

(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2011-193703

(P2011-193703A)

(43) 公開日 平成23年9月29日(2011.9.29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO2K 41/03 (2006.01)	HO2K 41/03 A	5C001
HO1J 37/20 (2006.01)	HO1J 37/20 D	5H641

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2010-60062 (P2010-60062)
 (22) 出願日 平成22年3月17日 (2010.3.17)

(71) 出願人 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 (74) 代理人 110000350
 ポレール特許業務法人
 (72) 発明者 田中 秀樹
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
 式会社日立製作所日立研究所内
 (72) 発明者 和久田 毅
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
 式会社日立製作所日立研究所内
 Fターム(参考) 5C001 AA03 CC04 DD02
 5H641 BB06 BB15 BB16 GG02 HH03
 HH05

(54) 【発明の名称】 リニアモータ対、移動ステージ、及び電子顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】

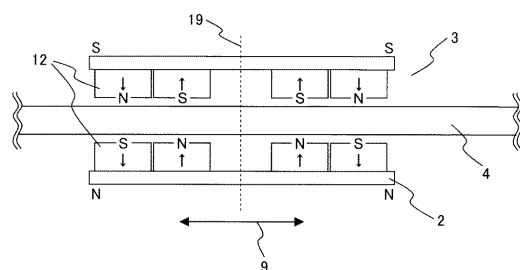
ムービングマグネット型のリニアモータ対を移動ステージに利用する場合、このリニアモータ対に挟まれる空間の磁場が可動子の移動に伴って大きく変動する。

【解決手段】

リニアモータの可動子3の中央面19を基準として鏡面対称となるように、4N組(Nは自然数)の磁石ペア12を配置する。極性は、可動子中央線19で隣り合う極性が同じで、離れるに従ってN極とS極とが交互となるように磁石ペア12を配列する。このようなリニアモータを2組並行に配置してリニアモータ対を形成し、このリニアモータ対を用いてステージを駆動することで、例えば電子顕微鏡等の磁場環境に与える影響の少ない移動ステージを実現した。

【選択図】 図6

図 6



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

直線状の固定子を並行に配置し、可動子が並行して移動する第 1 及び第 2 のリニアモータから成るリニアモータ対において、前記可動子は前記固定子を挟んで N 極と S 極とが向かい合うように配置された磁石ペアを移動方向に沿って 4 N 組 (N は自然数) 有し、当該 4 N 組の磁石ペアは、可動子の移動方向中央部を基準にして鏡面对称に配置し、かつ、当該移動方向中央部で隣り合う極性が同じで、離れるに従って N 極と S 極とが交互となるように配列することを特徴とするリニアモータ対。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記第 1 及び第 2 のリニアモータは互いの固定子が並行となるように所定の間隔を隔てて鏡面对称に配置され、各リニアモータの可動子を構成する前記 4 N 組の磁石ペアの磁極は、両可動子を重ねたときに磁極が一致する配列とすることを特徴とするリニアモータ対。

10

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、各リニアモータの可動子を構成する前記 4 N 組の磁石ペアは、前記可動子の移動方向中央部で隣り合う磁石ペアの間隔以外を所定のピッチで配列し、前記移動方向中央部で隣り合う磁石ペアの間隔を前記所定のピッチの約 2 倍とすることを特徴とするリニアモータ対。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかにおいて、前記各可動子を構成する 4 N 組の磁石ペア及びヨークを磁気シールドで囲むように構成することを特徴とするリニアモータ対。

20

【請求項 5】

請求項 1 から 3 のいずれかに記載のリニアモータ対を構成する可動子と移動ステージとを連結部材を介して連結し、前記可動子の位置を制御することで前記移動ステージの一軸方向の位置を制御することを特徴とする移動ステージ。

【請求項 6】

請求項 1 から 3 のいずれかに記載のリニアモータ対を少なくとも二組備え、当該二組のリニアモータ対を夫々構成する直線状の固定子を互いに直交する方向に配置し、かつ、前記二組のリニアモータ対の可動子を移動ステージに連結して、前記夫々の可動子の位置を制御することで前記移動ステージの二軸方向の位置を制御することを特徴とする移動ステージ。

30

【請求項 7】

請求項 6 記載の移動ステージを用いた電子顕微鏡において、前記直交する二組のリニアモータ対を夫々構成する第 1 及び第 2 のリニアモータの固定子に挟まれる領域に、前記電子顕微鏡の電子線照射領域を形成したことを特徴とする電子顕微鏡。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、直線状の固定子を並列に 2 組配置してなるリニアモータ対、更にはこのリニアモータ対を用いた移動ステージ及び電子顕微鏡に関するものである。

40

【背景技術】**【0002】**

直線的に可動子を移動させるリニアモータは、例えば、特許文献 1 に記載されているように、可動子側に永久磁石群を有し、固定子側にコイル群を有するムービングマグネット型のリニアモータがある。また、可動子と固定子を入れ替えた組み合わせのムービングコイル型のリニアモータも使用されている。両者ともに、コイル群に通電する電流を制御することで、可動子の位置を制御する。

【0003】

このようなリニアモータは、高精度な位置決めが可能であるため、高精度な位置決めが必要である機器において、2 次元に移動する移動ステージの駆動装置として用いられてい

50

る。

【0004】

電子顕微鏡のステージ駆動装置としてリニアモータを利用する場合、前述のムービングコイル型リニアモータでは、電流配線の位置または形状変化に伴うダストの発生が問題視されている。一方で、ムービングマグネット型リニアモータでは、コイル群が固定されているため、可動子の移動に伴う配線や配管の位置・形状変化はない。

【0005】

図1に、本発明を適用するムービングマグネット型リニアモータをステージ駆動に用いた場合の一例を示す。図1は略断面図である。永久磁石1とヨーク2からなる可動子3の移動方向は、図面垂直方向である。永久磁石1は、N極とS極が向かいあうよう所定の間隔を隔てて配置されており、さらに、可動子移動方向に沿ってN極とS極が交互に入れ替わるように配置され、ヨーク2に固着されている。固定子4にはコイル群が含まれている。可動子3と移動ステージ5は、連結部6などで接続されている。本例では直接接続した例を示したが、間接的に接続されている場合もある。さらに、可動子3は摩擦抵抗などを小さくするために、支持装置7で支持されている。支持装置7には、摩擦の小さなリニアガイドや圧縮空気を利用した浮上支持装置などがある。

10

【0006】

図2に、本発明を適用する電子顕微鏡の駆動ステージの一例を示す。図示するように、X軸及びY軸とも、2台のムービングマグネット型リニアモータから成るリニアモータ対を備えている。可動子3の位置を制御することで、移動ステージ5に固着されたサンプル（図示せず）の位置も変化する。電子線の照射位置8及びその照射領域はほぼ固定されているので、予め移動ステージ5を駆動して電子線照射領域にサンプルを位置づけ、電子線を走査或はステージを微動させることで、サンプルの所望のX位置、Y位置での撮像が可能となる。

20

【0007】

しかし、電子線位置8と可動子3との相対的距離が変化するため、可動子3の移動に伴って電子線位置8付近の磁場が変動（以下「磁場変動」と称す）し、高精度の撮像が困難となる。磁場変動により、電子線の軌道が微妙に変化するからである。

【0008】

これを防ぐために、可動子3の周辺に磁気シールドを配置して可動子3からの漏洩磁場分布を抑制することで、磁場変動をある程度小さくすることは可能である。複数枚の磁気シールドを設置すれば、磁場変動をマイクロテスラレベルまで抑制することも可能となるが、磁場変動の許容値が小さい測長走査型電子顕微鏡(CD-SEM)等では、マイクロテスラレベルの磁場変動でも問題となる。

30

【0009】

一方、図3に特許文献2等で知られている永久磁石の配置例を示す。図は水平方向での断面図である。永久磁石群は、N極とS極が向かいあうよう所定の間隔を隔てて配置されており、さらに、可動子移動方向9に沿ってN極とS極が交互に入れ替わるように配置され、ヨーク2に固着されている。ここで簡略のため、図面上で上側がS極、下側がN極である永久磁石を下向き永久磁石10、その逆を上向き永久磁石11、固定子4を挟んで向かい合っている2つの永久磁石を「磁石ペア」12と呼ぶ。

40

【0010】

図に示した例のように、磁石ペアの数が偶数の場合、上向き永久磁石と下向き永久磁石の数が等しいため、永久磁石は互いに打ち消しあっているように見える。しかし、可動子移動方向両端の永久磁石から発生する磁束は外側に向かうため、図に示すように、可動子の角にはS、N、S、Nの磁極が現れることが判った。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開平8-37772号公報

50

【特許文献2】特公平2-3393号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

ここで、前記図3で述べた可動子の角に現れる磁極の影響等について、図4及び図5を用いて説明する。

【0013】

図4は、図3の可動子を搭載したリニアモータ対を用いて、X軸方向への駆動ステージを構成する例を示す。本実施例は、リニアモータ対を構成する2つの可動子間で異なる磁極を向かい合わせた例である。この場合、磁束13は矢印13のように向かう。磁場評価点14は、電子顕微鏡の電子線位置に相当し、リニアモータ対の中間点である。2つの可動子3を連結させてX方向に移動させた場合、磁場評価点14において、磁場のX成分18は打ち消される。しかし、磁場のY成分16は強めあい、図4に示すように、可動子が磁場評価点の正面に配置されたときにゼロ、これを挟んでプラスの値とマイナスの値を持つような分布を描く。

10

【0014】

一方、2つの可動子間で等しい磁極を向かい合わせた場合の、X軸方向への駆動ステージ構成例を図5に示す。この場合、磁場評価点14における磁場のY成分16は打ち消されるが、磁場のX成分18は強めあい、可動子が磁場評価点の正面に配置されたときに最大、移動に伴い小さくなっていくという分布を描く。

20

【0015】

すなわち、可動子に含まれる磁石ペアが偶数の場合、リニアモータ対の中間点における磁場変動は、可動子の移動方向又は可動子間方向の何れかは必ず強めあうことになる。他方、磁石ペアが奇数の場合は、下向き永久磁石10と上向き永久磁石11の数が等しくないため、可動子からの漏洩磁場は磁石ペアが偶数の場合よりも更に大きくなる。

【0016】

そこで、本発明の目的とするところは、可動子の移動に伴う磁場変動を抑制し、もって磁場環境に与える影響の少ないムービングマグネット型のリニアモータ対、更には移動ステージ及び電子顕微鏡を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

30

【0017】

前記目的を達成するための、本発明の特徴とするところは、ムービングマグネット型リニアモータ対を構成する夫々の可動子の磁石ペアを移動方向に沿って4N組(Nは自然数)備え、この4N組の磁石ペアを、可動子の移動方向中央部を基準にして鏡面对称に配置し、かつ、当該移動方向中央部で隣り合う極性が同じで、離れるに従ってN極とS極とが交互となるように配列したところにある。

【0018】

更には、前記4N組の磁石ペアの磁極は、両可動子を重ねたときに磁極が一致する配列とし、斯かるリニアモータ対を用いて移動ステージ、更には電子顕微鏡を構成したところにある。

40

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、リニアモータ対を構成する可動子の移動による磁場変動を抑制することができるので、磁場環境に与える影響の少ないリニアモータ対、移動ステージ、更には電子顕微鏡を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明を適用するムービングマグネット型リニアモータの略断面図。

【図2】本発明を適用する電子顕微鏡の駆動ステージの一実施例図。

【図3】従来の可動子における永久磁石の配置図。

50

【図 4】可動子の移動に伴う磁場変動の説明図。

【図 5】可動子の移動に伴う磁場変動の説明図。

【図 6】本発明による実施例 1 の可動子断面図。

【図 7】本発明による実施例 1 の一軸駆動機構図。

【図 8】本発明による実施例 2 の可動子断面図。

【図 9】比較例における可動子断面図。

【図 10】本発明による実施例 2 と比較例の磁場分布グラフ。

【図 11】本発明による実施例 3 の可動子断面図と間隙磁束密度分布図。

【図 12】本発明による実施例 4 の可動子断面図と持続分布図。

【図 13】本発明による実施例 5 の可動子断面図。

【図 14】本発明による実施例 6 の可動子断面図。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の実施の形態を図示する実施例を用いて説明する。これらの実施例では、前述した本発明の目的及び特徴以外にも開示しているが、それらの特徴及び効果についてはその都度説明する。

【0022】

また、以下述べる実施例では、特に本発明の特徴を成すリニアモータ対の可動子の部分を中心に説明するが、それらのリニアモータ対を用いた移動ステージ、及び電子顕微鏡等は、前記図 2 等からも容易に理解でき、また、磁場変動が影響する用途としては、電子顕微鏡に限らず、電子線を用いた描画装置、イオン銃を用いた半導体等の加工装置等にも適宜適用することができる。

【実施例 1】

【0023】

図 6、図 7 に本発明の一実施例を示す。図 6 は可動子 3 の水平方向断面図である。可動子 3 は主に複数の永久磁石 1 とヨーク 2 から構成される。ほぼ同じ寸法でほぼ同じ磁束密度を有する 2 つの永久磁石 1 を、N 極と S 極が向かいあうよう所定の間隔を隔てて配置したものを磁石ペア 1 2 とする。可動子中央面 1 9 を基準として鏡面对称となるように、4 N 組 (N は自然数) の磁石ペア 1 2 を配置する。ただし永久磁石 1 の極性は、可動子中央線 1 9 をまたぐ箇所を除いて、可動子移動方向 9 に沿って N 極と S 極が交互になるよう配置する。本実施例では磁石ペア 1 2 が 4 組である場合を示したが、8 組、12 組などの配置も可能である。これらの永久磁石 1 は、透磁率が大きな鉄などの材料で作られたヨーク 2 によって固着される。ヨーク 2 の形状は、図 1 に示すように、開放部を下向きとするコの字型、または、馬蹄型が望ましい。

【0024】

固定子 4 は磁石ペア 1 2 の間隙に配置される。固定子の中にはほぼ直線上に並べられた複数のコイル (図示せず) が配置されており、コイルへの通電電流を制御することで、可動子 3 を移動させる。コイルの形状・配置や、通電電流の制御に関しては、従来のリニアモータの構成及び制御を利用できるので、ここでは説明を省略する。

【0025】

図 7 は図 6 に示した可動子を有するリニアモータを 2 台組み合わせてリニアモータ対とし、X 軸方向への駆動装置とした場合の概略図である。リニアモータ対の中央面 2 0 を基準として、鏡面对称となるよう配置する。一方のリニアモータを第一リニアモータ、他方を第二リニアモータとした場合、第二リニアモータの可動子に含まれる永久磁石 1 の極性は、第一リニアモータの可動子に含まれる永久磁石を平行移動させた向きとする。すなわち、2 組のリニアモータ間でも、永久磁石 1 は N 極と S 極が向かい合う配置とする。

【0026】

このように配置することで、磁束 1 3 は、一方の可動子から他方の可動子へと向かう方向に統一される。よって、磁場評価点 1 4 における Y 方向磁場強度 1 6 の符号は、正負のどちらか一方となり (図 7 の場合は負)、図 4 のように正負に分かれることはない。なお

10

20

30

40

50

、磁場評価点 1 4 における磁場の X 成分は打ち消される。

【 0 0 2 7 】

図 7 に示したリニアモータ対を 2 組用いて、図 2 のように配置することで、移動ステージ 5 の位置変化に伴う磁場変動が小さな XY ステージを構成できる。即ち、二組のリニアモータ対の夫々の固定子に挟まれる領域に、電子線等の作業領域を形成するわけである。

【 0 0 2 8 】

このように、リニアモータ対の中間点において可動子の移動に伴う磁場変動を抑制できる。従って、このようなリニアモータ対を用いることで、ステージの移動に伴う磁場変動の小さなステージ駆動装置や、電子顕微鏡を実現できる。さらに、可動子内の対称部では磁束の量が少ないため、ヨーク部を細く変更することも可能で、可動子の軽量化が図れる。さらに、ムービングマグネット型のリニアモータであるため、可動子の移動に伴うダストを抑制することができ、電子顕微鏡等の精密機器に対して有効である。

【 実施例 2 】

【 0 0 2 9 】

本発明の他の実施例について、前記実施例 1 との相違点を中心に、以下、図を参照しながら説明する。

【 0 0 3 0 】

図 8 に実施例 2 における可動子断面図を示す。ヨーク 2 を取り囲むように、透磁率が大きな鉄 - ニッケル合金板などからなる磁気シールド 2 3 を配置、可動子 3 に固着することで、可動子 3 からの漏洩磁場を低減できる。本実施例では、磁気シールド 2 3 を 2 層配置した場合を示したが、磁気シールド 2 3 の枚数・形状は限定しない。

【 0 0 3 1 】

図 9 に比較例を示す。本比較例は図 8 に示した実施例 2 との比較を行うための例である。この比較例では、永久磁石の配置が実施例 2 と異なるため、ヨーク 2 と磁気シールド 2 3 の可動子移動方向長さが短いが、その他の寸法、材料特性は同じものとしておく。

【 0 0 3 2 】

図 1 0 に、リニアモータ対で X 軸方向への駆動装置を構成した場合における、実施例 2 と比較例それぞれの磁場分布を示す。リニアモータ対の構成方法は、実施例 2 は図 7 に、比較例は図 4 に、それぞれ基づくものとする。これらの磁場分布は、シミュレーションで得たものである。横軸は可動子の X 座標 1 5、縦軸は磁場評価点の Y 方向磁場強度 1 6 である。磁場評価点 1 4 は、X 位置は可動子ストロークの中央 ($X = 0$)、Y 位置は 2 組のリニアモータから等距離の点、Z 位置は可動子上面よりも上方のある位置とした。実施例 2 は比較例と比べ、磁場変動の大きさを一桁程度抑制できることが分かった。

【 0 0 3 3 】

なお、実施例 2 の磁場分布 2 4 において、可動子の X 座標 1 5 の絶対値が大ききところでは、磁場評価点の Y 方向磁場強度 1 6 が変化し始めている。この変化を和らげ、磁場変動の少ないストローク長を延ばすためには、可動子 3 の可動子移動方向長さや、永久磁石の数を調整すればよい。

【 実施例 3 】

【 0 0 3 4 】

図 1 1 に、実施例 1 で示した可動子の断面図と、永久磁石間隙の磁束密度分布を示す。リニアモータの推力を調整する際、間隙の磁束密度分布を等ピッチとする。ただし本実施例に示す磁石配置の場合、図 1 1 に示すように間隙の磁束密度 2 6 は、可動子中央においてゼロとなる。よって、可動子中央も磁束密度極大点のひとつとみなし、磁束密度極大点間距離 P1 から P 4 が等しくなるよう、永久磁石ピッチ p 1 から p 4 を調整すればよい。

【 実施例 4 】

【 0 0 3 5 】

図 1 2 に、実施例 4 で示す可動子の断面図と、磁束分布の概要を示す。対称性から、磁束 1 3 は可動子中央付近のヨークには集中しないため、ヨークの量を低減することが可能である。例えば図 1 2 に示すように、可動子中央付近のヨークを削って軽量化したヨーク

10

20

30

40

50

27を用いることも可能である。ただし、軽量化したヨーク27も対称性を保った形状とする。

【実施例5】

【0036】

図11に示したように、可動子中央における間隙の磁束密度がゼロであるため、この範囲は推力を生み出すことができない。よって可動子移動方向9に対する可動子の推力分布を整えなければならない場合は、図13に示すように、永久磁石の可動子移動方向長さ28を短くし、永久磁石ピッチを短くすることで、可動子中央部の影響を相対的に小さくすることが可能である。

【実施例6】

【0037】

可動子間隙の磁束密度分布調整法のひとつに、永久磁石をハルバッハ配列とする方法が知られている。本発明においてもハルバッハ配列は適用可能であり、例えば図14に示すように、ハルバッハ配列用永久磁石29を配置すれば良い。

10

【符号の説明】

【0038】

1 ... 永久磁石

2 ... ヨーク

3 ... 可動子

4 ... 固定子

5 ... 移動ステージ

6 ... 連結部

7 ... 支持装置

8 ... 電子ビーム位置

9 ... 可動子移動方向

10 ... 下向き永久磁石

11 ... 上向き永久磁石

12 ... 磁石ペア

13 ... 磁束

14 ... 磁場評価点

15 ... 可動子のX座標

16 ... 磁場評価点のY方向磁場強度

17 ... 可動子正面に磁場評価点が位置したときの可動子のX座標

18 ... 磁場評価点のX方向磁場強度

19 ... 可動子中央面

20 ... リニアモータ対中央面

21 ... 第一リニアモータ

22 ... 第二リニアモータ

23 ... 磁気シールド

24 ... 実施例2の磁場分布

25 ... 比較例の磁場分布

26 ... 間隙の磁束密度

27 ... 軽量化したヨーク

28 ... 永久磁石の可動子移動方向長さ

29 ... ハルバッハ配列用永久磁石

p1, p2, p3, p4... 永久磁石ピッチ

P1, P2, P3, P4... 磁束密度極大点間距離

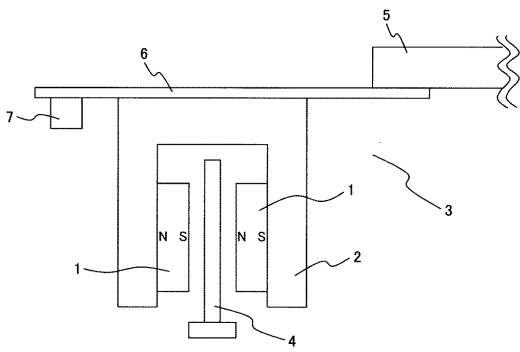
20

30

40

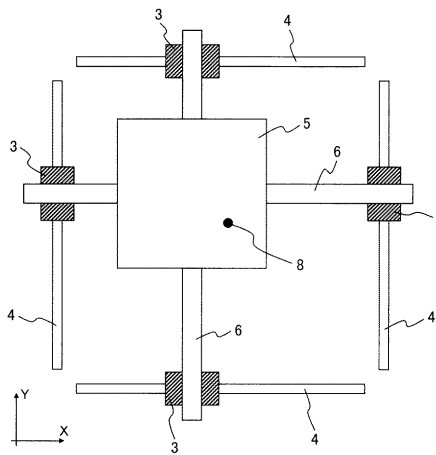
【 図 1 】

図 1



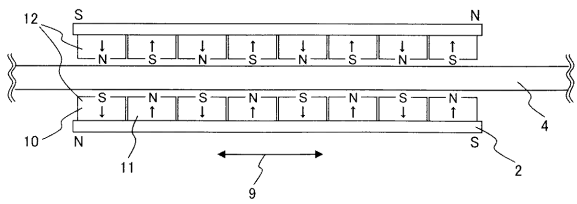
【 図 2 】

図 2



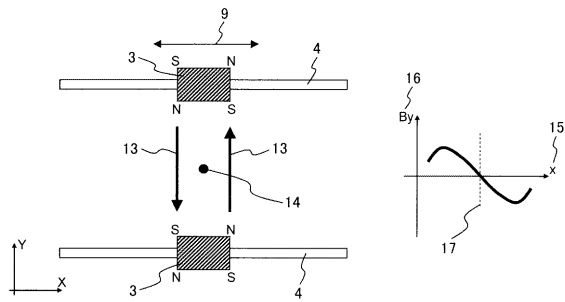
【 図 3 】

図 3



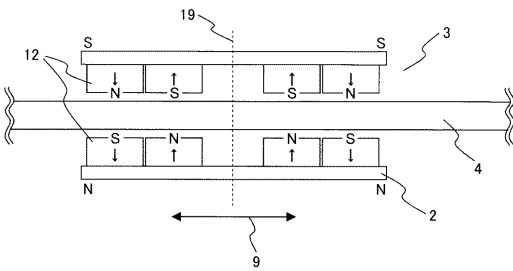
【 図 4 】

図 4



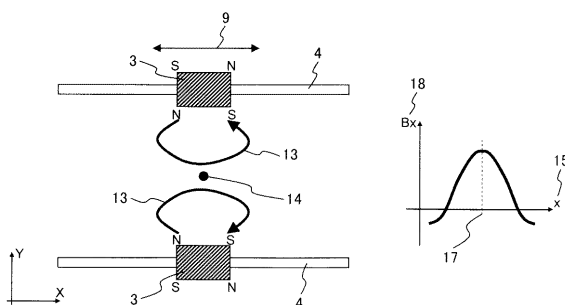
【 図 6 】

図 6



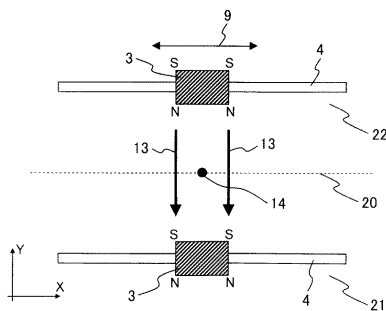
【 図 5 】

図 5



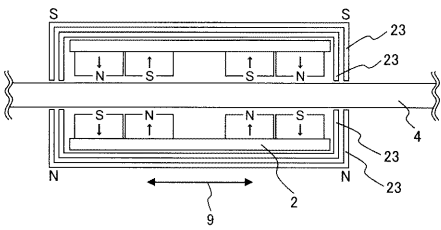
【 図 7 】

図 7



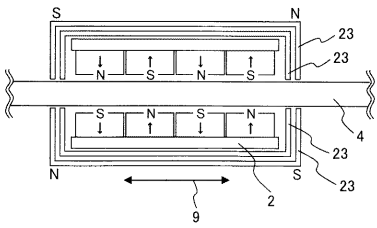
【 図 8 】

図 8



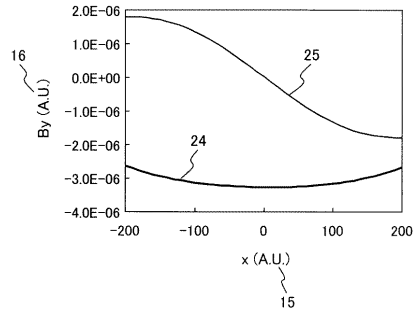
【 図 9 】

図 9



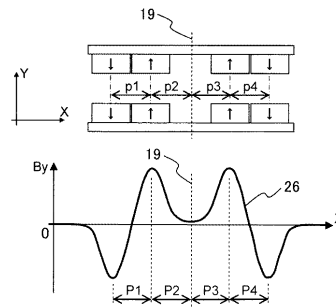
【 図 10 】

図 10



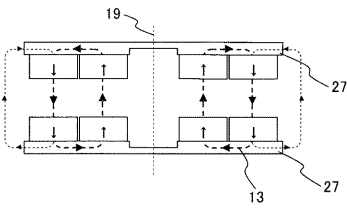
【 図 11 】

図 11



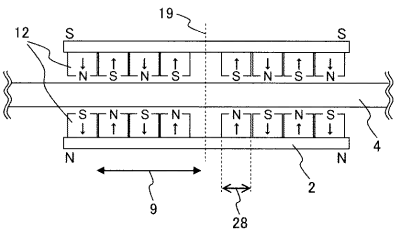
【 図 12 】

図 12



【 図 13 】

図 13



【 図 14 】

図 14

