

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4975034号  
(P4975034)

(45) 発行日 平成24年7月11日(2012.7.11)

(24) 登録日 平成24年4月20日(2012.4.20)

(51) Int.Cl.

F 1

**GO 1 B 11/03 (2006.01)**

**GO 1 B 5/016 (2006.01)**

**GO 1 B 5/12 (2006.01)**

**GO 1 B 21/14 (2006.01)**

GO 1 B 11/03

GO 1 B 5/016

GO 1 B 5/12

GO 1 B 21/14

H

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-530300 (P2008-530300)  
 (86) (22) 出願日 平成18年7月19日 (2006.7.19)  
 (65) 公表番号 特表2009-508114 (P2009-508114A)  
 (43) 公表日 平成21年2月26日 (2009.2.26)  
 (86) 國際出願番号 PCT/CN2006/001770  
 (87) 國際公開番号 WO2007/030993  
 (87) 國際公開日 平成19年3月22日 (2007.3.22)  
 審査請求日 平成20年9月29日 (2008.9.29)  
 (31) 優先権主張番号 200510102478.6  
 (32) 優先日 平成17年9月14日 (2005.9.14)  
 (33) 優先権主張国 中国(CN)

(73) 特許権者 507328634  
 ハルビン インスティチュート オブ テクノロジー  
 中華人民共和国、150001 ヘイ・ロン・チャン、ハルビン、ウエスト・ダージー・ストリート、ナンバー 92  
 (74) 代理人 110000877  
 龍華國際特許業務法人  
 (74) 代理人 100104156  
 弁理士 龍華 明裕  
 (72) 発明者 タン、ジュービン  
 中華人民共和国、150001 ヘイ・ロン・チャン、ハルビン、ウエスト・ダージー・ストリート、ナンバー 92

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ダブル光ファイバ接続を利用した微小空洞測定装置および方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

微小空洞の壁面に接触する移動可能なカプラと、  
 一端が前記カプラに固定され、他端から入射された光を前記カプラに導く入射光ファイバと、  
 一端が前記カプラに固定され、前記カプラからの光を他端から出力する移動可能な出射光ファイバと、

前記出射光ファイバの前記他端からの光に対応して電子信号を生成するデータ収集／処理部と、

前記データ収集／処理部が生成した電子信号の変化に応じて、開始信号および停止信号を出力するコントローラと、

前記開始信号に基づいて動作を開始し、前記停止信号に基づいて動作を停止する長さ測定器と、

前記長さ測定器の検出値から前記微小空洞の寸法を算出するコンピュータとを備える、微小空洞測定装置。

## 【請求項 2】

前記入射光ファイバは、1/4円弧の形状を有し、  
 前記出射光ファイバは、直線の形状を有し、  
 前記入射光ファイバの他端および前記出射光ファイバの他端は、互いに同一の平面上にある、請求項1に記載の微小空洞測定装置。

10

20

**【請求項 3】**

前記長さ測定装置は、複数の異なる測定範囲に対応してマクロおよびミクロを組み合わせた容量センサである、請求項 1 または 2 に記載の微小空洞測定装置。

**【請求項 4】**

前記長さ測定装置は、複数の異なる測定範囲に対応してマクロおよびミクロを組み合わせたインダクタンスセンサである、請求項 1 または 2 に記載の微小空洞測定装置。

**【請求項 5】**

レーザ、ビーム用視準器／拡大器、光ファイバ接続レンズ、および固定ブロックを有するレーザ接続部

をさらに備え、

10

前記レーザ、前記視準器／拡大器、および前記光ファイバ接続レンズは、前記入射光ファイバの一端と同軸であり、

前記入射光ファイバの他端は、前記固定ブロック上に固定され、

前記データ収集／処理部は、レンズおよび CCD カメラを有し、

前記レンズおよび前記 CCD カメラは、前記出射光ファイバの一端と同軸であり、

前記コントローラは、前記 CCD カメラから前記電子信号を受け取ると、前記電子信号の変化に応じて、前記開始信号および前記停止信号を前記長さ測定器へ送り、

前記長さ測定装置は、リフレクタ、 $\pi/4$  波長スライス、偏光ビームスプリッタ、および二重周波数レーザ干渉計を有し、

前記リフレクタ、前記  $\pi/4$  波長スライス、前記偏光ビームスプリッタ、および前記二重周波数レーザ干渉計は、互いに同軸であり、

20

前記二重周波数レーザ干渉計は、前記コントローラから前記開始信号を受け取ると前記カプラの位置を  $p_1$  として記録し、前記コントローラから前記停止信号を受け取ると前記カプラの位置を  $p_2$  として記録する、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の微小空洞測定装置。

**【請求項 6】**

前記レーザの光源は LED である、請求項 5 に記載の微小空洞測定装置。

**【請求項 7】**

前記データ収集／処理部は、PDS センサを有する、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の微小空洞測定装置。

30

**【請求項 8】**

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の微小空洞測定装置を利用した微小空洞測定方法であって、

前記カプラを前記微小空洞に挿入し、測定方向における前記微小空洞の一方の側面に移動させる工程 1 と、

前記カプラを前記微小空洞の一方の側面に接触しているかどうか確認し、前記カプラが前記微小空洞の一方の側面に接触していない場合、前記工程 1 から再度開始させる工程 2 と、

前記カプラが前記微小空洞の一方の側面に接触している場合、前記コントローラが、前記長さ測定装置に対して、前記カプラの位置を  $p_1$  として記録させるべく信号を送る工程 3 と、

40

前記測定方向と逆方向に前記カプラを移動させる工程 4 と、

前記カプラが、前記逆方向の前記微小空洞の他方の側面に接触しているかどうか確認し、前記カプラが前記微小空洞の他方の側面に接触していない場合、前記工程 4 から再度開始させる工程 5 と、

前記カプラが前記微小空洞の他方の側面に接触している場合、前記コントローラが、前記長さ測定装置に対して、前記カプラの位置を  $p_2$  として記録させるべく信号を送る工程 6 と、

前記微小空洞の寸法を、 $d_0$  を前記カプラの直径として、式  $L = |p_1 - p_2| + d_0$  を用いて計算する工程 7 と

50

を備える、微小空洞測定方法。

**【請求項 9】**

前記微小空洞の寸法の前記測定および前記計算を繰り返して、最大値  $p_{\max} = |p_1 - p_2|$  を前記微小空洞の直径として取得する工程 8  
をさらに備える、請求項 8 に記載の微小空洞測定方法。

**【請求項 10】**

前記最大値  $p_{\max}$  を、

(1) 前記カプラを前記微小空洞の断面に挿入し、前記コントローラが、前記長さ測定装置に対して前記開始信号を送り、前記長さ測定装置の動作を開始させ、前記カプラが前記微小空洞の一方の側面に接触している場合に前記カプラの位置を  $p_1$  として記録させる工程と、  
10

(2) 前記コントローラが、前記カプラを前記測定方向において前記微小空洞の反対側の側面に移動させ、前記長さ測定装置に対して前記停止信号を送り、前記長さ測定装置の動作を停止させ、前記カプラが前記反対側の側面に接触している場合に前記カプラの位置を  $p_{21}$  として記録させる工程と、

(3) 式  $p_1 = |p_1 - p_{21}|$  を計算する工程と、

(4) 前記カプラの挿入方向および前記測定方向に対して垂直な方向において、前記カプラに対して前記微小空洞を移動し、前記カプラを前記微小空洞に接触するように移動し、前記コントローラは、前記長さ測定装置に対して前記停止信号を送り、前記長さ測定装置の動作を停止させ、前記カプラの位置を  $p_{22}$  として記録させる工程と、  
20

(5) 式  $p_2 = |p_1 - p_{22}|$  を計算する工程と、

(6) 前記測定および前記計算を繰り返す工程と

により取得する、請求項 9 に記載の微小空洞測定方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、上述の請求項 1 および請求項 8 に記載した一種の測定装置および方法に関する。当該測定装置および方法は特に、従来の接触式測定に加えて、不規則な微小空洞および「やや大きめの」微小空洞の測定に用いられる。

**【背景技術】**

**【0002】**

微小空洞を持つ部品の数は、航空宇宙産業および自動車産業などのハイテク産業が発展するに従って増加している。こういった微小空洞を適切に測定できるかどうかは上述したハイテク産業が更に発展していくかどうかを大きく左右するので、良好な微小空洞測定装置および方法を開発する必要がある。

**【0003】**

測定関連分野において近年、微小空洞の寸法を正確に測定する方法を究明することが課題となっている。この問題の解決方法には多くの重要な技術が関連しており、測定の正確さ、範囲そして深さの間でうまくバランスを取る必要がある。接触式測定方法および比較的長い測定アームを用いれば、測定対象範囲および測定対象深さは大きくすることができる一方、測定アームが長くなるほど正確さは低下する。この問題の解決方法として、Tianjin University の Zhang Guoxiong 教授により、ダイヤフラムを備える 3D 測定センサが発明されている。当該 3D 測定センサによると、ダイヤフラムの歪みを検出するべく容量センサが用いられ、ダイヤフラムの歪みを補償するべく弾性寸法チェーンが用いられる。当該センサの測定性能としては、0.2 mm の直径を、アスペクト比 30 : 1 で、且つ 1 μm よりも良好な不確定性で測定できる。接触式の方法と比較した場合、非接触式の光学的測定方法はより高い精度で小径の穴を測定できるが、穴の表面の測定については非常に浅いところまでしか測定できず、穴の内部に関する情報を得ることができない。これは光学システムのサイズが大きいためである。さらに、穴の中のバリなどの細かい欠陥のために測定精度が低くなってしまう可能性がある。振動型スキャン方法は、対象  
40  
50

物の壁に対するプローブのずれによって生じる電圧の変化を検出することによって微小穴の直径を測定できる。しかし、測定精度は混入物質に左右され、過度の振動が原因でプローブが破損する可能性がある。このため、この方法で測定可能な最小直径および最小深さは、一対の探針を有するプローブまたは高アスペクト比プローブを用いた場合であっても、十分ではない。

#### 【0004】

光ファイバ技術の発展に伴い、微小空洞の寸法を測定するためのセンサとして光ファイバを用いた新しい測定方法が開発されている。しかし、これらの新たに開発された方法を用いて直径が1mm未満の微小穴を測定するのはほとんど不可能である。

#### 【0005】

1997年から1998年にかけて、単一の光ファイバおよびCCD画像処理技術に基づいた新たな測定方法が、Physikalisch-Technische Bundesanstalt(PTB)とTianjin大学によって開発された。この方法によれば微小空洞を測定することができる。具体的には、照射された微小球が対象物としてCCDカメラで撮像され、センサの横手方向のずれが微小球の長手方向のずれに変換され、CCDカメラによって取得した画像信号輝度で示される。しかし、CCDカメラの画像は非常に悪いので画像処理には適していない。これは、光ファイバを通じて微小球に入射した光の大半は光学撮像システムには入射できないためである。この結果、微小穴の壁の遮蔽効果により測定可能な深さは非常に浅くなってしまう。また、アスペクト比が10:1より大きくなるとこの方法を利用できなくなってしまう。微小球と微小穴の壁が接触する場合、光学システムのフィールドの深さは固定されているのでCCDカメラの画像は変化しない。以上の理由から、この方法を利用した場合も測定可能な感度および精度は十分良好とは言えない。

10

20

#### 【発明の開示】

##### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

本発明は、現在利用されている微小空洞測定方法の問題点を解決するべく、垂直または傾斜した平面を持つ微小空洞用の、ダブル光ファイバ接続を利用した測定装置および方法の一種を提案することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

30

#### 【0007】

この目的を達成するべく、本発明に係る測定装置は、測定プロセスを全体にわたって自動的に制御するプログラムを持つコントローラへと信号を送る、照準器付き送信器、照準器付き送信器が動作を開始した時点から照準器付き送信器が動作を終了する時点までセンサに対する対象物の位置の細かい変化を検出する長さ測定装置を備える。当該微小空洞測定装置は照準器付き送信器に特徴を有し、当該照準器付き送信器は、レーザ接続部、データ収集/処理部、およびダブル光ファイバ接続部から成り、入射光ファイバおよび出射光ファイバの一端がカプラに固定されている。

#### 【0008】

本発明は上記以外にも、ダブル光ファイバ接続を利用した微小空洞測定方法を提案することを目的とする。当該測定方法は以下の測定ステップから成る。

40

ステップ1 プローブが微小空洞に挿入され、測定方向における微小空洞の一方の側面に移動させられる。

ステップ2 プローブが微小空洞の一方の側面と良好に接触しているかどうか確かめる。プローブが微小空洞の一方の側面と良好に接触していない場合、測定プロセスはステップ1から再開される。

ステップ3 プローブが微小空洞の一方の側面と良好に接触している場合、照準器付き送信器は長さ測定装置に信号を送り、プローブの位置をp<sub>1</sub>として記録させる。

ステップ4 コントローラはプローブを測定方向とは逆の方向に移動させる。

ステップ5 プローブが、逆方向における微小空洞の他方の側面と良好に接触している

50

かどうか確かめる。プローブが微小空洞の他方の側面と良好に接触していない場合、測定プロセスはステップ4から再開される。

ステップ6 プローブが、微小空洞の他方の側面と良好に接触している場合、照準器付き送信器は長さ測定装置に信号を送り、プローブの位置を $p_2$ として記録させる。

ステップ7 微小空洞の寸法を、式 $L = |p_1 - p_2| + d_0$ ( $d_0$ はプローブの直径)を用いて算出する。

#### 【0009】

本発明は、ダブル光ファイバ接続を利用して微小穴の断面の真円度を測定する方法を提案することを第3の目的とする。当該方法は以下の測定ステップから成る。

ステップ1 微小穴の中心と作業台の回転中心の間の離心率を許容可能な値とするべく、作業台に対する微小穴の位置を調整する。 10

ステップ2 微小穴の測定対象の断面にプローブを配置するべくプローブに対する微小穴の位置を調整し、回転を行う前に微小穴の位置を $r_{p_0}$ として記録し、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を $p_0$ として記録する。

ステップ3 プローブが微小穴の壁面と良好に接触しているか確認する。プローブが微小穴の壁面と良好に接触している場合、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を $p_{0_1}$ として記録する。

ステップ4 コントローラが微小穴の壁面からプローブを移動させた後で、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を $p_{1_0}$ として記録する。

ステップ5 回転角 $r_{p_1}$ で作業台を回転させる。プローブが微小穴の壁面と良好に接触していることが確認されれば、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を $p_{1_1}$ として記録する。 20

ステップ6 全周に対して測定が完了するまで上記のステップを繰り返す。完了すれば、LSEやMCEなどの推定方法を利用して、測定対象の微小穴の真円度を推定する。

#### 【0010】

本発明は、ダブル光ファイバ接続を利用して微小円筒の円筒度を測定する方法を提案することを第4の目的とする。当該方法は以下の測定ステップから成る。

ステップ1 微小穴の中心と作業台の回転中心の間の離心率を許容可能な値とするべく、作業台に対する微小穴の位置を調整する。

ステップ2 微小穴の測定対象の断面にプローブを配置するべくプローブに対する微小穴の位置を調整し、回転を行う前に微小穴の位置を $r_{p_0}$ として記録し、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を $p_0$ として記録する。 30

ステップ3 プローブが微小穴の壁面と良好に接触しているか確認する。プローブが微小穴の壁面と良好に接触している場合、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を $p_{0_1}$ として記録する。コントローラが微小穴の壁面からプローブを移動させた後で、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を $p_{1_0}$ として記録する。

ステップ4 回転角 $r_{p_1}$ で作業台を回転させる。プローブが微小穴の壁面と良好に接触していることが確認されれば、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を $p_{1_1}$ として記録する。

ステップ5 微小円筒の全ての断面に対して測定が完了するまで上記のステップを繰り返す。完了すれば、LSEやMCEなどの推定方法を利用して、測定対象の微小円筒の円筒度を推定する。 40

#### 【0011】

本発明は、ダブル光ファイバ接続を利用して、ある対象物の異なる部分の相対的な位置を測定するための測定方法を提案することを第5の目的とする。当該方法は以下の測定ステップから成る。

ステップ1 対象物の中心と作業台の回転中心の間の離心率を許容可能な値とするべく、作業台に対する対象物の位置を調整する。

ステップ2 対象物の空洞内の測定対象である断面にプローブを配置するべくプローブに対する対象物の位置を調整し、回転を行う前に空洞の位置を $r_{p_0}$ として記録し、セン 50

サにおける出射光ファイバの端面の位置を  $p_{00}$  として記録する。

ステップ3 プローブが空洞の壁面と良好に接触しているか確認する。プローブが空洞の壁面と良好に接触している場合、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を  $p_{01}$  として記録する。コントローラが空洞の壁面からプローブを移動させた後で、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を  $p_{10}$  として記録する。

ステップ4 回転角  $r_{p_1}$  で作業台を回転させる。プローブが空洞の壁面と良好に接触していることが確認されれば、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を  $p_{11}$  として記録する。

ステップ5 必要な測定が全て完了するまで上記のステップを繰り返す。完了すれば、取得した情報をソフトウェアが処理して相対的な位置を提示する。

10

#### 【0012】

測定プロセスは、照準器付き送信器が動作を開始した時点から照準器付き送信器が動作を停止する時点までの間で、プローブに対する対象物の位置の細かい変化を検出するべく照準を合わせることおよび測定することから成る。コントローラは測定プロセスを全体にわたって自動的に制御するためのプログラムを有する。

#### 【発明の効果】

#### 【0013】

本発明によると、反射光信号を出射光ファイバを介して増幅できる。測定対象の微小空洞の最小寸法は、光ファイバコアによる限界の、0.01mmにまで達する。測定対象の深さのアスペクト比は、ダブル光ファイバ接続を利用した照準器付き送信器および対応する長さ測定装置を用いているので、50:1にまで及ぶ。

20

#### 【0014】

本発明に係る測定装置はこれ以外にも利点を有し、CCDカメラからの信号は、ダブル光ファイバ接続部が微小空洞の壁面と接触する場合の光点の位置の変化を示しているので、本発明は対象物の壁面が垂直または傾斜している場合でも測定を行うために利用できる。

#### 【0015】

さらに、本発明に係る測定装置は、例えば座標計測器などの他の装置の内部で独立して利用することもできる。本発明に係る測定装置は別の装置と共に利用することによって、微小空洞を測定したり、特定の部品または混合物内の微小空洞の位置を測定できる。

30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0016】

【図1】ダブル光ファイバ接続を利用した測定装置の構造を示す図である。

#### 【0017】

【図2A】照準器付き送信器内に設けられたレーザ接続部で利用されるレーザを示すブロック図である。

#### 【0018】

【図2B】照準器付き送信器内に設けられたレーザ接続部で利用されるLEDを示すブロック図である。

#### 【0019】

40

【図3A】照準器付き送信器内に設けられたCCDカメラを示すブロック図である。

#### 【0020】

【図3B】照準器付き送信器内に設けられたCMOSカメラを示すブロック図である。

#### 【0021】

【図3C】照準器付き送信器内に設けられたPSDセンサを示すブロック図である。

#### 【0022】

【図4A】長さ測定装置内に設けられた線形格子を示す概略図である。

#### 【0023】

【図4B】異なる範囲に対応してマクロとミクロを組み合わせた容量センサを示す概略図である。

50

## 【0024】

【図4C】異なる範囲に対応してマクロとミクロを組み合わせたインダクタンスセンサを示す概略図である。

## 【0025】

【図5】微小空洞の傾斜した内壁を横方向から示す図である。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0026】

図1から図4Cに示すように、測定装置は、レーザ(1)、ビーム用視準器／拡大器(2)、光ファイバ接続レンズ(3)、固定ブロック(4)、入射光ファイバ(5)、カプラ(6)、作業台(7)、リフレクタ(8)、 $\lambda/4$ 波長スライス(9)、偏光ビームスプリッタ(10)、二重周波数レーザ干渉計(11)、コンピュータ(12)、出射光ファイバ(13)およびCCDカメラ(14)から構成される。レーザ接続部は、レーザ(1)、ビーム用視準器／拡大器(2)、光ファイバ接続レンズ(3)および固定ブロック(4)から構成される。レーザ接続部において、レーザ(1)、ビーム用視準器／拡大器(2)、光ファイバ接続レンズ(3)および入射光ファイバ(5)の一端は同軸である。ダブル光ファイバ接続部は、直交アークの形状を持つ入射光ファイバ(5)、カプラ(6)および直線状の形状を持つ出射光ファイバ(13)から構成され、入射光ファイバの一端および出射光ファイバの一端がカプラ(6)上で固定されている。一方入射光ファイバの他端および出射光ファイバの他端は同一平面内にある。カプラ(6)は、光エネルギー変成器ならびに測定時の照準点として利用され、カプラ(6)の微小空洞内の空間的な位置は光電子装置によって検出でき、信号はデータ収集／処理部によって処理される。10

## 【0027】

データ収集／処理部は、レンズ(14A)およびCCDカメラ(14)から構成される。ここで、レンズ14A、CCDカメラ(14)および出射光ファイバ(13)は同軸である。

## 【0028】

長さ測定装置は、リフレクタ(8)、 $\lambda/4$ 波長スライス(9)、偏光ビームスプリッタ(10)および二重周波数干渉計(11)から構成される。長さ測定装置において、 $\lambda/4$ 波長スライス(9)、偏光ビームスプリッタ(10)および二重周波数干渉計(11)は同軸で、リフレクタ(8)および測定対象物は作業台(7)に固定される。二重周波数干渉計(11)はコンピュータ(12)に接続される。二重周波数干渉計(11)は、コントローラから開始信号を受け取ると、プローブの位置をp<sub>1</sub>として記録する。また、二重周波数干渉計(11)は、コントローラから停止信号を受け取ると、プローブの位置をp<sub>2</sub>として記録する。30

## 【0029】

コンピュータ(12)は、制御装置(121)およびデータ処理装置(122)から構成される。コンピュータ(12)において、制御装置(121)はCCDカメラ(14)から画像を受け取り、当該画像の品質に応じて長さ測定装置に対して開始信号または停止信号を送り、データ処理装置(122)は長さ測定装置からのデータに基づいて計算を行う。40

## 【0030】

リフレクタ(8)とカプラ(6)の間には、測定方向において、相対的な動きは存在しない。レーザ(1)から出てくる光ビームは、ビーム用視準器／拡大器(2)を通過し、光接続レンズ(3)で集束し、入射光ファイバ(5)を通ってカプラ(6)へと入り、出射光ファイバ(13)を通って出てきた後、CCDカメラ(14)を介して電子信号へと変換される。この電子信号はコンピュータ(12)に入力され、カプラ(6)の空間的位置を実現するべく処理される。照準器付き送信器は、カプラ(6)が微小空洞の壁面と良好に接触すると、長さ測定装置の動作を制御するべくコントローラに開始信号を送る。長さ測定装置は、リフレクタ(8)、 $\lambda/4$ 波長スライス(9)、偏光ビームスプリッタ(10)および二重周波数干渉計(11)から構成され、長さ測定装置に基づき得られた測50

定結果は直接コンピュータ(12)に入力される。

**【0031】**

本発明に係る照準器付き送信器は、リアルタイムで微小空洞内でのプローブの空間的な位置を検出し、長さ測定装置の動作を開始または停止させるための信号をコントローラへ送る。プローブが微小空洞の一方の側面と良好に接触する場合、照準器付き送信器は長さ測定装置に対して、動作を開始させ、プローブの位置を  $p_1$  として記録させるための信号を送る。続いて、プローブが微小空洞の他方の側面に移動させられ、測定方向におけるプローブの位置のずれを長さ測定装置がリアルタイムで検出し、微小空洞内でのプローブの位置を照準器付き送信器がリアルタイムで検出する。プローブが微小空洞の他方の側面と良好に接触すると、照準器付き送信器は長さ測定装置に対して、動作を停止させ、プローブの位置を  $p_2$  として記録させるための別の信号を送る。微小空洞の断面の寸法は、プローブの直径と長さ測定装置が微小空洞内で検出したプローブの位置のずれの合計に等しい。測定プロセスは、微小空洞の断面の寸法の測定がすべて完了するまで継続して行われる。コントローラは測定プロセスを全体にわたって自動的に制御するためのプログラムを有する。

**【0032】**

測定の対象が微小穴の直径の場合の測定ステップは、上述した測定ステップと同一である。ただし、最大値  $m_{ax}$  については以下に示す方法で求めなければならない。

**【0033】**

プローブを微小穴の1つの断面に挿入する。プローブが微小穴の一方の側面と良好に接触すれば、照準器付き送信器は長さ測定装置に対して、動作を開始させ、プローブの位置を  $p_1$  として記録させるための開始信号を送る。続いてコントローラは、プローブを測定方向における微小穴の反対側の側面に移動させる。プローブが微小穴の反対側の側面に良好に接触すると、照準器付き送信器は長さ測定装置に対して、動作を停止させ、プローブの位置を  $p_{21}$  として記録させるための停止信号を送る。ここで、プローブと微小穴の相対的なずれは、式  $\alpha_1 = |p_1 - p_{21}|$  を用いて算出できる。続いて微小穴は、測定が行われている平面において測定方向に垂直な方向に移動させられ、プローブが続いて微小穴と良好に接触するように移動させられる。照準器付き送信器は長さ測定装置に対して、動作を停止させ、プローブの位置を  $p_{22}$  として記録させるための停止信号を送る。プローブと微小穴の相対的なずれは式  $\alpha_2 = |p_1 - p_{22}|$  に基づき算出できる。測定プロセスは最大値  $m_{ax}$  が得られるまで継続して行われる。微小穴の直径は式  $d = m_{ax} + d_0$  に基づき算出できる。

**【0034】**

測定の対象が微小溝の幅の場合の測定ステップは、上述した測定ステップと同一である。ただし、最小値  $m_{in}$  については以下に示す方法で求めなければならない。

**【0035】**

プローブを溝の1つの断面に挿入する。プローブが溝の一方の側面と良好に接触していれば、照準器付き送信器は長さ測定装置に対して、動作を開始させ、プローブの位置を  $p_1$  として記録させるための開始信号を送る。続いてコントローラは、プローブを測定方向における溝の反対側の側面に移動させる。プローブが溝の反対側の側面に良好に接触すると、照準器付き送信器は長さ測定装置に対して、動作を停止させ、プローブの位置を  $p_{21}$  として記録させるための停止信号を送る。ここで、プローブと溝の相対的なずれは、式  $\alpha_1 = |p_1 - p_{21}|$  を用いて算出できる。続いて溝は、測定が行われている平面において測定方向に垂直な方向に移動させられ、プローブが続いて溝と良好に接触するように移動させられる。照準器付き送信器は長さ測定装置に対して、動作を停止させ、プローブの位置を  $p_{22}$  として記録させるための停止信号を送る。プローブと溝の相対的なずれは式  $\alpha_2 = |p_1 - p_{22}|$  に基づき算出できる。測定プロセスは最小値  $m_{in}$  が得られるまで継続して行われる。溝の幅は式  $L = m_{in} + d_0$  に基づき算出できる。

**【0036】**

測定の対象が微小穴の真円度である場合の測定ステップは、上述した測定ステップと同

一である。ただし、座標位置および推定方法は以下に詳述する手順で選択される。

#### 【0037】

微小穴の中心と作業台の回転中心の離心率を許容可能な値とするべく、作業台に対する微小穴の位置を調整する。続いて、微小穴の測定対象の断面にプローブを配置するべくプローブに対する微小穴の位置を調整し、回転を行う前に微小穴の位置を  $r_{p_0}$  として記録し、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を  $p_{0,0}$  として記録する。続いて、プローブが空洞の壁面と良好に接触しているか確認する。プローブが微小穴の壁面と良好に接触している場合、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を  $p_{0,1}$  として記録する。続いて、コントローラが微小穴の壁面からプローブを移動させた後で、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を  $p_{1,0}$  として記録する。次に、回転角  $r_{p_1}$  で作業台を回転させる。プローブが微小穴の壁面と良好に接触していることが確認されれば、センサにおける出射光ファイバの端面の位置を  $p_{1,1}$  として記録する。全周に対して測定が完了するまで上記のステップを繰り返す。完了すれば、LSE や MCE などの推定方法を利用して、測定対象の微小穴の真円度を推定する。10

#### 【0038】

測定対象が微小穴の円筒度である場合の測定ステップは、上述した測定ステップと同じである。1つの断面の測定が完了すると、当該断面の垂直方向の位置を同時に記録する。全ての断面に対して測定が完了すれば、LSE や MCE などの推定方法を利用して、微小穴の円筒度を推定する。

#### 【0039】

測定対象が対象物のある箇所の相対的な位置である場合、特定の部分を測定する場合のステップは、上述した測定ステップと同じである。対象物に対して全ての測定が完了すれば、異なる測定結果同士の相対関係が同時に記録される。全ての測定結果が得られるまでの間、ソフトウェアは得た情報を処理して処理結果を提示する。20

#### 【0040】

回転体の直径は本発明にかかるソフトウェアに格納される3種類の測定方法のいずれかに基づき測定することができる。利用する方法は実施した測定に応じて適切なものが選択される。3種類の測定方法は、(1)任意に選択された回転体上の3点の座標位置に基づいて求める方法、(2)2本の平行な線の長さおよび両者間の距離に基づく方法、(3)適合により抽出した回転体上の座標点に基づく方法である。30

#### 【0041】

微小空洞の寸法および位置は、測定装置が例えば座標計測器といった別の測定装置内で独立して利用される場合、上述したステップと同一の測定ステップに従って測定できる。微小空洞の測定結果は、この別の測定装置を通して読み出される。

#### 【0042】

本発明は以下に示す方法1によって実現することができる。

測定装置の構成は図1に示す通りである。レーザ(1)から出てくる光ビームは、ビーム用視準器／拡大器(2)を通過し、光接続レンズ(3)で集束し、入射光ファイバ(5)を通ってカプラ(6)へと入り、出射光ファイバ(13)を通って出てきた後、CCDカメラ(14)によって電子信号へと変換される。この電子信号はコンピュータ(12)に入力され、プローブの空間的位置を実現するべく処理される。照準器付き送信器は、プローブが微小空洞の壁面と良好に接触すると、コントローラに開始信号を送り、コントローラは長さ測定装置の動作を開始させる。長さ測定装置は、リフレクタ(8)、/4波長スライス(9)、偏光ビームスプリッタ(10)および二重周波数干渉計(11)から構成される。長さ測定装置の測定結果は直接コンピュータ(12)に入力され、コンピュータ(12)で処理される。コントローラは測定プロセスを全体にわたって自動的に制御するプログラムを有する。このダブル光ファイバ接続システムの光源はレーザ(15)である。40

#### 【0043】

本発明は以下に示す方法2によって実現することができる。

50

測定装置の構成は図1に示す通りである。レーザ(1)から出てくる光ビームは、ビーム用視準器／拡大器(2)を通過し、光接続レンズ(3)で集束し、入射光ファイバ(5)を通ってカプラ(6)へと入り、出射光ファイバ(13)を通って出てきた後、CCDカメラ(14)によって電子信号へと変換される。この電子信号はコンピュータ(12)に入力され、プローブの空間的位置を実現するべく処理される。照準器付き送信器は、プローブが微小空洞の壁面と良好に接触すると、コントローラに開始信号を送り、コントローラは長さ測定装置の動作を開始させる。長さ測定装置は、リフレクタ(8)、<sup>10</sup>/4波長スライス(9)、偏光ビームスプリッタ(10)および二重周波数干渉計(11)から構成される。長さ測定装置の測定結果は直接コンピュータ(12)に入力され、コンピュータ(12)で処理される。コントローラは測定プロセスを全体にわたって自動的に制御するプログラムを有する。このダブル光ファイバ接続システムの光源はLED(16)である。

#### 【0044】

本発明は以下に示す方法3によって実現することができる。

測定装置の構成は図1に示す通りである。レーザ(1)から出てくる光ビームは、ビーム用視準器／拡大器(2)を通過し、光接続レンズ(3)で集束し、入射光ファイバ(5)を通ってカプラ(6)へと入り、出射光ファイバ(13)を通って出てきた後、CCDカメラ(14)によって電子信号へと変換される。この電子信号はコンピュータ(12)に入力され、プローブの空間的位置を実現するべく処理される。照準器付き送信器は、プローブが微小空洞の壁面と良好に接触すると、コントローラに開始信号を送り、コントローラは長さ測定装置の動作を開始させる。長さ測定装置は、リフレクタ(8)、<sup>20</sup>/4波長スライス(9)、偏光ビームスプリッタ(10)および二重周波数干渉計(11)から構成される。長さ測定装置の測定結果は直接コンピュータ(12)に入力され、コンピュータ(12)で処理される。コントローラは測定プロセスを全体にわたって自動的に制御するプログラムを有する。このダブル光ファイバ接続システムの光伝導性装置はCCDカメラ(17)である。

#### 【0045】

本発明は以下に示す方法4によって実現することができる。

測定装置の構成は図1に示す通りである。レーザ(1)から出てくる光ビームは、ビーム用視準器／拡大器(2)を通過し、光接続レンズ(3)で集束し、入射光ファイバ(5)を通ってカプラ(6)へと入り、出射光ファイバ(13)を通って出てきた後、CCDカメラ(14)を介して電子信号へと変換される。この電子信号はコンピュータ(12)に入力され、プローブの空間的位置を実現するべく処理される。照準器付き送信器は、プローブが微小空洞の壁面と良好に接触すると、コントローラに開始信号を送り、コントローラは長さ測定装置の動作を開始させる。長さ測定装置は、リフレクタ(8)、<sup>30</sup>/4波長スライス(9)、偏光ビームスプリッタ(10)および二重周波数干渉計(11)から構成される。長さ測定装置の測定結果は直接コンピュータ(12)に入力され、コンピュータ(12)で処理される。コントローラは測定プロセスを全体にわたって自動的に制御するプログラムを有する。このダブル光ファイバ接続システムの光伝導性装置はCMOSカメラ(18)である。

#### 【0046】

本発明は以下に示す方法5によって実現することができる。

測定装置の構成は図1に示す通りである。レーザ(1)から出てくる光ビームは、ビーム用視準器／拡大器(2)を通過し、光接続レンズ(3)で集束し、入射光ファイバ(5)を通ってカプラ(6)へと入り、出射光ファイバ(13)を通って出てきた後、CCDカメラ(14)によって電子信号へと変換される。この電子信号はコンピュータ(12)に入力され、プローブの空間的位置を実現するべく処理される。照準器付き送信器は、プローブが微小空洞の壁面と良好に接触すると、コントローラに開始信号を送り、コントローラは長さ測定装置の動作を開始させる。長さ測定装置は、リフレクタ(8)、<sup>40</sup>/4波長スライス(9)、偏光ビームスプリッタ(10)および二重周波数干渉計(11)から

10

20

30

40

50

構成される。長さ測定装置の測定結果は直接コンピュータ(12)に入力され、コンピュータ(12)で処理される。コントローラは測定プロセスを全体にわたって自動的に制御するプログラムを有する。このダブル光ファイバ接続システムの光伝導性装置はP S Dセンサ(19)である。

#### 【0047】

本発明は以下に示す方法6によって実現することができる。

測定装置の構成は図1に示す通りである。レーザ(1)から出てくる光ビームは、ビーム用視準器／拡大器(2)を通過し、光接続レンズ(3)で集束し、入射光ファイバ(5)を通ってカプラ(6)へと入り、出射光ファイバ(13)を通って出てきた後、CCDカメラ(14)によって電子信号へと変換される。この電子信号はコンピュータ(12)に入力され、プローブの空間的位置を実現するべく処理される。照準器付き送信器は、プローブが微小空洞の壁面と良好に接触すると、コントローラに開始信号を送り、コントローラは長さ測定装置の動作を開始させる。長さ測定装置は、リフレクタ(8)、 $\pi/4$ 波長スライス(9)、偏光ビームスプリッタ(10)および二重周波数干渉計(11)から構成される。長さ測定装置の測定結果は直接コンピュータ(12)に入力され、コンピュータ(12)で処理される。コントローラは測定プロセスを全体にわたって自動的に制御するプログラムを有する。長さ測定装置の線形格子は図4Aに示す通りである。ここで、可動格子(20)とプローブの間には相対的な動きは存在しない。

#### 【0048】

本発明は以下に示す方法7によって実現することができる。

測定装置の構成は図1に示す通りである。レーザ(1)から出てくる光ビームは、ビーム用視準器／拡大器(2)を通過し、光接続レンズ(3)で集束し、入射光ファイバ(5)を通ってカプラ(6)へと入り、出射光ファイバ(13)を通って出てきた後、CCDカメラ(14)によって電子信号へと変換される。この電子信号はコンピュータ(12)に入力され、プローブの空間的位置を実現するべく処理される。照準器付き送信器は、プローブが微小空洞の壁面と良好に接触すると、コントローラに開始信号を送り、コントローラは長さ測定装置の動作を開始させる。長さ測定装置は、リフレクタ(8)、 $\pi/4$ 波長スライス(9)、偏光ビームスプリッタ(10)および二重周波数干渉計(11)から構成される。長さ測定装置の測定結果は直接コンピュータ(12)に入力され、コンピュータ(12)で処理される。コントローラは測定プロセスを全体にわたって自動的に制御するプログラムを有する。異なる範囲に対応してマクロとミクロの位置を組み合わせた容量センサを図4Bに示す。固定ブロック(22)および極板(23)が載置された容量センサの可動ブロック、および、固定ブロック(25)および極板(24)が載置された容量センサの不動ブロックは共に、広い範囲を測定するための測定ブロック(26)の上に位置するように設けられている。ここで、可動ブロックおよび不動ブロックの間には相対的な動きが存在する。

#### 【0049】

本発明は以下に示す方法8によって実現することができる。

測定装置の構成は図1に示す通りである。レーザ(1)から出てくる光ビームは、ビーム用視準器／拡大器(2)を通過し、光接続レンズ(3)で集束し、入射光ファイバ(5)を通ってカプラ(6)へと入り、出射光ファイバ(13)を通って出てきた後、CCDカメラ(14)によって電子信号へと変換される。この電子信号はコンピュータ(12)に入力され、プローブの空間的位置を実現するべく処理される。照準器付き送信器は、プローブが微小空洞の壁面と良好に接触すると、コントローラに開始信号を送り、コントローラは長さ測定装置の動作を開始させる。長さ測定装置は、リフレクタ(8)、 $\pi/4$ 波長スライス(9)、偏光ビームスプリッタ(10)および二重周波数干渉計(11)から構成される。長さ測定装置の測定結果は直接コンピュータ(12)に入力され、コンピュータ(12)で処理される。コントローラは測定プロセスを全体にわたって自動的に制御するプログラムを有する。異なる範囲に対応してマクロとミクロの位置を組み合わせたインダクタンスセンサを図4Cに示す。インダクタンスセンサの設置取り付け対象物(28)

10

20

30

40

50

) およびゲージヘッド(27)は、固定物(29)の上に載置される。固定物(29)は、広い範囲の測定用の測定部(30)に位置するよう設けられる。

【0050】

光源用レーザの代わりに、対象物の形状および必要な測定精度に適切に応じて、LEDまたはそれ以外のエネルギー集中照明体を利用することができます。

【0051】

2枚のレンズから構成される拡大器／視準器の代わりに、自己集束レンズカプラ、または必要に応じて拡大機能および視準器機能を持たない装置を利用することができます。

【0052】

CCDカメラの代わりに、データ収集／処理部内に設けられる光電子装置として、CMOSカメラまたはPSD位置センサを利用することができます。 10

【0053】

長さ測定装置内に設けられた二重周波数干渉計の代わりに、線形格子、磁気グリッド、容量グリッド、異なる測定範囲に対応してマクロおよびミクロを組み合わせた容量センサ、異なる測定範囲に対応してマクロおよびミクロを組み合わせた誘導センサ、およびこれ以外の長さ測定装置を利用することができます。

【0054】

本発明において空中にある線形物として参照された構成要素の代わりに、摩擦車、精密ねじなどの精密線形可動部を利用することができます。

【0055】

本発明において回転に関して参照した空中の作業台の代わりに、精密ポール付き作業台を有する作業台またはそれ以外の精密作業台を利用することができます。 20

【0056】

円形格子の代わりに、回転に関する検出装置として、同期誘導因子またはそれ以外の高精度符合器を利用することができます。

【0057】

さらに、微小空洞の構成は図5に示すように円錐状の表面を有するとしてもよい。この場合の測定は、当該測定装置および当該測定方法に基づき、微小空洞の壁面が垂直である場合の測定と同じ測定ステップに従って実施することができます。

【図1】

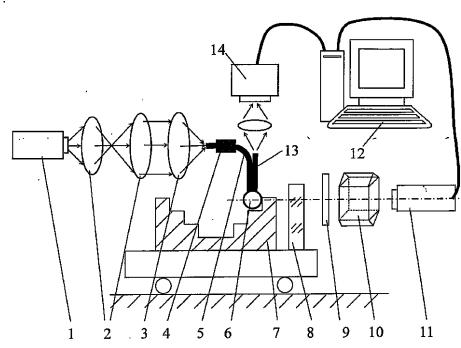


Fig.1

【図2(b)】

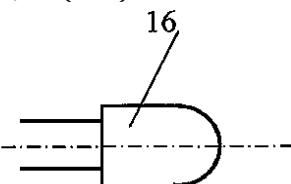


Fig.2(b)

【図3(a)】

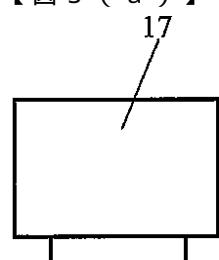


Fig.3(a)

【図2(a)】

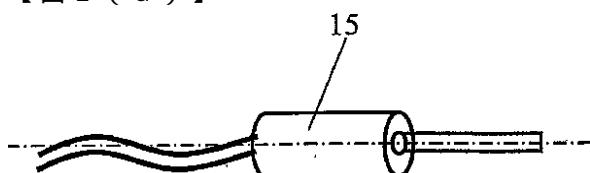


Fig.2(a)

【図3(b)】

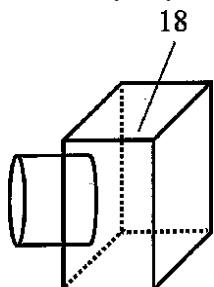


Fig.3(b)

【図3(c)】

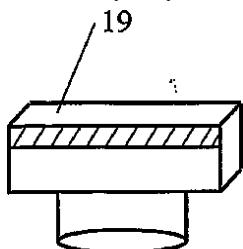


Fig.3(c)

【図4(a)】

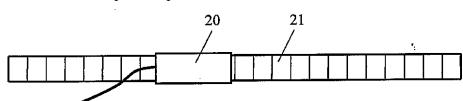
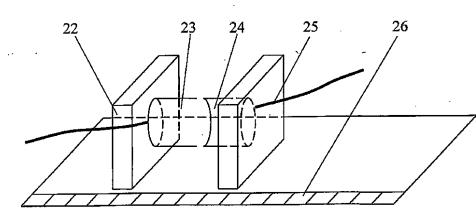


Fig.4(a)

【図4(b)】



【図5】

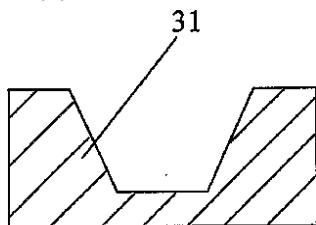


Fig.4(b)

【図4(c)】

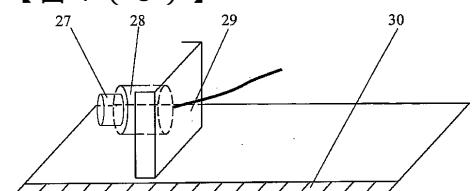


Fig.5

Fig.4(c)

---

フロントページの続き

(72)発明者 チュイ、ジウェン

中華人民共和国、150001 ハイ・ロン・チャン、ハルビン、ウエスト ダ - ジー ストリー  
ト、ナンバー 92

審査官 八島 剛

(56)参考文献 特開2003-004433 (JP, A)

特開昭61-103762 (JP, A)

特開平08-128815 (JP, A)

特開平11-108640 (JP, A)

特開昭59-043302 (JP, A)

特開平05-126556 (JP, A)

特表2002-503339 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B11/00-11/30

G01B5/00-5/30

G01B21/00-21/32