

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5996271号  
(P5996271)

(45) 発行日 平成28年9月21日(2016.9.21)

(24) 登録日 平成28年9月2日(2016.9.2)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 1 D 5/26 (2006.01)** GO 1 D 5/26 K  
**GO 1 D 5/36 (2006.01)** GO 1 D 5/36 W

請求項の数 13 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2012-121496 (P2012-121496)	(73) 特許権者	000220343
(22) 出願日	平成24年5月29日 (2012.5.29)		株式会社トプコン
(65) 公開番号	特開2013-246110 (P2013-246110A)		東京都板橋区蓮沼町75番1号
(43) 公開日	平成25年12月9日 (2013.12.9)	(74) 代理人	100083563
審査請求日	平成27年4月1日 (2015.4.1)		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OT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】 回転角検出装置及び測量装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸受部と、該軸受部に回転可能に支持された回転軸と、該回転軸に形成された軸部空間と、前記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角度検出パターンと、前記軸受部空間に設けられた参照用パターンと、前記軸受部空間に設けられたイメージセンサと、前記軸部空間及び前記軸受部空間に掛渡り、前記角度検出パターンの投影像と、前記参照用パターンの投影像を前記イメージセンサに結像する光学系と、前記角度検出パターンの投影像と前記参照用パターンの投影像とを択一的に前記イメージセンサに投影させる受光切替え手段と、前記イメージセンサからの信号に基づき前記回転軸の回転角を演算する演算装置とを具備し、該演算装置は前記参照用パターンを受光した前記イメージセンサからの信号と前記角度検出パターンを受光した前記イメージセンサからの信号との偏差に基づき前記回転軸の回転角を検出することを特徴とする回転角検出装置。

【請求項2】

前記演算装置は、測定時毎に、前記イメージセンサから前記参照用パターンを受光した信号と前記角度検出パターンを受光した信号とを取得する請求項1の回転角検出装置。

【請求項3】

前記演算装置は、前記参照用パターンを受光した前記イメージセンサからの信号と前記角度検出パターンを受光した前記イメージセンサからの信号との偏差に基づき前記回転軸の芯ブレを検出する請求項1又は請求項2の回転角検出装置。

【請求項4】

前記角度検出パターン、前記参照用パターンは、半径方向に延びる線分が所定角度ピッチで全周に配置され、前記線分によって構成されたリング状のトラックを有する線分パターンを有する請求項 1 ~ 請求項 3 の内いずれかの回転角検出装置。

【請求項 5】

前記角度検出パターン及び前記参照用パターンは、それぞれ中心位置を示す芯出しパターンを有する請求項 1 ~ 請求項 3 の内いずれかの回転角検出装置。

【請求項 6】

前記角度検出パターン及び前記参照用パターンは、それぞれ中心位置を示す芯出しパターンを有する請求項 4 の回転角検出装置。

【請求項 7】

前記演算装置は、前記イメージセンサからの信号を格納する記憶部を有し、前記演算装置は、記憶された角度検出パターン像及び参照用パターン像の前記線分パターン上にそれぞれ同心円の第 1 走査ラインを少なくとも 1 つ設定し、又前記角度検出パターン像及び参照用パターン像の基準指示パターンの上に同心円の第 2 走査ラインを設定し、前記第 1 走査ライン上を走査して得られた信号に基づき及び前記第 2 走査ライン上を走査して得られた信号に基づきそれぞれ前記角度検出パターン像及び前記参照用パターン像間での偏差を求め、両偏差に基づき前記回転軸の回転角を検出する請求項 4 又は請求項 6 の回転角検出装置。

【請求項 8】

前記角度検出パターン像及び前記参照用パターン像間の回転角は、2 つの像の基準指示パターン間に存在する線分の数と、2 つの像の線分間の位相差に基づき演算される請求項 7 の回転角検出装置。

【請求項 9】

前記位相差は、所要数の線分について求めた位相差の平均である請求項 8 の回転角検出装置。

【請求項 10】

前記演算装置は、前記角度検出パターンに円周方向に少なくとも 90° 毎の分割部分を設定し、180° 異なる 2 つの分割部分の組と、該組と直交関係にあるもう一つの分割部分の組に分け、一方の分割部分の組の中心を他方の分割部分の組を走査して得られる位相差の半分の値から求める請求項 7 の回転角検出装置。

【請求項 11】

前記演算装置は、事前に前記回転軸を所定角度ピッチで回転し、所定角度回転毎に前記角度検出パターンによりパターン中心を求め、更に該パターン中心と前記参照用パターンの中心との偏差を求め、前記パターン中心の偏差の軌跡により得られる偏心円を取得し、角度測定時の芯ブレは該偏心円と前記角度検出パターンにより得られる中心との偏差により測定する請求項 10 の回転角検出装置。

【請求項 12】

前記演算装置は、事前に前記回転軸を所定角度ピッチで回転し、所定角度回転毎に前記角度検出パターン及び前記参照用パターンにより両パターン中心を求め、更に両パターン中心の偏差を求め、該両パターン中心の偏差の軌跡により得られる偏心円を取得し、角度測定時の芯ブレは、各測定時毎に前記角度検出パターンにより得られる中心と、前記参照用パターンにより得られる中心との差と前記偏心円との偏差により測定する請求項 10 の回転角検出装置。

【請求項 13】

基台部と、該基台部に鉛直軸心を有する第 1 回転軸を介して回転可能に設けられた架台と、該架台に水平軸心を有する第 2 回転軸を介して回転可能に設けられた望遠鏡部と、前記第 1 回転軸と前記基台部との間に設けられ、請求項 1 の構成を有する第 1 回転角検出装置と、前記第 2 回転軸と前記架台との間に設けられ、請求項 1 の構成を有する第 2 回転角検出装置とを具備することを特徴とする測量装置。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、回転角度を検出する回転角検出装置及び該回転角検出装置を使用した測量装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

回転角度を検出するものとして回転角検出装置があり、該回転角検出装置は測量機に於ける高低角、水平角を検出する場合の角度検出器として用いられている。

## 【0003】

近年の測定装置の小型化、高精度化が要求され、更に低コスト化が要求されている。

10

## 【0004】

例えば、回転角検出装置が用いられている測量装置として、トータルステーションが有り、トータルステーションでは測定対象迄の距離、及び測定対象の高低角、水平角を測定する。

## 【0005】

トータルステーションの測定誤差の内、角度誤差に起因する測定値の誤差は、角度誤差に測定対象迄の距離を乗じたものであり、距離に比例する。この為、角度精度は秒単位迄要求される。トータルステーションが高価となる要因の1つとして、角度検出精度、回転精度が高精度に要求されることが挙げられる。

## 【0006】

20

従来、測量装置に用いられる回転角検出装置としては、高精度のエンコーダが用いられているが、エンコーダを構成する部品の精度や組立て後の安定性が問題となり、高精度のエンコーダは高価である。又、角度誤差は、エンコーダ自体の製作誤差、検出誤差の他に、回転軸のブレによる回転誤差によっても生ずるので、角度検出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る。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0007】

【特許文献1】特開2009-156773号公報

30

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0008】

本発明は斯かる実情に鑑み、簡単な構成で角度検出を可能とした回転角検出装置及び該回転角検出装置を用いた測量装置を提供するものである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

本発明は、軸受部と、該軸受部に回転可能に支持された回転軸と、該回転軸に形成された軸部空間と、前記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角度検出パターンと、前記軸受部空間に設けられた参照用パターンと、前記軸受部空間に設けられたイメージセンサと、前記軸部空間及び前記軸受部空間に掛渡り、前記角度検出パターンの投影像と、前記参照用パターンの投影像を前記イメージセンサに結像する光学系と、前記角度検出パターンの投影像と前記参照用パターンの投影像とを択一的に前記イメージセンサに投影させる受光切替え手段と、前記イメージセンサからの信号に基づき前記回転軸の回転角を演算する演算装置とを具備し、該演算装置は前記参照用パターンを受光した前記イメージセンサからの信号と前記角度検出パターンを受光した前記イメージセンサからの信号との偏差に基づき前記回転軸の回転角を検出する回転角検出装置に係るものである。

40

## 【0010】

又本発明は、前記演算装置は、測定時毎に、前記イメージセンサから前記参照用パター

50

ンを受光した信号と前記角度検出パターンを受光した信号とを取得する回転角検出装置に係るものである。

【0011】

又本発明は、前記演算装置は、前記参照用パターンを受光した前記イメージセンサからの信号と前記角度検出パターンを受光した前記イメージセンサからの信号との偏差に基づき前記回転軸の芯ブレを検出する回転角検出装置に係るものである。

【0012】

又本発明は、前記角度検出パターン、前記参照用パターンは、半径方向に延びる線分が所定角度ピッチで全周に配置され、前記線分によって構成されたリング状のトラックを有する線分パターンを有する回転角検出装置に係るものである。

10

【0013】

又本発明は、前記角度検出パターン及び前記参照用パターンは、それぞれ中心位置を示す芯出しパターンを有する回転角検出装置に係るものである。

【0014】

又本発明は、前記演算装置は、前記イメージセンサからの信号を格納する記憶部を有し、前記演算装置は、記憶された角度検出パターン像及び参照用パターン像の前記線分パターン上にそれぞれ同心円の第1走査ラインを少なくとも1つ設定し、又前記角度検出パターン像及び参照用パターン像の基準指示パターン上に同心円の第2走査ラインを設定し、該走査ライン上を走査して得られた信号に基づき及び前記基準指示パターン上を走査して得られた信号に基づきそれぞれ前記角度検出パターン像及び前記参照用パターン像間の偏差を求め、両偏差に基づき前記回転軸の回転角を検出する回転角検出装置に係るものである。

20

【0015】

又本発明は、前記角度検出パターン像及び前記参照用パターン像間の回転角は、2つの像の基準指示パターン間に存在する線分の数と、2つの像の線分間の位相差に基づき演算される回転角検出装置に係るものである。

【0016】

又本発明は、前記位相差は、所要数の線分について求めた位相差の平均である回転角検出装置に係るものである。

【0017】

又本発明は、前記演算装置は、前記角度検出パターンに円周方向に少なくとも90°毎の分割部分を設定し、180°異なる2つの分割部分の組と、該組と直交関係にあるもう一つの分割部分の組に分け、一方の分割部分の組の中心を他方の分割部分の組を走査して得られる位相差の半分の値から求める回転角検出装置に係るものである。

30

【0018】

又本発明は、前記演算装置は、事前に前記回転軸を所定角度ピッチで回転し、所定角度回転毎に前記角度検出パターンによりパターン中心を求め、更に該パターン中心と前記参照用パターンの中心との偏差を求め、前記パターン中心の偏差の軌跡により得られる偏心円を取得し、角度測定時の芯ブレは該偏心円と前記角度検出パターンにより得られる中心との偏差により測定する回転角検出装置に係るものである。

40

【0019】

又本発明は、前記演算装置は、事前に前記回転軸を所定角度ピッチで回転し、所定角度回転毎に前記角度検出パターン及び前記参照用パターンにより両パターン中心を求め、更に両パターン中心の偏差を求め、該両パターン中心の偏差の軌跡により得られる偏心円を取得し、角度測定時の芯ブレは、各測定時毎に前記角度検出パターンにより得られる中心と、前記参照用パターンにより得られる中心との差と前記偏心円との偏差により測定する回転角検出装置に係るものである。

【0020】

又本発明は、基台部と、該基台部に鉛直軸心を有する第1回転軸を介して回転可能に設けられた架台と、該架台に水平軸心を有する第2回転軸を介して回転可能に設けられた望

50

遠鏡部と、前記第1回転軸と前記基台部との間に設けられ、前記回転角検出装置と同等の構成を有する第1回転角検出装置と、前記第2回転軸と前記架台との間に設けられ、前記回転角検出装置と同等の構成を有する第2回転角検出装置とを具備する測量装置に係るものである。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、軸受部と、該軸受部に回転可能に支持された回転軸と、該回転軸に形成された軸部空間と、前記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角度検出パターンと、前記軸受部空間に設けられた参照パターンと、前記軸受部空間に設けられたイメージセンサと、前記軸部空間及び前記軸受部空間に掛渡り、前記角度検出パターンの投影像と、前記参照パターンの投影像を前記イメージセンサに結像する光学系と、前記角度検出パターンの投影像と前記参照パターンの投影像とを択一的に前記イメージセンサに投影させる受光切替え手段と、前記イメージセンサからの信号に基づき前記回転軸の回転角を演算する演算装置とを具備し、該演算装置は前記参照パターンを受光した前記イメージセンサからの信号と前記角度検出パターンを受光した前記イメージセンサからの信号との偏差に基づき前記回転軸の回転角を検出するので、イメージセンサの取付精度によらない構成にできる。

10

【0022】

又本発明によれば、前記演算装置は、測定時毎に、前記イメージセンサから前記参照パターンを受光した信号と前記角度検出パターンを受光した信号とを取得するので、温度変化や経時による前記イメージセンサの取付状態の変化が生じても高精度に測定が行える。

20

【0023】

又本発明によれば、前記演算装置は、前記参照パターンを受光した前記イメージセンサからの信号と前記角度検出パターンを受光した前記イメージセンサからの信号との偏差に基づき前記回転軸の芯ブレを検出するので、芯ブレの存在を許容して回転角の検出が行えるので、部品の仕上げ精度、組立て精度を高精度とする必要がなく、コストの低減が図れる。

【0024】

又本発明によれば、前記角度検出パターン及び前記参照パターンは、それぞれ中心位置を示す芯出しパターンを有するので、前記角度検出パターン及び前記参照パターンの中心位置を容易に検出することができる。

30

【0025】

又本発明によれば、前記演算装置は、前記イメージセンサからの信号を格納する記憶部を有し、前記演算装置は、記憶された角度検出パターン像及び参照パターン像の前記線分パターン上にそれぞれ同心円の第1走査ラインを少なくとも1つ設定し、又前記角度検出パターン像及び参照パターン像の基準指示パターン上に同心円の第2走査ラインを設定し、該走査ライン上を走査して得られた信号に基づき及び前記基準指示パターン上を走査して得られた信号に基づきそれぞれ前記角度検出パターン像及び前記参照パターン像間での偏差を求め、両偏差に基づき前記回転軸の回転角を検出するので、パターンピッチを超えた回転角検出が容易に行える。

40

【0026】

又本発明によれば、前記位相差は、所要数の線分について求めた位相差の平均であるので、線分の形状の誤差、明度むら等が平均化される。

【0027】

又本発明によれば、前記演算装置は、前記角度検出パターンに円周方向に少なくとも90°毎の分割部分を設定し、180°異なる2つの分割部分の組と、該組と直交関係にあるもう一つの分割部分の組に分け、一方の分割部分の組の中心を他方の分割部分の組を走査して得られる位相差の半分の値から求めるので、前記角度検出パターン、前記参照パターンが偏心していた場合でも、正確に中心位置を検出することができる。

50

## 【 0 0 2 8 】

又本発明によれば、前記演算装置は、事前に前記回転軸を所定角度ピッチで回転し、所定角度回転毎に前記角度検出パターンによりパターン中心を求め、更に該パターン中心と前記参照用パターンの中心との偏差を求め、前記パターン中心の偏差の軌跡により得られる偏心円を取得し、角度測定時の芯ブレは該偏心円と前記角度検出パターンにより得られる中心との偏差により測定するので、部品誤差、組立て誤差があった場合でも、芯ブレを正確に測定することができる。

## 【 0 0 2 9 】

又本発明によれば、前記演算装置は、事前に前記回転軸を所定角度ピッチで回転し、所定角度回転毎に前記角度検出パターン及び前記参照用パターンにより両パターン中心を求め、更に両パターン中心の偏差を求め、該両パターン中心の偏差の軌跡により得られる偏心円を取得し、角度測定時の芯ブレは、各測定時毎に前記角度検出パターンにより得られる中心と、前記参照用パターンにより得られる中心との差と前記偏心円との偏差により測定するので、部品誤差、組立て誤差があり、イメージセンサが変移した場合でも、芯ブレを正確に測定することができる。

## 【 0 0 3 0 】

又本発明によれば、基台部と、該基台部に鉛直軸心を有する第1回転軸を介して回転可能に設けられた架台と、該架台に水平軸心を有する第2回転軸を介して回転可能に設けられた望遠鏡部と、前記第1回転軸と前記基台部との間に設けられ、前記回転角検出装置と同等の構成を有する第1回転角検出装置と、前記第2回転軸と前記架台との間に設けられ、前記回転角検出装置と同等の構成を有する第2回転角検出装置とを具備するので、高価なエンコーダを使用せず、回転角検出が行え、回転軸、軸受部の組立てにコストが掛らず、製作コストの低減が図れるという優れた効果を発揮する。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 1 】

【 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 】 前記回転角検出装置の照明手段の一例を示す概略図である。

【 図 3 】 本実施例に於ける演算装置の概略構成図である。

【 図 4 】 本実施例に使用される角度検出パターン、参照用パターンの一例を示す図である。

【 図 5 】 本実施例の角度検出のフローチャートである。

【 図 6 】 前記角度検出パターンによる角度検出を行う場合の説明図である。

【 図 7 】 前記角度検出パターンにより得られる信号の波形図であり、( A ) は線分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。

【 図 9 】 本実施例に係る回転角検出装置が用いられた測量装置の一例を示す正面図である。

【 図 1 0 】 該測量装置の断面図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 3 2 】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施例を説明する。

## 【 0 0 3 3 】

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 3 4 】

図 1 中、1 は回転角度が検出される回転軸であり、該回転軸 1 は軸受 2 を介して軸支持部 3 に回転自在に支持されている。

## 【 0 0 3 5 】

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。前記軸支持部 3 には前記回転軸 1 の軸心と同心に軸嵌合孔 5 が形成される。該軸嵌合孔 5 に前記回転軸 1 が前記軸受 2 を介して嵌合されている。

前記軸支持部 3 には収納空間 6 が形成され、該収納空間 6 は、前記軸嵌合孔 5 及び前記軸部空間 4 に連続している。

【 0 0 3 6 】

前記収納空間 6 に光軸 7 が設定され、該光軸 7 は前記回転軸 1 の軸心に合致する様になっており、前記光軸 7 上に、前記回転軸 1 側から角度検出パターン 8、第 1 集光レンズ 9、ハーフミラー 11、第 2 集光レンズ 12、イメージセンサ 13 が配設されている。又、前記ハーフミラー 11 により分岐された分岐光軸 14 上に第 3 集光レンズ 15、参照用パターン 16 が配設されている。

【 0 0 3 7 】

前記角度検出パターン 8、前記第 1 集光レンズ 9 は前記軸部空間 4 内に収納されている。前記第 1 集光レンズ 9 の光軸 7 a は、前記回転軸 1 の軸心と合致し、又該回転軸 1 の軸心が前記光軸 7 に合致した状態（即ち、前記回転軸 1 が前記軸嵌合孔 5 に対して芯ブレ、偏心のない状態）では、前記光軸 7 a は前記光軸 7 と合致する様になっている。

10

【 0 0 3 8 】

前記角度検出パターン 8 は前記第 1 集光レンズ 9 の焦点位置にあり、前記光軸 7 a は前記角度検出パターン 8 の中心を通過する様に、該角度検出パターン 8 と前記第 1 集光レンズ 9 とが設定されている。

【 0 0 3 9 】

前記イメージセンサ 13 は前記第 2 集光レンズ 12 の焦点に保持されている。

【 0 0 4 0 】

20

前記参照用パターン 16 は前記第 3 集光レンズ 15 の焦点に配置されている。前記角度検出パターン 8、前記参照用パターン 16 が形成される部材の材質は、前記回転軸 1 の材質、前記軸支持部 3 の材質と同じ、又は同じ熱膨張率であることが好ましい。

【 0 0 4 1 】

前記第 1 集光レンズ 9 と前記第 3 集光レンズ 15 は同倍率、前記第 2 集光レンズ 12 は前記第 1 集光レンズ 9、前記第 3 集光レンズ 15 と同倍率又は低倍率となっている。例えば、前記第 1 集光レンズ 9 と前記第 3 集光レンズ 15 の倍率は 2 倍、前記第 2 集光レンズ 12 の倍率は 1 倍となっている。従って、前記角度検出パターン 8、前記参照用パターン 16 の像は前記イメージセンサ 13 に縮小されて投影される様になっている。

【 0 0 4 2 】

30

尚、前記角度検出パターン 8、前記参照用パターン 16 の基準形状は円形であり、その直径は 5 mm ~ 10 mm 程度である。又、前記角度検出パターン 8 と前記参照用パターン 16 とは同一パターンであってもよく、異なるものであってもよい。尚、異なる場合は、両パターン間で角度偏差、中心位置の偏差が求められる形状となっていればよい。

【 0 0 4 3 】

前記角度検出パターン 8 の像及び前記参照用パターン 16 の像は、それぞれイメージセンサ 13 に結像される様になっており、更に前記イメージセンサ 13 が前記角度検出パターン 8 の像、前記参照用パターン 16 の像を択一的に受光できる様に受光切替え手段 36（後述）が設けられる。該受光切替え手段 36 としては、前記角度検出パターン 8 と前記参照用パターン 16 を照明する照明手段 19, 20 を個別に設け、該照明手段 19, 20 を択一的に点灯する様に構成する。或は、他の受光切替え手段としては、前記光軸 7 と前記分岐光軸 14 とに掛渡ってシャッタが設けられ、該シャッタによって前記光軸 7 と前記分岐光軸 14 とを択一的に遮断し、光路を切替える構成としてもよい。

40

【 0 0 4 4 】

前記イメージセンサ 13 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 7 は、前記イメージセンサ 13 に想定した座標系（X0 - Y0）の原点を通過する様に設定され、各画素は前記イメージセンサ 13 上で前記光軸 7 を原点として位置（座標）が特定できる様になっている。

【 0 0 4 5 】

前記イメージセンサ 13 からの受光信号は、演算装置 21 に入力され、該演算装置 21

50

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。

【 0 0 4 6 】

前記軸部空間 4 と前記収納空間 6 に、収納される前記角度検出パターン 8、前記第 1 集光レンズ 9、前記ハーフミラー 1 1、前記イメージセンサ 1 3、前記第 3 集光レンズ 1 5、前記参照用パターン 1 6 等は、回転角検出装置 1 8 の主要部を構成する。又、前記第 1 集光レンズ 9、前記ハーフミラー 1 1、前記第 2 集光レンズ 1 2、前記第 3 集光レンズ 1 5 は前記角度検出パターン 8 の投影像、前記参照用パターン 1 6 の投影像を前記イメージセンサ 1 3 に結像する回転角検出用光学系を構成する。

【 0 0 4 7 】

図 2 は、前記角度検出パターン 8、前記参照用パターン 1 6 の照明手段 1 9、2 0 としての一例を示すものであり、前記照明手段 1 9 について説明する。

【 0 0 4 8 】

前記光軸 7 を中心とした円周上に L E D 2 3 を所定の間隔で配置し、前記第 1 集光レンズ 9 を通して前記角度検出パターン 8 を照明する様にしたものである。尚、前記 L E D 2 3 は、前記軸支持部 3 側に支持され、該軸支持部 3 側から電力が供給される。尚、光ファイバの一端面を前記光軸 7 を中心とした円周上に所定の間隔で配置し、光ファイバの他端面から照明用の光を入射させてもよい。又、前記角度検出パターン 8 の第 1 集光レンズ 9 の反対側、前記参照用パターン 1 6 の第 3 集光レンズ 1 5 の反対側に照明を配置し、前記角度検出パターン 8、前記参照用パターン 1 6 の裏側からそれぞれ照明する様にしてもよい。

【 0 0 4 9 】

又、図示していないが、前記参照用パターン 1 6 は、前記照明手段 1 9 と同様の構成の照明手段 2 0 によって照明される様になっており、上述した様に、前記角度検出パターン 8 の照明手段 1 9、前記参照用パターン 1 6 の照明手段 2 0 は、択一的に点灯する様に制御される。

【 0 0 5 0 】

図 3 に示される様に、前記演算装置 2 1 は、主に、信号処理部 3 1、演算制御部 3 2、角度検出部 3 3、芯ブレ検出部 3 4、記憶部 3 5、受光切替え手段 3 6 等から構成される。

【 0 0 5 1 】

前記信号処理部 3 1 は、前記イメージセンサ 1 3 から出力されるデータを増幅し、或は格納可能な様に信号処理する。

【 0 0 5 2 】

前記記憶部 3 5 には、前記照明手段 1 9、2 0 の点灯を制御し、前記イメージセンサ 1 3 からの信号取得時期等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 3 5 には、前記イメージセンサ 1 3 から出力される画像データが格納される。

【 0 0 5 3 】

前記演算制御部 3 2 は、各種プログラムに基づき演算制御し、又前記受光切替え手段 3 6 により前記照明手段 1 9、2 0 の点灯を制御し、前記イメージセンサ 1 3 からの信号取得の同期制御等を行う。

【 0 0 5 4 】

前記角度検出部 3 3 は、前記イメージセンサ 1 3 からの信号に基づき前記回転軸 1 の回転角を演算し、主に前記回転角演算プログラム、前記演算制御部 3 2 によって構成される。又、前記芯ブレ検出部 3 4 は、前記イメージセンサ 1 3 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 3 2 によって構成される。

10

20

30

40

50

## 【0055】

次に、図4により、本実施例で使用される角度検出パターン8、参照用パターン16の一例を説明する。尚、前記角度検出パターン8、前記参照用パターン16には同一パターンが用いられたとし、以下は角度検出パターン8について説明する。

## 【0056】

該角度検出パターン8の基本形状は円であり、該角度検出パターン8の中心は前記第1集光レンズ9の光軸、即ち前記光軸7aに略合致する様に構成されている。

## 【0057】

前記角度検出パターン8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線分パターン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。

10

## 【0058】

前記線分パターン26は、半径方向に伸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によって形成されたリング状のトラックである。換言すると、前記線分パターン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。各線分26aは楔形状となっており、 $360^\circ / 2n$ の中心角を有している。又、前記線分パターン26の中心は、前記円パターン25の中心と同一である。

20

## 【0059】

前記基準指示パターン27は、前記線分パターン26の内側に形成され、前記線分パターン26と同心の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方向指示パターン27bとから構成されている。

## 【0060】

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。

## 【0061】

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に掛渡る幅(中心角5 $^\circ$ )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。

30

## 【0062】

尚、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。以下の説明では、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を非反射として説明している。

40

## 【0063】

以下、上記回転角検出装置18の作用について説明する。

## 【0064】

該回転角検出装置18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。

## 【0065】

前記照明手段19によって前記角度検出パターン8を照明する。該角度検出パターン8は、前記第1集光レンズ9、前記第2集光レンズ12の作用によって前記イメージセンサ13に1/2に縮小されて投影され、該イメージセンサ13は受光した前記角度検出パターン8に対応した信号を発する。

50

## 【 0 0 6 6 】

同様に、前記照明手段 20 によって前記参照用パターン 16 を照明し、該参照用パターン 16 の像が前記イメージセンサ 13 に 1 / 2 に縮小されて投影され、該イメージセンサ 13 は受光した前記参照用パターン 16 に対応した信号を発する。

## 【 0 0 6 7 】

先ず、前記照明手段 20 が点灯され、前記参照用パターン 16 の像が前記イメージセンサ 13 によって取得され、参照用パターン像は前記演算装置 21 に格納される。次に、前記照明手段 20 が消灯され、前記照明手段 19 が点灯され、前記角度検出パターン 8 の像が前記イメージセンサ 13 によって取得される。

## 【 0 0 6 8 】

前記参照用パターン 16 の像の円パターン 25 に基づき、前記参照用パターン 16 の粗中心位置（前記イメージセンサ 13 に想定された座標系での座標）を求めることができる。得られた粗中心位置を中心とした円の軌跡（円周方向）に沿って、前記基準指示パターン 27 が画像上で走査され、前記基準指示パターン 27 の回転位置が検出される。

## 【 0 0 6 9 】

ここで、前記基準指示パターン 27 の回転位置とは、前記イメージセンサ 13 上での座標を示す。或は、前記イメージセンサ 13 に想定した座標軸を前記粗中心位置に平行移動した状態での、座標軸に対して前記基準指示パターン 27 が前記粗中心位置を中心として所定の回転方向（例えば時計方向）に回転した回転角度を言う。この回転角度は、前記イメージセンサ 13 に想定した座標軸に対する前記参照用パターン 16 の回転方向の位置ずれ（即ち該参照用パターン 16 設置時のずれ）を示す。

## 【 0 0 7 0 】

又、前記粗中心位置を中心として前記線分パターン 26 を円周方向に走査することで前記基準指示パターン 27 を基準位置とした周波数成分の信号が得られる。該周波数成分の信号に基づき、回転角が求められ、更に、少なくとも 90° 毎の分割部分を設定し、180° 異なる 2 つの分割部分の組と、該組と直交する関係にある他方の分割部分の組とに分け、前記一方の分割部分の組の中心を他方の分割部分の組を走査して得られる位相差の半分から、前記参照用パターン 16 の精密な中心位置が求められる。

## 【 0 0 7 1 】

次に、前記角度検出パターン 8 の像が前記イメージセンサ 13 によって取得される。前記参照用パターン 16 の場合と同様にして、前記粗中心位置を求め、該粗中心位置を中心として前記基準指示パターン 27、前記線分パターン 26 を円周方向に走査し、前記角度検出パターン 8 の回転位置、精密な中心位置が求められる。

## 【 0 0 7 2 】

前記角度検出パターン 8 で得られた精密中心位置と前記参照用パターン 16 で得られた精密中心位置とを比較し、両精密中心位置の前記イメージセンサ 13 上での位置ずれ（偏差）を求め、前記角度検出パターン 8 の前記基準指示パターン 27 の回転位置又は前記参照用パターン 16 の前記基準指示パターン 27 の回転位置、及び前記角度検出パターン 8 の前記線分パターン 26 の周波数成分又は前記参照用パターン 16 の前記線分パターン 26 の周波数成分を前記偏差により修正する。修正後の前記角度検出パターン 8 の前記基準指示パターン 27 の回転位置と前記参照用パターン 16 の前記基準指示パターン 27 の回転位置との比較で粗回転角を求め、更に前記角度検出パターン 8 の前記線分パターン 26 の周波数成分と前記参照用パターン 16 の前記線分パターン 26 の周波数成分との位相差を求めて、位相差に基づき 1 線分パターン未満の角度（精密回転角）を求め、前記粗回転角と精密回転角との組合せより高精度の回転角を測定する。

## 【 0 0 7 3 】

又、更に所定時間経過後の回転角を求める場合、経過時間が長くない場合は、前記角度検出パターン 8 についてのみ、前記基準指示パターン 27 の回転位置、前記線分パターン 26 の周波数成分を取得し、経過時間が長い場合は、同様にして前記参照用パターン 16 で得られた前記基準指示パターン 27 の回転位置、前記線分パターン 26 の周波数成分と

10

20

30

40

50

の比較で所定時間経過後の高精度の回転角が測定できる。

【0074】

更に、所定時間経過前の前記角度検出パターン8について得られた回転角、所定時間経過後に得られた前記角度検出パターン8の回転角との比較で、経過時間での回転量が得られ、更に回転量を経過時間で微分することで回転速度が得られる。

【0075】

図5、図6を参照して、回転角の検出、芯ブレの検出について具体的に説明する。

【0076】

STEP: 01、STEP: 02に於いて、前記回転軸1の参照パターン画像、角度検出パターン画像が取得され、前記記憶部35にそれぞれ格納される。格納されている前記参照パターン画像、前記角度検出パターン画像それぞれについて、画像信号上(前記記憶部35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、該走査ラインに沿って走査(スキャン)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。

【0077】

尚、図6は前記参照パターン画像、前記角度検出パターン画像に於ける円パターン25、線分パターン26、基準指示パターン27と前記走査ラインとの関係を示しており、図6中、X軸、Y軸は前記参照パターン画像又は前記角度検出パターン画像の中心を原点とする座標系(X-Y)を示している。ここで示される、座標軸は前記イメージセンサ13上に設定されたX0軸、Y0軸を平行移動したものであり、前記角度検出パターン8、前記参照用パターン16の中心と前記光軸7とが合致している状態では、図6で示されるX軸、Y軸は前記イメージセンサ13に想定したX0軸、Y0軸と合致する。

【0078】

又、図6中、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は黒塗りを省略している。

【0079】

以下、前記参照パターン画像、前記角度検出パターン画像の前記イメージセンサ13に於ける位置(中心位置及び回転位置)が、それぞれ求められる。どちらを先に求めてもよいが、以下の手順では、先ず前記参照パターン画像について位置が求められ、次に前記角度検出パターン画像について位置が求められる場合を説明する。

【0080】

STEP: 03 先ず、前記円パターン25に関し、X0軸、Y0軸と平行に走査ライン37a、37bが設定され、該走査ライン37a、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。

【0081】

STEP: 04 該円パターン25を検出することで、円の中心、即ち前記参照用パターン16のX0-Y0座標上での中心位置(以下、粗中心位置)が求められ、該粗中心位置の座標原点に対する偏差を求めることで、前記回転角検出装置18の前記参照用パターン16の位置ずれが求められる。尚、この位置ずれは、前記参照用パターン16の設置誤差として測定される。

【0082】

ここで、前記円パターン25が多重円であり、前記走査ライン37が複数設定されていることで、複数のデータが取得でき、更に複数の粗中心位置が求められる。求められた複数の粗中心位置を平均化することで精度が向上する。

【0083】

求められた粗中心位置を中心とした線分パターン26の走査ライン38a、38b、38c、走査ライン39が同心多重円(図示では4つの多重円)に設定される。又、走査を開始する点(始点)(0°の位置)は、前記走査ライン38a、38b、38c上の任意

10

20

30

40

50

の位置に設定してよいが、座標系（X - Y）で基準の位置であることが好ましく、例えば、Y軸と交差する点に設定する。

【0084】

STEP：05 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上の信号が取得される（図7（B）参照）。尚、図7（B）は前記基準指示パターン27を複数回全周走査した状態を示しており、前記基準指示パターン27の信号が360°毎に取得される。

【0085】

STEP：06 前記線分パターン26について走査ライン38a, 38b, 38cが走査される。

【0086】

図7（A）は、前記線分パターン26を走査した場合に得られる信号出力を示しており、図7（A）は前記線分パターン26を3回転走査し、1回転毎に走査ラインを前記走査ライン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に変更した場合（各走査ラインを全周走査した場合）に得られる信号を示し、又信号は連続させて示している。

【0087】

図4で示した様に、前記線分パターン26は空白部と線分パターン26が交互に形成されており、空白部と線分パターン26とで1周期が形成される。従って、前記線分パターン26を走査することで、周波数成分を含む信号（以下、周波数信号）が得られる。又、各走査ライン38a, 38b, 38cを各全周スキャンし、得られた周波数信号を平均化することで高精度な周期（位相）を有する粗周波数信号を取得できる。

【0088】

尚、図7（A）では走査の始点（0°）の位置と周波数成分の位相0°とが合致せず、位相がずれた状態を示している。

【0089】

STEP：07 前記基準指示パターン27で得られる信号と前記線分パターン26で得られる信号に基づき、前記参照用パターン画像の回転位置（座標系（X - Y）を基準とした回転角）を求める。

【0090】

図7（B）を参照すると、前記基準指示パターン27の信号は走査始点（0°）より側にあり、走査始点から前記線分26aの数、即ち周波の数（N）を数えることで大まかな回転角が求められる。更に、走査始点に対して前記周波数信号の位相がずれているので、位相差を求めることで、端数の角度が求められる。

従って、前記参照用パターン画像の回転角度は、

$$N \times 360^\circ / n + \quad \times 360^\circ / n \text{ となる。}$$

【0091】

STEP：08 前記基準指示パターン27の前記位置指示パターン27a、前記方向指示パターン27bのいずれかを基準として、前記線分パターン26を周方向に偶数等分（少なくとも4分割）する。図8では4分割した場合を示している。分割した一方の180°の範囲に属する分割部をA1, A2とし、他方の180°の範囲に属する分割部を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。

【0092】

STEP：09 前記線分パターン26を走査ライン38aに沿って全周走査し、各分割部分に属する線分26aの信号を取得する。同様に走査ライン38b, 38cに沿って全周走査し、各分割部分に属する線分26aの信号を取得する。取得した信号を分割部分毎に平均化することで、前記線分26aのパターン成形誤差を相殺した、高精度の周波数信号（以下、（分割部周波数信号）と称す）が得られる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 3 】

STEP : 1 0 全ての分割部分について、位相を検出すると、検出した位相に基づく各分割部分の X 0 - Y 0 座標上での偏差 ( 変位量 ) ( 又は、X 0 - Y 0 座標上での分割部分中心の座標 ) を求める。分割部分より得られた変位量に基づき線分パターン画像の中心位置を求める。ここで求められる中心位置は、前記円パターン 2 5 に基づき求めた粗中心位置より更に高精度である ( 以下、精密中心位置 ) 。

## 【 0 0 9 4 】

STEP : 1 1 得られた精密中心位置を基準として、前記基準指示パターン 2 7 の精密回転位置を求める。即ち、精密中心位置を原点とする高精度に修正された X - Y 座標系が得られ、該 X - Y 座標系で前記周波数信号の位相差が求められ、該位相差に基づき高精度の回転角が求められる。

10

## 【 0 0 9 5 】

STEP : 1 2 前記参照用パターン 1 6 について、該参照用パターン画像の精密中心位置及び前記基準指示パターン 2 7 の精密回転位置、精密周波数信号、更に該精密周波数信号の位相差が取得できると、角度検出パターン画像についても同様に、精密中心位置、前記基準指示パターン 2 7 の精密回転位置、前記線分パターン 2 6 についての精密周波数信号及び該精密周波数信号の位相差を取得する。

## 【 0 0 9 6 】

前記角度検出パターン画像についても上記 STEP : 0 3 ~ STEP : 1 1 迄の工程が実行され、( 精密中心位置 ) 、( 回転角 ) ( 以下、角度検出パターン 8 に関するものについては を付ける ) が求められる。

20

## 【 0 0 9 7 】

STEP : 1 3 精密中心位置と ( 精密中心位置 ) との偏差を求めることで前記参照用パターン 1 6 と前記角度検出パターン 8 の中心位置の偏差、即ち芯ブレが検出され、回転角と ( 回転角 ) との偏差を求めることで、前記参照用パターン 1 6 と前記角度検出パターン 8 間の回転角度の差、即ち前記回転軸 1 の回転角 ( 回転量 ) が求められる。

## 【 0 0 9 8 】

尚、前記角度検出パターン 8 と前記参照用パターン 1 6 に形成される前記線分パターン 2 6 は、位相差を検出できればよいので、前記角度検出パターン 8 及び前記参照用パターン 1 6 に形成される線分パターン 2 6 は、全周に形成されなくとも、所定角度の範囲に形成されてもよい。更に全周に形成した場合でも、所要数の線分 2 6 a について位相差を求め、平均化した位相差で角度を検出してもよい。

30

## 【 0 0 9 9 】

前記角度検出パターン 8 、前記参照用パターン 1 6 のパターンに誤差が含まれている場合もあるが、走査ライン 3 8 の全周は 3 6 0 ° であり、この値は変らない。従って、全周に亘って信号を取得し、全周に亘って角度検出することで、前記角度検出パターン 8 、前記参照用パターン 1 6 に含まれる誤差要因が相殺され、高精度の角度検出が行える。

## 【 0 1 0 0 】

上記測定では、常に前記参照用パターン 1 6 と前記角度検出パターン 8 との比較で角度の検出、芯ブレの測定を行っているので、測定中前記イメージセンサ 1 3 が温度上昇し、変移したとしても、誤差が相殺される。従って、温度差が大きい測定環境でも、安定性、信頼性の高い、高精度の測定が可能となる。

40

## 【 0 1 0 1 】

尚、前記イメージセンサ 1 3 の温度上昇は、測定初期の現象であり、測定開始後所定時間を経過すると安定する。又、電気回路のドリフト現象も測定初期に多く現れ、所定時間経過後は少なくなる。従って、前記イメージセンサ 1 3 による前記参照用パターン 1 6 の像の取得を測定初期には前記参照用パターン 1 6 と前記角度検出パターン 8 との比較を略同時刻で取得した像で行い、所定時間が経過した後は、所定時間間隔で取得した前記参照用パターン像と測定時の前記角度検出パターン像とを比較する様にしてもよい。

## 【 0 1 0 2 】

50

又本実施例では、前記角度検出パターン 8、前記参照用パターン 16 を用いて芯ブレを更に高精度に測定することができる。

【0103】

図 8 を参照して説明する。尚、以下は前記角度検出パターン 8 について説明するが、前記参照用パターン 16 も同様である。尚、図中、前記線分 26 a、前記位置指示パターン 27 a、前記方向指示パターン 27 b は黒塗りを省略している。

【0104】

先ず前記角度検出パターン 8 に関して、前記走査ライン 38 a について説明する。

【0105】

前述した様に、前記基準指示パターン 27 の前記位置指示パターン 27 a、前記方向指示パターン 27 b のいずれかを基準として、前記線分パターン 26 は周方向に前記分割部 A 1、前記分割部 A 2、前記分割部 B 1、前記分割部 B 2 に 4 分割されている。

10

【0106】

角度を高精度に検出する場合と同様に、各分割部分について（分割部周波数信号）を求める。例えば、前記分割部 A 1 について（分割部周波数信号）を求める。更に、 $180^\circ$  位相の異なる前記分割部 B 1 の（分割部周波数信号）を求める。

【0107】

更に、前記分割部 A 1、前記分割部 B 1 と位相の  $90^\circ$  異なる前記分割部 A 2、前記分割部 B 2 の（分割部周波数信号）をそれぞれ求める。

【0108】

20

次に、前記分割部 A 1 と、前記分割部 B 1 と、前記分割部 A 2 と、前記分割部 B 2 の、それぞれの（分割部周波数信号）について位相差を求める。

【0109】

各分割部分間で求められる位相差は、前記イメージセンサ 13 上に設定される直交座標上のずれ量として設定される。

【0110】

演算されたずれ量に基づき前記分割部 A 1、前記分割部 B 1、前記分割部 A 2、前記分割部 B 2 の各分割部分の直交座標上での中心位置が演算できる。

【0111】

前記分割部 A 1 の中心と前記分割部 B 1 の中心とを結ぶ直線（Y 中心線）、及び前記分割部 A 2 の中心と前記分割部 B 2 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 中心線の中心）、Y 中心線の中心位置（Y 中心線の中心）が、それぞれ前記角度検出パターン 8 の中心位置となり、直交座標（X - Y 座標系の座標位置）上での座標位置が演算される。

30

【0112】

尚、X 中心線、Y 中心線は下記式により表される。

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

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

ここで、(A1)、(A2)、(B1)、(B2) は各分割部に於ける位相を示す。

40

【0113】

同様に、前記走査ライン 38 b、38 c に関してそれぞれ中心座標を求め、全ての中心座標を平均することで更に高精度に前記角度検出パターン 8 の中心座標が求められる。

【0114】

得られた中心位置の座標と同様に前記参照用パターン 16 から得られた中心位置の座標に対する前記角度検出パターン 8 の中心の芯ブレの大きさと、芯ブレの方向とが演算できる。

【0115】

前記回転軸 1 は、回転時に芯ブレがないことが好ましいが、部品精度を高くし、又組立

50

て精度を高くして、芯ブレを0に近づけることは極めて困難であり、又製作コストが高くなる。ここで述べる芯ブレとは、回転軸のガタツキのこととする。

【0116】

本実施例では、前記回転軸1の芯ブレを許容し、更に高精度での角度検出を可能としている。

【0117】

先ず、初期データを取得して前記参照用パターン16の中心座標が得られた状態で、前記回転軸1を所定角度ピッチ（例えば5°ピッチ）で回転させ、各ピッチ回転毎に前記角度検出パターン8の中心座標を求め、該中心座標と前記参照用パターン16の中心座標とを比較し、偏差を求める。得られた偏差は、回転角と関連付けて、前記記憶部35に記憶させる。

10

【0118】

前記回転軸1を360°回転させ、1回転の前記参照用パターン16の中心に対する偏差を求める。この偏差の軌跡は、前記回転軸1の回転中心が完全に前記光軸7に合致し、且つ芯ブレがなければ、点として前記参照用パターン16の中心座標に合致する。

【0119】

実際は、前記回転軸1の回転に伴い芯ブレが生じるので、回転に応じて中心軸が描く軌跡は円又は楕円（以下芯ブレによる偏心円と称す）となる。然し、この芯ブレによる偏心円は、機構上再現性が高く、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、芯ブレによる偏心円を検出し、測定角度を補正することで、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。

20

【0120】

又、前記参照用パターン16は固定され、前記回転軸1の回転により変位しないので、前記参照用パターン16で得られた中心位置を既定値とし、該既定値と各ピッチ回転毎に得た前記角度検出パターン8の中心との偏差で芯ブレ量を求めてもよい。

【0121】

又、同様にパターンの取付に誤差がある場合も回転に応じて中心軸が描く軌跡は誤差による偏心円を描くこととなるが、これも前記と同様に補正することができる。

【0122】

更に、一度偏差の軌跡を取得して、補正情報として記憶しておくことで、前記回転軸1の回転角を正確に測定でき、又何らかの原因で、更に前記回転軸1の芯ブレが拡大した場合は、得られた偏差との差を求めることで、拡大した場合でも容易に補正をすることができる。この場合は、例えば前記イメージセンサ13が温度により変形した場合でも補正情報を基準とすることにより、信頼性の高い、安定した測定を行うことができる。

30

【0123】

更に、高精度に芯ブレを測定する場合を説明する。高精度に芯ブレを測定する場合は、測定毎に、前記角度検出パターン8を円周方向に偶数等分して例えば90°毎の分割部分を設定する。互いに180°異なる2つの分割部分同士の組合せと、該組合せられた分割部分と直交する関係に配置された部分を有する組合せとに分ける。それぞれの組合せの部分を走査し、それぞれの平均値から組合せを形成する部分の中心を求める。更に、このそれぞれの中心で得られる位相差の半分の値から求めることによって、得られる中心座標を得ると同時に、前記参照用パターン16の中心座標を取得し、前記角度検出パターン8の中心座標と前記参照用パターン16の中心座標との偏差を求める。

40

【0124】

平均した中心座標を用いる為、照明ムラ、前記イメージセンサ13の画素による量子化誤差が軽減され、高精度な芯ブレの検出を基にした高精度の角度測定が可能となる。

【0125】

尚、上記実施例では、前記角度検出パターン8、前記参照用パターン16の画像を前記イメージセンサ13で取得し、取得したそれぞれの画像から、前記角度検出パターン8、前記参照用パターン16の回転角を検出し、検出した回転角の比較で、前記回転軸1の回

50

転量（軸の回転角）、芯ブレを求めたが、前記イメージセンサ 13 で取得した参照用パターン画像と前記角度検出パターン画像との偏差を求め、両パターン画像の偏差から前記回転軸 1 の回転角、芯ブレを測定してもよい。

【0126】

図 9、図 10 は、本実施例に係る回転角検出装置 18 が測量装置に使用された場合を示し、又測量装置の一例としてトータルステーション 40 を示している。

【0127】

整準部 41 に整準螺子 42 を介して基台部 43 が設けられている。該基台部 43 に架台 44 が設けられ、該架台 44 には光学系を含む望遠鏡部 45 が支持されている。該望遠鏡部 45 の内部には測距部（図示せず）が設けられている。該測距部は、前記望遠鏡部 45 から測距光が測定対象に照射され、測定対象で反射された測距光を受光し、受光した反射光に基づき測距を行う様構成されている。

10

【0128】

前記基台部 43 は前記整準螺子 42 により水平となる様に整準可能となっている。又、前記架台 44 は鉛直軸心を中心に回転可能であり、前記望遠鏡部 45 は水平軸心を中心に回転可能となっている。又、前記架台 44 には表示部 46 を有する操作入力部 47 が設けられ、前記表示部 46 にはトータルステーション 40 の動作状態或は測定対象迄の距離の測定値等が表示される。

【0129】

前記基台部 43 の上面には架台ベース 48 が設けられ、該架台ベース 48 の中心には上方に突出する軸受 52 が設けられている。該軸受 52 に水平回転軸 51 が軸受部 49 を介して回転自在に嵌合され、該水平回転軸 51 に前記架台 44 の筐体 53 が固着されている。前記架台ベース 48 は、前記筐体 53 を支持する前記基台部 43 の一部を構成すると共に前記筐体 53 の下部開口を閉塞する下部カバーとしての機能を有している。

20

【0130】

前記軸受 52 には水平回転ギア 54 が固着され、該水平回転ギア 54 には水平回転駆動ギア 55 が噛合している。該水平回転駆動ギア 55 は水平回転モータ 56 の出力軸に固着されており、前記水平回転モータ 56 によって前記水平回転駆動ギア 55 が回転されることで、前記水平回転ギア 54 を介して前記筐体 53 が前記水平回転軸 51 を中心として水平方向に回転する様になっている。前記水平回転モータ 56 は前記筐体 53 に固着され、前記水平回転モータ 56 と前記筐体 53 とは一体に回転する様になっている。

30

【0131】

前記水平回転軸 51 の下端部は中空となっており、該中空部によって第 1 軸部空間 57 が形成される。該第 1 軸部空間 57 には水平角度検出パターン 58、水平第 1 集光レンズ 59 が収納され、前記水平角度検出パターン 58、前記水平第 1 集光レンズ 59 は前記水平回転軸 51 の軸心上に設けられている。

【0132】

前記架台ベース 48 の中心部下面には、軸部ホルダ 61 が設けられ、該軸部ホルダ 61 の軸心は前記水平回転軸 51 の軸心と合致する様になっている。前記軸部ホルダ 61 の内部には軸受部空間 62 が形成され、該軸受部空間 62 に水平第 2 集光レンズ 63 及び水平イメージセンサ 64 が収納され、前記水平第 2 集光レンズ 63、前記水平イメージセンサ 64 は前記軸部ホルダ 61 の軸心上に設けられている。

40

【0133】

又、該軸部ホルダ 61 の軸心上で、前記水平第 2 集光レンズ 63 と前記水平イメージセンサ 64 との間には水平ハーフミラー 65 が設けられ、該水平ハーフミラー 65 の反射光軸上に水平第 3 集光レンズ 66、水平参照用パターン 67 が設けられている。

【0134】

前記水平角度検出パターン 58、前記水平第 1 集光レンズ 59 及び前記水平第 2 集光レンズ 63 及び前記水平イメージセンサ 64、前記水平ハーフミラー 65、前記水平第 3 集光レンズ 66、前記水平参照用パターン 67 は、水平角を検出する水平回転角検出装置 6

50

8の主要部を構成する。

【0135】

又、前記水平第1集光レンズ59、前記水平第2集光レンズ63、前記水平ーフミラー65、前記水平第3集光レンズ66は、前記水平角度検出パターン58、前記水平参照パターン67の投影像を前記水平イメージセンサ64に結像する水平回転角検出用光学系を構成する。

【0136】

前記望遠鏡部45には左右両端から水平方向に延出する鉛直回転軸71が設けられ、該鉛直回転軸71は軸受72を介して前記筐体53に支持され、前記望遠鏡部45は前記鉛直回転軸71を中心に鉛直方向に回転可能となっている。

10

【0137】

該鉛直回転軸71の一端には鉛直回転ギア73が固着され、該鉛直回転ギア73には鉛直回転駆動ギア74が噛合している。該鉛直回転駆動ギア74は鉛直回転モータ75の出力軸に固着され、該鉛直回転モータ75が駆動されることで、前記鉛直回転駆動ギア74、前記鉛直回転ギア73を介して前記望遠鏡部45が前記鉛直回転軸71を中心として回転される。

【0138】

前記鉛直回転軸71の他端部には、該鉛直回転軸71と同心の第2軸部空間76が形成され、該第2軸部空間76には鉛直角度検出パターン77、鉛直第1集光レンズ78が収納され、前記鉛直角度検出パターン77、前記鉛直第1集光レンズ78は前記鉛直回転軸71の軸心上に設けられている。

20

【0139】

前記鉛直回転軸71の他端部と同心に筒状のホルダサポート79が前記筐体53の内部に向って突設され、該ホルダサポート79の先端部に軸部ホルダ81が嵌設されている。該軸部ホルダ81には、前記鉛直回転軸71の軸心と同心の軸受部空間82が形成され、該軸受部空間82に鉛直第2集光レンズ83、鉛直イメージセンサ84が収納される。前記鉛直第2集光レンズ83、前記鉛直イメージセンサ84は、前記鉛直回転軸71の軸心上に設けられる。

【0140】

前記鉛直回転軸71の軸心上で、前記鉛直第2集光レンズ83と前記鉛直イメージセンサ84との間に鉛直ーフミラー85が設けられ、該鉛直ーフミラー85の反射光軸上に鉛直第3集光レンズ86、鉛直参照パターン87が設けられる。

30

【0141】

前記鉛直角度検出パターン77、前記鉛直第1集光レンズ78、前記鉛直第2集光レンズ83、前記鉛直イメージセンサ84、前記鉛直ーフミラー85、前記鉛直第3集光レンズ86、前記鉛直参照パターン87は、鉛直角(高低角)を検出する鉛直回転角検出装置88の主要部を構成する。

【0142】

又、前記鉛直第1集光レンズ78、前記鉛直第2集光レンズ83、前記鉛直ーフミラー85、前記鉛直第3集光レンズ86は、前記鉛直角度検出パターン77、前記鉛直参照パターン87の投影像を前記鉛直イメージセンサ84に結像する鉛直回転角検出用光学系を構成する。

40

【0143】

上記トータルステーション40の作動について説明する。尚、前記水平回転角検出装置68、前記鉛直回転角検出装置88の作用は、前記回転角検出装置18の作用と同様であるので説明を省略する。

【0144】

先ず、前記整準螺子42によって、前記トータルステーション40が整準される。整準後、該トータルステーション40が基準位置としてセットされる。

【0145】

50

次に、前記望遠鏡部 4 5 を測定対象に視準させる為、前記水平回転モータ 5 6 を駆動して前記筐体 5 3 を水平方向に回転する。該筐体 5 3 の水平回転角は、前記水平回転角検出装置 6 8 によって検出される。又、回転軸の軸ブレ（軸の傾き）も前記水平回転角検出装置 6 8 によって同時に検出され、検出された軸ブレに基づき検出された水平角が補正される。

【 0 1 4 6 】

又、前記鉛直回転モータ 7 5 を駆動し、前記望遠鏡部 4 5 が鉛直方向に回転される。該望遠鏡部 4 5 の鉛直回転角は、前記鉛直回転角検出装置 8 8 によって検出され、又前記鉛直回転軸 7 1 の軸ブレも前記鉛直回転角検出装置 8 8 によって同時に検出される。同様に、検出された軸ブレに基づき検出された鉛直角が補正される。

10

【 0 1 4 7 】

前記望遠鏡部 4 5 の視準が完了すると、該望遠鏡部 4 5 から測距光が射出され、測定対象迄の距離が測定され、同時に前記水平回転角検出装置 6 8、前記鉛直回転角検出装置 8 8 により水平角、高低角が測定される。

【 0 1 4 8 】

本実施例に係る測量装置では、高価なエンコーダを用いないで高精度に水平角、高低角が測定でき、又前記水平回転角検出装置 6 8、前記鉛直回転角検出装置 8 8 は製作精度を要求しないので、安価に製造でき、測量装置の製作コスト低減が図れる。

【 符号の説明 】

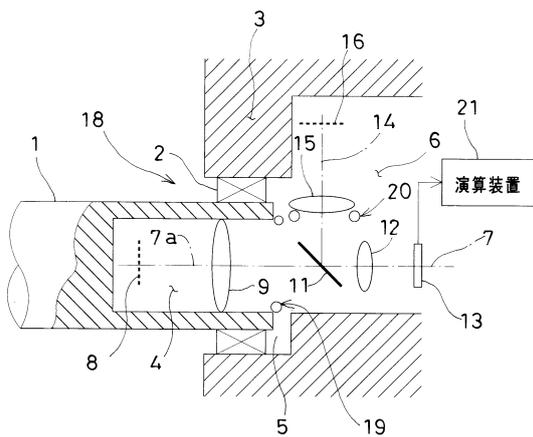
【 0 1 4 9 】

20

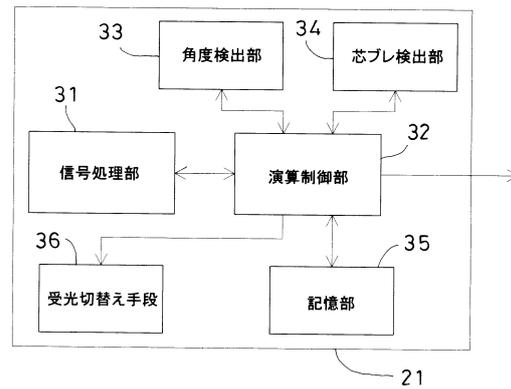
1	回転軸	
2	軸受	
3	軸支持部	
7	光軸	
8	角度検出パターン	
9	第 1 集光レンズ	
1 2	第 2 集光レンズ	
1 3	イメージセンサ	
1 5	第 3 集光レンズ	
1 6	参照用パターン	30
1 8	回転角検出装置	
1 9	照明手段	
2 0	照明手段	
2 1	演算装置	
2 5	円パターン	
2 6	線分パターン	
2 7	基準指示パターン	
3 1	信号処理部	
3 2	演算制御部	
3 3	角度検出部	40
3 4	芯ブレ検出部	
3 5	記憶部	
3 7	走査ライン	
3 8	走査ライン	
3 9	走査ライン	
4 0	トータルステーション	
4 3	基台部	
4 4	架台	
4 5	望遠鏡部	
5 1	水平回転軸	50

- 5 3 筐体
- 6 2 軸受部空間
- 6 3 水平第 2 集光レンズ
- 6 4 水平イメージセンサ
- 6 8 水平回転角検出装置
- 7 1 鉛直回転軸
- 7 6 第 2 軸部空間
- 7 7 鉛直角度検出パターン
- 7 8 鉛直第 1 集光レンズ
- 8 2 軸受部空間
- 8 3 鉛直第 2 集光レンズ
- 8 7 鉛直参照用パターン
- 8 8 鉛直回転角検出装置

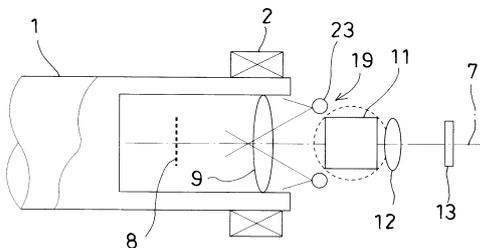
【図 1】



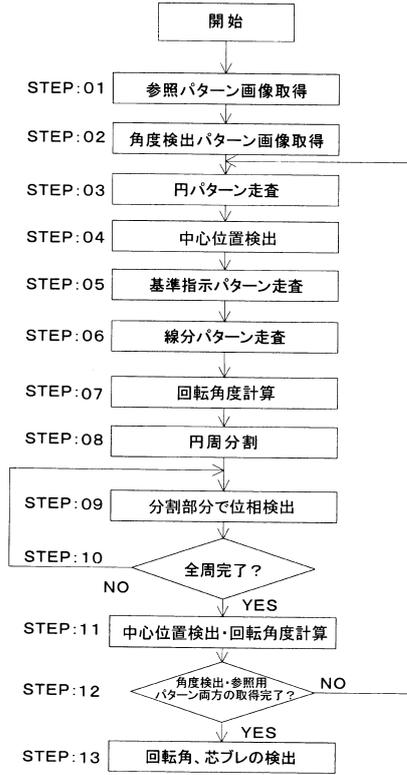
【図 3】



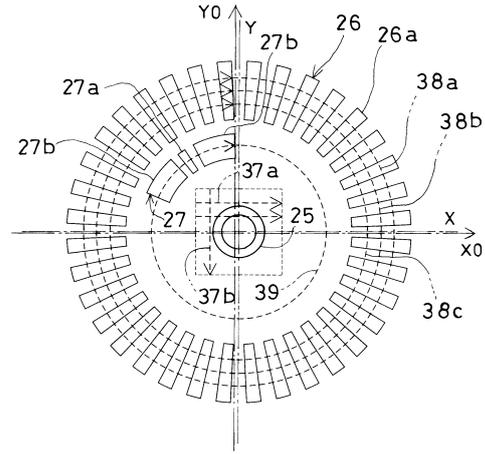
【図 2】



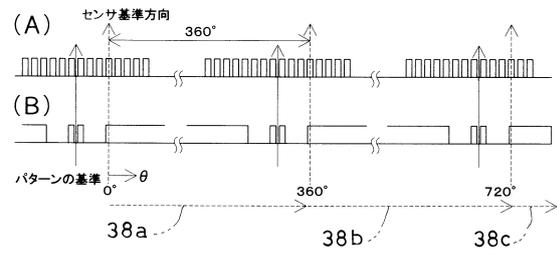
【図5】



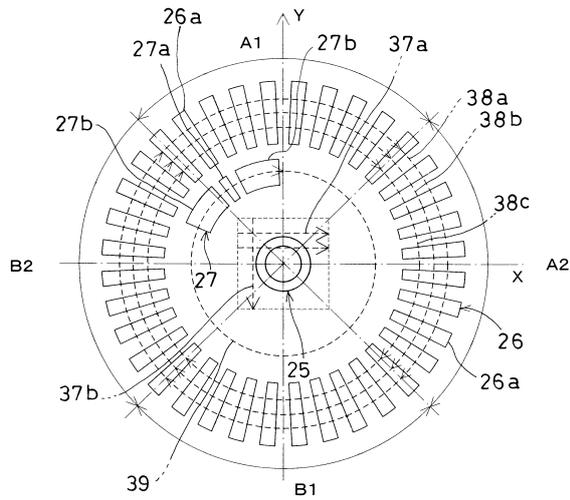
【図6】



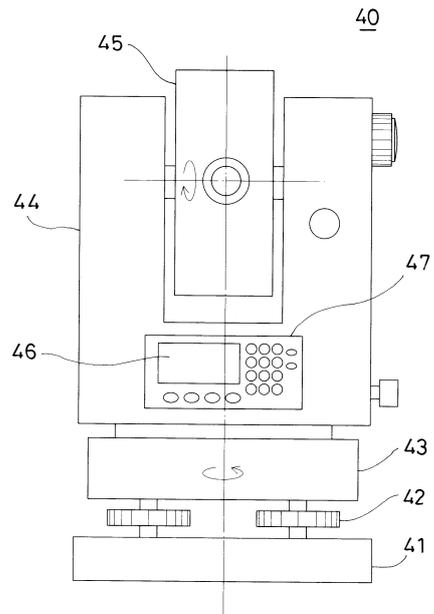
【図7】



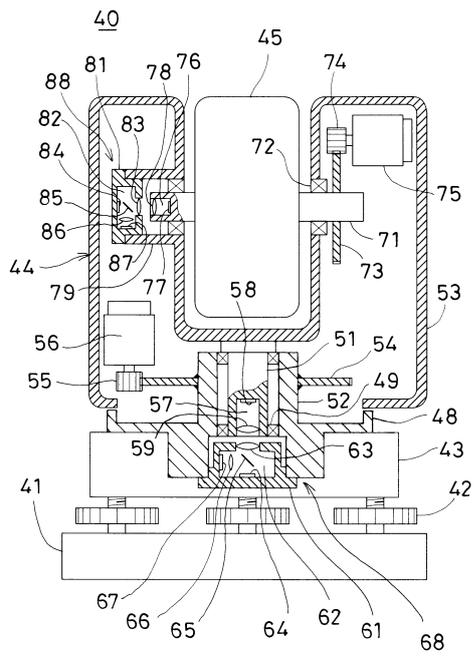
【図8】



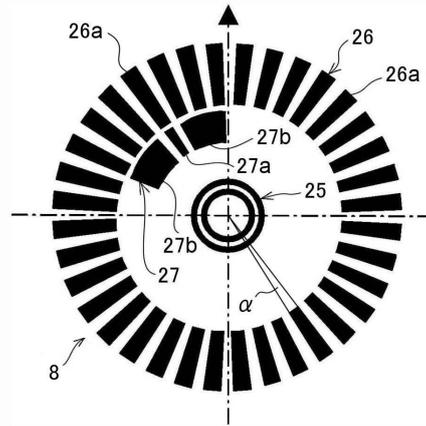
【図9】



【図10】



【図4】



---

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75番1号 株式会社トプコン内

審査官 吉田 久

(56)参考文献 特表2007-514943(JP,A)  
特開2003-269915(JP,A)  
特開2001-241919(JP,A)  
特開2005-300478(JP,A)  
特開平9-304070(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/26 - 5/38  
G01C 1/00 - 15/14  
G01B 11/00 - 11/30