(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2011-17615
(P2011-17615A)
(43)公開日　平成23年1月27日(2011.1.27)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G01B 11/24	**(2006.01)**	G01B	11/24	D	2F064
G01B 11/02	**(2006.01)**	G01B	11/24	B	2F065
G01B 9/02	**(2006.01)**	G01B	11/02	G	
		G01B	9/02		

審査請求 未請求　請求項の数 2　ＯＬ　（全 14 頁）

(21)出願番号　特願2009-162384(P2009-162384)
(22)出願日　平成21年7月9日(2009.7.9)

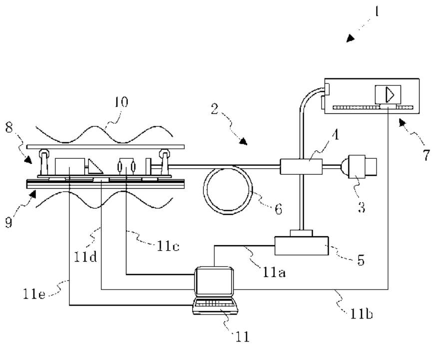
(71)出願人　504151365
大学共同利用機関法人　高エネルギー加速器研究機構
茨城県つくば市大穂１番地１
(74)代理人　100093816
弁理士　中川　邦雄
(72)発明者　青戸　智浩
茨城県つくば市大穂１番地１　大学共同利用機関法人　高エネルギー加速器研究機構内

Ｆターム(参考)　2F064 AA09　CC04　EE01　FF01　FF03
FF07　GG02　GG12　GG15　GG22
GG24　GG44　GG52　JJ03

最終頁に続く

(54)【発明の名称】白色干渉法による管内面の形状測定装置及び方法

(57)【要約】　（修正有）
【課題】白色干渉法を用いた非接触測定器において、長さが１メートル以上あるくびれ形状を持つような細い管内の内面形状をミクロンオーダの高精度で計測できる測定方法及び装置を提供する。
【解決手段】白色光源３を参照光と測定光に分割して参照光を参照光路長スキャナ部７に送り測定光をセンサー部８に送る光カプラ４と、参照光路長スキャナ部から返った参照光とセンサー部から返った測定光の白色干渉を検出する光検出器５とからなり、測定対象の細管内に通した透明管内でセンサー部を移動させることで、透明管を透過する測定光により非接触で前記細管の内面形状を測定することを特徴とする白色干渉法による管内面の形状測定装置１の構成とした。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
白色光源を参照光と測定光に分割する光カプラと、
前記光カプラから光ファイバを介して入った参照光の進行方向を変える光学素子、前記光学素子から出た参照光の進行方向を反転する反射素子、前記光学素子を往復移動させる直動ステージ、及び前記光学素子の位置を取得する参照用スケールヘッドからなる参照光路長スキャナ部と、
前記光カプラから光ファイバを介して入った測定光を発散又は収束させる集光レンズ、前記集光レンズを出た測定光の進行方向を変えるロッドミラー、前記ロッドミラーを回転させ回転角度を取得するロータリーエンコーダスキャナ、及び前記参照光路長スキャナ部と同期して前記集光レンズを移動させ測定光のスポットサイズを調整するレンズ移動機構からなるセンサー部と、
前記センサー部を円筒軸方向に移動させるモータ駆動ローラ、及び前記センサー部の軸方向位置を取得する測定用スケールヘッドからなる移動手段と、
前記参照光路長スキャナ部から返った参照光と前記センサー部から返った測定光の白色干渉を検出する光検出器とからなり、
測定対象の細管内に通した透明管内でセンサー部を移動させることで、前記透明管を透過する測定光により非接触で前記細管の内面形状を測定することを特徴とする白色干渉法による管内面の形状測定装置。
【請求項２】
白色光源を光カプラで測定光と参照光に分割し前記測定光をセンサー部に送り前記参照光を参照光路長スキャナ部に送る白色光源照射ステップと、
前記センサー部の入った透明管を細管内に通し前記センサー部を移動手段により移動させるセンサー移動ステップと、
前記センサー部に入り集光レンズを通った測定光の進行方向を変えるロッドミラーを回転させるロッドミラー回転ステップと、
前記参照光スキャン部に入り光学素子を通り反射素子で返る参照光の光路長を直動ステージを移動させながら取得する参照光路長スキャナ部ステージ移動ステップと、
前記参照光スキャン部と同期してレンズ移動機構で前記集光レンズを移動させる測定光スポットサイズ最適化ステップと、
前記センサー部から返った測定光と前記参照光路長スキャナ部から返った参照光を光検出器で干渉させ干渉縞のピーク位置を決定する白色干渉縞ピーク検出ステップと、
干渉縞のピーク位置における前記光学素子の位置を参照用スケールヘッドで読み取る参照光スキャナ部ステージ位置読出しステップと、
干渉縞のピーク位置における前記センサー部の軸方向位置を測定用スケールヘッドで読み取るセンサー位置読出しステップと、
前記ロッドミラーの回転角度をロータリーエンコーダスキャナで読み取るロータリーエンコーダ位置読出しステップと、
光学素子の位置及びセンサー部の軸方向位置及びロッドミラーの回転角度を記録する全読出し位置記録ステップを実行することにより、
非接触で前記細管の内面形状を測定することを特徴とする請求項１に記載の測定装置を用いた白色干渉法による管内面の形状測定方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、白色干渉法（低コヒーレンス干渉法）測長器を用いた非接触寸法測定装置において、細い管状の内面を測定する技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
干渉法は、複数の波を干渉させるとき、波長の整数倍に近付くと強め合い、その中間に

近付くにつれ弱め合うことを利用して、波長や位相差を測定する技術である。

【０００３】

尚、低コヒーレンス干渉法は、コヒーレンス長（干渉縞を得ることの出来る最大の光路差）の短い白色光源を用いる手法で、微小距離の測定や、物体の微細な構造や形状を計測することができる。

【０００４】

図６は、本発明である白色干渉法による管内面の形状測定で用いている白色干渉測長技術の原理を示す図である。上段は白色干渉法１３の装置構成であり、下段は白色干渉法１３のインターフェログラム（干渉波形）１４を表したものである。

【０００５】

白色光源１３ａから白色光１３ｂを照射し、白色光１３ｂをハーフミラー１３ｃで参照光１３ｄと測定光１３ｅに分ける。尚、ハーフミラー１３ｃは、反射光と透過光の強さがほぼ１：１のビームスプリッターである。

【０００６】

ハーフミラー１３ｃで反射した参照光１３ｄは、移動可能な参照鏡１３ｇに照射し、ハーフミラー１３ｃを透過した測定光１３ｅは、レンズ１３ｆを介して対象物１３ｈに照射する。

【０００７】

参照鏡１３ｇで反射しハーフミラー１３ｃを透過した参照光１３ｄと、対象物１３ｈから返りハーフミラー１３ｃで反射した測定光１３ｅとを、検出器１３ｉに取り込み、干渉させる。

【０００８】

白色光源１３ａによる干渉縞１４ａは、測定光１３ｅと参照光１３ｄの光路差が一致したときにのみ見られる。干渉縞１４ａのコントラスト最大位置１４ｂが対象物の表面高さとなり、干渉縞１４ａのピーク位置決定精度が対象物１３ｈの測定精度となる。

【０００９】

参照光１３ｄの光路長を精度良く走査し白色干渉縞１４ａの位相情報を得ることで、対象物をナノメートル精度で計測することも可能となる。

【００１０】

特許文献１に記載されているように、白色干渉を応用した表面形状測定方法及び表面形状測定装置の発明も公開されている。特許文献２に記載されているように、白色干渉形状測定を用いる形状と材質の測定方法の発明も公開されている。

【００１１】

特許文献３に記載されているように、測定対象面の凹凸形状を高速で高精度に測定することができる表面形状測定装置の発明も公開されている。特許文献４に記載されているように、白色干渉縞のピーク位置を正確に検出可能な寸法測定装置及び測定寸法方法の発明も公開されている。

【００１２】

特許文献５及び特許文献６に記載されているように、白色干渉を用いた円筒状の被測定物の内径寸法を測定する内径測定装置の発明も公開されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１３】

しかしながら、従来の非接触センサーやレーザー光スキャンタイプの３次元形状計測器では、測定対象物に測定光を照射し対象物の外部表面を測定する場合が多く、センサー自体のサイズ制限から細い管内の内面形状を測定することが困難である。また、管内の内面形状を測定できる装置でも測定精度に課題がある。

【００１４】

そこで、本発明は、白色干渉法を用いた非接触測定器において、長さが１メートル以上あるくびれ形状を持つような細い管内の内面形状をミクロンオーダの高精度で計測できる

測定方法及び装置を提供することを目的とするものである。
【課題を解決するための手段】
【００１５】
上記の課題を解決するために、本発明は、白色光源を参照光と測定光に分割する光カプラと、前記光カプラから光ファイバを介して入った参照光の進行方向を変える光学素子、前記光学素子から出た参照光の進行方向を反転する反射素子、前記光学素子を往復移動させる直動ステージ、及び前記光学素子の位置を取得する参照用スケールヘッドからなる参照光路長スキャナ部と、前記光カプラから光ファイバを介して入った測定光を発散又は収束させる集光レンズ、前記集光レンズを出た測定光の進行方向を変えるロッドミラー、前記ロッドミラーを回転させ回転角度を取得するロータリーエンコーダスキャナ、及び前記参照光路長スキャナ部と同期して前記集光レンズを移動させ測定光のスポットサイズを調整するレンズ移動機構からなるセンサー部と、前記センサー部を円筒軸方向に移動させるモータ駆動ローラ、及び前記センサー部の軸方向位置を取得する測定用スケールヘッドからなる移動手段と、前記参照光路長スキャナ部から返った参照光と前記センサー部から返った測定光の白色干渉を検出する光検出器とからなり、測定対象の細管内に通した透明管内でセンサー部を移動させることで、前記透明管を透過する測定光により非接触で前記細管の内面形状を測定することを特徴とする白色干渉法による管内面の形状測定装置の構成とした。
【発明の効果】
【００１６】
本発明は、長さが１メートル以上あるくびれ形状を持つような内径６０ミリメートル程度の細い管であっても、内面形状をミクロンオーダの高精度で計測することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１７】
【図１】本発明である白色干渉法による管内面の形状測定装置の構成を示す図である。
【図２】本発明である白色干渉法による管内面の形状測定装置の干渉計部を示す図である。
【図３】本発明である白色干渉法による管内面の形状測定装置の参照光路長スキャナ部を示す図である。
【図４】本発明である白色干渉法による管内面の形状測定装置のセンサー部を示す図である。
【図５】本発明である白色干渉法による管内面の形状測定方法の手順を示す図である。
【図６】本発明である白色干渉法による管内面の形状測定で用いている白色干渉測長技術の原理を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１８】
本発明である白色干渉法による管内面の形状測定装置は、白色光源を参照光と測定光に分割する光カプラと、前記光カプラから光ファイバを介して入った参照光の進行方向を変える光学素子、前記光学素子から出た参照光の進行方向を反転する反射素子、前記光学素子を往復移動させる直動ステージ、及び前記光学素子の位置を取得する参照用スケールヘッドからなる参照光路長スキャナ部と、前記光カプラから光ファイバを介して入った測定光を発散又は収束させる集光レンズ、前記集光レンズを出た測定光の進行方向を変えるロッドミラー、前記ロッドミラーを回転させ回転角度を取得するロータリーエンコーダスキャナ、及び前記参照光路長スキャナ部と同期して前記集光レンズを移動させ測定光のスポットサイズを調整するレンズ移動機構からなるセンサー部と、前記センサー部を円筒軸方向に移動させるモータ駆動ローラ、及び前記センサー部の軸方向位置を取得する測定用スケールヘッドからなる移動手段と、前記参照光路長スキャナ部から返った参照光と前記センサー部から返った測定光の白色干渉を検出する光検出器とからなり、測定対象の細管内に通した透明管内でセンサー部を移動させることで、前記透明管を透過する測定光により非接触で前記細管の内面形状を測定することを特徴とする。

【００１９】
　また、本発明である白色干渉法による管内面の形状測定方法は、白色光源を光カプラで測定光と参照光に分割し前記測定光をセンサー部に送り前記参照光を参照光路長スキャナ部に送る白色光源照射ステップと、前記センサー部の入った透明管を細管内に通し前記センサー部を移動手段により移動させるセンサー移動ステップと、前記センサー部に入り集光レンズを通った測定光の進行方向を変えるロッドミラーを回転させるロッドミラー回転ステップと、前記参照光スキャン部に入り光学素子を通り反射素子で返る参照光の光路長を直動ステージを移動させながら取得する参照光路長スキャナ部ステージ移動ステップと、前記参照光スキャン部と同期してレンズ移動機構で前記集光レンズを移動させる測定光スポットサイズ最適化ステップと、前記センサー部から返った測定光と前記参照光路長スキャナ部から返った参照光を光検出器で干渉させ干渉縞のピーク位置を決定する白色干渉縞ピーク検出ステップと、干渉縞のピーク位置における前記光学素子の位置を参照用スケールヘッドで読み取る参照光スキャナ部ステージ位置読出しステップと、干渉縞のピーク位置における前記センサー部の軸方向位置を測定用スケールヘッドで読み取るセンサー位置読出しステップと、前記ロッドミラーの回転角度をロータリーエンコーダスキャナで読み取るロータリーエンコーダ位置読出しステップと、光学素子の位置及びセンサー部の軸方向位置及びロッドミラーの回転角度を記録する全読出し位置記録ステップを実行することにより、非接触で前記細管の内面形状を測定することを特徴とする。
【実施例１】
【００２０】
　図１は、本発明である白色干渉法による管内面の形状測定装置の構成を示す図である。白色干渉法による管内面の形状測定装置１は、干渉計部２と、参照光路長スキャナ部７と、センサー部８と、処理装置１１とからなる。
【００２１】
　干渉計部２は、白色光源３と、光カプラ４と、光検出器５とからなり、参照光路長スキャナ部７とセンサー部８も接続される。光カプラ４と、白色光源３及び参照光路長スキャナ部７及びセンサー部８及び光検出器５とが光ファイバ６で繋がれる。
【００２２】
　参照光路長スキャナ部７は、光カプラ４から入射した参照光４ｂを反射して光カプラ４に戻す。センサー部８は、光カプラ４から入射した測定光４ｃを測定対象で反射させて光カプラ４に戻す。尚、センサー部８は、測定対象の細管１０内を移動するための移動手段９を備える。
【００２３】
　処理装置１１は、演算処理と動作制御を行うコンピュータ装置である。光検出器５から干渉信号１１ａ、センサー部８からスケール信号１１ｄとエンコーダ信号１１ｅを受信したり、参照光路長スキャナ部７から入力したスケール信号１１ｂに応じてセンサー部８にレンズ移動制御信号１１ｃを出力したりする。
【００２４】
　図２は、本発明である白色干渉法による管内面の形状測定装置の干渉計部を示す図である。干渉計部２は、白色光３ａを反射光と透過光に分割し、さらに反射光と透過光を干渉させる。
【００２５】
　白色光源３は、白色光３ａを照射する装置であり、高輝度で低コヒーレンス性であるＳＬＤ（スーパールミネッセントダイオード）、パルス幅がフェムト秒レベルであるフェムト秒レーザー、波長走査型レーザー等がある。
【００２６】
　光カプラ４は、光ファイバ６中の光を分割する装置である。入射した白色光３ａを参照光４ｂと測定光４ｃに分割し、反射する参照光４ｂは参照光路長スキャナ部７に送り、透過する測定光４ｃはセンサー部８に送る。
【００２７】

光カプラ４は、例えば、ビームスプリッタ４ａ又はそれと同等の機能を有する他の手段を備える。白色光３ａが発光原理が異なる光が足し合わされていることから、その違いを利用して光を分割する。

【００２８】

光検出器５は、参照光路長スキャナ部７から返り光カプラ４において透過する参照光４ｂと、センサー部８から返り光カプラ４において反射する測定光４ｃを干渉させ、生成された干渉縞５ａを検出する。

【００２９】

光ファイバ６は、光の伝送路であり、機器間で光を送受する。透過率の高い石英ガラス又はプラスチックで出来ており、外側よりも芯の屈折率を高くすることで光を芯にだけ伝搬させる。

【００３０】

図３は、本発明である白色干渉法による管内面の形状測定装置の参照光路長スキャナ部を示す図である。参照光路長スキャナ部７は、干渉計部２から入射した参照光４ｂを反射させて干渉計部２に返す過程において、参照光４ｂの光路長を変化させる。

【００３１】

参照光路長スキャナ部７は、光学素子７ａ、直動ステージ７ｂ、スケールヘッド７ｃ、リニアスケール７ｄ、反射素子７ｅ、ファイバコネクタ７ｆ等からなり、干渉計部２から出た光ファイバ６が接続されて参照光４ｂが入射される。

【００３２】

参照光路長スキャナ部７内には、位置を示すリニアスケール７ｄが配され、直動ステージ７ｂが往復移動可能に設置される。直動ステージ７ｂに取り付けたスケールヘッド７ｃでリニアスケール７ｄ上の目盛りを読み取り直動ステージ７ｂの位置を取得することができる。

【００３３】

直動ステージ７ｂ上には、光学素子７ａが光ファイバ６が接続されるファイバコネクタ７ｆに対向するように載置され、ファイバコネクタ７ｆの隣りに反射素子７ｅが光学素子７ａに対向するように固定される。

【００３４】

光学素子７ａは、再帰性反射ができる直角プリズムミラーやＣＣＰ（コーナーキューブ・プリズム）などが用いられ、直角に組み合わせた面に光を入射させ、数回の反射により光を元来た方向へ返す。

【００３５】

直動ステージ７ｂは、参照光４ｂの進行方向と同方向又は逆方向にスライドできる移動体である。直動ステージ７ｂを移動させることで、参照光４ｂの光路長を変化させることができる。

【００３６】

スケールヘッド７ｃは、直動ステージ７ｂと共に移動しながらリニアスケール７ｄ上の位置情報を読み取る。尚、直動ステージ７ｂが車輪やローラ等の回転体で移動する場合は、回転体の回転量から移動量を把握しても良い。

【００３７】

リニアスケール７ｄは、直動ステージ７ｂの可動範囲に目盛り等を付したものであり、直動ステージ７ｂの移動量を取得することで、参照光４ｂの光路長を把握することができるようにしたものである。

【００３８】

反射素子７ｅは、ミラーなどが用いられ、光の進行方向を反対方向にすることができる。尚、反射素子７ｅは終端であり、ファイバコネクタ７ｆから反射素子７ｅに至るまで、間に光学素子７ａを複数個用いて光を複数回往復させても良い。

【００３９】

ファイバコネクタ７ｆは、干渉計部２から来た光ファイバ６の先端を保持し、光ファイ

バ６から出た参照光４ｂを直動ステージ７ｂ上の光学素子７ａに当てることができるように固定したものである。
【００４０】
直動ステージ７ｂを往復移動させると、参照光４ｂの光路長はファイバコネクタ７ｆから光学素子７ａを経て反射素子７ｅに至るまでとなるので、参照光４ｂの光路長を直動ステージ７ｂの移動量の２倍で変化させることができる。
【００４１】
光学素子７ａを直動ステージ７ｂ上とファイバコネクタ７ｆの隣りに配置し、反射素子７ｅを直動ステージ７ｂ上に配置すると、参照光４ｂの光路長を直動ステージ７ｂの移動量の３倍で変化させることができる。
【００４２】
即ち、光学素子７ａと反射素子７ｅの組み合わせを増やすことにより、参照光路長のスキャン長さを長くすることができる。図３の下段に示すように、参照光４ｂの光路長を直動ステージ７ｂの移動量の４倍以上で変化させるようにすることも可能である。
【００４３】
反射素子７ｅで反射された参照光４ｂは、そのまま同じ経路を逆戻りして光ファイバ６の先端を保持するファイバコネクタ７ｆまで到達し、光ファイバ６内を通って干渉計部２へ返る。
【００４４】
図４は、本発明である白色干渉法による管内面の形状測定装置のセンサー部を示す図である。センサー部８は、移動手段９によって移動しながら細管１０の内壁に対し測定光４ｃを照射する。
【００４５】
測定対象となる細管１０は、加速空洞管など長さが１メートル以上あるくびれ形状を持つ直径６０～２００ｍｍ程度の細い円筒管であり、細管１０の内壁に沿って測定することは困難であることから、非接触で測定位置１０ａまでの距離を測定する。
【００４６】
センサー部８は、ベース８ａ上に載置されたファイバコネクタ８ｂ、集光レンズ８ｃ、集光レンズ８ｄ、レンズ移動機構８ｅ、ロッドミラー８ｆ、ロータリーエンコーダスキャナ８ｇ等からなる。
【００４７】
干渉計部２から延びる光ファイバ６がファイバコネクタ８ｂで固定され、集光レンズ８ｃに向けて測定光４ｃが照射される。尚、レンズ移動機構８ｅで集光レンズ８ｃと集光レンズ８ｄの間隔を調整し、測定光４ｃの焦点までの距離を変化させる。
【００４８】
集光レンズ８ｃ及び集光レンズ８ｄにより測定光４ｃの状態を調整した上で、測定光４ｃをロッドミラー８ｆに照射し、測定光４ｃの進行方向を９０°変更して細管１０内の測定位置１０ａに当てる。
【００４９】
ロータリーエンコーダスキャナ８ｇでロッドミラー８ｆを回転させることで、ロッドミラー８ｆによって変更される測定光４ｃの進行方向も回転するので、測定位置１０ａを一周させることができる。
【００５０】
ベース８ａは、センサー部８の各部を載せてまとめて移動させるための移動体である。ベース８ａが細管１０内を移動することで、細管１０の内壁に対して測定光４ｃが照射される位置を移動させることができる。
【００５１】
ファイバコネクタ８ｂは、光ファイバ６の先端を保持するものである。光ファイバ６を出た測定光４ｃは、細管１０内をベース８ａが移動する方向と同方向又は逆方向に照射され、まず集光レンズ８ｃに至る。

【００５２】
集光レンズ８ｃ、８ｄは、凸レンズ等を２枚又は複数枚用いて測定光４ｃを発散又は収束させることで、測定光４ｃの焦点距離を変化させて、細管１０内の測定位置１０ａにおける照射面積を調整する。
【００５３】
レンズ移動機構８ｅは、集光レンズ８ｄを移動させて測定光４ｃの焦点を可変にするための仕組みである。レンズ移動機構８ｅの例としては、中空ボイスコイルモータや、小型ステージを用いた手段などがある。
【００５４】
中空ボイスコイルモータは、スピーカーの原理を応用してリニアモーターとして利用する動電型振動装置である。永久磁石の磁界中に置かれたコイルが電流の量に比例して直進運動することを利用してレンズを移動させる。
【００５５】
通常、集光レンズ８ｃの位置を固定して集光レンズ８ｄの位置を可動にするが、集光レンズ８ｃの位置を可能にして集光レンズ８ｄの位置を固定しても良いし、集光レンズ８ｃと集光レンズ８ｄの両方を可動にしても良い。
【００５６】
ロッドミラー８ｆは、測定光４ｃが当たる面が傾いた鏡であり（例えば４５°）、水平方向に進行する測定光４ｃを垂直方向に又は垂直方向に進行する測定光４ｃを水平方向に変更することができる。
【００５７】
ロータリーエンコーダスキャナ８ｇは、回転軸に連結されたロッドミラー８ｆを回転させることで、集光レンズ８ｄを出た測定光４ｃが、細管１０の内周上のどの方向に９０°向きを変えるかを制御する。
【００５８】
また、ロッドミラー８ｆの回転角度を取得することで、測定光４ｃの照射方向を把握することができる。即ち、センサー部８の現在位置における細管１０の内周形状を計測することが可能である。
【００５９】
移動手段９は、透明管９ａ、モータ駆動ローラ９ｂ、スケールヘッド９ｃ、リニアスケール９ｄ、リニアガイド９ｅ、スライダ９ｆ等からなり、細管１０内でセンサー部８を移動させる。
【００６０】
細管１０内に透明管９ａを通し、透明管９ａ内にリニアスケール９ｄを配置する。センサー部８にスライダ９ｆを設け、リニアスケール９ｄ上のリニアガイド９ｅに沿ってスライド移動させる。
【００６１】
センサー部８に設けたモータ駆動ローラ９ｂにより透明管９ａ内を移動させ、センサー部８に取り付けたスケールヘッド９ｃでリニアスケール９ｄ上の目盛りを読み取ることでセンサー部８の位置を把握する。
【００６２】
透明管９ａは、透過率の高い透明な管であり、測定光４ｃをほぼ透過することができる。細管１０内に直線的に通すことができるように、細管１０のうち最も狭い箇所よりも直径を細くする。
【００６３】
透明管９ａの例としては、透明性の高い非晶質の合成樹脂であるアクリル樹脂を管状に成形する。その他、ファイアレックスガラス、ポリ塩化ビニル、クリアセラム（登録商標）、石英ガラス等の管を使用することもできる。
【００６４】
モータ駆動ローラ９ｂは、センサー部８の前側と後側にローラを保持したもので、透明

管９ａの内壁にローラを接触させてモータで回転させることにより、センサー部８を透明管９ａに沿って円筒軸方向に移動させる。

【００６５】

スケールヘッド９ｃは、センサー部８と共に移動し、リニアスケール９ｄ上の位置情報を読み取ることで、センサー部８の位置を取得する。即ち、細管１０に対し測定光４ｃが照射されている位置を把握することができる。

【００６６】

リニアスケール９ｄは、透明管９ａの入口端から出口端まで軸方向において、直線的な距離を示す目盛り等を付したものであり、細管１０のある位置を基準として相対的な位置を把握することができる。

【００６７】

リニアガイド９ｅは、センサー部８がリニアスケール９ｄ上を安定して往復移動できるように補助するレール状の部材である。尚、リニアガイド９ｅに沿って長さの短いスライダ９ｆが滑走する。

【００６８】

スライダ９ｆは、センサー部８の前側と後側において下面に取り付けた部材である。スライダ９ｆを介すことで、センサー部８を透明管９ａ内でスムーズに往復移動させることができる。

【００６９】

リニアスケール９ｄで位置を取得する代わりに、モータ駆動ローラ９ｂをエンコーダ付きモータ駆動ローラにすることで、ローラの回転による移動量を取得して位置を把握することもできる。

【実施例２】

【００７０】

図５は、本発明である白色干渉法による管内面の形状測定方法の手順を示す図である。白色干渉法による管内面の形状測定方法１２は、実施例１に記載の白色干渉法による管内面の形状測定装置１を用いる。

【００７１】

白色干渉法による管内面の形状測定方法１２は、白色光照射１２ａのステップと、センサー部移動１２ｂのステップと、ロッドミラー回転１２ｃのステップと、参照光路長スキャナ部ステージ移動１２ｄのステップと、測定光スポットサイズ最適化１２ｅのステップと、白色干渉縞ピーク検出１２ｆのステップと、参照光路長スキャナ部ステージ位置読出し１２ｇのステップと、センサー部位置読出し１２ｈのステップと、ロータリーエンコーダ位置読出し１２ｉのステップと、全読出し位置記録１２ｊのステップとからなる。

【００７２】

白色光照射１２ａのステップは、白色光源３から白色光３ａを照射し、光ファイバ６を介して光カプラ４に白色光３ａを送る。光カプラ４で白色光３ａを参照光４ｂと測定光４ｃに分割し、参照光４ｂを参照光路長スキャナ部７に、測定光４ｃをセンサー部８に送る。

【００７３】

センサー部移動１２ｂのステップは、細管１０内に通した透明管９ａにセンサー部８を入れ、モータ駆動ローラ９ｂを回転させてセンサー部８の移動を開始する。また、スケールヘッド９ｃから処理装置１１へのスケール信号１１ｄの送信準備もする。

【００７４】

ロッドミラー回転１２ｃのステップは、センサー部８のロッドミラー８ｆの回転を開始する。また、ロータリーエンコーダスキャナ８ｇから処理装置１１へのエンコーダ信号１１ｅの送信準備もする。

【００７５】

参照光路長スキャナ部ステージ移動１２ｄのステップは、参照光路長スキャナ部７の直動ステージ７ｂを移動させる。それに伴い、スケールヘッド７ｃから処理装置１１へのス

ケール信号１１ｂの送信準備もする。

【００７６】

尚、参照光路長スキャナ部ステージ移動１２ｄと測定光スポットサイズ最適化１２ｅを同期させるため、処理装置１１からレンズ移動機構８ｅへのレンズ移動制御信号１１ｃの送信を行う。

【００７７】

測定光スポットサイズ最適化１２ｅのステップは、レンズ移動制御信号１１ｃによりセンサー部８のレンズ移動機構８ｅを作動させ、集光レンズ８ｄを移動させる。測定光４ｃの測定位置１０ａにおけるスポットサイズを最適化する。

【００７８】

白色干渉縞ピーク検出１２ｆのステップは、参照光路長スキャナ部７から返った参照光４ｂと、センサー部８から返った測定光４ｃの白色干渉を光検出器５で検出し、ピーク位置を決定する。また、光検出器５から処理装置１１への干渉信号１１ａの送信を行う。

【００７９】

参照光４ｂと測定光４ｃの光路差が一致したとき干渉縞５ａが得られることから、参照光路長スキャナ部７の直動ステージ７ｂの移動と、センサー部８の集光レンズ８ｄの移動は、測定位置１０ａのスポットサイズを最適化するように連動する。

【００８０】

干渉縞５ａのピーク位置が決まると、そのときのスケール信号１１ｂが示す直動ステージ７ｂの位置が、スケール信号１１ｄが示す位置のエンコーダ信号１１ｅが示す向きにおける測定位置１０ａまでの距離を表すことができる。

【００８１】

参照光路長スキャナ部ステージ位置読出し１２ｇのステップは、干渉縞５ａのピーク位置において、参照光路長スキャナ部７のスケールヘッド７ｃが読み出した直動ステージ７ｂの位置情報であるスケール信号１１ｂを処理装置１１に送信する。

【００８２】

センサー部位置読出し１２ｈのステップは、干渉縞５ａのピーク位置において、センサー部８のスケールヘッド９ｃが読み出した測定位置１０ａの軸方向位置情報であるスケール信号１１ｄを処理装置１１に送信する。

【００８３】

ロータリーエンコーダ位置読出し１２ｉのステップは、干渉縞５ａのピーク位置において、センサー部８のロータリーエンコーダスキャナ８ｇが読み出した測定位置１０ａの回転角度情報であるエンコーダ信号１１ｅを処理装置１１に送信する。

【００８４】

全読出し位置記録１２ｊのステップは、スケール信号１１ｂ、スケール信号１１ｄ、エンコーダ信号１１ｅを関連付けて処理装置１１の記憶装置等に記録し、細管１０の各位置・各角度における内壁までの距離を蓄積する。

【００８５】

全ての測定位置１０ａにおいて細管１０の内壁までの距離を収集することにより、細管１０の内壁構造を詳細に把握することができ、処理装置１１において、画像等に編集し、視覚的に表現することが可能である。

【符号の説明】

【００８６】

1	白色干渉法による管内面の形状測定装置
2	干渉計部
3	白色光源
3 a	白色光
4	光カプラ
4 a	ビームスプリッタ
4 b	参照光

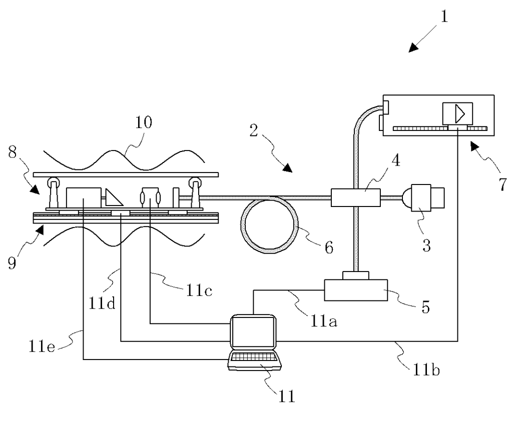
４ｃ	測定光
５	光検出器
５ａ	干渉縞
６	光ファイバ
７	参照光路長スキャナ部
７ａ	光学素子
７ｂ	直動ステージ
７ｃ	スケールヘッド
７ｄ	リニアスケール
７ｅ	反射素子
７ｆ	ファイバコネクタ
８	センサー部
８ａ	ベース
８ｂ	ファイバコネクタ
８ｃ	集光レンズ
８ｄ	集光レンズ
８ｅ	レンズ移動機構
８ｆ	ロッドミラー
８ｇ	ロータリーエンコーダスキャナ
９	移動手段
９ａ	透明管
９ｂ	モータ駆動ローラ
９ｃ	スケールヘッド
９ｄ	リニアスケール
９ｅ	リニアガイド
９ｆ	スライダ
１０	細管
１０ａ	測定位置
１１	処理装置
１１ａ	干渉信号
１１ｂ	スケール信号
１１ｃ	レンズ移動制御信号
１１ｄ	スケール信号
１１ｅ	エンコーダ信号
１２	白色干渉法による管内面の形状測定方法
１２ａ	白色光照射
１２ｂ	センサー部移動
１２ｃ	ロッドミラー回転
１２ｄ	参照光路長スキャナ部ステージ移動
１２ｅ	測定光スポットサイズ最適化
１２ｆ	白色干渉縞ピーク検出
１２ｇ	参照光路長スキャナ部ステージ位置読出し
１２ｈ	センサー部位置読出し
１２ｉ	ロータリーエンコーダ位置読出し
１２ｊ	全読出し位置記録
１３	白色干渉法
１３ａ	白色光源
１３ｂ	白色光
１３ｃ	ハーフミラー
１３ｄ	参照光

１３ｅ　測定光
１３ｆ　レンズ
１３ｇ　参照鏡
１３ｈ　対象物
１３ｉ　検出器
１４　インターフェログラム
１４ａ　干渉縞
１４ｂ　コントラスト最大位置

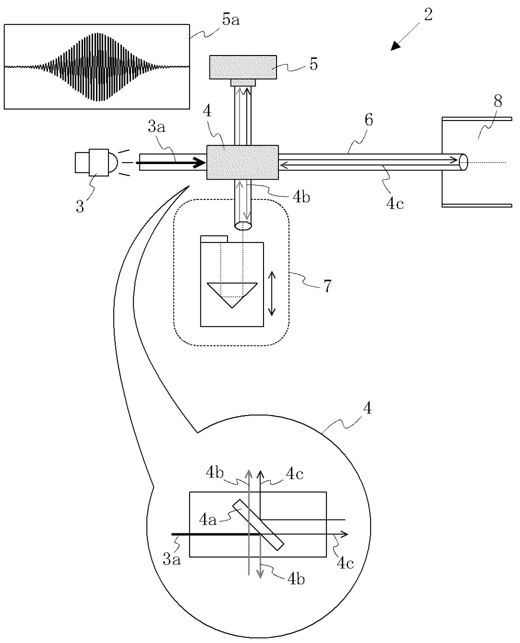
【先行技術文献】
【特許文献】
【００８７】

【特許文献１】特開２００６－２９２６０８号公報
【特許文献２】特開２００６－１７０８４７号公報
【特許文献３】特開２００１－０６６１２２号公報
【特許文献４】特開２００８－３０９６３９号公報
【特許文献５】特開２００８－３０９６５５号公報
【特許文献６】特開２００８－３０９６４５号公報

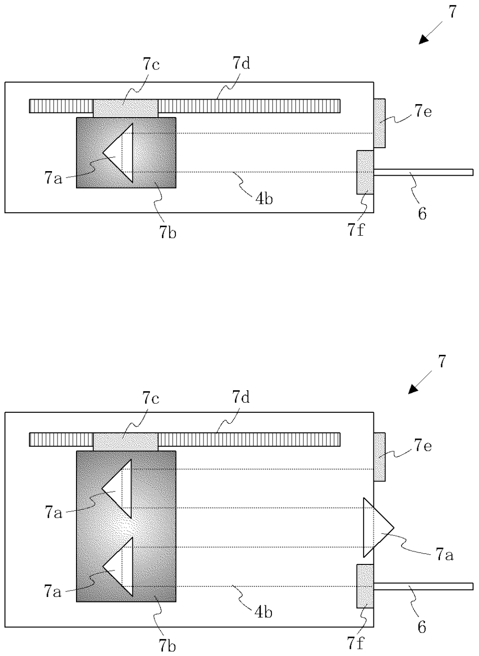
【図１】



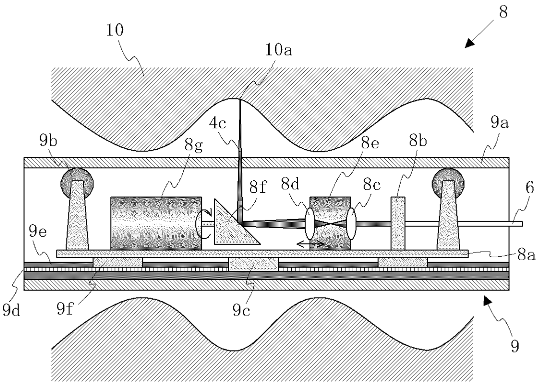
【図２】



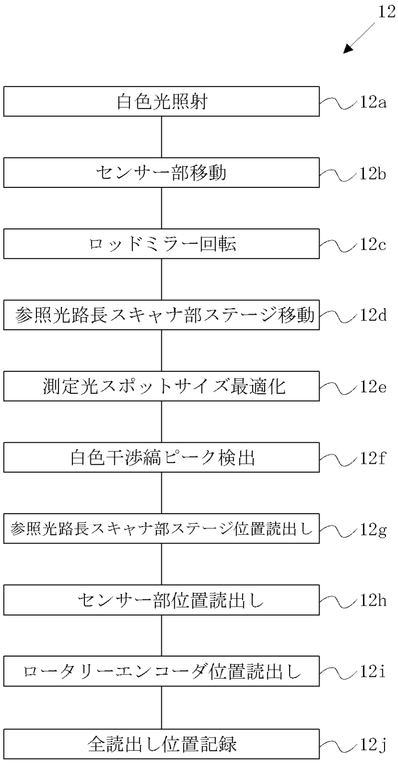
【図３】


7
7c
7d
7e
7a
4b
7b
7f
6
7
7c
7d
7e
7a
7a
7a
4b
7b
7f
6

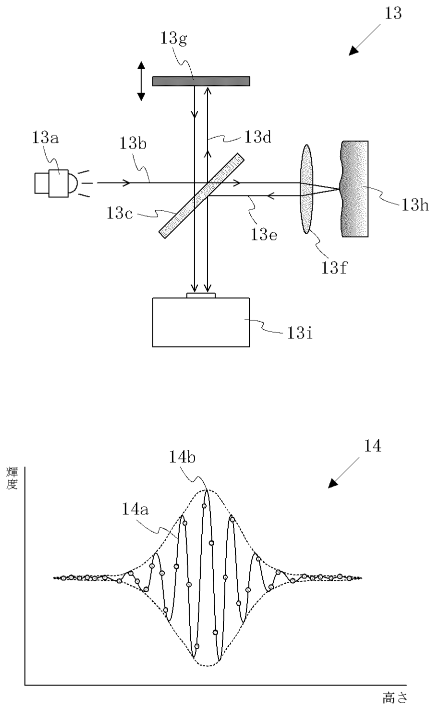
【図４】


10
10a
8
4c
9a
9b
8g
8e
8b
8f
8d
8c
6
9e
8a
9d
9f
9c
9

【図５】


12
白色光照射
12a
センサー部移動
12b
ロッドミラー回転
12c
参照光路長スキャナ部ステージ移動
12d
測定光スポットサイズ最適化
12e
白色干渉縞ピーク検出
12f
参照光路長スキャナ部ステージ位置読出し
12g
センサー部位置読出し
12h
ロータリーエンコーダ位置読出し
12i
全読出し位置記録
12j

【図６】


13
13g
13a
13b
13d
13h
13c
13e
13f
13i
14
14b
輝度
14a
高さ

フロントページの続き

Ｆターム(参考) 2F065 AA27 AA51 AA53 BB08 FF16 FF17 FF52 GG04 GG07 GG24
GG25 JJ01 LL02 LL04 LL12 LL16 LL62 MM07 MM16 MM26
MM28 QQ31 UU07