

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7467093号
(P7467093)

(45)発行日 令和6年4月15日(2024.4.15)

(24)登録日 令和6年4月5日(2024.4.5)

(51)国際特許分類

F I

H 0 2 K 41/03 (2006.01)

H 0 2 K 41/03 A

B 6 5 G 54/02 (2006.01)

B 6 5 G 54/02

請求項の数 7 (全21頁)

(21)出願番号	特願2019-221444(P2019-221444)	(73)特許権者	000001007
(22)出願日	令和1年12月6日(2019.12.6)		キヤノン株式会社
(65)公開番号	特開2021-93781(P2021-93781A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43)公開日	令和3年6月17日(2021.6.17)	(74)代理人	100126240
審査請求日	令和4年11月29日(2022.11.29)		弁理士 阿部 琢磨
		(74)代理人	100223941
			弁理士 高橋 佳子
		(74)代理人	100159695
			弁理士 中辻 七朗
		(74)代理人	100172476
			弁理士 富田 一史
		(74)代理人	100126974
			弁理士 大朋 靖尚
		(72)発明者	山本 武
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 搬送システムおよび物品の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の方向に沿って配置された複数の第1のコイルよりなる第1のコイル群と、前記第1の方向と交差する第2の方向に沿って配置された複数の第2のコイルよりなる第2のコイル群とを有する可動子と、

前記第1のコイル群及び前記第2のコイル群に対向可能に前記第1の方向に沿って1列に配置された隣り合う磁極が異なる複数の磁性体と、を有し、

前記可動子は、前記第1のコイル群又は前記第2のコイル群に電流が流されることによって、前記1列に配置された隣り合う磁極が異なる複数の磁性体との間に発生する力により姿勢が制御されつつ、前記第1の方向に移動可能であり、

前記第1のコイル群は、電流が流されることにより、前記1列に配置された隣り合う磁極が異なる複数の磁性体との間に、前記第1の方向および前記第1の方向に交差する鉛直方向に印加される力を発生し、

前記第2のコイル群は、電流が流されることにより、前記1列に配置された隣り合う磁極が異なる複数の磁性体との間に、前記第1の方向および前記鉛直方向に交差する前記第2の方向に印加される力を発生する

ことを特徴とする搬送システム。

【請求項2】

前記第1のコイル群又は前記第2のコイル群は、前記磁性体との間に前記第1の方向とは異なる方向に力を発生させる

ことを特徴とする請求項 1 に記載の搬送システム。

【請求項 3】

前記可動子は、前記第 1 の方向に沿った上面を有し、
前記第 1 のコイル群及び前記第 2 のコイル群は、前記上面に配置されている
ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の搬送システム。

【請求項 4】

前記第 1 のコイル群及び前記第 2 のコイル群は、前記上面に配置され、
前記第 1 のコイル群及び前記第 2 のコイル群は、
前記磁性体の間に引力が働きうるコアを有し、
前記コアは、前記 1 列に配置された隣り合う磁極が異なる複数の磁性体と対向可能に配
置されている

10

ことを特徴とする請求項 3 に記載の搬送システム。

【請求項 5】

前記第 2 のコイル群のうち、隣り合う 2 つのコイルは、前記 1 列に配置された隣り合う
磁極が異なる複数の磁性体と対向可能な位置に配置されており、

前記第 2 のコイル群のうちの隣り合う 2 つのコイルに流れる電流は、互いに方向が異なる
ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の搬送システム。

【請求項 6】

前記第 2 の方向は、前記第 1 の方向と直交する水平方向である

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の搬送システム。

20

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の搬送システムを用いて物品を製造する物品の製
造方法であって、

前記可動子によりワークを搬送する工程と、

前記ワークに対して加工作業を施す工程と、を含むことを特徴とする物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、搬送システムおよび物品の製造方法に関する。

【背景技術】

30

【0002】

一般に、工業製品を組み立てるための生産ラインや半導体露光装置等では、搬送シス
テムが用いられている。特に、生産ラインにおける搬送システムは、ファクトリーオートメ
ーション化された生産ライン内又は生産ラインの間の複数のステーションの間で、部品等
のワークを搬送する。また、プロセス装置中の搬送装置として使われる場合もある。搬送
システムとしては、可動磁石型リニアモータによる搬送システムが既に提案されている。

【0003】

リニアモータによる搬送システムでは、リニアガイド等の機械的な接触を伴う案内装置
を使って搬送システムを構成する。しかしながら、リニアガイド等の案内装置を使った搬
送システムでは、リニアガイドの摺動部から発生する汚染物質、例えば、レールやベアリ
ングの摩耗片や潤滑油、あるいはそれが揮発したもの等が生産性を悪化させるという問題
があった。また、高速搬送時には摺動部の摩擦が大きくなってリニアガイドの寿命を小さ
くするという問題があった。

40

【0004】

そこで、特許文献 1 には、搬送トレイを非接触で搬送可能な磁気浮上搬送装置が記載さ
れている。文献 1 には、搬送トレイの搬送方向に沿って、チャンバ下部に搬送方向用（以
下、X 方向）および浮上方向用（以下、Z 方向）の制御用に永久磁石が 2 列配置され、さ
らに搬送方向と直交する水平方向用（以下、Y 方向）に永久磁石が 1 列配置されている。
搬送トレイ上にはその永久磁石に対応するようにコイルが 3 セット配置されて永久磁石と
対応するように置かれている。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2005-079368号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1の装置では、コイル列が最低3列必要で構造が大型化かつ複雑になる。また構造を小さくするためにX用のコイルとY用のコイルを近接して配置した場合、たとえば可動子がY側に変位すると本来Y用の永久磁石に対抗すべきY用コイルがX用のコイルと対向するようになり可動子の姿勢制御が困難になる。

10

【0007】

本発明は、システム構成の大型化を伴うことなく、可動子の姿勢を制御しつつ、可動子を非接触で搬送することができる搬送システム、可動子、制御装置、制御方法および物品の製造方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の搬送システムは、第1の方向に沿って配置された複数の第1のコイルよりなる第1のコイル群と、前記第1の方向と交差する第2の方向に沿って配置された複数の第2のコイルよりなる第2のコイル群とを有する可動子と、前記第1のコイル群及び前記第2のコイル群に対向可能に前記第1の方向に沿って1列に配置された隣り合う磁極が異なる複数の磁性体と、を有し、前記可動子は、前記第1のコイル群又は前記第2のコイル群に電流が流されることによって、前記1列に配置された隣り合う磁極が異なる複数の磁性体との間に発生する力により姿勢が制御されつつ、前記第1の方向に移動可能であり、前記第1のコイル群は、電流が流されることにより、前記1列に配置された隣り合う磁極が異なる複数の磁性体との間に、前記第1の方向および前記第1の方向に交差する鉛直方向に印加される力を発生し、前記第2のコイル群は、電流が流されることにより、前記1列に配置された隣り合う磁極が異なる複数の磁性体との間に、前記第1の方向および前記鉛直方向に交差する前記第2の方向に印加される力を発生することを特徴とする。

20

【0009】

本発明の可動子は、上面、側面、および下面を有し、前記上面には、第1の方向に沿って配置された第1のコイル群と、前記第1の方向と交差する方向に沿って配置された第2のコイル群とを備えることを特徴とする。

30

【0010】

本発明の制御装置は、第1の方向に沿って配置された第1のコイル群と、前記第1の方向と交差する方向に沿って配置された第2のコイル群とを有する可動子を、前記第1のコイル群及び前記第2のコイル群に対向可能に前記第1の方向に沿って配置された磁性体に沿って移動させる制御装置であって、前記第1のコイル群に印加する電流を制御することにより、前記第1の方向への前記可動子の搬送を制御する搬送制御手段と、前記第1のコイル群又は前記第2のコイル群に印加する電流を制御することにより、前記可動子の姿勢を制御する姿勢制御手段とを有することを特徴とする。

40

【0011】

本発明の制御方法は、第1の方向に沿って配置された第1のコイル群と、前記第1の方向と交差する方向に沿って配置された第2のコイル群とを有する可動子を、前記第1のコイル群及び前記第2のコイル群に対向可能に前記第1の方向に沿って配置された磁性体に沿って移動させる制御方法であって、前記第1のコイル群に印加する電流を制御することにより、前記第1の方向への前記可動子の搬送を制御し、前記第1のコイル群又は前記第2のコイル群に印加する電流を制御することにより、前記可動子の姿勢を制御することを特徴とする。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、システム構成の大型化を伴うことなく、可動子の姿勢を制御しつつ、可動子を簡単な構造によって非接触で搬送あるいは回転させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1 A】本発明の第一の実施形態による搬送システムの可動子を示す概略図である。

【図 1 B】本発明の第一の実施形態による搬送システムの固定子を示す概略図である。

【図 2】本発明の第一の実施形態による搬送システムの全体構成を示す概略図である。

【図 3 A】本発明の第一の実施形態による搬送システムにおけるコイル群を示す概略図である。

【図 3 B】本発明の第一の実施形態による搬送システムにおけるコイル群を示す概略図である。

【図 3 C】本発明の第一の実施形態による搬送システムにおけるコイル群に電流を印加した際に発生する力の大きさを示す図である。

【図 4 A】本発明の第一の実施形態による搬送システムを制御する制御システムを示す概略図である。

【図 4 B】本発明の第二の実施形態による搬送システムを制御する制御システムを示す概略図である。

【図 5】本発明の第一の実施形態による搬送システムにおける可動子コントローラを説明する図である。

【図 6】本発明の第一の実施形態による搬送システムにおけるコイルの作用を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

〔 第一の実施形態 〕

以下、図面を参照して本発明の第一の実施形態について図 1 A 乃至図 6 を用いて説明する。

【 0 0 1 5 】

まず、本実施形態による搬送システムの全体構成について図 1 A 及び図 1 B を用いて説明する。図 1 A 及び図 1 B は、本実施形態による可動子 1 0 1 及び固定子 2 0 1 を示す概略図である。なお、図 1 A 及び図 1 B は、可動子 1 0 1 及び固定子 2 0 1 の主要部分を抜き出して示したものである。また、図 1 A は可動子 1 0 1 を後述の Z 方向から見た図、図 1 B は固定子 2 0 1 を後述の Y 方向から見た図である。

【 0 0 1 6 】

図 1 A 及び図 1 B に示すように、本実施形態による搬送システム 1 は、台車、スライダ又はキャリッジを構成する可動子 1 0 1 と、搬送路を構成する固定子 2 0 1 とを有している。搬送システム 1 は、可動コイル型リニアモータによる搬送システムである。さらに、搬送システム 1 は、リニアガイド等の案内装置を持たず、固定子 2 0 1 上において非接触で可動子 1 0 1 を搬送する磁気浮上型の搬送システムとして構成されている。

【 0 0 1 7 】

搬送システム 1 は、例えば、固定子 2 0 1 により可動子 1 0 1 を搬送することにより、可動子 1 0 1 上のワーク 1 0 2 を、ワーク 1 0 2 に対して加工作業を施す工程装置に搬送する。なお、図 1 A 及び図 1 B では、固定子 2 0 1 に対して 1 台の可動子 1 0 1 を示しているが、これに限定されるものではない。搬送システム 1 においては、複数台の可動子 1 0 が固定子 2 0 1 上を搬送されうる。

【 0 0 1 8 】

ここで、以下の説明において用いる座標軸、方向等を定義する。まず、可動子 1 0 1 の搬送方向である水平方向に沿って X 軸をとり、可動子 1 0 1 の搬送方向を X 方向とする。本明細書において、X 方向を第一の方向と称する場合がある。また、X 方向と直交する方向である鉛直方向に沿って Z 軸をとり、鉛直方向を Z 方向とする。また、X 方向及び Z 方

10

20

30

40

50

向に直交する方向に沿ってY軸をとり、X方向及びZ方向に直交する方向をY方向とする。さらに、X軸周りの回転を W_x 、Y軸、Z軸周りの回転を各々 W_y 、 W_z とする。また、乗算の記号として“*”を使用する。また、可動子101の中心を原点Oとし、Y+側をR側、Y-側をL側として記載する。なお、可動子101の搬送方向は必ずしも水平方向である必要はないが、その場合も搬送方向をX方向として同様にY方向及びZ方向を定めることができる。

【0019】

次に、本実施形態による搬送システム1における搬送対象である可動子101について図1A及び図2を用いて説明する。図2は、本実施形態による搬送システム1における全体構成を示す概略図である。なお、図2は、可動子101及び固定子201をX方向から見た図である。また、図2の左半分は、図1Bの(A)-(A)線に沿った断面(A)を示している。また、図2の右半分は、図1Bの(B)-(B)線に沿った断面(B)を示している。

10

【0020】

図1A及び図2に示すように、可動子101は、上面101a、側面101b、下面101cを有している。また、可動子101は、複数のコイルからなるコイル列103R、103Lを有している。本実施形態では可動子の上面のL側とR側に1列ずつ2列のコイル列を有す可動子101について説明するがこれに限るものではなく、1列のコイル列でもよいし3列以上のコイル列を有していてもよい。本明細書において可動子101の上面101aは、搬送方向であるX方向と平行方向であって、X方向と直交する方向である鉛直方向(Z方向)とは直交する面のうち、上を向いている面(Z+方向を向いている面)とする。可動子101の下面101cは、搬送方向であるX方向と平行方向であって、X方向と直交する方向である鉛直方向(Z方向)とは直交する面のうち、下を向いている面(Z-方向を向いている面)とする。可動子101の側面101bは、搬送方向であるX方向と平行方向であってX方向と直交する方向である鉛直方向(Z方向)と平行な面のうち、固定子と対向する面とする。

20

【0021】

図1Aに示すように、コイル103a1R~103a3R、103b1R~103b6R、103c1R~103c2Rは、可動子101の上面におけるR側の部分に配置されている。コイル103a1R~103a3R、103c1R~103c2Rは、それぞれの中心が可動子101の中心である原点OからY方向のR側に距離 $r \times 3$ だけ離れた位置に配置されている。また、コイル103b1Rとコイル103b4Rの間、コイル103b2Rとコイルb5Rの間、コイル103b3Rとコイルb6Rの間が可動子101の中心である原点OからY方向のR側に距離 $r \times 3$ だけ離れた位置に配置されている。

30

【0022】

また、コイル103a1L~103a3L、103b1L~103b6L、103c1L~103c2Lは、可動子101の上面におけるL側の部分に配置されている。コイル103a1L~103a3L、103c1L~103c2Lは、それぞれの中心が可動子101の中心である原点OからY方向のL側に距離 $r \times 3$ だけ離れた位置に配置されている。また、コイル103b1Lとコイル103b4Lの間、コイル103b2Lとコイルb5Lの間、コイル103b3Lとコイルb6Lの間が可動子101の中心である原点OからY方向のL側に距離 $r \times 3$ だけ離れた位置に配置されている。

40

【0023】

可動子101の上面において、上述のようにコイル103が配置されたR側の部分とL側の部分との間の中央部分は、搬送すべきワーク102が載せられる部分になっている。

【0024】

コイル列103R、103Lは、可動子101のX方向に沿った上面に配置されて取り付けられている。具体的には、可動子101のR側の上面に、コイル列103Rが取り付けられている。また、可動子101のL側の上面に、コイル列Lが取り付けられている。なお、以下では、特に区別する必要がないかぎり、可動子101のコイルを単に「コイル

50

「103」と表記する。また、R側とL側とを区別する必要まではないが、各コイル103を個別に特定する必要がある場合、各コイル103に対する符号の末尾からR又はLを除いた識別子としての小文字のアルファベットおよび数字までの符号を用いて各コイル103を個別に特定する。図1Aの場合、「コイル103a1～103a3」、「コイル103b1～103b6」、又は「コイル103c1～103c3」と表記して、各コイル103を個別に特定する。

【0025】

コイル103a1R、103c3Rは、可動子101のX方向に沿ったR側の上面におけるX方向の一方の端部及び他方の端部に取り付けられている。コイル103b1R～103b6Rは、可動子101のR側の上面のコイル103a3R、103c1R間に取り付けられている。コイル103a1R～103a3Rは、例えば、X方向に等ピッチにX方向に沿った直線R-R上に並ぶように配置されている。また、103c1R～103c3Rも、例えば、X方向に等ピッチにX方向に沿った直線R-R上に並ぶように配置されている。コイル103b1R～103b3Rおよびコイル103b4R～103b6Rは、直線R-Rを挟んでX方向に沿って2列に等ピッチで配置されている。

10

【0026】

コイル103a1L、103c3Lは、可動子101のX方向に沿ったL側の上面におけるX方向の一方の端部及び他方の端部に取り付けられている。コイル103b1L～103b6Lは、可動子101のL側の上面のコイル103a3L、103c1L間に取り付けられている。コイル103a1L～103a3Lは、例えば、X方向に等ピッチにX方向に沿った直線L-L上に並ぶように配置されている。また、103c1L～103c3Lも、例えば、X方向に等ピッチにX方向に沿った直線L-L上に並ぶように配置されている。コイル103b1L～103b3Lおよびコイル103b4L～103b6Lは、直線L-Lを挟んでX方向に沿って2列に等ピッチに配置されている。

20

【0027】

さらに、コイル103a1L～103a3L、103c1L～103c3Lは、X方向においてそれぞれコイル103a1R～103a3R、103c1R～103c3Rと同位置に配置されている。また、コイル103b1R、コイル103b4R、コイル103b1L、コイル103b4Lは、X方向においてそれぞれ同一に配置されている。また、コイル103b2R、コイル103b5R、コイル103b2L、コイル103b5Lは、X方向においてそれぞれ同一に配置されている。また、コイル103b3R、コイル103b6R、コイル103b3L、コイル103b6Lは、X方向においてそれぞれ同一に配置されている。

30

【0028】

コイル103a2R、103c2Rは、その中心が、それぞれ可動子101の中心である原点OからX方向の一方及び他方の側に距離ry3だけ離れた位置に取り付けられている。コイル103a2L、103c2Lは、それぞれ可動子101の中心である原点OからX方向の一方及び他方の側に距離ry3だけ離れた位置に取り付けられている。コイル103a1～103a3、103c1～103c3は、その中心が、それぞれ原点OからY方向に距離rx3だけ離れた位置に取り付けられている。コイル103bは、コイル103b1～103b3の中心を結ぶ線と、コイル103b4～103b6の中心を結ぶ線との間の中間線が、それぞれ原点OからY方向に距離rx3だけ離れた位置に取り付けられている例を示したがこれに限るものではない。

40

【0029】

コイル103b1Rと103b4R、103b2Rと103b5R、103b3Rと103b6Rは、それぞれY方向に沿って配置された2個のコイルのセットである。また、コイル103b1Lと103b4L、103b2Lと103b5L、103b3Lと103b6Lは、それぞれY方向に沿って配置された2個のコイルのセットが3セットで構成されるコイル群である。なお、コイル103bを構成するY方向に沿って配置されたコイルの数は、2個に限定されるものではない。また、コイル103bを構成するコイルが配

50

置される方向は、必ずしも搬送方向である X 方向と直交する Y 方向である必要はなく、X 方向と交差する方向であればよい。

【 0 0 3 0 】

一方、コイル 1 0 3 a R、1 0 3 c R、1 0 3 a L、1 0 3 c L は、それぞれ X 方向に沿って配置された 3 個のコイル群である。なお、コイル 1 0 3 a、1 0 3 c を構成する X 方向に沿って配置されたコイルの数は、3 個に限定されるものではなく、複数個であればよい。

【 0 0 3 1 】

本実施形態において、それぞれ X 方向に沿って配置されたコイル群を、第一のコイル群と称する場合がある。また、X 方向と交差する方向に配置された 2 個のコイルのセットが複数セット配置されたコイル群を、第二のコイル群と称する場合がある。具体的に、本実施形態における第二のコイル群は、(1 0 3 b 1 L と 1 0 3 b 4 L、1 0 3 b 2 L と 1 0 3 b 5 L、1 0 3 b 3 L と 1 0 3 b 6 L) (1 0 3 b 1 R と 1 0 3 b 4 R、1 0 3 b 2 R と 1 0 3 b 5 R、1 0 3 b 3 R と 1 0 3 b 6 R) である。本実施形態において、1 0 3 b 1 L と 1 0 3 b 4 L を 1 0 3 b 1 ・ 4 L、1 0 3 b 2 L と 1 0 3 b 5 L を 1 0 3 b 2 ・ 5 L、1 0 3 b 3 L と 1 0 3 b 6 L を 1 0 3 b 3 ・ 6 L と示す場合がある。また、1 0 3 b 1 R と 1 0 3 b 4 R を 1 0 3 b 1 ・ 4 R、1 0 3 b 2 R と 1 0 3 b 5 R を 1 0 3 b 2 ・ 5 R、1 0 3 b 3 R と 1 0 3 b 6 R を 1 0 3 b 3 ・ 6 R と示す場合がある。

【 0 0 3 2 】

コイル 1 0 3 は、コア有のコイルでもよいし、コアレス型のコイルでもよいが、本実施形態においては、磁気回路に磁性の鉄芯（コア）を使っているコア有のコイル 1 0 3 で構成することができる。これにより、コイル 1 0 3 のコアと永久磁石 2 0 3 との間には強い吸引力が働くため、可動子 1 0 1 を浮上させるのに寄与する。特に、コア有のコイル 1 0 3 は、可動子 1 0 1 の質量又は可動子 1 0 1 に置かれるワーク 1 0 2 の質量が大きい場合に好適である。なお、コイル 1 0 3 のコアは、永久磁石 2 0 3 の少なくともいずれかとの間で引力が働きうるものであればよい。前記コアは、前記複数の永久磁石と対向可能に配置されていることが好ましい。

【 0 0 3 3 】

可動子 1 0 1 には、可動子 1 0 1 の上面の X 軸に沿った中心軸を対称軸として、複数のコイル 1 0 3 が R 側及び L 側に対称に配置されている。複数のコイル 1 0 3 は、例えば 3 個ずつの単位で電流制御されるようになっている。そのコイル 1 0 3 の通電制御される単位を「コイルユニット 1 0 3 1」と記載する。複数のコイル 1 0 3 は、通電されることにより、後述する固定子 2 0 1 の永久磁石 2 0 3 との間で電磁力を発生して可動子 1 0 1 に対して力を印加することができる。複数のコイル 1 0 3 が配置された可動子 1 0 1 は、固定子 2 0 1 の複数の永久磁石 2 0 3 が受ける電磁力により姿勢が 6 軸制御されつつ移動可能に構成されている。

【 0 0 3 4 】

可動子 1 0 1 は、X 方向に沿って 2 列に配置された複数の永久磁石 2 0 3 に沿って X 方向に移動可能である。可動子 1 0 1 は、その上面あるいは下面に搬送すべきワーク 1 0 2 を保持した状態で搬送される。可動子 1 0 1 は、例えば、ワークホルダ等のワーク 1 0 2 を保持する保持機構を有していてもよい。

【 0 0 3 5 】

次に、本実施形態による搬送システム 1 における固定子 2 0 1 について図 1 B、図 2 を用いて説明する。図 1 B は、永久磁石 2 0 3 を Z 方向から見た図である。

【 0 0 3 6 】

固定子 2 0 1 は、可動子 1 0 1 の搬送方向である X 方向に沿って 2 列に配置された複数の永久磁石 2 0 3 を有している。固定子 2 0 1 には、複数の永久磁石 2 0 3 がそれぞれ可動子の上面のコイルに対向するように取り付けられている。固定子 2 0 1 は、搬送方向である X 方向に延在して可動子 1 0 1 の搬送路を形成する。永久磁石 2 0 3 は固定子 2 0 1 の下側にヨーク 2 2 1 を介して取り付けられている。ヨーク 2 2 1 は、透磁率の大きな物

10

20

30

40

50

質、例えば鉄で構成されている。永久磁石 203 は搬送方向に沿って所定の間隔で配置されていて交互に着磁されている。Of は固定子 201 の X 方向の基準位置を示している。

【0037】

固定子 201 上に搬送される可動子 101 は、X エンコーダ 111、Y センサ 112、Z センサ 113、可動子コントローラ 302 およびケーブルペア（登録商標）130 を有している。固定子 201 は、スケール 211、Y ターゲット 212 及び Z ターゲット 213 を有している。X エンコーダ 111 は、例えば可動子 101 の底部に取り付けられている。固定子には、可動子の X エンコーダ 111 と対向する位置にスケール 211 が X 方向に沿って取り付けられている。X エンコーダ 111 は、スケール 211 のパターンを検出してスケール 211 の基準位置に対する可動子 101 の X 方向の距離を検出することが出来る。Y ターゲット 212 は、例えば可動子の側面に取り付けられた Y センサ 112 と対向する位置に X 方向に沿って取り付けられている。Y センサ 112 は Y ターゲット 212 との間の Y 方向の距離を測定することが出来る。Z ターゲット 213 は、例えば可動子の底部に取り付けられた Z センサ 113 と対向する位置に X 方向に沿って取り付けられている。Z センサ 113 は、Z ターゲット 213 との間の Z 方向の距離を測定することが出来る。Z センサ 113 は L 側に 2 か所、R 側に 1 か所の合計 3 個（113bL、113fL、113cR）取り付けられていることが好ましい。可動子コントローラ 302 には X エンコーダ 111、Y センサ 112、Z センサ 113、コイルユニット 1031、およびケーブル 130 が接続されている。ケーブル 130 は、後述する、例えば固定子に設けられる統合コントローラ 301 と繋がれている。また、ケーブル 130 によって可動子に負荷がかからないように、ケーブル 130 はケーブルペア等によって案内されていることが好ましい。

10

20

【0038】

複数の永久磁石 203 は、可動子 101 の R 側及び L 側の上面のコイル 103 と対向可能なように、X 方向に沿って 2 列に配置されて固定子 201 に取り付けられている。R 側において 1 列に配置された複数の永久磁石 203 は、可動子 101 の R 側のコイル 103aR、103bR、103cR と対向可能に X 方向に沿って配置されている。また、L 側において 1 列に配置された複数の永久磁石 203 は、可動子 101 の L 側のコイル 103aL、103bL、103cL と対向可能に X 方向に沿って配置されている。

【0039】

30

案内部材 108 が、可動子 101 に取り付けられていてもよい。案内部材 108 は、可動子 101 の X 方向に沿った側面に取り付けられていることが好ましい。そして、固定子 201 に Z ロールー 262 および Y ロールー 261 が取り付けられていてもよい。案内部材 108 は、C 型が好ましく、C 型であると、Z ロールー 262 および Y ロールー 261 を内部に抱え込むように配置することができる。

【0040】

Z ロールー 262 および Y ロールー 261 は固定子 201 の搬送方向（第 1 の方向（X 方向））に複数取り付けられている。図 2 においては R 側に Z ロールー 262 が、L 側に Y ロールー 261 が取り付けられている例を記載したが、R 側および L 側の両方に Z ロールー 262 および Y ロールー 261 が取り付けられていてもよい。

40

【0041】

案内部材 108 は、例えば断面が C 型あるいはコの字型を有していることが好ましい。C 型あるいはコの字型であると、Z ロールー 262 および Y ロールー 261 を内部に抱え込むように配置することができる。

【0042】

案内部材 108 によって、一定量以上可動子 101 が Z 方向に移動すると Z ロールー 262 が案内部材 108 の内側に当接してそれ以上移動しないように動作量を規制することができる。同様に案内部材 108 によって、一定量以上可動子が Y 方向に移動すると Y ロールー 261 が案内部材 108 の内側に当接してそれ以上移動しないように動作を規制することができる。

50

【 0 0 4 3 】

本実施形態においては、案内部材 1 0 8 が、可動子 1 0 1 に取り付けられ、Z ローラー 2 6 2 および Y ローラー 2 6 1 が固定子 2 0 1 に取り付けられている例を示したが、案内部材 1 0 8 が、固定子 2 0 1 に取り付けられていてもよい。その場合、Z ローラー 2 6 2 および Y ローラー 2 6 1 は可動子 1 0 1 の側面の X 方向（第 1 の方向）に沿って取り付けられる。

【 0 0 4 4 】

次に、コイルユニット 1 0 3 1 について図 3 を用いて説明する。

【 0 0 4 5 】

本実施形態においては、コイルユニット 1 0 3 1 は、第 1 の方向に沿って配置された 6 10
つのコイルからなる第 1 のコイル群を有している。また、前記第 1 の方向と交差する第 2
の方向に沿って配置される 2 つのコイルを 1 組とするコイルが 3 組配置された第 2 のコ
イル群を有している。つまり、第 1 のコイル群 6 個と第二のコイル群 6 個から構成される例
を示すがこれに限るものではない。図 3 A はコイルユニット 1 0 3 1 R を Z + 方向から見
た図である。コイルユニット 1 0 3 1 R は 1 2 個のコイル 1 0 3 a 1 R ~ 1 0 3 a 3 R、
1 0 3 b 1 R ~ 1 0 3 b 6 R、1 0 3 c 1 R ~ 1 0 3 c 3 R からなる。2 0 3 は固定子の
永久磁石である。

【 0 0 4 6 】

コイルはそれぞれ可動子コントローラ 3 0 2 に接続され、1 0 3 a 1 R ~ 1 0 3 a 3 R
と 1 0 3 c 1 R ~ 1 0 3 c 3 R の 6 つのコイルは各々独立に電流量を制御することが出来 20
る。

【 0 0 4 7 】

また、コイル 1 0 3 b 1 R と 1 0 3 b 4 R には、同じ大きさの電流が逆方向に印加され
る。コイル 1 0 3 b 2 R と 1 0 3 b 5 R との組みあわせ、コイル 1 0 3 b 3 R と 1 0 3 b
6 R との組み合わせも同様に、同じ大きさの電流が逆方向に印加される。

【 0 0 4 8 】

図 6 を用いてコイル 1 0 3 b 1 R と 1 0 3 b 4 R の作用について説明する。

【 0 0 4 9 】

図 6 においてコイル 1 0 3 b 1 R と 1 0 3 b 4 R は巻き線されたコイルであり、コイル
1 0 3 b 1 R と 1 0 3 b 4 R は永久磁石側に現れる磁極が反対になるように巻き線がなされ 30
られていることが好ましい。しかし、これに限らず、それぞれ同じ大きさの電流が逆方向に
印加されるようにそれぞれのコイルを制御してもよい。

【 0 0 5 0 】

例えば図 6 の様に、コイル 1 0 3 b 1 R と 1 0 3 b 4 R に、1 0 3 b 4 R の永久磁石 2
0 3 側の面が S 極に、コイル 1 0 3 b 1 R の永久磁石 2 0 3 側の面が N 極となるように電
流を印加する。永久磁石 2 0 3 のコイル側の面が S 極になるように着磁されている場合、
コイル 1 0 3 b 1 R と 1 0 3 b 4 R には両方とも Y + 側に力 (F y n と F y p) 力が働く
ため、Y + 方向に可動子 1 0 1 は移動する。

【 0 0 5 1 】

一方、Z 方向に働く力、F z n と F z p は互いに打ち消しあうように働く。 40

【 0 0 5 2 】

このように、コイルユニット 1 0 3 1 R および 1 0 3 1 L はそれぞれ独立した電流制御
が可能な 6 つのコイルと、同じ大きさの電流が逆方向に印加される 2 つのコイルを 1 組と
する 3 組のコイルから構成される。それぞれ独立した電流制御が可能な 6 つのコイルは、
1 0 3 a 1 ~ 1 0 3 a 3 と 1 0 3 c 1 ~ 1 0 3 c 3 である。同じ大きさの電流が逆方向に
印加される 2 つのコイルを 1 組とする 3 組のコイルは、1 0 3 b 1 と 1 0 3 b 4、1 0 3
b 2 と 1 0 3 b 5、1 0 3 b 3 と 1 0 3 b 6 である。

【 0 0 5 3 】

図 3 B はコイルユニット 1 0 3 1 R を Y + 方向から見た図である。永久磁石 2 0 3 内の
矢印はそれぞれの永久磁石の着磁方向を模式的に表している。 50

【 0 0 5 4 】

図 3 C はコイルユニット 1 0 3 1 R のそれぞれのコイル 1 0 3 に単位電流を印加した際に発生する X 方向の力 (F_x)、Y 方向の力 (F_y)、Z 方向の力 (F_z) の大きさを模式的に表した推力定数プロファイルである。

【 0 0 5 5 】

固定子 2 0 1 の基準位置 O_f から見た可動子 1 0 1 の基準位置 O_m まで距離を (X) とする。

【 0 0 5 6 】

コイル 1 0 3 a 1 R ~ 1 0 3 a 3 R、1 0 3 c 1 R ~ 1 0 3 c 3 R は電流を印加すると、X 方向および Z 方向に力が主に発生する。Y 方向に発生する力は無視できる程度に小さい。

10

【 0 0 5 7 】

コイル 1 0 3 b 1 R と 1 0 3 b 4 R、1 0 3 b 2 R と 1 0 3 b 5 R、1 0 3 b 3 R と 1 0 3 b 6 R は図 6 で説明した通り電流を印加すると Y 方向に主に力が発生する。X、Z 方向にもわずかに力を発生するが無視できる程度に小さい。

【 0 0 5 8 】

図 3 A および図 3 C において、例えば $F_x(a_1 R, x)$ は可動子 1 0 1 の X 方向の位置が (X) である場合、コイル 1 0 3 a 1 R に単位電流を印加した際に発生する X 方向の力の大きさを模式的に表している。 F_x の括弧の最初の引数はコイルの指標を、二番目は可動子 1 0 1 の X 方向の位置を表している。

20

【 0 0 5 9 】

同様に、図 3 B および図 3 C 例えば $F_z(a_3 R, x)$ はコイル 1 0 3 a 3 R に単位電流を印加した際に発生する Z 方向の力の大きさを表している。

【 0 0 6 0 】

同様に、図 3 A および図 3 C において、 $F_y(b_1 R \cdot b_4 R, X)$ はコイル 1 0 3 b 1 R および 1 0 3 b 4 R に単位電流を印加した際に発生する Y 方向の力の大きさを表している。

【 0 0 6 1 】

永久磁石 2 0 3 とコイル 1 0 3 の大きさはコイル 1 0 3 が 3 個分で永久磁石 2 0 3 の 2 個分の大きさになるように構成されていることが好ましい。これらの関係は、コイルユニット 1 0 3 1 L についても同様である。

30

【 0 0 6 2 】

次に本実施形態による搬送システム 1 を制御する制御システムについてさらに図 4 A を用いて説明する。図 4 A は、本実施形態による搬送システム 1 を制御する制御システムを示す概略図である。

【 0 0 6 3 】

図 4 A に示すように、制御システムは統合コントローラ 3 0 1 と、可動子コントローラ 3 0 2 を有し可動子 1 0 1 と固定子 2 0 1 とを含む搬送システム 1 を制御する制御装置として機能する。

【 0 0 6 4 】

可動子コントローラ 3 0 2 にはコイルユニット 1 0 3 およびエンコーダ 1 1 1、Y センサ 1 1 2 および Z センサ 1 1 3 が通信可能に接続されている。また可動子コントローラ 3 0 2 は統合コントローラ 3 0 1 とはケーブル 1 3 0 で繋がれていて統合コントローラ 3 0 1 から搬送の指令や電源の供給を受けることが出来る。可動子コントローラ 3 0 2 は接続されたコイル 1 0 3 の電流の大きさを個々に制御することが出来る。

40

【 0 0 6 5 】

可動子コントローラ 3 0 2 は、エンコーダ 1 1 1、Y センサ 1 1 2 および Z センサ 1 1 3 からの出力に基づき、可動子 1 0 1 の位置および姿勢を算出することが出来る。

【 0 0 6 6 】

また、可動子コントローラ 3 0 2 は可動子 1 0 1 の位置およびその推移を元に複数のコ

50

イル 1 0 3 に印加する電流指令値を決定することが出来る。

【 0 0 6 7 】

これにより、統合コントローラ 3 0 1 および可動子コントローラ 3 0 2 は、制御装置として機能し、固定子 2 0 1 に沿って可動子 1 0 1 を非接触で搬送するとともに、搬送する可動子 1 0 1 の姿勢を 6 軸で制御することが出来る。

【 0 0 6 8 】

可動子 1 0 1 の位置の X 座標の検出方法について図 2 で説明する。

【 0 0 6 9 】

図 2 において可動子 1 0 1 に取り付けられたエンコーダ 1 1 1 は固定子 2 0 1 に取り付けられたスケール 2 1 1 のパターンを読み取って可動子 1 の搬送方向 X の座標を取得することが出来る。

10

【 0 0 7 0 】

エンコーダ 1 1 1 およびスケール 2 1 1 は絶対位置検出型でもよいし、インクリメンタル型エンコーダと適切なりセット信号の組み合わせでもよい。

【 0 0 7 1 】

可動子 1 0 1 の Y 位置の検出方法について図 1 および図 2 で説明する。

【 0 0 7 2 】

Y センサ 1 1 2 は Y ターゲット 2 1 2 の間の距離を検出するセンサである。Y ターゲット 2 1 2 は搬送路に連続して延在している。

【 0 0 7 3 】

Y センサ 1 1 2 b R および 1 1 2 f R で検出される可動子 1 0 1 の検出値がそれぞれ Y 1 1 2 b R と Y 1 1 2 f R であるとする。

20

【 0 0 7 4 】

Y センサ 1 1 2 b R および 1 1 2 f R の座標が (a 2 , b) , (- a 2 , b) で表される場合、可動子 1 0 1 の Y 位置 (Y) および Z 軸周りの回転量 (W z) はそれぞれ次式 (5 a) 及び (5 b) により

$$Y = (Y 1 1 2 b R + Y 1 1 2 f R) / 2 \quad \text{--- 式 (5 a)}$$

$$W z = (Y 1 1 2 b R - Y 1 1 2 f R) / (2 * a 2) \quad \text{--- 式 (5 b)}$$

と計算することが出来る。

【 0 0 7 5 】

可動子 1 0 1 の Z 位置の検出方法について図 1 および図 2 で説明する。

30

【 0 0 7 6 】

Z センサ 1 1 3 は Z ターゲット 2 1 3 の間の距離を検出するセンサである。Z ターゲット 2 1 3 は搬送路に連続して延在している。

【 0 0 7 7 】

Z センサ 1 1 3 は可動子 1 0 1 上に 3 か所以上設ける必要がある。

【 0 0 7 8 】

例えば図 1 に示すように 3 か所の Z センサの位置 (1 1 3 b L , 1 1 3 f L , 1 1 3 c R) の X Y 座標が (- a , - b) , (a , - b) , (0 , b) で表される。そして、Z センサ 1 1 3 の検出値をそれぞれ (Z 1 1 3 b L , Z 1 1 3 f L , Z 1 1 3 c R) とするとき可動子 1 0 1 の姿勢、Z の位置 (Z) Y 軸周りの回転量 (W y) 及び X 軸周りの回転量 (W x) は、次式 (5 c) , (5 d) 及び (5 e) により算出できる。

40

$$Z = (Z 1 1 3 b L + Z 1 1 3 f L + Z 1 1 3 c R) / 3 \quad \text{--- 式 (5 c)}$$

$$W x = (Z 1 1 3 c R - (Z 1 1 3 b L + Z 1 1 3 f L) / 2) / (2 * b) \quad \text{--- 式 (5 d)}$$

$$W y = (Z 1 1 3 b L - Z 1 1 3 f L) / (2 * a) \quad \text{--- 式 (5 e)}$$

で計算することが出来る。

【 0 0 7 9 】

次に図 5 で可動子コントローラ 3 0 2 による姿勢制御方法について説明する。図 5 は可動子 1 0 1 に印加する力の大きさを算出するための制御ループを模式的に表したものであ

50

る。

【 0 0 8 0 】

r e f は統合コントローラ 3 0 1 から指令される可動子 1 0 1 の姿勢の目標値、p o s はセンサ群から得られる可動子 1 0 1 の姿勢情報である。姿勢コントローラ 5 0 1 は目標値 r e f と現在位置 p o s との差分 e r r から可動子 1 0 1 に印加するトルク T を算出する。

【 0 0 8 1 】

算出されたトルク T の大きさからコイルユニット 1 0 3 に印加する電流 I が決定され所望の電流が出力されるとそれが可動子 1 0 1 に力 F となって作用し最終的に姿勢 p o s として検出される。

【 0 0 8 2 】

姿勢コントローラ 5 0 1 は例えば P I D 制御コントローラでもよいし、可動子 1 0 1 の特性に応じて適宜フィルタを入れるなどして可動子 1 0 1 の姿勢を安定させることが出来る。

【 0 0 8 3 】

また、可動子 1 0 1 に対して印加される力ベクトル T を次式 (6) により表記する。なお、T x、T y、T z は、力の 3 軸成分であり、それぞれ力の X 方向成分、Y 方向成分及び Z 方向成分である。また、T w x、T w y、T w z は、モーメントの 3 軸成分であり、それぞれモーメントの X 軸周り成分、Y 軸周り成分及び Z 軸周り成分である。本実施形態による搬送システム 1 は、これら力 T の 6 軸成分 (T x、T y、T z、T w x、T w y、T w z) を制御することにより、可動子 1 0 1 の姿勢を 6 軸で制御しつつ、可動子 1 0 1 の搬送を制御する。

$T = (T x, T y, T z, T w x, T w y, T w z)$... 式 (6)

まず、所望の力 T が満足すべき一般式を示す。

【 0 0 8 4 】

可動子の右側に配置された 6 個のコイルと 2 つのコイルを 1 組とした 3 組のコイル番号の指標を (j) で表す。コイル番号の指標とは、例えば、(1 0 3 a 1 R、1 0 3 a 2 R、1 0 3 a 3 R、1 0 3 b 1・4 R、1 0 3 b 2・5 R、1 0 3 b 3・6 R、1 0 3 c 1 R、1 0 3 c 2 R、1 0 3 c 3 R) である。

【 0 0 8 5 】

また、左側に配置された 6 個のコイルと 2 つのコイルを 1 組とした 3 組のコイル番号の指標 (1 0 3 a 1 L、1 0 3 a 2 L、1 0 3 a 3 L、1 0 3 b 1・4 L、1 0 3 b 2・5 L、1 0 3 b 3・6 L、1 0 3 c 1 L、1 0 3 c 2 L、1 0 3 c 3 L) も (j) で表す。j 番目のコイルに印加する電流の大きさを I j で表す。

j 番目のコイルの座標を (X j、Y j) とする。

j を 1 から 1 8 まで変化させた場合の総和を で表すと、

$$T x = I j * F x (j, x) \quad \text{--- 式 (7 a)}$$

$$T y = I j * F y (j, x) \quad \text{--- 式 (7 b)}$$

$$T z = I j * F z (j, x) \quad \text{--- 式 (7 c)}$$

$$T w x = - I j * F z (j, x) * Y j \quad \text{--- 式 (7 d)}$$

$$T w y = I j * F z (j, x) * X j \quad \text{--- 式 (7 e)}$$

$$T w z = I j * F x (j, x) * Y j - I j * F y (j, x) * X j \quad \text{--- 式 (7 f)}$$

で表すことが出来る。

【 0 0 8 6 】

従って、式 7 a - 7 f を満足する電流値 (I j) を決定することが出来れば所望のトルク T を印加することが出来る。

【 0 0 8 7 】

上記の電流値は 1 8 の自由度 (6 つのコイルと、2 つのコイルを 1 組とした 3 組のコイルを 2 セット (R 側と L 側)) であるのに対して力 T は 6 自由度であるから電流値の解は

10

20

30

40

50

無数にあるので、適切な制約条件を設けて電流値の解を得ればよい。

【 0 0 8 8 】

次にコイル電流値 I_j を一意に決定する方法を説明する。なお以下で用いる力の表記において、X方向、Y方向及びZ方向の力が働く方向をそれぞれx、y、zで示し、図1におけるY+であるR側をR、Y-側をL、X+側をF、X-側をb、中心をcで示す。

【 0 0 8 9 】

図1においてR側及びL側の各コイルユニット1031に働く力ベクトルFをそれぞれ次のように表記する。各コイルユニット1031に働く力は、電流が印加された複数のコイル103と永久磁石203との間に生じる電磁力である。永久磁石203と電流が印加された複数のコイル104とにより、可動子101の搬送方向であるX方向の電磁力のほか、X方向とは異なる方向であるY方向及びZ方向の電磁力を発生す。

【 0 0 9 0 】

図1Aおよび図3Aにおいてコイル103から生成される力Fは以下の通りである。

$F_{x b L}$: コイル103 a 1 L、103 a 2 L、103 a 3 Lから生成されるX方向の力

$F_{z b L}$: コイル103 a 1 L、103 a 2 L、103 a 3 Lから生成されるZ方向の力

$F_{y c L}$: コイル103 b 1・4 L (コイル103 b 1 Lと・103 b 4 L)、103 b 2・5 L (コイル103 b 2 Lと・103 b 5 L)、103 b 3・6 L (コイル103 b 3 Lと・103 b 3 L)から生成されるY方向の力

$F_{x f L}$: コイル103 c 1 L、103 c 2 L、103 c 3 Lから生成されるX方向の力

$F_{z f L}$: コイル103 c 1 L、103 c 2 L、103 c 3 Lから生成されるZ方向の力

$F_{x b R}$: コイル103 a 1 R、103 a 2 R、103 a 3 Rから生成されるX方向の力

$F_{z b R}$: コイル103 a 1 R、103 a 2 R、103 a 3 Rから生成されるZ方向の力

$F_{y c R}$: コイル103 b 1・4 R (コイル103 b 1 Rと103 b 4 R)、103 b 2・5 (R 103 b 2 Rと103 b 5 R)、103 b 3・6 R (103 b 3 Rと103 b 6 R)から生成されるY方向の力

$F_{x f R}$: コイル103 c 1 R、103 c 2 R、103 c 3 Rから生成されるX方向の力

$F_{z f R}$: コイル103 c 1 R、103 c 2 R、103 c 3 Rから生成されるZ方向の力
力ベクトルFを

$F = (F_{x b L}, F_{z b L}, F_{y c L}, F_{x f L}, F_{z f L}, F_{x b R}, F_{z b R}, F_{y c R}, F_{x f R}, F_{z f R})$ で定義する。

力T (T_X 、 T_y 、 T_z 、 T_{wX} 、 T_{wy} 、 T_{wz})

は、それぞれ次式(8a)、(8b)、(8c)、(8d)、(8e)及び(8f)により算出される。

$$T_X = F_{x f R} + F_{x b R} + F_{x f L} + F_{x b L} \quad \dots \text{式 (8 a)}$$

$$T_y = F_{y c L} + F_{y c R} \quad \dots \text{式 (8 b)}$$

$$T_z = F_{z b R} + F_{z b L} + F_{z f R} + F_{z f L} \quad \dots \text{式 (8 c)}$$

$$T_{wX} = \{ (F_{z f L} + F_{z b L}) - (F_{z f R} + F_{z b R}) \} * 2 * r_{x3} \quad \dots \text{式 (8 d)}$$

$$T_{wy} = \{ (F_{z f L} + F_{z f R}) - (F_{z b L} + F_{z b R}) \} * 2 * r_{y3} \quad \dots \text{式 (8 e)}$$

$$T_{wz} = \{ (F_{x f L} + F_{x b L}) - (F_{x f R} + F_{x b R}) \} * 2 * r_{x3} \quad \dots \text{式 (8 f)}$$

力ベクトルFには10個の自由度があるので、6自由度の力Tから算出するにはさらに4個の制限を導入すればよい。

【 0 0 9 1 】

同じ軸上に働く力を均等に配分するため以下の3式の制限を導入する。

$$F_{x f R} = F_{x b R} \quad \dots \text{式 (8 g)}$$

$$F_{x f L} = F_{x b L} \quad \dots \text{式 (8 h)}$$

$$F_{y c L} = F_{y c R} \quad \dots \text{式 (8 i)}$$

また、Y軸周りの回転力をL側、R側に均等に配分するように以下の制限を導入する。

$$F_z f_R - F_z b_R = F_z f_L - F_z b_L \quad \dots \text{式 (8 j)}$$

ここまでで式 8 a ~ 8 j までの 10 式により力ベクトル T が決定されれば力ベクトル F を決定することが出来る。

【0092】

ここまでで、10個の力ベクトル F を一意に決定することが出来る。

【0093】

さらにここから各コイル 103 に対する電流値を一意に決定する方法を説明する。

【0094】

$F \times b_L$ および $F_z b_L$ は各コイル 103 a 1 L、103 a 2 L、103 a 3 L の電流値 (I_{a1L} , I_{a2L} , I_{a3L}) および推力定数プロファイルの大きさを使って以下のように記述できる

$$F \times b_L = F \times (a1L, x) * I_{a1L} + F \times (a2L, x) * I_{a2L} + F \times (a3L, x) * I_{a3L} \quad \dots \text{式 (9 a)}$$

$$F_z b_L = F_z (a1L, x) * I_{a1L} + F_z (a2L, x) * I_{a2L} + F_z (a3L, x) * I_{a3L} \quad \dots \text{式 (9 b)}$$

ここで、

$$I_{a1L} + I_{a2L} + I_{a3L} = 0 \quad \dots \text{式 (9 c)}$$

の制限を導入すれば I_{a1L} , I_{a2L} , I_{a3L} の未知数に対して3個の独立した条件が得られるので各電流値 (I_{a1L} , I_{a2L} , I_{a3L}) を一意に決定できる。

【0095】

同様の手法で、 $F \times f_L$ 、 $F_z f_L$ から各電流値 (I_{c1L} , I_{c2L} , I_{c3L}) を決定できる。

$$F \times f_L = F \times (c1L, x) * I_{c1L} + F \times (c2L, x) * I_{c2L} + F \times (c3L, x) * I_{c3L} \quad \dots \text{式 (10 a)}$$

$$F_z b_L = F_z (c1L, x) * I_{c1L} + F_z (c2L, x) * I_{c2L} + F_z (c3L, x) * I_{c3L} \quad \dots \text{式 (10 b)}$$

$$I_{c1L} + I_{c2L} + I_{c3L} = 0 \quad \dots \text{式 10 c}$$

【0096】

同様の手法で、 $F \times b_R$ 、 $F_z b_R$ から各電流値 (I_{a1R} , I_{a2R} , I_{a3R}) を決定できる。

$$F \times b_R = F \times (a1R, x) * I_{a1R} + F \times (a2R, x) * I_{a2R} + F \times (a3R, x) * I_{a3R} \quad \dots \text{式 (11 a)}$$

$$F_z b_R = F_z (a1R, x) * I_{a1R} + F_z (a2R, x) * I_{a2R} + F_z (a3R, x) * I_{a3R} \quad \dots \text{式 (11 b)}$$

$$I_{a1R} + I_{a2R} + I_{a3R} = 0 \quad \dots \text{式 11 c}$$

【0097】

同様の手法で、 $F \times f_R$ 、 $F_z f_R$ から各電流値 (I_{c1R} , I_{c2R} , I_{c3R}) を決定できる。

$$F \times f_R = F \times (c1R, x) * I_{c1R} + F \times (c2R, x) * I_{c2R} + F \times (c3R, x) * I_{c3R} \quad \dots \text{式 (12 a)}$$

$$F_z b_R = F_z (c1R, x) * I_{c1R} + F_z (c2R, x) * I_{c2R} + F_z (c3R, x) * I_{c3R} \quad \dots \text{式 (12 b)}$$

$$I_{c1R} + I_{c2R} + I_{c3R} = 0 \quad \dots \text{式 12 c}$$

【0098】

次に F_{ycL} , F_{ycR} から各電流値 ($I(b1 \cdot 4L)$, $I(b2 \cdot 5L)$, $I(b3 \cdot 6L)$, $I(b1 \cdot 4R)$, $I(b2 \cdot 5R)$, $I(b3 \cdot 6R)$) を決定する方法を説明する。

$$F_{ycL} = F_y((b1 \cdot 4L), x) * I(b1 \cdot 4L) + F_y((b2 \cdot 5L), x) * I(b2 \cdot 5L) + F_y((b3 \cdot 6L), x) * I(b3 \cdot 6L) \quad \dots \text{式 (13 a)}$$

10

20

30

40

50

に追加して

$$I(b1 \cdot 4L) + I(b2 \cdot 5L) + I(b3 \cdot 6L) = 0 \quad \text{--- 式 13 b}$$

$$I(b1 \cdot 4L) : I(b2 \cdot 5L) : I(b3 \cdot 6L) = Fy((b1 \cdot 3L), x) : Fy((b2 \cdot 5L), x) : Fy((b3 \cdot 6L), x)$$

すなわち、

$$I(b3 \cdot 6L) * Fy((b1 \cdot 4L), x) = I(b2 \cdot 5L) * Fy((b2 \cdot 5L), x) = I(b1 \cdot 4L) * Fy((b3 \cdot 6L), x) \quad \text{--- 式 13 c}$$

により各電流値 ($I(b1 \cdot 4L)$, $I(b2 \cdot 5L)$, $I(b3 \cdot 6L)$) を一意に決定できる。

【0099】

10

同様に

$$FycR = Fy((b1 \cdot 4R), x) * I(b1 \cdot 4R) + Fy((b2 \cdot 5R), x) * I(b2 \cdot 5R) + Fy((b3 \cdot 6R), x) * I(b3 \cdot 6R) \quad \text{--- 式 13 d}$$

に追加して

$$I(b1 \cdot 4R) + I(b2 \cdot 5R) + I(b3 \cdot 6R) = 0 \quad \text{--- 式 13 e}$$

$$I(b1 \cdot 4R) : I(b2 \cdot 5R) : I(b3 \cdot 6R) = Fy((b1 \cdot 4R), x) : Fy((b2 \cdot 5R), x) : Fy((b3 \cdot 6R), x)$$

すなわち、

$$I(b3 \cdot 6R) * Fy((b1 \cdot 4R), x) = I(b2 \cdot 5R) * Fy((b2 \cdot 5R), x) = I(b1 \cdot 4R) * Fy((b3 \cdot 6R), x) \quad \text{--- 式 13 f}$$

20

により各電流値 ($I(b1 \cdot 4R)$, $I(b2 \cdot 5R)$, $I(b3 \cdot 6R)$) を一意に決定できる。

【0100】

こうして、可動子コントローラ 212 は、複数のコイル 104 に印加する電流を制御することにより、可動子 101 に印加する力の 6 軸成分のそれぞれを制御する。

【0101】

上述のようにして、可動子コントローラ 212 は、複数のコイル 104 に印加する電流の電流指令値を決定して制御することにより、固定子 201 上での可動子 101 の姿勢を 6 軸で制御しつつ、可動子 101 の非接触での固定子 201 上の搬送を制御する。すなわち、可動子コントローラ 212 は、可動子 101 の搬送を制御する搬送制御手段として機能し、複数のコイル 104 により永久磁石 203 が受ける電磁力を制御することにより、固定子 201 上における可動子 101 の非接触での搬送を制御する。また可動子コントローラ 212 は、可動子 101 の姿勢を制御する姿勢制御手段として機能し、固定子 201 上における可動子 101 の姿勢を 6 軸で制御する。

30

【0102】

このように、本実施形態によれば、2 列に配置された複数のコイル 104 により、可動子 101 に対して、3 軸の力成分 (T_x , T_y , T_z) 及び 3 軸のモーメント成分 (T_{wx} , T_{wy} , T_{wz}) の 6 軸の力を印加することができる。これにより、可動子 101 の姿勢を 6 軸で制御しつつ、可動子 101 の搬送を制御することができる。本実施形態によれば、制御すべき変数である力の 6 軸成分の数よりも少ない列数である 2 列のコイルユニット 103 により、可動子 101 の姿勢の 6 軸制御しつつ、可動子 101 の搬送を制御することができる。

40

【0103】

したがって、本実施形態によれば、コイル 104 の列数を少なく構成することができるため、システムの大型化や複雑化を伴うことなく、可動子 101 の姿勢を制御しつつ、可動子 101 を非接触で搬送することができる。さらに、本実施形態によれば、コイル 104 の列数を少なく構成することができるため、安価に小型の磁気浮上型の搬送システムを構成することができる。

【0104】

本実施形態では、固定子に永久磁石を備える例を示したが、永久磁石でなくとも軟磁性

50

体であっても、可動子のコイルに電流を流すことで固定子に備えた軟磁性体と可動子に備えたコイルとの間に力を発生させることができる。これにより、可動子の姿勢を制御しつつ、可動子を簡単な構造によって非接触で搬送あるいは回転させることができる。本明細書において、永久磁石等の硬磁性体または軟磁性体を単に磁性体と称する。

【 0 1 0 5 】

[第二の実施形態]

第二の実施形態について、図 4 B を用いて説明する。図 4 B は、本実施形態による搬送システム 1 を制御する制御システムを示す概略図である。なお、上記第一の実施形態と同様の構成要素については同一の符号を付し説明を省略し又は簡略にする。

【 0 1 0 6 】

本実施形態による可動子 1 0 1 の基本的構成は、第一の実施形態による構成とほぼ同様である。第一の実施形態においては、可動子コントローラ 3 0 2 と統合コントローラ 3 0 1 とはケーブル 1 3 0 で繋がれている例を示した。しかし、本実施形態における可動子コントローラ 3 0 2 は、無線によって統合コントローラ 3 0 1 から搬送の指令等を受ける例を示す。

【 0 1 0 7 】

図 4 B においては、図 4 A のケーブル 1 3 0 に代わって固定子側無線ユニット 6 0 1 および可動子側無線ユニット 6 0 2、バッテリー 6 0 3 が追加されている。固定子側無線ユニット 6 0 1 および可動子側無線ユニット 6 0 2 は例えば 5 G 無線ユニットが低レイテンシであり好適である。

【 0 1 0 8 】

このような実施形態をとれば可動子はケーブルを伴わないため、より完全な非接触状態を実現出来るので例えば高真空中を移動するような蒸着装置などに好適である。

【 0 1 0 9 】

[変形実施形態]

本発明は、上記実施形態に限らず種々の変形が可能である。

【 0 1 1 0 】

例えば、真空環境や水中環境で利用する場合に、コイル 1 0 3 の周りや芯材に用いられるプラスチックなどの部材から、有機物などが飛散、流出してしまうおそれがある。また、絶縁用の接着剤も、同様に一部成分の流出や劣化が進んでしまうおそれがある。

【 0 1 1 1 】

そのため、特に真空環境や水中環境、またはクリーンルームのようなごみの少ない環境では、コイルやコイル周りの部品を何らかの部品で覆い、周囲環境と絶縁することが好ましい。

【 0 1 1 2 】

絶縁の仕方はいくつか方法があるが、例えば金属のボックスで 1 又は複数のコイルを覆い、その中に、気体を入れておくことが好ましい。

【 0 1 1 3 】

さらに、コイルから発生する熱を外部に発散、放出させるためには、その気体としては熱伝導率の大きい気体が好ましく、たとえばヘリウムガスが好ましく、水素ガスでもよい。

【 0 1 1 4 】

しかしながら、窒素や二酸化炭素ガス、大気でも、コイル周りの部品保護性能は十分高い。

【 0 1 1 5 】

さらに、1 又は複数のコイルをまとめて並べてボックス状に囲ったものを、コイルボックスユニットとして構成し、複数のコイルボックスユニットを並べてコイル列を構成するようにしてもよい。

【 0 1 1 6 】

また、上記実施形態では、可動子 1 0 1 を浮上させる浮上力として、コイル 1 0 3 が永久磁石 2 0 3 から受ける電磁力のみを利用する場合を例に説明したが、これに限定される

10

20

30

40

50

ものでない。例えば、可動子 1 0 1 の質量又は可動子 1 0 1 の上面または下面に保持されるワーク 1 0 2 の質量が大きく鉛直方向へ印加すべき浮上力が大きい場合には、別途、空気等の流体による静圧を浮上用に使う浮上力を補助してもよい。

【 0 1 1 7 】

また、上記実施形態では、第一のコイル群 1 0 3 が 2 列に配置されている場合を例に説明したが、これに限定されるものではない。例えば 3 列、4 列及び 5 列のいずれかに配置することもできる。本発明によれば、可動子 1 0 1 の姿勢の 6 軸制御における変数の数 6 よりも少ない列数のコイル 1 0 3 の列で、可動子 1 0 1 の姿勢の 6 軸制御を実現することができる。

【 0 1 1 8 】

また、本発明による搬送システムは、電子機器等の物品を製造する製造システムにおいて、可物品となるワークに対して各作業工程を実施する工作機械等の各工程装置の作業領域にワークを可動子とともに搬送する搬送システムとして利用することができる。作業工程を実施する工程装置は、ワークに対して部品の組み付けを実施する装置、塗装を実施する装置、蒸着装置等、あらゆる装置であってよい。また、製造される物品も特定のものに限定されるものではなく、あらゆる部品であってよい。

【 0 1 1 9 】

このように、本発明による搬送システムを用いてワークを作業領域に搬送し、作業領域に搬送されたワークに対して作業工程を実施して物品を製造することができる。上述のように、本発明による搬送システムでは、システムの大型化や複雑化を伴うことない。したがって、本発明による搬送システムをワークの搬送に採用した物品の製造システムも、システムの大型化や複雑化を伴うことがなく、各作業工程を実施する装置のレイアウトを高い自由度で行うことができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 0 】

- 1 0 1 可動子
- 1 0 2 ワーク
- 1 0 3 コイル
- 2 0 1 固定子
- 2 0 3 永久磁石

10

20

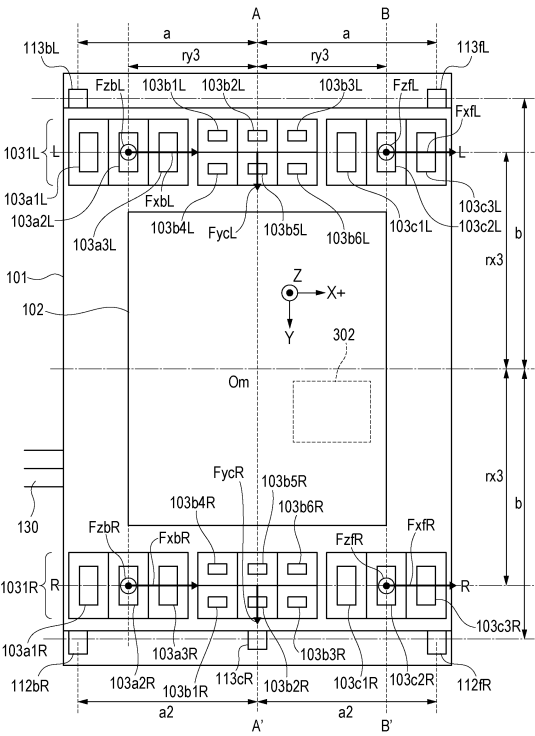
30

40

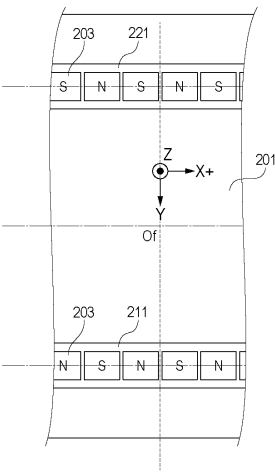
50

【図面】

【図 1 A】



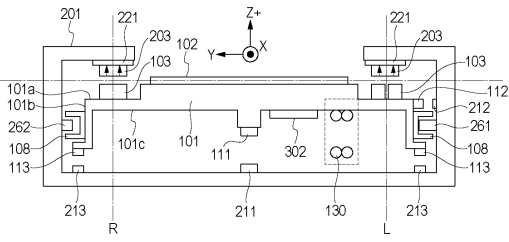
【図 1 B】



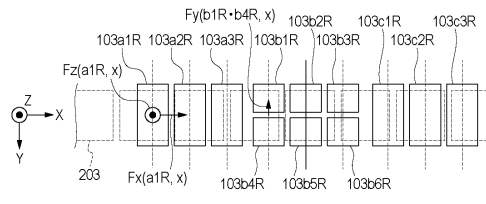
10

20

【図 2】



【図 3 A】

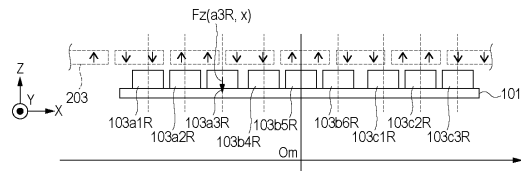


30

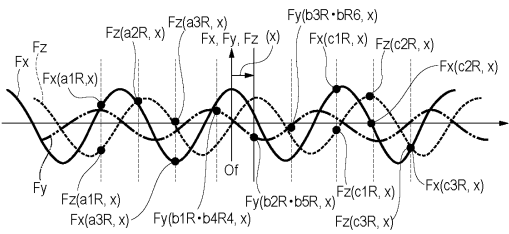
40

50

【図 3 B】



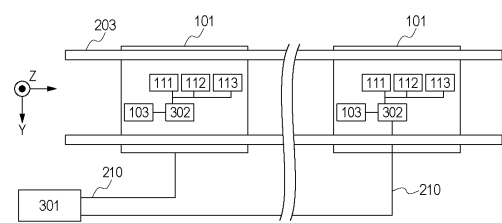
【図 3 C】



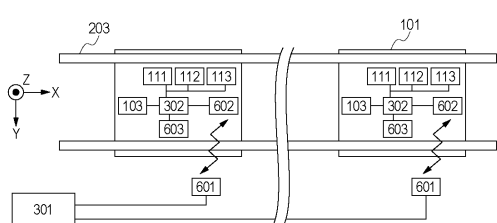
10

20

【図 4 A】



【図 4 B】

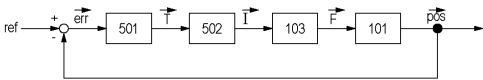


30

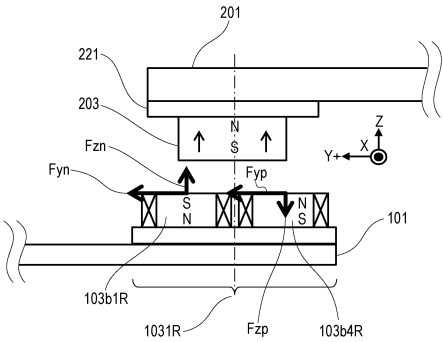
40

50

【 図 5 】



【 図 6 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

ヤノン株式会社内

審査官 島倉 理

- (56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 3 4 3 1 0 5 (J P , A)
特開平 0 4 - 0 1 2 6 5 7 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 2 1 2 5 0 5 (U S , A 1)
中国特許出願公開第 1 0 5 1 1 9 4 6 3 (C N , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 2 K 4 1 / 0 3
B 6 5 G 5 4 / 0 2