

(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2015-114279

(P2015-114279A)

(43) 公開日 平成27年6月22日 (2015.6.22)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>G 0 1 D 5/347 (2006.01)</b>	G 0 1 D 5/347	2 F 0 6 5
<b>G 0 1 B 11/26 (2006.01)</b>	G 0 1 B 11/26	2 F 1 0 3

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2013-258359 (P2013-258359)	(71) 出願人	504219067 國防部軍備局中山科學研究院 台灣桃園縣龍潭▲鄉▼佳安村6鄰中正路佳 安段481號
(22) 出願日	平成25年12月13日 (2013.12.13)	(74) 代理人	100082418 弁理士 山口 朔生
		(72) 発明者	黄宜裕 台灣台北市文山區萬祥里12鄰興隆路一段 70巷9弄26號3樓
		(72) 発明者	劉光新 台灣桃園縣中▲歴▼市環中東路925巷5 號
		(72) 発明者	黄欽▲徳▼ 台灣新竹縣竹北市聯興里14鄰新興路96 巷13號

最終頁に続く

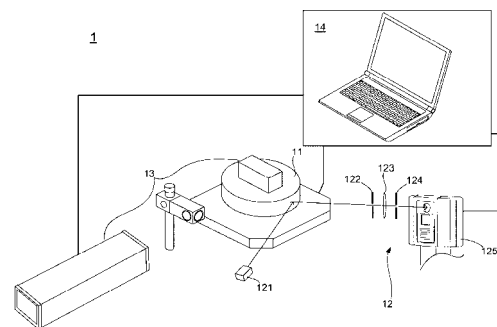
(54) 【発明の名称】 精密角度位置決め装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】角度センサの高精度要求を満たす、精密角度位置決め装置を提供する。

【解決手段】不変形光斑捕捉ユニットを使用して回転する回転円盤ユニットの表面上からN個の不変形レーザ光斑画像を取得すると共に、前記角度校正ユニットと前記角度識別位置決めユニットにより、N個の座標光斑画像とN個の主変化角度とを定義・記録し、その後、データベースの中から即時の不変形光斑画像との間に存在する重なり面積が最大となる第i個の座標光斑画像を見つけ出した場合では、即時の不変形光斑画像の副変化角度、第i個の座標光斑画像の主変化角度及び即時の不変形光斑画像と該第i個の座標光斑画像との間の像平面の変位量等のパラメータを用いて前記即時の不変形光斑画像の被測定角度を算出することにより、精密の角度位置決めが完成する。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

精密角度位置決め装置であって、  
回転円盤ユニットと、

コヒーレントな入射光を前記回転円盤ユニットの位置決め表面の上に発射させると共に、前記位置決め表面から反射される反射光を受光することで、前記位置決め表面の不変形光斑画像を取得する不変形光斑捕捉ユニットと、

前記不変形光斑画像の校正角度座標を測定するための角度校正ユニットと、

前記不変形光斑捕捉ユニットと前記角度校正ユニットとを電気的に接続する角度識別位置決めユニットと、

前記不変形光斑捕捉ユニットにより取得される前記不変形光斑画像を格納するための記憶ユニットと、を備え、

前記回転円盤ユニットを連続的に 1 回転させる場合において、前記不変形光斑捕捉ユニットは、対応的に回転円盤ユニットの N 枚の不変形光斑画像を取得すると同時に、前記角度校正ユニットは、前記 N 枚の不変形光斑画像に対応する N 個の校正角度座標を計測すると共に、前記角度識別位置決めユニットにより、対応の N 個の主変化角度が算出され、校正を経て主変化角度の不変形光斑画像を座標光斑画像として定義し、また前記 N 枚の座標光斑画像と前記 N 個の主変化角度とを前記記憶ユニット内に格納し、

前記回転円盤ユニットを任意角度で回転させると共に、対応する即時の不変形光斑画像を捕捉した後、前記角度識別位置決めユニットは、画像マッチング関数を用いて前記即時の不変形光斑画像と記憶ユニット内に格納された N 枚の座標光斑画像に対して画像マッチングを行い、前記即時の不変形光斑画像とその重なり面積が最大となる第 i 個の座標光斑画像との間の変位を算出して生成される即時位置の副変化角度は、該第 i 個の主変化角度に合わせて、前記即時の不変形光斑画像の被測定角度を精確に算出することを特徴とする、

精密角度位置決め装置。

## 【請求項 2】

前記位置決め表面は、回転円盤ユニットの頂部表面、回転円盤ユニットの側辺表面及び回転円盤ユニットの底部表面からなる群から選択されるいずれか 1 つの表面であることを特徴とする、請求項 1 に記載の精密角度位置決め装置。

## 【請求項 3】

前記画像マッチング関数は、SAD (Sum of Absolute Difference)、SSD (Sum of Square Difference)、NCC (Normalized Cross Correlation) 及び SIFT (Scale Invariant Feature Transform) からなる群から選択されるいずれか 1 種の関数であることを特徴とする、請求項 1 に記載の精密角度位置決め装置。

## 【請求項 4】

前記不変形光斑捕捉ユニットは、レーザ光を前記回転円盤ユニットの前記位置決め表面の上に発射させるための発光素子と、前記レーザ光の二次反射散乱光を濾過するための前段絞りと、前記レーザ光を物体表面に照射することによる光斑画像を 2 次元センサ上に結像させるためのレンズと、前記反射光の光斑サイズを制御するための後段絞りと、CCD 画像センサ或いは CMOS 画像センサであり、前記レーザ光が前記物体表面に照射することによる不変形レーザ光斑画像を検出と記録するための 2 次元画像センサと、を備えることを特徴とする、請求項 1 に記載の精密角度位置決め装置。

## 【請求項 5】

前記角度校正ユニットは、Agilent (登録商標) 5530 動的測定器 (Dynamic Calibrator)、慣性レーザジャイロスコープ及び慣性光ファイバジャイロスコープからなる群から選択されるいずれか 1 つであることを特徴とする、請求項 1 に記載の精密角度位置決め装置。

## 【請求項 6】

当該慣性レーザジャイロスコープを前記角度校正ユニットとする場合において、前記主変化角度、前記副変化角度と前記即時の不変形光斑画像の被測定角度を、それぞれ下記の数式(1)～(3)を用いて算出し、

## 【数 1】

$$\theta_i = \frac{k_i + \frac{\phi_i}{360}}{\sum k} \times 360$$

## 【数 2】

$$\theta_{\text{sub}} = \Delta d (360^\circ / \sum D)$$

## 【数 3】

$$\theta_{\text{被測定}} = \theta_i + ((\Delta d \times 360^\circ) / \sum D)$$

式中、 $\phi_i$ は、第*i*枚の座標光斑画像の主変化角度を表し、 $k_i + (\phi_i / 360)$ は、第*i*枚の座標光斑画像の慣性レーザジャイロスコープによるビート信号の累計周期数を表し、 $\sum k$ は、前記回転円盤ユニットを1回転させて、慣性レーザジャイロスコープによるビート信号の累計周期数の総和を表し、 $\Delta d$ は、前記即時の不変形光斑画像とその重なり面積が最大となる該第*i*個の座標光斑画像との間の像平面の変位量を表し、 $\sum D$ は、前記回転円盤ユニットを1回転させて、像平面に生じる変位量の総和を表し、 $\theta_{\text{sub}}$ は、前記即時の不変形光斑画像の副変化角度を表し、 $\theta_{\text{被測定}}$ は、即時の不変形光斑画像の被測定角度を表すことを特徴とする、請求項5に記載の精密角度位置決め装置。

## 【請求項 7】

当該慣性光ファイバジャイロスコープを前記角度校正ユニットとする場合において、前記主変化角度、前記副変化角度と前記即時の不変形光斑画像の被測定角度を、それぞれ下記の数式(4)～(6)を用いて算出し、

## 【数 4】

$$\theta_i = \theta_i' - \theta_1'$$

## 【数 5】

$$\theta_{\text{sub}} = \Delta d (360^\circ / \sum D)$$

## 【数 6】

$$\theta_{\text{被測定}} = \theta_i + ((\Delta d \times 360^\circ) / \sum D)$$

式中、 $\phi_i$ は、第*i*枚の座標光斑画像の主変化角度を表し、 $\theta_i$ は、慣性光ファイバジャイロスコープが出力する即時角度を表し、

$$\theta_1 = \theta_1 - \theta_1 = 0, \quad \theta_2 = \theta_2 - \theta_1, \quad \theta_3 = \theta_3 - \theta_1 \text{ であり、}$$

$\Delta d$ は、前記即時の不変形光斑画像とその重なり面積が最大となる該第*i*個の座標光斑画像との間の像平面の変位量を表し、 $\sum D$ は、前記回転円盤ユニットを1回転させて、像平面に生じる変位量の総和を表し、 $\theta_{\text{sub}}$ は、前記即時の不変形光斑画像の副変化角度を表し、 $\theta_{\text{被測定}}$ は、即時の不変形光斑画像の被測定角度を表すことを特徴とする、請求項5に記載の精密角度位置決め装置。

## 【請求項 8】

当該 Agilent 5530 動的測定器を前記角度校正ユニットとする場合において、前記副変化角度と前記即時の不変形光斑画像の被測定角度を、それぞれ下記の数式(7)と(8)を用いて算出し、

10

20

30

40

## 【数 7】

$$\theta_{\text{sub}} = \Delta d \ (360^\circ / \Sigma D)$$

## 【数 8】

$$\theta_{\text{被測定}} = \theta_i + ((\Delta d \times 360^\circ) / \Sigma D)$$

式中、 $\theta_i$  は、第  $i$  枚の座標光斑画像の主変化角度を表し、 $d$  は、前記即時の不変形光斑画像とその重なり面積が最大となる該第  $i$  個の座標光斑画像との間の像平面の変位量を表し、 $D$  は、前記回転円盤ユニットを 1 回転させて、像平面に生じる変位量の総和を表し、 $\theta_{\text{sub}}$  は、前記即時の不変形光斑画像の副変化角度を表し、 $\theta_{\text{被測定}}$  は、即時の不変形光斑画像の被測定角度を表すことを特徴とする、請求項 5 に記載の精密角度位置決め装置。

10

## 【請求項 9】

前記座標光斑画像内に任意の 2 点の光斑の相対光路差の変化量が、前記レーザ光の波長の  $1/5$  よりも必ず小さく、かつ前記座標光斑画像のデータベース内の任意の相隣する 2 枚の座標光斑画像の重なり長さが、 $1/2$  の前記座標光斑画像の長さより大きく、各座標光斑画像の撮像長さが、光斑不変形の移動可能な距離よりも必ず小さい或いは等しいことを特徴とする、請求項 4 に記載の精密角度位置決め装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

20

## 【0001】

本発明は、角度位置決め装置に係り、特に、高精度の角度位置決めが可能な装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

磁気角度センサは、第 2 次世界大戦中に発明されたものであり、戦車に応用することにより、戦車の砲塔を悪環境でも精密な角度で回転させることができる。その後も科学技術の進歩に伴い、光電誘導方式を用いる角度センサが大きな発展を遂げている。

図 1 の絶対位置決め円形光学格子の構造模式図を参照する。図 1 に示すように、前記絶対位置決め円形光学格子 1' においては、回転軸 11' と、9 個のリング型光学格子と、を備え、その内、最内環（第 9 環）の光学格子 12' は、512 個の均等部分（ $2^9$ ）に分割される。同じように、第 2 環の光学格子 13' は、4 個の均等部分（ $2^2$ ）に分割され、かつ最外環（第 1 環）の光学格子 14' は、2 個の均等部分（ $2^1$ ）に分割される。また、9 個の円環上の光学格子は、それぞれ 9 個の円環上の光学格子の明（1）値、暗（0）値を読み取るための 9 個の光電センサに対応することにより、1 セットの明暗読み値（例えば、000000001）を絶対角度として表示する。

30

## 【0003】

上記の絶対位置決め円形光学格子 1' に対しては、その最内環（第 9 環）の光学格子 12' の数によって角度位置決め精度が決定される。言い換えれば、上記の絶対位置決め円形光学格子 1' の角度位置決め精度をより一層向上することができない。

40

以上に鑑みて、図 2 の構造模式図に示すような高精度の絶対位置決め円形光学格子が開発され、提案されている。図に示すように、前記高精度の絶対位置決め円形光学格子 1'' は、主に内環の光学格子 11'' と外環の光学格子 12'' とからなる。

その内、外環の光学格子 12'' は、等間隔の光学格子で、内環の光学格子 11'' は、非等間隔の光学格子である。このような特殊な光学格子の配置方式により、前記高精度の絶対位置決め円形光学格子 1'' は絶対位置決め角度値を精算することができる。

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

しかしながら、現在市販されている角度エンコーダーには、いまなお以下に示すような

50

課題が存在している。

【 0 0 0 5 】

1．高精度の絶対位置決め円形光学格子の製作と校正は、相当な困難度を有することから、高精度の絶対位置決め円形光学格子の市販価格がその角度位置決めの精度に対して非直線的に増加するようになる。

【 0 0 0 6 】

2．如何にして軸の同心度の誤差を生じせずに、校正を完成した高精度のエンコーダーをそのサービスマシンの受け軸（回転軸）上に取り付けるかが、現在、高精度のエンコーダーが面する最も主要な問題である。

【 0 0 0 7 】

以上の説明から、現在市販されている高精度の絶対位置決め円形光学格子と高精度のエンコーダーのいずれもコスト上、使用上の欠点を抱えていることが解る。

【 0 0 0 8 】

本願発明者は、上記事情に鑑みて鋭意研究開発した結果、以下の知見を得て精密角度位置決め装置及び位置決め方法を完成するに至った。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本発明の主な目的は、精密角度位置決め装置及びその方法を提供することにある。本発明は、主に価格が相対的に安価である回転円盤ユニットと、不変形光斑捕捉ユニットと、角度識別位置決めユニットと、角度校正ユニットとから構成されることで、角度センサの高精度要求を満たす精密角度位置決め装置は、相当な産業競争力を有する。技術上では、不変形光斑捕捉ユニットを使用して回転する回転円盤ユニットの表面上からN個の不変形レーザ光斑画像を取得すると同時に、角度校正ユニットにより、毎枚の不変形レーザ光斑画像の校正角度を校正と記録することで、角度校正した後の不変形レーザ光斑画像をさらに座標光斑画像として定義し、続いてN枚の座標光斑画像及びその校正したN個の主変化角度を設定と記録し、それから画像マッチング方法と数式を用いて即時の不変形光斑画像とその重なり面積が最大となる第i個の座標光斑画像との間の副変化角度を算出する。その後、数式 
$$\text{被測定} = i + ((d \times 360^\circ) / D)$$
 を用いていずれか1つの即時の不変形光斑画像の被測定角度  $\text{被測定}$  を容易に算出することにより、精密な角度位置決めが完成する。

【 0 0 1 0 】

従って、本発明の上記目的を達成するため、本願発明者が提案する精密角度位置決め装置は、回転円盤ユニットと、コヒーレントな入射光を前記回転円盤ユニットの位置決め表面の上に発射させると共に、前記位置決め表面から反射される反射光を受光することで、前記位置決め表面の不変形光斑画像を取得する不変形光斑捕捉ユニットと、角度校正ユニットと、前記不変形光斑捕捉ユニットと前記角度校正ユニットとを電氣的に接続する角度識別位置決めユニットと、前記不変形光斑捕捉ユニットにより取得される前記不変形光斑画像を格納するための記憶ユニットと、を備え、前記回転円盤ユニットを連続的に1回転させる場合において、前記不変形光斑捕捉ユニットは、対応的に回転円盤ユニットのN枚の不変形光斑画像を取得すると同時に、前記角度校正ユニットは、前記N枚の不変形光斑画像に対応するN個の校正角度座標を計測すると共に、角度校正した後の不変形レーザ光斑画像を座標光斑画像として定義し、また前記N枚の座標光斑画像と前記N個の主変化角度とを前記記憶ユニット内に格納し、また、前記回転円盤ユニットを任意角度で回転させると共に、対応する即時の不変形光斑画像を捕捉した後、前記角度識別位置決めユニットは、画像マッチング関数を用いて前記即時の不変形光斑画像と記憶ユニット内に格納されたN枚の座標光斑画像とに対して画像マッチングを行い、前記即時の不変形光斑画像とその重なり面積が最大となる第i個の座標光斑画像との間の変位を算出して生成される即時位置の副変化角度は、該第i個の主変化角度に合わせて、前記即時の不変形光斑画像の被測定角度を精確に算出することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【 図 1 】 絶対位置決め円形光学格子の構造模式図である。

【 図 2 】 高精度の絶対位置決め円形光学格子の構造模式図である。

【 図 3 】 本発明に係る精密角度位置決め装置の構成図である。

【 図 4 A 】 回転円盤ユニットの斜視図である。

【 図 4 B 】 回転円盤ユニットの斜視図である。

【 図 4 C 】 回転円盤ユニットの斜視図である。

【 図 5 】 不変形レーザ光斑画像を示す図である。

【 図 6 A 】 レーザ光斑画像の S A D のマッチンググラフである。

【 図 6 B 】 レーザ光斑画像の S A D のマッチンググラフである。

【 図 7 】 本発明に係る精密角度位置決め装置の第 2 構成図である。

【 図 8 】 不変形レーザ光斑画像を示す図である。

【 図 9 】 本発明に係る精密角度位置決め装置の第 3 構成図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 2 】

本発明に係る精密角度位置決め装置の好適な実施例について、以下、添付図面を参照しながら詳細に説明する。

【 0 0 1 3 】

本発明に係る精密角度位置決め装置の構成図である図 3 を参照する。

この図に示すように、本発明の精密角度位置決め装置 1 は、主に回転円盤ユニット 1 1 と、不変形光斑捕捉ユニット 1 2 と、角度校正ユニット 1 3 と、角度識別位置決めユニット 1 4 と、記憶ユニットとから構成される。

回転円盤ユニットの斜視図である図 4 A、図 4 B と図 4 C とを同時に参照する。

この図に示すように、角度識別位置決めユニット 1 4 に電氣的に接続される不変形光斑捕捉ユニット 1 2 により、コヒーレントな入射光を前記回転円盤ユニット 1 1 の位置決め表面の上に発射させる。例としては、レーザ光を回転円盤ユニット 1 1 の頂部表面（図 4 A を参照）、側辺表面（図 4 B を参照）或いは底部表面（図 4 C を参照）に発射することが挙げられる。

続いて、不変形光斑捕捉ユニット 1 2 が前記位置決め表面から反射される反射光を受光すると共に、反射光のレーザ光斑を検出することにより、不変形光斑画像を取得する。

【 0 0 1 4 】

図 3 に示すように、不変形光斑捕捉ユニット 1 2 は、発光素子 1 2 1 と、前段絞り 1 2 2 と、レンズ 1 2 3 と、後段絞り 1 2 4 と、2 次元画像センサ 1 2 5 と、を備えるように構成される。

その内、発光素子 1 2 1 は、当該コヒーレントな入射光（即ち、レーザ光）を前記回転円盤ユニット 1 1 の前記位置決め表面の上に発射させるために用いられる。かつ、前記前段絞り 1 2 2 は、前記レーザ光の二次反射散乱光を濾過するために用いられる。また、レンズ 1 2 3 は、結像するために用いられ、前記回転円盤ユニット 1 1 の表面の反射光を 2 次元センサ 1 2 5 に結像させる。

絞り 1 2 4 は、入射光線の入射視角及び光斑平均サイズを制御するために用いられ、光斑画像の変形量を効果的に低減することができる。さらに、前記 2 次元画像センサ 1 2 5 は、同様に制御と処理モジュール（角度識別位置決めユニット）1 4 に電氣的に接続され、ここでの 2 次元画像センサは、C C D 画像センサ或いは C M O S 画像センサであってもよく、前記レーザ光のレーザ光斑画像を検出と記録するために用いられる。

単一の物体の各物体表面に呈示されている 3 次元テクスチャーターンの何れも唯一であるため、レーザ光が物体表面に入射する場合、その反射されるレーザ光斑画像も唯一性を有する。物体表面に反射されるレーザ光斑画像が確かに唯一性を有するかどうかを確定するために、下記のステップ（1）～（4）に従って以下の実験を行った。

【 0 0 1 5 】

（1）50  $\mu$ m を撮像間隔とし、不変形光斑捕捉ユニット 1 2 を使用してステンレス鋼

10

20

30

40

50

の表面上から計 1200 枚のレーザ光斑画像を取得すると共に、レーザ光斑画像の撮像作業を行うと同時に、レーザ干渉計を使用して各枚のレーザ光斑画像の位置を計測・記録して、1200 枚の座標光斑画像及びその対応の座標位置を設定する。

【0016】

(2) 取得される 1200 枚の座標光斑画像及びその対応の座標位置を角度識別位置決めユニット 14 のデータベースの中に格納する。

【0017】

(3) 不変形光斑捕捉ユニット 12 を使用して前記ステンレス鋼の表面上において、3 cm の位置箇所に即時のレーザ光斑画像を再取得する。

【0018】

(4) 前記角度識別位置決めユニット 14 により、画像マッチング関数（即ち、SAD (Sum of Absolute Difference)）を用いて取得される即時のレーザ光斑画像とデータベースの中の 1200 枚の座標光斑画像とを逐一にマッチングする。

【0019】

図 5 の不変形レーザ光斑画像に示すように、図 (a) ~ 図 (g) は、それぞれ 0  $\mu\text{m}$ （即ち、撮像始点）、10000.73  $\mu\text{m}$ 、20001.57  $\mu\text{m}$ 、29999.04  $\mu\text{m}$ 、39999.95  $\mu\text{m}$ 、50001.18  $\mu\text{m}$  及び 60001.94  $\mu\text{m}$  の座標光斑画像を示す。そして、図 6A と図 6B に示す 1200 枚の座標光斑画像と前記即時のレーザ光斑画像の SAD のマッチンググラフから明らかなように、前記即時のレーザ光斑画像に比べて、データベースの中の位置 29999.04  $\mu\text{m}$  での座標光斑画像が最小の SAD 値を表していることが分かる。

これは、データベースの中には、ただ 1 枚の座標光斑画像が再取得の前記即時のレーザ光斑画像に最も類似しており、最大の重なり面積を有することを示している。従って、実験結果によれば、物体表面から反射されるレーザ光斑画像が確かに唯一性を有することが実証された。

【0020】

以上の説明から、如何にして不変形光斑捕捉ユニット 12 を用いて物体の表面上から不変形レーザ光斑画像を取得するかは既に明らかであろう。さらに、角度校正ユニット 13 の使用に合わせれば、レーザ光斑画像技術も「角度位置決め」に応用可能である。しかし、補助説明すべきことは、レーザ光斑画像技術を物体表面の位置決めに応用する場合、まず、レーザ光斑画像が「不変形」であることを確保する必要がある。

レーザ光斑画像が「不変形」であることを確保する条件は、前記レーザ光斑画像内の任意の 2 点の光斑の相対光路差の変化量が、前記レーザ光の波長の 1/5 よりも必ず小さいことである。また、前記座標光斑画像のデータベース内に任意の相隣する 2 枚の座標光斑画像の重なり長さが、1/2 の前記座標光斑画像の長さより大きいことである。さらに、毎枚の座標光斑画像の撮像長さが、光斑不変形の移動可能な距離よりも必ず小さい或いは等しいことである。従って、重なり領域内にある 2 枚の光斑画像は、光斑画像の変位距離が光斑の不変形距離より小さいので、ほぼ完全一致の光斑画像は、SAD、SSD、NCC 或いは SIFT 等の方法を利用して光斑画像の変位マッチングを行うことができ、相隣する 2 枚の光斑画像が回転により、画像センサ上に生成される 2 個の像平面の変位ベクトル ( $dx$ ,  $dy$ ) を精確に算出する。

その内、 $dx$  は、像平面の  $x$  軸の変位ベクトル成分で、 $dy$  は、像平面の  $y$  軸の変位ベクトル成分である。上記より光斑画像が移動する像平面の変位ベクトルが得られ、そして光斑捕捉ユニット (12) の光学拡大倍率  $M$  を利用して物平面の変位ベクトル ( $dx$ ,  $dy$ ) を算出することができ、ここでは  $dx = dx / M$ 、 $dy = dy / M$  の条件を満たす。

【0021】

上記の説明から分かるように、回転円盤ユニット 11 の不変形光斑画像の校正位置座標を予め記録しておけば、座標値を有する座標光斑画像が生成されるので、この位置決め方

10

20

30

40

50

法は、相対位置決め技術から絶対位置決め技術に転換することができる。

応用する際に、即時に取得される光斑画像は、前記即時の光斑画像との重なり範囲が最大となる座標光斑画像を計算するように、その前に記録される全ての座標光斑画像とをマッチングして、これらの2枚の光斑画像が像平面での変位量を計算して、光斑捕捉ユニット12の光学拡大倍率M及び座標光斑画像の位置座標に合わせることで、即時の光斑画像の位置座標を確認できる。

#### 【実施例1】

#### 【0022】

図3の構成のように、実施例1では、Agilent（登録商標）5530 動的測定器（Dynamic Calibrator）を角度校正ユニット13とすると共に、下記の手順を通じて即時の角度位置決めが完成する。

まず、回転円盤ユニット11を1回転させると共に、不変形光斑捕捉ユニット12を使用して前記回転円盤ユニット11のN枚の不変形光斑画像及び第N+1枚の不変形光斑画像を取得し、続いて画像マッチング関数を用いて第1枚の不変形光斑画像と第N+1枚の不変形光斑画像とに対して画像変位量マッチングを行い、第N+1枚の光斑画像が第1枚の光斑画像を超えたかどうかを確認し、第N+1枚の光斑画像が第1枚の光斑画像を超えた場合は、第N+1枚の光斑画像の角度座標値が360度を超えたことを示し、不変形光斑画像を継続的に捕捉する必要がない。

画像マッチング関数としては、例えば差分絶対値和（Sum Absolute Difference, SAD）、差分二乗和（Sum Squared Difference, SSD）、正規化相互相関（Normalized Cross Correlation, NCC）或いはスケール不変特徴変換（Scale Invariant Feature Transform, SIFT）等の指標値複数あるがどれを用いてもよいものとする。

#### 【0023】

不変形光斑画像を捕捉すると同時に、角度校正ユニット13（即ち、Agilent 5530 動的測定器）により、毎枚の不変形光斑画像の校正角度座標を定義する必要があり、角度を画定した不変形光斑画像を座標光斑画像として定義する。例えば、第1枚の不変形光斑画像の校正角度座標が  $\theta_1 = 0$  で、第i枚の不変形光斑画像の校正角度座標が  $\theta_i$  である。かつ、この校正角度を前記座標光斑画像の主変化角度として定義する。N枚の座標光斑画像及びその対応の主変化角度  $\theta_i$  を座標データベース内に記録して完成となる。

#### 【0024】

さらに、回転円盤ユニット11を1回転させる時の像平面の変位量の総和 D を計算する。SIFT（Scale Invariant Feature Transform）を利用して相隣する2枚の座標光斑画像の像平面の変位量をマッチングする。

例えば、第2枚の座標光斑画像と第1枚の座標光斑画像との間の像平面の変位量が  $d_1$  で、第N枚の座標光斑画像と第1枚の座標光斑画像との間の像平面の変位量が  $d_n$  である。回転円盤ユニット11を1回転させる時の像平面の変位量の総和は、数式  $D = (d_1 + d_2 + \dots + d_{(n-1)} + d_n)$  を用いて計算する。

こうして、さらに下記の数式（1）を用いて即時の光斑画像が位置決めをする時の副変化角度を算出する。式中、 $\theta_{sub}$  は、即時の不変形光斑画像の副変化角度を表し、 $d$  は、前記即時の不変形光斑画像とその重なり面積が最大となる座標光斑画像とをマッチングして位置決めする像平面の変位量を表す。

#### 【0025】

#### 【数1】

$$\theta_{sub} = \Delta d \ (360^\circ / \Sigma D)$$

#### 【0026】

こうして、N枚の不変形光斑画像、N個の主変化角度の座標データベースを完成した場



合において、回転円盤ユニット 11 を任意角度で回転させると共に、即時の不変形光斑画像を取得した後、画像マッチング関数を用いてデータベースの中から前記即時の不変形光斑画像との間に重なり面積が最大となる座標光斑画像を見つけ出し、もし該枚の座標光斑画像を第  $i$  枚の座標光斑画像として定義する場合であれば、下記の数式 (2) を用いて前記即時の不変形光斑画像の被測定角度  $\theta_{\text{被測定}}$  を容易に算出することにより、精密の角度位置決めが完成する。

【0027】

【数 2】

$$\theta_{\text{被測定}} = \theta_i + ((\Delta d \times 360^\circ) / \Sigma D)$$

10

【0028】

ここで、特別に説明すべきことは、本発明の精密角度位置決め装置の精密角度位置決め誤差源として、下記 2 種類が挙げられる点である。

1. 使用される角度校正ユニット 13 の位置決め誤差である。この位置決め誤差は、角度校正ユニット 13 が座標光斑画像の主変化角度を校正する時に生じる位置決め誤差である。Agilent 5530 動的測定器 (Dynamic Calibrator) を角度校正ユニット 13 とする場合は、座標光斑画像を校正した後の主変化角度の位置決め誤差が 0.5 である。

2. 即時の光斑画像と座標光斑画とをマッチングして位置決めする時に生じる位置決め誤差である。この位置決め誤差量の大きさを見積もると、一般的な商用の精密角度センサの位置決め精度が約 1 で、高精度の角度センサの外径の範囲が約 20 ~ 30 cm である。角度センサの回転時の回転円周長である  $D$  に換算すると、その範囲が約 60 ~ 100 cm である。

20

現在商用規格である CCD 或いは CMOS センサの画素の大きさの範囲が 1 ~ 5  $\mu\text{m}$  で、SIFT マッチング方法を使用して値の範囲が約  $1/50 \sim 1/100$  である画素の大きさは、つまりその範囲約 10 ~ 100  $\mu\text{m}$  である。撮像装置の光学拡大倍率  $M$  が 1 である場合、即時の光斑画像の即時の角度位置決め誤差範囲としては

$$\pm(360 \times 60 \times 60) / (D / \delta) \text{ 秒 (角度)} \approx \pm(0.2'' \sim 0.013'')$$

と見積もることができる。

30

従って、座標光斑画像の主変化角度の位置決め誤差である 0.5 に、即時の光斑画像と座標光斑画像とをマッチングして得られる位置決め誤差である 0.2 を加えた、本方法を利用する角度位置決めの誤差総和としては、つまり  $0.5 + 0.2 = 0.7$  となり、1 より小さいので、角度センサの高精度要求を満たすことができる。

【実施例 2】

【0029】

図 7 に示す本発明に係る精密角度位置決め装置の第 2 構成は、回転円盤ユニット 11 と、不変形光斑捕捉ユニット 12 と、角度校正ユニット 13 と、角度識別位置決めユニット 14 と、記憶ユニットとから構成されると共に、慣性レーザジャイロスコープを角度校正ユニット 13 とする。

40

実施例 2 では、下記の手順を通じて座標光斑画像の主変化角度の校正・位置決めが完成する。まず、不変形光斑捕捉ユニット 12 の 2 次元画像センサ 125 の撮像重複率の範囲を 1 KHz ~ 10 KHz の間に設定する必要がある。

続いて回転円盤ユニット 11 を  $10^\circ / \text{秒}$  の固定回転速度で 1 回転させると共に、 $N$  枚の不変形光斑画像を取得する。そして、前記回転円盤ユニット 11 を回転させると同時に、慣性レーザジャイロスコープが出力するビート信号の周期数  $k_i$  と座標位相  $\phi_i$  とを読み取り、記録する。

【0030】

上記の説明のように、第 1 枚の座標光斑画像の角度座標を原点とすることによって、 $k_1 = 0$  と  $\phi_1 = 0$  を定義するものとなり、また第 2 枚の座標光斑画像のビート信号の累計

50

周期数が  $k_2 + (2/360)$  で、第  $i$  枚の座標光斑画像のビート信号の累計周期数が  $k_i + (i/360)$  で、そして第  $N$  枚の座標光斑画像のビート信号の累計周期数が  $k_n + (n/360)$  である。

ここでは画像マッチング関数を用いて第 1 枚の不变形光斑画像と第  $N$  枚の変形光斑画像との間の像平面の変位量が  $d_n$  を算出し、かつ性レーザジャイロスコープが対応的に出力するビート信号の周期数を  $k$  に設定する。こうして、 $k$  の値は、下記の数式 (3) に代入して、

【0031】

【数3】

$$d_n : (\Sigma D - d_n) = \Delta k : (k_n + \frac{\phi_n}{360}) \Rightarrow \Delta k = \frac{d_n \times (k_n + \frac{\phi_n}{360})}{(\Sigma D - d_n)} \quad 10$$

の式から求めることができる。また、位置決めする回転円盤ユニット 11 を 1 回転させるビート信号の累計周期数は  $k$  であるから、それは、下記の数式 (4) に代入して、

【0032】

【数4】

$$\Sigma k = k_n + \frac{\phi_n}{360} + \Delta k \quad 20$$

の式から求めることができる。従って、 $k$  と  $k$  の値が得られた後に、下記の数式 (5) に代入して、

【0033】

【数5】

$$\theta_i = \frac{k_i + \frac{\phi_i}{360}}{\Sigma k} \times 360$$

の式から  $N$  枚の座標光斑画像に対応する  $N$  個の主変化角度を求めることができる。式中、 $\theta_i$  は主変化角度を表す。

【0034】

$N$  枚の座標光斑画像と  $N$  個の主変化角度の校正と記録を完成した後、続いて回転円盤ユニット 11 を 1 回転させる時の像平面の変位量の総和は、数式  $D = (d_1 + d_2 + \dots + d_{(n-1)} + d_n)$  を用いて計算する。

また、回転円盤ユニット 11 を任意角度で回転させると共に、即時の不变形光斑画像を取得した後、画像マッチング関数を用いてデータベースの中から前記即時の不变形光斑画像とその間に重なり面積が最大となる座標光斑画像とをマッチングして位置決めすることにより、これらの 2 枚の光斑画像が像平面での変位量  $d$  が得られる。それから、下記の数式 (6) に代入して、

【0035】

【数6】

$$\theta_{sub} = \Delta d (360^\circ / \Sigma D) \quad 40$$

の式から前記即時の不变形光斑画像の副変化角度  $\theta_{sub}$  を求めることができる。

【0036】

図 8 に示す不变形レーザ光斑画像を参照する。その内、図 8 の図 (a) は、前記即時の不变形光斑画像を示し、図 (b)、図 (c)、図 (d) と図 (e) は、それぞれデータベースの中の第  $i$  枚の座標光斑画像、第  $i-1$  枚の座標光斑画像、第  $i-2$  枚の座標光斑画像と第  $i+1$  枚の座標光斑画像を示す。

SIFT 画像マッチングによると、第  $i$  枚の座標光斑画像 (図 (b)) と即時の不变形

光斑画像（図（a））との間に、最大の光斑画像の重なり領域を有し、またSIFT画像マッチング関数でマッチングすれば、2枚の光斑画像が像平面での変位距離  $d$  が - 0 . 0 5 画素であることが分かる。この数値は、像平面のマッチングにおいて、前記即時の光斑画像は、第  $i$  枚の座標光斑画像から 0 . 0 5 画素の距離をリードすることを意味している。

逆に、図（e）の第  $i + 1$  枚の座標光斑画像は、図（a）の不変形光斑画像を超えて2枚の光斑画像が像平面での変位距離の大きさが + 5 . 6 0 画素である。よって、図（b）に示す第  $i$  枚の座標光斑画像は、前記即時の不変形光斑画像との間に最大の重なり面積を有することが確定する。第  $i$  枚の座標光斑画像の主変化角度が  $\theta_i$  とすれば、下記の数式（7）に代入して、

【0037】

【数7】

$$\theta_{\text{被測定}} = \theta_i + ((\Delta d \times 360^\circ) / \Sigma D)$$

の式から前記即時の不変形光斑画像の被測定角度  $\theta_{\text{被測定}}$  を容易に求めることができることにより、精密の角度位置決めが完成する。

【0038】

ここで、特別に説明すべきことは、例えばHoneywell（登録商標）GG1320 Digital Laser Gyroの慣性レーザジャイロスコープを角度校正ユニット13とする場合において、そのバイアス安定性（Bias Stability）が0 . 0 0 3 5 deg / hourで、かつ回転円盤ユニット11を秒毎に  $10^0$  の固定回転速度で回転させるので、回転円盤ユニット11を1回転に要する時間が約36秒（或いは0 . 0 1時間）であることが分かる。

こうして、Honeywell GG1320が0 . 0 1時間内の角度位置決め精度が  $0 . 0 0 3 5 \text{ deg / hour} \times 0 . 0 1 \text{ hour} = 3 . 5 \times 10^{-5} \text{ deg} = 0 . 1 2 6$

と計算する。従って、慣性レーザジャイロスコープを角度校正ユニット13とする場合において、本発明の角度位置決め誤差値は、約座標光斑画像の主変化角度の位置決め誤差である0 . 1 2 6 に、即時の光斑画像と座標光斑画像とをマッチングして得られる位置決め誤差である0 . 2 を加えた値であり、つまり  $(0 . 1 2 6 + 0 . 2) = 0 . 4$

なので、実施例1と同様に角度センサの高精度要求を満たすことができる。

【実施例3】

【0039】

図9に示す本発明に係る精密角度位置決め装置の第3構成は、回転円盤ユニット11と、不変形光斑捕捉ユニット12と、角度校正ユニット13と、角度識別位置決めユニット14と、記憶ユニットとから構成されると共に、慣性光ファイバジャイロスコープを角度校正ユニット13とする。

実施例3では、下記の手順を通じて座標光斑画像の主変化角度の校正・位置決めが完成する。まず、実施例2と同様に不変形光斑捕捉ユニット12の2次元画像センサ125の撮像重複率の範囲を1KHz ~ 10KHzの間に設定する必要がある。続いて回転円盤ユニット11を  $10^\circ$  / 秒の固定回転速度で1回転させると共に、N枚の不変形光斑画像を取得する。そして、前記回転円盤ユニット11を回転させると同時に、慣性光ファイバジャイロスコープが出力する前記N枚の座標光斑画像に対応するN個の校正角度を読み取りする。その内、第1枚の座標光斑画像の校正角度が  $\theta_1$  で、第2枚の座標光斑画像の校正角度が  $\theta_2$  で、かつ、第N枚の座標光斑画像の校正角度が  $\theta_n$  である。

こうして、第1枚の座標光斑画像の主変化角度を  $\theta_1 = \theta_1 - \theta_1 = 0$  として定義し、さらに第2枚の座標光斑画像の主変化角度を  $\theta_2 = \theta_2 - \theta_1$  に代入して計算し、かつ第N枚の座標光斑画像の主変化角度を  $\theta_n = \theta_n - \theta_1$  に代入して計算することができる。言い換えれば、第  $i$  枚の座標光斑画像の主変化角度は、下記の数式（8）を用いて計算することができる。

【0040】

10

20

30

40

50

【数 8】

$$\theta_i = \theta_i' - \theta_1'$$

【0041】

N枚の座標光斑画像とN個の主変化角度の校正と記録を完成した後、続いて回転円盤ユニット11を1回転させる時の像平面の変位量の総和は、数式  $D = (d_1 + d_2 + \dots + d_{(n-1)} + d_n)$  を用いて計算する。また、回転円盤ユニット11を任意角度で回転させると共に、即時の不変形光斑画像を取得した後、画像マッチング関数を用いてデータベースの中から前記即時の不変形光斑画像とそこに重なり面積が最大となる座標光斑画像とをマッチングして位置決めすることにより、これらの2枚の光斑画像が像平面での変位量  $d$  が得られる。それから、下記の数式(9)に代入して、

10

【0042】

【数 9】

$$\theta_{sub} = \Delta d (360^\circ / \Sigma D)$$

の式から前記即時の不変形光斑画像の副変化角度  $sub$  を求めることができる。

さらに、下記の数式(10)に代入して、

【0043】

【数 10】

$$\theta_{被測定} = \theta_i + ((\Delta d \times 360^\circ) / \Sigma D)$$

20

の式から前記即時の不変形光斑画像の被測定角度  $被測定$  を容易に求めることができることにより、精密の角度位置決めが完成する。

【0044】

ここで、特別に説明すべきことは、例えば Honeywell Fiber Optic Gyro の慣性光ファイバジャイロスコープを角度校正ユニット13とする場合においては、そのバイアス安定性 (Bias Stability) が  $0.0003 \text{ deg/hour}$  で、かつ回転円盤ユニット11を秒毎に  $10^\circ$  の固定回転速度で回転させるので、回転円盤ユニット11の1回転に要する時間が約36秒(或いは0.01時間)であることが分かる。

30

こうして、Honeywell Fiber Optic Gyro が  $0.01$  時間内の角度位置決め精度が

$$0.0003 \text{ deg/hour} \times 0.01 \text{ hour} = 3 \times 10^{-6} \text{ deg} \cong 0.01''$$

$$(3 \times 10^{-6} \times 60 \times 60 \text{ arc second} \cong 0.01'')$$

と計算する。従って、慣性光ファイバジャイロスコープを角度校正ユニット13とする場合において、本発明の角度位置決め誤差値は、約座標光斑画像の主変化角度の位置決め誤差である  $0.01$  に、即時の光斑画像と座標光斑画像とをマッチングして得られる位置決め誤差である  $0.2$  を加えた値であり、つまり  $(0.01 + 0.2) = 0.3$  になるので、実施例1及び実施例2と同様に角度センサの高精度要求を満たすことができる。

40

また、もし不変形光斑画像の位置決め精度を  $0.1 \mu\text{m}$  から  $10 \text{ nm}$  までに高めることができるか、或いは回転円盤ユニットの周長を  $1 \text{ m}$  から  $10 \text{ m}$  までに増加させることができる場合であれば、即時の光斑画像の重複位置決め誤差を  $0.02$  までに改善することができるので、システム全体においては角度位置決め精度を  $0.03$  ( $0.01 + 0.02 = 0.03$ ) までに高める可能性を示唆する。

【0045】

こうして、上記の詳細な説明から、本発明の精密角度位置決め装置は、完全かつ明瞭に開示されており、本発明が下記の利点を有することが分かる。

【0046】

1. 本発明によれば、価格が相対的に安価である回転円盤ユニット11と、不変形光斑

50

捕捉ユニット１２と、角度識別位置決めユニット１４と、角度校正ユニット１３とを利用するだけで、角度センサの高精度要求を満たす精密角度位置決め装置が構成され、相当な産業競争力を有する。

#### 【００４７】

２．本発明の技術によれば、不変形光斑捕捉ユニット１２を使用して回転する回転円盤ユニット１１の表面上からＮ個の座標光斑画像を取得すると同時に、角度校正ユニット１３と角度識別位置決めユニット１４との使用に合わせて、毎枚の座標光斑画像の主変化角度を校正と記録する。

このようにして、データベース内に格納されたＮ枚の座標光斑画像及びそれに対応するＮ個の主変化角度は、即時の不変形光斑画像とその重なり面積が最大となる第ｉ個の座標光斑画像に合わせることで、像平面の変位距離  $d$  及び回転円盤ユニット１１を１回転させる時の像平面の変位量の総和  $D$  といった２つのパラメーターが得られ、それから、数式  $\theta_{\text{被測定}} = \theta_i + ((d \times 360^\circ) / D)$  を用いて前記即時の不変形光斑画像の被測定角度  $\theta_{\text{被測定}}$  を容易に算出することにより、精密な角度位置決めが完成する。

#### 【００４８】

３．上記第２点に続いて、さらに本発明の精密角度位置決め装置は、Agilent 5530 動的測定器 (Dynamic Calibrator)、慣性レーザジャイロスコープ及び慣性光ファイバジャイロスコープのいずれかを角度位置決めユニット１３として使用してもよく、それらの全てが角度センサの高精度要求を満たすことができる。

#### 【００４９】

強調すべき点は、上記の詳細な説明は、本発明の実施可能な実施例を具体的に説明したものであり、本発明の特許範囲はこれらの実施例に限定されるものではなく、本発明の技術的精神を逸脱しない限り、その等効果実施又は変更は、なお、本願の特許請求の範囲内に含まれる点である。

#### 【符号の説明】

#### 【００５０】

- １ 精密角度位置決め装置
- １１ 回転円盤ユニット
- １２ 不変形光斑捕捉ユニット
- １３ 角度校正ユニット
- １４ 制御と処理モジュール
- １２１ 発光素子
- １２２ 前段絞り
- １２３ レンズ
- １２４ 後段絞り
- １２５ ２次元画像センサ
- １' 絶対位置決め円形光学格子
- １１' 回転軸
- １２' 最内環の光学格子
- １３' 第８環の光学格子
- １４' 最外環の光学格子
- １" 高精度の絶対位置決め円形光学格子
- １１" 内環の光学格子
- １２" 外環の光学格子

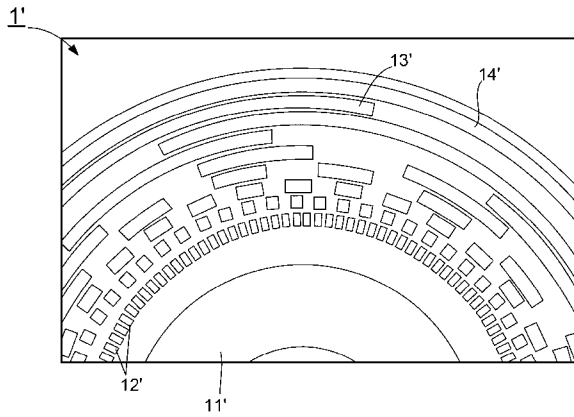
10

20

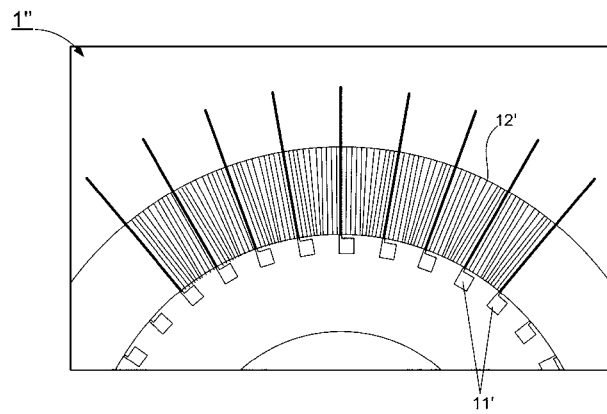
30

40

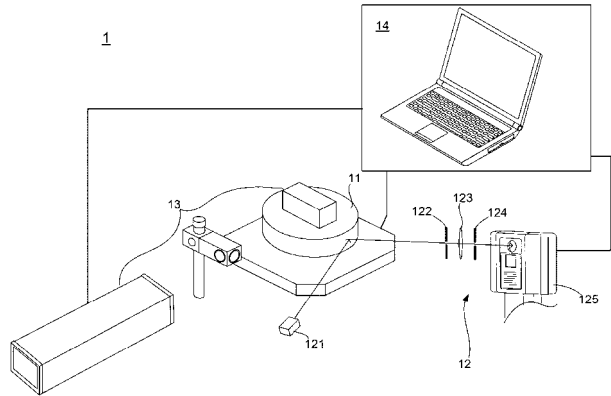
【図 1】



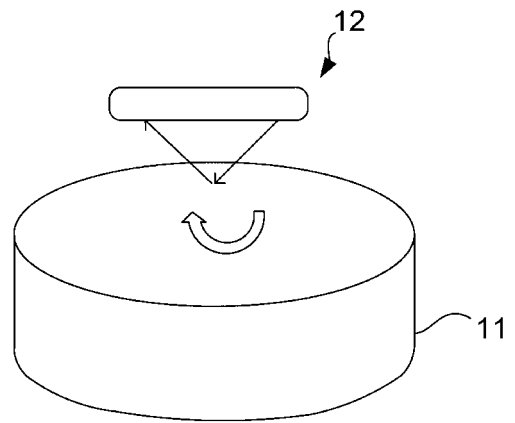
【図 2】



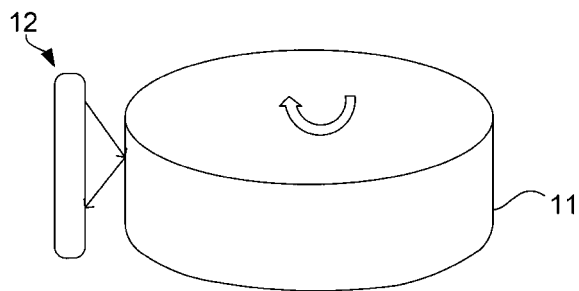
【図 3】



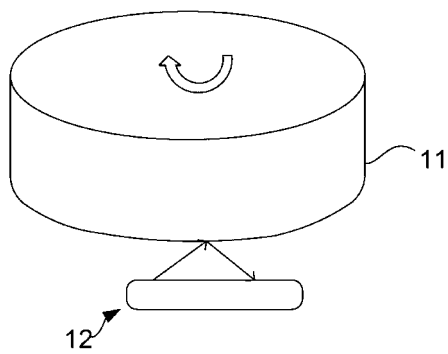
【図 4 A】



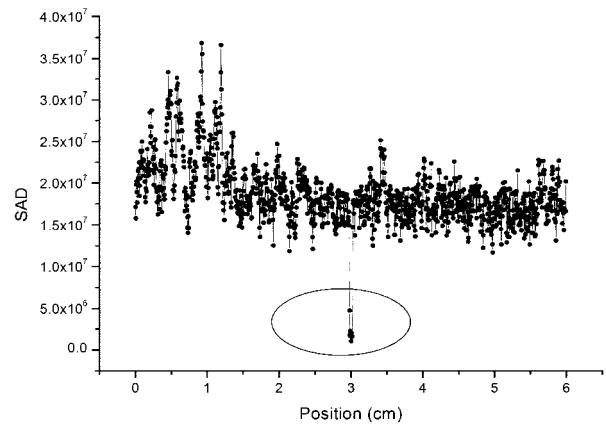
【図 4 B】



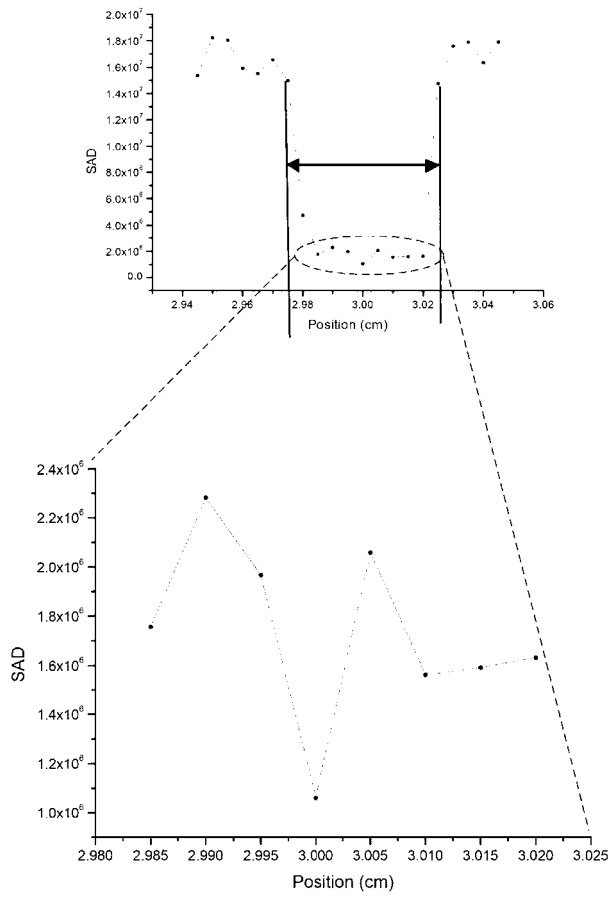
【図 4 C】



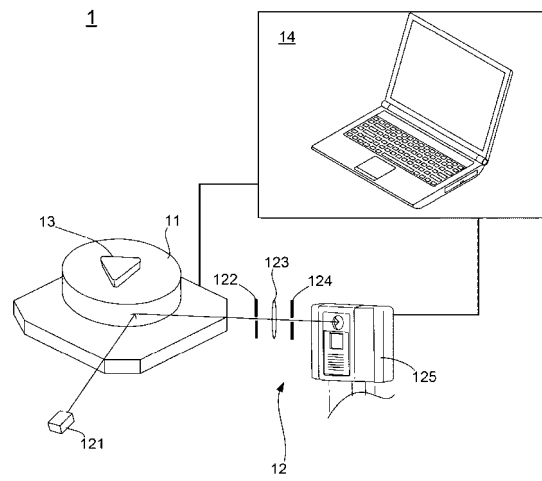
【図 6 A】



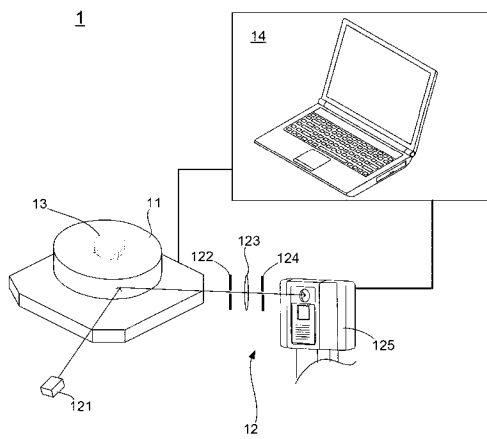
【図 6 B】



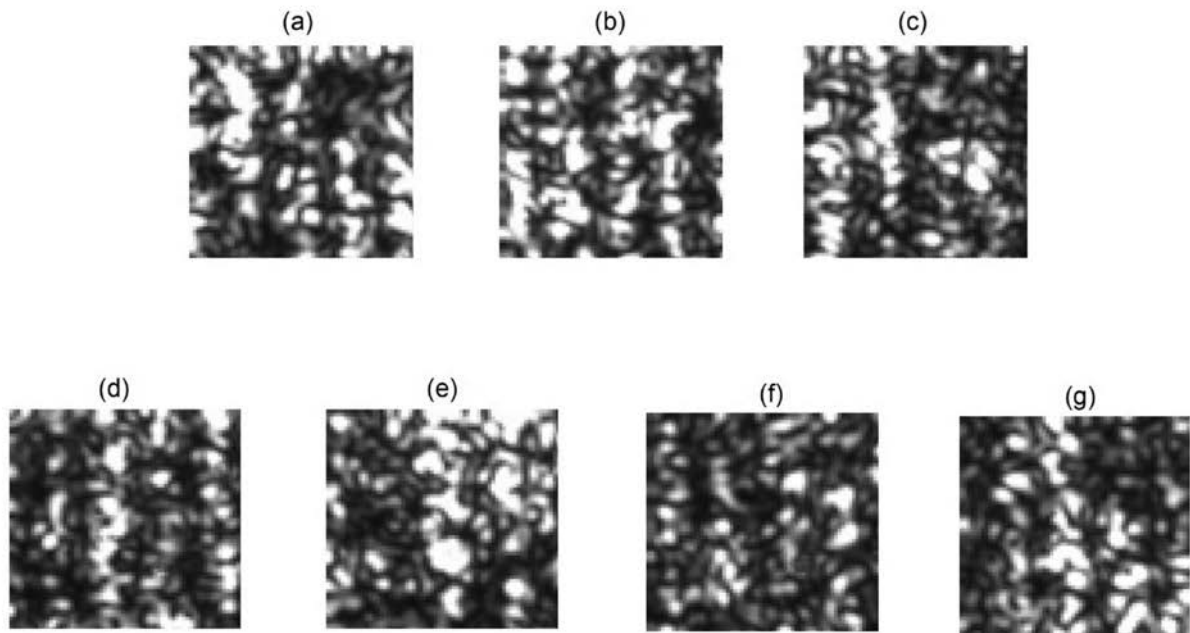
【図 7】



【図 9】

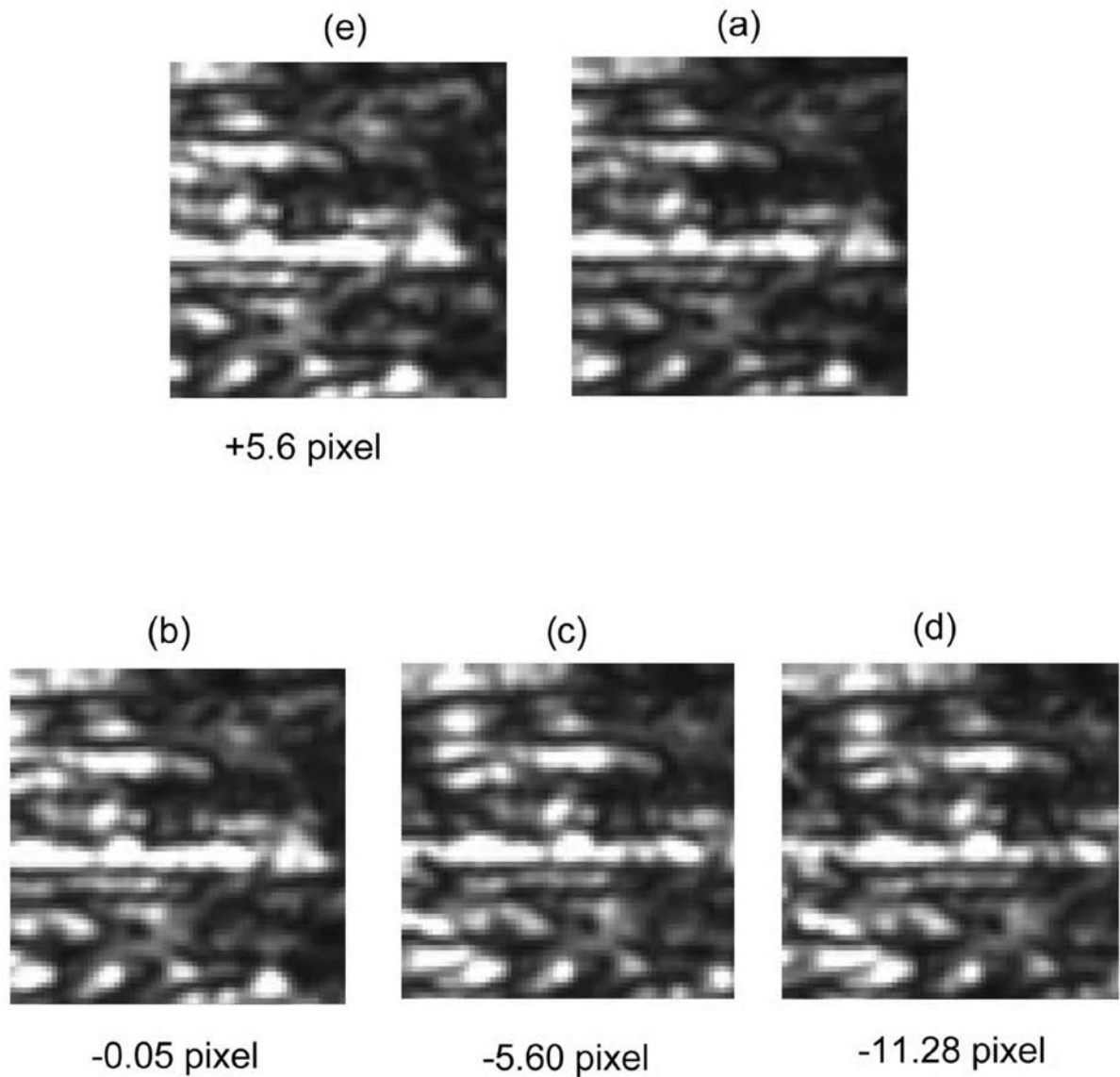


【 図 5 】





【 図 8 】



## 【 手続補正書 】

【 提出日 】 平成27年1月7日 (2015.1.7)

## 【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】 全文

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

精密角度位置決め装置であって、

回転円盤ユニットと、

コヒーレントな入射光を前記回転円盤ユニットの位置決め表面の上に発射させると共に、前記位置決め表面から反射される反射光を受光することで、前記位置決め表面の不変形光斑画像を取得する不変形光斑捕捉ユニットと、

前記不変形光斑画像の校正角度座標を測定するための角度校正ユニットと、

前記不変形光斑捕捉ユニットと前記角度校正ユニットとを電気的に接続する角度識別位置決めユニットと、

前記不変形光斑捕捉ユニットにより取得される前記不変形光斑画像を格納するための記

憶ユニットと、を備え、

前記回転円盤ユニットを連続的に１回転させる場合において、前記不変形光斑捕捉ユニットは、対応的に回転円盤ユニットのＮ枚の不変形光斑画像を取得すると同時に、前記角度校正ユニットは、前記Ｎ枚の不変形光斑画像に対応するＮ個の校正角度座標を計測すると共に、前記角度識別位置決めユニットにより、対応のＮ個の主変化角度が算出され、校正を経て主変化角度の不変形光斑画像を座標光斑画像として定義し、また前記Ｎ枚の座標光斑画像と前記Ｎ個の主変化角度とを前記記憶ユニット内に格納し、

前記回転円盤ユニットを任意角度で回転させると共に、対応する即時の不変形光斑画像を捕捉した後、前記角度識別位置決めユニットは、画像マッチング関数を用いて前記即時の不変形光斑画像と記憶ユニット内に格納されたＮ枚の座標光斑画像に対して画像マッチングを行い、前記即時の不変形光斑画像とその重なり面積が最大となる第ｉ個の座標光斑画像との間の変位を算出して生成される即時位置の副変化角度は、該第ｉ個の主変化角度に合わせて、前記即時の不変形光斑画像の被測定角度を精確に算出し、

前記不変形光斑捕捉ユニットは、レーザ光を前記回転円盤ユニットの前記位置決め表面の上に発射させるための発光素子と、前記レーザ光の二次反射散乱光を濾過するための前段絞りと、前記レーザ光を物体表面に照射することによる光斑画像を２次元センサ上に結像させるためのレンズと、前記反射光の光斑サイズを制御するための後段絞りと、ＣＣＤ画像センサ或いはＣＭＯＳ画像センサであり、前記レーザ光が前記物体表面に照射することによる不変形レーザ光斑画像を検出と記録するための２次元画像センサと、を備え、

前記座標光斑画像内に任意の２点の光斑の相対光路差の変化量が、前記レーザ光の波長の１／５よりも必ず小さく、かつ前記座標光斑画像のデータベース内の任意の相隣する２枚の座標光斑画像の重なり長さが、１／２の前記座標光斑画像の長さより大きく、各座標光斑画像の撮像長さが、光斑不変形の移動可能な距離よりも必ず小さい或いは等しいことを特徴とする、

精密角度位置決め装置。

#### 【請求項２】

前記位置決め表面は、回転円盤ユニットの頂部表面、回転円盤ユニットの側辺表面及び回転円盤ユニットの底部表面からなる群から選択されるいずれか１つの表面であることを特徴とする、請求項１に記載の精密角度位置決め装置。

#### 【請求項３】

前記画像マッチング関数は、ＳＡＤ（Ｓｕｍ ｏｆ Ａｂｓｏｌｕｔｅ Ｄｉｆｆｅｒｅｎｃｅ）、ＳＳＤ（Ｓｕｍ ｏｆ Ｓｑｕａｒｅ Ｄｉｆｆｅｒｅｎｃｅ）、ＮＣＣ（Ｎｏｒｍａｌｉｚｅｄ Ｃｒｏｓｓ Ｃｏｒｒｅｌａｔｉｏｎ）及びＳＩＦＴ（Ｓｃａｌｅ Ｉｎｖａｒｉａｎｔ Ｆｅａｔｕｒｅ Ｔｒａｎｓｆｏｒｍ）からなる群から選択されるいずれか１種の関数であることを特徴とする、請求項１に記載の精密角度位置決め装置。

#### 【請求項４】

前記角度校正ユニットは、Ａｇｉｌｅｎｔ（登録商標）５５３０ 動的測定器（Ｄｙｎａｍｉｃ Ｃａｌｉｂｒａｔｏｒ）、慣性レーザジャイロスコープ及び慣性光ファイバジャイロスコープからなる群から選択されるいずれか１つであることを特徴とする、請求項１に記載の精密角度位置決め装置。

#### 【請求項５】

当該慣性レーザジャイロスコープを前記角度校正ユニットとする場合において、前記主変化角度、前記副変化角度と前記即時の不変形光斑画像の被測定角度を、それぞれ下記の数式（１）～（３）を用いて算出し、

#### 【数１】

$$\theta_i = \frac{k_i + \frac{\phi_i}{360}}{\sum k} \times 360$$

【数 2】

$$\theta_{\text{sub}} = \Delta d \ (360^\circ / \Sigma D)$$

【数 3】

$$\theta_{\text{被測定}} = \theta_i + ( (\Delta d \times 360^\circ) / \Sigma D )$$

式中、 $\theta_i$  は、第  $i$  枚の座標光斑画像の主変化角度を表し、 $k_i + (\theta_i / 360)$  は、第  $i$  枚の座標光斑画像の慣性レーザジャイロスコープによるビート信号の累計周期数を表し、 $K$  は、前記回転円盤ユニットを 1 回転させて、慣性レーザジャイロスコープによるビート信号の累計周期数の総和を表し、 $d$  は、前記即時の不変形光斑画像とその重なり面積が最大となる該第  $i$  個の座標光斑画像との間の像平面の変位量を表し、 $D$  は、前記回転円盤ユニットを 1 回転させて、像平面に生じる変位量の総和を表し、 $\theta_{\text{sub}}$  は、前記即時の不変形光斑画像の副変化角度を表し、 $\theta_{\text{被測定}}$  は、即時の不変形光斑画像の被測定角度を表すことを特徴とする、請求項 4 に記載の精密角度位置決め装置。

【請求項 6】

当該慣性光ファイバジャイロスコープを前記角度校正ユニットとする場合において、前記主変化角度、前記副変化角度と前記即時の不変形光斑画像の被測定角度を、それぞれ下記の数式 (4) ~ (6) を用いて算出し、

【数 4】

$$\theta_i = \theta_i' - \theta_1'$$

【数 5】

$$\theta_{\text{sub}} = \Delta d \ (360^\circ / \Sigma D)$$

【数 6】

$$\theta_{\text{被測定}} = \theta_i + ( (\Delta d \times 360^\circ) / \Sigma D )$$

式中、 $\theta_i$  は、第  $i$  枚の座標光斑画像の主変化角度を表し、 $\theta_i'$  は、慣性光ファイバジャイロスコープが出力する即時角度を表し、

$$\theta_1' = \theta_1 - \theta_1 = 0, \quad \theta_2' = \theta_2 - \theta_1, \quad \theta_3' = \theta_3 - \theta_1 \text{ であり、}$$

$d$  は、前記即時の不変形光斑画像とその重なり面積が最大となる該第  $i$  個の座標光斑画像との間の像平面の変位量を表し、 $D$  は、前記回転円盤ユニットを 1 回転させて、像平面に生じる変位量の総和を表し、 $\theta_{\text{sub}}$  は、前記即時の不変形光斑画像の副変化角度を表し、 $\theta_{\text{被測定}}$  は、即時の不変形光斑画像の被測定角度を表すことを特徴とする、請求項 4 に記載の精密角度位置決め装置。

【請求項 7】

当該 Agilent 5530 動的測定器を前記角度校正ユニットとする場合において、前記副変化角度と前記即時の不変形光斑画像の被測定角度を、それぞれ下記の数式 (7) と (8) を用いて算出し、

【数 7】

$$\theta_{\text{sub}} = \Delta d \ (360^\circ / \Sigma D)$$

【数 8】

$$\theta_{\text{被測定}} = \theta_i + ( (\Delta d \times 360^\circ) / \Sigma D )$$

式中、 $\theta_i$  は、第  $i$  枚の座標光斑画像の主変化角度を表し、 $d$  は、前記即時の不変形光斑画像とその重なり面積が最大となる該第  $i$  個の座標光斑画像との間の像平面の変位量を表し、 $D$  は、前記回転円盤ユニットを 1 回転させて、像平面に生じる変位量の総和を表し、 $\theta_{\text{sub}}$  は、前記即時の不変形光斑画像の副変化角度を表し、 $\theta_{\text{被測定}}$  は、即時の不変形光斑画像の被測定角度を表すことを特徴とする、請求項 4 に記載の精密角度位置決め

装置。

---

フロントページの続き

(72)発明者 張偉國

台湾桃園縣桃園市中山路 9 5 6 巷 9 3 弄 1 號

(72)発明者 廖志明

台湾桃園縣桃園市中聖里中山路 8 4 7 巷 2 6 號 1 5 樓

F ターム(参考) 2F065 AA39 BB06 BB16 DD03 GG04 JJ03 JJ19 JJ26 PP13 QQ24  
QQ28 QQ38 RR02 TT02  
2F103 BA05 BA37 CA01 CA03 DA13 EA03 EA13 EB02 EB14 EC01  
ED11 ED12 FA15