

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-228331

(P2013-228331A)

(43) 公開日 平成25年11月7日(2013.11.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 1 D 5/347 (2006.01)	G O 1 D 5/347 I I O T	2 F 1 O 3
G O 1 D 5/36 (2006.01)	G O 1 D 5/36 W	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2012-101786 (P2012-101786)	(71) 出願人	000220343
(22) 出願日	平成24年4月26日 (2012. 4. 26)		株式会社トプコン
			東京都板橋区蓮沼町75番1号
		(74) 代理人	100083563
			弁理士 三好 祥二
		(72) 発明者	大友 文夫
			埼玉県朝霞市朝志ヶ丘4丁目2番地26号
			株式会社O T リサーチ内
		(72) 発明者	熊谷 薫
			東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社
			トプコン内
		(72) 発明者	穴井 哲治
			東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社
			トプコン内

最終頁に続く

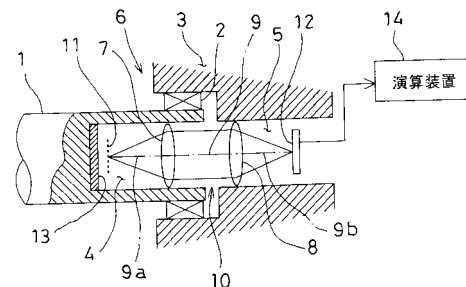
(54) 【発明の名称】 回転角検出装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 小型で簡単な構成の回転角検出装置を提供する。

【解決手段】 回転軸 1 に形成された軸部空間 4 と、軸受部 3 に形成された軸受部空間 5 と、前記軸部空間に収納された第 1 集光レンズ 7 と、前記軸受部空間に設けた第 2 集光レンズ 8 と、前記第 1 集光レンズ又は前記第 2 集光レンズの焦点位置に設けた検出パターン 11 と、前記第 1 集光レンズ又は前記第 2 集光レンズの焦点位置に設けたイメージセンサ 12 と、該イメージセンサからの信号に基づき前記回転軸の角度変位を演算する演算装置 14 とを具備し、前記検出パターンは、角度検出パターンと、基準指示パターンとを有し、前記演算装置は、前記検出パターンの投影像について前記角度検出パターンの中心を中心として前記トラックを所定の半径で全周スキャンして周波成分を抽出すると共に、前記回転軸の角度変位を、前記周波成分の位相差と前記基準指示パターンの位置変化に相当する周波の数に基づき演算する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転軸に形成された軸部空間と、軸受部に形成された軸受部空間と、前記軸部空間に収納された第 1 集光レンズと、前記軸受部空間に設けられ前記第 1 集光レンズと対向して設けられた第 2 集光レンズと、前記第 1 集光レンズ又は前記第 2 集光レンズのいずれか一方の焦点位置に設けられた検出パターンと、前記第 1 集光レンズ又は前記第 2 集光レンズのいずれか他方の焦点位置に設けられたイメージセンサと、該イメージセンサからの信号に基づき前記回転軸の角度変位を演算する演算装置とを具備し、前記検出パターンは、半径方向に延びる棒状の線分が所定角度ピッチで配置されてリング状のトラックが形成された角度検出パターンと、該角度検出パターンの基準位置を示す基準指示パターンとを有し、前記演算装置は、前記イメージセンサで得られる前記検出パターンの投影像について前記角度検出パターンの中心を中心として前記トラックを所定の半径で全周スキャンして周波成分を抽出すると共に、前記基準指示パターンをスキャンして、前記回転軸の角度変位を、前記周波成分の位相差と前記基準指示パターンの位置変化に相当する周波の数に基づき演算することを特徴とする回転角検出装置。

10

【請求項 2】

前記角度検出パターンの線分は、前記トラックを $2n$ 数の半径で等角度ピッチで分割して得られ、楔形状を有する請求項 1 の回転角検出装置。

【請求項 3】

前記検出パターンは前記角度検出パターンと同心の円パターンを有し、前記演算装置は、前記円パターンの投影像を直交する 2 方向にスキャンして前記角度検出パターンの中心を求める請求項 1 の回転角検出装置。

20

【請求項 4】

前記トラックを偶数等分に分割し、それぞれの分割部分で各線分の周波数成分の位相の平均を求め、対向する分割部分間での位相差から前記角度検出パターンの中心を検出する請求項 1 の回転角検出装置。

【請求項 5】

前記全周スキャンは、半径を異ならせ複数回行う請求項 1 ~ 請求項 4 の内いずれかの回転角検出装置。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、高精度に回転角を検出する回転角検出装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

産業機械、測量機等では、回転部に回転角を検出する回転角検出装置が設けられ、近年、これらの機械、装置には高精度で、而も小型の回転角検出装置が要求されている。

【0003】

一般的に、測量装置に用いられる回転角検出装置としては、エンコーダが用いられており、高精度のエンコーダは高価である。又、回転軸の回転精度を要求精度にするには、部品単体の加工精度を管理するだけでは難しく、回転軸、軸受部の組立て状態での微調整、精密仕上げが必要であり、非常に高価なものとなっている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2009 - 156773 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 5004 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

50

本発明は斯かる実情に鑑み、小型で簡単な構成の回転角検出装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、回転軸に形成された軸部空間と、軸受部に形成された軸受部空間と、前記軸部空間に収納された第1集光レンズと、前記軸受部空間に設けられ前記第1集光レンズと対向して設けられた第2集光レンズと、前記第1集光レンズ又は前記第2集光レンズのいずれか一方の焦点位置に設けられた検出パターンと、前記第1集光レンズ又は前記第2集光レンズのいずれか他方の焦点位置に設けられたイメージセンサと、該イメージセンサからの信号に基づき前記回転軸の角度変位を演算する演算装置とを具備し、前記検出パターンは、半径方向に延びる棒状の線分が所定角度ピッチで配置されてリング状のトラックが形成された角度検出パターンと、該角度検出パターンの基準位置を示す基準指示パターンとを有し、前記演算装置は、前記イメージセンサで得られる前記検出パターンの投影像について前記角度検出パターンの中心を中心として前記トラックを所定の半径で全周スキャンして周波成分を抽出すると共に、前記基準指示パターンをスキャンして、前記回転軸の角度変位を、前記周波成分の位相差と前記基準指示パターンの位置変化に相当する周波の数に基づき演算する回転角検出装置に係るものである。

10

【0007】

又本発明は、前記角度検出パターンの線分は、前記トラックを $2n$ 数の半径で等角度ピッチで分割して得られ、楔形状を有する回転角検出装置に係るものである。

20

【0008】

又本発明は、前記検出パターンは前記角度検出パターンと同心の円パターンを有し、前記演算装置は、前記円パターンの投影像を直交する2方向にスキャンして前記角度検出パターンの中心を求める回転角検出装置に係るものである。

【0009】

又本発明は、前記トラックを偶数等分に分割し、それぞれの分割部分で各線分の周波数成分の位相の平均を求め、対向する分割部分間での位相差から前記角度検出パターンの中心を検出する回転角検出装置に係るものである。

【0010】

又本発明は、前記全周スキャンは、半径を異ならせ複数回行う回転角検出装置に係るものである。

30

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、回転軸に形成された軸部空間と、軸受部に形成された軸受部空間と、前記軸部空間に収納された第1集光レンズと、前記軸受部空間に設けられ前記第1集光レンズと対向して設けられた第2集光レンズと、前記第1集光レンズ又は前記第2集光レンズのいずれか一方の焦点位置に設けられた検出パターンと、前記第1集光レンズ又は前記第2集光レンズのいずれか他方の焦点位置に設けられたイメージセンサと、該イメージセンサからの信号に基づき前記回転軸の角度変位を演算する演算装置とを具備し、前記検出パターンは、半径方向に延びる棒状の線分が所定角度ピッチで配置されてリング状のトラックが形成された角度検出パターンと、該角度検出パターンの基準位置を示す基準指示パターンとを有し、前記演算装置は、前記イメージセンサで得られる前記検出パターンの投影像について前記角度検出パターンの中心を中心として前記トラックを所定の半径で全周スキャンして周波成分を抽出すると共に、前記基準指示パターンをスキャンして、前記回転軸の角度変位を、前記周波成分の位相差と前記基準指示パターンの位置変化に相当する周波の数に基づき演算するので、パターンの歪み、線分の形状誤差、照明斑、画素の感度の相違、量子化誤差が相殺及び平均化される為、小型で而も高精度な構成とすることができる。

40

【0012】

又本発明によれば、前記角度検出パターンの線分は、前記トラックを $2n$ 数の半径で等

50

角度ピッチで分割して得られ、楔形状を有するので、全周スキャンして得られる信号は、半径の相違に拘らず同等の信号が取得できる。

【 0 0 1 3 】

又本発明によれば、前記検出パターンは前記角度検出パターンと同心の円パターンを有し、前記演算装置は、前記円パターンの投影像を直交する2方向にスキャンして前記角度検出パターンの中心を求めるので、物理的に中心を測定することなく、信号処理で簡単に中心位置を検出でき、又測定中等任意の時点で中心を測定可能である。

【 0 0 1 4 】

又本発明によれば、前記トラックを偶数等分に分割し、それぞれの分割部分で各線分の周波数成分の位相の平均を求め、対向する分割部分間での位相差から前記角度検出パターンの中心を検出するので、パターンの歪み、線分の形状誤差等が平均化され、高精度に中心位置を検出することができる。

【 0 0 1 5 】

又本発明によれば、前記全周スキャンは、半径を異ならせ複数回行うので、パターンの歪み、線分の形状誤差、照明斑の影響はより平均化され、更に異なる画素を使用するので、画素の感度の相違等量子化誤差も平均化され、精度が向上するという優れた効果を発揮する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 6 】

【 図 1 】 本発明の実施例に係る回転角検出装置の概略構成図である。

【 図 2 】 本実施例に於ける演算装置の概略構成図である。

【 図 3 】 本実施例に使用される検出パターンの一例を示す図である。

【 図 4 】 本実施例の角度検出及び中心検出のフローチャートである。

【 図 5 】 本実施例の回転角検出のフローチャートである。

【 図 6 】 前記検出パターンによる角度検出を行う場合のスキャンの状態を示す説明図である。

【 図 7 】 前記検出パターンにより得られる信号の波形図であり、(A) は角度検出パターンからの信号、(B) は基準指示パターンからの信号を示す。

【 図 8 】 前記角度検出パターンにより中心位置を求める場合の説明図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 7 】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施例を説明する。

【 0 0 1 8 】

先ず、図 1 に於いて、本発明の実施例に係る回転角検出装置について説明する。

【 0 0 1 9 】

図 1 中、1 は回転角度の測定対象である回転軸であり、該回転軸 1 は軸受 2 を介して軸受部 3 に回転自在に支持されている。

【 0 0 2 0 】

前記回転軸 1 の端部には、該回転軸 1 の軸心と同心に円柱状の軸部空間 4 が形成され、軸端部は中空構造となっている。前記軸受部 3 には前記軸部空間 4 の軸心の延長上に軸受部空間 5 が形成される。該軸受部空間 5 は、前記軸部空間 4 と同心で該軸部空間 4 と連続する空間である。前記軸部空間 4 と前記軸受部空間 5 に回転角検出装置 6 の主要な構成要素が収納される。

【 0 0 2 1 】

前記軸部空間 4 に第 1 集光レンズ 7 が設けられ、前記軸受部空間 5 に第 2 集光レンズ 8 が設けられる。前記第 1 集光レンズ 7、前記第 2 集光レンズ 8 の倍率は、それぞれ 1 倍であり、同一の焦点距離を有している。

【 0 0 2 2 】

前記第 1 集光レンズ 7、前記第 2 集光レンズ 8 はそれぞれ光軸 9 a, 9 b を有し、該光軸 9 a は前記回転軸 1 の軸心と略合致し、前記光軸 9 b は前記軸受部空間 5 の軸心と略合

10

20

30

40

50

致している。

【0023】

前記軸部空間4の底部には、検出パターン11が設けられ、該検出パターン11は前記第1集光レンズ7の焦点位置に位置している。又、前記軸受部空間5にはイメージセンサ12が設けられ、該イメージセンサ12は前記第2集光レンズ8の焦点距離に位置している。前記イメージセンサ12は、温度上昇した状態でも熱歪みが生じない様に保持されていることが好ましい。

【0024】

前記軸受部空間5、又は前記軸部空間4の適宜箇所には前記検出パターン11を照明する為の発光部が設けられる。図示では、一例として、前記軸部空間4の底部に設けられ前記検出パターン11を照明する発光部13を示している。

10

【0025】

前記検出パターン11の基準形状は円形であり、その直径は5mm~10mm程度である。又、該検出パターン11が形成される部材の材質は、前記回転軸1の材質、前記軸受部3の材質と同じ、又は同等、或は熱膨張率が同じ又は同等であることが好ましい。

【0026】

前記イメージセンサ12としては、画素の集合体であるCCD、或はCMOSセンサ等が用いられる。前記光軸9bは、前記イメージセンサ12に想定した座標系の原点を通して設定され、各画素は前記イメージセンサ12上で位置(座標位置)が特定できる様になっている。

20

【0027】

該イメージセンサ12からの受光信号は、演算装置14に入力され、該演算装置14は受光信号に基づき前記回転軸1の回転角、該回転軸1の傾斜(傾斜角)による芯ブレを測定する様に構成されている。

【0028】

前記軸部空間4と前記軸受部空間5に収納される前記検出パターン11、前記第1集光レンズ7、前記第2集光レンズ8、前記イメージセンサ12等は、回転角検出装置6の主要部を構成する。又、前記第1集光レンズ7、前記第2集光レンズ8は前記検出パターン11の投影像を前記イメージセンサ12に結像する回転角検出用光学系10を構成する。

【0029】

尚、前記検出パターン11を前記軸受部空間5に設け、前記イメージセンサ12を前記軸部空間4に設けてもよい。

30

【0030】

図2に示される様に、前記演算装置14は、主に、信号処理部16、演算制御部17、角度検出部18、芯ブレ検出部19、記憶部20等から構成される。

【0031】

前記信号処理部16は、前記イメージセンサ12から出力されるデータを増幅し、或はA/D変換する等、格納可能な様に信号処理する。

【0032】

前記記憶部20には、前記イメージセンサ12からの信号取得を制御する制御プログラム、前記回転軸1の回転角を検出する為の回転角演算プログラム、前記回転軸1の芯ブレを検出する為の芯ブレ演算プログラム、回転角を検出する為、芯ブレを検出する為に必要な信号を抽出する等の信号処理を行う信号処理プログラム等が格納されている。又、前記記憶部20には、前記イメージセンサ12から出力される画像データ、及び演算で得られるデータ等(後述)が格納される。

40

【0033】

前記演算制御部17は、プログラムに基づき演算制御し、前記イメージセンサ12からの信号取得の同期制御等を行い、又プログラムを実行する。

【0034】

前記角度検出部18は、前記イメージセンサ12からの信号に基づき前記回転軸1の回

50

転角を演算し、主に前記回転角演算プログラム、前記演算制御部 17 によって構成される。又、前記芯ブレ検出部 19 は、前記イメージセンサ 12 からの信号に基づき前記回転軸 1 の芯ブレを演算し、主に前記芯ブレ演算プログラム、前記演算制御部 17 によって構成される。

【0035】

次に、図 3 により、本実施例で使用される検出パターン 11 の一例を説明する。

【0036】

該検出パターン 11 の基本形状は円であり、該検出パターン 11 の中心は前記第 1 集光レンズ 7 の光軸、即ち前記光軸 9a に略合致する様に構成されている。

【0037】

前記検出パターン 11 は、中心部に芯出しパターンとしての円パターン 25、角度検出用のパターンとして前記円パターン 25 の周囲に、該円パターン 25 と同心に配設された角度検出パターン 26 及び基準指示パターン 27 から構成されている。前記円パターン 25 は所定の線幅で描かれた複数の真円（図示では 2 つの同心多重円）である。尚、芯出しパターンは中心が求められるパターンであればよく、例えば十字線であってもよい。

【0038】

前記角度検出パターン 26 は、半径方向に延びる所定長さの線分 26a（図中、黒く塗り潰した部分）が等角度ピッチで全周に n 配置された構成であり、又該線分 26a によってリング状のトラックが形成される。換言すると、前記角度検出パターン 26 は、所定のトラック幅（半径方向に所定長さ）を有するリングを $2n$ 数の半径によって全周 $2n$ 等分し、隔列毎に線分 26a を形成したものである。従って前記線分 26a は楔形状となっており、 $360^\circ / 2n$ の中心角 α を有している。又、前記角度検出パターン 26 の中心は、前記円パターン 25 の中心と同一である。

【0039】

前記基準指示パターン 27 は、前記角度検出パターン 26 の内側に形成され、該角度検出パターン 26 と同心であり、半径方向に所定の幅を有する円弧形状をしている。又前記基準指示パターン 27 は、円周方向に複数のパターンに分割され、1 つの位置指示パターン 27a と、該位置指示パターン 27a の両側に配置された一対の方向指示パターン 27b とから構成されている。

【0040】

前記位置指示パターン 27a は前記線分 26a と同一の中心角を有し、又前記位置指示パターン 27a は前記線分 26a の 1 つと同一半径線上に位置する。

【0041】

前記方向指示パターン 27b は前記位置指示パターン 27a に関して、対称の位置、対称の形状となっており、3 個分の前記線分 26a に掛渡る周方向の長さ（中心角 5α ）を有する。尚、前記方向指示パターン 27b の幅（周方向の長さ）は、前記線分 26a の 3 個分に限られるものではなく、前記線分 26a の幅と異なっていればよい。

【0042】

尚、前記検出パターン 11 が反射型の場合、前記線分 26a、前記位置指示パターン 27a、前記方向指示パターン 27b は、光を非反射とし、他の部分を反射としてもよく、或は前記線分 26a、前記位置指示パターン 27a、前記方向指示パターン 27b を反射、他の部分を非反射としてもよい。

【0043】

或は、前記検出パターン 11 が透過型の場合、前記線分 26a、前記位置指示パターン 27a、前記方向指示パターン 27b は、光を透過、他の部分を非透過としてもよく、又は前記線分 26a、前記位置指示パターン 27a、前記方向指示パターン 27b を非透過、他の部分を透過としてもよい。

【0044】

以下の説明では、前記検出パターン 11 が透過型で、前記線分 26a、前記位置指示パターン 27a、前記方向指示パターン 27b を非透過として説明している。

【 0 0 4 5 】

以下、上記回転角検出装置 6 の作用について説明する。

【 0 0 4 6 】

該回転角検出装置 6 に於いては、回転角の検出と、回転に伴う芯ブレ（回転軸の倒れ）とを検出することができる。

【 0 0 4 7 】

前記検出パターン 1 1 は、前記第 1 集光レンズ 7、前記第 2 集光レンズ 8 の作用によって前記イメージセンサ 1 2 に 1 : 1 の関係で投影され、該イメージセンサ 1 2 は受光した前記検出パターン 1 1 に対応した信号を発する。

【 0 0 4 8 】

前記回転軸 1 が回転すると、該回転軸 1 と一体に前記検出パターン 1 1 が回転し、回転した検出パターン像が前記イメージセンサ 1 2 に投影される。該イメージセンサ 1 2 は各画素毎に受光信号を発するので、例えば、前記角度検出パターン 2 6 及び前記基準指示パターン 2 7 が移動すると、前記角度検出パターン 2 6 及び前記基準指示パターン 2 7 を受光している画素の位置が変化する。従って、前記イメージセンサ 1 2 からの信号に基づき前記角度検出パターン 2 6 及び前記基準指示パターン 2 7 を受光している画素の位置変化を検出することで、前記回転軸 1 の前記軸受部 3 に対する回転角を検出することができる。

10

【 0 0 4 9 】

又、角度変化した前後の時間差で回転角を微分することで回転速度が検出できる。又、前記角度検出パターン 2 6 の中心位置の変化を検出することでこの時間差での芯ブレが検出できる。

20

【 0 0 5 0 】

図 4 ~ 図 6 を参照して、回転角の検出、芯ブレの検出について説明する。

【 0 0 5 1 】

先ず、STEP : 0 1 ~ STEP : 0 8 に於いて、初期データが取得される。

【 0 0 5 2 】

STEP : 0 1 測定開始前（即ち、初期状態）に前記イメージセンサ 1 2 からの信号が取得され、前記信号処理部 1 6 による信号処理を経て前記検出パターン 1 1 の画像データ（以下パターン画像データと称す）が取得され、該パターン画像データは前記記憶部 2 0 に格納される。

30

【 0 0 5 3 】

格納されている該パターン画像データそれぞれについて、画像信号上（前記記憶部 2 0 に格納されたデータ上）で、走査ライン（スキャンライン）が設定され、走査ラインに沿って走査（スキャン）され、角度検出或は芯ブレ検出に必要なデータが取得される。ここで、該走査ラインは、データ上に設定される仮想ラインであるので、任意の位置に、任意の数だけ設定でき、該走査ラインの数を増やすことで、測定精度を向上させることができる。

【 0 0 5 4 】

尚、図 6 は前記検出パターン画像に於ける円パターン 2 5、角度検出パターン 2 6、基準指示パターン 2 7 と前記走査ラインとの関係を示しており、図 6 中、X、Y は前記イメージセンサ 1 2 上に設定された X 軸、Y 軸を示している。X 軸と Y 軸との交点、即ち X - Y 直交座標の原点は、前記光軸 9 b と合致している。又、図 6 中、前記線分 2 6 a、前記位置指示パターン 2 7 a、前記方向指示パターン 2 7 b は黒塗りを省略している。

40

【 0 0 5 5 】

STEP : 0 2 前記検出パターン 1 1 の中心位置の粗検出が行われる。中心位置の粗検出は、前記円パターン 2 5 に基づき行われる。

【 0 0 5 6 】

前記 X - Y 直交座標の原点を基準として、所定範囲が設定され、更に X 軸、Y 軸と平行に走査ライン 3 7 a、3 7 b が所要本数（図示では 3 本）設定される。該走査ライン 3 7

50

a, 37b に沿って走査され、各走査ライン 37a, 37b 上に位置する画素の信号が取得される。取得された画素の信号に基づき、前記円パターン 25 が検出される。

【0057】

該円パターン 25 を検出することで、円の中心、即ち前記検出パターン 11 の中心位置が、X - Y 直交座標の座標値として求められる。

【0058】

得られた中心位置を中心とする円の走査ライン 38a, 38b, 38c、及び走査ライン 39 が設定される。

【0059】

前記走査ライン 38a, 38b, 38c は同心円であり、前記角度検出パターン 26 上に設定され、半径がそれぞれ $R1 > R2 > R3$ であり、 $R1, R2, R3$ はそれぞれ既知の値である。尚、前記走査ライン 38 は 3 本設定されているが、要求される精度に対応して適宜決定される。又、前記走査ライン 39 は、前記基準指示パターン 27 上に設定される。

10

【0060】

STEP: 03 前記基準指示パターン 27 について前記走査ライン 39 が走査され、該走査ライン 39 について信号が取得される。得られる信号は、図 7 (B) に示されている。前記走査ライン 39 を走査することで、前記基準指示パターン 27 の位置、即ち前記位置指示パターン 27a の位置が求められる。該基準指示パターン 27 の位置は、極座標として取得してもよく、或は前記 X - Y 直交座標に変換して取得してもよい。

20

【0061】

STEP: 04, STEP: 05 前記角度検出パターン 26 について、前記走査ライン 38a, 38b, 38c で全周スキャンし、各走査ライン 38a, 38b, 38c について信号を取得する。

【0062】

前記走査ライン 38a, 38b, 38c をスキャンして得られる信号は、図 7 (A) に示される。スキャンは、1 回転 (360°) 毎に走査ラインが変更され、前記走査ライン 38a から前記走査ライン 38b に、該走査ライン 38b から前記走査ライン 38c に変更されている。各走査ライン 38a, 38b, 38c を各全周スキャンし、得られた結果を平均化することにより、誤差が相殺され高精度な位相が測定される。

30

【0063】

STEP: 06 次に、前記角度検出パターン 26 について領域設定する。尚、領域の設定については、前記走査ライン 38a, 38b, 38c を設定すると同時に設定してもよい。

【0064】

領域設定について、図 8 に一例を示している。

【0065】

STEP: 02 の粗検出による中心位置を基準として、前記角度検出パターン 26 を周方向に偶数等分 (図示では 4 等分) する。2 分割した一方の 180° の範囲に属する分割部分を A1, A2 とし、他方の 180° の範囲に属する分割部分を B1, B2 とし、更に前記分割部 A1 と前記分割部 B1、前記分割部 A2 と前記分割部 B2 とをそれぞれ対向させる。従って、対応する分割部分は、それぞれ位相が 180° ずれている。上記した、各分割部分を 1 領域とする。

40

【0066】

STEP: 07 先ず、前記走査ライン 38a に沿って全周走査し、得られた信号の内、各分割部分に属する線分 26a の信号を取得する。

【0067】

全ての走査ライン 38a, 38b, 38c で得た分割部分の周波数の平均波形信号を更に平均することで、高精度の波形が得られる。

【0068】

50

STEP : 08 上記分割部分について、平均化した波形、位相を取得することで、各分割部分について平均化した分割部分の中心位置を取得でき、更に、分割部分の中心位置の極座標を座標変換することで、前記分割部分の中心位置の X - Y 直交座標での座標位置が得られる。

【0069】

例えば、図8を参照すると、前記分割部A1、前記分割部B1、前記分割部A2、前記分割部B2の各分割部分の X - Y 直交座標上での中心位置がそれぞれ演算で求められる。

【0070】

前記分割部A1の中心と前記分割部B1の中心とを結ぶ直線（Y中心線）、及び前記分割部A2の中心と前記分割部B2の中心とを結ぶ直線（X中心線）が得られる。X中心線の中心位置（X中心線の中点）、Y中心線の中心位置（Y中心線の中点）が、それぞれ前記検出パターン11の中心位置となり、直交座標（X - Y直交座標系の座標位置）上での座標位置が演算される。

10

【0071】

該得られた検出パターン11の高精度の中心位置は、初期中心座標として前記記憶部20に格納される。

【0072】

尚、X中心線、Y中心線は下記式により表される。

$X \text{ 中心線} = [\phi(A1) - \phi(B1)] / 2$

$Y \text{ 中心線} = [\phi(A2) - \phi(B2)] / 2$

20

【0073】

初期状態での初期基準位置、初期波形、初期位相、初期中心位置が取得されると、前記回転軸1の回転角が測定される。

【0074】

回転角の検出について、図5を参照して説明する。

【0075】

STEP : 31、STEP : 32 前記回転軸1が所要角度回転した状態で、上記STEP : 01 ~ STEP : 08を実行し、回転後のデータ、即ち基準位置、波形、位相、前記検出パターン11の中心位置を求める。

【0076】

30

STEP : 33 前記基準指示パターン27の初期基準位置と回転後基準位置とから粗回転角度を求める。粗回転角度は、初期基準位置と回転後基準位置との間に存在する前記線分26aの数N（即ち初期基準位置と回転後基準位置との間に存在する周波の数）に $360^\circ / n$ を掛けることで求められる。

【0077】

STEP : 34 初期位相と回転後位相に基づき精密回転角度を求める。初期位相と回転後位相から位相差 σ が求められる。この位相差 σ に $360^\circ / n$ を掛けることで位相差に対応する角度偏差が求められる。従って、精密回転角度は、

$N \times 360^\circ / n + \sigma \times 360^\circ / n$ となる。

【0078】

40

STEP : 35 前記検出パターン11の初期中心位置の座標と回転後中心位置の座標を比較することで、ずれ量、ずれ方向を算出でき、得られたずれ量、ずれ方向に基づき測定した回転角を補正することで回転の偏心、芯ブレを考慮した高精度の角度測定ができる。即ち、前記回転軸1に芯ブレがあったとしても高精度の角度測定が実行できる。

【0079】

尚、初期状態の中心位置が前記光軸9bの光軸、即ち前記 X - Y 直交座標に合致していない場合は、前記回転軸1が1回転した場合の芯ブレの情報を予め取得しておくことで、やはり高精度の角度測定が実行できる。

【0080】

前記回転軸1を所定角度ピッチで 360° 回転させ、各角度ピッチでの前記検出パター

50

ン 1 1 の中心位置（中心座標）を求める。

【 0 0 8 1 】

前記検出パターン 1 1 が前記光軸 9 a に対して偏心し、或は前記回転軸 1 が前記軸受部 3 に対して芯ブレが有る場合は、前記検出パターン 1 1 の中心位置は前記光軸 9 b に合致せず、中心位置の軌跡は円又は楕円（以下偏心円と称す）となる。

【 0 0 8 2 】

然し、得られる偏心円は、機構上再現性が高く、前記回転軸 1 の回転位置（回転角）が分れば、芯ブレの方向、量を前記偏差の軌跡によって正確に把握することができる。従って、予め偏心円を補正情報として取得しておけば、測定角度を補正することができ、芯ブレを有する回転軸であっても、高精度で角度測定が可能である。即ち、前記回転軸 1 を高精度に芯合せする必要が無くなり、製作費の低減が図れる。

10

【 0 0 8 3 】

上記した様に、偏心円の再現性は高いので、一度偏心円のデータを取得しておけば、前記 S T E P : 3 5 の工程は省略できる。

【 符号の説明 】

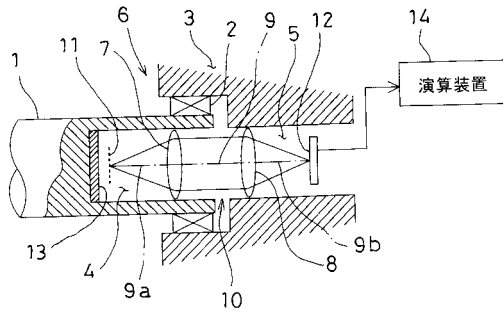
【 0 0 8 4 】

1	回転軸
2	軸受
3	軸受部
7	第 1 集光レンズ
8	第 2 集光レンズ
9	光軸
1 0	回転角検出用光学系
1 1	検出パターン
1 2	イメージセンサ
1 3	発光部
1 4	演算装置
1 6	信号処理部
1 7	演算制御部
1 8	角度検出部
1 9	芯ブレ検出部
2 0	記憶部
2 5	円パターン
2 6	角度検出パターン
2 7	基準指示パターン
3 7	走査ライン
3 8	走査ライン
3 9	走査ライン

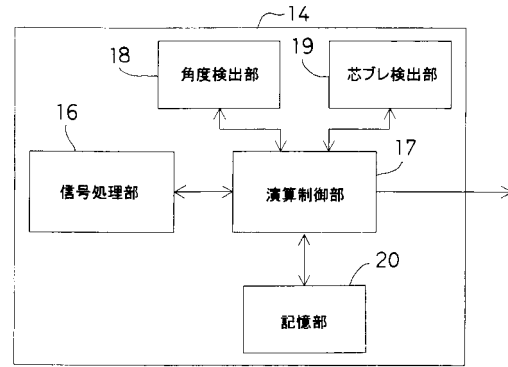
20

30

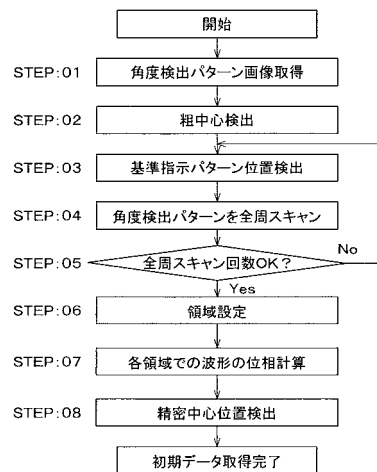
【図 1】



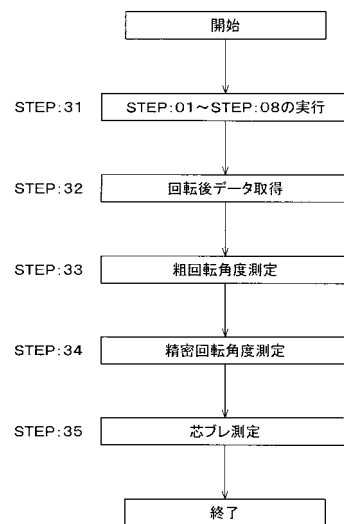
【図 2】



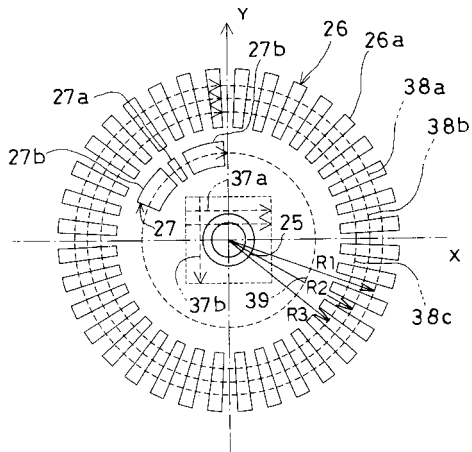
【図 4】



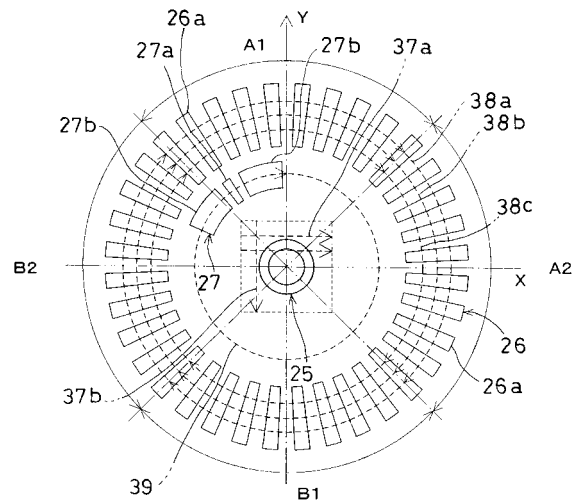
【図 5】



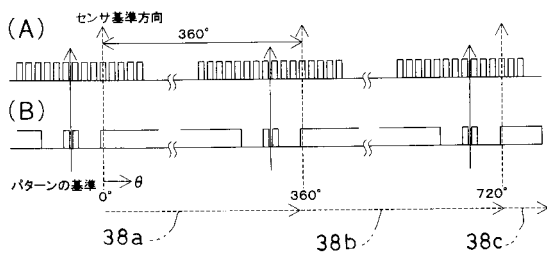
【図 6】



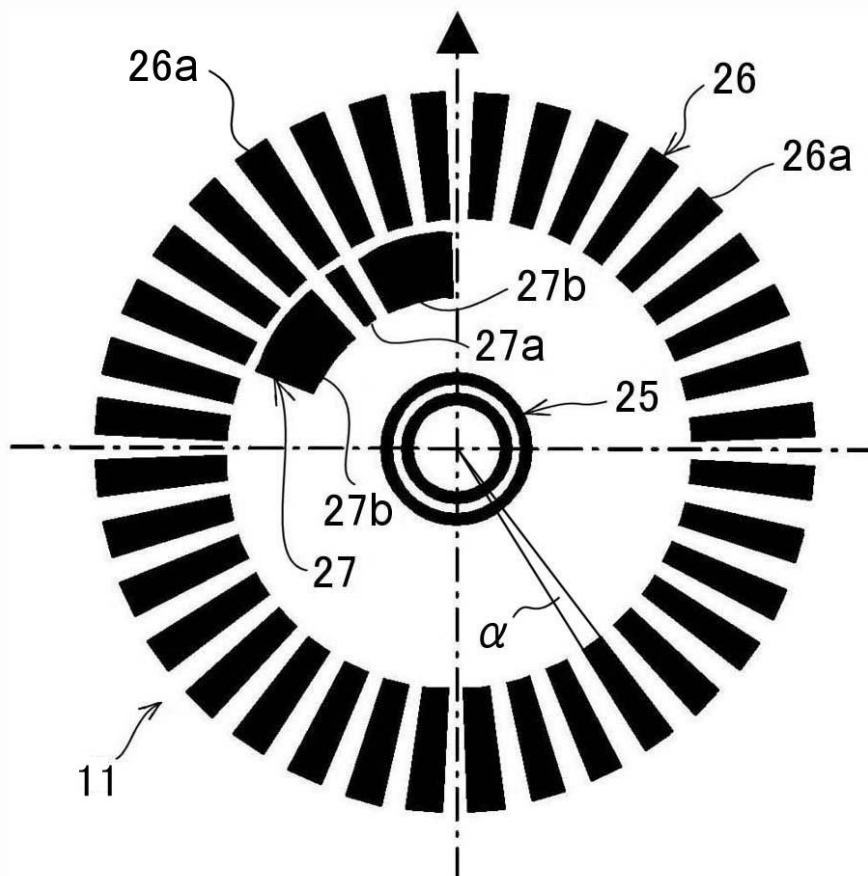
【図 8】



【図 7】



【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 大佛 一毅

東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内

F ターム(参考) 2F103 BA01 BA02 BA05 BA06 BA07 BA08 BA32 BA37 BA44 CA01
CA02 CA03 CA06 DA01 DA13 EA04 EA12 EB14 EC04 ED11
ED27 ED35 FA01 FA18 GA04