

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-532154  
(P2010-532154A)

(43) 公表日 平成22年9月30日(2010.9.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO2K 11/00 (2006.01)</b>	HO2K 11/00 N	2FO77
<b>GO1D 5/245 (2006.01)</b>	GO1D 5/245 B	5H611

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2010-515205 (P2010-515205)  
 (86) (22) 出願日 平成20年6月27日 (2008. 6. 27)  
 (85) 翻訳文提出日 平成22年2月24日 (2010. 2. 24)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/068680  
 (87) 国際公開番号 W02009/003193  
 (87) 国際公開日 平成20年12月31日 (2008. 12. 31)  
 (31) 優先権主張番号 60/946, 686  
 (32) 優先日 平成19年6月27日 (2007. 6. 27)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 12/163, 984  
 (32) 優先日 平成20年6月27日 (2008. 6. 27)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 398029692  
 ブルックス オートメーション インコー  
 ポレイテッド  
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O  
 1824 チェルムズフォード エリザベ  
 スドライブ 15  
 (74) 代理人 100079119  
 弁理士 藤村 元彦  
 (74) 代理人 100109036  
 弁理士 永岡 重幸  
 (72) 発明者 ホーセック マーティン  
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O  
 1854 ローウェル マンモスロード  
 68

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セルフベアリングモータ用位置フィードバック

(57) 【要約】

感知機構には、磁気源と、磁束センサと、磁気源および磁束センサが取り付けられたセンサ裏当てと、強磁性ターゲットとが含まれており、磁気源、磁束センサ、および強磁性ターゲットは、磁気源からターゲット、ターゲットからセンサ、およびセンサ裏当てを介して磁気源へと戻る磁気回路を形成するように配置される。

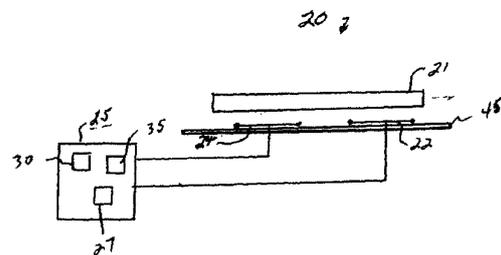


FIGURE 1B

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

磁気源と、  
磁束センサと、  
磁気源および流束センサが取り付けられたセンサ裏当てと、  
を備える感知機構であって、

前記磁気源および磁束センサは、前記磁気源から強磁性ターゲットへ、前記ターゲットから前記センサへ、および前記センサ裏当てを介して前記磁気源へと戻る磁気回路を形成するように配置されることを特徴とする感知機構。

## 【請求項 2】

前記磁束センサが、前記磁気源と前記強磁性ターゲットとの間の距離に依存する可変の磁束強度に比例した出力を提供するよう動作することを特徴とする請求項 1 に記載の感知機構。

## 【請求項 3】

前記強磁性ターゲットに連結された、前記強磁性ターゲットの絶対位置を示す第 1 のスケールをさらに備える請求項 1 に記載の感知機構。

## 【請求項 4】

磁気源と、  
前記磁気源を包囲する強磁性素子と、  
前記強磁性素子の対称軸の周囲に配置された複数の磁気センサと、  
を備えるセンサシステムであって、

前記磁気源は、磁化方向が前記強磁性素子の対称軸に平行となるように配置されることと、

前記強磁性素子の開放端が強磁性ターゲットの位置を測定するために前記強磁性ターゲットに面していることと、

を特徴とするセンサシステム。

## 【請求項 5】

前記強磁性素子がカップ形状を有することを特徴とする請求項 2 4 に記載のセンサシステム。

## 【請求項 6】

前記磁気センサが、各ペア要素が前記強磁性素子と前記磁気源との間の流束密度の線に対し交互の方位を有するよう、ペアで配置され、各センサペアが、少なくともノイズ排除性を有する差分出力を提供するよう構成されていることを特徴とする請求項 2 4 に記載のセンサシステム。

## 【請求項 7】

前記強磁性ターゲットに連結された、前記強磁性ターゲットの絶対位置を示す第 1 のスケールをさらに備える請求項 2 4 に記載のセンサシステム。

## 【請求項 8】

前記磁気センサが、前記第 1 のスケールにより生じる可変の磁束強度を感知するとともに、前記強磁性ターゲットの測定された絶対位置を示す信号を出力するよう動作可能であることを特徴とする請求項 3 1 に記載のセンサシステム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本出願は、「セルフペアリングモータ用位置フィードバック」と題する 2007 年 6 月 27 日に提出された米国特許仮出願第 60/946,686 号、390P012911-US(-#1)の利益を主張するものであり、前記出願の全文は、本明細書の一部を構成するものとしてここに援用される。

## 【0002】

本出願は、「電磁推進および誘導システムの整流」と題する 2007 年 6 月 27 日に提出

10

20

30

40

50

願された米国特許出願第 11/769,688 号、390-012197-US (PAR)、  
「複雑度を低減させたセルフベアリングブラシレス DC モータ」と題する 2007 年  
6 月 27 日に願された米国特許出願第 11/769,651 号、390-012750  
-US (PAR)、  
「リフト能力および低減されたコギング特性を有するモータステータ  
」と題する 2007 年 6 月 27 日に願された米国特許仮出願第 60/946,693 号  
、390P012912-US (-#1)、および「磁気スピンドルベアリングを伴うロ  
ボット駆動」と題する 2007 年 6 月 27 日に願された米国特許仮出願第 60/946  
、687 号、390P012913-US (-#1) に関し、前記全ての出願の全文は、  
本明細書の一部を構成するものとしてここに援用される。

【背景技術】

【0003】

ここに開示する実施形態は、位置判定、特にモータ用の非接触で非侵襲の位置判定の提  
供に関する。

【0004】

モータシステムでは、所望の量の駆動力ならびに軸方向および半径方向の剛性を実現す  
るとともに、リアクタンス素子の動きを適切に制御するために、ステータとリアクタンス  
素子との間に所望の間隙を維持できるよう、ロータなどのリアクタンス素子の偏心率およ  
び方位の測定が必要となることがある。例えば、セルフベアリングモータにおいて、間隙  
情報は、一般的に、ステータとロータとの間隙をさまざまな位置で検出することので  
きる近接センサから取得することができる。近接センサは、位置レゾルバーなど、ステ  
ータに対するロータの方位を判定する他の測定装置により補足されることが少なくない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特定の適用では、微小な汚染物質が深刻な問題を意味し得る制御された清浄な空気中  
で、材料を処理しなければならない。このような適用では、清浄度が歩留まりに直結する  
可能性があり、このためにコストに影響が及ぶことが考えられる。これ以外の適用に、非常  
に腐食性の高いガスおよび高温という厳しい環境を利用した処理工程などがある。接触軸  
受を伴うモータは、摩耗し、微粒子汚染を生じさせ、いずれは厳しい環境のために故障す  
る可能性がある。また、故障に先立ち、軸受にも許容できない量の振動および遊びが出る  
かもしれない。セルフベアリングモータは、これらの適用の実現可能な代替物となり得る  
が、リアクタンス素子の正確な位置を測定するためにケーブルまたはその他の導線を厳し  
い環境に貫通または侵襲させるのは望ましいことではない。光学技術も、同様に、環境を  
包含しているエンクロージャの完全性を危険にさらす可能性のある、厳しい環境内への「  
窓」が必要となることが考えられるため、不利になり得る。

【課題を解決するための手段】

【0006】

正確な位置と偏心率の測定をもたらすために、ロータなどのモータリアクタンス素子に  
取り付けて、センサおよびスケールのシステムを備えると有益である。

【0007】

また、ロータの位置を正確に測定するため、およびリアクタンス素子に取り付けるか一  
体化させることのできるスケールを正確に測定するために、磁束密度を利用するセンサシ  
ステムを設けることも有益である。

【0008】

また、2種類のセンサを使用することなく、ステータに対するロータの偏心率と方位を  
同時に測定するモータフィードバックシステムを設けることも有益である。

【0009】

前述の特徴および開示される実施形態の他の特徴は、添付の図面との関係において、以  
下の記載において説明される。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 0 】

【図 1 A】図 1 A および 1 B は、開示する実施形態の実施に適した例示的なモータの概略図を示す。

【図 1 B】図 1 A および 1 B は、開示する実施形態の実施に適した例示的なモータの概略図を示す。

【図 2】図 2 は、例示的实施形態を利用することのできる例示的なロボット搬送装置を示す。

【図 3】図 3 は、例示的实施形態を利用することのできる例示的な基板処理装置を示す。

【図 4】図 4 は、例示的实施形態を利用するセルフベアリングモータの概略図を示す。

【図 5】図 5 は、開示する実施形態に係る例示的な感知機構を示す。

10

【図 6】図 6 は、図 5 の感知機構に相当する磁気回路を示す。

【図 7】図 7 は、例示的なインクリメンタルスケールを示す。

【図 8】図 8 は、他の 1 つの例示的なセンサシステムの実施形態を示す。

【図 9 A】図 9 A および 9 B は、インクリメンタルスケールの付加的な例示的实施形態を示す。

【図 9 B】図 9 A および 9 B は、インクリメンタルスケールの付加的な例示的实施形態を示す。

【図 1 0】図 1 0 は、グレイコードパターンを示す。

【図 1 1】図 1 1 は、絶対位置を示すための単一スケールの一例を示す。

【図 1 2】図 1 2 は、例示的なセンサ出力変化の図解である。

20

【図 1 3】図 1 3 は、同一の直径上に配置された複数のスケールを伴う 1 つの例示的实施形態を示す。

【図 1 4】図 1 4 は、複数センサシステムを示す。

【図 1 5】図 1 5 は、記載する実施形態での使用に適した他の 1 つの例示的なセンサシステムを示す。

【図 1 6】図 1 6 は、強磁性素子の周囲における磁気センサの例示的な配置を示す。

【図 1 7】図 1 7 は、1 つの例示的实施形態の特徴を組み入れた駆動部の部分的な図解である。

【図 1 8】図 1 8 は、1 つの例示的实施形態に係るフィードバックシステムの概略図である。

30

【図 1 9】図 1 9 は、1 つの例示的实施形態に係るフィードバックシステムの概略図である。

【図 2 0 A】図 2 0 A および 2 0 B は、複数のセンサセットを使用したロータの変位測定を提供する付加的な実施形態を示す。

【図 2 0 B】図 2 0 A および 2 0 B は、複数のセンサセットを使用したロータの変位測定を提供する付加的な実施形態を示す。

【図 2 1】図 2 1 は、スケールの読み取りにセンサシステムを使用する 1 つの実施形態を示す。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 1 】

40

ここに開示する実施形態は、図面を参照して記載されるが、これらは、多数の代替形式で実施できるものである点を理解されたい。また、任意の適切なサイズ、形状、または種類の素子または材料を使用できる点も理解されたい。

## 【 0 0 1 2 】

これらの例示的实施形態は、所望のレベルの精度および再現性をもたらす、モータ用の位置感知システムに関する。付加的な実施形態には、厳しいまたは清浄な環境内でモータとともに使用されるシステム、特にロータとステータとを互いに環境的に隔離することのできるロボット駆動という適用が含まれる。

## 【 0 0 1 3 】

図 1 A は、本明細書に開示する実施形態の実施に適した例示的なモータ 1 0 の概略図を

50

示す。ここに開示する実施形態は、図面を参照して記載されるが、これらは、多数の代替形式で実施できるものである点を理解されたい。また、任意の適切なサイズ、形状、または種類の素子または材料を使用できる点も理解されたい。

#### 【0014】

モータ10には、この実施形態においてはロータという形式のリアクタンス素子11、巻線セット12、15、およびステータ14が含まれる。図1に描写する例示的なモータ10の実施形態は、回転式の構成を有するものとして示されているが、他の実施形態では、後述のように線形の構成を含むものであってもよい。ロータ11は、任意の適切な構成とすることができる。ロータ11は、永久磁石、電磁石、または他の種類の磁気源など、1つ以上の磁気源を取り付けたものとしてすることができる。巻線セット12、15は、1つ以上の巻線を含んでいてもよく、巻線セットの駆動に適したソフトウェア、ハードウェア、またはソフトウェアとハードウェアの組み合わせを含むことのできる電流増幅器25により駆動させることができる。電流増幅器25は、巻線セットを駆動するためのプロセッサ27、整流機能30、およびカレントループ機能35を含んでいてもよい。整流機能30は、指定された機能セットに従い各巻線セットの1つ以上の巻線用に電流を供給することができ、一方カレントループ機能35は、供給されるとともに巻線を通る電流を維持するためのフィードバックおよび駆動能力を提供することができる。プロセッサ27、整流機能30、およびカレントループ機能35には、位置情報を提供する1つ以上のセンサまたはセンサシステムからフィードバックを受け取るための回路も含めることができる。本段落に開示するそれぞれの電流増幅器には、開示される実施形態について機能および計算を実行するために必要な回路、ハードウェア、またはソフトウェアが任意の組み合わせで含まれる。

10

20

#### 【0015】

図1Bは、線形の構成を有する他の1つの例示的な実施形態を示す。モータ20には、この実施形態ではプラテンという形式のリアクタンス素子21、巻線セット22、24、およびステータ45が含まれる。図1の実施形態と同様、プラテン21は、永久磁石、電磁石、または他の種類の磁気源など、1つ以上の磁気源を取り付けたものとしてすることができる。プラテン21は、任意の適切な態様で構築することができ、巻線セット22、24には、1つ以上の巻線を含めることができる。

30

#### 【0016】

モータ10、20はいずれも、空隙を横切る磁束密度の実質的なゲインに影響を与えて、これにより所望の軸および傾斜剛性を作り出すために、最小限の空隙と強磁性体を利用することができる。モータ10、20のリアクタンス素子の位置を正確に測定することは有益である。

#### 【0017】

図2は、例示的なロボット搬送装置200を示す。搬送装置には、上腕部210と、前腕部220と、少なくとも1つのエンドエフェクタ230とを有する少なくとも1本のアームを含めることができる。エンドエフェクタは、前腕部に回転自在に連結させることができ、前腕部は、上腕部に回転自在に連結させることができる。上腕部は、上述のモータ10、20の1つ以上を含むことのできる搬送装置の駆動部240などに回転自在に連結させることができる。

40

#### 【0018】

図3は、このような例示的な実施形態の特徴を組み込んだ例示的な基板処理装置300を示す。この例では、処理装置300が、一般バッチ処理ツール構成を有するものとして示されている。代替の実施形態では、このツールは、任意の所望の構成とすることができ、例えばツールを、基板のシングルステップ処理を実施するよう構成してもよい。他の代替の実施形態では、基板装置をソータ、ストッカー、計測ツールなど、任意の所望の種類とすることができる。装置100内で処理される基板215は、液晶表示板、200mm、300mm、450mmのウェハや任意の他の所望の直径の基板などの半導体ウェハ、基板処理装置100による処理に適した任意の他の種類の基板、ブランク基板、または特定

50

の寸法もしくは特定の質量など基板と似た特徴を有する品目を含むがこれに限定されない、任意の適切な基板とすることができる。

#### 【0019】

この実施形態では、装置300は、概して、例えばミニ環境を形成する前方部105と、例えば真空チャンバとして機能するために装備することのできる、隣接する環境隔離部110を有することができる。代替の実施形態では、環境隔離部は、不活性ガス(N<sub>2</sub>など)または任意の他の隔離されたおよび/または制御された雰囲気を保持することができる。

#### 【0020】

この例示的实施形態では、前方部105は、概して、例えば1つ以上の基板保持カセット115と、図2に示したものに類似する前部ロボットアーム120とを有することができる。前方部105は、例えば、ライナ162または内部に位置づけられたバッファなど、他のステーションやセクションも有することができる。セクション110は、1つ以上の処理モジュール125、および図2に示したものに類似していてもよい真空ロボットアーム130を有することができる。処理モジュール125は、材料の堆積、エッチング、ベーキング、研磨、イオン注入、洗浄など、任意の種類とすることができる。

10

#### 【0021】

実現可能なこととして、ロボット基準フレームなど、所望の基準フレームに対する各モジュールの位置は、コントローラ170で位置決めすることができる。また、1つ以上のモジュールは、基板上の基準(図示せず)を用いるなどして、基板を確立された所望の方位にした状態で、基板195を処理することができる。処理モジュール内の基板の所望の方位も、コントローラ170で位置決めすることができる。真空部110は、ロードロックと称する1つ以上の中間チャンバも有することができる。

20

#### 【0022】

図3に示す実施形態は、ロードロックA 135とロードロックB 140の2つのロードロックを有することができる。ロードロックAおよびBは、真空部110内に存在し得る任意の真空度の完全性を乱すことなく、前方部105および真空部110間の基板の通過を許容するインターフェースとして動作する。基板処理装置100には、概して、基板処理装置100の動作を制御するコントローラ170が含まれる。コントローラ170は、プロセッサおよびメモリ178を有する。上記の情報に加え、メモリ178には、オンザフライの基板の偏心度および調整不良の検出および補正のための技術を含むプログラムを含めることができる。メモリ178には、さらに、処理モジュールおよび装置のセクション105、110の他の部分またはステーションの温度および/または圧力などの処理パラメータ、処理中の基板215の時間情報、基板のメトリック情報、ならびにオンザフライの基板の偏心度を判定するために装置および基板のこの暦データを適用するためのアルゴリズムなどのプログラムも含めることができる。

30

#### 【0023】

例示的な装置300では、ATMロボットとも称する前部ロボットアーム120に、駆動部150および1本以上のアーム155を含めることができる。少なくとも1本のアーム155は、上述の図1Aおよび1Bのモータに類似するモータを1つ以上含めることのできる駆動部150上に取り付けることができる。少なくとも1本のアーム155は、リスト160に連結させることができ、これにより1枚以上の基板215を保持するための1つ以上のエンドエフェクタ165に連結される。エンドエフェクタ165は、リスト160に回転自在に連結させることができる。ATMロボット120は、基板を前方部105内の任意の位置に搬送するよう適合させることができる。例えば、ATMロボット120は、基板を基板保持カセット115、ロードロックA 135、およびロードロックB 140間で搬送することができる。ATMロボット120は、基板215をライナ162との間で往復搬送できる。駆動部150は、コントローラ170からコマンドを受け取ることができる。これを受けて、ATMロボット120の半径方向の、周方向の、高さ方向の、複合的な、および他の動きを指示することができる。

40

50

## 【0024】

この例示的实施形態では、真空ロボットアーム130をセクション110の中央チャンバ175内に取り付けることができる。コントローラ170は、開口部180、185を循環させるとともに、処理モジュール125、ロードロックA 135、およびロードロックB 140間の基板の搬送のための真空ロボットアーム130の動作を調整するために動作可能である。真空ロボットアーム130には、駆動部190および1つ以上のエンドエフェクタ195を含めることができる。他の実施形態では、ATMロボット120および真空ロボットアーム130は、例えばSCARAタイプのロボットなど、任意の適した種類の搬送装置、関節アームロボット、カエル足タイプの装置、または左右相称の搬送装置とすることができる。

10

## 【0025】

ここで図4を参照すると、例えば搬送ロボット200の駆動部240内に採用することができる、セルフベアリングモータ400の概略図が示されている。セルフベアリングモータ400には、ロータ410とステータ415とが含まれる。図4には、例示的な目的に限り、1つのロータ/ステータの組み合わせが示されているが、モータ400には、任意の適切な構成を有する任意の適切な数のロータを含めることができる点に留意されたい。図4の例示的实施形態では、ステータ415は、例えば上述の図1のステータ14に実質的に類似したものとすることができる。したがって、ロータ410も、図1のロータ11に実質的に類似したものとすることができる。ロータ410には、例えば強磁性体で構築することができるほか、永久磁石420および鉄製の裏当て425を含めることができる。

20

## 【0026】

他の代替の実施形態では、ステータとの相互作用のために永久磁石を、電磁石などの他の種類の磁気源を含め、任意の適切な強磁性体に置き換えてもよい。ロータマグネット420には、ロータ周縁の周囲に取り付けられた交互に極性を変えた一連のマグネットを含めることができる。ロータ周縁は、ロータの内周壁であっても外周壁であってもよい。代替の実施形態では、マグネット420をロータ内に埋め込んでもよい。他の代替の実施形態では、マグネット420をロータ410の上または中の任意の適切な位置に位置づけることができる。

## 【0027】

ステータ415には、励起時にロータを回転方向、半径方向、および/または軸方向に駆動する巻線セットを含めることができる。この例示的实施形態では、ステータ415は、強磁性体で構築することができるが、代替の実施形態では、ステータは、任意の適切な材料で構築することができる（非磁性体のステータの場合は、受動的な浮場を提供するためにステータ内に磁性体を含めることができる。ステータ415とロータマグネット420との間の相互作用は、ロータ410を受動的に浮揚させる矢印430の方向に受動的な力を生じさせることができる。磁束線435を受けて、例えば矢印440、445の方向に半径方向の力または引力を生じさせることができる。これらの引力は、所望の位置でロータの幾何学的中心/回転軸を維持するために半径方向にロータを能動的に中心化および/または配置するよう巻線が励起されるという、不安定な状態を作り出すことができる。

30

40

## 【0028】

図4の例示的实施形態では、ロータ410が、例えば真空といったステータ415とは異なる環境内でのロータ410の動作を許容する壁体450によって、ステータ415から隔離されていることに注意されたい。壁体450は、非磁性体で構築ことができ、これによりロータ410とステータ415との間にある壁体における磁力の横断が許容される。

## 【0029】

ここで図5を参照して、開示する実施形態に係る感知機構500の原理を説明する。図5の実施形態には、例えば強磁性体の裏当て510という強磁性ターゲットが示されている。強磁性裏当ては、例えばロータ505などのモータリアクタンズ素子に取り付けるこ

50

とができる。ロータ505は、1つ以上の永久磁石515を有することができる。ロータは、真空、高温、腐食性大気など、チャンバ外とは異なる環境を支持することのできるチャンバ525内に封入することができる。チャンバ525は、非磁性体で構築することができる。ロータ505は、チャンバ525外に位置する1つ以上のコイル520により駆動させることができる。

#### 【0030】

感知機構500には、磁気源530およびセンサ裏当て550上に取り付けられたセンサ540を有する読み取りヘッド545が含まれる。この実施形態では、感知機構は、磁気源530と、磁気源530および本実施形態ではロータ裏当て510という強磁性ターゲットの間の空隙555と、ロータ裏当て510を通過する経路560と、センサ裏当て550経由で磁気源530に戻る空隙535を通過するセンサ540への戻り経路とから形成される磁気回路または磁束ループ経路を提供する。磁束ループ経路は、継続的に閉鎖され、センサ540は、とりわけ磁気源530とロータ裏当て510との間の距離に依存する磁束強度を判定する能力を有する。少なくとも1つの実施形態では、センサ540は、磁束強度を磁気源および強磁性ターゲット間の距離に一意的に相関させる出力を有する。磁気源530には、1つ以上の永久磁石、電磁石、または任意の他の適切な磁気源を含めることができる。センサ540には、1つ以上の磁束センサ、ホール効果、磁気抵抗、または磁束の感知に適した任意の他の種類のセンサを含めることができる。

#### 【0031】

図6は、図5のセンサ機構に相当する磁気回路を示す。磁気源530は、一定の磁束源 $r$ および平行の磁気源の磁気抵抗 $R_m$ により表される。磁束強度は、 $2R_g$ として表される、ロータ裏当て510からセンサ540への空隙535と組み合わせた磁気源530からロータ裏当て510への空隙555の磁気抵抗と、磁気源の磁気抵抗 $R_m$ と、ロータ裏当ての磁気抵抗 $R_T$ と、センサ裏当ての磁気抵抗 $R_B$ とに依存する。磁気源の磁気抵抗 $R_m$ と、ロータ裏当ての磁気抵抗 $R_T$ と、およびセンサ裏当ての磁気抵抗 $R_B$ とは、比較的一定である。空隙の磁気抵抗 $2R_g$ は、磁気源530およびロータ裏当て510間ならびにロータ裏当て510およびセンサ540間の距離に直接的に依存するため、変化に合わせて各距離と一意的に相関させることができる。故に、距離535、555に沿ったロータ裏当ての位置は、チャンバ525の侵襲なく、およびチャンバ525内に感知装置を配置することなく判定することができる。

#### 【0032】

さらに図5の例示的实施形態を参照すると、ロータ位置を所望のレベルの分解能で判定するために、ロータ505上に2つのスケールを定義することができる。スケールは、センサ540により判定される磁束強度に変動を生じさせるよう配置および構築することができる。その結果、センサ出力が、センサに影響を及ぼすスケールの特定部分に応じて可変となるため、位置情報を提供することができる。例えば、第1のスケールは、信号補間を伴う高分解能のインクリメンタル位置を提供することができ、第2のスケールは、第1のインクリメンタルスケールの1サイクル内におけるロータ505の絶対位置を提供することができる。

#### 【0033】

図7には、例示的なインクリメンタルスケール705が描写されている。図7は、例えばインクリメンタルスケール705と相互作用するチャンバ525といったチャンバの壁体730の一面にあるセンサシステム720、725を示す。この例では、簡便化のために線形スケールが示されているが、上記のインクリメンタルスケールおよび絶対スケールはいずれも回転構造にすることもできる点を理解されたい。インクリメンタルスケール705には、規則的間隔の歯ピッチ715を有する外形710を含めることができる。インクリメンタルスケール上には、スケールに沿ったインクリメンタル位置を示すのに適切である限り、他の規則的なパターンを利用することができる。インクリメンタルスケール705は、適切な材料から加工し、ロータ505に固定的に適用することができる。他の実施形態では、スケール705をロータ505内へ成形、加工、またはそうでなければ一

10

20

30

40

50

体化させることができる。各センサシステム720、725には、それぞれセンサ740、755、およびそれぞれ磁気源745、765が含まれる。センサ740、755は、アナログまたはデジタル出力を提供することができる。この実施形態では、センサシステム720、725は、センサ740、およびセンサシステム720などのセンサシステムの磁気源745が、インクリメンタルスケール705のピッチに対し同一位置となるよう、位置づけられている。つまり、対応するセンサ740および同一センサシステム720の磁気源745間の中心間距離750は、インクリメンタルスケール705の整数ピッチ数715に近似させて設定することができる。センサシステム720、725は、センサ経路に沿った空隙の磁気抵抗が異なるために、それぞれの出力が例えば90度の位相の不一致となるよう、互いに分数インクリメンタルスケールピッチ距離13となるよう配置することができる。

10

#### 【0034】

少なくとも1つの実施形態では、センサ740、755は、 $\text{sine}/\text{cosine}$ のようなアナログ信号を出力として提供することができる。一部の実施形態では、センサ740、755の組み合わせられた出力に、クワドラチャカウトを含めることができる。結果として、インクリメンタル位置は、 $\text{sine}$ 波のクワドラチャカウトに特定の $\text{sine}$ サイクル内の補間位置を加算したものとして判定することができる。実際の分解能は、アナログ出力のデジタル化に使用するアナログ-デジタル変換器のビット数と出力中に存在するノイズレベルとに依存し得る。各センサおよび磁気源は、スケールのまたは図7でスケールに沿ってインクリメンタル位置を示すのに使用されたパターンのピッチに平行な線に沿って方向づけられているが、センサおよび磁気源の他の方位も予期される。

20

#### 【0035】

図8は、他の1つのセンサシステムの例示的实施形態を示しており、センサシステム820と、チャンバ830内に位置づけられたインクリメンタルスケール835を有するロータ825とが描写されている。図8では、磁気源810とセンサシステム820のセンサ815とが、スケールに沿ったインクリメンタル位置を示すのに使用されるパターンのピッチに垂直な線に沿って方向づけられている。故に、センサおよび磁気源はいずれも、スケール上のパターンの同一部分に面している。

#### 【0036】

図9Aおよび9Bは、別のインクリメンタルスケール位置を伴う例示的实施形態を示す。図9Aの実施形態では、インクリメンタルスケール905が、ロータ910から離れるよう設定されているため、ロータの直径に依存しない。一部の実施形態では、インクリメンタルスケール905は、例えばシャフトまたは他の装置915などにより、ロータ910に直接結合させることができる。他の実施形態では、任意の適切な間接連結装置または方法を用いてインクリメンタルスケール905をロータ910に間接的に結合させることができる。図9Bでは、インクリメンタルスケール925が、ロータ930の内径内に一体化されている。ロータ裏当てを適切な厚みと高さにするにより、ロータマグネットをインクリメンタルスケールから磁氣的に隔離できる点に注意されたい。

30

#### 【0037】

上述のように、位置決めの測定用に、インクリメンタルスケールと絶対位置スケールの2つのスケールをロータ上に定義することができる。少なくとも1つの実施形態では、絶対位置スケールに、ロータ位置を一意的に特定するのに必要な追加的な位置情報を含めることができる。絶対位置エンコーダは、概して、関係する動きがなくても一意的な位置を提供することができる。通常、そのようなエンコーダは、独立センサシステムが各スケールを読み取ることができる場合、いくつかのスケールを必要とすることがある。スケール数は、絶対位置エンコーダのビット数、それ故に絶対エンコーダの分解能を決定し得る。デジタル絶対位置スケールを使用する実施形態では、デジタル絶対位置を、それぞれが各スケールに面した多数の独立センサで読み取らせることができる。各センサは、デジタル位置を定義する単語の1つの個別のビットの状態を提供することができる。パターン1005の標準的な例として、5ビットを伴うグレイコードと称するものが図10に示されて

40

50

いる。パターン1005の各行には、絶対位置を示す1つの5ビットの単語が含まれており、この実施形態では、角度位置が度数で表現される。S4は、5ビットの各単語の最も重要なビットを表しており、グレイコード系列に典型的であるように、各単語は次の単語と1ビットしか変わらない。

【0038】

絶対位置は、ロータに取り付けられた1つのデジタルスケールを利用して取得することができる。デジタル絶対位置を読み取るために、一連のセンサを、互いに特定の間隔になるように絶対トラックに面して配置することができる。センサ数は、絶対位置のビット数を決定し得る。単一スケール設計の使用は、設計の占有面積を小さくすることができるため有益である。単一スケールのビットパターン系列は、一度に1ビットしか変化しないグレイコード形式を有するものとするこ

10

【0039】

図11は、絶対位置を示すための単一スケール1105の一例を示す。単一スケール1105は、図10のS4について示したパターンを模倣したパターンを有する。5個のセンサS0 1110、S1 1115、S2 1120、S3 1125、S4 1130をスケール1105の周囲の特定の位置に配置することにより、パターンが回転するにつれ図10の系列がセンサにより生成され、これにより取り付けられたロータの絶対位置情報が生成される。所望の位置分解能を提供するのに適切なビット数を利用するようスケールを構成できる点を理解しておくことが重要である。単一の絶対スケールは、例えば図11の1135などのインクリメンタルスケール、およびインクリメンタルスケールセンサ1140と組み合わせて利用することができる。

20

【0040】

他の1つの実施形態では、デジタル絶対位置の分解能の範囲で、デジタル絶対位置と補間されたインクリメンタル位置とを同時に生成するために、図11の単一絶対スケール1105を単独で使用することができる。上述のように、磁気センサは、デジタルまたはアナログ出力を提供できるものにしてよい。磁気センサがアナログ出力の提供能力を有する実施形態では、パターンの1つのビットの変化を判断するための閾値を設定することにより、絶対位置スケールのデジタル出力パターンをアナログ出力信号から生成することができる。同時に、単一絶対スケールにより提供されるものに対し付加的な分解能で位置を判定するために、変化する信号のアナログ値を測定するとともに、変化するアナログ値を利用することができる。例えば、デジタル信号プロセッサは、設定された閾値に従いセンサのデジタル出力および1ビット変化を受けているセンサの瞬間アナログ出力を感知するよう、センサの出力測定に利用することができる。この瞬間アナログ出力は、現在のデジタル絶対位置と次のデジタル絶対位置との間の補間位置を生成するために使用することができる。

30

【0041】

図12は、図10に示されるようにロータが12度から24度に移行する場合における、図10および11のセンサS2の例示的な出力変化を図解したものである。図12では、補間位置が角度9で表現されており、アナログセンサ出力がパラメータVで表現されている。これはグレイコードスケールであるため、センサS2の状態だけが変化する（この場合は高い状態から低い状態に）。補間位置9は、出力Vから次のように決定できる。

40

【0042】

【数1】

$$\theta = \frac{V_{\max} - V}{V_{\max}} \Delta$$

【0043】

故に、図12の位置情報を与えたロータの絶対位置の総計は次となる。

【0044】

50

【数 2】

$$\theta_{ABS} = 12^0 + \theta$$

【0045】

補間位置 9 の分解能は、信号 V のサンプリングに使用するアナログ - デジタル (AD) 変換器などの変換機能で利用可能な分解能しだいである。絶対位置を表現するためのビット数合計の 1 つの表現を、センサ数と AD 変換器のビット数との合計とすることができる。

【0046】

10

【数 3】

$$N_{ABS} = N_{Sensors} + N_{AD}$$

【0047】

例えば、図 11 のセンサと 12 ビットの AD 変換器とを使用した図 10 に示す系列の場合、絶対位置を表現するためのビット数の合計は、17 となり、それ故に図 10 の 5 ビットのグレイコード系列だけを使用した場合に比べ分解能が著しく改善する。

【0048】

図 13 は、同一の直径上に複数のスケールを配置した 1 つの例示的实施形態を示す。この実施形態では、絶対スケール 1305、間隙スケール 1310、およびインクリメンタルスケール 1315 が互いに軸方向にオフセットされている。少なくとも 1 つの実施形態では、インクリメンタルスケールの上部面 1320 または下部面 1325 を適宜間隙面と認識し、本明細書に記載される磁気抵抗の測定技術を使用して当該ポイントで間隙を測定することにより、間隙スケールを排除することができる。他の 1 つの実施形態では、絶対スケール 1305 の上部面 1330 または下部面 1335 を、上述の技術を使用して間隙を測定するためにも使用することで、別途の間隙スケールの必要性を解消できる。この実施形態では、スケールは、多数のマグネット 1350 を有するロータ 1345 の内面上に配置される。裏当て 1340 は、スケールに関連する磁気センサシステムをロータマグネット 1350 の影響から隔離するよう動作する。

20

30

【0049】

図 14 は、図 13 に示したものなど、複数のスケールを配置することのできる複数センサシステムを示す。図 14 には、強磁性裏当て 1410 と 1 つ以上の永久磁石 1415 とを伴うロータ 1405 が示されている。ロータは、真空、高温、または腐食性大気など、チャンバ外とは異なる環境を支持することのできるチャンバ 1425 内に封入させることができる。チャンバ 1425 は、非磁性体で構築することができる。ロータ 1405 は、チャンバ 1425 外に位置する 1 つ以上のコイル 1420 により駆動させることができる。

【0050】

この実施形態では、絶対スケール 1430、間隙スケール 1435、およびインクリメンタルスケール 1440 の 3 つのスケールが、ロータ 1405 に取り付けられているか、または一体化されている。各スケールには、1 つ以上のセンサシステムを関連付けることができる。この実施形態には、絶対スケール 1430 を読み取るための絶対センサシステム 1445 と、間隙スケール 1435 を読み取るための間隙センサシステム 1450 と、インクリメンタルスケール 1440 を読み取るためのインクリメンタルセンサシステム 1455 とが含まれる。センサシステム 1445、1450、1455 のそれぞれには、上述のように任意の数のソースとセンサとを含めることができる。上記のように、間隙スケール 1435 は、他のスケールのいずれと組み合わせることも、多層構造とすることもできる。組み合わせまたは多層構造とした場合、間隙スケールは、引き続き間隙センサシステム 1450 を使用して読み取らせることも、または組み合わせたもしくは多層構造化さ

40

50

れたスケール用のセンサシステムで読み取らせることもできる。この実施形態では3つのスケールと3つのセンサシステムが示されているが、任意の適切な数のスケールとセンサシステムを利用してもよいことを理解されたい。

#### 【0051】

この実施形態では、複数センサシステムに、絶対、インクリメンタル、および間隙センサシステムに連結された回路1460も含めることができる。回路は、絶対、インクリメンタル、および間隙センサシステムの出力の組み合わせから、モータリアクタンス素子の測定位置を示す出力を提供することができる。

#### 【0052】

図15は、ここに記載される実施形態での使用に適した例示的なセンサシステム1500を示す。センサシステム1500は、例えばロータ裏当てからセンサシステムの基準フレームまでなど、強磁性ターゲット1555からの距離を判定するために、上記のものと類似したものなど、磁気回路の原理を利用することができる。強磁性ターゲット1555は、平面もしくは曲面とすること、または上記のスケールなど、任意の加工した外形をターゲットに取り付け、埋め込み、もしくは一体化させたものとすることができる。センサシステム1500には、強磁性素子1505、永久磁石などの磁気源1510、多数の磁気センサ1515、1520、1525、1530、および調整回路1535を含めることができる。強磁性素子1505が磁気源1510を包囲するようにしてもよい。他の実施形態では、強磁性素子1505は、磁気源1510を取り囲むか、または封入することもできる。少なくとも1つの例示の実施形態では、強磁性素子1505を、閉鎖端1565および開放端1570を伴うカップ形状にできる。磁気源1510は、磁化方向が強磁性素子1505の対称軸に平行の場合に、円柱形状を有することができる。磁気源1510は、永久磁石、電磁石、または任意の他の適切な磁気エネルギー源とすることができる。磁気源1510は、強磁性素子内で、引力により強磁性素子1505の中心に取り付けることができるとともに、接着剤など適切な固定具を用いて所定の位置に保持することができる。少なくとも1つの実施形態では、センサシステム1500をカップの開放面1570が強磁性ターゲット1555に面するように方向づけることができる。

#### 【0053】

図15に示す実施形態では、強磁性素子1505と磁気源1510との間に、流束密度がカップの軸、または磁気源1510と強磁性素子1505との間の任意の同心境界線に関して対称となるように、磁気回路が確立される。強磁性素子1505の形状は、磁場の形状に影響を及ぼす。強磁性素子1505をカップ形状とした実施形態では、磁場が比較的制限され、これにより強磁性ターゲットまでの距離1560の変化に対する感度が増す。強磁性素子1505は、具体的な形状の磁場を作り出すよう調整した形状とすることができる。一部の実施形態では、強磁性素子1505を、センサシステム1500と強磁性ターゲット1555との間の距離の変化に対し特定の感度を与えるよう構築することもできる。

#### 【0054】

磁気センサ1515、1520、1525、1530は、流束密度を感知するよう動作させることができるとともに、強磁性素子1505の対称軸から半径方向に一定距離の軌道配置内になるよう配置することができる。磁気センサは、磁気センサの出力が約同じになるよう、配置することもできる。4つの磁気センサが示されているが、任意の適切な数の磁気センサを利用できることを理解されたい。磁気センサ1515、1520、1525、1530の出力は、調整回路1535に提供することができる。調整回路1535には、例えば補正、フィルタリング、ノイズ低減、または任意のその他適切な信号処理を提供するために、センサ出力を処理するための信号処理回路を含めることができる。センサ出力信号は、概して、センサシステム出力1550を提供するために処理される。追加的なセンサを使用すると、システムのノイズ排除性が向上する可能性がある。周囲環境からの外部磁気妨害を最小限に抑えるよう、強磁性素子1505を磁気センサ用の磁気隔離ケージとしても動作させることもできる。それ故に、センサシステム1500は、磁気センサが

10

20

30

40

50

検出する磁束密度ベクトルの変化を測定するよう構成される。特に、センサシステム 1500 は、強磁性ターゲット 1555 の存在による磁束密度ベクトルの変化を測定することができる。少なくとも 1 つの実施形態では、磁気センサ 1515、1520、1525、1530 の出力は、強磁性ターゲット 1555 までの距離 1560 を示すセンサシステム出力 1550 を提供するように調整することができる。

#### 【0055】

図 16 は、強磁性素子の周囲における磁気センサの例示的な配置を示す。この実施形態では、磁気センサを 1610 と 1615、1620 と 1625、1630 と 1635、1640 と 1645 のペアにして、強磁性素子 1505 と磁気源 1510 との間の流束密度の線に対する方向を交互にしながら配置することができる。この実施形態では、各センサペアが差分出力を提供することができる。加算 1650 および差分調整 1655 回路は、調整回路 1535 の一部とすることができるとともに、差分信号としてセンサシステム出力 1550 をさらに提供することができる。差分出力を用いることで、ノイズ排除性が向上する可能性があり、特に信号が低いレベルにある場合、厳しい電気電磁環境にさらされている場合、または任意の感知可能な距離の移動がある場合にはこの可能性が高い。例えば、センサシステム出力 1550 を差分信号として提供すると、出力が読み取り装置 1660 に提供されるため、ノイズ排除性が向上する可能性がある。

10

#### 【0056】

他の実施形態では、磁気センサを対称軸から半径方向に等しい距離に配置しなくてもよく、かつ磁気センサの出力が必ずしも等しくなくてもよいが、有効なターゲット距離をもたらすよう出力を適切に処理することができる。グループ化していない状態の、または任意の適切な数もしくは配置でグループ化した、任意の数の磁気センサを使用できることを理解されたい。

20

#### 【0057】

ターゲット距離の測定に加え、感知システム 1500 は、インクリメンタルまたは絶対位置トラックを読み取るために、図 7 および 8 の感知システム 720 または 725 または 820 と相互に代替可能に使用することができる。

#### 【0058】

図 15 を参照すると、強磁性ターゲット 1555 は、いったんセンサシステム 1500 の前に位置づけられると、磁気センサ 1515、1520、1525、1530 により検出される磁束密度ベクトルを変化させるため、出力信号 1550 に影響が及ぶ。ターゲット 1555 とセンサシステムとの間の距離 1560 に、センサシステム出力 1550 の値を決定させることができる。センサシステム出力 1550 は、強磁性ターゲット 1555 に取り付けるまたは一体化させることのできる 1 つ以上のスケールによりもたらされる磁束の変化に伴い変化し得る。

30

#### 【0059】

磁気源 1510 および強磁性素子 1505 の形状は、特定の流束密度のパターンまたは構成を得るために、またはセンサシステム出力 1550 もしくは距離 1560 を最適化もしくはそうでなければ向上させるために、修正することができる。例えば、一部の実施形態では、少なくとも 1 つの強磁性素子 1505 および磁気源 1510 は、円柱、円錐、立方体もしくは他の多面体、放物体、または任意の他の適切な形状を有することができる。上述のように、任意の数のセンサを利用することができる。さらに、センサは、特定の流束密度パターンを得るため、またはセンサシステム出力 1550 もしくは距離 1560 を最適化するため、任意の適切な配置とすることができる。

40

#### 【0060】

センサシステム 1500 は、例えばセンサシステムからターゲットロータまたはスケールを隔離することのできる本明細書に開示されるチャンバにおいて使用されるとおりの非磁性体の壁体を介した、本明細書において記載される実施形態での使用に適している。センサシステム 1500 は、真空自動化システムの実施形態での使用に適している。センサシステム 1500 は、本明細書に記載される全ての実施形態について、特に磁束、間隙、

50

およびスケールの測定に適している。

【0061】

図17は、1つの例示的实施形態に係る位置フィードバックシステム2100を含む例示的なモータ2110を図解したものである。開示する実施形態は、図に示す実施形態を参照しながら説明されるが、開示する実施形態は、多くの代替形式の実施形態で実施できることを理解されたい。また、任意の適切なサイズ、形状、または種類の素子または材料を使用してもよい。

【0062】

こうした例示的实施形態のフィードバックシステムは、任意の適切なモータ用の高分解能の位置フィードバックを提供することができる。例示的实施形態のフィードバックシステムは、接線の位置測定に基づき、モータのステータに関する偏心度および方位（回転など）の同時測定を許容することができる。

【0063】

図17に示すモータ2110には、例示的な目的に限り1つのロータ/ステータが含まれているが、モータ2110には、同軸および非同軸の構成を含むがこれに限定されない、任意の適切な構成で配置された任意の適切な数のロータを含めることができる点に注意されたい。図17の例示的实施形態では、ステータ2110Sは、例えば鉄心ステータとすることができるが、代替の実施形態では、ステータは、任意の適切なステータとすることができる。ロータ2110Rを、例えば任意の適切な材料で構築し、これに永久磁石2110Mと鉄製の裏当て2110Bを含めてもよい。代替の実施形態では、ロータに、ステータ2110Sと相互作用させるための任意の強磁性体を含めてもよい。

【0064】

ステータ2110Sには、例えばX-Y面および/またはZ方向におけるロータ2110Rの位置を制御するための任意の適切な巻線セットを含めることができる。代替の実施形態では、巻線セットは、任意の適切な構成とすることができる。ステータ2110Sとロータマグネット2110Mとの間の相互作用は、ロータ2110Rを受動的に浮揚させる力を生じさせることができる。浮揚力は、例えば全文が本明細書の一部を構成するものとして援用される、「磁気スピンドルベアリングを伴うロボット駆動」と題する2007年6月27日に出願された米国特許仮出願第60/946,687号、390P012913-US(-#1)に記載された、ステータの端部に対するロータマグネットの端部のオフセットなどにより生成されることになる、湾曲した磁束線の結果もたらし得るものである。代替の実施形態では、浮揚力を任意の適切な態様で生じさせることができる。

【0065】

この例示的实施形態のフィードバックシステム2100には、複数の読み取りヘッド2130、およびスケール2120が含まれる。読み取りヘッド2130は、非接触の光学的、容量性、誘導式、および磁気的な読み取りヘッドを含むがこれに限定されない、任意の適切な読み取りヘッドとすることができる。代替の実施形態では、読み取りヘッドは、接触式の読み取りヘッドとすることができる。読み取りヘッドは、読み取りヘッド2130がステータ2110Sに対して固定されるように、モータ内の任意の適切な場所に配置できる。代替の実施形態では、読み取りヘッド2130は、ステータ2110Sに対し任意の適切な関係を有することができる。代替の実施形態で実現可能なこととして、読み取りヘッド2130を、例えば読み取りヘッド2130とロータ2110Rおよびステータ2110Sとの間の磁気的な相互作用が読み取りヘッド2130の提供する読み取り値を変化させないよう、配置、構成、および/またはロータ2110Rおよびステータ2110Sから適切に隔離することができる。

【0066】

読み取りヘッド2130は、読み取りヘッド2130から出力信号を受け取り、それらの信号を後述のように処理してロータ2110Rに関する位置データを判定するよう構成された任意の適切なプロセッサ2160に通信可能に連結させることができる。例示的な目的でしかないが、読み取りヘッド2130は、広域ネットワーク(WAN)、ローカル

10

20

30

40

50

エリアネットワーク（LAN）、ブルートゥース、赤外線、ラジオ周波数、または任意の他の適切な接続を含むがこれに限定されない、任意の適切な有線または無線の接続を介して、プロセッサ 2160 と通信するものにできる。1つ以上の実施形態では、読み取りヘッド 2130 に、感知機構 500 または上記のセンサシステム 1500 を1つ以上含めることができる。

#### 【0067】

スケール 2120 は、上記の読み取りヘッドと使用するよう構成された絶対またはインクリメンタルスケールを含むがこれに限定されない、任意の適切なスケールとすることができる。図には1つのスケールが示されているが、代替の実施形態では、任意の適切な数のスケールを使用することに注意されたい。非制限的な例として、1つの代替の実施形態では、各読み取りヘッド 2130 が、独自の個別のスケールを有することができる一方で、他の代替の実施形態では、いくつかの読み取りヘッドが1つのスケールを共有し、他の読み取りヘッドが別のスケールを共有することができる。

10

#### 【0068】

1つの例示の実施形態では、スケール 2120 を、ロータ 2110R に接合またはそうでなければ取り付けることができる。他の例示の実施形態では、スケール 2120 は、加工、エッチング、または任意の他の適切な製造技術などにより、ロータ 2110R に埋め込むことができる。代替の実施形態では、スケール 2120 は、ロータに取り付けられ、ロータから半径方向に伸展するディスクとすることができる。他の代替の実施形態では、スケールは、任意の適切な構成とすることができる。スケール 2120 は、以下に非常に詳細に記載されるように、読み取りヘッドがロータ 110R の偏心度および/または回転の検出を実現できるように、スケール上の目盛り 2120G を配置した構成とできる。代替の実施形態では、スケール上の目盛りを任意の適切な態様で配置することができる。

20

#### 【0069】

さらに図 17 を参照すると、例示的な実施形態のフィードバックシステム 2100 は、真空、大気、または制御空気の各環境を含むがこれに限定されない、任意の適した環境内で利用することに注意されたい。1つの例示の実施形態では、モータに、ステータ 2110S が大気環境内で動作する一方で、ロータ 2110R の真空内での動作を許容することのできる境界 2140 を含めることができる。代替の実施形態では、ステータおよびロータのそれぞれを、互いに同一であっても異なってもよい、任意の適切な環境内で動作させることができる。境界 2140 は、例えば真空環境内での使用に適した材料で、かつ流束の短絡を引き起こすことなく、または渦電流のおよび磁気相互作用からの熱の影響を受けやすい状態になることなく、磁場内に介在させることのできる材料で構築することができる。また、境界は、駆動部内の温度を最小限に抑えるために、適切な熱伝達装置（受動的または能動的など）に連結させることもできる。読み取りヘッド 2130 が光学式読み取りヘッド 2130 である1つの例示の実施形態では、読み取りヘッド 2130 によるスケール 2120 の読み取りを許容するために、境界に光学式のぞき窓を含めることができる。読み取りヘッド 2130 が容量性、誘導、または磁性（ホールセンサなど）である場合は、読み取りヘッド 2130 に関連付けたのぞき窓がなくてもよい。

30

#### 【0070】

ここで図 18 を参照すると、1つの例示の実施形態に係るフィードバックシステム 2100' の概略図が示されている。図 18 に示す例示の実施形態では、フィードバックシステム 2100' に、3つのヘッド 2130A - 2130C が含まれているが、代替の実施形態では、フィードバックシステム 2100' が3つ未満または3つ以上の読み取りヘッドを有していてもよい。この図では、読み取りヘッド 2130A - 2130C は、読み取りヘッドが半径方向にスケール 2120 を指すよう、実質的に等間隔の態様で、ステータ 2110S の周囲に配置されるものとして示されている。代替の実施形態では、読み取りヘッド 2130A - 2130C は、任意の適切な所定の間隔配置で、ステータ 2110S の周囲に配置できるとともに、スケール 2120 に関し任意の適切な方位とすることができる。1つの例示の実施形態では、読み取りヘッド 2130A - 2130C の

40

50

それぞれが、各読み取りヘッドが見ているスケール 2 1 2 0 上のポイントとスケール 2 1 2 0 の原点 S O との間の距離 ( d A、d B、d C など ) に相当する位置情報を提供することができる。この情報は、例えば、ステータ 2 1 1 0 S に対するロータ 2 1 1 0 R の偏心率と方位の判定に使用することができる。代替の実施形態では、読み取りヘッド 2 1 3 0 A - 2 1 3 0 C は、ステータ 2 1 1 0 S に対するロータ 2 1 1 0 R の偏心率と方位を判定するための任意の適した情報を提供することができる。図 1 8 に示す距離 d A、d B、d C は、時計回り方向に伸展するよう示されているが、代替の実施形態では、例えばロータ 2 1 1 0 R の回転方向に応じて、距離を反時計回り方向にしてもよい。

【 0 0 7 1 】

ここで図 1 9 を参照して、4 つの読み取りヘッド 2 2 3 0 A - 2 2 3 0 D の接線位置の測定を用いたロータ 2 1 1 0 R の偏心率および方位の判定を、1 つの例示の実施形態に従い説明する。ただし、以下に記載した 4 つの読み取りヘッド 2 2 3 0 A - 2 2 3 0 D に対応する例示的な方程式は、ロータ 2 1 1 0 R の偏心率および回転位置を判定できるように、任意の適切な数の読み取りヘッド用に適合させることができる。

10

【 0 0 7 2 】

実現可能なこととして、モータ 2 1 1 0 の動作中、ロータ 2 1 1 0 R は、回転 C の第 1 の中心から回転 C 1 の第 2 の中心へと逸脱することがある。この逸脱は、ロータに適用されるラジアルおよび / または軸荷重などのためと考えることができる。フィードバックシステム 2 1 0 0 " は、逸脱およびロータ 2 1 1 0 R の回転方向を計算するよう構成することができる。後述する例示的な位置判定では、ロータ 2 1 1 0 R が反時計回り方向に回転するにつれて、距離 d 1 - d 4 が増加すると想定されている。ただし、代替の実施形態では、以下に記載した方程式に適切な変更を加えれば、ロータ 2 1 1 0 R が時計回り方向に回転するにつれ、距離 d 1 - d 4 が増加すると想定することができる。

20

【 0 0 7 3 】

非限定的な例として、この例示の実施形態では、中心点 C からの偏心率または逸脱を、次の方程式で見出すことができる。

【 0 0 7 4 】

【 数 4 】

$$x_0 = r \cos[(d_2 - d_4)/(2r)] \quad (100)$$

30

$$y_0 = r \cos[(d_3 - d_1)/(2r)] \quad (101)$$

【 0 0 7 5 】

ここで、 $x_0$  および  $y_0$  はそれぞれ、ロータ 2 1 1 0 R の偏心率の x および y 成分を表す。上記の方程式から実現し得ることとして、偏心率  $x_0$  は、読み取りヘッド 2 2 3 0 D および 2 2 3 0 B で接線方向に測定した弧長 2 2 4 0 X に対応する角度を用いて見出すことができる。同様に、偏心率  $y_0$  は、読み取りヘッド 2 2 3 0 C および 2 2 3 0 A で接線方向に測定した弧長 2 2 4 0 Y に対応する角度を用いて見出すことができる。ロータの回転方向または位置は、次の方程式で見出すことができる。

40

【 0 0 7 6 】

【数5】

$$\theta_1 = d_1 / r - \text{asin}(y_0 / r) \quad (102)$$

$$\theta_2 = d_2 / r - 3\pi / 2 + \text{asin}(x_0 / r) \quad (103)$$

$$\theta_3 = d_3 / r - \pi + \text{asin}(y_0 / r) \quad (104)$$

$$\theta_4 = d_4 / r - \pi / 2 - \text{asin}(x_0 / r) \quad (105)$$

$$\theta_0 = \sum_{i=1}^4 \theta_i / 4 = (d_1 + d_2 + d_3 + d_4) / (4r) - 3\pi / 4 \quad (106)$$

10

【0077】

ここで  $\theta_0$  は、ロータ 2110R の方位である。 $\theta_1 - \theta_4$  はそれぞれ、読み取りヘッド 2230A - 2230D とスケール 2120 の原点 SO との間の角度を表す。スケールの原点 SO と読み取りヘッド 2230A - 2230D との間の距離は、それぞれ  $d_1 - d_4$  として表される。スケール 2120 の半径は指標  $r$  で表される。上記の方程式により、X - Y 面におけるロータ 2110R の位置（つまり偏心率）および任意の所望の基準点に関するロータ 2110R の回転方向  $\theta_0$  の実質的に正確な判定を提供することができる。

20

【0078】

もう1つの例では、ロータの偏心率および回転方向  $\theta_0$  を、三角関数の値を求めずに判定することもできる。位置的な概算は、次の方程式を用いて判定することができる。

【0079】

【数6】

$$x_0 = -(d_2 - d_4 - \pi r) / 2 = (d_4 - d_2 + \pi r) / 2 \quad (107)$$

30

$$y_0 = -(d_3 - d_1 - \pi r) / 2 = (d_1 - d_3 + \pi r) / 2 \quad (108)$$

$$\theta_1 = (d_1 - y_0) / r \quad (109)$$

$$\theta_2 = (d_2 - 3\pi r / 2 + x_0) / r \quad (110)$$

$$\theta_3 = (d_3 - \pi r + y_0) / r \quad (111)$$

40

$$\theta_4 = (d_4 - \pi r / 2 - x_0) / r \quad (112)$$

$$\theta_0 = \sum_{i=1}^4 \theta_i / 4 = (d_1 + d_2 + d_3 + d_4) / (4r) - 3\pi / 4 \quad (113)$$

【0080】

ここで、 $\theta_0$ 、 $\theta_1 - \theta_4$ 、 $d_1 - d_4$ 、および  $r$  は、上記と同様の特徴を表す。

50

## 【 0 0 8 1 】

ロータ 2 1 1 0 R の偏心度 (つまり  $x_0$  および  $y_0$ ) および回転方向 (つまり  $\theta_0$ ) を判定するための上記の解法は、例示に過ぎず、接線位置の測定を用いて偏心度と回転方向を判定するための他の解法を使用することもできる。

## 【 0 0 8 2 】

ここで図 2 0 A を参照すると、他の 1 つの実施形態では、この例では 2 セットのセンサとしているが、複数のセンサセットを用いてロータの X - Y 変位の測定を提供することができる。図 2 0 A には、ステータ裏当て 2 0 0 5 および 1 つ以上の巻線 2 0 1 0 を伴うステータ 2 0 0 3、ロータ 2 0 1 5、および少なくとも 2 つのセンサペア 2 0 2 0、2 0 2 5 を有するモータ 2 0 0 0 の一部を含む 1 つの例示的实施形態が示されている。ロータ 2 0 1 5 には、多数のロータマグネット 2 0 3 5 を取り付けることのできるロータ裏当て 2 0 3 0 を含めることができる。

10

## 【 0 0 8 3 】

この実施形態では、センサセットを使用して、ステータ 2 0 0 3 に対するロータ 2 0 1 5 の変位、特にステータ 2 0 0 3 とロータ 2 0 1 5 との間の間隙 2 0 4 0 に沿った変位を検出する。例えば、第 1 のセンサセット 2 0 2 0 が第 1 の位置 Y における変位を測定する一方で、第 2 のセンサ 2 0 2 5 が第 1 の位置 Y から角度オフセット A における第 2 の位置 X での変位を測定する。この実施形態では、各位置は 9 0 度オフセットされているが、任意の適切な角度オフセットを利用できることを理解されたい。センサセット 2 0 2 5 内の X 1 と X 2、およびセンサセット 2 0 2 0 内の Y 1 と Y 2 のように、各センサセットには、2 つのセンサシステムを含めることができる。他の実施形態では、各センサセットに、追加的なセンサシステムを含めることができる。各センサシステムは、図 1 5 のセンサシステム 1 5 0 0 に類似したものにすることができる。各セットのセンサシステムは、一般的に、互いに対立する極の磁気源を有する。

20

## 【 0 0 8 4 】

図 2 0 B に示すように、センサシステム X 1 (または Y 1) には、強磁性素子 2 0 4 0 と磁気源 2 0 4 5 とが含まれており、センサシステム X 2 (または Y 2) には、強磁性素子 2 0 5 0 と磁気源 2 0 5 5 とが含まれている。磁気源 2 0 4 5 と 2 0 5 5 は、互いに対立する極に配置されている。一例として、および図 2 0 B に示すように、センサシステム X 1 および Y 1 が、強磁性素子 2 0 4 0 の内側に面した磁気源 2 0 4 5 の N 極 N を有する一方で、センサシステム X 2 および Y 2 は、強磁性素子 2 0 5 0 の内側に面した磁気源 2 0 5 5 の S 極 S を有する。渦電流により生じるものなど、外来の磁場は、センサシステムの各ペアの中で各センサシステムに反対の影響を及ぼす。したがって、そのような外来の磁場の影響は、各ペア内の各センサシステムの出力の平均を取ることにより解消することができる。ノイズ吸収は、これらの配置および技術を用いて有利に改善することができる。

30

## 【 0 0 8 5 】

図 2 1 は、s i n e および c o s i n e 信号を生成するためにインクリメンタルトラックの読み取りにセンサシステムを使用する、図 7 に示した実施形態と類似する実施形態を示す。図 2 1 の実施形態は、4 つのセンサシステムを使用することができる。各センサシステムは、図 1 5 のセンサシステム 1 5 0 0 に類似したものにすることができる。図 2 1 のセンサシステムは、D C オフセットのない、Z 軸とセンサシステムおよびインクリメンタルトラックを分離する間隙とに沿った変位の小さな変化に対し不変の振幅の s i n e および c o s i n e 信号を生成するために配置することができる。

40

## 【 0 0 8 6 】

図 2 1 では、センサシステム 2 1 0 1、2 1 0 2、2 1 0 3、2 1 0 4 が、規則的間隔の歯ピッチ 2 1 1 0 および平面 2 1 1 5 を伴う領域を設けることのできるインクリメンタルスケール 2 1 0 5 に沿って配置される。この実施形態では、センサシステム 2 1 0 1 および 2 1 0 2 は、s i n e 信号を出力するためにスケール 2 1 0 5 に沿った第 1 のペアとして配置され、センサシステム 2 1 0 3 および 2 1 0 4 は、c o s i n e 信号を出力する

50

ためにスケール 2 1 0 5 に沿った第 2 のペアとして配置される。各ペア内のセンサシステムを 1 8 0 度オフセットさせることができる一方で、第 1 のペアにおける対応するセンサシステムは、第 2 のペアにおける対応するセンサシステムから 9 0 度オフセットされる。各センサシステム 2 1 0 1、2 1 0 2、2 1 0 3、2 1 0 4 は、少なくとも 2 つの磁気センサ A および B を有することができる。センサ A は、インクリメンタルスケール 2 1 0 5 の歯形を読み取るために配置することができる。Z 軸に沿った、およびセンサ A またはスケール 2 1 0 5 の間隙に沿った変位の変化は、概して、センサ A の信号振幅と DC オフセットの両方に影響を及ぼす。センサ B は、スケール 2 1 0 5 の平面領域 2 1 1 5 のみを読み取るために配置することができる。これにより、センサ B の信号出力が、Z 軸に沿った変位の影響を受けない一方で、間隙 2 1 2 0 に沿った変化の影響だけを受けるようにすることができる。

10

**【 0 0 8 7 】**

センサ A および B からの信号を組み合わせることにより、間隙に沿った変位の変更に不変である  $\sin$  または  $\cos$  信号を得ることができる。また、各センサシステムペア内のセンサの出力は、1 8 0 度位相が異なることがあり、Z 軸に沿った変位の結果として同一方向に変化し得る。各センサシステムペア内のセンサ A および B からの信号を組み合わせることにより、DC オフセットなく、Z 軸および間隙 2 1 2 0 に沿った変位に対し不変である  $\sin$  または  $\cos$  信号を得ることができる。

**【 0 0 8 8 】**

開示した実施形態は、隔離された環境内に電子機器またはセンサを必要とすることなく、またロータが動作できる隔離された環境を侵襲することなく、ロータの回転位置を判定する技術を提供するものである。1 つの実施形態では、絶対およびインクリメンタル位置の両方の判定に単一スケールを使用することができる。

20

**【 0 0 8 9 】**

ここに開示する実施形態は、センサを磁気源の周囲に軌道配置することのできるよう、強磁性素子、磁気源、および均一な磁束密度の線を生成する磁気センサを一意的に配置したセンサシステムも提供する。

**【 0 0 9 0 】**

また、開示した実施形態は、独特の構造を含むモータのためのフィードバックシステムおよびモータのロータの変位度と回転位置とを判定するための技術も提供する。

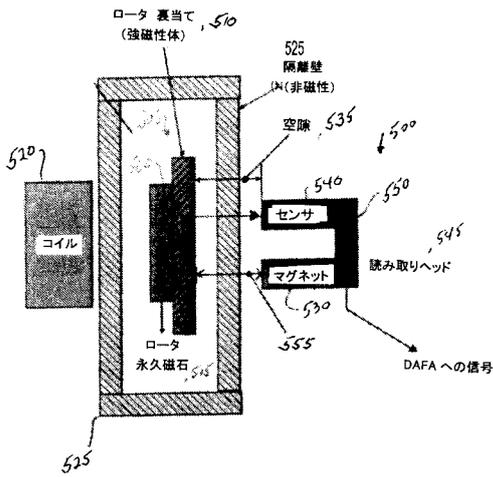
30

**【 0 0 9 1 】**

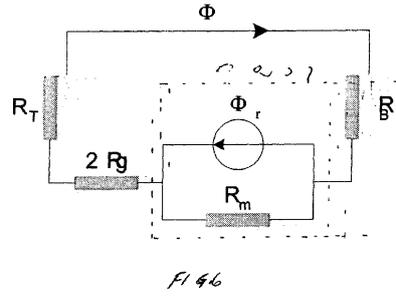
前述の記載は、本明細書の実施形態を説明したものに過ぎないことを理解されたい。当業者であれば、本明細書に開示される実施形態から逸脱することなく、さまざまな代替方法および修正を考案することができる。したがって、これらの実施形態は、添付の請求の範囲に含まれるそのような全ての代替方法、修正、および差異を包含することを意図している。



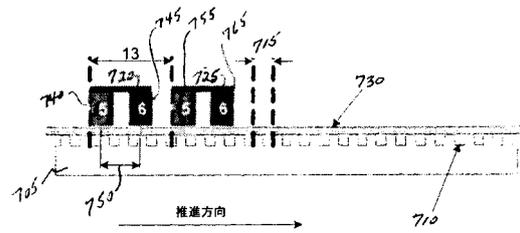
【 図 5 】



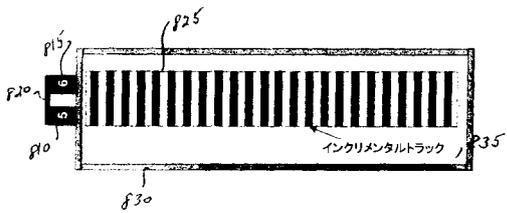
【 図 6 】



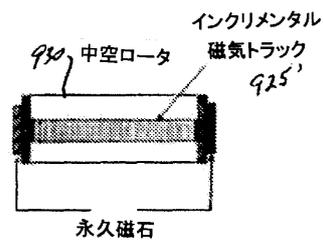
【 図 7 】



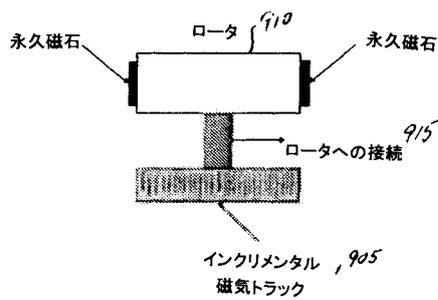
【 図 8 】



【 図 9 B 】



【 図 9 A 】

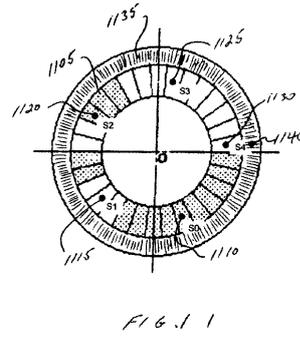


【図 10】

1005

センサ番号および対応デジタル出力					角度 (度)
S4	S3	S2	S1	S0	
0	0	1	0	1	12
0	0	0	0	1	24
0	0	0	1	1	36
0	0	1	1	1	48
0	1	1	1	1	60
0	1	0	1	1	72
0	1	0	1	0	84
0	0	0	1	0	96
0	0	1	1	0	108
0	1	1	1	0	120
1	1	1	1	0	132
1	0	1	1	0	144
1	0	1	0	0	156
0	0	1	0	0	168
0	1	1	0	0	180
1	1	1	0	0	192
1	1	1	0	1	204
0	1	1	0	1	216
0	1	0	0	1	228
0	1	0	0	0	240
1	1	0	0	0	252
1	1	0	0	1	264
1	1	0	1	1	276
1	0	0	1	0	288
1	0	0	1	0	300
1	0	0	0	0	312
1	0	0	0	1	324
1	0	0	1	1	336
1	0	1	1	1	348
1	0	1	0	1	360

【図 11】



【図 12】

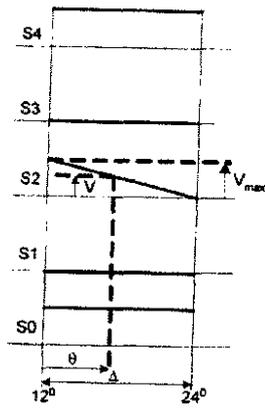
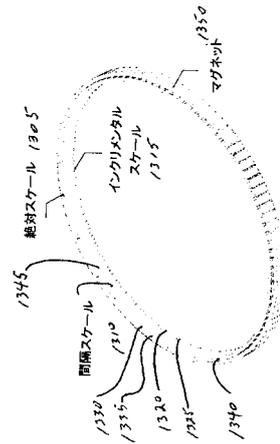
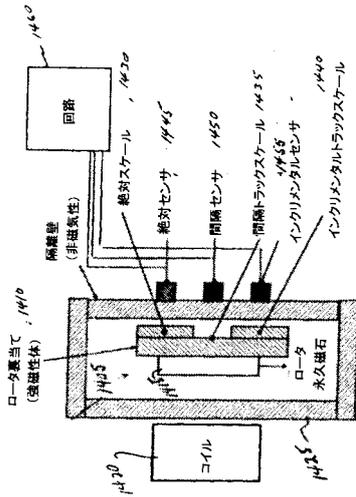


FIGURE 12

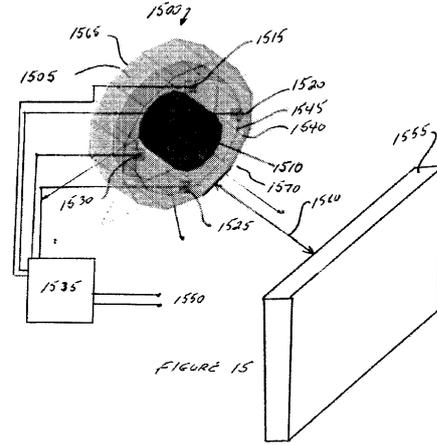
【図 13】



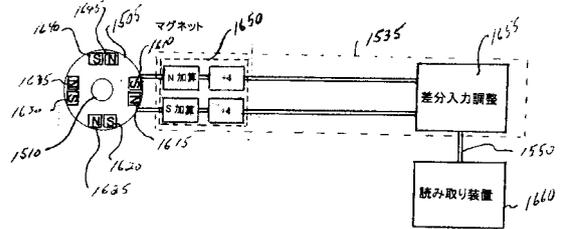
【図14】



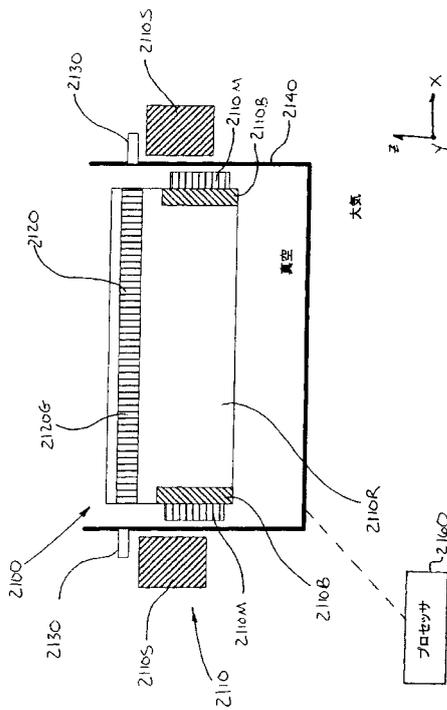
【図15】



【図16】



【図17】



【図18】

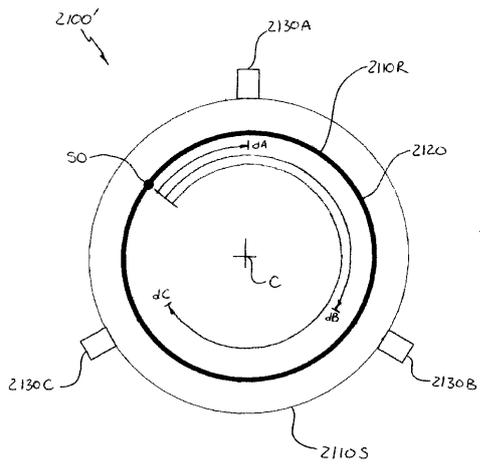
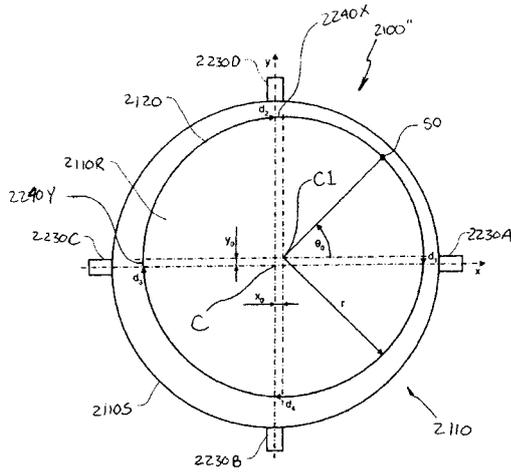


FIG. 18

【図19】



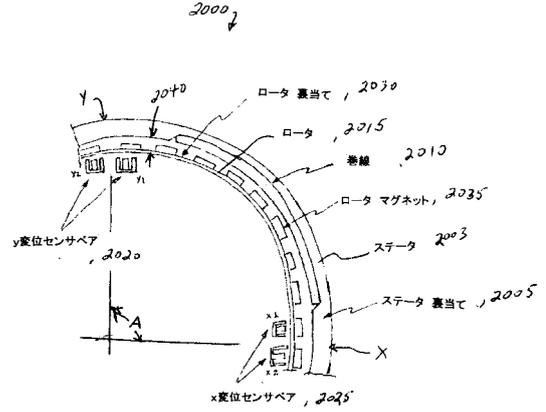
厳密解:

$$\begin{aligned}
 x_0 &= r \cos[(d_1 - d_2) / (2r)] \\
 y_0 &= r \cos[(d_1 - d_2) / (2r)] \\
 \theta_1 &= d_1 / r - \arcsin(y_0 / r) \\
 \theta_2 &= d_2 / r - 3\pi / 2 + \arcsin(x_0 / r) \\
 \theta_3 &= d_3 / r - \pi + \arcsin(y_0 / r) \\
 \theta_4 &= d_4 / r - \pi / 2 - \arcsin(x_0 / r) \\
 \theta_0 &= \sum_{i=1}^4 \theta_i / 4 = (d_1 + d_2 + d_3 + d_4) / (4r) - 3\pi / 4
 \end{aligned}$$

概算:

$$\begin{aligned}
 x_0 &= -(d_2 - d_1 - \pi) / 2 = (d_2 - d_1 + \pi) / 2 \\
 y_0 &= -(d_3 - d_1 - \pi) / 2 = (d_1 - d_3 + \pi) / 2 \\
 \theta_1 &= (d_1 - y_0) / r \\
 \theta_2 &= (d_2 - 3\pi / 2 + x_0) / r \\
 \theta_3 &= (d_3 - \pi + y_0) / r \\
 \theta_4 &= (d_4 - \pi / 2 - x_0) / r \\
 \theta_0 &= \sum_{i=1}^4 \theta_i / 4 = (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + \pi / 4\pi) - 3\pi / 4
 \end{aligned}$$

【図20A】



【図20B】

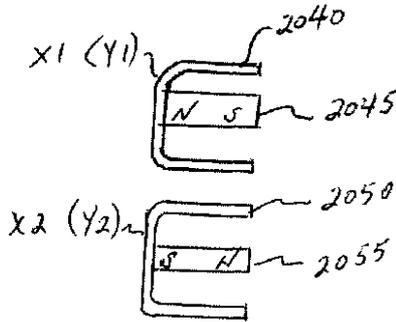
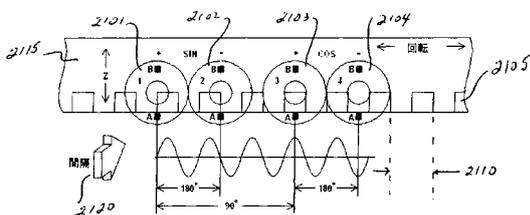


FIGURE 20B

【図21】



【手続補正書】

【提出日】平成22年3月2日(2010.3.2)

【手続補正1】

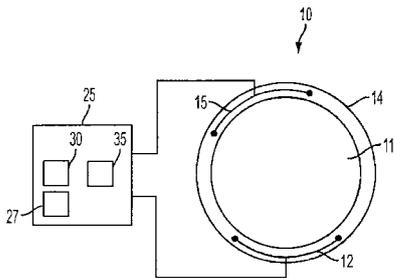
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

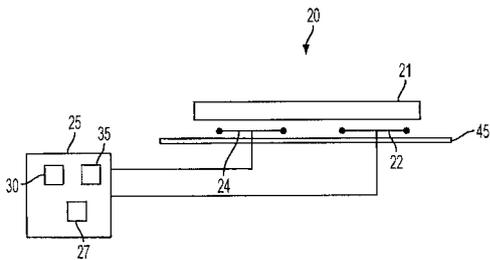
【補正方法】変更

【補正の内容】

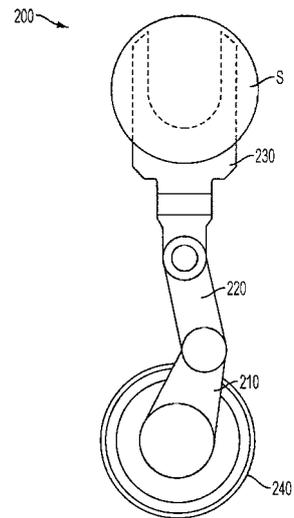
【図1A】



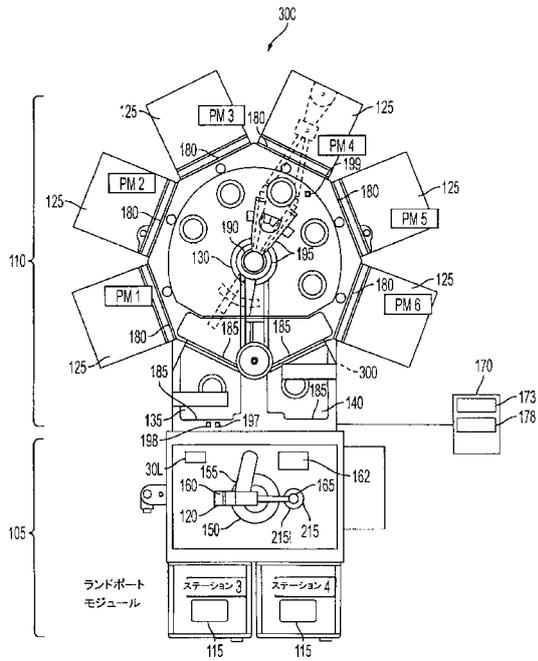
【図1B】



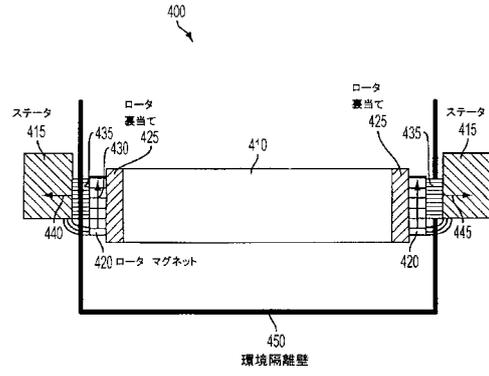
【図2】



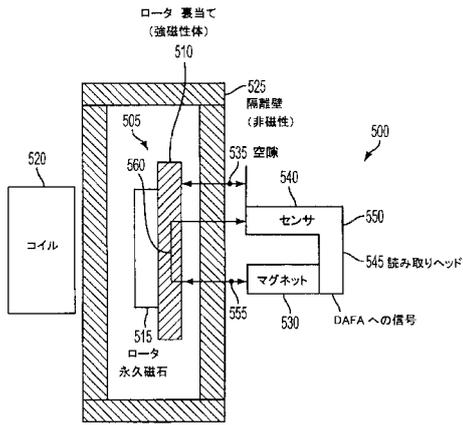
【 図 3 】



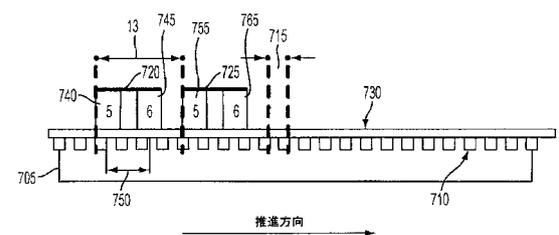
【 図 4 】



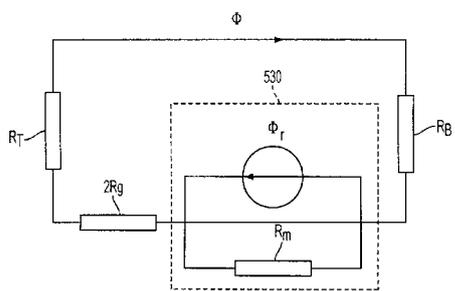
【 図 5 】



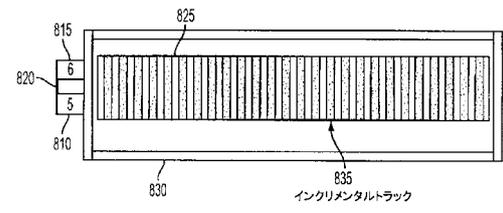
【 図 7 】



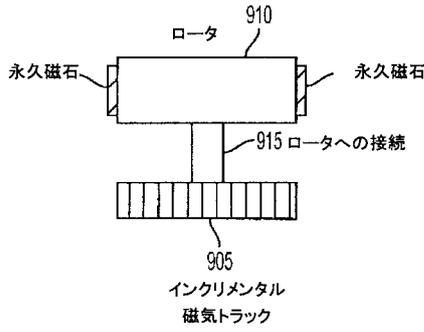
【 図 6 】



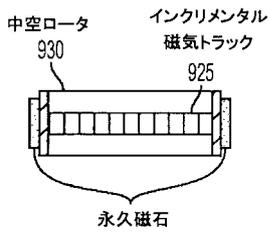
【 図 8 】



【図9A】



【図9B】

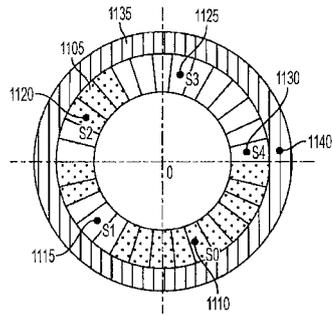


【図10】

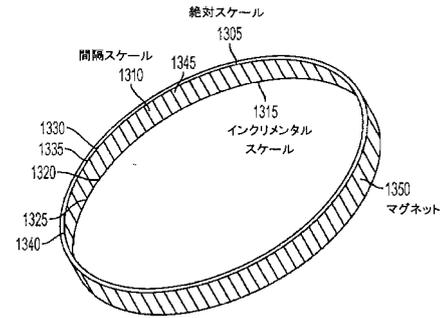
1005

センサ番号および対応デジタル出力					角度 (度)
S4	S3	S2	S1	S0	
0	0	1	0	1	12
0	0	0	0	1	24
0	0	0	0	1	36
0	0	0	1	1	48
0	0	1	1	1	60
0	1	0	1	1	72
0	1	0	1	0	84
0	0	0	1	0	96
0	0	1	1	0	108
0	1	1	1	0	120
1	1	1	1	0	132
1	0	1	1	0	144
1	0	1	0	0	156
0	0	1	0	0	168
0	1	1	0	0	180
1	1	1	0	0	192
1	1	1	0	1	204
0	1	1	0	1	216
0	1	0	0	1	228
0	1	0	0	0	240
1	1	0	0	0	252
1	1	0	0	1	264
1	1	0	1	1	276
1	1	0	1	0	288
1	0	0	1	0	300
1	0	0	0	0	312
1	0	0	0	1	324
1	0	0	1	1	336
1	0	1	1	1	348
1	0	1	0	1	360

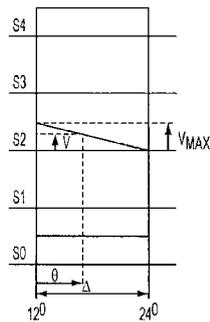
【図11】



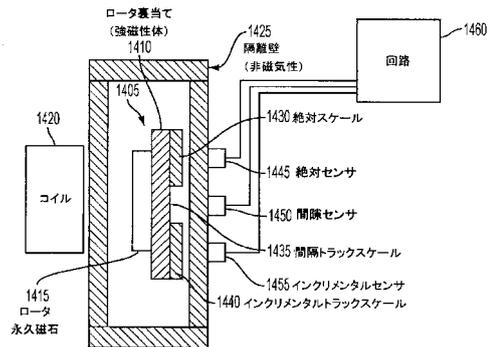
【図13】



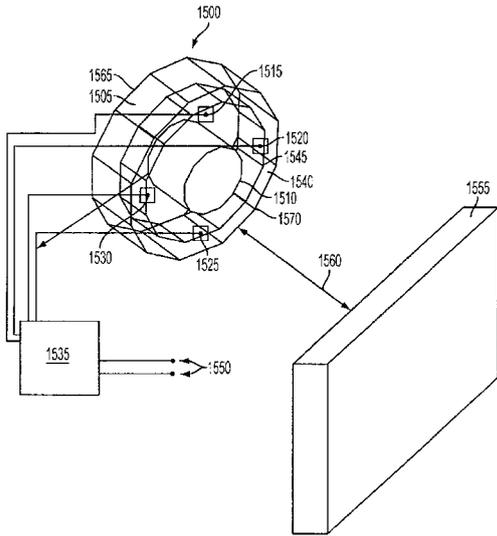
【図12】



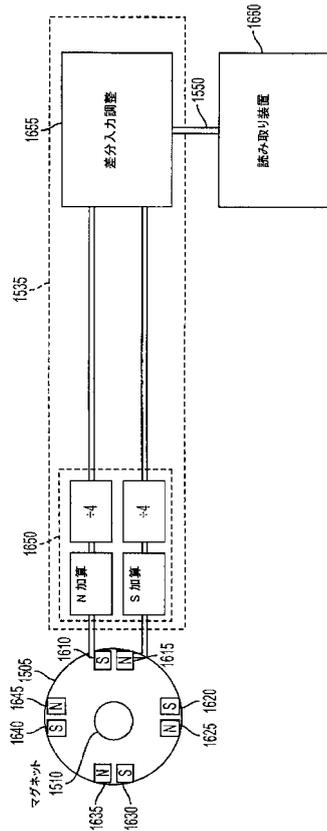
【図14】



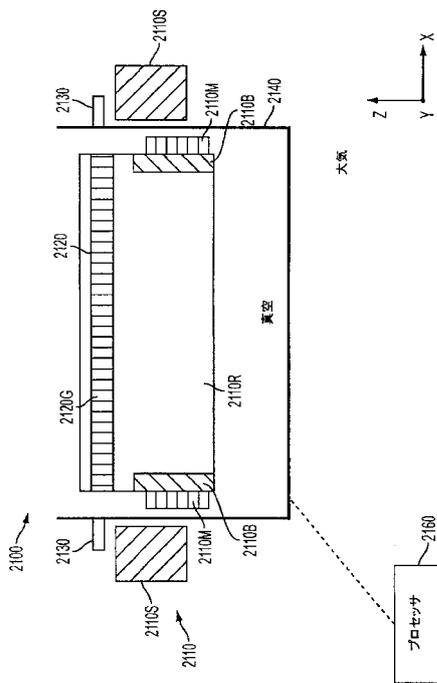
【図 15】



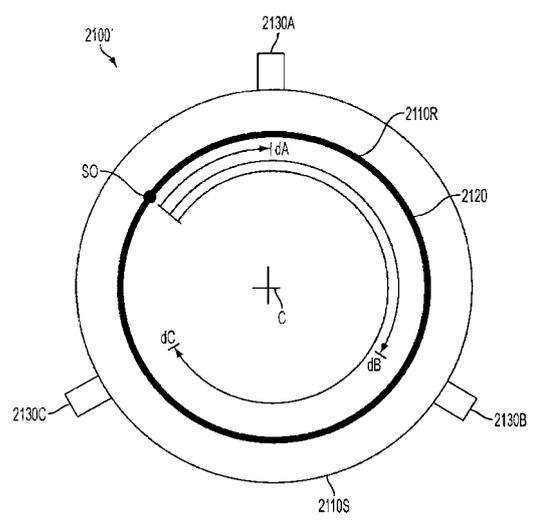
【図 16】



【図 17】



【図 18】





## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2008/068680
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(8) - G01B 7/14 (2008.04) USPC - 324/207.13 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) - G01B 7/14 (2008.04) USPC - 324/207.13 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) USPTO EAST System (US, USPG-PUB, EPO, DERWENT), MicroPatent		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X — Y	US 5,670,876 A (DILGER et al) 23 September 1997 (23.09.1997) entire document	1, 2 — 3
X	US 4,628,499 A (HAMMETT) 09 December 1986 (09.12.1986) entire document	4
A	EP 0 121 084 B1 (WEISCHEDEL) 04 January 1989 (04.01.1989) entire document	1-4
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 29 August 2008		Date of mailing of the international search report <b>03 SEP 2008</b>
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Blaine R. Copenhaaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2008/068680

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.: 5-8  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 モウラ ジャイロ テラ  
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 7 5 2 マールボロ プリガムストリート 9 3

(72)発明者 クリシュナサミー ジェイ  
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 8 2 1 ビルリカ ジェニファーサークル 5

(72)発明者 パラナイ ジェフ  
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 8 2 4 チェルムスフォード エリザベスドライブ  
 1 5

Fターム(参考) 2F077 CC10 PP05 QQ03 RR15 TT42

5H611 AA01 BB01 BB08 PP05 QQ00 QQ03 RR02 UA01 UA07