

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4131666号  
(P4131666)

(45) 発行日 平成20年8月13日(2008.8.13)

(24) 登録日 平成20年6月6日(2008.6.6)

(51) Int.Cl. F I  
G O 1 B 9/02 (2006.01) G O 1 B 9/02

請求項の数 4 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2002-542819 (P2002-542819)	(73) 特許権者	390023711
(86) (22) 出願日	平成13年11月7日(2001.11.7)		ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2004-514124 (P2004-514124A)		ミット ベシユレンクテル ハフツング
(43) 公表日	平成16年5月13日(2004.5.13)		ROBERT BOSCH GMBH
(86) 国際出願番号	PCT/DE2001/004184		ドイツ連邦共和国 シュツツガルト (
(87) 国際公開番号	W02002/040936		番地なし)
(87) 国際公開日	平成14年5月23日(2002.5.23)		Stuttgart, Germany
審査請求日	平成16年11月4日(2004.11.4)	(74) 代理人	100061815
(31) 優先権主張番号	100 57 540.4		弁理士 矢野 敏雄
(32) 優先日	平成12年11月20日(2000.11.20)	(74) 代理人	100114890
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 アインゼル・フェリックス＝ライ
		(74) 代理人	230100044
			弁護士 ラインハルト・アインゼル

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 干渉測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定物(7)の、表面特性量、形状、距離、距離変化、例えば振動をプローブ部(6)を用いて測定するための干渉測定装置であって、

該プローブ部(6)は、定置のプローブ部(6.1)と該定置のプローブ部に機械的および光学的に結合されている回転可能なプローブ部(6.2)とに分割されておりかつ

干渉測定のために参照ビームおよび測定ビームを生成するためのビームスプリッター(6.3:6.3)は前記回転可能なプローブ部(6.2)に配置されている形式のものにおいて、

該プローブ部(6)とは空間的に別個になっている復調干渉計(2)が設けられており、短コヒーレントな光源(3)は回転可能なまたは定置のプローブ部(6)に配置されており、かつ

前記プローブ部(6)および前記復調干渉計(2)は単一モードの光ファイバ(5)を介して相互に結合されており、かつ

前記プローブ部(6)は測定物(7)の走査のための測定ヘッド(6.6)において光学的な測定ファイバ(6.7)を有しており、該測定ファイバにはファイバ部分(6.5)が前置されており、かつ

ビームスプリッター(6.3)として、ファイバ部分(6.5)と測定ファイバ(6.7)との間の分離面が実現されており、かつ

前記短コヒーレントな光源(3)の光は別の光ファイバ(6.4)を介しておよびファ

10

20

イバビームスプリッター(6.3)を介してファイバ部分(6.5)にガイドされておりかつ該ファイバ部分から測定物(7)の照射後、前記光ファイバ(5)にガイドされている

ことを特徴とする干渉測定装置。

【請求項2】

ビームスプリッター(6.3)はコモン・パス干渉計装置の部分である請求項1記載の測定装置。

【請求項3】

干渉計の構成は、古典的な干渉計、白光干渉計またはヘテロダイン干渉計に相応している

10

請求項1または2記載の測定装置。

【請求項4】

干渉計は測定領域を拡張するために多重波長干渉計として実現されている請求項3記載の測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

従来技術

本発明は、測定物の、表面特性量、形状、距離、距離変化、例えば振動をプローブ部を用いて測定するための干渉測定装置に関する。

【0002】

20

この形式の干渉測定装置はDE 19808273A1に示されている。この公知の測定装置では、干渉測定装置においてコヒーレンス・マルチプレクサを用いて測定装置の光学系が2つのサブ系、すなわちいわゆる変調干渉計とプローブ部とに分割される。プローブ部はこの仕方において申し分なく操作可能でありかつ1つの測定ヘッドを有して、これにより比較的長い、狭い孔内の測定も可能である。測定装置はマルチ波長干渉に対して構想されているので、測定領域の拡張が実現される。表面のアラウンド走査を実施するために、通例は測定物自体がまたは測定装置が回転するように駆動される。駆動は必ずしも簡単に実施できるとは限らず、測定精度に不都合に作用することもある。

【0003】

DE 19819762A1号に示されている、この形式の別の干渉測定装置では、測定系に対する種々の空間節約型測定プローブが提案されており、その際走査運動の生成は、上に述べたように、類似の困難に結び付く可能性がある。

30

【0004】

EP 0126475号には、マルチ波長・ヘテロダイン・干渉計のコンセプトに基づいておりかつ光源として1つまたは複数のレーザを含んでいる、凹凸のある表面の実際位置および/またはプロフィールを無接触測定するための方法および装置が示されている。ヘテロダイン技術により、位相評価に基づいて、振動の影響を大幅に抑圧することが可能になるが、この手法でも上に挙げた困難が発生する可能性がある。

【0005】

本発明の課題は、測定装置のできるだけ簡単な操作において測定物の表面を回転子ながら走査する際に高められた精度が実現されかつ駆動装置から生じる、測定精度に対する不都合な影響に対して対向作用が生じるようにした、冒頭に述べた形式の干渉測定装置を提供することである。

40

【0006】

この課題は請求項1の特徴部分に記載の構成によって解決される。これによれば、プローブ部は、定置のプローブ部と該定置のプローブ部に機械的および光学的に結合されている回転可能なプローブ部とに分割されておりかつ干渉測定のために参照ビームおよび測定ビームを生成するためのビームスプリッターは前記回転可能なプローブ部に配置されている。

【0007】

50

プローブ部を定置のプローブ部と回転可能なプローブ部とに分割することによって、測定物の走査に対して比較的簡単に配向することができかつプローブ部を精確な回転走査が可能であるように設計することができる。回転可能なプローブ部にビームスプリッターを配置することで、参照ビームと、測定すべき表面から到来する測定ビームとの間の捕捉検出すべき距離差に、定置のプローブ部と回転するプローブ部との間の移行領域に回転により生じるような差が重畳されることが妨げられる。

【0008】

次のような措置を講ずることで操作は一段と簡単化される：プローブ部とは空間的に別個になっていて、中に短コヒーレントな光源を備えている復調干渉計があり、この場合には短コヒーレントな光源は回転可能なまたは定置のプローブ部に配置されている。その際

10

【0009】

有利な構成は更に、ビームスプリッターがコモン・パス干渉計装置の部分であることによって実現される。これにより、参照ビームに対する固有の光分岐は不要になりかつ有利にも構造が細長くなる。

【0010】

測定装置の構成に対するそれ自体公知の種々の形態では、干渉計の構成は、古典的な干渉計、白光干渉計またはヘテロダイン干渉計に相応しているようになっている。

【0011】

有利な形態は更に、干渉計が測定領域を拡張するために多重波長干渉計として実現されているということにある。

20

【0012】

例えば噴射ノズルのような非常に狭い通路ないし孔での測定は、プローブ部が測定物の走査のための測定ヘッドにおいて光学的な測定ファイバを有しており、該測定ファイバにはファイバ部分が前置されておりかつビームスプリッターとして、該ファイバ部分と測定ファイバとの間の分離面が実現されていることによって可能になる。その際例えば80 μmと1 mmとの間の直径の孔の測定が可能である。その際測定ファイバの測定物側の端部はそれぞれの測定課題に相応して実現されている。

【0013】

光源の光が別の光ファイバを介しておよびファイバビームスプリッターを介してファイバ部分にガイドされておりかつ該ファイバ部分から測定物の照射後光ファイバにガイドされるようにする手段は更に有利な構成を可能にする。

30

【0014】

干渉測定装置の構成および動作法はそれ自体、冒頭に挙げた従来技術を参考にしたい。ここには干渉測定装置に対する更に別の文献も挙げられている。

【0015】

次に本発明を図面を参照して実施例に基づいて詳細に説明する。その際：

図1は、変調干渉計およびそれとは空間的に分離されているプローブ部を備えている干渉測定装置の第1実施例を略示しており、

40

図2は、復調干渉計およびそれとは空間的に分離されているプローブ部が設けられている干渉測定装置の別の実施例を略示している。

【0016】

図1に図示の干渉測定装置1において、変調干渉計2から成るモジュールと、プローブ部6を備えたモジュールとが相互に空間的に分離されて配置されておりかつ有利には単一モード光ファイバ5を介して相互に接続されている。測定物7の走査される物体表面から単一モード光ファイバ5を介してガイドされる測定光をピックアップするために、スペクトルエレメント4.2および光検出装置4.1を備えた受光装置4が設けられており、その出力信号は評価装置8に送られて計算により評価されるようになっている。評価装置はその他に干渉測定装置1の制御タスクも引き受けることができる。

50

## 【 0 0 1 7 】

変調干渉計は、短コヒーレントな、広帯域幅の光源 3、例えばスーパーluminescenceダイオードと、2つの変調器 2 . 1、殊に音響光学変調器と、1つの分岐に配置されている遅延素子 2 . 2、例えば面平行板と、一方は光ビームを、2つの変調器 2 . 1に供給される部分ビームに分割しかつ他方は分割された光ビームを結合する2つのビームスプリッターと、2つの偏向素子とを有している。この形式の変調干渉計は例えば冒頭で述べた DE 1 9 8 1 9 7 6 2 A 1号に記載されており、そこには作用の仕方も詳細に説明されている。

## 【 0 0 1 8 】

プローブ部 6 は定置のプローブ部 6 . 1 とそれに機械的および光学的に結合されている回転可能なプローブ部 6 . 2 を有している。この中にはビームスプリッター 6 . 3 が配置されている。ビームスプリッター 6 . 3 が回転可能なプローブ部 6 . 2 に配置されていることで次の利点が生じる：回転により、ビームスプリッター 6 . 3 により生成される参照光と測定光との間に光路差が生じる可能性はなく、生じた光路差の変化は測定物 7 の走査される表面の表面特性または形状、距離、距離の変化、例えば振動にその原因を求めることができる。

10

## 【 0 0 1 9 】

変調干渉計 2 の短コヒーレントな光源 3 の光はレンズによってコリメートされかつ2つの部分光ビームに分割される。変調干渉計 2 は例えばマッハ・ツェンダー干渉計の原理に従って構成されている。2つの部分光ビームは変調器 2 . 1 を用いて相互に周波数がシフトされる。周波数差は例えば数キロヘルツである。変調干渉計 2 の1つのアームにおいて遅延素子 3 は、光源 3 のコヒーレンス長より長い2つの部分光ビームの光路に差が生じるようにする。2つの部分光ビームは後続のビームスプリッターにおいて重畳されかつ単一モード光ファイバ 5 に入力結合される。光路差に基づいて部分光ビームは干渉しない。光は導光体を介してプローブ部 6 にガイドされかつそこで出力結合される。

20

## 【 0 0 2 0 】

回転可能なプローブ部 6 . 2 はビームスプリッター 6 . 3 の他に別の光学素子を含んでいる。これらの素子は供給される光ビームを測定物 7 の測定すべき表面に集束する。ビームスプリッター 6 . 3 から測定面までの光路は変調干渉計 2 に持ち込まれている光路差を補償する。ビームスプリッター 6 . 3 によって光ビームは測定物にガイドされる測定ビームと参照ビームとに分割される。回転可能なプローブ部 6 . 2 の回転により、例えば孔壁が走査されかつ内部シリンダの形状偏差が測定される。その際測定表面から反射される光は参照ビームと重畳されかつ光ファイバ 5 に入力結合される。光路差補償に基づいて、測定ビームおよび参照ビームの光ビームは干渉することができる。光位相差は、測定表面との距離に関する情報を含んでいる。

30

## 【 0 0 2 1 】

光ファイバ 5 を介して変調干渉計 2 にガイドされる光は出力結合されかつスペクトルエレメント 4 . 2、例えば格子またはプリズムを用いて波長  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  の複数のスペクトル成分に分割されかつホト検出器装置 4 . 1 において集束される。それぞれのホト検出器は、変調器 2 . 1 によって発生される差周波数と、測定物 7 までの距離の測定量  $L$  および対応している波長  $\lambda_n$  に関連している、式  $\phi = (2 \cdot L / \lambda_n)$  によって表される位相  $\phi$  とを有する電気信号を供給する。

40

## 【 0 0 2 2 】

複数のホト検出器（マルチ波長ヘテロダイン干渉）の信号の位相差の測定によって、個々の光波長より大きくなってよい距離  $L$  が一義的に突き止められる。評価は評価装置 8 を用いて行われる。

## 【 0 0 2 3 】

図 1 に示されている干渉測定装置 1 と基本的には相応して、図 2 に図示の別の干渉測定装置 1 も動作する。しかしここでは干渉測定装置 1 は復調干渉計 2 およびそこは離れている、光ファイバ 5 を用いて結合されているプローブ部 6 において結合されている。プローブ部 6 は同様に定置のプローブ部 6 . 1 および回転可能なプローブ部 6 . 2 に区分けさ

50

れている。

【 0 0 2 4 】

短コヒーレント光源 3、例えばスーパーluminescenceダイオードはここでは回転可能なプローブ部 6.2 に存在している。その光は別の光ファイバ 6.4 を介して、同じく有利には単一モード光ファイバを介して、ファイバ形ビームスプリッター 6.3 を用いてファイバ部分 6.5 に入力結合される。この部分は測定ヘッド 6.6 内のファイバ結合体を用いて、測定物 7 の方の側の測定ファイバ 6.7 に結合されている。この測定ファイバの自由端に、測定面を照明しかつ測定面から反射される光を検出するように構成されている測定ファイバ 6.2 を用いて、測定物 7 の表面、例えば噴射ノズルの非常に狭い孔が光学的に走査される。

10

【 0 0 2 5 】

測定ファイバ 6.7 に対する移行部におけるファイバ部分（ファイバ部材）6.5 の射出面は、この面がビームスプリッター 6.3 の機能を有しているように積層化されている。光はこのビームスプリッター 6.3 において 2 つの部分ビーム、すなわち測定ビームおよび参照ビームに分割される。参照ビームは戻ってファイバ部材 6.5 に入力結合されかつ回転可能なプローブ部 6.2 と定置のプローブ部 6.1 との間の移行部にある光結合器 6.8 を介して復調干渉計 2 にガイドされる。測定ビームは、端部が特別に加工されている、例えば 45° の角度で研磨されかつ鏡面化されている測定ファイバから出力結合されかつ測定物 7 の小さな孔の測定すべき内壁を照射する。測定ファイバ 6.7 は例えば 125 μm の直径を有している。孔の壁によって反射される光は測定ファイバ 6.7、ファイバビームスプリッター 6.3 および光結合器 6.8 を介して復調干渉計 2 に入力結合されかつ参照ビームと重畳される。両ビームは干渉する可能性はない。というのは、光源 3 のコヒーレンス長は測定ファイバ 6.7 の 1/2 より短いからである。復調干渉計 2

20

は例えばマッハ・ツェンダー干渉計の原理に従って構成されている。復調干渉計 2 に到来する光は 2 つの部分光ビームに分割される。復調干渉計 2 の 1 つのアームには遅延素子 2.2、例えば同様に面平行なガラス板が挿入されている。これは測定ヘッド 6.6 において必然的に生じた、測定ビームと参照ビームとの間の光路差を元に戻す。2 つの部分光ビームは変調器 2.1、例えばここでも音響光学変調器を用いて周波数が反対方向にシフトされ、その際周波数差はここでは例えば数 kHz である。2 つの干渉能力のある部分光ビームは別のビームスプリッターにおいて重畳され、出力結合され、スペクトル素子 4.2、例えば格子またはプリズムを用いて波長  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  を有する複数のスペクトル成分に分解されかつホト検出装置 4.1 に集束される。それから評価は図 1 の実施例に相応して行われる。

30

【 0 0 2 6 】

回転するプローブ部 6.2 から定置のプローブ部 6.1 への情報伝送は光結合器 6.8 を介して行われる。光結合器は例えば相応の光ファイバ 5 のファイバ端部に配置されている 2 つのグリーン（Grin = grade-index、屈折率分布）レンズの形で実現されていることができる。光結合器 6.8 はファイバビームスプリッター 6.3 ないしビームスプリッター 6.3 の後ろの光路に存在しているので、回転期間に、2 つのプローブ部 6.1, 6.2 に場合により小さな傾倒またはずれが生じても障害にはならず、走査の際の回転によって測定結果が歪みを受けない。

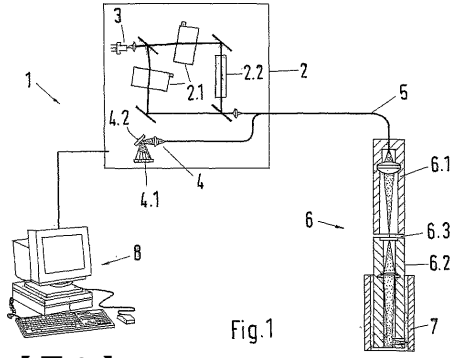
40

【 図面の簡単な説明 】

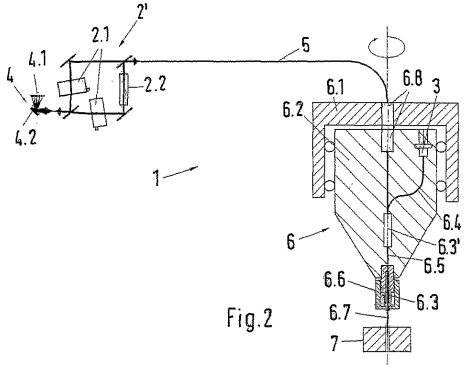
【 図 1 】 変調干渉計およびそれとは空間的に分離されているプローブ部を備えている干渉測定装置の第 1 実施例の概略図である。

【 図 2 】 復調干渉計およびそれとは空間的に分離されているプローブ部が設けられている干渉測定装置の別の実施例の概略図である。

【 図 1 】



【 図 2 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 パヴェル ドラバレク  
ドイツ連邦共和国 ティーフエンブロン パルクシュトラーセ 16 / 5

審査官 後藤 昌夫

(56)参考文献 独国特許出願公開第19808273 (DE, A1)  
米国特許第05640270 (US, A)  
特開平10-082609 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01B 9/00 - 11/30