

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6373992号  
(P6373992)

(45) 発行日 平成30年8月15日(2018.8.15)

(24) 登録日 平成30年7月27日(2018.7.27)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>GO 1 D</b>	<b>5/14</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 D	5/14	E
<b>HO 2 K</b>	<b>41/03</b>	<b>(2006.01)</b>	HO 2 K	41/03	A
<b>GO 1 B</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 B	7/00	1 O 2 M

請求項の数 20 (全 53 頁)

(21) 出願番号	特願2016-532170 (P2016-532170)	(73) 特許権者	300066874
(86) (22) 出願日	平成26年8月6日(2014.8.6)		ザ・ユニバーシティ・オブ・ブリティッシュ・コロンビア
(65) 公表番号	特表2016-527518 (P2016-527518A)		カナダ国 V 6 T 1 Z 3 ブリティッシュ・コロンビア、バンクーバー、アグロノミー ロード 1 0 3 - 6 1 9 0、ユニバーシティ・インダストリー リエゾン オフィス
(43) 公表日	平成28年9月8日(2016.9.8)	(74) 代理人	100083806
(86) 国際出願番号	PCT/CA2014/050739		弁理士 三好 秀和
(87) 国際公開番号	W02015/017933	(74) 代理人	100095500
(87) 国際公開日	平成27年2月12日(2015.2.12)		弁理士 伊藤 正和
審査請求日	平成29年8月2日(2017.8.2)	(74) 代理人	100111235
(31) 優先権主張番号	61/862, 520		弁理士 原 裕子
(32) 優先日	平成25年8月6日(2013.8.6)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	62/008, 519		
(32) 優先日	平成26年6月6日(2014.6.6)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変位デバイスおよび方法とそれに関連付けられた運動を検出し推定するための装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可動ステージの位置を推定するための装置であって、  
複数のステータ - Y 向きセンサー列と複数のステータ - X 向きセンサー行を提供するように、お互いに対して配置されたセンサーのアレイを含むステータであって、

各ステータ - Y 向きセンサー列は、ステータ - Y 方向においてお互いと全体的に揃えられた複数のセンサーと、ピッチ  $P_y$  でステータ - Y 方向においてお互いから間隔を空けられた各ステータ - Y 向きセンサー列中のセンサーの少なくとも1つのペアを含み、

各ステータ - X 向きセンサー行は、ステータ - X 方向においてお互いと全体的に揃えられた複数のセンサーと、ピッチ  $P_x$  でステータ - X 方向においてお互いから間隔を空けられた各ステータ - X 向きセンサー行中のセンサーの少なくとも1つのペアを含むものと、

ステージ - Y 方向において全体的に線形に引き延ばされた複数の第1の磁化セグメントを含んだ第1のY磁石アレイを含む可動ステージであって、各第1の磁化セグメントはステージ - Y 方向の長さ  $L_{yy}$  を有し、磁化方向はステージ - Y 方向と全体的に直交し、複数の第1の磁化セグメントの磁化方向は、第1のY磁石アレイのステージ - X 方向の幅  $W_{yx}$  に渡る第1の磁氣的空間的周期  $\lambda_x$  を顕示しているものと、

センサーの各々からの出力に基づいた情報を受け取るように接続され、可動ステージのステータ - X 方向の位置を決定するために情報を使うように構成されたコントローラと、を含み、

10

20

ピッチ  $P_x$  は、 $P_x = n_x / N$ 、ここで  $n$  と  $N$  は整数、 $n / N$  は非整数、と全体的に整合している、装置。

【請求項 2】

各第 1 の磁化セグメントのステージ - Y 方向の長さ  $L_{yy}$  は、 $L_{yy} = N_{yy} P_y$ 、ここで  $N_{yy}$  は正の整数、と全体的に整合している、請求項 1 の装置。

【請求項 3】

ステータ - X 方向がステータ - Y 方向と直交する、請求項 1 - 2 のいずれか 1 つの装置。

【請求項 4】

複数のステータ - Y 向きセンサー列が第 1 と第 2 のステータ - Y 向きセンサー列を含み、第 1 のステータ - Y 向きセンサー列は第 2 のステータ - Y 向きセンサー列から 距離  $P_x$ 、ここで  $P_x = n_x / N$  で、 $n$ 、 $N$  は  $n / N$  が整数ではないように選択された正の整数、だけ間隔を空けられている、請求項 1 - 3 のいずれか 1 つの装置。

【請求項 5】

コントローラは、第 1 のステータ - Y 向きセンサー列の出力の第 1 の合計または平均に基づいておよび第 2 のステータ - Y 向きセンサー列の出力の第 2 の合計または平均に基づいて、可動ステージのステータ - X 方向の位置を決定するように構成されている、請求項 1 - 4 のいずれか 1 つの装置。

【請求項 6】

コントローラは、複数の合計または平均値に基づいて可動ステージのステータ - X 方向の位置を決定するように構成されており、各合計または平均値は対応するステータ - Y 向きセンサー列からの出力の合計または平均を含む、請求項 1 - 5 のいずれか 1 つの装置。

【請求項 7】

コントローラは、複数の同期合計または平均値に基づいて可動ステージのステータ - X 方向の位置を決定するように構成されており、各同期合計または平均値は同期列値の合計または平均を含み、各同期列値は対応する同期ステータ - Y 向きセンサー列からの出力の合計または平均に基づいており、各対応する同期ステータ - Y 向きセンサー列は他の対応する同期ステータ - Y 向きセンサー列から、ステータ - X 向き間隔  $N_x$ 、ここで  $N_x$  は正の整数、だけ離されている、請求項 1 - 6 のいずれか 1 つの装置。

【請求項 8】

複数の同期合計または平均値は第 1 の同期合計または平均値 A と第 2 の同期合計または平均値 B を含み、第 1 の同期合計または平均値 A を生成するのに使われた各対応する同期ステータ - Y 向きセンサー列は、第 2 の同期合計または平均値 B を生成するのに使われた各対応する同期ステータ - Y 向きセンサー列から、ステータ - X 向き間隔  $(n_x / 4) + s_x$ 、ここで  $s$  は整数、だけ離されており、コントローラは、第 1 の同期合計または平均値 A と第 2 の同期合計または平均値 B に基づいて可動ステージのステータ - X 方向の位置を決定するように構成されている、請求項 7 の装置。

【請求項 9】

複数の同期合計または平均値は第 1 の同期合計または平均値 A と第 2 の同期合計または平均値 B と第 3 の同期合計または平均値 A' と第 4 の同期合計または平均値 B' を含み、第 1 の同期合計または平均値 A を生成するのに使われた各対応する同期ステータ - Y 向きセンサー列は、第 2 の同期合計または平均値 B を生成するのに使われた各対応する同期ステータ - Y 向きセンサー列から、ステータ - X 向き間隔  $(n_x / 4) + s_x$ 、ここで  $s$  は整数、だけ離されており、第 3 の同期合計または平均値 A' を生成するのに使われた各対応する同期ステータ - Y 向きセンサー列から、ステータ - X 向き間隔  $(n_x / 2) + p_x$ 、ここで  $p$  は整数、だけ離されており、第 4 の同期合計または平均値 B' を生成するのに使われた各対応する同期ステータ - Y 向きセンサー列から、ステータ - X 向き間隔  $(3n_x / 4) + r_x$ 、ここで  $r$  は整数、だけ離されており、コントローラは、第 1、第 2、第 3 および第 4 の同期合計または平均値 A、B、A'、B' に基づいて可動ステージ

10

20

30

40

50

のステータ - X方向の位置を決定するように構成されている、請求項7の装置。

【請求項10】

コントローラは、可動ステージのステータ - Z方向の位置を決定するために情報を使うように構成されており、ステータ - Z方向は、ステータ - Y方向とステータ - X方向の両方と全体的に直交し、コントローラは、ステータ - Z方向の位置  $z$  を、

【数1】

$$\frac{\lambda}{2\pi} \ln \left( \frac{C_0}{\sqrt{(B)^2 + (A)^2}} \right)$$

10

ここで  $C_0$  は構成可能な定数、に基づいて決定するように構成されている、請求項8の装置。

【請求項11】

センサーのアレイがグリッドパターンに配列され、各ステータ - Y向きセンサー列は、ステータ - Y方向に向き付けられた対応するステータ - Yラインに沿って揃えられ、各ステータ - X向きセンサー行は、ステータ - X方向に向き付けられた対応するステータ - Xラインに沿って揃えられ、ステータ - Xおよびステータ - Y方向はお互いと全体的に直交し、1つのセンサーが、各ステータ - Yラインと各ステータ - Xラインの交点に位置している、請求項1 - 10のいずれか1つの装置。

【請求項12】

20

コントローラは、ステータの1つ以上のコイルを通して流れる電流によって生成された磁場を補償するために、ステータ - X方向の位置を決定するための情報を使う前のセンサーからの出力に基づいて情報を調節するように構成されている、請求項1 - 11のいずれか1つの装置。

【請求項13】

可動ステージは、ステージ - X方向において全体的に線形に引き延ばされた複数の第2の磁化セグメントを含んだ第1のX磁石アレイを含み、各第2の磁化セグメントはステージ - X方向の長さ  $L_{xx}$  を有し、磁化方向はステージ - X方向と全体的に直交し、複数の第2の磁化セグメントの磁化方向は、第1のX磁石アレイのステージ - Y方向の幅  $W_{xy}$  に渡る第2の磁氣的空間的周期  $\tau_y$  を顕示しており、コントローラは、可動ステージのステータ - Y方向の位置を決定するために情報を使うように構成されている、請求項1 - 12のいずれか1つの装置。

30

【請求項14】

ピッチ  $P_y$  は、 $P_y = m_y / M$ 、ここで  $m$  と  $M$  は整数、 $m / M$  は非整数、と全体的に整合している、請求項13の装置。

【請求項15】

各第2の磁化セグメントのステージ - X方向の長さ  $L_{xx}$  は、 $L_{xx} = N_{xx} P_x$ 、ここで  $N_{xx}$  は整数、と全体的に整合している、請求項13 - 14のいずれか1つの装置。

【請求項16】

第1の磁石アレイのステージ - X方向の幅  $W_{yx}$  は、 $W_{yx} = N_{myx}$ 、ここで  $N_{my}$  は正の整数、と全体的に整合している、請求項1 - 15のいずれか1つの装置。

40

【請求項17】

複数の同期合計または平均値は第1の同期合計または平均値  $A$  と第2の同期合計または平均値  $B$  と第3の同期合計または平均値  $C$  を含み、第1の同期合計または平均値  $A$  を生成するのに使われた各対応する同期ステータ - Y向きセンサー列は、第2の同期合計または平均値  $B$  を生成するのに使われた各対応する同期ステータ - Y向きセンサー列から、ステータ - X向き間隔  $(x / 3) + s_x$ 、ここで  $s$  は整数、だけ離されており、第3の同期合計または平均値  $C$  を生成するのに使われた各対応する同期ステータ - Y向きセンサー列から、ステータ - X向き間隔  $(2x / 3) + r_x$ 、ここで  $r$  は整数、だけ離されており、コントローラは、第1、第2および第3の同期合計または平均値  $A$ 、 $B$ 、 $C$  に基づ

50

いて可動ステージのステータ - X方向の位置を決定するように構成されている、請求項7の装置。

【請求項18】

可動ステージの位置を推定するための装置であって、

複数のステータ - Y向きセンサー列と複数のステータ - X向きセンサー行を提供するように、お互いに対して配置されたセンサーのアレイを含むステータであって、

各ステータ - Y向きセンサー列は、ステータ - Y方向においてお互いと全体的に揃えられた複数のセンサーと、ピッチ  $P_y$  でステータ - Y方向においてお互いから間隔を空けられた各ステータ - Y向きセンサー列中のセンサーの少なくとも1つのペアを含むものと、

ステージ - Y方向において全体的に線形に引き延ばされた複数の第1の磁化セグメントを含んだ第1のY磁石アレイを含む可動ステージであって、各第1の磁化セグメントはステージ - Y方向の長さ  $L_{yy}$  を有し、磁化方向はステージ - Y方向と全体的に直交しているものと、

センサーの各々からの出力に基づいた情報を受け取るように接続され、可動ステージのステータ - X方向の位置を決定するために情報を使うように構成されたコントローラと、を含み、

各第1の磁化セグメントのステージ - Y方向の長さ  $L_{yy}$  は、 $L_{yy} = N_{yy} P_y$ 、ここで  $N_{yy}$  は正の整数、と全体的に整合している、装置。

【請求項19】

可動ステージの位置を推定するための装置であって、

複数のステータ - Y向きセンサー列と複数のステータ - X向きセンサー行を提供するように、お互いに対して配置されたセンサーのアレイを含むステータであって、

センサーのアレイがグリッドパターンに配列され、各ステータ - Y向きセンサー列は、ステータ - Y方向においてお互いから間隔を空けられ、ステータ - Y方向に向き付けられた対応するステータ - Yラインに沿って全体的に揃えられた複数のセンサーを含み、各ステータ - X向きセンサー行は、ステータ - X方向においてお互いから間隔を空けられ、ステータ - X方向に向き付けられた対応するステータ - Xラインに沿って全体的に揃えられた複数のセンサーを含み、ステータ - Xおよびステータ - Y方向はお互いと全体的に直交し、1つのセンサーが、各ステータ - Yラインと各ステータ - Xラインの交点に位置しているものと、

複数の磁化セグメントを含んだ磁石アレイを含む可動ステージであって、少なくとも2つの磁化セグメントが異なる磁化方向を有するものと、

センサーの各々からの出力に基づいた情報を受け取るように接続されたコントローラであって、

コントローラは、

第1のステータ - Y向きセンサー列中のセンサーの第1のセットからの出力の第1の合計または平均と、

第2のステータ - Y向きセンサー列中のセンサーの第2のセットからの出力の第2の合計または平均と、

に基づいて可動ステージのステータ - X方向の位置を決定するために情報を使うように構成され、

コントローラは、

第1のステータ - X向きセンサー行中のセンサーの第3のセットからの出力の第3の合計または平均と、

第2のステータ - X向きセンサー行中のセンサーの第4のセットからの出力の第4の合計または平均と、

に基づいて可動ステージのステータ - Y方向の位置を決定するために情報を使うように構成されたものと、を含む、

10

20

30

40

50

装置。

## 【請求項 20】

コントローラは、

第1の同期列値の合計または平均を含んだ第1の同期合計または平均値であって、各第1の同期列値は対応する第1の同期ステータ - Y向きセンサー列からのセンサーの第1の出力の合計または平均に基づいており、各対応する第1の同期ステータ - Y向きセンサー列は他の対応する第1の同期ステータ - Y向きセンサー列から、ステータ - X向き間隔  $N_{x1}$ 、ここで  $N_{x1}$  は正の整数、 $\frac{1}{x}$  は磁石アレイのステータ - X方向の幅とステータ - X方向における磁石アレイの空間的周期の1つ、だけ離されているものと、

第2の同期列値の合計または平均を含んだ第2の同期合計または平均値であって、各第2の同期列値は対応する第2の同期ステータ - Y向きセンサー列からのセンサーの第2の出力の合計または平均に基づいており、各対応する第2の同期ステータ - Y向きセンサー列は他の対応する第2の同期ステータ - Y向きセンサー列から、ステータ - X向き間隔  $N_{x2}$ 、ここで  $N_{x2}$  は正の整数、だけ離されているものと、  
に基づいて可動ステージのステータ - X方向の位置を決定するために情報を使うように構成されている、請求項 19 による装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

[関連出願] この出願は、2013年8月6日に出願された米国出願番号61/862520と2014年6月6日に  
出願された米国出願番号62/008519の優先権の恩恵を主張し、これらの優先権出願の両方がここで引用によってここに組み込まれる。

## 【0002】

発明は、変位デバイス、それらの運動の作動、およびそれらの運動の測定（例えば、検出および/または推定）に関する。特に非限定的な実施形態は、半導体製造産業および一般的自動化産業における使用のための変位デバイスと、それらの関連付けられた運動を検出するおよび/または推定するための方法と装置を提供する。

## 【背景技術】

## 【0003】

運動ステージ（XYテーブルとロータリーテーブル）は、様々な製造、製品検査、および組み立てプロセスで幅広く使われている。現在使われている一般的な解決策は、接続ベアリングを介して2つの線形ステージ（即ち、X - ステージとY - ステージ）を一緒に積み上げることによってXY（即ち、平面状）運動を達成する。

## 【0004】

より望ましい解決策は、XY（即ち、平面状）運動が可能で、追加のベアリングを排除する、単一の可動ステージを有することが関与する。そのようなステージにとってはまた、少なくともいくつかのZ（平面外）運動を提供することができるようになることは望ましくあり得る。電流が流れるコイルと永久磁石の間の相互作用を使ってそのような変位デバイスをデザインする試みがなされてきた。この点での努力の例には、以下が含まれる：米国特許番号6,003,230、米国特許番号6,097,114、米国特許番号6,207,045、米国特許番号6,441,514、米国特許番号6,847,134、米国特許番号6,987,335、米国特許番号7,436,135、米国特許番号7,948,122、米国特許出版番号2008/0203828、W.J. Kim and D.L. Trumper, high-precision magnetic levitation stage for photolithography, Precision Eng. 22 2(1998), pp.66-77; D.L. Trumper, et al., "Magnet arrays for synchronous machines", IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, vol.1, pp.9-18, 1993; およびJ.W. Jansen, C.M.M. Van Lierop, E.A. Iomonova, A.J.A. Vandenput, "Magnetically Levitated Planar Actuator with Moving Magnets", IEEE Trans. Ind. App., Vol.44, No.4, 2008。

## 【0005】

従来技術で知られたものよりも向上した特性を有する変位デバイスを提供することが一

一般的に望まれる。

【0006】

そのようなデバイスの運動の特性を推定することが一般的に望まれる。例えば、それらのステータに対するそのようなデバイスの可動ステージの位置を推定する（例えば、測定する）ことが望まれる。いくつかの場合には、視線妨害から独立した位置推定解決策を提供することが望ましくあり得る。

【0007】

関連する技術の上述した例とそれに関連した限定は、描写的であることが意図されており、網羅的ではない。関連する技術のその他の限定は、明細書の査読と図面の研究によって当業者に明らかとなるであろう。

【0008】

例示的な実施形態が、図面の参照された図に描かれる。ここに開示された実施形態と図は、制約的というよりは描写的であると考えられるべきことが意図されている。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1Aと1Bは、発明の特定の実施形態による変位デバイスのそれぞれ部分的概略的側面図および上面図である。

【図2】図2A、2B、2Cは、ステータおよび/またはコイルに対するセンサーアレイの異なる位置を示した、特定の実施形態による図1の変位デバイスのそれぞれ部分的概略的側面図である。

【図3】図3Aは、発明の特定の実施形態による変位デバイスの部分的概略的斜視図である。図3Bは、ステータのコイルに対する可動ステージの磁石アレイを示した、ライン1B-1Bに沿った図3Aの変位デバイスの部分的概略的断面図である。図3Cは、ライン1C-1Cに沿った図3Aの変位デバイスの部分的概略的断面図である。図3Dは、特定の実施形態に従った図3Aの変位デバイスのY磁石アレイの1つの追加的な詳細を示す。図3Eは、特定の実施形態に従った図3Aの変位デバイスのX磁石アレイの1つの追加的な詳細を示す。図3Fは、ステータのセンサーに対する可動ステージの磁石アレイを示した、ライン1F-1Fに沿った図3Aの変位デバイスの部分的概略的断面図である。

【図4】図4Aと4Bは、ここに記載された変位デバイスのいずれかとの関係で使われ得て、多数の磁石アレイパラメータを示すのに有用である、磁石アレイのレイアウトの概略的部分断面図である。

【図5】図5A-5Lは、特定の実施形態に従ったここに記載された変位デバイスのいずれかと共に使われるのに好適な磁石アレイの追加的な詳細を示す。

【図6】図6A-6Lは、特定の実施形態に従ったここに記載された変位デバイスのいずれかと共に使われるのに好適な磁石アレイの追加的な詳細を示す。

【図7】図7Aと7Bは、ここに記載された変位デバイスのいずれかと共に使われるのに好適な特定の実施形態による平行で隣接した磁石アレイのペアの概略的断面図である。

【図8】図8は、その他の実施形態に従ったここに記載された変位デバイスのいずれかで使われ得る磁石アレイのレイアウトの概略的断面図である。

【図9】図9は、特定の実施形態においてここに記載された変位デバイスのいずれかと共に使われ得るセンサーアレイの概略的断面図である。

【図10】図10は、特定の実施形態による複数のセンサーサブユニットからなる特定のセンサーの概略的描写である。

【図11】図11A-11Cは、特定の実施形態で使われ得るセンサー（例えば、ホール効果センサー）から測定信号を抽出するための様々な技術を示す。

【図12】図12A-12Bは、いくつかの行と列上でアナログ回路によって実装された列合計化/平均化動作と行合計化/平均化動作の異なる実施形態をもった場感知素子のアレイを描く。

【図13】図13A-13Bは、Y方向に延びる列センサーの列合計/平均との関係でY磁石の異なる実施形態を描く。

10

20

30

40

50

【図14】図14Aは、或る列合計/平均が取り除かれた、Y方向に延びる列センサーの列合計/平均との関係でY磁石アレイの別の実施形態を描く。図14Bは、図14Aの実施形態についての、センサーの全体的レイアウトを描く。

【図15】図15は、追加の列合計/平均が取り除かれた、Y方向に延びる列センサーの列合計/平均との関係でY磁石アレイの別の実施形態を描く。

【図16】図16は、Y方向に延びる列センサーの列合計/平均との関係でY磁石アレイの別の実施形態を描き、センサーは代替的なセンサーピッチを有する。

【図17】図17は、各センサーが等しく間隔を空けられた2次元グリッド点から離れるようにオフセットされる、特定の実施形態によるセンサーのアレイを描く。

【図18】図18は、特定の実施形態による、各々がセンサーのサブアレイを含む、多角形状の独立した感知領域を有するセンサーのアレイを描く。

【図19】図19は、特定の実施形態による可動ステージ位置の位置を推定するための方法の概略的描写である。

【図20】図20は、複数の異なるステータを通して複数の可動ステージを動かすための装置を概略的に描く。

【図21】図21A - 21Cは、コイルトレースと磁石アレイの異なる相対的な向きを有するその他の実施形態による変位デバイスを概略的に描く。

【図22】図22A - 22Cは、特定の実施形態によるここに記載された変位デバイスのいずれかで使われ得る、特定の磁氣的空間的周期内で異なる数の磁化方向を有する磁石アレイの断面図を概略的に描く。

【図23】図23A - 23Cは、特定の実施形態によるここに記載された変位デバイスのいずれかで使われ得る、オフセットまたはシフトされたサブアレイを有する磁石アレイの様々な実施形態を示す。

【図24】図24A、24B、24Cは、それらのそれぞれのY寸法に渡ってX方向に延びる周期的空間変動を顕示し、特定の実施形態によるここに記載された変位デバイスのいずれかで使われ得る、Y磁石アレイの数々を示す。

【図25】図25Aと25Bは、特定の実施形態によるここに記載された変位デバイスのいずれかで使われ得る、コイルトレースの数々の上面図と、複数のサブトレースからなるコイルトレースの断面図をそれぞれ描く。

【図26】図26Aと26Bは、特定の実施形態によるここに記載された変位デバイスのいずれかと共に使われ得る、円形断面のコイルトレースの様々な様子を示す。図26Cと26Dは、どのようにコイルトレースが、円形断面を有する複数のサブトレースからなり得るかの実施形態を示す。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0010】

以下の記載を通して、当業者により完全な理解を提供するために特定の詳細が説明される。但し、周知のエレメントは、開示を不必要に不明瞭にすることを避けるために詳細には示されたり記載されたりされていないかもしれない。従って、記載と図面は、制約的ではなく描写的な感覚で捉えられるべきである。

##### 【0011】

ステータと可動ステージからなる変位デバイスが提供される。ステータは、2次元センサーアレイと、1つ以上の層で全体的に線形に引き延ばされた複数のコイルトレースを提供するような形状をした複数のコイルからなる。コイルの層は、Z方向で重複していても良い。それらのコイルの層はまた、Z方向でセンサーアレイと重複していても良い。可動ステージは、1つ以上の磁石アレイからなる。各磁石アレイは、対応する方向で全体的に線形に引き延ばされた複数の磁化セグメントからなっても良い。各磁化セグメントは、それが引き延ばされている方向と全体的に直交する磁化方向を有する。各磁石アレイ中の複数の磁化セグメントの磁化方向は、磁石アレイの幅に跨った方向において磁氣的空間的周期を顕示する。1つ以上の振幅が、コイルトレースにおいて電流を駆動し、それによりステータと可動ステージの間に相対的な動きをもたらすように選択的に接続されてい

10

20

30

40

50

ても良い。センサーアレイ中のセンサーは、ステータに対する可動ステージの位置を感知するように構成されている。コントローラが、アレイ中のセンサーの出力に基づいた情報を受け取るように接続され、(例えば、ステータに対する)可動ステージの位置を決定するために情報を使うように構成されている。コントローラはまた、(例えば、コイルトレース中の電流によって作り出された磁場を考慮に入れるためにセンサーからの情報を補償するように)可動ステージの位置を決定するのに助けるために、コイルトレース中の電流に関する情報を使うように構成されていても良い。

#### 【0012】

##### 特定の実施形態

図1Aと1Bは、特定の実施形態による変位デバイス100のそれぞれ部分的概略的側面図および上面図である。変位デバイス100は、可動ステージ110とステータ120からなる。可動ステージ110は、1つ以上の磁石アレイ112からなる。ステータ120は、2次元(2D)センサーアレイ500と、複数のコイル122からなる。ステータ120は、可動ステージ110に隣接して位置していても良く、可動ステージと全体的に平行に向き付けられていても良い。図2A、2B、2Cは、ステータ120および/またはコイル122に対するセンサーアレイ500の異なる位置を示した、特定の実施形態による図1の変位デバイス100のそれぞれ部分的概略的側面図である。センサーアレイ500は、ステータ120の上(図2A)、下(図2B)または内(図2C)に位置していても良い。下でより詳細に説明されるように、センサーアレイ500中の各センサー501は、磁場における変動に感度を有する磁場センサーである。センサー501は、制限はされないが、ホール効果磁場センサー、磁氣的抵抗センサー、および/または磁束密度を測定することができるその他の好適なタイプの磁場センサーからなっても良い。下でより詳細に説明されるように、コイル122の各々は、ステータ120の作業領域124(即ち、その上で可動ステージ110が動くことができるステータ120の領域)において、コイル122が線形的に引き延ばされたコイルトレース126を実効的に提供する(図3C参照)ように、特定の寸法に沿って引き延ばされている。

#### 【0013】

変位デバイス100は、アレイ500中のセンサー501からの出力に基づいた情報を受け取るように接続されたコントローラ504からなる。コントローラ504は、1つ以上の非平行な方向(例えば、図1のビューにおけるX、Yおよび/またはZ方向)において可動ステージ110の位置を決定する(例えば、推定する)ために受け取った情報を使うように構成されている(例えば、プログラムされている)。コントローラ504によって決定された可動ステージ110の位置は、ステータ120に対して、ステータ120上にあるかまたはそれと関連付けられた何らかの参照物に対して、および/または何らかのその他の参照物(例えば、何らかのその他の静止的参照物)に対して決定されていても良い。コントローラ504は、好適なコンピューターのコンポーネンツからなっても良い。一般に、コントローラ504は、例えば、好適に構成された汎用プロセッサ、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、その他のタイプのプログラマブル論理デバイス、前述したものの複数、前述したものの組み合わせ、等々のような、あらゆる好適に構成されたプロセッサからなる。コントローラ504は、コントローラ504にアクセス可能なコンピューター読み取り可能なメモリー(明示されていない)および/またはコントローラ504と一体的なコンピューター読み取り可能なメモリーに格納されていても良いソフトウェアに対するアクセスを有する。コントローラ504は、そのようなソフトウェア命令を読み出して実行するように構成されていても良く、コントローラ504によって実行された時には、そのようなソフトウェアが、ここに記載された機能のいくつかを実装することをコントローラ504に引き起こしても良い。

#### 【0014】

ここに開示された変位デバイスを記載する目的で、座標システムのペア、ステータに(例えば、ステータ120に)固定されて動かないステータ座標システムと、可動ステージ

10

20

30

40

50



に（例えば、可動ステージ 110 に）固定されてステータとステータ座標システムに対して動くステージ座標システム、を定義することが有用であり得る。この記載は、これらの座標システムを記載するのに従来の直交座標（X、Y、Z）を使っても良いが、その他の座標システムが使われることもできることが理解されるであろう。簡便のために、この記載とその関連する図面では、ステータ座標システムにおける方向（例えば、X、Y、Z 方向）とステージ座標システムにおける方向は、お互いと一致しているものとして示され記載される、即ち、ステータ - X、ステータ - Y、およびステータ - Z 方向は、ステージ - X、ステージ - Y、およびステージ - Z 方向と一致しているものとして示され記載される。従って、この記載とその関連する図面は、ステータおよび / またはステージ座標システムの両方または一方における方向に言及するために方向（例えば、X、Y、および / または Z 方向）に言及しても良い。但し、いくつかの実施形態では、これらの方向がもはやお互いと一致しなくなるように、可動ステージ（例えば、ステージ 110）がステータ（例えば、ステータ 120）に対して動いても良い、ということがここでの記載から理解されるであろう。そのような場合には、この開示は、ステータ座標システムにおける方向に言及するためにステータ - X、ステータ - Y、およびステータ - Z という用語を使い、ステージ座標システムにおける方向に言及するためのステージ - X、ステージ - Y、およびステージ - Z という用語を使うという慣習を採用しても良い。

#### 【0015】

図 2 A は、特定の実施形態による変位デバイス 100 の部分的概略的側面図であり、ここではセンサーアレイ 500 は、ステータ 120 の「上」面（即ち、コイル 122 と可動ステージ 110 の間に位置するステータ 120 の表面）上に分布している。図 2 A の実施形態では、この「上」面は、正の Z 方向に向いた法線を有するが、これは必ずしも必要ではない。図 2 B は、特定の実施形態による変位デバイス 100 の部分的概略的側面図であり、ここではセンサーアレイ 500 は、ステータ 120 の「下」面（即ち、可動ステージ 110 とは反対のステータ 120 の表面）上に分布している。図 2 B の実施形態では、この「下」面は、負の Z 方向に向いた法線を有するが、これは必ずしも必要ではない。図 2 C は、特定の実施形態による変位デバイス 100 の部分的概略的側面図であり、ここではセンサーアレイ 500 は、ステータ 120 中に位置し、コイル 122 の間のスペースに分布している。例えば、コイル 122 は、銅プリント回路基板製造技術を使って構築されることができ、スペースは、コイルトレース 122 の間のプリント回路基板中に作り出されることができ、各センサー 501 は、コイル 122 の間の対応するスペース中、即ち、コイルトレースが位置していない所、に位置していても良い。

#### 【0016】

図 2 A - 2 C の実施形態では、磁場センサー 501 が、第 1 の X 方向と第 2 の Y 方向に広がる平面において、第 3 の Z 方向に法線方向をもって、アレイ 500 中に分布している。下でより詳細に説明されるとともに図 3 C に示されるように、ステータコイル 122 は、複数のコイルトレース層 128 からなっても良い。各コイルトレース層 128 は、X、Y 方向の 1 つにおいて線形に引き延ばされるような形状をした複数のコイルトレース 126 からなっても良い。下でより詳細に説明されるとともに図 3 B に示されるように、可動ステージ 110 は、1 つ以上の線形に引き延ばされた磁石アレイ 112（例えば、ステージ - X またはステージ - Y 方向に線形に引き延ばされた）からなっても良く、その各々は、対応する複数の線形に引き延ばされた磁化セグメント 114（例えば、ステージ - X またはステージ - Y 方向に線形に引き延ばされた）からなっても良い。

#### 【0017】

図 3 A - 3 F（集合的に図 3）は、発明の特定の実施形態による変位デバイス 100 の更なる詳細を示す。図 3 A - 3 F は、変位デバイス 100 の様々な異なるビューが示され、図 3 A - 3 F のいくつかでは、その他のコンポーネントをより良く描くために、変位デバイス 100 の特定のコンポーネントは示されていない。変位デバイス 100 は、可動ステージ 110 とステータ 120 からなる。可動ステージ 110 は、1 つ以上の線形に引き延ばされた磁石アレイ 112 からなる。描かれた実施形態の可動ステージ 110 は、永久

10

20

30

40

50

磁石 1 1 2 A、1 1 2 B、1 1 2 C、1 1 2 D の複数（例えば、4 つ）のアレイ（集合的に磁石アレイ 1 1 2）からなる。ステータ 1 2 0 は、複数のコイル 1 2 2 と 2 次元（2 D）磁気センサーアレイ 5 0 0 からなる。下でより詳細に説明されるように、コイル 1 2 2 の各々は、ステータ 1 2 0 の作業領域 1 2 4（即ち、その上で可動ステージ 1 1 0 が動くことができるステータ 1 2 0 の領域）において、コイル 1 2 2 が線形的に引き延ばされたコイルトレース 1 2 6 を実効的に提供するように、特定の寸法に沿って引き延ばされている。下でより詳細に説明されるように、コイルトレース 1 2 6 の各々は、それに沿ってそれが線形に引き延ばされているところの対応する軸（例えば、X または Y 軸）からなる。明確さのために、ステータ 1 2 0 の作業領域 1 2 4 の一部分のみが、図 3 のビューにおいて示されている。一般に、ステータ 1 2 0 の作業領域 1 2 4 は、図 3 に示されているものよりもかなり大きくても良く、可動ステージ 1 1 0 よりもかなり大きくても良い。図 3 の部分的ビューの外側では、コイル 1 2 2 は線形に引き延ばされていないループを有していても良いことが理解されるであろう。下でより詳細に説明されるように、2 D センサーアレイ 5 0 0 の各センサー 5 0 1 は、2 次元グリッド点において位置していても良い。それらのグリッド点は、平行ラインの 2 つのグループの交差点である。1 つのグループのラインは、他のグループのラインとは非平行（例えば、直交）である。各センサー 5 0 1 は、1 つの方向においてまたは 1 つより多くの方向において、磁束密度を測定することができる。

10

#### 【0018】

描かれた図 3 の実施形態では（図 3 C に最も良く見られるように）、ステータ 1 2 0 は、コイルトレース 1 2 6 の複数（例えば、4 つ）の層 1 2 8 A、1 2 8 B、1 2 8 C、1 2 8 D（集合的に、層 1 2 8）からなり、コイルトレース層 1 2 8 の各ペアは電氣的絶縁層 1 3 0 によってお互いから離されている。ステータ 1 2 0 中の層 1 2 8 の数は特定の実装について変動しても良いということと、描かれた実施形態に示された層 1 2 8 の数は説明の目的のために都合が良いということが理解されるであろう。描かれた実施形態では、各層 1 2 8 は、お互いと平行である軸に沿って線形に引き延ばされたコイルトレース 1 2 6 からなる。描かれた実施形態の場合、層 1 2 8 A、1 2 8 C は、Y 方向（ステータ - Y 方向）に平行な方向で全体的に線形に引き延ばされたコイルトレース 1 2 6 Y からなり、層 1 2 8 B、1 2 8 D は、X 方向（ステータ - X 方向）に平行な方向で全体的に線形に向き付けされたコイルトレース 1 2 6 X からなる。Y 方向に沿って全体的に線形に向き付けされたコイルトレース 1 2 6 Y は、ここでは「Y コイル」または「Y トレース」と呼ばれても良く、下でより詳細に説明されるように、X および Z 方向において可動ステージ 1 1 0 を動かすのに使われても良い。同様に、X 方向に沿って全体的に線形に向き付けされたコイルトレース 1 2 6 X は、ここでは「X コイル」または「X トレース」と呼ばれても良く、下でより詳細に説明されるように、Y および Z 方向において可動ステージ 1 1 0 を動かすのに使われても良い。

20

30

#### 【0019】

描かれた実施形態では（図 3 B に最も良く示されているように）、可動ステージ 1 1 0 は、4 つの磁石アレイ 1 1 2 からなる。いくつかの実施形態では、可動ステージ 1 1 0 は、4 つより多くの磁石アレイ 1 1 2 からなっても良い。その他の実施形態では、可動ステージ 1 1 0 は、4 つより少ない磁石アレイからなっても良い。例えば、可動ステージ 1 1 0 は、1 つ以上の磁石アレイからなっても良い。図 3 の実施形態の各磁石アレイ 1 1 2 A、1 1 2 B、1 1 2 C、1 1 2 D は、異なる磁化方向を有する複数の対応する磁化セグメント 1 1 4 A、1 1 4 B、1 1 4 C、1 1 4 D（集合的に、磁化セグメント 1 1 4）からなる。描かれた実施形態では、各磁化セグメント 1 1 4 は、対応する軸方向寸法に沿って全体的に線形に引き延ばされている。描かれた実施形態の磁化セグメント 1 1 4 の引き延ばされた形状は、例えば、図 3 B に示されている。いくつかの実施形態では、各磁化セグメント 1 1 4 の引き延ばし方向の長さ（即ち、引き延ばし方向における寸法）は、その幅および高さ（即ち、引き延ばし方向と直交する断面寸法）の少なくとも 2 倍である。いくつかの実施形態では、各磁化セグメント 1 1 4 の引き延ばし方向の長さ対そ

40

50

の直交する幅および高さ寸法のこの比は、少なくとも4であっても良い。各磁化セグメント114の引き延ばし方向の長さ対その直交する幅および高さ寸法のこの関係は、磁石アレイ112の寸法とは独立に成り立っていても良い。

【0020】

図3の実施形態の場合には、磁石アレイ112Aの磁化セグメント114Aと磁石アレイ112Cの磁化セグメント114Cは、ステージ-X方向に平行な方向で全体的に引き延ばされており、磁石アレイ112Bの磁化セグメント114Bと磁石アレイ112Dの磁化セグメント114Dは、ステージ-Y方向に平行な方向で全体的に引き延ばされていることを見ることができる。それらのそれぞれの磁化セグメント114の引き延ばし方向のため、磁石アレイ112A、112Cはここでは「X磁石アレイ」112A、112Cと呼ばれても良く、それらの対応する磁化セグメント114A、114Cはここでは「X磁化セグメント」と呼ばれても良く、また磁石アレイ112B、112Dはここでは「Y磁石アレイ」112B、112Dと呼ばれても良く、それらの対応する磁化セグメント114B、114Dはここでは「Y磁化セグメント」と呼ばれても良い。この記載は、磁石アレイ112の寸法を記載するために数々のシンボルを使う。図3D、3Eおよび4に最も良く示されているように、 $L_{xx}$ は、X磁石アレイ（例えば、X磁石アレイ112A、112C）のステージ-X方向の長さを表し、 $W_{xy}$ は、X磁石アレイ（例えば、X磁石アレイ112A、112C）のステージ-Y方向の幅を表し、 $H_{xz}$ は、X磁石アレイ（例えば、X磁石アレイ112A、112C）のステージ-Z方向の高さを表し、 $L_{yy}$ は、Y磁石アレイ（例えば、Y磁石アレイ112B、112D）のステージ-Y方向の長さ  
10  
20  
を表し、 $W_{yx}$ は、Y磁石アレイ（例えば、Y磁石アレイ112B、112D）のステージ-X方向の幅を表し、 $H_{yz}$ は、Y磁石アレイ（例えば、Y磁石アレイ112B、112D）のステージ-Z方向の高さを表す。

【0021】

磁化セグメント114は、引き延ばされていても良い。いくつかの実施形態では、それらの引き延ばし方向における磁化セグメント114の引き延ばされた長さは、それらの引き延ばし方向と直交する方向における磁化セグメント114の幅および高さよりも大きい（例えば、2倍、4倍またはそれ以上）、図3B、3D、3Eおよび4参照。いくつかの実施形態では、磁化セグメント114の引き延ばし方向の長さ（例えば、描かれた図3の実施形態の場合におけるX磁化セグメント114A、114Cの長さ $L_{xx}$ および/または  
30  
Y磁化セグメント114B、114Dの長さ $L_{yy}$ で、そこでは磁化セグメント114の引き延ばし方向の長さは、それらのそれぞれの磁石アレイ112の対応する寸法と同じである）は、それらのそれぞれの幅（例えば、下でより詳細に説明されるように、 $\frac{1}{(2N_t)}$ または $\frac{1}{N_t}$ ）の少なくとも2倍（いくつかの実施形態では、少なくとも4倍）であっても良い。更には、いくつかの実施形態では、磁化セグメント114の引き延ばし方向の長さ（例えば、描かれた図3の実施形態の場合におけるX磁化セグメント114A、114Cの長さ $L_{xx}$ および/またはY磁化セグメント114B、114Dの長さ $L_{yy}$ で、そこでは磁化セグメント114の引き延ばし方向の長さは、それらのそれぞれの磁石アレイ112の対応する寸法と同じである）は、それらのそれぞれのステージZ方向の高さ（例えば、X磁化セグメント114A、114Cの高さ $H_{xz}$ およびY磁化セグ  
40  
メント114B、114Dの高さ $H_{yz}$ ）の少なくとも2倍（いくつかの実施形態では、少なくとも4倍）であっても良い、図3B、3D、3Eおよび4参照。図3の実施形態では、磁石アレイ112の寸法 $L_{xx}$ 、 $L_{yy}$ は、磁化セグメント114の引き延ばし方向の長さと同じであるので、寸法 $L_{xx}$ と $L_{yy}$ が、都合の良さのために上で使われたことが理解されるであろう。但し、一般には、磁化セグメント114の引き延ばし方向の長さ  
とそれらの直交する幅および高さの寸法の間これらの関係は、磁石アレイ112の寸法とは独立に成り立っていても良い。

【0022】

図3Cは、特定の非限定的な例に従ったY磁石アレイ112Bの様々な磁化セグメント114Bの磁化の向きを概略的に示す。より特定には、図3CのY磁石アレイ112B中  
50

の概略的に描かれた矢印は、様々な磁化セグメント 1 1 4 B の磁化方向を示す。また、各磁化セグメント 1 1 4 B 内では、斜線領域が磁石の N 極を表し、白い領域が磁石の S 極を表す。

#### 【 0 0 2 3 】

図 3 D は、Y 磁石アレイ 1 1 2 B の断面図をより詳細に示す。Y 磁石アレイ 1 1 2 B がステージ - X 方向に沿って多数の機械的に連続した磁化セグメント 1 1 4 B に分割されているということと、様々なセグメント 1 1 4 B の磁化方向がステージ - Y 方向と直交する方向に向き付けられている、即ち、磁化セグメント 1 1 4 B の磁化方向は、それに沿って磁化セグメント 1 1 4 B が引き延ばされているところのステージ - Y 方向と直交している、ということを見ることができる。ステージ - X 方向でお互いと隣接している Y 磁石アレイ 1 1 2 B の機械的に連続した磁化セグメント 1 1 4 B は、お互いと接触している。磁化セグメント 1 1 4 B の磁化方向が、ステージ - X 方向に沿って周期（または波長）をもった空間的周期性を有するということがまた、図 3 D から観察されても良い。磁石アレイ 1 1 2 の磁化セグメント 1 1 4 の磁化方向のこの空間的周期性は、ここでは磁氣的周期、磁氣的空間的周期、磁氣的波長、または磁氣的空間的波長と呼ばれても良い。

#### 【 0 0 2 4 】

描かれた図 3 D の実施形態では、Y 磁石アレイ 1 1 2 B は、 $2$ 、即ち、磁氣的周期の 2 周期、のステージ - X 方向の総幅  $W_{y x}$  を有する。これは必ずしも必要ではない。いくつかの実施形態では、Y 磁石アレイ 1 1 2 B は、 $W_{y x} = N_m$ 、ここで  $N_m$  は正の整数、で与えられたステージ - X 方向の総幅  $W_{y x}$  を有する。いくつかの実施形態では、Y 磁石アレイ 1 1 2 B、1 1 2 D のステージ - X 方向の幅  $W_{y x}$  は、X 磁石アレイ 1 1 2 A、1 1 2 C のステージ - Y 方向の幅  $W_{x y}$  と同じである、即ち、 $W_{y x} = W_{x y} = W_m$  である。

#### 【 0 0 2 5 】

描かれた図 3 D の実施形態の場合には、磁化セグメント 1 1 4 B は、4 つの異なる磁化方向： $+Z$ 、 $-Z$ 、 $+X$ 、 $-X$ （ここで  $Z$  はステージ - Z 方向を指し、 $X$  はステージ - X 方向を指す）からなり、それらは一緒に磁氣的空間的周期を提供する。これは必ずしも必要ではない。いくつかの実施形態では、磁化セグメント 1 1 4 B は、磁氣的空間的周期を提供するために 2 つまで少ない磁化方向からなっても良く、いくつかの実施形態では、磁化セグメント 1 1 4 B は、磁氣的空間的周期を提供するために 4 つより多くの磁化方向からなっても良い。完全な磁氣的空間的周期を作り上げる磁石アレイ 1 1 2 の異なる磁化方向の数は、ここでは  $N_t$  と呼ばれても良い。磁化セグメント 1 1 4 B の磁化方向の数  $N_t$  に拘らず、各セグメント 1 1 4 B の磁化方向は、ステージ - Y 方向と全体的に直交して向き付けられている。図 3 D はまた、描かれた実施形態では、磁化セグメント 1 1 4 B のステージ - X 方向の幅が  $\frac{1}{(2 N_t)}$  かまたは  $\frac{1}{N_t}$  のどちらかであることも示している。磁化方向の数  $N_t$  が  $N_t = 4$  である図 3 D の実施形態の場合には、磁化セグメント 1 1 4 B のステージ - X 方向の幅は、 $\frac{1}{8}$ （A、I でラベル付けされたエッジセグメントについてそうであるように）かまたは  $\frac{1}{4}$ （B、C、D、E、F、G、H でラベル付けされた内部セグメントについてそうであるように）のどちらかである。上述したように、いくつかの実施形態では、Y 磁化セグメント 1 1 4 B の引き延ばし方向の長さ（例えば、描かれた実施形態における  $L_{y y}$ ）は、それらのそれぞれの幅（例えば、 $\frac{1}{(2 N_t)}$  または  $\frac{1}{N_t}$ ）の少なくとも 2 倍（いくつかの実施形態では、少なくとも 4 倍）であっても良い。図 3 D はまた、Y 磁化セグメント 1 1 4 B のステージ - Z 方向の高さ  $H_{y z}$  も示している。上述したように、いくつかの実施形態では、Y 磁化セグメント 1 1 4 B の引き延ばし方向の長さ（例えば、描かれた実施形態における  $L_{y y}$ ）は、それらのそれぞれのステージ - Z 方向の高さ（例えば、高さ  $H_{y z}$ ）の少なくとも 2 倍（いくつかの実施形態では、少なくとも 4 倍）であっても良い。

#### 【 0 0 2 6 】

描かれた図 3 D の実施形態の場合になされても良い別の観察は、磁化セグメント 1 1 4 B の磁化が、中央のステージ Y - Z 平面 1 1 8（即ち、ステージ - Y およびステージ - Z

10

20

30

40

50

方向に延びて、そのステージ - X 寸法  $W_{y \ x}$  の中央において磁石アレイ 1 1 2 B と交差する平面 1 1 8 ) について鏡像対称的であるということである。図 3 D には明示的に示されていないが、いくつかの実施形態では、磁石アレイ 1 1 2 B は、そのステージ - X 方向寸法  $W_{y \ x}$  の中央において非磁氣的スペーサーが設けられていても良い。より特定には、磁石アレイ 1 1 2 B のステージ - X 方向寸法  $W_{y \ x}$  の中央における磁化セグメント 1 1 4 B (即ち、描かれた実施形態において E でラベル付けされたセグメント) は、幅  $W_{y \ x} / (2 N_t) = W_{y \ x} / 8$  の 2 つのセグメントに分割されていても良く、非磁氣的スペーサーがそれらの間に挿入されていても良い。下でより詳細に説明されるように、そのような非磁氣的スペーサーは、高調波磁場によって生成された妨害力 / トルクを相殺するのに使われることができる。そのような非磁氣的スペーサーの別の機能は、そのような非磁氣的スペーサーがセンサーアレイ 5 0 0 によって検出された高調波磁場を相殺 / 減衰するのに使われることができるということである。そのような非磁氣的スペーサーがあっても、磁石アレイ 1 1 2 B とその磁化セグメント 1 1 4 B は：様々なセグメント 1 1 4 B の磁化方向が、ステージ - Y 方向と直交する方向に向き付けられている；様々なセグメント 1 1 4 B のステージ - X 方向の幅が、 $W_{y \ x} / (2 N_t)$  (外側セグメント A、I と、セグメント E を分割することによって形成された 2 つのセグメントについて) かまたは  $W_{y \ x} / N_t$  (内部セグメント B、C、D、F、G、H について) のどちらかである；および磁化セグメント 1 1 4 B の磁化が、中央の Y - Z 平面 1 1 8 について鏡像対称的である；という性質を依然として顕示する。

10

## 【 0 0 2 7 】

20

可動ステージ 1 1 0 上のその位置を別とすると、Y 磁石アレイ 1 1 2 D とその磁化セグメント 1 1 4 D の特性は、Y 磁石アレイ 1 1 2 B とその磁化セグメント 1 1 4 B のものと同様であっても良い。

## 【 0 0 2 8 】

図 3 E は、X 磁石アレイ 1 1 2 A の断面図をより詳細に示す。X 磁石アレイ 1 1 2 A が、ステージ - Y 方向に沿って、ステージ - X 方向で全体的に線形に引き延ばされた多数の機械的に連続した磁化セグメント 1 1 4 A に分割されているということが理解されるであろう。ステージ - Y 方向でお互いと隣接している X 磁石アレイ 1 1 2 A の機械的に連続した磁化セグメント 1 1 4 A は、お互いと接触している。描かれた実施形態では、X 磁石アレイ 1 1 2 A とその磁化セグメント 1 1 4 A の特性は、ステージ - X 方向とステージ - Y 方向がスワップされていることを除けば、Y 磁石アレイ 1 1 2 B とその磁化セグメント 1 1 4 B のものと同様であっても良い。例えば、磁化セグメント 1 1 4 A の磁化方向は、ステージ - Y 方向に沿って周期 (または波長)  $\lambda$  をもった空間的周期性を有する；ステージ - Y 方向における X 磁石アレイ 1 1 2 A の幅  $W_{x \ y}$  は、 $W_{x \ y} = N_m \lambda$ 、ここで  $N_m$  は正の整数、で与えられる；様々な磁化セグメント 1 1 4 A の磁化方向は、ステージ - X 方向と直交する方向に向き付けられている；様々な磁化セグメント 1 1 4 A のステージ - Y 方向の幅が  $W_{y \ x} / (2 N_t)$  (外側セグメント A、I について) かまたは  $W_{y \ x} / N_t$  (内部セグメント B、C、D、E、F、G、H について) のどちらかであり、ここで  $N_t$  は磁石アレイ 1 1 2 A における異なる磁化方向の数を表す；および磁化セグメント 1 1 4 A の磁化が、中央の X - Z 平面 1 1 8 について鏡像対称的である。上述したように、いくつかの実施形態では、X 磁化セグメント 1 1 4 A の引き延ばし方向の長さ (例えば、描かれた実施形態における  $L_{x \ x}$ ) は、それらのそれぞれの幅 (例えば、 $W_{y \ x} / (2 N_t)$  または  $W_{y \ x} / N_t$ ) の少なくとも 2 倍 (いくつかの実施形態では、少なくとも 4 倍) であっても良い。図 3 E はまた、X 磁化セグメント 1 1 4 A のステージ - Z 方向の高さ  $H_{x \ z}$  も示している。上述したように、いくつかの実施形態では、X 磁化セグメント 1 1 4 A の引き延ばし方向の長さ (例えば、描かれた実施形態における  $L_{x \ x}$ ) は、それらのそれぞれのステージ - Z 方向の高さ (例えば、高さ  $H_{x \ z}$ ) の少なくとも 2 倍 (いくつかの実施形態では、少なくとも 4 倍) であっても良い。

30

40

## 【 0 0 2 9 】

可動ステージ 1 1 0 上のその位置を別とすると、X 磁石アレイ 1 1 2 C とその磁化セグ

50

メンツ 1 1 4 C の特性は、X 磁石アレイ 1 1 2 A とその磁化セグメンツ 1 1 4 A のものと同様であっても良い。

【 0 0 3 0 】

図 3 B と 3 C を参照して、変位デバイス 1 0 0 の動作がここで説明される。図 3 C は、どのように可動ステージ 1 1 0 がステータ - Z 方向においてステータ 1 2 0 から上向きに間隔を空けられているかを示す。ステータ 1 2 0 と可動ステージ 1 1 0 の間のこのスペースは、下記のように可動ステージ 1 1 0 上の磁石アレイ 1 1 2 でのステータ 1 2 0 上のコイル 1 2 2 の相互作用によって作り出されたステータ - Z 方向の力によって（少なくとも部分的には）維持されることができる。いくつかの実施形態では、ステータ 1 2 0 と可動ステージ 1 1 0 の間のこのスペースは、当該技術分野で知られているような、追加の持ち上げおよび/または釣り上げ磁石、静圧気体軸受、ローラー軸受、スライディング軸受、等々（図示せず）を使って維持されることができる。

10

【 0 0 3 1 】

図 3 B は、4 セットのアクティブコイルトレース 1 3 2 A、1 3 2 B、1 3 2 C、1 3 2 D（集合的に、コイルトレース 1 3 2）を示し、その各々（電流を運んでいる時）は、可動ステージ 1 1 0 が動くことを引き起こす力を与えるように磁石アレイ 1 1 2 A、1 1 2 B、1 1 2 C、1 1 2 D の対応する 1 つと相互作用することに主に責任を持つ。より特定には、コイルトレース 1 3 2 A が電流を運んでいる時には、ステータ - Y およびステータ - Z 方向で可動ステージ 1 1 0 上に力を与えるように、それらは X 磁石アレイ 1 1 2 A と相互作用する；コイルトレース 1 3 2 B が電流を運んでいる時には、ステータ - X およびステータ - Z 方向で可動ステージ 1 1 0 上に力を与えるように、それらは Y 磁石アレイ 1 1 2 B と相互作用する；コイルトレース 1 3 2 C が電流を運んでいる時には、ステータ - Y およびステータ - Z 方向で可動ステージ 1 1 0 上に力を与えるように、それらは X 磁石アレイ 1 1 2 C と相互作用する；およびコイルトレース 1 3 2 D が電流を運んでいる時には、ステータ - X およびステータ - Z 方向で可動ステージ 1 1 0 上に力を与えるように、それらは Y 磁石アレイ 1 1 2 D と相互作用する。

20

【 0 0 3 2 】

図 3 B に示されたコイルトレース 1 3 2 は、可動ステージ 1 1 0 上に所望の力を与えるように、およびそれにより可動ステージ 1 1 0 の剛体運動に関する 6 つの自由度をもった可動ステージ 1 1 0 の動きを制御するように、（例えば、コントローラ 5 0 4 によって）選択的に作動されることができる。下で更に説明されるように、コイルトレース 1 3 2 はまた、可動ステージ 1 1 0 の運動を振動させる或る柔軟なモードを制御するように制御可能に作動されることができる。可動ステージ 1 1 0 が図 3 B に示された特定の位置において示されている時、コイルトレース 1 3 2 以外のコイルトレースはインアクティブであっても良い。但し、可動ステージ 1 1 0 がステータ 1 2 0 に対して動くにつれて、コイルトレースの異なるグループがアクティブとなり、可動ステージ 1 1 0 上に所望の力を与えるように選択されるということが理解されるであろう。

30

【 0 0 3 3 】

図 3 B に示されたアクティブコイルトレース 1 3 2 は、その他の磁石アレイと相互作用するように見えることが観察されても良い。例えば、電流を運んでいる時、コイルトレース 1 3 2 C は、上述した通り X 磁石アレイ 1 1 2 C と相互作用するが、コイルトレース 1 3 2 C はまた、Y 磁石アレイ 1 1 2 B の位置の下も通る。コイルとトレース 1 3 2 C 中の電流が Y 磁石アレイ 1 1 2 B 中の磁石と相互作用して、可動ステージ 1 1 0 上に追加の力を与えるかもしれない、と期待されるかもしれない。しかしながら、Y 磁石アレイ 1 1 2 B の前述した特性のために、コイルトレース 1 3 2 C と Y 磁石アレイ 1 1 2 B の磁化セグメンツ 1 1 4 B の相互作用によって引き起こされたかもしれない力は、お互いと相殺するので、それらの寄生的な結合力は排除されるかまたは最小レベルに保たれる。より特定には、これらのクロス結合力を排除または削減する Y 磁石アレイ 1 1 2 B の特性には、Y 磁石アレイ 1 1 2 B が、ステージ - Y 方向と直交して向き付けられている変動する磁化をもった、ステージ - Y 方向で全体的に引き延ばされた磁化セグメントを含むこと；Y 磁石アレイ

40

50

イ 1 1 2 B のステージ - X 方向の幅  $W_{y x}$  は、 $W_{y x} = N_m$ 、ここで  $N_m$  は整数、 は上記の磁氣的周期、であること；および Y 磁石アレイ 1 1 2 B は、Y 磁石アレイ 1 1 2 B のステージ - X 寸法  $W_{y x}$  の中心を通るステージ Y - Z 平面について鏡像対称的であること、が含まれる。

【 0 0 3 4 】

例えば、磁石アレイ 1 1 2 B の各波長 に渡って磁石アレイ 1 1 2 B 上の正味の力はゼロに積分される（即ち、それ自体と相殺される）ので、Y 磁石アレイ 1 1 2 B のステージ - X 寸法の幅  $W_{y x}$  が磁氣的波長の整数倍である（ $W_{y x} = N_m$ ）ことは、揃っていないコイルトレース 1 3 2 C と結合する力を最小化する。また、ステージ - X 方向と直交し、Y 磁石アレイ 1 1 2 B のステージ - X 方向寸法  $W_{y x}$  の中心を通るステージ Y - Z 平面についての Y 磁石アレイ 1 1 2 B の鏡像対称性は、磁石アレイ 1 1 2 B のステージ - X 向きのコイルトレース 1 3 2 C との相互作用による（Z 軸の回りおよび Y 軸の回りの）正味の運動量を最小化する。Y 磁石アレイ 1 1 2 D の同様の特性は、コイルトレース 1 3 2 A からのクロス結合を排除するかまたは最小化する。

【 0 0 3 5 】

類似のやり方で、X 磁石アレイ 1 1 2 A の特性は、コイルトレース 1 3 2 B からのクロス結合力を排除または削減する。X 磁石アレイ 1 1 2 A のそのような特性には、X 磁石アレイ 1 1 2 A が、ステージ - X 方向と直交して向き付けられている変動する磁化をもった、ステージ - X 方向で全体的に引き延ばされた磁化セグメントを含むこと；X 磁石アレイ 1 1 2 A のステージ - Y 方向の幅  $W_{x y}$  は、 $W_{x y} = N_m$ 、ここで  $N_m$  は整数、 は上記の磁氣的周期、であること；および X 磁石アレイ 1 1 2 A は、ステージ - Y 方向と直交しており、X 磁石アレイ 1 1 2 A のステージ - Y 寸法  $W_{x y}$  の中心を通るステージ X - Z 平面について鏡像対称的であること、が含まれる。X 磁石アレイ 1 1 2 C の同様の特性は、コイルトレース 1 3 2 D からのクロス結合を排除するかまたは最小化する。

【 0 0 3 6 】

図 3 F は、可動ステージ 1 1 0 に対する 2 D アレイ 5 0 0 の磁場センサー 5 0 1 の上面図を示す。各センサー 5 0 1 は、1 つまたは 2 つまたは 3 つの非平行な方向における（たとえば、ステータ - X、Y および / または Z 方向における）磁束密度に感度を有する。描かれた実施形態では、センサー 5 0 1 は、第 1 の拡張方向（例えば、ステータ - X 方向）に向き付けられ、等しく間隔を空けられ、全体的に平行なライン 5 0 5 と、第 2 の拡張方向（例えば、ステータ - Y 方向）に向き付けられ、等しく間隔を空けられ、全体的に平行なライン 5 0 7 の間の交差点において位置する。全体的にライン 5 0 5 上にかそれに好適に近くに配置されたセンサー 5 0 1 は、ステータ - X 方向においてお互いと全体的に揃えられていると言われても良く、ステータ - X 向きセンサー行に属すると言われても良い。全体的にライン 5 0 7 上にかそれに好適に近くに配置されたセンサー 5 0 1 は、ステータ - Y 方向においてお互いと全体的に揃えられていると言われても良く、ステータ - Y 向きセンサー列に属すると言われても良い。アレイ 5 0 0 の第 1 の拡張方向（ライン 5 0 5）と第 2 の拡張方向（ライン 5 0 7）がお互いと直交していることが望ましくても良い。但し、一般に、センサーアレイ 5 0 0 の 2 つの拡張方向はあらゆる非平行な関係にあることができる。描かれた図 3 F の実施形態では、センサー 5 0 1 は、第 1 の拡張（例えば、ステータ - X）方向と第 2 の拡張（例えば、ステータ - Y）方向の両方に沿って全体的に等しく間隔を空けられており、 $P_x$  がステータ - X 方向に沿ったセンサーピッチであり、 $P_y$  がステータ - Y 軸の沿ったセンサーピッチである。これらのピッチ  $P_x$ 、 $P_y$  またはその他のセンサー 5 0 1 の間の間隔または距離への言及は、センサー 5 0 1 の幾何学的中心点の間の距離として解釈されても良い。

【 0 0 3 7 】

いくつかの実施形態では、これらのセンサーピッチ  $P_x$ 、 $P_y$  は、

$$P_x = n_x / N、$$

$$P_y = m_y / M、$$

ここで  $n_x$  は Y 磁石アレイ 1 1 2（例えば、アレイ 1 1 2 B、1 1 2 D）のステージ - X

10

20

30

40

50

向き磁氣的空間的周期； $\gamma$ はX磁石アレイ112（例えば、アレイ112A、112C）のステージ-Y向き磁氣的空間的周期； $n$ 、 $m$ 、 $N$ および $M$ は正の整数； $n$ 、 $N$ は $n/N$ が整数ではないように選択、 $m$ 、 $M$ は $m/M$ が整数ではないように選択、に一般に従って設定される。下でより詳細に説明されるように、センサーピッチ $P_x$ 、 $P_y$ と磁氣的周期 $\alpha_x$ 、 $\alpha_y$ の関係のこの選択（磁石アレイ112の幅の好適な選択、例えば、Y磁石アレイの幅 $W_{yx} = N_{my} \alpha_x$ とX磁石アレイの幅 $W_{xy} = N_{mx} \alpha_y$ 、 $N_{my}$ と $N_{mx}$ は正の整数、と一緒に）は、位置検出を補助し得るセンサー行/列の同期合計化/平均化を許容し得て；ステータ-X向きセンサー行の合計/平均がY磁石アレイ（例えば、Y磁石アレイ112B、112D）には感度を有しなくすることを許容し得て、従ってY磁石アレイの場からのインパクト無しにX磁石アレイ（例えば、磁石アレイ112A、112C）の位置の決定を許容し；ステータ-Y向きセンサー列の合計/平均がX磁石アレイ（例えば、X磁石アレイ112A、112C）には感度を有しなくすることを許容し得て、従ってX磁石アレイの場からのインパクト無しにY磁石アレイ（例えば、磁石アレイ112B、112D）の位置の決定を許容する。

【0038】

#### コイルアレイ

ステータ120とそのコイルアレイの追加の詳細がここで提供される。上述した通り、ステータ120は、作業領域124中で全体的に線形に向き付けられたコイルトレース126の複数の層128からなる。各層128は、お互いと全体的に揃えられた（例えば、同じ方向で全体的に線形に引き延ばされた）コイルトレース126からなる。図3A-3Eの描かれた実施形態では、垂直に隣接する層128（即ち、ステータ-Z方向でお互いに隣り合う層128）は、お互いに対して直交して向き付けられたコイルトレース126からなる。例えば、層128A、128C（図3C）中のコイルトレース126Yは、ステータ-Y方向と平行に全体的に線形に向き付けられており、層128B、128D中のコイルトレース126Xは、ステータ-X方向と平行に全体的に線形に向き付けられている。ステータ120中のコイルトレース126の層128の数は、描かれた実施形態に示されている4つのトレースに限定される必要はないということが理解されるであろう。一般に、ステータ120は、コイルトレース126の層128のあらゆる好適な数からなっても良い。更には、垂直に隣接する層128中のコイルトレース126の向きがお互いとは異なることは要求ではない。いくつかの実施形態は、Y向きトレース126Yの多数の垂直に隣接する層128に続いてX向きコイルトレース126Xの多数の垂直に隣接する層128からなっても良い。

【0039】

ステータ120とそのコイルのアレイ122は、1つ以上のプリント回路基板（PCBs）を使って作製されても良い。PCBsは、コイル122とコイルトレース126を提供するために、標準的PCB作製、フラットパネルディスプレイリトグラフィー、リトグラフィーおよび/または当該技術分野で知られている同様の技術を使って製造されることができる。絶縁体層130（FR4コア、プリプレグ、セラミック材料等々のような）が、作製されるかそうでなければコイル層128の間に挿入されても良い。1つ以上のコイル層128が、単一のPCB基板中に一緒に（即ち、ステータ-Z方向で）積み重ねられても良い。いくつかの実施形態では、（異なる層128において）同じ方向に全体的に引き延ばされたコイルトレース126は、介在するデザインおよび/またはコイルトレース126の端部のための接続方法に依存して、並列または直列に接続されても良い。いくつかの実施形態では、（異なる層128において）同じ方向に全体的に引き延ばされたコイルトレース126は、お互いに接続されない。

【0040】

PCB技術を使って作製されたコイル122は、可動ステージ110の運動を制御するために十分な電流を収容することができる。非限定的な例として、各コイル122は、6オンスの銅（およそ200-220 $\mu$ mの厚さ）またはそれより多くから作られることができる。上述した通り、作業領域124では、各コイル122は平坦な帯またはコイルト

10

20

30

40

50



レース126の形状であり、それは表面積の体積に対する高い比のために良好な熱導電性を提供する。発明者は、積層された銅が、アクティブなヒートシンクを使うこと無しに、室温より上に50の温度上昇で、 $10\text{ A/mm}^2$ の持続した電流密度を運ぶことができるということを(実験を介して)確認した。コイル122とコイルトレース126の平面状層128の別の利点は、自己生成された交流磁場は上下表面を通して導電体を容易に貫通することができるが低い自己誘導渦電流だけしか生成しないので、コイル122を提供する自然に層化された導電体がAC電流を搬送するのにそれらを理想的に好適にするということである。

#### 【0041】

複数のPCBsは、作業領域124のために所望のステータX-Y寸法を提供するために、ステータ-XおよびY方向の両方で隣り合って揃えられても良い(フロアタイルと同様に)。(ステータ-Xおよび/またはステータ-Y方向での)基板-基板の横方向接続は、接続パッド、エッジ-隣接基板の貫通孔、銅ワイヤによっておよび/または隣接するPCB基板上の導電体を電氣的に接続するためのその他の好適なブリッジコンポーネント等を使って、エッジにおいて作られても良い。いくつかの実施形態では、そのようなブリッジコンポーネントは、PCB基板の下に位置していても良く(例えば、可動ステージ110と反対側で)、いくつかの実施形態では、そのようなブリッジコンポーネントは、追加的または代替的にPCB基板の上かまたはPCB基板のサイド上に位置していても良い。PCBsがステータ-Xおよび/またはステータ-Y方向でお互いと隣接して接続された時、コイル122の端部ターミナル(図示せず)は、ドライブエレクトロニクスへの書き込みの容易さのためにステータ120の周縁においてかまたはその近くに位置していても良い。このやり方でPCBsをお互いと接続することは、様々な応用のためにステータ-Xおよびステータ-Y寸法の両方において容易に拡張されることを変位デバイス100に許容する。PCBsがステータ-Xおよび/またはステータ-Y寸法においてお互いと接続された時、コイル122の総数は、ステータ120の作業領域124のステータX-Y寸法と共に線形的に増加する(所謂「レーストラック」コイルデザインが関与するいくつかの従来技術においてそうであるような、2次関数的にではなく)。いくつかの実施形態では、PCB基板に隣接するステータX-Y上のコイルトレース126は、コイルトレース126を通して電流を駆動するための増幅器(図示せず)の数を削減するために、お互いと直列に接続されても良い。いくつかの実施形態では、PCB基板に隣接するステータX-Y上のコイルトレース126は、マルチステージ作動のための柔軟性を増加するためと発熱を削減するために別々の増幅器によって個別に制御されても良い。

#### 【0042】

単一のPCB基板が、利用可能なPCB技術を使って5mm(またはそれより多く)までの(ステータ-Z方向での)厚さを有するように作製されても良い。より厚い基板が酷使に耐える応用のために要求される時は、複数のPCBsがステータ-Z方向において垂直に積み重ねられることができる。ステータ120を作製するためにPCB技術を使うことの別の恩恵は、デジチェーン接続を使って基板上に直接多数の低プロファイルセンサー(ホール効果位置センサー、キャパシティブ位置センサー等々のような)を配備することの可能性である。

#### 【0043】

ステータ120のPCB基板はまた、下記するように、列および行の合計化または平均化のための機能を行うための回路を含んでも良い。それらの回路は、ステータコイルアッセムブリーとして同じPCB基板上にあっても、または例えばエポキシによってステータコイルアッセムブリーに取り付けられた、異なるPCB基板上にあっても良い。

#### 【0044】

##### 磁石アレイ

図4Aと4B(集散的に、図4)は、図3の変位デバイス100の可動ステージ110で使われ得て、多数の磁石アレイパラメータを示すのに有用である、磁石アレイ112のレイアウトの概略的部分断面図である。図4Aの磁石アレイ112A、112B、112

10

20

30

40

50

C、112Dのレイアウトは、図3Bの磁石アレイ112A、112B、112C、112Dのものと同じであるということが観察されることができる。図4Bの磁石アレイ112A、112B、112C、112Dのレイアウトは、図4Aと3Bに示された磁石アレイ112A、112B、112C、112Dのものと同様である。このセクションにおける議論は、図4Aと4Bに示されたレイアウトの両方に適用される。

#### 【0045】

図4は、X磁石アレイ112A、112Cが幅 $W_{xy}$ と長さ $L_{xx}$ を有し、Y磁石アレイ112B、112Dが幅 $W_{yx}$ と長さ $L_{yy}$ を有することを示す。いくつかの実施形態では、図4Aと4Bの描かれた実施形態と同様に、 $W_{xy} = W_{yx} = W_m$ および/または  $L_{xx} = L_{yy} = L_m$ であるが、これは必ずしも必要ではない。図4の描かれた実施形態では、X磁石アレイ112A、112Cの対応するステージ-Y向きエッジと関連付けられたライン（即ち、アレイの同じ相対的サイド上のステージ-Y向きエッジ）がお互いからステージ-X方向において $O_x$ だけオフセットされており、X磁石アレイ112A、112Cの近接するステージ-X向きエッジと関連付けられたライン（即ち、お互いに最も近接したアレイのステージ-X向きエッジ）がお互いからスペース $T_x$ だけ間隔を空けられている。同様に、図4の描かれた実施形態では、Y磁石アレイ112B、112Dの対応するステージ-X向きエッジと関連付けられたライン（即ち、アレイの同じ相対的サイド上のステージ-X向きエッジ）がお互いからステージ-Y方向において $O_y$ だけオフセットされており、Y磁石アレイ112B、112Dの近接するステージ-Y向きエッジと関連付けられたライン（即ち、お互いに最も近接したアレイのステージ-Y向きエッジ）がお互いからスペース $T_y$ だけ間隔を空けられている。いくつかの実施形態では、描かれた実施形態と同様に、 $O_x = O_y = O_m$ および/または  $T_x = T_y = T_m$ であるが、これは必ずしも必要ではない。描かれた実施形態では、可動ステージ110が、その磁石アレイ112の中央に位置する非磁性領域113からなるということと、非磁性領域113の寸法が $T_x$ 掛ける $T_y$ であるということが、観察されることができる。いくつかの実施形態では、2つの平行な磁石アレイ112についてのアクティブなコイルトレース126がお互いと干渉しないように、寸法 $T_x$ 、 $T_y$ は、磁氣的周期以上であるように選択される。上述した通り、各磁石アレイ112について、磁化セグメント114と対応する磁化方向は、それらの引き延ばされた寸法 $L_{xx}$ 、 $L_{yy}$ に沿って均一であり、それらの引き延ばされた寸法 $L_{xx}$ 、 $L_{yy}$ に直交して向き付けられている。各磁石アレイ112について、磁化セグメント114と対応する磁化方向は、それらの幅 $W_{xy}$ 、 $W_{yx}$ の方向に沿って変動する。描かれたビューには明示的に示されていないが、図4に示された磁石アレイ112は、その上に物品（例えば、半導体ウェファー）を支持するのに使われ得る、好適なテーブル等の下に搭載されても良い。

#### 【0046】

磁石アレイ112の1つの特定の非限定的な実装が、図3D（Y磁石アレイ112Bについて）と図3E（X磁石アレイ112Aについて）との関係で上述された。以下の磁石アレイ112の記載では、例示的なY磁石アレイ112Bの文脈で包括的な説明が提供される。X磁石アレイは、同様の特性からなっても良く、そこではXおよびY方向および寸法が適切に入れ替えられる。簡潔のために、以下のY磁石アレイ112Bの記載では、アルファベット表記が落とされ、Y磁石アレイ112Bは磁石アレイ112と呼ばれる。同様に、Y磁石アレイ112Bの磁化セグメント114Bは磁化セグメント114と呼ばれる。

#### 【0047】

図5Aは、図3Dとの関係で上述された磁石アレイ112Bと実質的に同様な磁石アレイ112の一実施形態を示す。磁石アレイ112は、ステージ-X軸に沿って、ステージ-Y方向に全体的に線形に引き延ばされた多数の磁化セグメント114に分割されている。描かれた実施形態では、磁化セグメント114の磁化方向は、ステージ-X軸に沿って周期（または波長）の空間的周期性を有し、ステージ-X方向における磁石アレイ112の幅 $W_{yx}$ は、 $W_{yx} = N_m$ 、ここで $N_m$ は正の整数（図5Aの実施形態では $N_m =$

10

20

30

40

50

2) で与えられ、様々な磁化セグメント 114 の磁化方向は、ステージ - Y 方向と直交する方向に向き付けられており、様々な磁化セグメント 114 のステージ - X 方向の幅は、2 つの最外側 (エッジ) セグメント 114 について  $W_{yx} / (2N_t)$  かまたは内部セグメント 114 について  $W_{yx} / N_t$  のどちらかであり、ここで  $N_t$  は磁石アレイ 112 中の異なる磁化方向の数を表し (図 5 A の実施形態では  $N_t = 4$ )、磁化セグメント 114 の磁化は中央の Y - Z 平面 118 について鏡像対称的である。 $W_{yx} = N_m$  と磁化セグメント 114 の磁化が中央の Y - Z 平面 118 について鏡像対称的であることで、最外側 (エッジ) セグメント 114 は、内部セグメント 114 のステージ - X 軸の幅の半分のステージ - X 軸の幅を有するということと、最外側エッジセグメント 114 は、ステージ - Z 方向に沿って向き付けられた磁化を有するということが、理解されるであろう。

10

## 【0048】

図 5 B は、図 3 の変位デバイスでの使用に好適な磁石アレイ 112 の別の実施形態である。図 5 B の磁石アレイ 112 は、 $N_m = 1$  と  $N_t = 4$  である以外は、図 5 A の磁石アレイ 112 のものと同様の特性を有する。磁氣的空間的周期  $\Lambda$  は、磁石アレイのステージ - X 軸の総幅  $W_{yx}$  が  $\Lambda$  以下であっても規定されることが、図 5 B から観察されることが出来る。図 5 B の場合には、磁石アレイ 112 の磁化セグメント 114 の磁化方向は、単一の周期だけしかないが、周期  $\Lambda$  でステージ - X 方向において空間的に周期的であると考えられても良い。

## 【0049】

上述した通り、図 5 A と 5 B に示されたものの性質を顕示する磁石アレイ 112 は、ステータ - X 方向に向き付けられたコイルトレース 126 からのクロス結合力を排除または削減する。図 5 A と 5 B に示された磁石アレイ 112 のそのような特性には、磁石アレイ 112 が、ステージ - Y 方向と直交して向き付けられている対応した磁化をもった、ステージ - Y 方向で全体的に引き延ばされた磁化セグメント 114 を含むこと；磁石アレイ 112 のステージ - X 寸法の幅  $W_{yx}$  は、 $W_{yx} = N_m \Lambda$ 、ここで  $N_m$  は整数、 $\Lambda$  は上記の磁氣的周期、であること；および磁石アレイ 112 は、磁石アレイ 112 のステージ - X 寸法  $W_{yx}$  の中心を通るステージ Y - Z 平面について鏡像対称的であること、が含まれる。

20

## 【0050】

図 5 C と 5 D は、図 3 の変位デバイスでの使用に好適な磁石アレイ 112 の他の実施形態を示す。これらの実施形態では、磁化セグメント 114 の磁化方向は、ステージ - X 方向に沿って周期 (または波長)  $\Lambda$  の空間的周期性を有し、ステージ - X 方向における磁石アレイ 112 の幅  $W_{yx}$  は、 $W_{yx} = (N_m + 0.5) \Lambda$ 、ここで  $N_m$  は非負の整数 (図 5 C の実施形態では  $N_m = 0$ 、図 5 D の実施形態では  $N_m = 1$ ) で与えられ、様々な磁化セグメント 114 の磁化方向は、ステージ - Y 方向と直交する方向に向き付けられており、磁化セグメント 114 の磁化は中央の Y - Z 平面 118 について鏡像反対称的であり、最外側 (エッジ) セグメント 114 は、Z 方向に向き付けられた磁化と、内部セグメント 114 についてのステージ - X 方向の幅  $W_{yx} / N_t = \Lambda / 4$  の半分である  $W_{yx} / (2N_t) = \Lambda / 8$  (ここで図 5 C と 5 D の両方の実施形態で  $N_t = 4$ ) のステージ - X 方向の幅を有する。図 5 C の場合には、磁石アレイ 112 の磁化セグメント 114 の磁化方向は、磁石アレイ 112 が単一の周期  $\Lambda$  より少ないものしか顕示していないが、周期  $\Lambda$  でステージ - X 方向において空間的に周期的であると考えられても良い。

30

40

## 【0051】

磁石アレイ 112 の幅  $W_{yx}$  が磁氣的波長  $\Lambda$  の非整数倍である (例えば、図 5 C と 5 D の実施形態でそうであるように) 時には、アレイ 112 の磁場と相互作用する、揃えられていないコイルトレース 126 における電流フローからの磁石アレイ 112 への力またはモーメントの結合がある。例えば、図 5 C と 5 D に示された Y 磁石アレイ 112 (それは Y - Z 平面 118 について鏡像反対称的である) の場合には、ステータ - X 方向に沿って向き付けられたコイルトレースにおける電流フローからの Y 磁石アレイ 112 への Z の周りの回転方向におけるモーメントの結合がある。この正味のモーメントは、好適な制御技

50

術を使ってかまたは異なる（例えば、反対の）磁化パターンをもった追加の磁石アレイ 112 の好適な配置を使って、補償されることができる。

【0052】

図5E - 5Hは、図3の変位デバイスでの使用に好適な磁石アレイ112の他の実施形態を示す。これらの実施形態では、磁化セグメント114の磁化方向は、ステージ - X方向に沿って周期（または波長）の空間的周期性を有し、ステージ - X方向における磁石アレイ112の幅 $W_{yx}$ は、 $W_{yx} = N_m / 2$ 、ここで $N_m$ は正の整数（図5Eの実施形態では $N_m = 1$ 、図5Fの実施形態では $N_m = 2$ 、図5Gの実施形態では $N_m = 3$ 、図5Hの実施形態では $N_m = 4$ ）で与えられ、様々な磁化セグメント114の磁化方向は、ステージ - Y方向と直交する方向に向き付けられており、最外側（エッジ）セグメント114は、ステージ - X方向に沿って向き付けられた磁化と、内部セグメント114についてのステージ - X方向の幅 $W_{yx} / N_t = W_{yx} / 4$ の半分である $W_{yx} / (2N_t) = W_{yx} / 8$ （ここで図5Eと5Hの実施形態で $N_t = 4$ ）のステージ - X方向の幅を有する。図5E - 5Hでは中央のステージY - Z平面118は明示的に示されていないことに注意されたい。但し、このステージY - Z平面118が磁石アレイ112のステージ - X寸法 $W_{yx}$ を半分に分割することが理解されるであろう。

【0053】

図5Eと5Gでは、磁化セグメント114の磁化は中央のステージY - Z平面118について鏡像対称的であり、ステージ - X方向における磁石アレイ112の幅 $W_{yx}$ が空間的周期の整数倍ではない。図5Eと5Gに示されたY磁石アレイ112の場合には、ステージ - X方向に沿って向き付けられたコイルトレース126における電流フローからのY磁石アレイ112へのステージ - Y方向における力の結合がある。この正味の力は、好適な制御技術を使ってかまたは異なる（例えば、反対の）磁化パターンをもった追加の磁石アレイ112の好適な配置を使って、補償されることができる。

【0054】

図5Fと5Hでは、磁化セグメント114の磁化は中央のステージY - Z平面118について鏡像反対称的であり、ステージ - X方向における磁石アレイ112の幅 $W_{yx}$ が空間的周期の整数倍である。図5Fと5Hに示されたY磁石アレイ112の場合には、ステータ - X方向に沿って向き付けられたコイルトレース126における電流フローからのY磁石アレイ112へのZの回りの回転方向におけるモーメントの結合がある。この正味のモーメントは、好適な制御技術を使ってかまたは異なる（例えば、反対の）磁化パターンをもった追加の磁石アレイ112の好適な配置を使って、補償されることができる。

【0055】

図5I - 5Lは、図3の変位デバイスでの使用に好適な磁石アレイ112の他の実施形態を示す。これらの実施形態では、磁化セグメント114の磁化方向は、ステージ - X方向に沿って周期（または波長）の空間的周期性を有し、ステージ - X方向における磁石アレイ112の幅 $W_{yx}$ は、 $W_{yx} = N_m / 2$ 、ここで $N_m$ は正の整数（図5Iの実施形態では $N_m = 1$ 、図5Jの実施形態では $N_m = 2$ 、図5Kの実施形態では $N_m = 3$ 、図5Lの実施形態では $N_m = 4$ ）で与えられ、様々な磁化セグメント114の磁化方向は、ステージ - Y方向と直交する方向に向き付けられており、全ての磁化セグメント114のステージ - X方向の幅は、 $W_{yx} / N_t$ である（ここで図5I - 5Lの描かれた実施形態では $N_t = 4$ ）。図5I - 5Lにおける磁化セグメントの磁化は、中央のステージY - Z平面118について鏡像対称的ではないので、ステータ - X方向に沿って向き付けられたコイルトレースにおける電流フローからのY磁石アレイ112へのZの回りの回転方向におけるモーメントの結合がある。加えて、図5Iと5Kの場合については、ステージ - X方向における磁石アレイ112の幅 $W_{yx}$ が、空間的周期の整数倍ではないので、ステータ - X方向に沿って向き付けられたコイルトレース126における電流フローからのY磁石アレイ112へのステータ - Y方向における力の結合がある。この正味の力とモーメントは、好適な制御技術を使ってかまたは異なる（例えば、反対の）磁化パターンをもった追加の磁石アレイ112の好適な配置を使って、補償されることができる。

## 【 0 0 5 6 】

いくつかの実施形態では、図 5 A - 5 L の Y 磁石アレイ 1 1 2 は、複数の連続したユニット Y 磁化セグメント 1 1 4 から作製されていても良い。ステージ - X 方向でお互いと隣接している機械的に連続した Y 磁化セグメント 1 1 4 は、それらのステージ - Y 寸法に沿ってお互いと接触している。ユニット Y 磁化セグメント 1 1 4 は、ステージ - Y 方向の長さ  $L_{yy}$  と、ステージ - X 方向の幅  $W_{yx} / (2 N_t)$  または  $W_{yx} / (N_t)$  を有していても良く、ここで  $N_t$  は上述した通りの周期における磁化方向の数である。いくつかの実施形態では、ステージ - X 方向の幅  $W_{yx} / (N_t)$  を有する Y 磁化セグメント 1 1 4 は、ステージ - X 方向の幅  $W_{yx} / (2 N_t)$  を有し、それらの磁化方向が同じ方向に向き付けられている、隣り合った磁化セグメント 1 1 4 のペアから作製されていても良い。いくつかの実施形態では、ユニット Y 方向磁化セグメント 1 1 4 のステージ - Z 方向の高さ  $H_{yx}$  は、それらのステージ - X 方向の幅、例えば、幅  $W_{yx} / (2 N_t)$  または  $W_{yx} / (N_t)$ 、と同じであっても良い。

10

## 【 0 0 5 7 】

上述した通り、中央の非磁氣的スペーサーが、磁石アレイ 1 1 2 に設けられていても良い。中央のステージ Y - Z 平面 1 1 8 について対称的または鏡像対称的である実施形態では、そのような非磁氣的スペーサーは、中央の磁化セグメント 1 1 4 を「半幅」磁化セグメント 1 1 4 (即ち、エッジセグメント 1 1 4 のステージ - X 方向の幅と同様のステージ - X 方向の幅を有する) のペアに分割していても良い。結果として得られる磁石アレイ 1 1 2 は、中央のステージ Y - Z 平面 1 1 8 について対称的または鏡像対称的のみである。中央のステージ Y - Z 平面 1 1 8 について対称的ではない実施形態では、異なるパターンが使われても良い。

20

## 【 0 0 5 8 】

図 6 A - 6 L は、特定の実施形態に従った図 3 の変位デバイス 1 0 0 での使用に好適な磁石アレイ 1 1 2 を示す。図 6 A - 6 L の磁石アレイ 1 1 2 は、図 6 A - 6 L の磁石アレイ 1 1 2 が (それらのステージ - X 寸法  $W_{yx}$  において) 中心的に位置する非磁氣的スペーサー 1 3 6 を含むこと以外は、図 5 A - 5 L の磁石アレイ 1 1 2 のものと同様の特徴を有する。(図 6 A - 6 L に示された Y 磁石アレイ 1 1 2 の) スペーサー 1 3 6 は、少なくとも近似的に  $g = (N_g / 5) + (1 / 10)$ 、ここで  $N_g$  は非負の整数、に等しいステージ - X 方向の幅  $g$  が設けられていても良い。スペーサー 1 3 6 の幅  $g$  がこの性質を顕示する時には、スペーサー 1 3 6 は磁石アレイ 1 1 2 の 5 次高調波場によって作り出された妨害トルクおよび / または力への減衰 (相殺) 効果を有する。一般に、非磁氣的スペーサー 1 3 6 の幅  $g$  は、少なくとも近似的に  $g = (N_g / k) + (1 / 2k)$ 、ここで  $N_g$  は上記の性質を有し、 $k$  は減衰されるべき磁場の高調波の次数、に等しくなるように設定されても良い。いくつかの実施形態では、(図 6 A - 6 L に示された Y 磁石アレイ 1 1 2 の) スペーサー 1 3 6 は、少なくとも近似的に  $g = (K_g / 5) - W_c$ 、ここで  $K_g$  は非負の整数、 $W_c$  はステータ - Y 方向に全体的に引き延ばされたコイルトレース 1 2 6 のステータ - X 方向の幅、に等しいステージ - X 方向の幅  $g$  が設けられていても良い。スペーサー 1 3 6 の幅  $g$  がこの性質を顕示する時には、スペーサー 1 3 6 は磁石アレイ 1 1 2 の 5 次高調波場によって作り出された妨害トルクおよび / または力への減衰 (相殺) 効果を有する。一般に、非磁氣的スペーサー 1 3 6 の幅  $g$  は、少なくとも近似的に  $g = (K_g / k) - W_c$ 、ここで  $K_g$  と  $W_c$  は上記の性質を有し、 $k$  は減衰されるべき磁場の高調波の次数、に等しくなるように設定されても良い。

30

40

## 【 0 0 5 9 】

図 6 A と 6 B に示された磁石アレイ 1 1 2 の実施形態は、非磁氣的スペーサー 1 3 6 のどちらかのステージ - X 方向サイド上に配置された 2 つのサイドを有する。図 6 A の磁石アレイ 1 1 2 の左右両方のサイド (描かれたビューにおいて) は、図 5 A の磁石アレイ 1 1 2 のものと同様の磁化パターンを有し、図 6 B の磁石アレイ 1 1 2 の左右両方のサイドは、図 5 B の磁石アレイ 1 1 2 のものと同様の磁化パターンを有する。図 6 A と 6 B の磁石アレイ 1 1 2 の各サイドのステージ - X 方向の幅  $W_{side}$  (即ち、アレイ 1 1 2 のエ

50

ッジと非磁氣的スペーサー 1 3 6 のエッジの間のステージ - X 方向の距離) は、 $W_{side} = N_m$ 、ここで  $N_m$  は正の整数、であり、図 6 A と 6 B の磁石アレイ 1 1 2 のステージ - X 方向の総幅は、 $W_{yx} = 2 N_m + g$ 、ここで図 6 A では  $N_m = 2$ 、図 6 B では  $N_m = 1$ 、である。

#### 【 0 0 6 0 】

図 6 C と 6 D に示された磁石アレイ 1 1 2 の実施形態は、非磁氣的スペーサー 1 3 6 のどちらかのステージ - X 方向サイド上に配置された 2 つのサイドを有する。図 6 C と 6 D に示された磁石アレイ 1 1 2 の左 (描かれたビューにおいて) サイドは、それぞれ図 5 C と 5 D に示された磁石アレイ 1 1 2 のものと同様の磁化パターンを有する。図 6 C と 6 D に示された磁石アレイ 1 1 2 の右 (描かれたビューにおいて) サイドは、左サイドのもの 10 と反対の磁化パターン、即ち、あたかも磁石アレイ 1 1 2 の左サイドが磁石アレイ 1 1 2 の右サイドの位置において複製され、それから磁石アレイ 1 1 2 の右サイドにおける各個別の磁化セグメント 1 1 4 が、それに沿ってそれが線形に引き延ばされているところのそれ自身の中心軸の周りを  $180^\circ$  回転されたもの、を有する。図 6 C と 6 D の磁石アレイ 1 1 2 の各サイドのステージ - X 方向の幅  $W_{side}$  は、 $W_{side} = (N_m - 0.5)$ 、ここで  $N_m$  は正の整数、であり、図 6 C と 6 D の磁石アレイ 1 1 2 のステージ - X 方向の総幅は、 $W_{yx} = (2 N_m - 1) + g$ 、ここで図 6 C では  $N_m = 1$ 、図 6 D では  $N_m = 2$ 、である。

#### 【 0 0 6 1 】

同様に、図 6 E、6 G、6 I、6 K に示された磁石アレイ 1 1 2 は、非磁氣的スペーサー 1 3 6 のどちらかのステージ - X 方向サイド上に配置された 2 つのサイドを有し、それらのそれぞれの左 (描かれたビューにおいて) サイドは、図 5 E、5 G、5 I、5 K の磁石アレイ 1 1 2 と同様の磁化パターンを有し、それらのそれぞれの右 (描かれたビューにおいて) サイドは、左 (描かれたビューにおいて) サイドのものと同様の磁化パターンを有し、ここで「反対」は、図 6 C と 6 D の場合について上述したのと同じ意味を有する。図 6 E、6 G、6 I、6 K の磁石アレイ 1 1 2 の各サイドのステージ - X 方向の幅  $W_{side}$  は、 $W_{side} = (N_m - 0.5)$ 、ここで  $N_m$  は正の整数、であり、図 6 E、6 G、6 I、6 K の磁石アレイ 1 1 2 のステージ - X 方向の総幅は、 $W_{yx} = (2 N_m - 1) + g$ 、ここで図 6 E では  $N_m = 1$ 、図 6 G では  $N_m = 2$ 、図 6 I では  $N_m = 1$ 、図 6 K では  $N_m = 2$ 、である。 20

#### 【 0 0 6 2 】

図 6 F、6 H、6 J、6 L に示された磁石アレイ 1 1 2 は、非磁氣的スペーサー 1 3 6 のどちらかのステージ - X 方向サイド上に配置された 2 つのサイドを有し、それらの左右サイドの両方は、それぞれ図 5 F、5 H、5 J、5 L の磁石アレイ 1 1 2 と同様の磁化パターンを有する。図 6 F、6 H、6 J、6 L の磁石アレイ 1 1 2 の各サイドのステージ - X 方向の幅  $W_{side}$  は、 $W_{side} = N_m$ 、ここで  $N_m$  は正の整数、であり、図 6 F、6 H、6 J、6 L の磁石アレイ 1 1 2 のステージ - X 方向の総幅は、 $W_{yx} = 2 N_m + g$ 、ここで図 6 F では  $N_m = 1$ 、図 6 H では  $N_m = 2$ 、図 6 J では  $N_m = 1$ 、図 6 L では  $N_m = 2$ 、である。図 6 A - 6 L に示された磁石アレイ 1 1 2 は、図 5 A - 5 L について上述されたものと同様のやり方で作製されていても良い。 30 40

#### 【 0 0 6 3 】

##### 磁石アレイのレイアウト

上述した通り、図 4 A と 4 B は、特定の実施形態に従った変位デバイス 1 0 0 の可動ステージ 1 1 0 に使われ得る磁石アレイ 1 1 2 のレイアウトを示す。特定の実施形態に従って、磁石アレイ 1 1 2 を可動ステージ 1 1 0 上に配置する時、X 磁石アレイ 1 1 2 A、1 1 2 C の対応する Y 向きエッジ (即ち、アレイの同じそれぞれのサイド上の Y 向きエッジ) の間の間隔は、 $W_{xy} + T_x$  で与えられても良く、(図 4 の実施形態の場合には)、この間隔は  $W_{xy} + T_x = N_s / 2$ 、ここで  $N_s$  は正の整数、は X 磁石アレイ 1 1 2 A、1 1 2 C の磁氣的周期、で与えられても良い。同様に、特定の実施形態に従って、Y 磁石アレイ 1 1 2 B、1 1 2 D の対応する X 向きエッジ (即ち、アレイの同じそれぞれのサ 40 50

イド上のX向きエッジ)の間隔は、 $W_{y \ x} + T_y$  で与えられても良く、(図4の実施形態の場合には)、この間隔は $W_{y \ x} + T_y = N_s / 2$ 、ここで $N_s$ は正の整数、はY磁石アレイ112B、112Dの磁氣的周期、で与えられても良い。隣接する平行な磁石アレイ112(例えば、図4の実施形態の場合にはX磁石アレイ112AとX磁石アレイ112CのようなX磁石アレイ112のペア、および/または図4の実施形態の場合にはY磁石アレイ112BとY磁石アレイ112DのようなY磁石アレイ112のペア)の間隔がこの特徴を有するようにデザインされると、各平行な磁石アレイ112についてのアクティブコイルトレース126における電流分布は、平行な磁石アレイ112が同じ磁化パターン(図7A)を有しかつ $N_s$ が偶数であるかまたは平行な磁石アレイ112が反対の磁化パターン(図7B)を有しかつ $N_s$ が奇数であるならば、空間的分布において(即ち、位相において)実質的に同様であることができる。

10

## 【0064】

いくつかの実施形態では、可動ステージ110上の2つの平行な磁石アレイ112(例えば、図4の実施形態の場合にはX磁石アレイ112A、112CのようなX磁石アレイ112のペア、および/または図4の実施形態の場合にはY磁石アレイ112B、112DのようなY磁石アレイ112のペア)は、お互いと同じ磁化方向をもった磁化セグメント114からなっているても良い。この特性は、例えば、図7Aに示されており、そこではY磁石アレイ112BとY磁石アレイ112Dは、お互いと同じ磁化方向をもった磁化セグメント114B、114Dからなる。いくつかの実施形態では、可動ステージ110上の2つの平行な磁石アレイ112は、お互いと反対の磁化方向、即ち、あたかも各磁化セグメント114が、それに沿ってそれが線形に引き延ばされているところの対応する中心軸の周りで個別に180°回転されたもの、をもった磁化セグメント114からなっているても良い。この特性は、例えば、図7Bに示されており、そこでは磁石アレイ112Bと磁石アレイ112Dは、お互いと反対の磁化方向をもった磁化セグメント114B、114Dからなる。

20

## 【0065】

いくつかの実施形態では、図4Aと4Bに示された磁石アレイ112の引き延ばされた寸法 $L_{x \ x}$ 、 $L_{y \ y}$ は、少なくとも近似的に $L_m = L_{x \ x} = L_{y \ y} = N_L$ 、ここで $N_L$ は正の整数、は磁氣的周期、に等しく設定される。磁石アレイ112がこの特性を顕示するところでは、磁石アレイ112の引き延ばされた寸法と直交する方向における磁石アレイ112とコイルトレース126中を流れる電流の間に生成された結合力の更なる削減がある。

30

## 【0066】

図4Aと4Bに示された磁石アレイ112のレイアウトは、図3の変位デバイス100の可動ステージ110のために使われることができる磁石アレイ112のための唯一可能なレイアウトではない。より特定には、図3の変位デバイス100の可動ステージ110での使用に好適な磁石アレイ112の別の可能なレイアウトが図8に示されている。

## 【0067】

図8は、特定の非限定的な実施形態に従った図3の変位デバイス100の可動ステージ110のために使われ得る磁石アレイ112A、112B、112C、112Dのレイアウトの概略的断面図を示す。磁石アレイ112の図8のレイアウトは、非磁性的領域113が排除され、可動ステージ110の全ての表面下エリアが磁石アレイ112によって占有されるように、磁石アレイ112が(例えば、正方形に)成形されていることから、磁石アレイ112の図4のレイアウトとは異なる。言い換えると、図8の実施形態の2つのX磁石アレイ112A、112Cと図8の実施形態の2つのY磁石アレイ112B、112Dは、それらの近接した引き延ばし方向に向き付けられたエッジの間に間隔を有しておらず、 $T_x = 0$ かつ $T_y = 0$ 、ここで $T_x$ と $T_y$ は図4との関係で上述された意味を有する、である。図8の描かれた実施形態では、各磁石アレイ112は、図5Aに示されたものの特性を有する磁化セグメント114のパターンからなるが、図8のレイアウトの磁石アレイ112は、磁石アレイ112のいずれかの特性を顕示する磁化セグメント114お

40

50

よび/または例えば、図3、4、5A-5L、および/または6A-6Lに示された磁化パターンのいずれかを顕示する、ここに記載された磁化セグメント114、が設けられることができるということが理解されるであろう。

【0068】

図8のレイアウトにおける各個別の磁石アレイ112の特性(例えば、磁化セグメント114の向き、引き延ばされた寸法の長さ $L_{xx}$ 、 $L_{yy}$ 、幅 $W_{xy}$ 、 $W_{yx}$ 等)は、例えば、図5A-5Lおよび6A-6Lに示された磁化パターンのいずれかを顕示する、ここに記載されたもののいずれかと同様であることができる。

【0069】

#### 磁場センサーの2Dアレイ

図9は、センサーアレイ500と磁場センサー501の分布をより詳細に描く。図9の実施形態におけるセンサーアレイ500のセンサー501は、第1の拡張方向(例えば、ステータ-X方向)に向き付けられた等間隔の全体的に平行なライン505と第2の拡張方向(例えば、ステータ-Y方向)に向き付けられた等間隔の全体的に平行なライン507の間の交差点において全体的に位置する。アレイ500の第1の拡張方向(ライン505)と第2の拡張方向(ライン507)がお互いと直交していることが望ましくても良い。但し、一般に、センサーアレイ500の2つの拡張方向は、あらゆる非平行な関係であることができる。描かれた実施形態では、アレイ500中のセンサー501は、ステータ-X向きセンサー行とステータ-Y向き列に配置されており、ここでステータ-X向きセンサー行は、ピッチ $P_x$ でお互いから離されたステータ-X向きセンサー行におけるセンサー501の各隣接したペアをもった、対応するライン505に沿って(例えば、対応するステータ-X方向に沿って)お互いと全体的に揃えられており、ステータ-Y向き列は、ピッチ $P_y$ でお互いから離されたステータ-Y向きセンサー列におけるセンサー501の各隣接したペアをもった、対応するライン507に沿って(例えば、対応するステータ-Y方向に沿って)お互いと全体的に揃えられている。2Dアレイのための図9の実施形態のアレイ500中のセンサー501は、 $E_{i,j}$ でラベル付けされても良く、ここで $i$ は行インデックス(ステータ-Y方向におけるセンサーの位置を含んだ)であり、 $j$ は列インデックス(ステータ-X方向におけるセンサーの位置を含んだ)である。いくつかの実施形態では、センサー501は、ステータ120の作業領域124に渡って分布していても良い。

【0070】

いくつかの実施形態では、これらのセンサーピッチ $P_x$ 、 $P_y$ は、

$$P_x = n_x / N \quad (1a)$$

$$P_y = m_y / M \quad (1b)$$

ここで $n_x$ はY磁石アレイ112(例えば、アレイ112B、112D)のステージ-X向き磁氣的空間的周期； $m_y$ はX磁石アレイ112(例えば、アレイ112A、112C)のステージ-Y向き磁氣的空間的周期； $n$ 、 $m$ 、 $N$ および $M$ は正の整数； $n$ 、 $N$ は $n/N$ が整数ではないように選択、 $m$ 、 $M$ は $m/M$ が整数ではないように選択、に一般に従って設定される。例えば、 $P_x$ は、 $n_x/2$ 、または $3n_x/2$ 、または $5n_x/2$ 、または $n_x/3$ 、または $2n_x/3$ 、または $4n_x/3$ 、または $5n_x/3$ 、または $7n_x/3$ 、または $n_x/4$ 、または $3n_x/4$ 、等々に設定されることができ、 $P_y$ は、 $m_y/2$ 、または $3m_y/2$ 、または $5m_y/2$ 、または $m_y/3$ 、または $2m_y/3$ 、または $4m_y/3$ 、または $5m_y/3$ 、または $7m_y/3$ 、または $m_y/4$ 、または $3m_y/4$ 、等々に設定されることができ。下でより詳細に説明されるように、センサーピッチ $P_x$ 、 $P_y$ と磁氣的周期 $n_x$ 、 $m_y$ の間の関係のこの選択(磁石アレイ112の幅の好適な選択、例えば、Y磁石アレイの幅 $W_{yx} = N_{my}n_x$ とX磁石アレイの幅 $W_{xy} = N_{mx}m_y$ 、 $N_{my}$ と $N_{mx}$ は正の整数、と一緒に)は、位置検出を補助し得るセンサー行/列の同期合計化/平均化を許容し得て；ステータ-X向きセンサー行の合計/平均がY磁石アレイ(例えば、Y磁石アレイ112B、112D)には感度を有しなくすることを許容

10

20

30

40

50



し得て、従ってY磁石アレイの場からのインパクト無しにX磁石アレイ（例えば、磁石アレイ112A、112C）の位置の決定を許容し；ステータ-Y向きセンサー列の合計/平均がX磁石アレイ（例えば、X磁石アレイ112A、112C）には感度を有しなくすることを許容し得て、従ってX磁石アレイの場からのインパクト無しにY磁石アレイ（例えば、磁石アレイ112B、112D）の位置の決定を許容する。いくつかの実施形態では、ステータ-X方向の行（例えば、ライン505に沿って向き付けられた行）の少なくとも2つは、ステータ-Y方向において距離 $1/4 \cdot y$ だけお互いから間隔を空けられている。同様に、いくつかの実施形態では、ステータ-Y方向の列（例えば、ライン507に沿って向き付けられた列）の少なくとも2つは、ステータ-X方向において距離 $1/4 \cdot x$ だけお互いから間隔を空けられている。いくつかの実施形態では、ステータ-X方向の行（例えば、ライン505に沿って向き付けられた行）の少なくとも2つは、ステータ-Y方向において距離 $g \cdot 1/4 \cdot y$ 、ここでgは0より大きい奇数の整数、だけお互いから間隔を空けられている。同様に、いくつかの実施形態では、ステータ-Y方向の列（例えば、ライン507に沿って向き付けられた列）の少なくとも2つは、ステータ-X方向において距離 $h \cdot 1/4 \cdot x$ 、ここでhは0より大きい奇数の整数、だけお互いから間隔を空けられている。

10

#### 【0071】

いくつかの実施形態では、各磁場センサー $E_{i,j}$ は、いくつかのサブユニットを含んでいても良い。図10は、複数（例えば、4つ）のサブユニット531a、531b、531c、531d（集合的および個別的に、サブユニット531）からなるセンサー501の1つの特定の実施形態を示す。図10のセンサー501は、例えば、図3Fと図9のアレイ500中のセンサー501の1つを形成していても良い。各サブユニット531は、1つから3つの非平行な方向における磁束密度を測定することが可能である。いくつかの実施形態では、サブユニット531aとサブユニット531dの間のステータ-Y方向の距離 $S_2$ は、 $S_2 = y \cdot ((/5) + (1/10))$ 、ここでは好適な非負の整数、と全体的に適合するように選択されても良い。いくつかの実施形態では、サブユニット531bとサブユニット531aの間のステータ-X方向の距離 $S_1$ は、 $S_1 = x \cdot ((/5) + (1/10))$ 、ここでは好適な非負の整数、と全体的に適合するように選択されても良い。図10のセンサー501の出力は、そのサブユニット531からの出力の合計および/または平均からなっても良く、平均を決定することは典型的には合計を決定することを含むことが理解されるであろう。これは、図10のセンサー501の出力が、複数（例えば、4つ）の離散した点における磁場強度の合計/平均値を提供することを意味する。合計化/平均化動作は、デジタルコンピューティングデバイス（例えば、コントローラ504）によってかまたはアナログ回路によってのどちらかで行われることができる。 $S_1$ を $S_1 = x \cdot ((/K) + (1/2K))$ と全体的に適合するように設定することで、4つのサブユニット531の合計/平均値は、Y磁石アレイからのK次高調波の磁場歪み、ここで是非負の整数、Kは1より大きい整数、をフィルタリングし、 $S_2$ を $S_2 = y \cdot ((/K) + (1/2K))$ と全体的に適合するように設定することで、4つのサブユニット531の合計/平均値は、X磁石アレイからのK次高調波の磁場歪み、ここで是非負の整数、Kは1より大きい整数、をフィルタリングする。センサー501が複数のサブユニット531からなるところでは、ピッチ $P_x$ 、 $P_y$ またはその他のセンサーの間の間隔または距離への言及は、センサー501を作り上げている複数のサブユニット531の幾何学的中心点の間の距離として解釈されても良い。

20

30

40

#### 【0072】

図11A-11Cは、特定の実施形態で使われ得るセンサー501から測定信号を抽出するための様々な技術を示す。図11Aでは、センサー501は、好適な励起電流 $I_s$ で励起された生ホール効果センサーエレメント502からなる。図11Aの磁場センサー501の出力電圧 $V_o$ は、ホール効果センサーエレメント502の2つの末端の電位差（差動フォーマット）である。ホール効果センサーエレメント502は、4つの末端 $I_+$ 、 $I_-$ 、 $V_+$ 、 $V_-$ からなる。 $I_+$ と $I_-$ は、 $I_+$ から $I_-$ までバイアス電

50

流  $I_s$  が流れることができるように、電圧または電流ソースに接続される。  $V+$  と  $V-$  は出力電圧末端であり、それらの電位差  $V_o$  は、外部から印加された磁束密度に比例する。図 11B では、磁場センサー 501 は、生ホール効果センサーエレメント 502 (図 11A のものと同様の) と、好適な増幅器 503 と、ホール効果センサーエレメント 502 のための励起電流サプライ (図示せず) および増幅器 503 のための電圧サプライ (図示せず) のようなその他の好適な電子回路からなる。図 11B の磁場センサー 501 の出力は、グラウンド (またはその他の好適な参照) を参照とした増幅器 503 の出力電圧である。増幅器 503 は、差動増幅器または計測用増幅器またはその他のタイプの好適な増幅器であることができる。図 11C では、磁場センサー 501 の全体的な構造が示されている。磁場センサー 501 は、磁場感知エレメント 502 と好適な処理回路 503A からなる。図 11C のセンサー 501 の出力は、アナログ電圧 (差動電圧またはグラウンド参照電圧)、アナログ電流、または限定はされないが SPI または I2C のような伝送プロトコルに従ったデジタル信号のフォーマットであることができる。いくつかの特定の実施形態では、処理回路 503A は、図 11A に示されているように、2つのラインまで単純であることができる。磁場感知エレメント 502 は、ホール効果センサーエレメントまたは磁気抵抗感知エレメントまたは磁歪感知エレメントまたは磁束密度に感度を有するあらゆる好適なセンサーエレメントであることができる。

【0073】

(例えば、図 3F と図 9 に示された実施形態の) センサー 501 の 2D グリッドレイアウト 500 と関連付けられた 1つの配慮は、処理されるべき潜在的に多数の出力である。非限定的な例としてだけ、 $30 \times 30$  センサーアレイ 500 は、900個のセンサーと 900個の対応する出力を含み、各出力は、各センサー 501 が測定できる磁場方向の数に依存して、2から3の長さのスカラまたはベクトルであることができる。処理されるべき出力の数を削減して出力信号処理を簡略化するためおよび/またはそうでなければ様々なセンサー 501 からの出力を総計するためには、各センサー 501 の出力を直接処理する代わりに、各ステータ - X 向きセンサー行と各ステータ - Y 向きセンサー列におけるセンサー 501 の合計および/または平均が使われることができる。平均を決定することは典型的には合計を決定することを含むことが理解されるであろう。いくつかの実施形態では、コントローラ 504 が、複数のステータ - Y 向きセンサー列の各々におけるセンサー 501 の合計および/または平均に基づいて可動ステージ 110 のステータ - X 方向の位置を決定するように構成される (例えば、プログラムされる)。コントローラ 504 は、追加的にまたは代替的に、複数のステータ - X 向きセンサー行の各々におけるセンサー 501 の合計および/または平均に基づいて可動ステージ 110 のステータ - Y 方向の位置を決定するように構成されても良い。

【0074】

数学的には、  
列平均

【0075】

【数 1】

$$A_{Y,j} = \frac{1}{N_Y} \sum_{i=1}^{N_Y} E_{i,j} \quad (2a)$$

行平均

【0076】

【数 2】

$$A_{X,i} = \frac{1}{N_X} \sum_{j=1}^{N_X} E_{i,j} \quad (2b)$$

ここで  $A_{X,i}$  は第 1 の拡張方向に沿って分布した  $i$  番目のグループのセンサー 501 の出力の平均 (例えば、 $i$  番目のステータ - X 向きセンサー行におけるセンサー 501 の出

10

20

30

40

50

力の平均)、 $N_x$  は  $i$  番目のグループ / 行におけるセンサー 501 の数、 $A_{y,j}$  は第 2 の拡張方向に沿って分布した  $j$  番目のグループのセンサー 501 の出力の平均 (例えば、 $j$  番目のステータ - Y 向きセンサー列におけるセンサー 501 の出力の平均)、 $N_y$  は  $j$  番目のグループ / 列におけるセンサー 501 の数、に從ってセンサー 501 の出力を変換することができる。これらの出力を合計することは、これらの平均を演算することに含まれ、 $N_x$  または  $N_y$  で割ること無しだが同様の数式を使って行われても良いということが理解されるであろう。 $N_x$  と  $N_y$  を設定する 1 つの非限定的な方法は、下でより詳細に記載されるように、 $N_x * P_x$  を X 磁石アレイのステージ - X 方向の長さ  $L_{xx}$  以上となるように、かつ  $N_y * P_y$  を Y 磁石アレイのステージ - Y 方向の長さ  $L_{yy}$  より大きくなるように選択することからなる。上述した例では、この合計化および / または平均化は、元の 900 個の出力  $E_{i,j}$  ( $i = 1, \dots, 30, j = 1, \dots, 30$ ) を 60 個の出力  $A_{x,i}$  ( $i = 1, \dots, 30$ ) と  $A_{y,j}$  ( $j = 1, \dots, 30$ ) まで削減する。結果として、処理されるべき出力の数が顕著に削減される。第 1 の拡張方向 (例えば、ステータ - X 向きセンサー行) に沿って分布したセンサー 501 のグループのあらゆる数および / または第 2 の拡張方向 (例えば、ステータ - Y 向きセンサー列) に沿って分布したセンサー 501 のグループのあらゆる数があることができるといふことと、各拡張方向におけるグループの数はお互いに等しい必要はないということに注意すべきである。

10

## 【0077】

簡潔のために、この記載の残りは、一般性の失うことなく、第 1 と第 2 の拡張方向におけるセンサーのグループに渡る合計化 / 平均化を、行と列に渡る合計化 / 平均化と呼ぶ。センサー 501 のための列および行合計化 / 平均化動作は、デジタル的に (例えば、コントローラ 504 によって) または好適なアナログ回路によってのどちらかで実装されることができる。図 12A は、アナログ回路によって実装されたそのような列および行合計化 / 平均化動作の 1 つの非限定的な実施形態を示す。明確さのために、図 12A は、5 番目と 6 番目のステータ - Y 向きセンサー列と 3 番目と 4 番目のステータ - X 向きセンサー行についての回路だけを明示的に描くが、その他のステータ - X 向きセンサー行とその他のステータ - Y 向きセンサー列は同様のやり方で合計 / 平均されることができるといふことが理解されている。各抵抗値  $R$  は、センサー 501 の間の非均一性についての応答 (即ち、校正) を正確に補償するために、僅かに異なる値を有していても良い。各センサー 501 は、その出力をバッファリングすること、そのオフセットを調節すること、またはそのスケールングファクターを調節すること、および / またはその出力を差動電圧信号とシングルエンド電圧信号の間で変換することの目的で、関連付けられたアナログ回路に接続されて (またはからなって) いても良い。図 12A のセンサー 501 とそれに関連付けられた回路は、硬いかまたは柔軟なプリント回路基板 (ここでは全てのセンサー 501、抵抗、および作動増幅器が設置される) 上に実装されることができるといふことと、そのようなプリント回路基板は、ステータコイルアッセンブリを実装するために使われたのと同じプリント回路基板の 1 つかまたは、例えば、エポキシで、ステータコイルアッセンブリを実装するのに使われたプリント回路基板の 1 つに接合された異なるプリント回路基板であることができるといふことに注意すべきである。

20

30

## 【0078】

1 つの実施形態では、図 12A の各ステータ - Y 向き列合計化トレース 514 は、各ステータ - Y 向き列と関連付けられた各ステータ - Y 向きラインと一致するかまたはその近くであり、図 12A の各ステータ - X 向き行合計化トレース 515 は、各ステータ - X 向き行と関連付けられた各ステータ - X 向きラインと一致するかまたはその近くである。図 12A の特定の場合には、5 番目のステータ - Y 向き列におけるセンサー  $E_{i,5}$  ( $i = 1, \dots, 30$ ) のためのステータ - Y 向き列合計化トレース 514 は、5 番目のステータ - Y 向き列におけるセンサー  $E_{i,5}$  ( $i = 1, \dots, 30$ ) の感知エレメントの中心を通るかまたはその近くであっても良く、3 番目のステータ - X 向き行におけるセンサー  $E_{3,j}$  ( $j = 1, \dots, 30$ ) のためのステータ - X 向き行合計化トレース 515 は、3 番目のステータ - X 向き行におけるセンサー  $E_{3,j}$  ( $j = 1, \dots, 30$ ) の

40

50

感知エレメントの中心を通るかまたはその近くであっても良い。ここで、センサーの感知エレメントの中心は、生ホール効果センサーエレメントの幾何学的中心を意味することが理解されていても良い。

【 0 0 7 9 】

Y磁石アレイ 1 1 2 B、1 1 2 Dが高速でステータ - X方向に移動する時には、図 1 2 Aで処理された通りの列合計 / 平均結果は、Y磁石アレイ 1 1 2 B、1 1 2 Dからの磁場を含むだけでなく、逆起電力誘導電圧も含む。列合計化トレース 5 1 4が感知エレメントのステータ - X寸法中心を通る時には、逆起電力電圧とセンサー出力は比例する。これは、逆起電力電圧がスケールエラーだけを作り出すことを意味する。全ての列平均値についての同一のスケールエラーのために、後に議論するアルゴリズムを使うことによってY磁石アレイ 1 1 2 B、1 1 2 Dのステータ - X位置を計算する際にはエラーが無い。但し、ステータ - Z位置の計算については、結果の正確さを増すために、逆起電力の好適な補償（例えば、スケールおよび / またはオフセッティング）が使われても良い。

10

【 0 0 8 0 】

図 1 2 Bは、そのような列 / 行合計化 / 平均化動作の別の実施形態を示す。各センサー 5 0 1は、生ホール効果センサーエレメントからなる。5番目のステータ - Y向きセンサー列に沿ったセンサー 5 0 1についての列合計化 / 平均化動作は、合計 / 平均値  $A_{y, 5}$  を作成するために垂直合計化トレース 5 1 0と 5 1 1と合計化作動増幅器 5 3 0を通して実装される。4番目のステータ - X向きセンサー行に沿ったセンサー 5 0 1についての行合計化 / 平均化動作は、合計 / 平均値  $A_{x, 4}$  を作成するために水平合計化トレース 5 1 2と 5 1 3と合計化作動増幅器 5 3 1を通して実装される。その他の行または列に沿ったセンサー 5 0 1についての行 / 列合計化 / 平均化動作は、同様のやり方で実装されても良い。

20

【 0 0 8 1 】

センサー 5 0 1の出力と関連付けられた信号処理を簡略化するために、ステータ - Y向きセンサー列  $A_{y, j}$  の合計 / 平均の、X磁石アレイ（例えば、図 3 Fの 1 1 2 Aと 1 1 2 C）の運動への感度を最小化すること；ステータ - Y向きセンサー列  $A_{y, j}$  の合計 / 平均の、Y磁石アレイ（例えば、図 3 Fの 1 1 2 Bと 1 1 2 D）のステータ - Y方向の運動への感度を最小化すること；ステータ - X向きセンサー行  $A_{x, i}$  の合計 / 平均の、Y磁石アレイ（例えば、図 3 Fの 1 1 2 Bと 1 1 2 D）の運動への感度を最小化すること；および / またはステータ - X向きセンサー行  $A_{x, i}$  の合計 / 平均の、X磁石アレイ（例えば、図 3 Fの 1 1 2 Aと 1 1 2 C）のステータ - X方向の運動への感度を最小化すること、が望ましくても良い。これらの望みを達成するために、Y磁石アレイ 1 1 2 B、1 1 2 Dのステージ - Y方向の長さ  $L_{yy}$  がピッチ  $P_y$  の整数倍に設定されても良く、および / またはX磁石アレイ 1 1 2 A、1 1 2 Cのステージ - X方向の長さ  $L_{xx}$  がピッチ  $P_x$  の整数倍に設定されても良い。加えて、いくつかの実施形態では、X磁石アレイ 1 1 2 A、1 1 2 Cのステージ - Y方向の幅  $W_{xy}$  がその磁氣的空間的周期  $\lambda_y$ （例えば、 $W_{xy} = N_{mx} \lambda_y$ 、 $N_{mx}$  は正の整数）の整数倍に設定されても良く、および / またはY磁石アレイ 1 1 2 B、1 1 2 Dのステージ - X方向の幅  $W_{yx}$  がその磁氣的空間的周期  $\lambda_x$ （例えば、 $W_{yx} = N_{my} \lambda_x$ 、 $N_{my}$  は正の整数）の整数倍に設定されても良い。更には、いくつかの実施形態では、Y磁石アレイ 1 1 2 B、1 1 2 Dのセンサーピッチ  $P_x$  と磁氣的空間的周期  $\lambda_x$  の関係が上記の式（1 a）と適合し、および / またはX磁石アレイ 1 1 2 A、1 1 2 Cのセンサーピッチ  $P_y$  と磁氣的空間的周期  $\lambda_y$  の関係が上記の式（1 b）と適合する。この構成では、下でより詳細に記載されるように、Y磁石アレイ 1 1 2 B、1 1 2 Dのステータ - Xおよびステータ - Z位置を、ステータ - Y向きセンサー列の合計 / 平均  $A_{y, j}$  から導出することができ、X磁石アレイ 1 1 2 A、1 1 2 Cのステータ - Yおよびステータ - Z位置を、ステータ - X向きセンサー行の合計 / 平均  $A_{x, i}$  から導出することができる。

30

40

【 0 0 8 2 】

50

残る問題は、ステータ - Y 向きセンサー列の利用可能な合計 / 平均  $A_{Y, j}$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, N$ ) から Y 磁石アレイ 1 1 2 B、1 1 2 D のステータ - X およびステータ - Z 位置を決定することと、ステータ - X 向きセンサー行の利用可能な合計 / 平均  $A_{X, i}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, M$ ) から X 磁石アレイ 1 1 2 A、1 1 2 C のステータ - Y およびステータ - Z 位置を決定することである。これら 2 つの課題は同様のやり方で解決されることができるので、以下の議論は、最初のもの：ステータ - Y 向きセンサー列の利用可能な合計 / 平均  $A_{Y, j}$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, N$ ) から Y 磁石アレイ 1 1 2 B、1 1 2 D のステータ - X およびステータ - Z 運動を導出すること、だけに焦点を当てる。

【 0 0 8 3 】

図 1 3 A は、1 つの非限定的な例示的实施形態を示し、そこでは空間的周期  $\lambda_x =$  をもった Y 磁石アレイ 1 1 2 B が、ステータ - Y 向きセンサー列の複数の合計 / 平均との関係で (例えば、その上に) 示されている。A 1、B 1、A 1'、B 1'、A 2、B 2、. . . の各々は、対応するステータ - Y 向きセンサー列におけるセンサー 5 0 1 の合計 / 平均  $A_{Y, j}$  を表す。ステータ - Y 向きセンサー列のステータ - X 方向のピッチ  $P_x$  は、 $P_x =$  / 4 に設定される。

10

【 0 0 8 4 】

ステータ - X 方向の距離 または の整数倍によってお互いから離されているステータ - Y 向きセンサー列はここでは、同期ステータ - Y 向きセンサー列、または簡潔のために、同期列、と呼ばれても良い。各同期列におけるセンサー 5 0 1 の出力の合計 / 平均は、対応する同期ステータ - Y 向きセンサー列値、または簡潔のために、同期列値、と呼ばれても良い。類似したやり方で、ステータ - Y 方向の距離 または の整数倍によってお互いから離されているステータ - X 向きセンサー行はここでは、同期ステータ - X 向きセンサー行、または簡潔のために、同期行、と呼ばれても良い。各同期行におけるセンサー 5 0 1 の出力の合計 / 平均は、対応する同期ステータ - X 向きセンサー行値、または簡潔のために、同期行値、と呼ばれても良い。

20

【 0 0 8 5 】

図 1 3 A の実施形態に示された特定の構成について、同期列値のセットは、{ A 1、A 2、A 3、A 4、. . . }、{ B 1、B 2、B 3、B 4、. . . }、{ A 1'、A 2'、A 3'、A 4'、. . . }、および { B 1'、B 2'、B 3'、B 4'、. . . } を含む。そして、同期合計値および / または同期平均値を、同期列値の合計 / 平均であると定義しても良い。例えば、図 1 3 A の特定の实施形態について、同期平均値は、

30

$$A = (1 / n_1) (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + \dots + A_{n_1}) \quad (3 a)$$

$$A' = (1 / n_2) (A_1' + A_2' + A_3' + A_4' + \dots + A_{n_2}) \quad (3 b)$$

$$B = (1 / n_3) (B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + \dots + A_{n_3}) \quad (3 c)$$

$$B' = (1 / n_4) (B_1' + B_2' + B_3' + B_4' + \dots + A_{n_4}) \quad (3 d)$$

ここで  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 、 $n_4$  は、各対応するセットにおける同期列値の数、であると定義しても良い。同期合計値は、合計を  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 、 $n_4$  で割る必要が無いこと以外は、同期平均値を決定することと同様のやり方で決定されても良いことが理解されるであろう。

【 0 0 8 6 】

40

同期合計 / 平均値 A と A' はお互いと 1 8 0 ° 位相が外れており、同期合計 / 平均値 B と B' はお互いと 1 8 0 ° 位相が外れているということと、 $\phi = A - A'$  と  $\psi = B - B'$  がお互いと 9 0 ° 位相が外れた直交信号であるということが当業者によって理解されるであろう。特に、 $\phi$  と  $\psi$  は、Y 磁石アレイ 1 1 2 B のステータ - X 位置の 2 つの正弦関数であり、その振幅は、以下の通り、磁石アレイのステータ - Z 運動と指数関数的に関係する。

【 0 0 8 7 】

【数3】

$$\alpha = A - A' = C_0 e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (4a)$$

$$\beta = B - B' = C_0 e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (4b)$$

= A - A' と = B - B' から、Y磁石アレイ112Bのステータ - X方向およびステータ - Z方向の位置を、Y磁石アレイ112Bの空間的周期  $\lambda_x =$  よりも100倍から1000倍小さいような、非常に高い精度で導出することができる。特に、Y磁石アレイ112Bのステータ - X方向の位置は、周知の直交復号法：

$$x = \text{atan2}(B - B', A - A') / 2$$

ここでatan2は2つの引数をもったアークタンジェント関数、で導出されることができる。特に、atan2(y, x)は、(-、]のレンジに渡って(ラジアンで)；

【0088】

【数4】

$$\text{atan2}(y, x) = \begin{cases} \arctan\left(\frac{y}{x}\right) & x > 0 \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) + \pi & y \geq 0, x < 0 \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) - \pi & y < 0, x < 0 \\ +\frac{\pi}{2} & y > 0, x = 0 \\ -\frac{\pi}{2} & y < 0, x = 0 \\ \text{undefined} & y = 0, x = 0 \end{cases} \quad (6)$$

と定義されても良く、あらゆる負の結果に2 を足すことによって[0、)のレンジにマッピングされることができる。

【0089】

いくつかの実施形態では、コントローラ504は、可動ステージ110のステータ - Z位置を決定するために同期合計 / 平均値を使うように構成されていても良い。図13Aの例では、Y磁石アレイ112Bのステータ - Z方向の位置は：

【0090】

【数5】

$$z = \frac{\lambda}{2\pi} \ln\left(\frac{C_0}{\sqrt{(B-B')^2 + (A-A')^2}}\right) \quad (7)$$

ここで定数  $C_0$  は、磁石アレイ112Bが位置  $z = 0$  にある(即ち、磁石アレイ112Bがセンサー501の上にいる)かまたは別の便利な参照位置にある時に校正されることができる、に従って導出されることができる。

【0091】

各個別のステータ - Y向き列におけるセンサー501の出力の合計 / 平均(例えば、各個別の列値  $A_1$ 、 $B_1$ 、 $A_1'$ 、 $B_1'$ 、 $A_2$ 、 $B_2$ 、...)は、Y磁石アレイ112Bの有限のステージ - X幅のために、Y磁石アレイ112Bのステータ - X方向の位置の正弦関数ではないが、同期合計 / 平均値(例えば、 $A$ 、 $A'$ 、 $B$ 、 $B'$ )は正弦関数である。これらの同期合計 / 平均値は、磁石アレイ112Bの漏れ磁場効果を実効的に排除し、正確な位置情報を作成するのを助けることができる。

【0092】

図13Bに示されるように、上記の同期平均化動作において同期合計 / 平均値(例えば、 $A$ 、 $A'$ 、 $B$ 、 $B'$ )を得るのに使われたステータ - Y向きセンサー列のステータ - X方向の範囲またはレンジ  $R_x$  は、磁石アレイ112Bの両サイド上でY磁石アレイ112

10

20

30

40

50

Bのステータ - X方向の幅 $W_{y,x}$ より好適な距離 $L_{e,x,t}$ だけ大きい、つまり $R_x = W_{y,x} + 2L_{e,x,t}$ である。このレンジ $R_x$ を超える同期列値も同期合計/平均値を計算するのに含まれることができるが、このレンジ $R_x$ の外側の同期列値は、レンジ $R_x$ を超える磁場強度は比較的弱いという事実のために、位置決定の正確さには殆ど貢献しない。 $L_{e,x,t}$ の典型的なチョイスは、 $\frac{1}{4}$ と $\frac{1}{2}$ の間の値である。従って、2つのY磁石アレイ112B、112Dの間隔 $T_y$ は、少なくとも $T_y = 2L_{e,x,t}$ となるように選ばれても良い。同様に、2つのX磁石アレイ112A、112Cの間隔 $T_x$ は、少なくとも $T_x = 2L_{e,x,t}$ となるように選ばれても良い。 $L_{e,x,t}$ のより大きな値については、より正確な結果が得られても良いが、演算的経費と、磁石アレイ112の間のより大きな間隔 $T_x$ 、 $T_y$ という代償を払ってのことである。例えば、 $L_{e,x,t}$ は、 $\frac{1}{2}$ または $\frac{1}{4}$ または $\frac{3}{4}$ に設定されることができる。いくつかの実施形態では、 $L_{e,x,t}$ は、 $\frac{1}{2}$ に設定される。

10

## 【0093】

いくつかの実施形態では、ここに開示されたセンサーアレイ500は、システム動作の開始または校正の間のホーミング動作を要求すること無しに、磁石アレイ112の絶対位置を決定するのに使われることができる。図13Aを参照すると、ステータ - Y向きセンサー列のグループを、特定の磁氣的周期におけるステータ - Y向きセンサー列であると定義しても良い。例えば、図13Aの実施形態では、ステータ - Y向きセンサー列のグループは、センサーグループ1 = { A1、B1、A1'、B1' } ; センサーグループ2 = { A2、B2、A2'、B2' } ; センサーグループ3 = { A3、B3、A3'、B3' } ; センサーグループ4 = { A4、B4、A4'、B4' } 等々であると定義しても良い。そのように定義されたグループと各個別のステータ - Y向き列におけるセンサー501の出力の合計/平均(例えば、各個別の列値A1、B1、A1'、B1'、A2、B2、...)を使って、好適なアルゴリズムが、どのステータ - Y向き列に磁石アレイ112Bの中心が位置するかを決定するのに使われることができる。特定のセンサーグループ内の磁石アレイ112Bの中心の厳密な位置は、上述した通り、直交信号 $\sin = A - A'$ と $\cos = B - B'$ から導出されることができる。直交信号の振幅は磁石アレイ112Bのステータ - Z運動の指数関数であるので、磁石アレイ112Bのステータ - Z運動は、式(7)に従って決定されることができる。

20

## 【0094】

各センサー501の近くのコイルの内側の電流も、センサー501の出力に影響を及ぼすことができることに注意すべきである。但し、各コイルトレース中の電流は、コントローラ504に知られており(例えば、コントローラ504は可動ステージ110を動かすことと関連付けされた駆動電流を計算するので)、対応するセンサー501上の各コイルトレース中の電流の影響は、予め校正されることができ、よってセンサー出力から、例えば、各センサー501の出力から、各ステータ - Y向きセンサー列の出力(例えば、合計/平均)から、各同期合計/平均値の出力から等々、差し引かれるかまたはそうでなければ取り除かれることができる。

30

## 【0095】

各ステータ - Y向きセンサー列(例えば、 $A_{y,j}$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, N$ ))の出力(例えば、合計/平均)からY磁石アレイ112Bのステータ - Xおよびステータ - Z位置を決定するためのここに記載された方法は、あらゆるY磁石アレイ(例えば、Y磁石アレイ112D)のステータ - Xおよびステータ - Z位置を決定するために適用されることができ、また各ステータ - X向きセンサー行(例えば、 $A_{x,i}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ ))の出力(例えば、合計/平均)からX磁石アレイ112A、112Cのステータ - Yおよびステータ - Z位置を決定するためにも適用されることができるということが理解されるであろう。

40

## 【0096】

センサー501の出力および/またはセンサー行/列(例えば、図12A、12Bの実施形態に示されているような)中のセンサー501の出力の合計/平均に対応する出力は

50

、好適なアナログ - デジタル変換器によってデジタル値に変換されても良く、変換された値は、各磁石アレイ 1 1 2 の位置を導出するためにコントローラ 5 0 4 によって処理されることができるといことが理解されている。可動ステージ 1 1 0 の全ての磁石アレイ 1 1 2 についての位置情報は、可動ステージ 1 1 0 の 6 次元位置を計算するのに使われても良い。例えば、図 3 F の場合については、Y 磁石アレイ 1 1 2 B、1 1 2 D のステータ - X およびステータ - Z 位置が、各ステータ - Y 向きセンサー列（例えば、 $A_{Y, j}$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, N$ )）の出力（例えば、合計 / 平均）から決定されても良く、X 磁石アレイ 1 1 2 A、1 1 2 C のステータ - Y およびステータ - Z 位置が、各ステータ - X 向きセンサー行（例えば、 $A_{X, i}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ )）の出力（例えば、合計 / 平均）から決定されても良く、この位置情報が、可動ステージ 1 1 0 の 3 つの並進位置および 3 つの回転位置を決定するために、一緒に組み合わせられても良い。

10

【0097】

図 1 4 A と 1 4 B（一緒に図 1 4）は、発明の別の非限定的な実施形態の断面および上面図を示す。図 1 4 の実施形態は、 $A_{i'}$  と  $B_{i'}$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) に対応する各ステータ - Y 向きセンサー列が図 1 4 の実施形態では取り除かれているという点で図 9 と 1 3 A の実施形態とは異なる。図 1 4 の構成は、同期合計 / 平均値  $A'$  と  $A$ （式（3 a）、（3 b））は、それらが  $180^\circ$  位相差を有するのでお互いとほぼ反対であり、よって重複した情報を有することから、Y 磁石アレイ 1 1 2 B のステータ - X およびステータ - Y 位置を決定するために望ましい情報を提供し続けても良い。同様に、同期合計 / 平均値  $B'$  と  $B$ （式（3 c）、（3 d））は、お互いとほぼ反対であり、よって重複した情報を有する。図 9 と 1 4 におけるセンサーアレイ 5 0 0 のレイアウトと比較すると、いくつかのステータ - Y 向きセンサー列および / またはいくつかのステータ - X 向きセンサー行が、図 1 4 B の実施形態からは取り除かれていることを見ることができる。そのような取り除きは、周期的な繰り返しパターンを有し、図 1 4 B のセンサーアレイ 5 0 0 に周期的なパターンを残す。図 1 4 B の実装では、各ステータ - Y 向きセンサー列および各ステータ - X 向きセンサー行に渡る合計化 / 平均化と同期合計 / 平均値を決定することの前述した方法が、依然として適用されることができ。従って、同期平均化の場合について、図 1 4 の実施形態のための同期平均化値は：

20

$$A = (1 / n_5) (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + \dots + A_{n_5}) \quad (8a)$$

$$B = (1 / n_6) (B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + \dots + A_{n_6}) \quad (8b)$$

30

ここで  $n_5$ 、 $n_6$  は各同期平均値における同期列値の数、に変形されることができ。同期合計値は、合計を  $n_5$ 、 $n_6$  で割る必要が無いこと以外は、同期平均値を決定することと同様のやり方で決定されても良いことが理解されるであろう。Y 磁石アレイ 1 1 2 B のステータ - X およびステータ - Z 位置は、

【0098】

【数 6】

$$A = C_0 e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (9a)$$

$$B = C_0 e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (9b)$$

40

$$x = \text{atan2}(B, A) \frac{\lambda}{2\pi} \quad (9c)$$

$$z = \frac{\lambda}{2\pi} \ln\left(\frac{C_0}{\sqrt{B^2 + A^2}}\right) \quad (9d)$$

に従って決定されることができ。前のように、Y 磁石アレイ 1 1 2 D のステータ - X およびステータ - Z 位置と、X 磁石アレイ 1 1 2 A、1 1 2 C のステータ - Y およびステータ - Z 位置は、類似のやり方で決定されることができ。

【0099】

図 1 5 は、発明の別の非限定的な実施形態の断面図を示す。図 1 5 の実施形態は、 $A_i$

50



'と  $B_i$  と  $B_i'$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) に対応する各ステータ - Y 向きセンサー列が図 15 の実施形態では取り除かれているという点で図 9 と 13 A の実施形態とは異なる。図 15 の構成は、ステータ - Z およびステータ - X における磁束密度は、 $90^\circ$  位相差によって離されており、よって磁石アレイ 112 B の位置を正確に補間するのに使われることができることから、各センサー 501 が 2 つの方向 Z と X において磁場を感知できる時に、Y 磁石アレイ 112 B のステータ - X およびステータ - Y 位置を決定するために望ましい情報を提供し続けても良い。図 15 の実施形態の場合には、センサー 501 からのステータ - X 方向の磁場測定出力は、列合計 / 平均され、また同期合計 / 平均されていても良く、センサー 501 からのステータ - Z 方向の磁場測定出力は、列合計 / 平均され、また同期合計 / 平均されていても良い。それから、2 つの同期合計 / 平均出力 (即ち、ステータ - X およびステータ - Z 方向の磁場感度に対応する) が、Y 磁石アレイ 112 B のステータ - X およびステータ - Z 位置を決定するのに使われても良い。図 15 の実施形態では、同期合計 / 平均値は、

ステータ - X 磁場同期平均 :

$$A_x = (1 / n_7) (A_{1x} + A_{2x} + A_{3x} + A_{4x} + \dots + A_{n_7}) \quad (10a)$$

ステータ - Z 磁場同期平均 :

$$A_z = (1 / n_8) (A_{1z} + A_{2z} + A_{3z} + A_{4z} + \dots + A_{n_8}) \quad (10b)$$

ここで  $A_{ix}$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) は、ステータ - X 方向の磁場感度に対応するセンサー出力のステータ - Y 向きセンサー列に渡る平均を表し、 $A_{iz}$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) は、ステータ - Z 方向の磁場感度に対応するセンサー出力のステータ - Y 向きセンサー列に渡る平均を表し、 $A_x$  は  $A_{ix}$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) の同期平均値であり、 $A_z$  は  $A_{iz}$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) の同期平均値であり、 $n_7$ 、 $n_8$  は各同期平均値における同期列値の数、に従って決定されることができる。同期合計値は、合計を  $n_7$ 、 $n_8$  で割る必要が無いこと以外は、同期平均値を決定することと同様のやり方で決定されても良いことが理解されるであろう。Y 磁石アレイ 112 B のステータ - X およびステータ - Z 位置は、

【0100】

【数7】

$$A_x = C_0 e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (11a)$$

$$A_z = C_0 e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (11b)$$

$$x = \text{atan2}(A_x, A_z) \frac{\lambda}{2\pi} \quad (11c)$$

$$z = \frac{\lambda}{2\pi} \ln\left(\frac{C_0}{\sqrt{A_z^2 + A_x^2}}\right) \quad (11d)$$

に従って決定されることができる。前のように、Y 磁石アレイ 112 D のステータ - X およびステータ - Z 位置と、X 磁石アレイ 112 A、112 C のステータ - Y およびステータ - Z 位置は、類似のやり方で決定されることができる。

【0101】

図 16 は、発明の別の非限定的な実施形態の断面図を示す。図 16 の実施形態は、空間的周期 当り 4 つのステータ - Y 向きセンサー列 (図 13 A の実施形態においてそうであるように) の代わりに、図 16 の実施形態は、空間的周期 当り 3 つの全体的に等間隔のステータ - Y 向きセンサー列 (即ち、 $P_x = \quad / 3$ ) からなるという点で図 9 と 13 A の実施形態とは異なる。 $A_i$ 、 $B_i$ 、 $C_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ) の各々は、ステータ - Y 向きセンサー列に沿って分布した (即ち、ステータ - Y 方向において向き付けられたラインに沿って揃えられた) 合計 / 平均センサー 501 を表す。同期合計 / 平均値 A、B、C が、

$$A = (1 / n_9) (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + \dots + A_{n_9}) \quad (12a)$$

$$B = (1 / n_{10}) (B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + \dots + B_{n_{10}}) \quad (12b)$$

10

20

30

40

50

$C = (1/n_{11})(C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \dots + C_{n_{11}})$  (12c)  
 ここで  $n_9$ 、 $n_{10}$ 、 $n_{11}$  は各同期平均値における同期列値の数、に従って Y 磁石アレイのステータ - X およびステータ - Z 位置を決定するのに使われても良い。同期合計値は、合計を  $n_9$ 、 $n_{10}$ 、 $n_{11}$  で割る必要が無いこと以外は、同期平均値を決定することと同様のやり方で決定されても良いことが理解されるであろう。

【0102】

同期合計 / 平均値 A、B、C の各々は、120° の位相差によって離された Y 磁石アレイ 112B のステータ - X 位置の正弦関数であり、ここで位相は、Y 磁石アレイ 112B のステータ - X 位置割る空間的周期 掛ける 2 である。正弦振幅は、Y 磁石アレイ 112B のステータ - Z 位置と指数関数的に関係しており、Y 磁石アレイ 112B のステータ - Z 位置を導出するのに使われることができる。

10

【0103】

数学的には、A、B、C は、

【0104】

【数8】

$$A = C_0 e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (13a)$$

$$B = C_0 e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi}{3}\right) \quad (13b)$$

$$C = C_0 e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{4\pi}{3}\right) \quad (13c)$$

20

で表されることができる。これら3つの値は、好適な方法 / アルゴリズムでもって2つの未知数 (Y 磁石アレイ 112B のステータ - X およびステータ - Z 位置) を解決するのに十分であり、ここで定数  $C_0$  は、実験によって予め校正されるかまたはシミュレーションソフトウェアの補助で予め校正されるかのどちらかであることができる。

【0105】

同期平均値 A、B、C から Y 磁石アレイ 112B のステータ - X およびステータ - Z 位置を決定する1つの非限定的な方法は以下の通りである。

【0106】

30

【数9】

$$A_{90} = [A, B, C] \begin{bmatrix} 0 \\ \sin\left(\frac{2\pi}{3}\right) \\ -\sin\left(\frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix} = 1.5C_0 e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (14a)$$

$$A_0 = [A, B, C] \begin{bmatrix} 1 \\ -0.5 \\ -0.5 \end{bmatrix} = 1.5C_0 e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (14b)$$

$$x = \text{atan2}(A_{90}, A_0) \frac{\lambda}{2\pi} \quad (14c)$$

40

$$z = \frac{\lambda}{2\pi} \ln\left(\frac{1.5C_0}{\sqrt{A_0^2 + A_{90}^2}}\right) \quad (14d)$$

前のように、Y 磁石アレイ 112D のステータ - X およびステータ - Z 位置と、X 磁石アレイ 112A、112C のステータ - Y およびステータ - Z 位置は、類似のやり方で決定されることができる。

【0107】

図16の実装の別のバリエーションは、システム中のセンサー501の数を削減するために、センサー間隔を  $\lambda/3$  から  $2\lambda/3$  または  $4\lambda/3$  に変えることである。

【0108】

50

図17は、発明の別の非限定的な実施形態によるセンサーアレイ500'の上面図を示す。図9の実施形態におけるセンサーアレイ500と比較すると、図17の実施形態のアレイ500'の各センサー501は、等間隔の2次元グリッド点509からオフセットされている(即ち、ステータ-X向きライン505とステータ-Y向きライン507の交差点509からオフセットされている)。グリッド交差点のピッチは、ステータ-X方向において $P_x$ であり、ステータ-Y方向において $P_y$ である。各センサー501の実際的位置は、 $\pm S_x$ のどちらかの量だけステータ-X方向においてシフトされており、 $\pm S_y$ のどちらかの量だけステータ-Y方向においてシフトされている。空間的には、シフトは、ステータ-Xおよびステータ-Y方向において周期的なパターンを顕示する。特に、ステータ-Y向きセンサー列における各センサー501は、ステータ-Y向きセンサー列における隣接するセンサー501から(オフセット $2S_x$ で)オフセットされながら、依然としてステータ-Y向きセンサー列におけるその他のセンサー501と全体的に揃えられており、ステータ-Y向きセンサー列における隣接するセンサー501のペアは、依然としてステータ-Y方向のピッチ $P_y$ だけ離されている。同様に、ステータ-X向きセンサー行における各センサー501は、ステータ-X向きセンサー行における隣接するセンサー501から(オフセット $2S_y$ で)オフセットされながら、依然としてステータ-X向きセンサー行におけるその他のセンサー501と全体的に揃えられており、ステータ-X向きセンサー行における隣接するセンサー501のペアは、依然としてステータ-X方向のピッチ $P_x$ だけ離されている。

#### 【0109】

アレイ500'のシフトされたパターンは、各ステータ-X向きセンサー行および/または各ステータ-Y向きセンサー列に沿った合計化/平均化動作中に磁石アレイ112の高調波磁場のいくらかのフィルタリングを引き起こし得る。オフセット $S_x$ 、 $S_y$ は、一般的にグリッドピッチよりも小さい(即ち、 $S_x < P_x$ および $S_y < P_y$ )。5次高調波磁場をフィルタリングするために、 $S_x$ 、 $S_y$ は、 $S_x = \lambda_x / 20$ および $S_y = \lambda_y / 20$ に設定されることができ、ここで $\lambda_x$ はY磁石アレイ(例えば、図3FのY磁石アレイ112B、112D)のステータ-X方向の磁氣的空間的周期、 $\lambda_y$ はX磁石アレイ(例えば、図3FのX磁石アレイ112A、112C)のステータ-Y方向の磁氣的空間的周期である。その他のオプションには、例えば、ステータ-X向きセンサー行およびステータ-Y向きセンサー列の合計/平均( $A_{x,i}$ および $A_{y,j}$ )への9次高調波磁場効果をフィルタリングするための、 $S_x = \lambda_x / 36$ および $S_y = \lambda_y / 36$ を含む。 $S_x$ を $S_x = \lambda_x / (4 * K)$ と全体的に適合するように設定することで、ステータ-Y向きセンサー列の合計/平均は、Y磁石アレイのK次高調波磁場をフィルタリングし、 $S_y$ を $S_y = \lambda_y / (4 * K)$ と全体的に適合するように設定することで、ステータ-X向きセンサー行の合計/平均は、X磁石アレイのK次高調波磁場をフィルタリングする。典型的には、磁石アレイ112について心配となる高調波歪みの最小次数は $N_t = 2$ の時に $K = 3$ なので、従って、いくつかの実施形態では、 $S_x$ および/または $S_y$ は、Kが正の整数であり且つ $K \geq 3$ で設定される。

#### 【0110】

いくつかの場合には、決定されたY磁石アレイ112B、112Dのステータ-Xおよびステータ-Z位置は、磁石アレイ製造エラーまたは材料非均一性のようないくらかの実験的な不完全さのためにいくらかの周期的エラーを含んでいても良い。そのような系統的なエラーを除去する1つの非限定的な実施形態は、訂正プロセス:

$$X_c = X - a_1 \cos(2\pi x / \lambda_x) - b_1 \sin(2\pi x / \lambda_x) \\ - a_2 \cos(4\pi x / \lambda_x) - b_2 \sin(4\pi x / \lambda_x) \\ Z_c = Z - c_1 \cos(2\pi x / \lambda_x) - d_1 \sin(2\pi x / \lambda_x) \\ - c_2 \cos(4\pi x / \lambda_x) - d_2 \sin(4\pi x / \lambda_x)$$

ここでXとZは上記の方法を使って決定されたステータ-Xおよびステータ-Z位置、 $X_c$ と $Z_c$ はエラー訂正後の決定されたステータ-Xおよびステータ-Z位置、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 、 $c_1$ 、 $c_2$ 、 $d_1$ 、 $d_2$ は実験的に校正されることができ定数係数、で

10

20

30

40

50

ある。同様の訂正方法が、X磁石アレイ112A、112Cのステータ-Xおよびステータ-Z位置に適用されることができる。

#### 【0111】

いくつかの実施形態では、全体的ステータX/Y平面が、複数の独立した感知領域に分けられていても良い。全体的センサーアレイ500がそれから、多くの多角形状の独立した感知領域520に分けられる。図18に示されたように。各多角形状の独立した感知領域520は正方形であり、それはセンサー501のサブアレイ、例えば12×12のセンサー、を含む。上記の列および行の合計化/平均化動作は、各領域520に独立に限られていても良い(例えば、好適なハードウェアワイヤリングまたは好適なソフトウェアアルゴリズムを使って)。つまり行/列の合計/平均は、1つの領域520内のセンサーだけ

10

#### 【0112】

いくつかの実施形態では、全体的ステータX/Y平面が、複数の独立した列感知領域に分けられ、全体的ステータX/Y平面が、複数の独立した行感知領域に分けられる。そのような分割または仕切りは、複数の可動ステージの運動測定を同時に且つ独立に許容しても良い。各独立な列感知領域が、限定はされないが長方形、正方形または六角形のような、多角形状を有していても良い。各独立な行感知領域が、限定はされないが長方形、正方形または六角形のような、多角形状を有していても良い。上記の列合計化/平均化動作は、各列感知領域に限られていても良い。上記の行合計化/平均化動作は、各行感知領域に

20

#### 【0113】

上述した通り、いくつかの実施形態では、センサーはプリント回路基板上に搭載される。全作業領域124の全体的なセンサーアレイ500は、複数のプリント回路基板からなっても良い。各プリント回路基板は、1つまたは複数の独立した感知ゾーンを含んでも良い。

#### 【0114】

図19は、可動ステージ位置決定のためのフローチャートの1つの非限定的な実施形態を示す。各サンプリングイベントにおいて、6軸位置情報をリアルタイムで作成するために、フローチャート中のプロセス全体が実行される。図19のフローチャート中のいくつかのステップは、演算時間を節約するために、省略されても良い。例えば、システムエラー訂正および/またはコイルトレース電流効果除去は、低精度の応用のためには必要が無くても良い。図19は、各列についての一連のステップと各行についての同様の一連のステップを描く。行と列についてのステップは、並列にかまたは直列に実行されることができる。

30

#### 【0115】

各センサー501は、ノンゼロ出力バイアスを有していても良く、外部磁場が無い時に、出力電圧/信号は全くゼロではなくても良い。そのような出力バイアスは、時間と共にかまたは温度等々のような環境的ファクターと共に、変化しても良い。そのような出力バイアスのインパクトを最小化する1つのやり方は、センサー出力信号から校正されたバイアス値を差し引くことである。バイアス値を校正する1つのやり方は、外部磁場が無い時にセンサー出力を記録することである。そのような校正された値は、環境条件の範囲内で決定され、例えばルックアップテーブルに格納されることができる。いくつかの実施形態では、そのようなセンサーバイアス値は、可動ステージがセンサーの近くに無い時にセンサー出力を記録することによって繰り返し洗練されても良い。結果として、磁場センサーバイアス値でさえも、時間と共にかまたは環境条件と共に、変化しても良い。そのような継続的に洗練された出力バイアス校正手順は、そのようなドリフティング出力バイアスを補償するのを助けても良い。1つの特定の実装では、もしステータ-Y向きセンサー列ま

40

50

たはステータ - X向きセンサー行におけるセンサーに近い可動ステージが無ければ、列 / 行合計 / 平均出力値が、後に使われるバイアス除去のための新たに校正された出力として、記録されることができる。

【 0 1 1 6 】

#### 複数の可動ステージ

フォトリソグラフィ、自動化アッセンブリーシステム等々のような、或る応用では、1つ以上の可動ステージを同時に且つ独立に制御する要望があり得る。これは、例えば、対応する複数の独立に制御可能なステータを提供し、各ステータ上で1つの可動ステージの動きを制御することによって、達成されても良い。いくつかの状況では、可動ステージを入れ替えること（例えば、1つの可動ステージを1つのステータから別のステータに動かすこと）が望ましい。いくつかの応用では、可動ステージ110を多数の異なるステージを通して動かすことが望ましくても良い。図20は、この目的のために好適な装置460を概略的に描く。描かれた実施形態では、可動ステージ110A - 110Dがいくつかのステータ120A - 120Fの間で動き、いくつかの応用では、何らかの動作のために各ステータ120において停止しても良い。一般に、あらゆる好適な数の可動ステージ110と、あらゆる好適な数（可動ステージ110の数より大きい）のステータ120があっても良い。各ステータ120A - 120F上では、ここで記載されるタイプの位置推定システムが、対応する可動ステージ110A - 110Dの位置を制御するために、制御システムの一部として使われても良い。いくつかの実施形態では、精密な位置制御は、ステータ120A - 120Fの内側だけで要求されても良い。従って、ステータからステータへの運動（例えば、ステータ120A - 120Fの間での可動ステージ110A - 110Dの運動）は、室内GPS、ステレオカメラ等々のような、比較的安価な位置測定システムによってガイドされても良い。

【 0 1 1 7 】

#### その他のレイアウトと構成

図21Aは、別の実施形態による変位デバイス600を概略的に描く。変位デバイス600は、複数の磁石アレイ612からなる可動ステージ（明示せず）からなる。描かれた実施形態では、変位デバイス600は、3つの磁石アレイ612（612A、612B、612Cとラベル付けされた）からなる。各磁石アレイ612A、612B、612Cは、ステージX - Y平面における特定の向きで全体的に線形に引き延ばされた、対応する複数の磁化セグメント614A、614B、614Cからなり、例えば、磁石アレイ612Aの磁化セグメント614Aは、線形な引き延ばしの1つの向きを有し、磁石アレイ612Bの磁化セグメント614Bは、線形な引き延ばしの第2の向きを有し、磁石アレイ612Cの磁化セグメント614Cは、線形な引き延ばしの第3の向きを有する。ここに記載されたその他の変位デバイスでそうであるように、磁化セグメント614A、614B、614Cの磁化方向は、それらが物理的に引き延ばされている方向と全体的に直交していても良い。それらの相対的な向きを別にして、磁石アレイ612と磁化セグメント614の特性は、磁石アレイ112と磁化セグメント114について上述したものと同様であっても良い。

【 0 1 1 8 】

変位デバイス600はまた、複数の全体的に線形に引き延ばされたコイルトレース626からなるステータ（明示せず）からなる。描かれた実施形態では、変位デバイス600は、ステータの対応する層（明示せず）上に位置していても良い、3セットのコイルトレース626（626A、626B、626Cとラベル付けされた）からなる。コイルトレース626A、626B、626Cの各層は、対応するステータX - Y平面における特定の向きで全体的に線形に引き延ばされたコイルトレース626A、626B、626Cからなっても良い。そのような層とそれらの対応するコイルトレース626A、626B、626Cは、変位デバイス600の作業領域において（ステータ - Z方向で）お互いと重複していても良い。それらの相対的な向きを別にして、コイルトレース626の特性は、上述したコイルトレース126のものと同様であっても良い。

## 【 0 1 1 9 】

図 2 1 B に示された変位デバイス 6 0 0 ' は、線形に引き延ばされたコイルトレース 6 2 6 A '、6 2 6 B '、6 2 6 C ' の向きが線形に引き延ばされたコイルトレース 6 2 6 A、6 2 6 B、6 2 6 C の向きとは異なり、磁化セグメント 6 1 4 A '、6 1 4 B '、6 1 4 C ' が拡張する方向が磁化セグメント 6 1 4 A、6 1 4 B、6 1 4 C が拡張する方向とは異なること以外は、変位デバイス 6 0 0 と同様である。

## 【 0 1 2 0 】

図 2 1 C は、別の実施形態による変位デバイス 7 0 0 を概略的に描く。変位デバイス 7 0 0 は、複数の磁石アレイ 7 1 2 からなる可動ステージ（明示せず）からなる。描かれた実施形態では、変位デバイス 7 0 0 は、2 つの磁石アレイ 7 1 2（7 1 2 A、7 1 2 B とラベル付けされた）からなる。各磁石アレイ 7 1 2 A、7 1 2 B は、ステージ X - Y 平面における特定の向きで全体的に線形に引き延ばされた、対応する複数の磁化セグメント 7 1 4 A、7 1 4 B からなり、例えば、磁石アレイ 7 1 2 A の磁化セグメント 7 1 4 A は、線形な引き延ばしの 1 つの向きを有し、磁石アレイ 7 1 2 B の磁化セグメント 7 1 4 B は、線形な引き延ばしの第 2 の向きを有する。ここに記載されたその他の変位デバイスでそうであるように、磁化セグメント 7 1 4 A、7 1 4 B の磁化方向は、それらが物理的に引き延ばされている方向と全体的に直交していても良い。それらの相対的な向きを別にして、磁石アレイ 7 1 2 と磁化セグメント 7 1 4 の特性は、磁石アレイ 1 1 2 と磁化セグメント 1 1 4 について上述したものと同様であっても良い。

## 【 0 1 2 1 】

変位デバイス 7 0 0 はまた、複数の全体的に線形に引き延ばされたコイルトレース 7 2 6 からなるステータ（明示せず）からなる。描かれた実施形態では、変位デバイス 7 0 0 は、ステータの対応する層（明示せず）上に位置していても良い、2 セットのコイルトレース 7 2 6（7 2 6 A、7 2 6 B とラベル付けされた）からなる。コイルトレース 7 2 6 A、7 2 6 B の各層は、対応するステータ X - Y 平面における特定の向きで全体的に線形に引き延ばされたコイルトレース 7 2 6 A、7 2 6 B からなっても良い。そのような層とそれらの対応するコイルトレース 7 2 6 A、7 2 6 B は、変位デバイス 7 0 0 の作業領域において（ステータ - Z 方向で）お互いと重複していても良い。それらの相対的な向きを別にして、コイルトレース 7 2 6 の特性は、上述したコイルトレース 1 2 6 のものと同様であっても良い。

## 【 0 1 2 2 】

図 2 1 C の実施形態の変位デバイス 7 0 0 は、6 つの自由度全てを提供することはできないことが理解されるであろう。好適な制御技術をもって、図 2 1 C の実施形態は、4 つの自由度を持った運動を提供することが可能であっても良い。

## 【 0 1 2 3 】

図 2 1 A - 2 1 C は、発明の特定の実施形態の一側面の特徴を実証するのに有用である。ここに記載された実施形態のいくつかは、比較的多数の磁石アレイを含む。これは、ステータに対する可動ステージの動きを制御する能力を強化し得る過剰作動を達成することができる一方で、これは必要ではない。特定の実施形態は、あらゆる好適な数（1 つまで少ない）の磁石アレイを有する可動ステージからなっても良く、そこではそのような可動ステージの各々は、対応する方向に沿って全体的に線形に引き延ばされた複数の磁化セグメントからなる。いくつかの実施形態では、線形な引き延ばしの好ましい方向は、少なくとも 2 つの直交する方向からなっても良い（それは制御計算を比較的より簡単にし得る）一方で、これは必要ではない。磁石アレイが単一の可動ステージ X Y 平面で揃えられている場合には、線形な引き延ばしのあらゆる 2 つ以上の非平行な方向が、ステージ X Y 平面に及ぶ。更には、いくつかの実施形態は、1 つだけの磁石アレイの使用が関与する。6 つの自由度が望まれるいくつかの実施形態では、3 つ以上の磁石アレイが提供され、少なくとも 2 つの磁石アレイは非平行な方向で線形に引き延ばされており、3 つの磁石アレイの力中心は、非共線的である。加えて、各磁石アレイにおける磁化セグメントの磁化の方向は、磁化セグメントが線形に引き延ばされる方向と、全体的に直交する。磁石ア

レイ内では、磁化セグメントの磁化は、ここに記載されたもののいずれかと同様の特性を有していても良い、例えば図5と6を参照。

【0124】

同様に、特定の実施形態は、あらゆる好適な数の(1つ以上の)方向で引き延ばされたコイルトレースを有するステータからなっても良い。いくつかの実施形態では、線形な引き延ばしの方向は、少なくとも2つの直交する方向からなっても良い(それは制御計算を比較的より簡単にし得る)一方で、これは必要ではない。線形な引き延ばしのあらゆる2つ以上の非平行な方向が、概念的なステータXY平面に及ぶ。更には、いくつかの実施形態は、1つだけのコイル引き延ばし方向の使用が関与する。ステータのステータXY平面は、上述した通り、線形な引き延ばしの異なる方向を有するコイルトレースが、異なる層上に提供されても良いので、概念的なXY平面と呼ばれても良い。そのような層は、ステータ-Z方向において異なる位置を有していても良い。従って、ステータの概念的なXY平面は、あたかもそのような層の各々におけるコイルトレースがステータ-Z軸に沿った対応する単一の位置を有する単一のXY平面まで概念的にもたらされたもの、と考えられても良い。

10

【0125】

ここで説明された記載は、磁氣的空間的周期内に異なる数 $N_t$ の磁化方向があり得ることを記載している。但し、上記の描かれた実施形態については $N_t = 4$ である。図22A-22Cは、異なる値の $N_t$ 、即ち、磁氣的空間的周期内に異なる数の磁化方向、を有する磁石アレイ802A、802B、802Cを概略的に描く。図22Aの磁石アレイ802Aは $N_t = 4$ を有し、図22Bの磁石アレイ802Bは $N_t = 2$ を有し、図22Cの磁石アレイ802Cは $N_t = 8$ を有する。数 $N_t$ は、あらゆる好適な数となるように選択されても良く、比較的大きな $N_t$ を有することの利点は、比較的大きな $N_t$ が比較的大きな基本波と比較的小さな高次高調波をもった対応する磁石アレイを、磁石アレイを作製する際の可能性としてより大きなコストと複雑さという代償を払って提供することである。 $N_t = 4$ の時、磁石アレイ112には5次高調波磁場が存在し、 $N_t = 2$ の時、磁石アレイ112には3次高調波磁場が存在する。

20

【0126】

いくつかの実施形態では、磁石アレイ112は、異なる数のサブアレイが設けられていても良い。図23Aは、Y磁石アレイ112のステージ-Y寸法 $L_m$ が、各々が $L_m/2$ のステージ-Y寸法を有し、ステージ-X方向において距離 $O_m$ だけお互いからオフセットされた、サブアレイ112A、112Bのペアからなる、特定の実施形態を示す。図23Aのサブアレイ112A、112Bのオフセット距離 $O_m$ は、少なくとも近似的に $O_m = ((N_m/5) - (1/10))$ 、ここで $N_m$ はあらゆる正の整数、に等しく設定されても良いオフセット $O_m$ であることができる。 $O_m$ がこの特性を有するように設定することは、ステータ-Y方向において電流を運ぶコイルトレース126をもった磁石アレイ112の磁場の5次高調波の相互作用の効果を減衰または相殺する傾向があり、それにより関連付けられた力脈動を削減または最小化する。 $O_m$ がこの特性を有するように設定することは、センサー501の2Dアレイ500のステータ-Y向きセンサー列の合計/平均値をもった磁石アレイ112の磁場の5次高調波の相互作用の効果を減衰または相殺する傾向があっても良く、それにより関連付けられた位置推定エラーを削減または最小化する。いくつかの実施形態では、オフセット $O_m$ は、ステータ-Y方向において電流を運ぶコイルトレース126をもった磁石アレイ112の磁場の9次高調波の相互作用の効果を減衰するためと、センサー501の2Dアレイ500のステータ-Y向きセンサー列の合計/平均値をもった磁石アレイ112の磁場の9次高調波の相互作用の効果を減衰または相殺するために、少なくとも近似的に $O_m = ((N_m/9) - (1/18))$ に等しく設定されても良い。いくつかの実施形態では、オフセット $O_m$ は、少なくとも近似的に $O_m = (N_m/5) - W_c$ 、ここで $N_m$ はあらゆる正の整数、 $W_c$ はステータ-Y方向に全体的に引き延ばされたコイルトレース126のステータ-X方向の幅、に等しく設定されても良い。 $O_m$ がこの特性を有するように設定することは、ステータ-Y方向において

30

40

50

電流を運ぶコイルトレース126をもった磁石アレイ112の磁場の5次高調波の相互作用の効果を減衰または相殺する傾向があり、それにより関連付けられた力脈動を削減または最小化する。いくつかの実施形態では、オフセット $O_m$ は、ステータ-Y方向において電流を運ぶコイルトレース126をもった磁石アレイ112の磁場の9次高調波の相互作用の効果を減衰するために、少なくとも近似的に $O_m = (N_m / 9) \cdot W_c$ に等しく設定されても良い。図23Aの描かれた実施形態に示された磁石アレイ112が2つのサブアレイからなる一方で、磁石アレイ112は、一般的に、図23Aに示されたものと同様の特性を有する、あらゆる好適な数のサブアレイが設けられていても良い。

#### 【0127】

図23Bと23Cは、それらの対応する磁場の複数の空間的高調波の効果を減衰するのに使われ得る、磁石アレイ112の数々の実施形態を示す。図23Bと23Cは、ステージ-Y方向の長さ $L_m / 8$ を有する6つのサブアレイ(図23Cではa、b、c、f、g、hとラベル付けされている)と、ステージ-Y方向の長さ $L_m / 4$ を有する1つのサブアレイ(図23Cではd-eとラベル付けされている)、ここで $L_m$ は磁石アレイ112のステージ-Y方向の総長さ、からなるY磁石アレイ112の一実施形態を示す。図23Dは、どのようにサブアレイのいくつかがお互いに対して(ステージ-X方向において)シフトされるかまたはオフセットされるかを示す。図23Bと23Cの実施形態では、サブアレイbとgがステージ-X方向において揃えられ、サブアレイa

とhが量 $O_{m2}$ だけサブアレイbとgに対して(描かれたビューにおいて右向きに)シフトされ、サブアレイdとe(一緒にサブアレイd-e)が量 $O_{m1}$ だけサブアレイbとgに対して(描かれたビューにおいて右向きに)シフトされ、サブアレイcとfが量 $2O_{m2} + O_{m1}$ だけサブアレイbとgに対して(描かれたビューにおいて右向きに)シフトされる。描かれた実施形態の各サブアレイa、b、c、d-e、f、g、hは、ステージ-X寸法の幅 $W_m$ を有する。ラインA-A上の(磁石アレイ112のステージ-Y寸法 $L_m$ の中心における)鏡像対称性は、図23C、23Dの磁石アレイ112上のモーメントおよび/または力妨害を削減するかまたは最小化する。図23B、23Cの配置によって減衰された高調波は、 $2O_{m1}$ と $2O_{m2}$ に等しい空間的波長を有する。例えば、 $O_{m1} = L_m / 10$ と $O_{m2} = L_m / 26$ に設定することにより、磁場の5次および13次高調波が、コイルトレースを使った力生成とまたセンサーアレイ500から決定された列/行合計/平均値の両方との関係で、減衰される。一般に、 $O_{m1} = (M - 0.5) / p$ 、 $O_{m2} = (N - 0.5) / q$ に設定することは、 $L_m / p$ と $L_m / q$ の波長(空間的周期)、ここでMとNは任意の整数、の高調波磁場から結果として得られる妨害モーメント/力を顕著に最小化する。

#### 【0128】

図23B-23Cで描かれた技術は、あらゆる好適な数の高調波と関連付けられた磁場誘導の妨害モーメントおよび/または力効果が、これらの技術の好適なバリエーションを使って同時に減衰され得て、あらゆる好適な数の高調波と関連付けられた磁場誘導の位置推定エラーが、これらの技術の好適なバリエーションを使って同時に減衰され得るように、外挿されることができる。1つの高調波次数の磁場誘導効果を減衰するが、(図23Aに示されたような)正味のモーメント妨害の或るレベルは残すことも可能である。

#### 【0129】

特定の実施形態の磁石アレイ112は、それらのそれぞれの磁化セグメント114が全体的に線形に引き延ばされた方向に沿って、斜めにされるかまたは空間的周期性が設けられることができる。そのような磁石アレイ112の斜め化または空間的周期性は、それらの磁石アレイ112の磁場の高次高調波の効果を削減するかまたは最小化するのに使われても良い。図24Aは、ステージ-Y方向に全体的に線形に引き延ばされているが、そのステージ-Y寸法の長さ $L_m$ に渡ってステージ-X方向において量 $O_p$ だけ斜めにされている、Y磁石アレイ112を示す。図24Aの磁石アレイ112が、上で定義されたようにコイル幅 $W_c$ をもった長方形の幾何学的形状を有するコイルトレース126と相互作用するように構成されていると仮定すると、斜めモーメントは、少なくとも近似的には非負



の量  $O_p = k_f - W_c$ 、ここで  $f$  は減衰されるべき磁場の空間的高調波の波長、 $k$  は正の整数、と等しくなるように設定されても良い。例えば、もし図 2 4 A の磁石アレイ 1 1 2 の 5 次高調波磁場の効果を減衰することが望まれるとすると、 $O_p$  は  $k / 5 - W_c$ 、ここで  $k$  は正の整数、となるように設定されることができる。

#### 【 0 1 3 0 】

図 2 4 B と 2 4 C は、空間的に周期的な Y 磁石アレイ 1 1 2 を示し、そこでは各アレイ 1 1 2 のエッジが、そのステージ - Y 寸法の長さ  $L_m$  に渡って量  $O_p$  だけステージ - X 方向において変動する。図 2 4 B と 2 4 C の磁石アレイ 1 1 2 は、空間的周期  $m$  で周期的であり、ここで図 2 4 B のアレイでは  $m = L_m$  であり、図 2 4 C のアレイでは  $m = L_m / 2$  である。上述した空間的に周期的なコイルトレースの場合と同様に、空間的周期  $m$  は、一般に、ステージ - Y 寸法の長さ  $L_m$  の整数ファクターとなるように設定されても良い。また、上述した空間的に周期的なコイルトレースの場合と同様に、空間的に周期的な磁石アレイは、方形波、正弦波形、または重畳波形のような、三角形波形以外の空間的に周期的な波形が設けられていても良い。ピーク - ピーク振幅パラメータ  $O_p$  は、図 2 4 A との関係で上述した用語  $O_p$  の特性を有することができる。

10

#### 【 0 1 3 1 】

いくつかの実施形態では、斜めにされたコイルトレースと傾斜した磁石アレイがまた、電流を運んでいるコイルトレースの磁石アレイの磁場の高次高調波との相互作用の効果を削減するかまたは最小化しながら、磁石アレイ中の内部ストレスを排除するために、有用に実装されても良い。

20

#### 【 0 1 3 2 】

発明の或る実装は、コントローラと、発明の方法を行うことをコントローラ、コンピューターおよび/またはプロセッサに引き起こすソフトウェア命令を実行するコンピューターおよび/またはコンピュータープロセッサからなる。例えば、コントローラまたはコンピューター中の 1 つ以上のプロセッサが、プロセッサにアクセス可能なプログラムメモリから取り出されたソフトウェア命令を実行することによって、ここに記載された方法におけるデータ処理ステップを実装していても良い。発明はまた、プログラム製品の形で提供されても良い。プログラム製品は、データプロセッサによって実行された時に、発明の方法を実行することをデータプロセッサに引き起こす、命令からなるコンピューター読み取り可能な信号のセットを担うあらゆる媒体からなっても良い。発明に従ったプログラム製品は、幅広い種々の形のいずれかであっても良い。プログラム製品は、例えば、フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスクドライブを含んだ磁気データ格納媒体、CDROMs、DVDs を含んだ光学的データ格納媒体、ROMs、フラッシュRAMs を含んだ電子データ格納媒体等のような、物理的（非一時的）媒体からなっても良い。命令は、プログラム製品上に、暗号化されたおよび/または圧縮されたフォーマットで存在していても良い。

30

#### 【 0 1 3 3 】

上でコンポーネント（例えば、ソフトウェアモジュール、コントローラ、プロセッサ、アッセンブリー、デバイス、コンポーネント、回路等）が言及される所では、そうではないと指し示されていない限り、そのコンポーネントへの言及（「手段」への言及を含む）は、発明の描かれた例示的实施形態における機能を行う開示された構造と構造的に等価ではないコンポーネントを含んだ、記載されたコンポーネントの機能を行う（即ち、機能的に等価な）あらゆるコンポーネントを、そのコンポーネントの等価物として含むものとして解釈されるべきである。

40

#### 【 0 1 3 4 】

数々の例示的側面と実施形態がここで議論されたが、それらの或る種の変形、並べ替え、追加、およびサブコンビネーションを当業者は認識するであろう。例えば：

- ・ 図 2 3 と 2 4 の実施形態に示された磁石アレイは Y 磁石アレイであるが、X 磁石アレイが同様の特性を提供されていることもできることが理解されるであろう。また、図 2 3 と 2 4 の実施形態に示された磁石アレイは、磁化の特定のパターンを有する。一般に、こ

50

これらの磁石アレイは、例えば、図5と6に示されたもののいずれかのような、あらゆる好適な磁化パターンを提供されていても良い。

・ 可動ステージ110上の磁石アレイ112の運動によって誘起された渦電流を最小化または削減する目的のために、コイルトレース126は比較的狭く作られていても良い。いくつかの実施形態では、各コイルトレース126は、複数のサブトレース126'からなっても良い。そのような実施形態が、(上面図で)図25Aと(断面図で)25Bに概略的に示されている。図25Aのコイルトレース126A、126B、126Cでは、各コイルトレース126A、126B、126Cは、複数の対応するサブトレース126A'、126B'、126C'(集合的に、サブトレース126')からなり、そこでは各サブトレース126'は、その対応するコイル126の幅 $W_c$ の分数である幅 $T_c$ を有する。各サブトレース126'は、その対応するトレース126を通して流れる電流の一部だけを担う。図25Aの実施形態における各サブトレース126'は、幅 $T_f$ の絶縁体によってその隣接するサブトレース126'から絶縁されているが、絶縁体の幅 $T_f$ がコイルトレース126内で均一である必要は一般的にはなく、高い表面フィルファクターを達成するために $T_f$ を最小化する望みがある。一般に、トレース幅 $W_c$ 、サブトレース幅 $T_c$ 、および絶縁体幅 $T_f$ に依存して、あらゆる好適な数のサブトレース126'が各トレース126中に設けられていても良い。各対応するコイルトレース126のサブトレース126'は、それらの端部において(例えば、描かれた実施形態の場合にはステータ-Y寸法の端部において)並列に電気的に接続されていても良い。サブトレース126'がお互いと接続されている領域は、デバイス100の作業領域の外側、即ち、可動ステージ110の運動の範囲の外側、であっても良いが、これは必要ではない。その他の実施形態では、サブトレース126'は、お互いと直列に接続されていても良い。コイルサブトレース126'は、既知のPCB作製技術を使って作製されていても良い。図25Bは、1つの特定のトレース126とその対応するサブトレース126'の断面図を示す。

・ コイルトレース126は、PCB技術以外の技術を使って作製されていても良い。全体的に線形に引き延ばされるような形状にあるかまたはそうであり得るあらゆる導電体が、コイルトレース126を提供するのに使われても良い。図26Aと26Bは、丸い断面を有するコイルトレース126からなる、ステータ120の作業領域124におけるコイル122をもった一例を示す。図26Bは、X向きトレース126XとY向きトレース126Yの交番する層128を提供するために、どのようにトレース126がXおよびY方向で全体的に線形に引き延ばされるかの詳細を示す。図26Aと26Bに示された各トレース126は、様々な断面の異なるサブトレースから作り上げられていても良い。図26Cは一例を示し、そこでは円形の断面を有するトレース126が、円形の断面を有する複数のサブトレース126'からなる。このトレースを実装するための1つの一般的な方法は、外部絶縁体をもった標準のマルチフィラメントワイヤを使うことであろう。図26Dは、円形の断面のサブトレース126'をもった、長方形の断面を有するコイルトレース126の一例を示す。

・ 描かれた実施形態では、異なる層128上のコイルトレース126は、お互いと同じであるように示されている。いくつかの実施形態では、異なる層128上のコイルトレース126および/または異なる向き(例えば、X向きとY向き)のコイルトレース126が、お互いとは異なる性質を有していても良い。非限定的な例として、X向きコイルトレース126は、第1のコイル幅 $W_{c1}$ および/またはコイルピッチ $P_{c1}$ を有していても良く、Y向きコイルトレース126は、X向きコイルトレース126のものと同じかまたは異なり得る、第2のコイル幅 $W_{c2}$ および/またはコイルピッチ $P_{c2}$ を有していても良い。コイルトレース126のその他の性質は、追加的にかまたは代替的に、お互いと異なることができる。同様に、磁石アレイ112(例えば、異なる向きの磁石アレイ112(例えば、X磁石アレイとY磁石アレイ112)または同じ向きもった磁石アレイ112でさえも)は、お互いと同じであるように示されている。いくつかの実施形態では、異なる磁石アレイ112が、お互いとは異なる性質を有していても良い。非限定的な例として、X磁石アレイ112は、第1のコイル幅 $W_{m1}$ および/または空間的周期 $\lambda_1$ を

10

20

30

40

50

有することができ、Y磁石アレイ112は、第2のコイル幅 $W_{m2}$ および/または空間的周期 $\lambda_2$ を有していても良い。磁石アレイ112のその他の性質は、追加的にかまたは代替的に、お互いと異なっていることができる。

・ この記載と付随する請求項では、エレメンツ(層128、コイルトレース126、可動ステージ110、磁石アレイ112および/または2Dセンサーアレイのセンサー501のような)は、一方向においてかまたは沿って、お互いと重複すると言われる。たとえば、異なる層128からのコイルトレース126は、ステータ-Z方向においてかまたは沿って、お互いと重複しても良い。一方向(例えば、ステータ-Z方向)においてかまたは沿って、2つ以上のオブジェクトが重複すると記載される時、この用法は、その方向に延びているライン(例えば、ステータ-Z方向向きのライン)が2つ以上のオブジェクトと交差するように描かれることができることを意味すると理解されるべきである。この記載と付随する請求項では、エレメンツ(センサー501のような)は、一方向においてかまたは沿って、お互いと揃えられると言われる。例えば、ステータ-Y向きセンサー列におけるセンサー501は、ステータ-Y方向においてお互いと揃えられているように記載されても良い。一方向(例えば、ステータ-Y方向)においてかまたは沿って、2つ以上のオブジェクトが揃えられると記載される時、この用法は、その方向のライン(例えば、ステータ-Y方向向きのライン)が2つ以上のオブジェクトと交差するように描かれることができることを意味すると理解されるべきである。

・ ここに提供された記載と図面では、可動ステージは、対応するステータのX、YおよびZ軸と同じであるそれらのX、YおよびZ軸で静止しているように示されている。この慣習は、簡潔のためにこの開示では採用されている。可動ステージは、そのステータに対して動くことができる(またそのようにデザインされている)ことがこの開示から当然理解されるであろうし、その場合、可動ステージのステージ-X、ステージ-Yおよびステージ-Z方向/軸は、そのステータのステータ-X、ステータ-Yおよびステータ-Z方向/軸とはもはや同じで(または揃っていて)なくても良い。従って、この記載とそれに続く請求項では、ステータのX、YおよびZ軸は、ステータ-X軸、ステータ-Y軸およびステータ-Z軸と呼ばれても良く、可動ステージのX、YおよびZ軸は、ステージ-X軸、ステージ-Y軸およびステージ-Z軸と呼ばれても良い。対応する方向は、(ステータ-X軸と平行な)ステータ-X方向、(ステータ-Y軸と平行な)ステータ-Y方向、(ステータ-Z軸と平行な)ステータ-Z方向、(ステージ-X軸と平行な)ステージ-X方向、(ステージ-Y軸と平行な)ステージ-Y方向、(ステージ-Z軸と平行な)ステージ-Z方向、と呼ばれても良い。ステータ軸との関係で定義された方向、位置および平面は、ステータ方向、ステータ位置およびステータ平面と一般的に呼ばれても良く、ステージ軸との関係で定義された方向、位置および平面は、ステージ方向、ステージ位置およびステージ平面と呼ばれても良い。

・ 上の記載では、ステータは、電流を運んでいるコイルトレースと、2Dセンサーアレイからなり、可動ステージは、磁石アレイからなる。これが反転されることができる、即ち、ステータが磁石アレイからなることができ、可動ステージが電流を運んでいるコイルトレースと2Dセンサーアレイからなることができる、ということが当然可能である。また、コンポーネント(例えば、ステータまたは可動テーブル)が実際に動いているかどうか、またはコンポーネントが実際に静止しているかどうかは、そこからコンポーネントが観察されるところの参照フレームに依存する。例えば、ステータは、可動ステージの参照フレームに対して動くことができ、またはステータと可動ステージの両方は、外部参照フレームに対して動くことができる。従って、これの続く請求項では、ステータと可動ステージという用語と(ステータおよび/またはステージX、Y、Z方向、ステータおよび/またはステージX、Y、Z軸等々を含んだ)それらへの言及は、文脈が文字通りの解釈を特定に要求しない限り、文字通り解釈されるべきではない。しかも、文脈が特定に要求しない限り、可動ステージ(とその方向、軸等々)が、ステータ(とその方向、軸等々)に対して動くことができること、またはステータ(とその方向、軸等々)が可動ステージ(とその方向、軸等々)に対して動くことができること、が理解されるべきである。

10

20

30

40

50

・ 上の記載では、数々のステップが平均値を計算することを含む。例えば、いくつかのステップは、行または列の出力の平均値を計算することを要求する一方、その他のステップは、複数の行または列の同期平均値を計算することを要求する。平均値を計算することの代わりに、これらのステップの各々では代わりに合計値を計算することで十分であるということが理解されるべきである。つまり、もしステップ中の全てのその他の平均もまた平均される代わりに合計されるだけであれば、合計されている値の数で割ることは不要である。

・ ここに記載された磁石アレイとセンサーの行と列の空間的に周期的な性質のために、概念が記載されることができ様々な数学的に等価なやり方があり得て、そのような数学的な等価性は、磁石アレイ、センサー行および/またはセンサー列の空間的な周期性に帰することが可能である、ということが当業者によって理解されるであろう。文脈がそうではないと命じない限り、ここで使われた特定の特徴の数学的記載は、磁石アレイ、センサー行および/またはセンサー列の空間的な周期性のために、異なって表現された数学的に等価な特徴を組み込んでいると考えられるべきである。

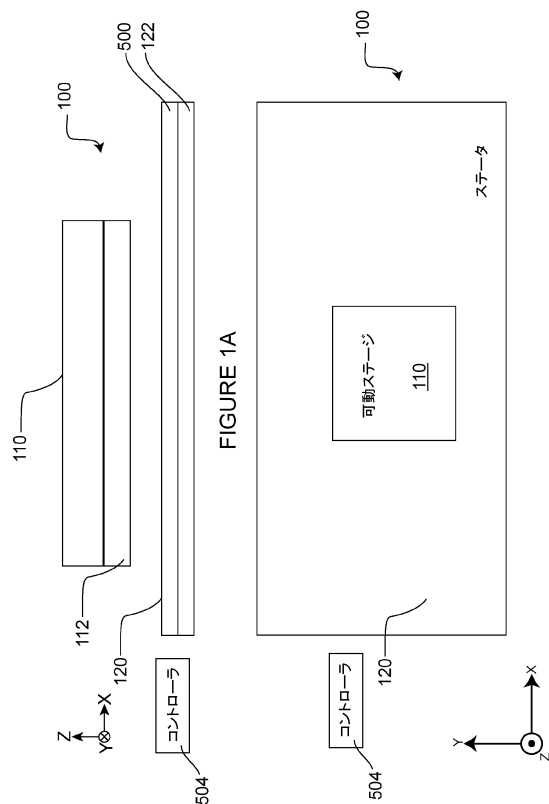
10

【 0 1 3 5 】

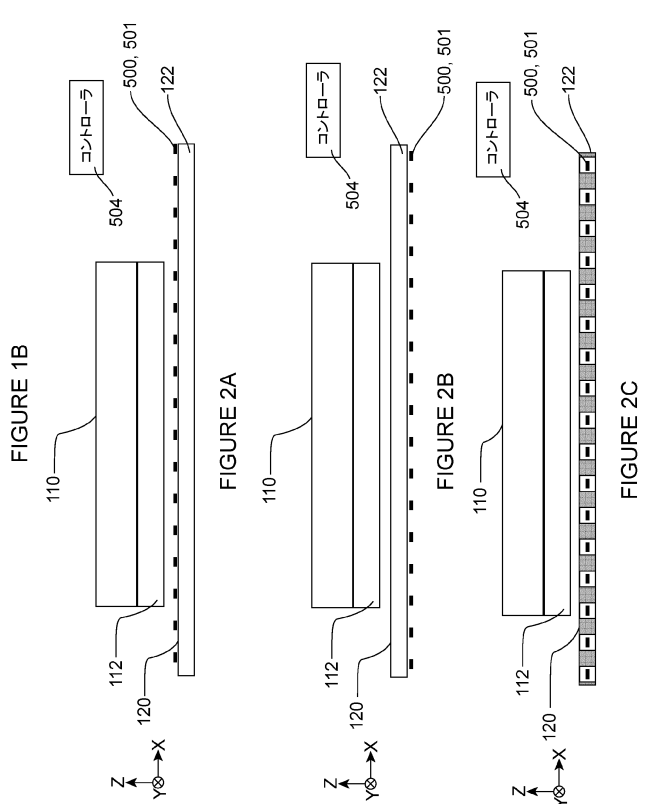
数々の例示的側面と実施形態が上で議論されたが、それらの或る種の変形、並べ替え、追加、およびサブコンビネーションを当業者は認識するであろう。従って、以下の添付された請求項とこれ以降に導入される請求項は、全てのそのような変形、並べ替え、追加、およびサブコンビネーションを、それらの真の精神と範囲内にあるものとして含む、と解釈されることが意図されている。

20

【 図 1 】



【 図 2 】



【図3A】

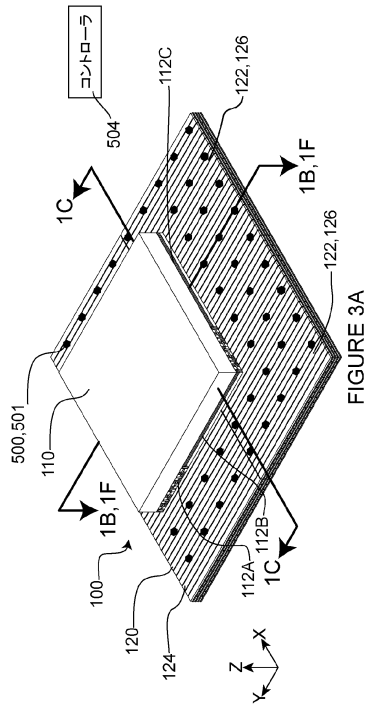


FIGURE 3A

【図3B】

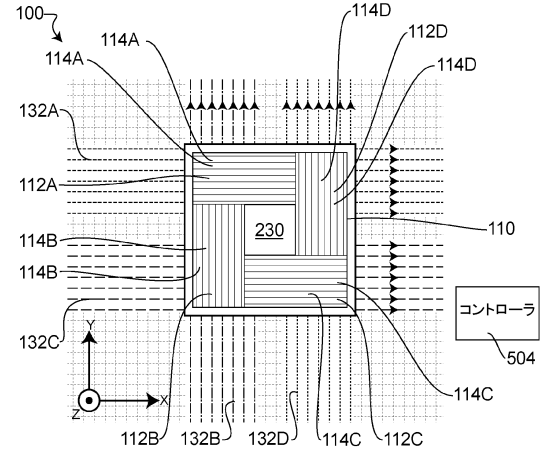


FIGURE 3B

【図3C】

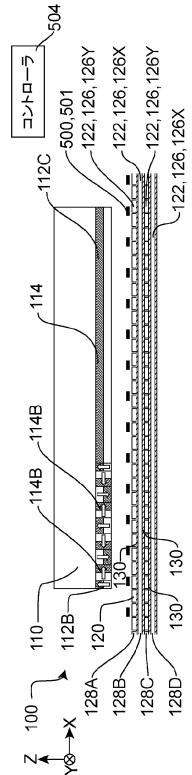


FIGURE 3C

【図3D】

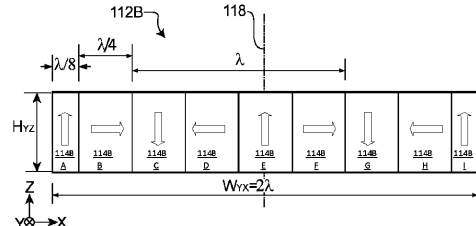


FIGURE 3D

【図3E】

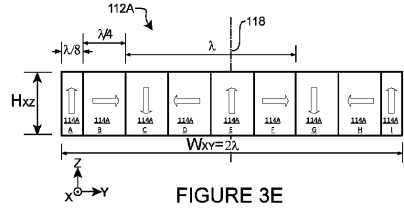


FIGURE 3E

【図3F】

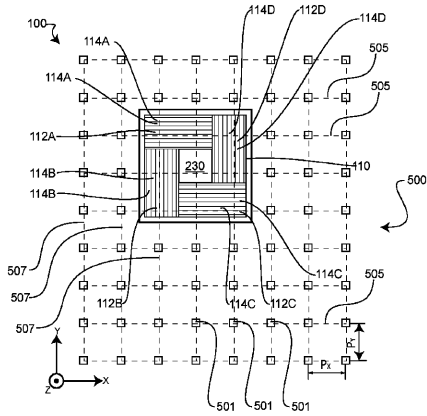


FIGURE 3F

【図4】

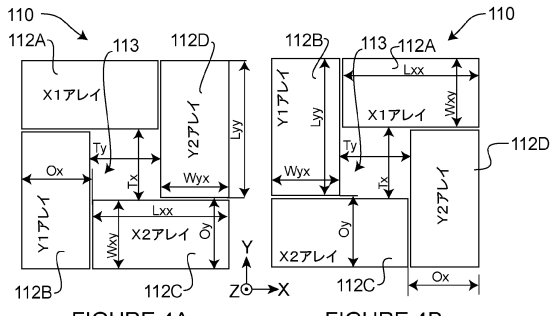


FIGURE 4A

FIGURE 4B

【図5A - 5D】

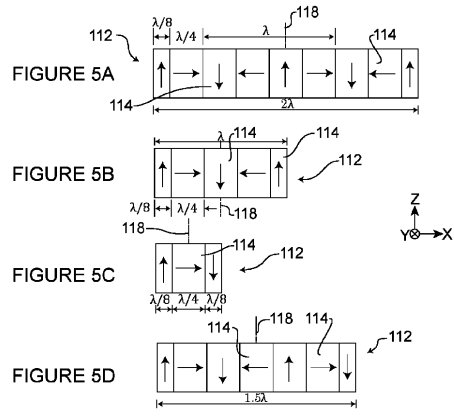


FIGURE 5A

FIGURE 5B

FIGURE 5C

FIGURE 5D

【図5E - 5L】

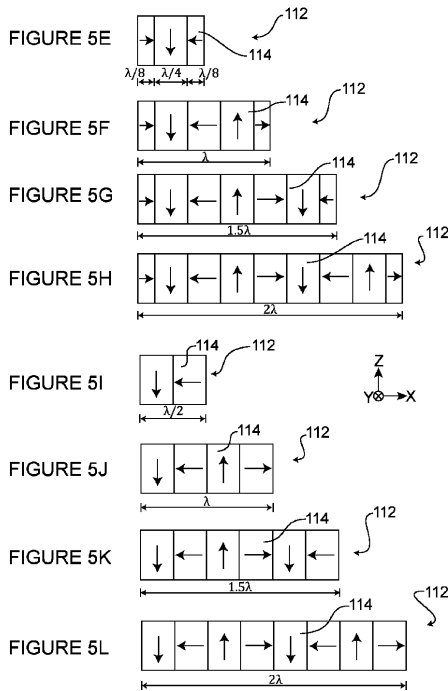


FIGURE 5E

FIGURE 5F

FIGURE 5G

FIGURE 5H

FIGURE 5I

FIGURE 5J

FIGURE 5K

FIGURE 5L

【図6A - 6F】

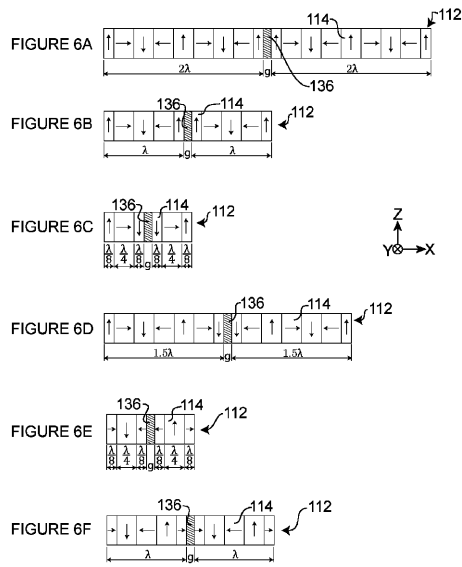


FIGURE 6A

FIGURE 6B

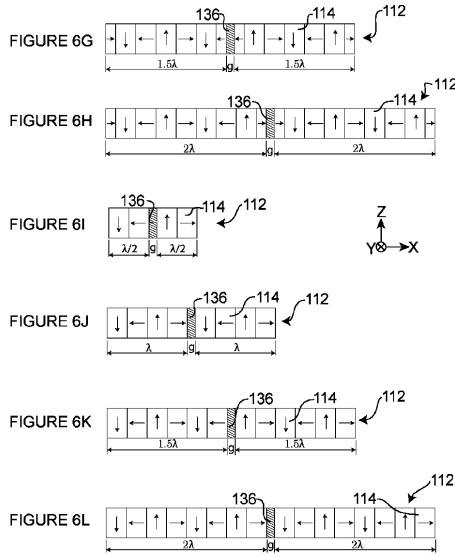
FIGURE 6C

FIGURE 6D

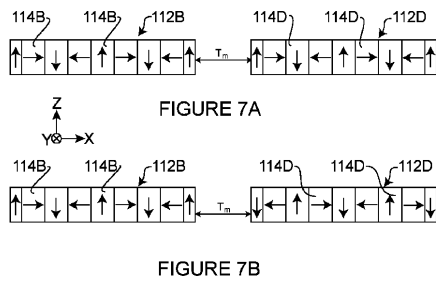
FIGURE 6E

FIGURE 6F

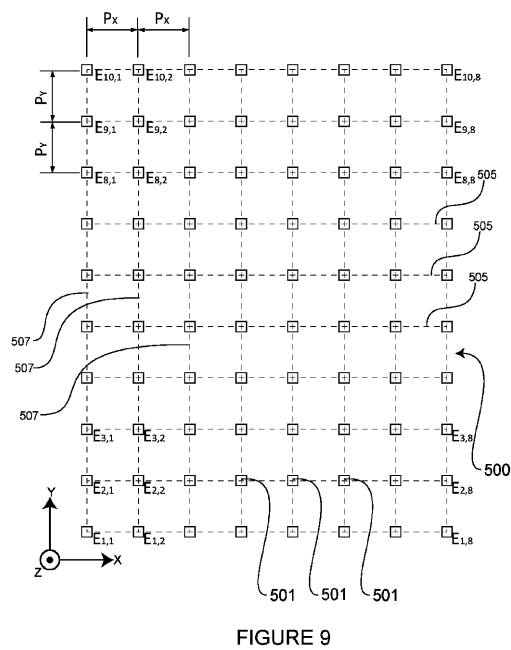
【 図 6 G - 6 L 】



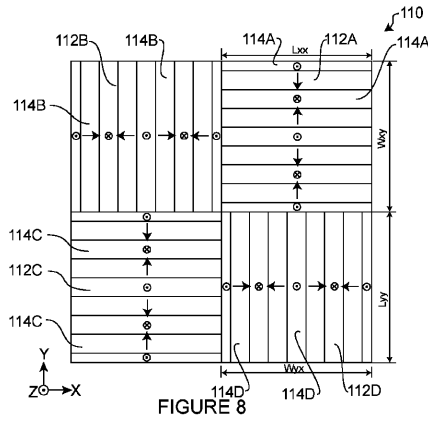
【 図 7 A - 7 B 】



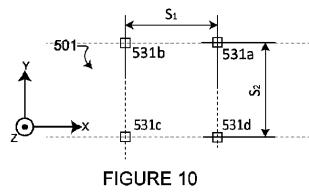
【 図 9 】



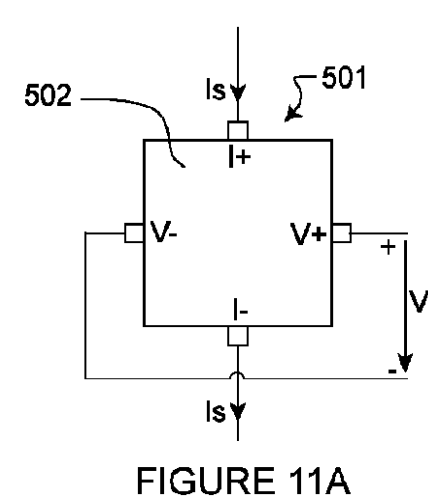
【 図 8 】



【 図 10 】



【 図 11 A 】



【図 1 1 B】

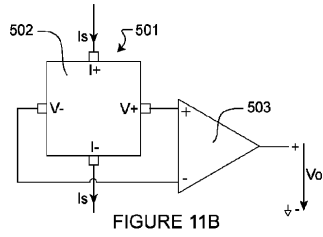


FIGURE 11B

【図 1 1 C】

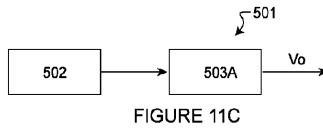


FIGURE 11C

【図 1 2 A】

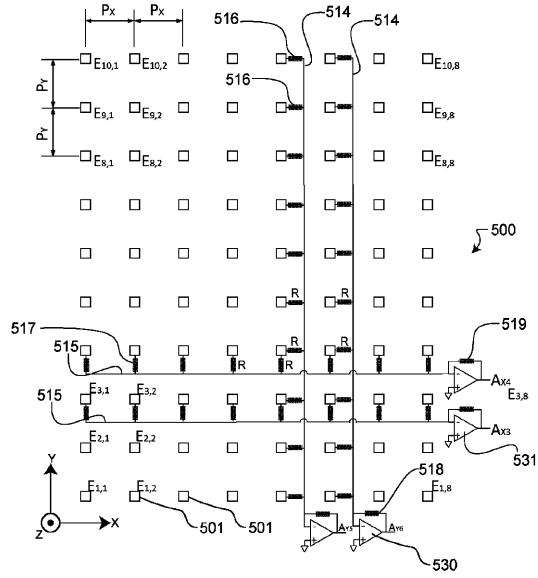


FIGURE 12A

【図 1 2 B】

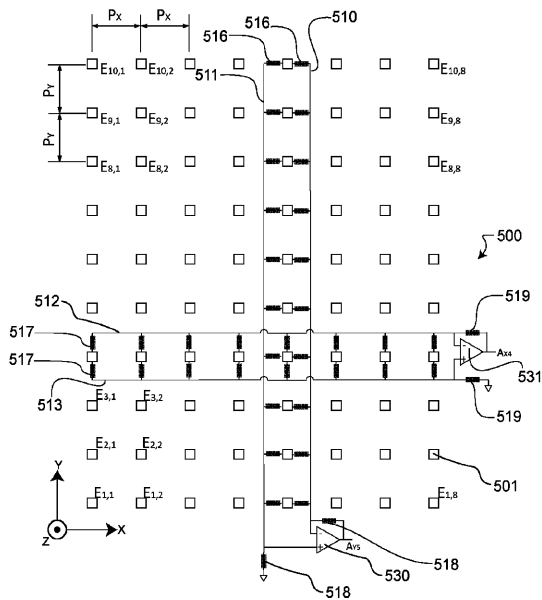


FIGURE 12B

【図 1 3 A】

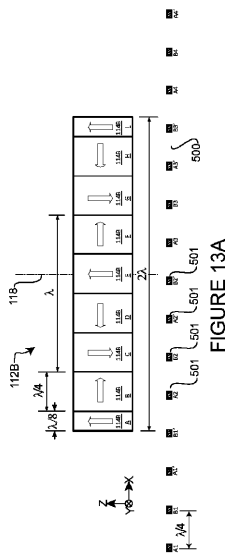


FIGURE 13A



【 図 1 3 B 】

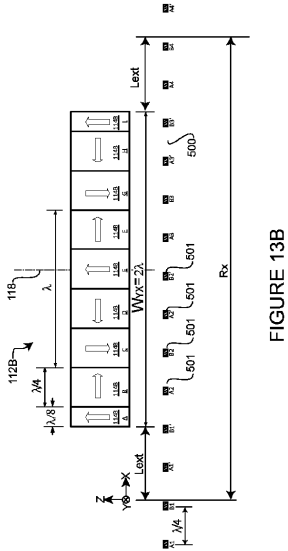


FIGURE 13B

【 図 1 4 B 】

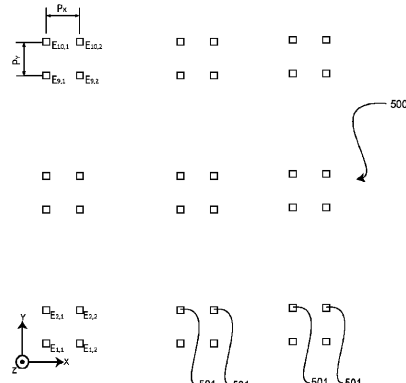


FIGURE 14B

【 図 1 4 A 】

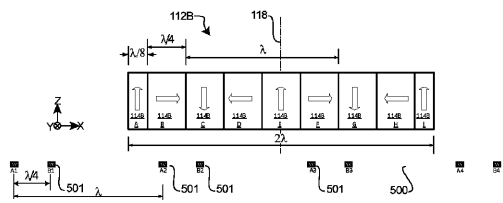


FIGURE 14A

【 図 1 5 】

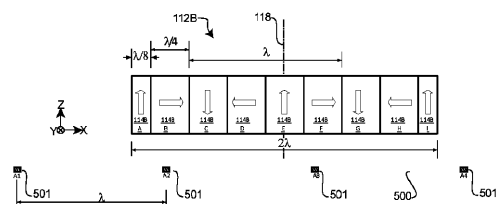


FIGURE 15

【 図 1 6 】

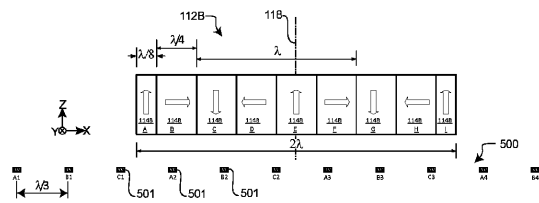


FIGURE 16

【 図 1 7 】

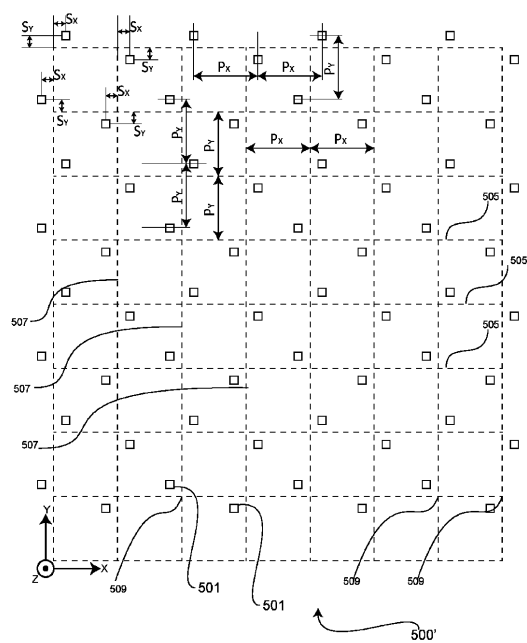


FIGURE 17

【図18】

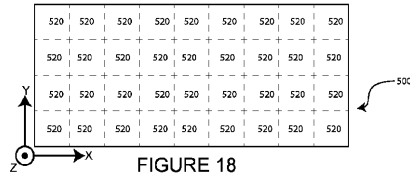


FIGURE 18

【図19】

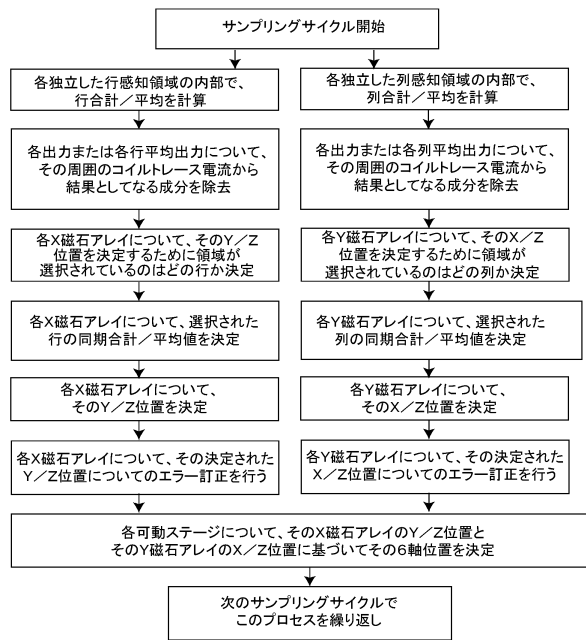


FIGURE 19

【図20】

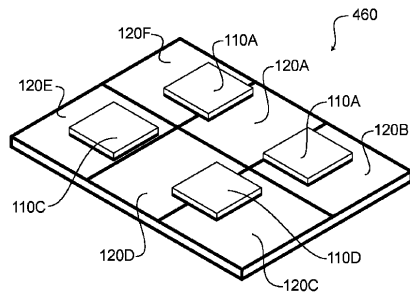


FIGURE 20

【図21B】

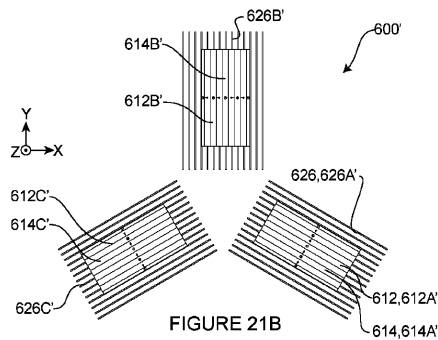


FIGURE 21B

【図21A】

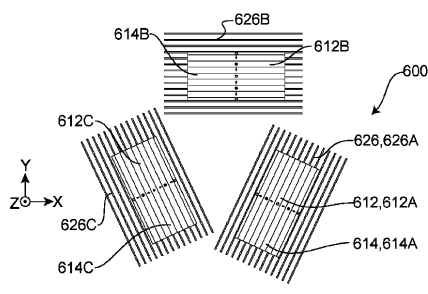


FIGURE 21A

【図21C】

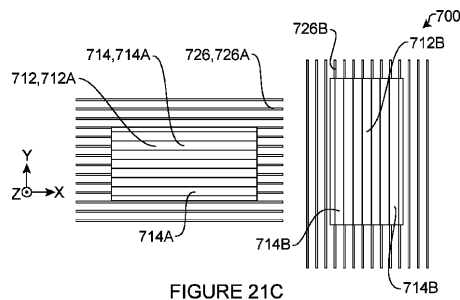
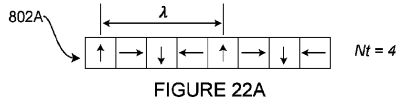
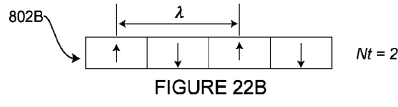


FIGURE 21C

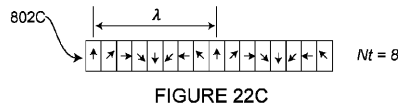
【 2 2 A 】



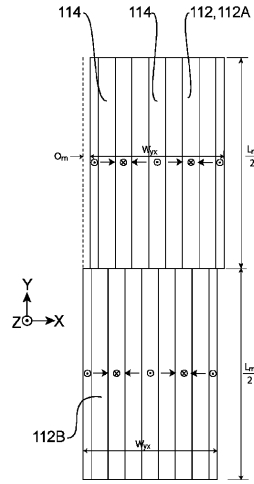
【 2 2 B 】



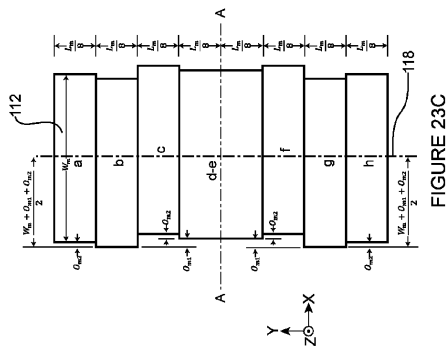
【 2 2 C 】



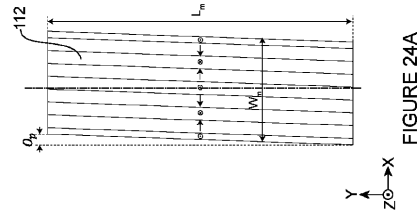
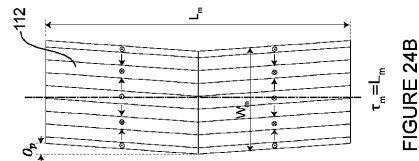
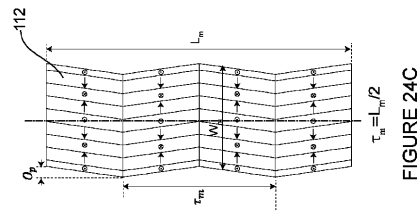
【 2 3 A 】



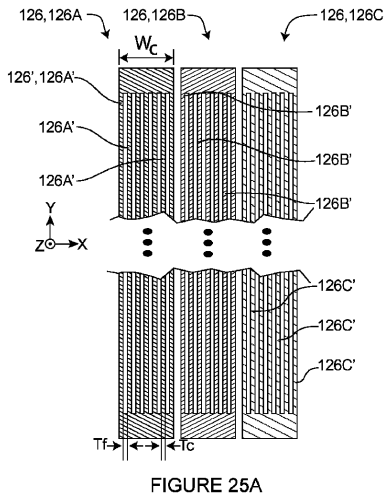
【 2 3 B - 2 3 C 】



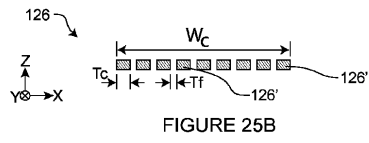
【 2 4 A - 2 4 C 】



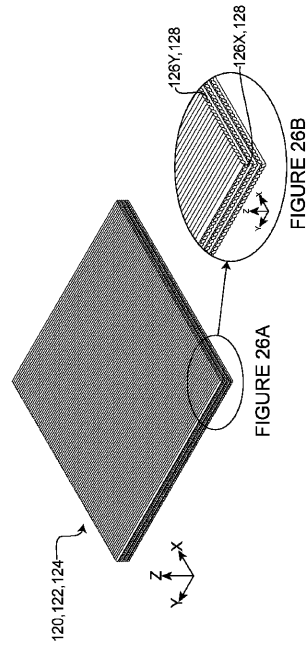
【 25 A 】



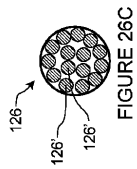
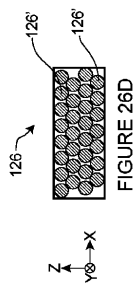
【 25 B 】



【 26 A - 26 B 】



【 26 C - 26 D 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ル、 シャオドン

カナダ国 V 6 T 2 K 2 プリティッシュコロンビア州 バンクーバー ラーキン ドライブ  
2 1 8 - 6 3 2 8

審査官 深田 高義

(56)参考文献 特開2002-112526(JP, A)

特表2011-517766(JP, A)

米国特許出願公開第2011/84637(US, A1)

国際公開第2013/059934(WO, A1)

特開2004-47981(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 D 5 / 1 4

G 0 1 B 7 / 0 0

H 0 2 K 4 1 / 0 3

G 0 1 R 3 1 / 2 6