

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5115872号
(P5115872)

(45) 発行日 平成25年1月9日 (2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月26日 (2012.10.26)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 D 5/244 (2006.01)

GO 1 D 5/244 B

GO 1 B 11/26 (2006.01)

GO 1 B 11/26 Z

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2010-241173 (P2010-241173)	(73) 特許権者	000151494
(22) 出願日	平成22年10月27日 (2010.10.27)		株式会社東京精密
(65) 公開番号	特開2012-93252 (P2012-93252A)		東京都八王子市石川町2968-2
(43) 公開日	平成24年5月17日 (2012.5.17)	(74) 代理人	100083116
審査請求日	平成24年7月20日 (2012.7.20)		弁理士 松浦 憲三
早期審査対象出願		(72) 発明者	清水 徹
			茨城県土浦市東中貫町4番6 株式会社東 精エンジニアリング内
		審査官	眞岩 久恵
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角度測定方法及び角度測定システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エンコーダ本体と、前記エンコーダ本体に対し回転自在な回転軸とを有し、前記エンコーダ本体に対する前記回転軸の相対的な回転角度を検出するロータリエンコーダと、

前記エンコーダ本体の前記回転軸周りの絶対的な回転角度を一定範囲内に規制する規制部材と、

前記ロータリエンコーダによる相対的な回転角度の検出と同時に前記エンコーダ本体の前記回転軸周りの絶対的な回転角度を検出する絶対角度検出手段と、

前記ロータリエンコーダが検出した回転角度を、前記絶対角度検出手段で検出した回転角度に基づいて補正する補正手段と、

を備えたことを特徴とする角度測定システム。

【請求項 2】

前記絶対角度検出手段は、前記エンコーダ本体に対して非接触で前記回転角度を検出する非接触角度検出手段であることを特徴とする請求項 1 に記載の角度測定システム。

【請求項 3】

前記非接触角度検出手段は、レーザ干渉計を用いたものであることを特徴とする請求項 2 に記載の角度測定システム。

【請求項 4】

前記規制部材は、前記エンコーダ本体の基準位置を鉛直下方に付勢する錘部材からなることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の角度測定システム。

【請求項 5】

エンコーダ本体と、前記エンコーダ本体に対し回転自在な回転軸とを有し、前記エンコーダ本体に対する前記回転軸の相対的な回転角度を検出するロータリエンコーダを用いる角度測定方法であって、

前記エンコーダ本体の前記回転軸周りの絶対的な回転角度を一定範囲内に規制し、

前記ロータリエンコーダによる相対的な回転角度の検出と同時に前記エンコーダ本体の前記回転軸周りの絶対的な回転角度を検出し、

前記ロータリエンコーダが検出した回転角度を、前記検出した絶対的な回転角度に基づいて補正することを特徴とする角度測定方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転体の回転角度を精密に測定することが求められる技術分野に好適に利用することができる角度測定方法及び角度測定システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、工作機械等における回転体の角度割出精度を精密に測定するため、多面鏡とオートコリメータを用いる角度測定方法（以下「多面鏡方式」という）や、ハースカップリングとレーザ干渉計を用いる角度測定方法（以下「ハースカップリング方式」という）が行なわれていた。

20

【0003】

多面鏡方式では、多面鏡を載せた被測定物の回転角と多面鏡の角度との差を高精度なオートコリメータで測定する。

【0004】

ハースカップリング方式では、ハースカップリングが取り付けられた被測定物を所定の目標角度変位で回転し、ハースカップリングの結合を外した後に目標角度変位の分だけハースカップリングを逆回転し、その逆角度変位とレーザ干渉計で測定された基準位置からの角度変位との合計を、被測定物の目標角度変位と比較する（特許文献1を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0005】

【特許文献1】特表平06-502727号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来の角度測定技術では、測定に時間がかかる、測定精度の向上が困難である、という欠点があった。

【0007】

多面鏡方式では、多面鏡の角度と被測定物の角度との位相角を種々変更して測定を繰り返すが、操作者の手作業によって角度を割出するため、測定者は緊張した測定作業を長時間連続して継続する必要がある。また、分解能が粗く、装置を長時間安定に保つことが困難であるため、測定精度の向上にはどうしても限界があった。

40

【0008】

ハースカップリング方式では、被測定物を目標角度変位で回転した後、その目標角度変位の分だけハースカップリングを逆回転してレーザ干渉計の反射鏡を元の位置に戻す首振動作が必要であるため、全体の測定時間が長くなる。また、角度測定の精度がハースカップリングの歯の分解能に依存するとともに、正回転及び逆回転の繰り返し時にハースカップリングの歯で伝達誤差が発生するので、測定精度向上には限界があった。

【0009】

また、回転角度を検出するデバイスとしてロータリエンコーダが知られているが、測定

50

精度を許容範囲内に収めるには被測定物の回転軸に対してロータリエンコーダを精度良く取り付けの必要があり、現実的にはロータリエンコーダの精度良い取り付けがあまり容易でないことから、ロータリエンコーダの利用が阻害されるという課題があった。

【0010】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、回転角度を高精度且つ短時間で測定することができる角度測定方法及び角度測定装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前記目的を達成するために、本発明は、本体部と前記本体部に対し回転自在な回転軸と前記回転軸に取り付けられたコード部と前記本体部に固定されて前記コード部のコードを読み取る読取部とを有するロータリエンコーダを用いる角度測定方法であって、回転駆動される被測定物の回転軸に前記ロータリエンコーダの回転軸を取り付けるとともに、前記被測定物の回転軸と前記ロータリエンコーダの回転軸との偏心を許容するように、前記ロータリエンコーダの回転軸に直交する面内における前記ロータリエンコーダの本体部の変位を一定の遊び範囲内に規制し、前記ロータリエンコーダの読取部の読み取ったコードに基づいて前記ロータリエンコーダの回転軸の回転角度を測定するとともに、非接触で角度を検出する非接触角度検出手段により前記ロータリエンコーダの回転軸の回転角度測定開始時点からの前記ロータリエンコーダの本体部の変化した角度を検出し、前記ロータリエンコーダを用いて測定された回転角度を、前記非接触角度検出手段で検出された前記ロータリエンコーダの本体部の変化した角度に基づいて補正することを特徴とする角度測定方法を提供する。この構成により、ロータリエンコーダの測定値が非接触角度検出手段の測定値で補正されるので、従来の多面鏡方式やハースカップリング方式の角度測定技術と比較して、短時間且つ精度良く回転角度を測定することができる。また、被測定物の回転軸に対するロータリエンコーダの回転軸の偏心量の許容範囲をロータリエンコーダの仕様よりも大きくすることができるので、被測定物に対するロータリエンコーダの取付が大変容易になる。即ち、本発明により、ロータリエンコーダを用いて回転角度の測定を高精度且つ短時間で行なえるようになるので、工作機械等の生産能力アップに大きく貢献する。

【0012】

本発明の一実施形態では、前記ロータリエンコーダの本体部の変位を前記一定の遊び範囲内で許容しつつ前記ロータリエンコーダの本体部を係止する治具を用いることを特徴とする。

【0013】

本発明の一実施形態では、前記ロータリエンコーダの本体部に錘を取り付け、前記ロータリエンコーダの本体部を重力方向に付勢することを特徴とする。

【0014】

また、本発明は、本体部と前記本体部に対し回転自在な回転軸と前記回転軸に取り付けられたコード部と前記本体部に固定されて前記コード部のコードを読み取る読取部とを有するロータリエンコーダを用いる角度測定方法であって、回転駆動される被測定物の回転軸に前記ロータリエンコーダの本体部を取り付けるとともに、前記被測定物の回転軸と前記ロータリエンコーダの回転軸との偏心を許容するように、前記ロータリエンコーダの回転軸に直交する面内における前記ロータリエンコーダの回転軸の変位を一定の遊び範囲内に規制し、前記ロータリエンコーダの読取部が読み取ったコードに基づいて前記ロータリエンコーダの本体部の回転角度を測定するとともに、非接触で角度を検出する非接触角度検出手段により前記ロータリエンコーダの本体部の回転角度測定開始時点からの前記ロータリエンコーダの回転軸の変化した角度を検出し、前記ロータリエンコーダを用いて測定された回転角度を、前記非接触角度検出手段で検出された前記ロータリエンコーダの回転軸の変化した角度に基づいて補正することを特徴とする角度測定方法を提供する。この構成により、ロータリエンコーダの測定値が非接触角度検出手段の測定値で補正されるので、従来の多面鏡方式やハースカップリング方式の角度測定技術と比較して、短時間且つ精度良く回転角度を測定することができる。また、被測定物の回転軸に対するロータリエン

コードの回転軸の偏心量の許容範囲をロータリエンコードの仕様よりも大きくすることができ、被測定物に対するロータリエンコードの取付が大変容易になる。即ち、本発明により、ロータリエンコードを用いて回転角度の測定を高精度且つ短時間で行なえるようになるので、工作機械等の生産能力アップに大きく貢献する。

【0015】

本発明の一実施形態では、前記ロータリエンコードの回転軸の変位を前記一定の遊び範囲内で許容しつつ前記ロータリエンコードの回転軸に係止する治具を用いることを特徴とする。

【0016】

本発明の一実施形態では、前記ロータリエンコードの回転軸に錘を取り付け、前記ロータリエンコードの回転軸を重力方向に付勢することを特徴とする。

10

【0017】

また、本発明は、本体部と前記本体部に対し回転自在な回転軸と前記回転軸に取り付けられたコード部と前記本体部に固定されて前記コード部のコードを読み取る読取部とを有し、回転駆動される被測定物に前記回転軸が取り付けられるロータリエンコードと、前記被測定物の回転軸と前記ロータリエンコードの回転軸との偏心を許容するように、前記ロータリエンコードの回転軸に直交する面内における前記ロータリエンコードの本体部の変位を一定の遊び範囲内に規制する規制部材と、前記ロータリエンコードの回転軸の回転角度測定開始時点からの前記ロータリエンコードの本体部の変化した角度を非接触で検出する非接触角度検出手段と、前記ロータリエンコードの読取部が読み取ったコードに対応する回転角度を、前記非接触角度検出手段で検出される前記ロータリエンコードの本体部の変化した角度に基づいて補正する補正手段と、を備えたことを特徴とする角度測定システムを提供する。

20

【0018】

本発明の一実施形態では、前記規制部材は、前記ロータリエンコードの本体部の変位を前記一定の遊び範囲内で許容しつつ前記ロータリエンコードの本体部に係止する治具を含むことを特徴とする。

【0019】

本発明の一実施形態では、前記規制部材は、前記ロータリエンコードの本体部に取り付けられ、前記ロータリエンコードの本体部を重力方向に付勢する錘を含むことを特徴とする。

30

【0020】

また、本発明は、本体部と前記本体部に対し回転自在な回転軸と前記回転軸に取り付けられたコード部と前記本体部に固定されて前記コード部のコードを読み取る読取部とを有し、回転駆動される被測定物に前記回転軸が取り付けられるロータリエンコードと、前記被測定物の回転軸と前記ロータリエンコードの回転軸との偏心を許容するように、前記ロータリエンコードの回転軸に直交する面内における前記ロータリエンコードの回転軸の変位を一定の遊び範囲内に規制する規制部材と、前記ロータリエンコードの本体部の回転角度測定開始時点からの前記ロータリエンコードの回転軸の変化した角度を非接触で検出する非接触角度検出手段と、前記ロータリエンコードの読取部が読み取ったコードに対応する回転角度を、前記非接触角度検出手段で検出される前記ロータリエンコードの回転軸の変化した角度に基づいて補正する補正手段と、を備えたことを特徴とする角度測定システムを提供する。

40

【0021】

本発明の一実施形態では、前記規制部材は、前記ロータリエンコードの回転軸の変位を前記一定の遊び範囲内で許容しつつ前記ロータリエンコードの回転軸に係止する治具を含むことを特徴とする。

【0022】

本発明の一実施形態では、前記規制部材は、前記ロータリエンコードの回転軸に取り付けられ、前記ロータリエンコードの回転軸を重力方向に付勢する錘を含むことを特徴とす

50

る。

【 0 0 2 3 】

本発明の一実施形態では、前記非接触角度検出手段は、前記ロータリエンコーダのうち前記規制部材により規制された部分の前記回転軸に直交する面に設置される第 1 及び第 2 の反射素子と、レーザ光源と、前記レーザ光源から発光された光束を前記第 1 の反射素子に向かう第 1 の光束と前記第 2 の反射素子に向かう第 2 の光束とに分割し、前記第 1 の反射素子で反射された第 1 の反射光束と前記第 2 の反射素子で反射された第 2 の反射光束とを干渉させる干渉光学系と、前記干渉光学系により干渉した前記第 1 の反射光束と前記第 2 の反射光束との位相差を検出する位相差検出手段と、前記位相差検出手段で検出される前記第 1 の反射光束と前記第 2 の反射光束との位相差と、前記第 1 の反射素子と前記第 2 の反射素子との位置の差とに基づいて、前記第 1 の反射素子と前記第 2 の反射素子との対応点間を結ぶ直線の傾斜角度を算出する傾斜角度算出手段と、を有することを特徴とする。

10

【 0 0 2 4 】

本発明の一実施形態では、前記補正手段は、前記ロータリエンコーダの読取部が読み取ったコードに対応する前記回転角度と前記非接触角度検出手段の前記傾斜角度算出手段で算出された前記傾斜角度との和をとることを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

本発明の一実施形態では、前記被測定物の回転軸の回転が停止したタイミングで回転角度を検出する静的測定、及び、前記被測定物の回転軸の回転中のタイミングで回転角度を検出する動的測定のうち少なくとも一方の測定を行なうことを特徴とする。

20

【発明の効果】

【 0 0 2 6 】

本発明によれば、従来技術と比較して回転角度を高精度且つ短時間で測定することができる。また、被測定物に対するロータリエンコーダの取付が大変容易になる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 7 】

【図 1】第 1 実施形態における角度測定システムの一例の全体構成図

【図 2】回転駆動される被測定物にロータリエンコーダの回転軸を取り付ける様子を示す側面図

30

【図 3】回転駆動される被測定物にロータリエンコーダの回転軸を取り付ける様子を示す正面図

【図 4】非接触角度検出手段の干渉ユニットをコーナキューブプリズムに対して正対して配置した様子を示す側面図

【図 5】非接触角度検出手段の干渉ユニットをコーナキューブプリズムに対して正対して配置した様子を示す正面図

【図 6】錘によりエンコーダ本体の変位を規制する場合の一例を示す正面図

【図 7】被測定物を水平方向に沿って配置した場合を示す側面図

【図 8】非接触検出手段で検出する角度の説明に用いる説明図

【図 9】第 2 実施形態における角度測定システムの一例の全体構成図

40

【図 10】回転駆動される被測定物にエンコーダ本体を取り付ける様子を示す側面図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 8 】

以下、添付図面に従って、本発明の実施形態について、詳細に説明する。

【 0 0 2 9 】

図 1 は、第 1 実施形態における角度測定システムの一例の全体構成図である。

【 0 0 3 0 】

図 1 に示す角度測定システム 100 は、回転駆動される被測定物 1 の回転軸 1 a の回転角度をロータリエンコーダ 2 を用いて測定する。ロータリエンコーダ 2 は、エンコーダ本体 2 a と、エンコーダ本体 2 a に対し回転自在な回転軸 3 とを含んで構成されている。

50

【 0 0 3 1 】

図 2 は、被測定物 1 の回転軸 1 a にロータリエンコーダ 2 の回転軸 3 を取り付ける様子を
示す側面図であり、図 3 は、その正面図である。

【 0 0 3 2 】

図 2 に示すように、エンコーダ本体 2 a の内側において、回転軸 3 に円盤状のエンコー
ダ 1 4 (コード部) が取り付けられている。エンコーダ 1 4 は、回転軸 3 を中心とした円
周上に全周にわたり目盛 (コード) が形成されている。エンコーダ 1 4 は、インクリメン
タル型でもアブソリュート型でもよい。また、エンコーダ 1 4 の目盛を読み取るエンコー
ダ読取ヘッド 1 3 (読取部) がエンコーダ本体 2 a に固定されている。エンコーダ読取ヘ
ッド 1 3 は、エンコーダ 1 4 の目盛の読み取りに応じて、パルス信号 (回転角度信号) を
出力する。即ち、エンコーダ本体 2 a と回転軸 3 との相対的な回転角度の変化量に応じた
パルス信号が、ロータリエンコーダ 2 で生成される。なお、エンコーダ本体 2 a は、カッ
プリング内蔵型であってもよい。

10

【 0 0 3 3 】

ロータリエンコーダ 2 の回転軸 3 は、ボールベアリングからなる軸受 1 5 を介して、エ
ンコーダ本体 2 a に取り付けられている。本実施形態では、ロータリエンコーダ 2 の回転
軸 3 を、被測定物 1 の回転軸 1 a に、取り外し可能に取り付ける。取り付け後、回転軸 3
は、エンコーダ本体 2 a に対し軸受 1 5 を介して自由に回転できる状態にある。この為、
被測定物 1 の回転軸 1 a が回転しても、ロータリエンコーダ本体 2 a に接続されているケ
ーブル 1 6 が絡みつくことがない。本例の回転軸 3 は、被測定物 1 の回転軸 1 a に取り付
けるための取付部 3 a を有する。特別なアタッチメントを介して、被測定物 1 の回転軸 1
a に取り付けてもよい。

20

【 0 0 3 4 】

本実施形態のエンコーダ本体 2 a は、後述のように、被測定物 1 の回転軸 1 a とロータ
リエンコーダ 2 の回転軸 3 との偏心を許容するように、回転軸 3 に直交する面 (以下「直
交面」と称する) 内における動き (変位) が一定の遊び範囲内で許容された状態で配置さ
れる。また、被測定物 1 の回転軸 1 a に対するロータリエンコーダ 2 の回転軸 3 の偏心量
の許容範囲は、後述する非接触角度検出手段 2 0 の取付許容量に依存する。したがって偏
心量の許容範囲が本来のロータリエンコーダ 2 の仕様よりも広くなるので、ロータリエン
コーダ 2 の被測定物 1 に対する取付が大変容易になる。被測定物 1 の軸振れは存在しても
測定誤差にならないが、面振れは測定誤差になるので、目標測定精度に合わせて計算され
る規定値以内に抑える。

30

【 0 0 3 5 】

非接触角度検出手段 2 0 は、干渉ユニット 4 (直角プリズム 5 及び偏光ビームスプリッ
タ 6)、コーナキューブプリズム 7 (7 a, 7 b)、レーザ光源 1 0、位相差検出ヘッド
1 1、及びデータ処理装置 1 2 を含んで構成されている。非接触角度検出手段 2 0 は、ロ
ータリエンコーダ 2 を用いた回転軸 3 の回転角度測定開始時点からのエンコーダ本体 2 a
の変化した傾斜角度を、非接触で検出する。なお、回転角度測定は、被測定物 1 の回転軸
1 a の回転が停止したタイミングで回転角度を検出する静的 (スタティック) 測定でも、
被測定物 1 の回転軸 1 a の回転中のタイミングで回転角度を検出する動的 (ダイナミック)
測定でもよい。静的測定では、例えば回転開始時点が回転角度測定開始時点となる。動
的測定では、回転中の任意のタイミングを回転角度測定開始時点とすることができる。

40

【 0 0 3 6 】

図 4 は、干渉ユニット 4 を配置した様子を示す側面図であり、図 5 は、その正面図であ
る。

【 0 0 3 7 】

図 5 に示すように、エンコーダ本体 2 a の直交面 (回転軸 3 に直交する面である) に一
対のコーナキューブプリズム 7 a、7 b (反射素子) が設置される。干渉ユニット 4 (干
渉光学系) は、一対のコーナキューブプリズム 7 a、7 b に正対する位置に配置される。

【 0 0 3 8 】

50

干渉ユニット４は、図１に示したように、直角プリズム５及び偏光ビームスプリッタ６を含んで構成されている。干渉ユニット４は、レーザ光源１０から発光されたレーザ光束を、第１のコーナキューブプリズム７ａに向かう第１のレーザ光束と、第２のコーナキューブプリズム７ｂに向かう第２のレーザ光束とに、分割する。偏光ビームスプリッタ６を透過した第１のレーザ光束は、第１のコーナキューブプリズム７ａに直接的に入射する。この第１のコーナキューブプリズム７ａで反射された第１のレーザ光束（第１の反射光束）は、偏光ビームスプリッタ６に直接的に戻って来る。偏光ビームスプリッタ６で直角に反射した第２のレーザ光束は、さらに直角プリズム５で直角に反射して、第２のコーナキューブプリズム７ｂに入射する。この第２のコーナキューブプリズム７ｂで反射された第２のレーザ光束（第２の反射光束）は、直角プリズム５で直角に反射して、偏光ビームスプリッタ６に戻って来る。即ち、干渉ユニット４は、互いに平行な第１及び第２のレーザ光束をそれぞれ第１及び第２のコーナキューブプリズム７ａ、７ｂに入射させて、第１及び第２のコーナキューブプリズム７ａ、７ｂで反射されて再帰する第１及び第２の反射光束を干渉させる。したがって、干渉ユニット４により、光路長が異なる第１及び第２の反射光束の干渉縞が発生する。

10

【００３９】

偏光ビームスプリッタ６は、レーザ光源１０で発光されたレーザ光束のうち一部（第１のレーザ光束）が偏光ビームスプリッタ６を通過して第１のコーナキューブプリズム７ａの入射面に垂直に入射するように配置される。また、直角プリズム５は、直角プリズム５を経由する第２のレーザ光束が第１のレーザ光束と平行になるように配置される。

20

【００４０】

位相差検出ヘッド１１（位相差検出手段）は、光路長の異なる第１の反射光束と第２の反射光束とからなる干渉光を受光して、第１及び第２のコーナキューブプリズム７ａ、７ｂの反射光束（第１及び第２の反射光束）の位相差を検出する。本例では、干渉縞をカウントすることにより、第１のレーザ光束の光路（図１の実線）と第２のレーザ光束の光路（図１の点線）との光路長差（位相差）を検出する。

【００４１】

なお、干渉ユニット４とコーナキューブプリズム７ａ、７ｂとが正対している場合、コーナキューブプリズム７ａ、７ｂはレーザ光束に対し直交方向全てについて概ね１ｍｍ前後動いても、位相差検出ヘッド１１で測定される干渉信号の振幅低下を許容範囲内にするのが可能である。この位置ズレ量の許容範囲は、レーザ光源１０のビーム径や、位相差検出ヘッド１１等の性能に左右される。このようなコーナキューブプリズム７ａ、７ｂの位置ズレ量の許容範囲は、回転軸１ａ、３間の偏心量の許容範囲になるので、ロータリエンコーダ２の取付が大変容易になる。

30

【００４２】

レーザ光源１０は、例えばＨｅ－Ｎｅレーザを使用する。波長安定化は行なわなくても、測定精度に大きな影響は与えない。レーザ光源１０と干渉ユニット４との間は、光ファイバで結合すると、取付が非常に容易になる。位相差検出ヘッド１１は、マイケルソン干渉計によるフリンジカウント方式でも、ヘテロダイン方式でも、かまわない。ヘテロダイン方式の場合、レーザ光源１０は直交偏光２周波の必要があり、例えばゼーマンレーザやＡＯＭ（音響光学素子）が使われる。

40

【００４３】

データ処理装置１２は、パーソナルコンピュータ等のコンピュータ装置によって構成されている。

【００４４】

被測定物１の回転軸１ａは、図示省略の駆動手段（例えばモータ）を用いて回転駆動される。ロータリエンコーダ２から出力されたパルス信号（回転角度信号）は、ケーブル１６を介して回転角度検出部９に送られる。回転角度検出部９は、パルス信号を回転角度（以下では「１」とする）に変換し、その１をデータ処理装置１２に送る。また、位相差検出ヘッド１１から出力された、第１のレーザ光束と第２のレーザ光束との位相差（光

50

路長差)を示す位相差信号は、ケーブル21を介してデータ処理装置12に送られる。データ処理装置12は、非接触角度検出手段20の一部(傾斜角度算出手段)を構成しており、位相差検出ヘッド11から出力された位相差信号と、第1のコナキューブプリズム7aの頂点と第2のコナキューブプリズム7bの頂点との位置の差(間隔)とに基づいて、三角関数を用い、図8に示すように第1のコナキューブプリズム7aの頂点70aと第2のコナキューブプリズム7bの頂点70bとを結ぶ直線70の傾斜角度(以下では「 θ_2 」とする)を算出する。ロータリエンコーダ2及び回転角度検出部9による θ_1 よりも非接触角度検出手段20による θ_2 の方が分解能が高い(分解ピッチが小さい)。

【0045】

また、データ処理装置12は、 θ_1 (エンコーダ本体2aと回転軸3との相対的な回転角度である)を、 θ_2 (ロータリエンコーダ2のうち動きを規制された部分の傾斜角度である)に基づいて、補正する。即ち、ロータリエンコーダ2を用いて測定された θ_1 を、コナキューブプリズム7a、7bの対応点間を結ぶ直線の傾斜角度 θ_2 に基づいて補正する。本例のデータ処理装置12は、 θ_1 と θ_2 との和をとる($\theta_1 + \theta_2$)ことで、 θ_1 を補正する。

【0046】

次に、規制部材の、具体例について、説明する。

【0047】

図1及び図5に示した例では、回り止め治具8により、エンコーダ本体2aの動きを規制している。回り止め治具8は、エンコーダ本体2aに延設された棒2bに係止爪8a、8bにより係止する。二つの係止爪8a、8bの空隙の幅は、偏心量の許容範囲に対応する。これにより、エンコーダ本体2aの動きが少なくとも非接触角度検出手段20の測定可能範囲内に規制される。

【0048】

また、測定点での静的測定に際し、目標とする測定精度より十分に小さい程度に、ロータリエンコーダ2及び非接触角度検出手段20の測定値のバラつきが収まることが求められる。角度割出精度測定の実施にあたっては、静的測定で行なわれることが多く、その場合、被測定物1の回転及び停止を一定の角度毎に繰り返して測定していく。測定値取り込みにおいては、各測定値が目標測定精度に対し、十分に安定しているものとする。被測定物1の回転速度は、特に、ロータリエンコーダ2及び非接触角度検出手段20の性能に依存し、一般的に、高速回転で測定可能である。測定分解能も同様で、一般的に、多面鏡とオートコリメータを用いる方式(多面鏡方式)や、ハースカップリングとレーザ干渉計を用いる方式(ハースカップリング方式)等よりも、優れている。

【0049】

なお、軸受15の性能が優れ、被測定物1の回転に合わせエンコーダ本体2aが回転しない場合には、回り止め治具8を省略してもよい。即ち、軸受15の性能に依っては、軸受15自体を、エンコーダ本体2aの動きを規制する規制部材として機能させることも可能である。

【0050】

図6は、錘17によりエンコーダ本体2aの動きを規制する場合を示す正面図である。図16に示すように、錘17は、エンコーダ本体2aに取り付けられ、重力方向に下げられる。この錘17により、エンコーダ本体2aは、重力方向に付勢され、動きが一定の遊び範囲内に規制される。

【0051】

図7は、被測定物1を水平方向に沿って配置した場合を示す側面図である。

【0052】

また、回り止め治具8が弱い磁力を帯びていると、エンコーダ本体2aの位置が定まり易くなり、測定し易い、特に、図7の水平配置の場合には有効である。

【0053】

なお、図1、図7等に回り止め治具8を用いた場合を示し、図6に錘17を用いた場合

10

20

30

40

50

を示したが、これら両方を規制部材として用いてもよい。他の規制部材（例えば磁力により動きを規制する磁性体）を用いてもよい。

【0054】

以上のように、第1実施形態における角度測定方法では、回転駆動される被測定物1の回転軸1aにロータリエンコーダ2の回転軸3を取り付けるとともに、被測定物1の回転軸1aとロータリエンコーダ2の回転軸3との偏心を許容するように、ロータリエンコーダ2の回転軸3に直交する直交面内におけるロータリエンコーダ本体2aの動き（変位）を一定の遊び範囲内に規制し、エンコーダ読取ヘッド13の読み取ったコードに基づいてロータリエンコーダ2の回転軸3の回転角度 θ_1 を検出（測定）するとともに、非接触角度検出手段20によりロータリエンコーダ2の回転軸3の回転角度測定開始時点からのエンコーダ本体2aの変化した傾斜角度 θ_2 を検出し、 θ_1 を θ_2 に基づいて補正する。

10

【0055】

この構成により、回転角度を短時間且つ精度良く測定することができる。即ち、第1に、ロータリエンコーダ2を用いて角度測定を行なうことで、従来の多面鏡方式で必要であった操作者の手作業を省略でき、またハースカップリング方式のような逆回転を伴う首振り動作を省略できるので、高精度の測定が可能になるだけでなく、全体の測定時間を短縮できる。第2に、ロータリエンコーダ2の測定値を非接触角度検出手段20の測定値で補正するので、測定精度をさらに向上させることが可能となる。第3に、被測定物1の回転軸1aに対するロータリエンコーダ2の回転軸3の偏心量の許容範囲をロータリエンコーダ2自体の仕様よりも大きくとることが可能になるので、被測定物1に対するロータリエンコーダ2の取付が大変容易になり短時間で済む。例えば、非接触角度検出手段20を併用しなかった場合には100 μ m前後の取付精度が必要であったが、レーザ干渉測長方式の非接触角度検出手段20を併用した場合には1mm前後の取付精度とすることができ、これに応じて偏心量の許容範囲が広がった。

20

【0056】

<第2実施形態>

図9は、第2実施形態における角度測定システムの一例の全体構成図である。図9にて、図1～8に示した第1実施形態と同じ構成要素には同じ符号を付した。以下では、第1実施形態で説明した内容については説明を省略し、主として第1実施形態と異なる点を説明する。

30

【0057】

第1実施形態では図2に示したように被測定物1の回転軸1aにロータリエンコーダ2の回転軸3を取り付けたのに対し、第2実施形態では図10に示すように被測定物1の回転軸1aにエンコーダ本体2aを取り付ける。

【0058】

図10において、取付アタッチメント18は、被測定物1の回転軸1aにエンコーダ本体2aを取り付けるための介装部材であり、ロータリエンコーダ2の回転軸3が被測定物1の回転軸1aの回転の影響をあまり受けないようにロータリエンコーダ2の回転軸3を保護する。

【0059】

本実施形態における回り止め治具8は、ロータリエンコーダ2の回転軸3に直交する直交面内におけるロータリエンコーダ2の回転軸3の動き（変位）を一定の遊び範囲内で許容しつつ、ロータリエンコーダ2の回転軸3に係止する。

40

【0060】

本実施形態におけるコーナキューブプリズム7（7a、7b）は、ロータリエンコーダ2の回転軸3に取り付けられる。第1実施形態と同様、コーナキューブプリズム7は、干渉ユニット4と正対させて配置される。干渉ユニット4及び位相差検出ヘッド11を用いて、ロータリエンコーダ2の回転軸3の回動が非接触で検出される。

【0061】

本実施形態では、第1実施形態と異なり、回転軸3にエンコーダ本体2aの荷重が掛か

50

らず、比較的軽量のコーナキューブプリズム 7 の荷重で済むので、回転軸 3 及び軸受 15 が小型で済み、軽量化が図れる。よって、被測定物 1 の回転軸 1 a の可搭載重量に依っては、こちらの方式が向いている。反面、エンコーダ本体 2 a に接続されたケーブルが、エンコーダ本体 2 a の回転に伴いロータリエンコーダ 2 に巻き付かないように注意を要する。

【0062】

第 2 実施形態では、回転駆動される被測定物 1 の回転軸 1 a にエンコーダ本体 2 a を取り付けるとともに、被測定物 1 の回転軸 1 a とロータリエンコーダ 2 の回転軸 3 との偏心を許容するように、ロータリエンコーダ 2 の回転軸 3 に直交する直交面内におけるロータリエンコーダ 2 の回転軸 3 の動き（変位）を一定の遊び範囲内に規制し、エンコーダ読取ヘッド 13 の読み取ったコードに基づいてエンコーダ本体 2 a の回転角度を検出（測定）するとともに、非接触角度検出手段 20 によりエンコーダ本体 2 a の回転角度測定開始時点からのロータリエンコーダ 2 の回転軸 3 の変化した傾斜角度を検出し、ロータリエンコーダ 2 を用いて検出（測定）された回転角度 1 を、非接触角度検出手段 20 で検出されたロータリエンコーダ 2 の回転軸 3 の変化した傾斜角度 2 に基づいて補正する。

【0063】

なお、前述の第 1 及び第 2 実施形態では、ロータリエンコーダとして光学式のロータリエンコーダを用いた場合を例に説明したが、磁気式等の他のロータリエンコーダを用いてもよいことは、言うまでもない。

【0064】

また、前述の第 1 及び第 2 実施形態では、非接触角度検出手段として、いわゆるレーザー干渉測長器を用いた場合を例に説明したが、非接触で高精度に角度測定が可能な非接触角度検出手段であれば、他のものを使用できる。例えば、オートコリメータや水準器などを用いてもよい。

【0065】

回転角度の測定は、動的測定でもよい。本発明に係る角度測定方法及び角度測定システムでは、被測定物 1 の回転軸 1 a の回転が停止したタイミングで回転角度を検出する静的測定、及び、被測定物 1 の回転軸 1 a の回転中のタイミングで回転角度を検出する動的測定のうち少なくとも一方の測定を行なう。動的測定では、ロータリエンコーダ 2 と共に使用する非接触角度検出手段 20 の出力のリアルタイム性が必要である。

【0066】

また、本発明を簡略に説明するために、回転角度 1 を傾斜角度 2 のみを用いて補正する場合を例に説明したが、他の測定値にも基づいて補正してもよいことは言うまでもない。即ち、本発明では、少なくとも傾斜角度 2 に基づいて、回転角度 1 を補正する構成である。例えば、被測定物 1 の回転軸 1 a とロータリエンコーダ 2 の回転軸 3 との偏心量を検出し、その検出された偏心量と傾斜角度 2 とに基づいて回転角度 1 を補正する。

【0067】

また、被測定物は、図に示した形状には限定されない。例えば、円盤状でもよい。また、ロータリエンコーダ 2 の取付対象である被測定物の回転軸は、特別に形成された軸形状のものである必要はなく、例えば被測定物の回転中心を被測定物の回転軸とし、これにロータリエンコーダを取り付ければよい。

【0068】

本発明は、本明細書において説明した例や図面に図示された例には限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の設計変更や改良を行ってよいのはもちろんである。

【符号の説明】

【0069】

1 ... 被測定物、1 a ... 被測定物の回転軸、2 ... ロータリエンコーダ、2 a ... エンコーダ本体、3 ... ロータリエンコーダの回転軸、4 ... 干渉ユニット、5 ... 直角プリズム、6 ... 偏

10

20

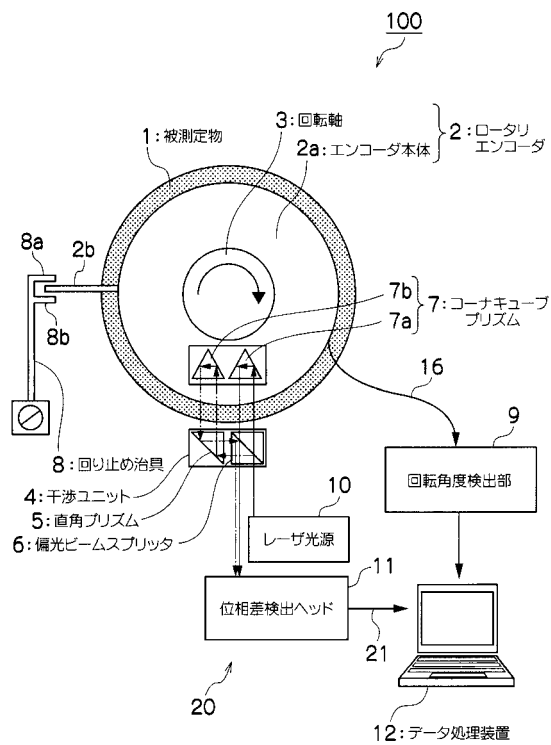
30

40

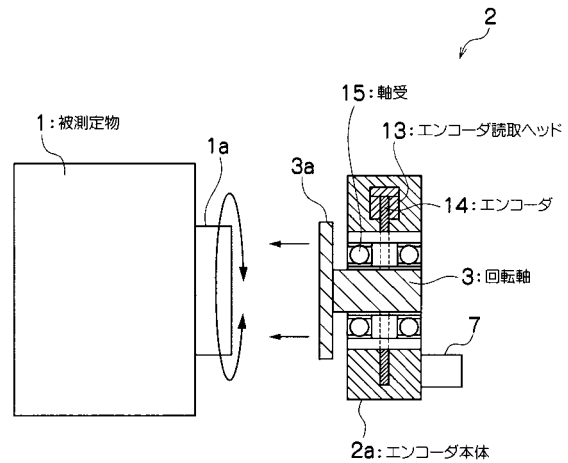
50

光ビームスプリッタ、7 (7 a、7 b) ... コーナキューブプリズム (反射素子)、8 ... 回り止め治具、9 ... 回転角度検出部、10 ... レーザ光源、11 ... 位相差検出ヘッド、12 ... データ処理装置、13 ... エンコーダ読取ヘッド (読取部)、14 ... エンコーダ (コード部)、15 ... 軸受、17 ... 錘、18 ... 取付アタッチメント、20 ... 非接触角度検出手段

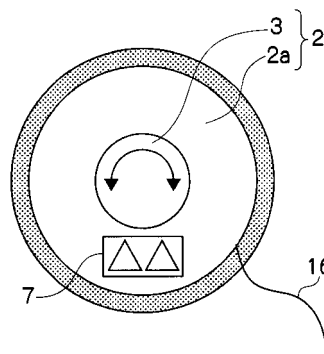
【図 1】



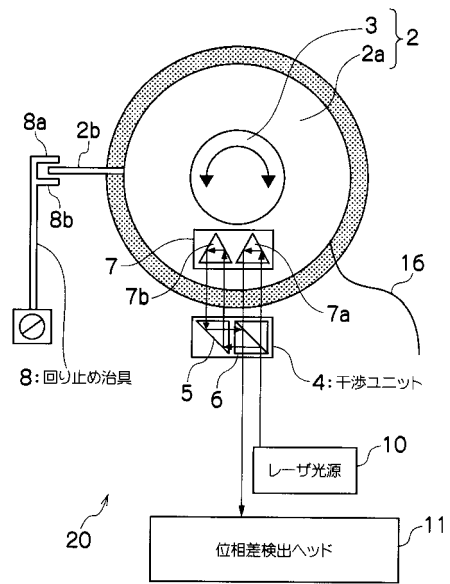
【図 2】



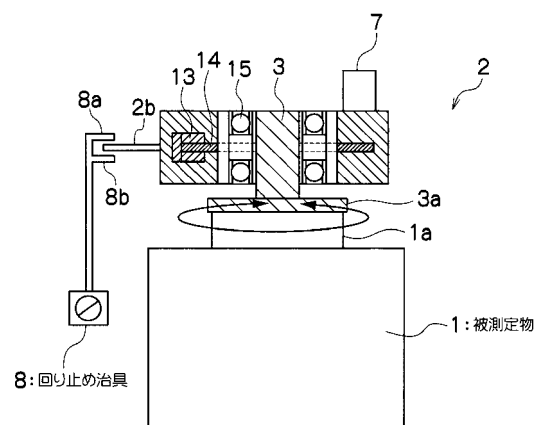
【図 3】



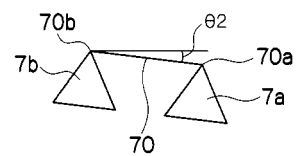
【 図 5 】



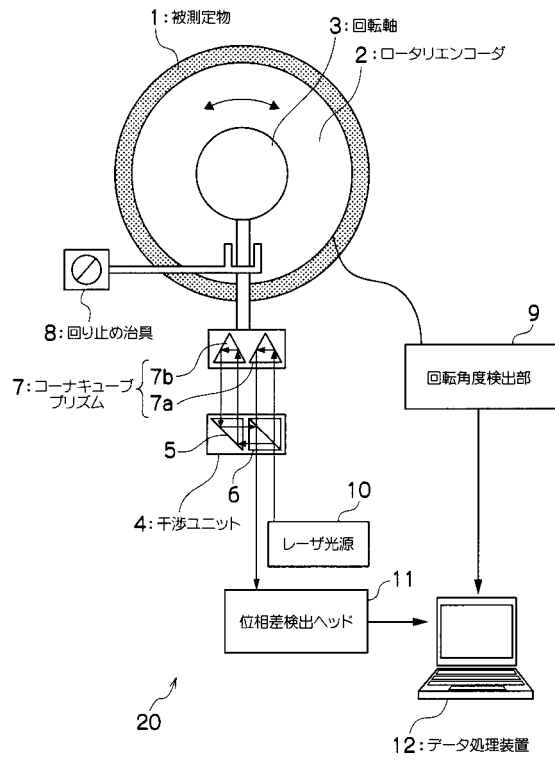
【圖 7】



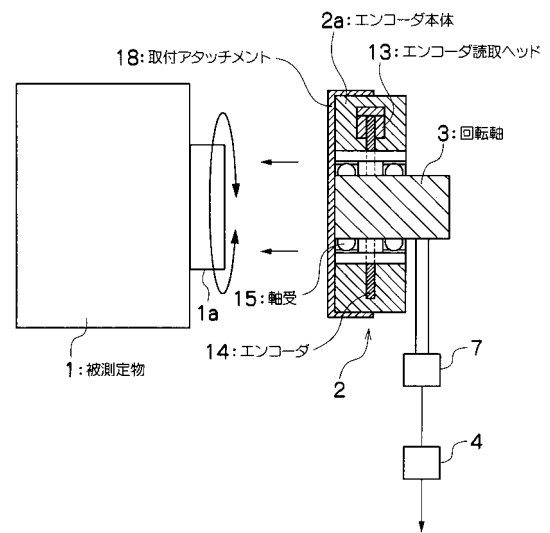
【 図 8 】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-292037(JP,A)
特開平09-243336(JP,A)
特表平05-500864(JP,A)
特表平06-502727(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/00 - 5/62
G01B 11/26