励磁相 B に図 8 A の場合に対して逆方向通電されることによって電磁石鉄心 4 - 1 が磁化されて磁界 c b が生成される。 20

【 0 0 8 2 】

したがって、電磁石鉄心 3 - 1 の一方の脚には S 極が生成され、電磁石鉄心 3 - 1 の他方の脚には N 極が生成されて、永久磁石 2 - (- 1) と永久磁石 2 - 0 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 0 と永久磁石 2 - 1 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の他方の脚との間には吸引力が発生し、永久磁石 2 - 0 と永久磁石 2 - 1 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 1 と永久磁石 2 - 2 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 3 - 1 の他方の脚との間には反発力が発生する。

【 0 0 8 3 】

同時に、電磁石鉄心 4 - 1 の一方の脚には S 極が生成され、電磁石鉄心 4 - 1 の他方の脚には N 極が生成されて、永久磁石 2 - 2 と永久磁石 2 - 3 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の一方の脚との間および永久磁石 2 - 3 と永久磁石 2 - 4 との間の界磁ヨーク部分と電磁石鉄心 4 - 1 の他方の脚との間には反発力が発生する。 30

【 0 0 8 4 】

この結果、界磁ヨーク 1 が移動し、図 9 C の状態となる。

【 0 0 8 5 】

電流区間 f 、 g および h についても、図 9 C 、図 10 A 、図 10 B に示すごとくであって、この場合の作用も電流区間 a 、 b 、 c 、 d および e における作用から容易に類推することができよう。

【 0 0 8 6 】

図 8 A ~ 図 10 B に示した 2 相励磁による駆動の場合に、各相に発生する推力は図 12 に示すごとくである。

【 0 0 8 7 】

以上からも明らかな如く、本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ 10 では、図 2 A ~ 図 3 B および図 8 A ~ 図 10 B のように、1 相励磁および 2 相励磁によって駆動することができる。

【 0 0 8 8 】

本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ 10 の変位に対する推力特性とバリアブルリラクタンスリニアモータの変位に対する推力特性とを比較した場合、図 13 に示す如くであって、本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ 10 の変位に対する推力特性が格段

10

20

30

40

50

に良好であった。図13において、実線は本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ10の変位に対する推力特性を示し、破線はバリアブルリラクタンスリニアモータの変位に対する推力特性を示している。

【0089】

界磁ヨーク1に埋め込まれる永久磁石の埋め込み長さ（永久磁石は界磁ヨーク1の表面と同一の表面を形成するように埋め込まれているため、永久磁石の埋め込み長さは埋め込み深さでもあるが、以下、永久磁石の埋め込み長さと記す）を変化させた場合における本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ10において、変位に対する推力特性は図14に示す如くであった。図14において、実線は界磁ヨーク1に埋め込まれる永久磁石の埋め込み長さが例えば2.5mmの場合を示し、破線は界磁ヨーク1に埋め込まれる永久磁石の埋め込み長さが例えば1.0mmの場合を示している。しかし、永久磁石の埋め込み長さが3mm以上で飽和する傾向を示した。
10

【0090】

界磁ヨーク1に埋め込まれる永久磁石の埋め込み長さを変化させた場合における本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ10において、変位に対する垂直力特性は図15に示す如くであった。図15において、実線aは界磁ヨーク1に埋め込まれる永久磁石の埋め込み長さが例えば2.5mmの場合を示し、実線cは例えば1.0mmの場合を示している。それぞれに対する図15における破線b、dはコイルに通電していないときの垂直力を示している。
20

【0091】

また、本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ10において、界磁ヨーク1に埋め込まれる永久磁石の埋め込み長さを変化させた場合における垂直力特性は図16に示す如くであった。

【0092】

また、本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ10において、界磁ヨーク1に埋め込まれる永久磁石の埋め込み長さを変化させた場合における推力特性およびディテント力特性は図17に示す如くであった。図17において実線は推力特性を示し、破線はディテント力特性を示す。

【0093】

さらにまた、本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ10において、界磁ヨーク1に埋め込まれる永久磁石の埋め込み長さを変化させた場合における推力／ディテント力の比は図18に示す如くであった。
30

【0094】

また、本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ10において、界磁ヨーク1に埋め込まれる永久磁石の埋め込み長さを変化させた場合における推力／垂直力の比は図19に示す如くであった。

【0095】

上記の特性から、界磁ヨーク1に埋め込まれる永久磁石の埋め込み長さには、界磁ヨーク1の材質、永久磁石の材質、電磁石鉄心の材質などの関係で定まる適当な長さが存在する。
40

【0096】

上記した本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ10における電磁石3、4の電磁石鉄心3-1、4-1は、図2A～図3B、図8A～図10Bにおいて、断面U字状の場合を例示したが、電磁石鉄心3-1(4-1)に代わって断面E字状の電磁石鉄心3-5(4-5)、すなわち3脚状に形成し、その中央の脚3-6(4-6)にコイル3-2(4-2)を巻き回した構成であってもよい。

【0097】

この場合の構成例は、永久磁石の一部と共に示せば図20～図22に示す如くである。

【0098】

図20の(A)の場合は電磁石鉄心3-5(4-5)の両外側の脚3-7(4-7)、3
50

- 8 (4 - 8)、中央の脚 3 - 6 (4 - 6)のそれぞれの位置が永久磁石の位置にほぼ対向し、コイル 3 - 2 (4 - 2)に通電していない状態を示している。

【 0 0 9 9 】

図 2 0 の (B) は図 2 0 の (A) においてコイル 3 - 2 (4 - 2) に通電したときの状態を示し、通電による磁化によって電磁石鉄心 3 - 5 (4 - 5) の両外側の脚 3 - 7 (4 - 7)、3 - 8 (4 - 8) に S 極が生成され、中央の脚 3 - 6 (4 - 6) には N 極が生成されて、永久磁石間における界磁ヨークとの間で矢印で示した吸引力と反発力が生ずる。

【 0 1 0 0 】

図 2 1 の (A) の場合は電磁石鉄心 3 - 5 (4 - 5) の両外側の脚 3 - 7 (4 - 7)、3 - 8 (4 - 8)、中央の脚 3 - 6 (4 - 6) のそれぞれが隣り合う永久磁石間の界磁ヨーク部分にほぼ対向し、コイル 3 - 2 (4 - 2) に通電していない状態を示している。 10

【 0 1 0 1 】

図 2 1 の (B) は図 2 1 の (A) においてコイル 3 - 2 (4 - 2) に通電したときの状態を示し、通電による磁化によって電磁石鉄心 3 - 5 (4 - 5) の両外側の脚 3 - 7 (4 - 7)、3 - 8 (4 - 8) に S 極が生成され、中央の脚 3 - 6 (4 - 6) には N 極が生成されて、永久磁石間の界磁ヨーク 1 との間で矢印で示した反発力のみが生ずる。

【 0 1 0 2 】

図 2 2 は断面 E 字状の電磁石鉄心の変形例を示している。

【 0 1 0 3 】

図 2 2 に示す電磁石鉄心の場合は、対をなす一対の脚 3 - 1 1 と 3 - 1 2 と、対をなす一対の脚 3 - 1 3 と脚 3 - 1 4 とを有し、ヨークにて連結されていて、脚 3 - 1 1 と脚 3 - 1 2 とはそれぞれ永久磁石のピッチにほぼ等しい極ピッチを有し、脚 3 - 1 3 と脚 3 - 1 4 とはそれぞれ永久磁石のピッチにほぼ等しい極ピッチを有し、脚 3 - 1 2 と脚 3 - 1 3 との極ピッチは永久磁石の 2 倍のピッチにほぼ等しい間隔に構成してある。 20

【 0 1 0 4 】

この図 2 2 に示すように構成することにより、通電にて電磁石鉄心の脚と界磁ヨーク 1 との間で吸引力と反発力が生じ、極ピッチに対してコイルの体積を大きくすることができて、大きな推力を得ることができる。

【 0 1 0 5 】

次に、3 相駆動用の場合について説明する。 30

【 0 1 0 6 】

図 2 3 は本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ 1 0 を 3 相駆動に対応させた場合の構成を示す模式説明図である。

【 0 1 0 7 】

この場合は、上記した (5) 式および (6) 式にしたがって、永久磁石 2 - 1、2 - 2、2 - 3、...をピッチ p で界磁ヨーク 1 に埋め込み、電磁石の極のピッチを e 、電磁石間のピッチを g 、電磁石鉄心の脚の幅を $e / 2$ として、互いに $d = 5 e / 6$ の間隔を隔てて設けた 3 つの電磁石 3、4、5 を備えて、電磁石 3、4、5 によって励磁相 A、励磁相 B、励磁相 C を構成し、励磁相 A、励磁相 B、励磁相 C を 3 相駆動する。 40

【 0 1 0 8 】

図 2 3 において、符号 3 - 1、4 - 1、5 - 1 は電磁石鉄心を示し、符号 3 - 2、4 - 2、5 - 2 はコイルを示している。

【 0 1 0 9 】

この 3 相駆動の場合の作用も、2 相駆動の場合と同様であって、大きな推力が得られる。

【 0 1 1 0 】

次に、5 相駆動用の場合について説明する。

【 0 1 1 1 】

図 2 4 は本発明の実施の一形態にかかるリニアモータ 1 0 を 5 相駆動に対応させた場合の構成を示す模式説明図である。

【 0 1 1 2 】

この場合は、上記した(5)式および(6)式にしたがって、永久磁石2-1、2-2、2-3、…をピッチpで界磁ヨーク1に埋め込み、電磁石の極のピッチをe、電磁石間のピッチをg、電磁石鉄心の脚の幅をe/2として、互いにd=7e/10の間隔を隔てて設けた5つの電磁石3、4、5、6、7を備えて、電磁石3、4、5、6、7によって励磁相A、励磁相B、励磁相C、励磁相D、励磁相Eを構成し、5相駆動する。

【0113】

図24において、符号3-1、4-1、5-1、6-1、7-1は電磁石鉄心を示し、符号3-2、4-2、5-2、6-2、7-2はコイルを示している。

【0114】

この5相駆動の場合の作用も、2相駆動、3相駆動の場合と同様であって、大きな推力が得られる。

【0115】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明にかかるリニアモータによれば、磁性体からなる界磁ヨークに長さ方向に所定ピッチで隣り合う極性が互いに逆になるように複数の永久磁石を埋め込み、予め定めた間隔の極ピッチを有する複数の電磁石を界磁ヨークの長さ方向に沿って所定ピッチで設けると共に、界磁ヨークに対向して所定ギャップ隔てて設けて、電磁石を順次励磁することによって、界磁ヨークに埋め込まれた永久磁石の磁極と永久磁石間の界磁ヨーク部分に形成される磁極と磁化により電磁石に形成される磁極との間の極性に基づく吸引力と反発力とが生じて、界磁ヨークと電磁石との間に推力が発生し、界磁ヨークと電磁石の一方が駆動される。この場合の構成は簡単であるにもかかわらず、大きな推力を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータの構成図である。

【図2】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータの構成を示す模式説明図である。

【図3】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータの構成を示す模式説明図である。

【図4】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータにおける永久磁石の相互の位置関係と、電磁石の位置関係とを示す模式説明図である。

【図5】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータにおける変位に対する推力特性図である。

【図6】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータの推力特性と、従来のリニアモータの推力特性とを比較した模式特性図である。

【図7】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータにおける電磁石の他の構成を示す模式図である。

【図8】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータを2相励磁した場合の説明に供する模式説明図である。

【図9】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータを2相励磁した場合の説明に供する模式説明図である。

【図10】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータを2相励磁した場合の説明に供する模式説明図である。

【図11】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータを2相励磁する場合の励磁電流の模式波形図である。

【図12】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータを2相励磁した場合において各相に発生する推力を示す推力特性図である。

【図13】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータにおける変位に対する推力および従来のバリアブルリラクタンスリニアモータにおける変位に対する推力を示す推力特性図である。

【図14】永久磁石の埋め込み長さを変化させたときにおける本発明の実施の一形態にかかるリニアモータにおける変位に対する推力を示す推力特性図である。

10

20

30

40

50

【図15】永久磁石の埋め込み長さを変化させたときにおける本発明の実施の一形態にかかるリニアモータにおける変位に対する垂直力を示す垂直力特性図である。

【図16】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータにおける永久磁石の埋め込み長さの変化に対する垂直力を示す垂直力特性図である。

【図17】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータにおける永久磁石の埋め込み長さの変化に対する推力を示す推力特性図である。

【図18】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータにおける永久磁石の埋め込み長さの変化に対する推力 / ディテント力の比を示す特性図である。

【図19】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータにおける永久磁石の埋め込み長さの変化に対する推力 / 垂直力の比を示す特性図である。 10

【図20】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータにおける断面E字状の電磁石鉄心を用いた電磁石の構成を示す模式図である。

【図21】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータにおける断面E字状の電磁石鉄心を用いた電磁石の構成を示す模式図である。

【図22】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータにおける断面E字状の電磁石鉄心の変形例を用いた電磁石の構成を示す模式図である。

【図23】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータを3相駆動に対応させた場合の構成を示す模式説明図である。 20

【図24】本発明の実施の一形態にかかるリニアモータを5相駆動に対応させた場合の構成を示す模式説明図である。

【符号の説明】

1 ... 界磁ヨーク

2 - 0 ~ 2 - 8 ... 永久磁石

2 ~ 7 ... 電磁石

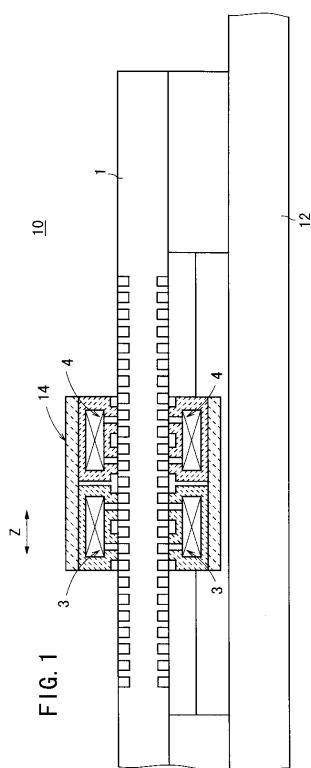
3 - 1、3 - 5、4 - 1、4 - 5、5 - 1、6 - 1、7 - 1 ... 電磁石鉄心

3 - 2、4 - 2、5 - 2、6 - 2、7 - 2 ... コイル

3 - 6 ~ 3 - 8、3 - 11 ~ 3 - 14、4 - 6 ~ 4 - 8 ... 脚

1 0 ... リニアモータ

【 四 1 】



【図3】

FIG. 3A

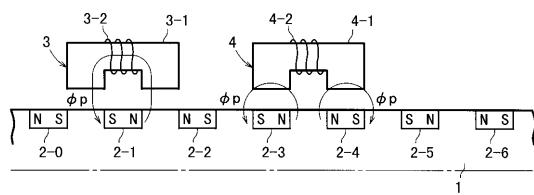
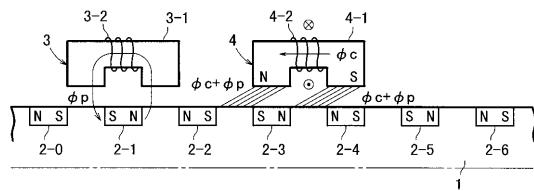


FIG. 3B



【 四 2 】

FIG. 2A

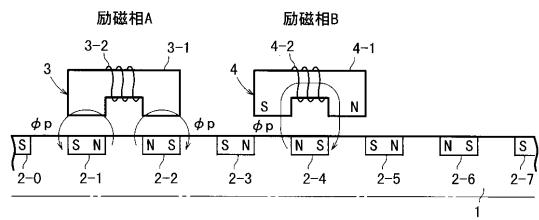


FIG. 2B

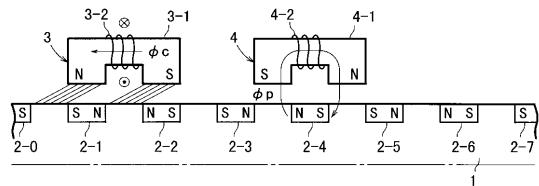
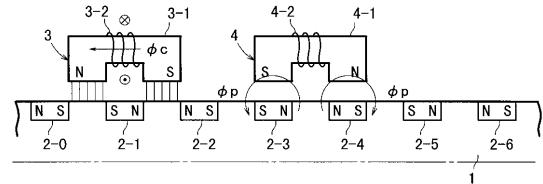
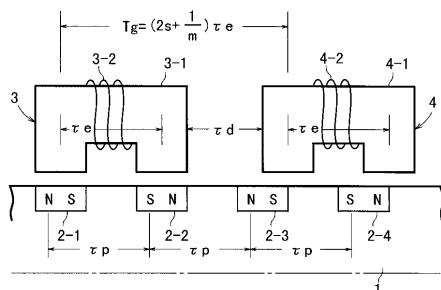


FIG. 2C



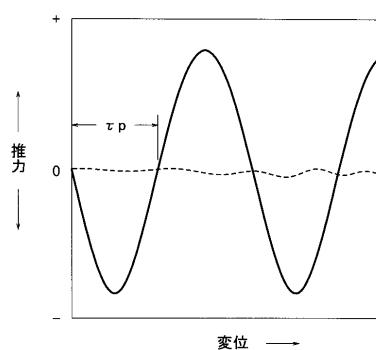
【図4】

FIG. 4



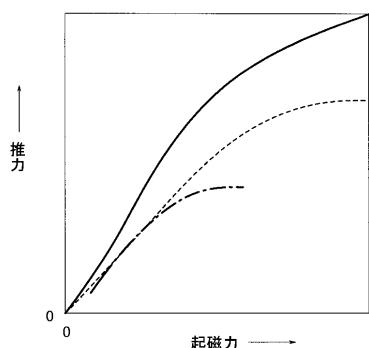
【圖 5】

FIG. 5



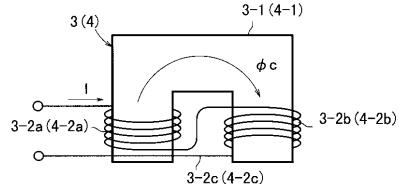
【図 6】

FIG. 6



【図 7】

FIG. 7



【図 8】

FIG. 8A

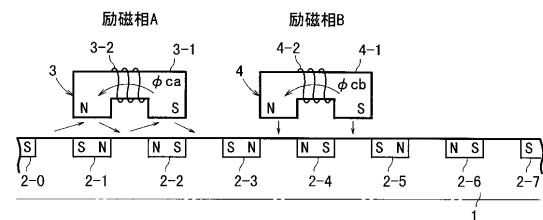


FIG. 8B

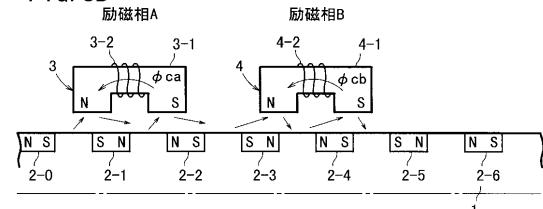
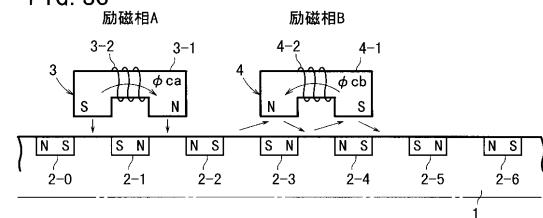


FIG. 8C



【図 9】

FIG. 9A

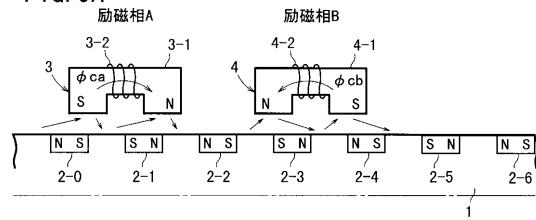


FIG. 9B

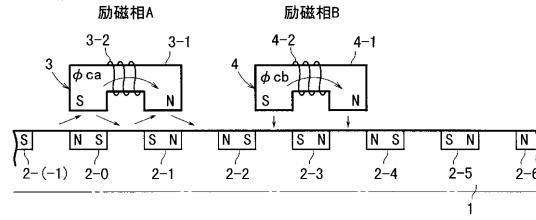
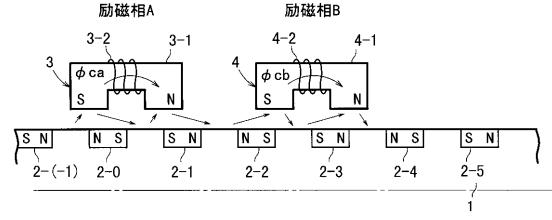


FIG. 9C



【図 10】

FIG. 10A

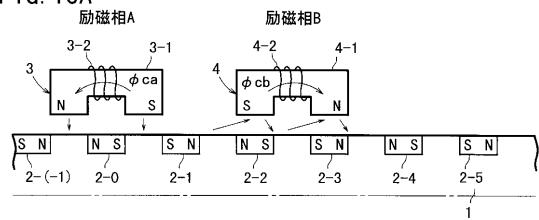
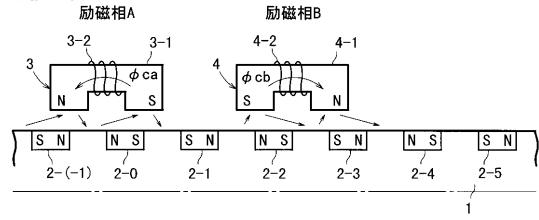


FIG. 10B



【図 1 1】

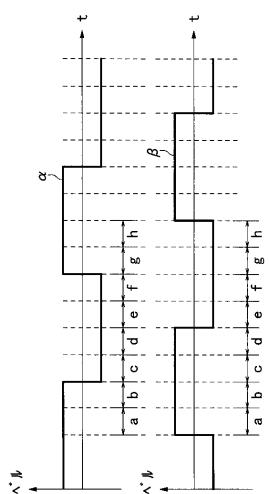


FIG. 11A

FIG. 11B

【図 1 2】

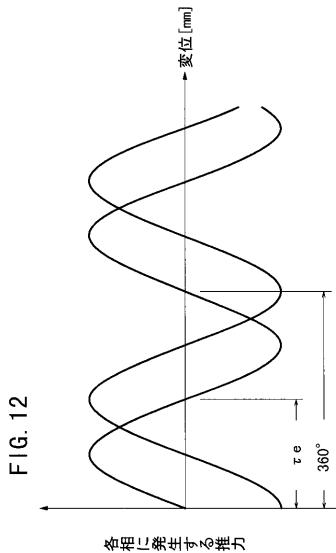
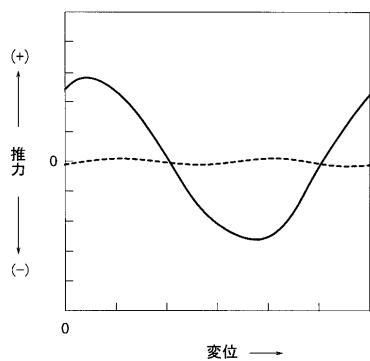


FIG. 12

各環に発生する推力

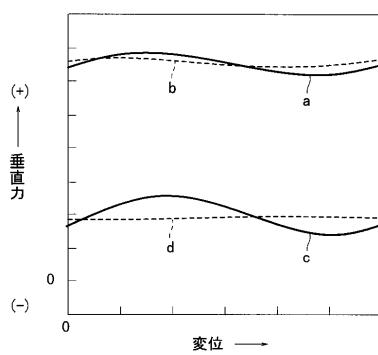
【図 1 3】

FIG. 13



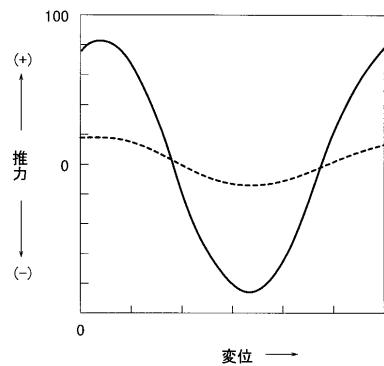
【図 1 5】

FIG. 15



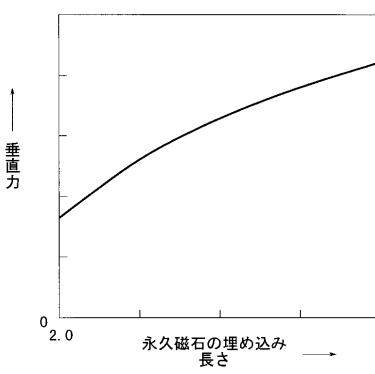
【図 1 4】

FIG. 14



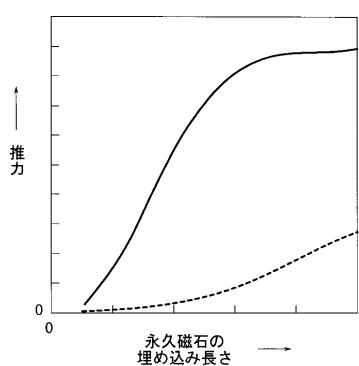
【図 1 6】

FIG. 16



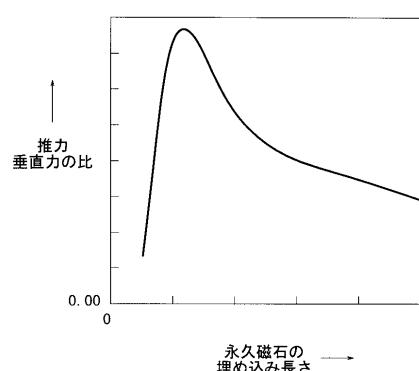
【図 17】

FIG. 17



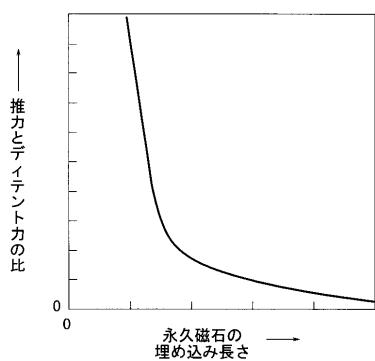
【図 19】

FIG. 19



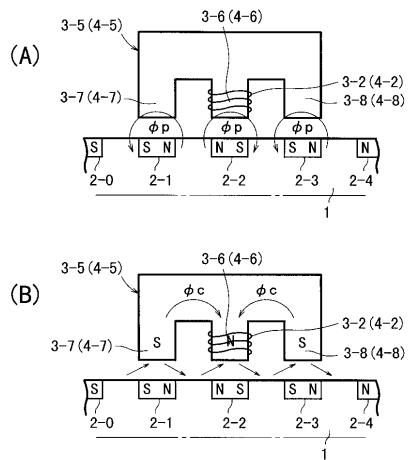
【図 18】

FIG. 18



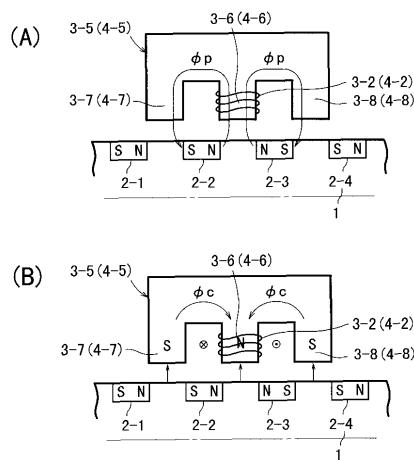
【図 20】

FIG. 20



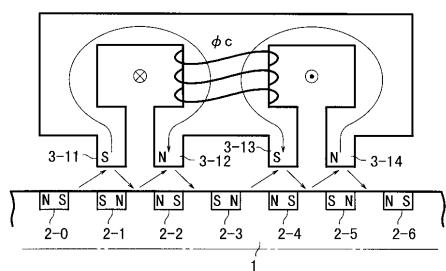
【図 21】

FIG. 21



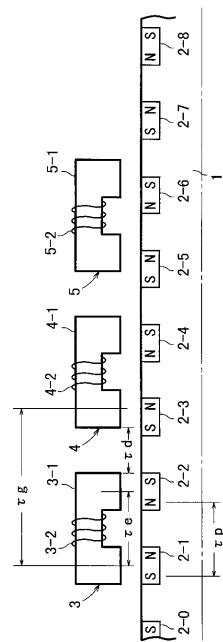
【図22】

FIG. 22



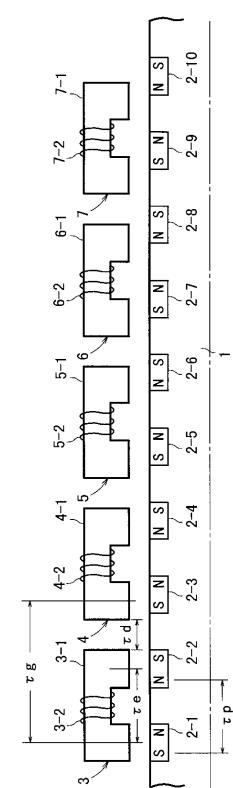
【図23】

FIG. 23



【図24】

FIG. 24



フロントページの続き

(72)発明者 矢島 久志
茨城県筑波郡谷和原村綱の台 4 - 2 - 2 エスエムシー株式会社 筑波技術センター内

(72)発明者 田村 和也
茨城県筑波郡谷和原村綱の台 4 - 2 - 2 エスエムシー株式会社 筑波技術センター内

(72)発明者 藤原 伸広
茨城県筑波郡谷和原村綱の台 4 - 2 - 2 エスエムシー株式会社 筑波技術センター内

(72)発明者 脇若 弘之
長野県長野市若里 5 - 16 - 3 - 5

(72)発明者 ノルヒサム ミスロン
長野県長野市若里 3 - 10 - 37 若里 CAN CAN 5番館302号

審査官 當間 庸裕

(56)参考文献 特開平03-124254 (JP, A)
実開昭55-035835 (JP, U)
実開昭62-159177 (JP, U)
特開昭58-165656 (JP, A)
特開昭59-86469 (JP, A)
特開平11-313476 (JP, A)
特開2000-253640 (JP, A)
特開昭56-74080 (JP, A)
特開平2-142353 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K41/00-41/06