

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6840747号
(P6840747)

(45) 発行日 令和3年3月10日(2021.3.10)

(24) 登録日 令和3年2月19日(2021.2.19)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 B 11/24 (2006.01) GO 1 B 11/24 B

請求項の数 10 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2018-519331 (P2018-519331) (86) (22) 出願日 平成28年10月6日 (2016.10.6) (65) 公表番号 特表2018-535407 (P2018-535407A) (43) 公表日 平成30年11月29日 (2018.11.29) (86) 国際出願番号 PCT/EP2016/073844 (87) 国際公開番号 W02017/063935 (87) 国際公開日 平成29年4月20日 (2017.4.20) 審査請求日 令和1年8月13日 (2019.8.13) (31) 優先権主張番号 15189812.9 (32) 優先日 平成27年10月14日 (2015.10.14) (33) 優先権主張国・地域又は機関 欧州特許庁 (EP)</p>	<p>(73) 特許権者 516381459 シュトゥルム マシーネン ウント アラ ゲンバウ ゲゼルシャフト ミット ベシ ユレンクテル ハフツング Sturm Maschinen- & Anlagenbau GmbH ドイツ連邦共和国, 94330 ザルヒン グ, インドゥストリーシュトラッセ 10 Industriestrasse 10 , 94330 Salching, D eutschland (74) 代理人 100095614 弁理士 越川 隆夫</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 円筒状中空エンクロージャの表面を検査するセンサデバイスおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

円筒状中空エンクロージャ(90)の表面を検査するセンサデバイスであって、

- 前記センサデバイスは、それぞれ光学的共焦点距離測定のために構成されている少なくとも2つのセンサユニット(10、20)を有し、
- 前記少なくとも2つのセンサユニット(10、20)は少なくとも1つの第1センサユニット(10)および少なくとも1つの第2センサユニット(20)を含み、
- 前記少なくとも2つのセンサユニット(10、20)はそれぞれ光源および光検出器、または光導波管を有し、
- 前記少なくとも2つのセンサユニット(10、20)はそれぞれ細長い形状を有しかつ外部光学系(13、23)を含み、それらを通してそれぞれ、光が照射されるとともに受け取られ得る測定方向(11、21)はそれぞれのセンサユニット(10、20)の縦軸に対して横向きであり、
- 前記センサデバイスは運動メカニズムを有し、前記運動メカニズムは、前記少なくとも2つのセンサユニット(10、20)を1つの運動方向(31)において、検査されるべき円筒状中空エンクロージャ(90)の中へおよび前記円筒状中空エンクロージャの外へ、移動させるように構成される、

前記センサデバイスであって、

- 前記円筒状中空エンクロージャ(90)の表面の隆起を測定するための制御手段が設けられ、前記制御手段は、第1距離測定を実行するために前記第1センサユニット(10

10

20

を制御するように構成され、その第1距離測定の間、前記測定方向(11)は前記運動方向(31)に対して20°から85°の角度(32)を成し、前記制御手段は第2距離測定を実行するために前記第2センサユニット(20)を制御するように構成され、その第2距離測定の間、前記測定方向(21)は前記運動方向(31)に対して95°から160°の角度(33)を成し、

- 前記第1センサユニット(10)は、自身の測定方向(11)が前記運動方向(31)に対して20°から85°の角度(32)を成すように形成されかつ前記運動メカニズムと連結され、

- 前記第2センサユニット(20)は、自身の測定方向(21)が前記運動方向(31)に対して95°から160°の角度(33)を成すように形成されかつ前記運動メカニズムと連結され、

10

光学的共焦点距離測定のために構成されている少なくとも1つの第3センサユニットが設けられ、

前記少なくとも1つの第3センサユニットの測定方向は、前記第1距離測定および前記第2距離測定の前記測定方向(11、21)に対して、前記運動方向(31)に垂直な平面内で45°と315°の間の角度を形成し、

前記制御手段は、前記少なくとも1つの第3センサユニットの距離測定データの助けにより、前記運動方向(31)に垂直な平面内での前記第1センサユニットおよび第2センサユニット(10、20)の位置の変動を判定するように構成されている、
ことを特徴とする、センサデバイス。

20

【請求項2】

前記第1センサユニット(10)は自身の測定方向(11、21)が自身の縦軸に対して20°から85°の角度を成すように形成され、

前記第2センサユニット(20)は自身の測定方向(11、21)が自身の縦軸に対して95°から160°の角度を成すように形成される、
ことを特徴とする、請求項1に記載のセンサデバイス。

【請求項3】

前記第1センサユニットおよび前記第2センサユニット(10、20)の前記縦軸は実質的に互いに平行に位置し、これらのセンサユニットの縦軸は前記運動方向(31)に実質的に平行に向いていることを特徴とする、請求項1または2に記載のセンサデバイス。

30

【請求項4】

前記第1センサユニットおよび前記第2センサユニット(10、20)は、同一に形成されて互いに関して前記運動方向に対して横向きまたは垂直な方向を回転軸として回転して配置されることを特徴とする、請求項1～3のいずれか一項に記載のセンサデバイス。

【請求項5】

各センサユニット(10、20)は上部構造と共に前記上部構造を前記センサユニット(10、20)のベースエレメントに取り付けるための機械的連結手段を有し、

前記上部構造は前記センサユニット(10、20)の前記外部光学系(13、23)を含む、

ことを特徴とする、請求項1～4のいずれか一項に記載のセンサデバイス。

40

【請求項6】

前記第1センサユニット(10)の前記上部構造と前記第2センサユニット(20)の前記上部構造とは前記測定方向(11、21)において異なり、前記測定方向はそれぞれの前記外部光学系(13、23)により定められることを特徴とする、請求項5に記載のセンサデバイス。

【請求項7】

前記第1センサユニット(10)の前記測定方向(11)と前記第2センサユニット(20)の前記測定方向(21)とは互いに対して15°から40°の角度を形成することを特徴とする、請求項1～6のいずれか一項に記載のセンサデバイス。

【請求項8】

50

駆動システムが設けられ、前記駆動システムは、前記運動方向に対して横向きまたは垂直な方向を回転軸として回転可能なベアリングに取り付けられている少なくとも1つのセンサユニット(10、20)を前記第1距離測定および前記第2距離測定のために異なる回転位置へ回転させるように構成されることを特徴とする、請求項1～7のいずれか一項に記載のセンサデバイス。

【請求項9】

前記制御手段は、さらに、

- 前記運動メカニズムにより、前記少なくとも2つのセンサユニット(10、20)を前記円筒状中空エンクロージャ(90)内の様々な高さ位置へ移動させ、
- 様々な高さ位置での複数の第1距離測定と様々な高さ位置での複数の第2距離測定とを
10 実行し、
- 複数の第1距離測定の測定結果を用いるとともに、関連する高さ位置を考慮して、前記円筒状中空エンクロージャ(90)の前記表面の隆起の幾何学的寸法を計算し、
- 複数の第2距離測定の測定結果を用いるとともに、関連する高さ位置を考慮して、前記円筒状中空エンクロージャ(90)の前記表面の隆起の幾何学的寸法を計算する、
ように構成されていることを特徴とする、請求項1～8のいずれか一項に記載のセンサデバイス。

【請求項10】

円筒状中空エンクロージャ(90)の表面を検査する方法であって、少なくとも、

- 前記方法は、検査されるべき円筒状中空エンクロージャ(90)の中へ少なくとも2
20 つのセンサユニット(10、20)を運動方向(31)に沿って移動させるステップを含み、
- 前記方法は、前記少なくとも2つのセンサユニット(10、20)の各々によって光学的共焦点距離測定を実行するステップであって、前記少なくとも2つのセンサユニットは、それぞれ、前記光学的共焦点距離測定のために、外部光学系(13、23)を介して測定方向(11、21)に光を放射するとともに前記測定方向(11、21)から光を受け取る、前記光学的共焦点距離測定を実行する前記ステップを含み、
- 前記少なくとも2つのセンサユニット(10、20)は少なくとも1つの第1センサユニット(10)および1つの第2センサユニット(20)を含み、それぞれ光源および光検出器、または光導波管を示し、
30
- 前記少なくとも2つのセンサユニット(10、20)は細長い形状を有し、前記それぞれの測定方向(11、21)はそれぞれの前記センサユニット(10、20)の縦軸に対して横向きに位置し、
- 前記方法は、前記少なくとも2つのセンサユニット(10、20)を前記運動方向(31)に沿って、前記検査されるべき円筒状中空エンクロージャ(90)の外へ移動させるステップを含む、
方法であって、それぞれの前記光学的共焦点距離測定の実行は、
- 前記円筒状中空エンクロージャ(90)の表面の隆起を測定するために前記第1センサユニット(10)によって第1距離測定を実行するステップであって、前記測定方向(11)は前記第1距離測定の間は前記運動方向(31)に対して20°から85°の角度(32)を成している、前記第1距離測定を実行する前記ステップと、
40
- 前記円筒状中空エンクロージャ(90)の表面の前記隆起を測定するために前記第2センサユニット(20)によって第2距離測定を実行するステップであって、前記測定方向(21)は前記第2距離測定の間は前記運動方向(31)に対して95°から160°の角度(33)を成している、前記第2距離測定を実行する前記ステップと、
を含み、前記第1距離測定および前記第2距離測定に関して言及された前記角度は、
- 前記第1センサユニット(10)は、自身の測定方向(11)が前記運動方向(31)に対して20°から85°の角度(32)を成すように形成されて前記運動メカニズムと連結されるという事実と、
- 前記第2センサユニット(20)は、自身の測定方向(21)が前記運動方向(31
50

）に対して 95° から 160° の角度(33)を成すように形成されて前記運動メカニズムと連結されるという事実と、

によって利用可能にされ、

- 光学的共焦点距離測定のために構成されている少なくとも1つの第3センサユニットが設けられ、

前記少なくとも1つの第3センサユニットの測定方向は、前記第1距離測定および前記第2距離測定の前記測定方向(11、21)に対して、前記運動方向(31)に垂直な平面内で 45° と 315° の間の角度を形成し、

前記制御手段は、前記少なくとも1つの第3センサユニットの距離測定データの助けにより、前記運動方向(31)に垂直な平面内での前記第1センサユニットおよび第2センサユニット(10、20)の位置の変動を判定するように構成されている、
ことを特徴とする、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、第1の態様において、請求項1の前提部分に記載された円筒状中空エンクロージャの表面を検査するためのセンサデバイスに関する。さらなる態様において、本開示は、請求項10の前提部分に記載された円筒状中空エンクロージャの表面を検査する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

前記円筒状中空エンクロージャは理論的には丸い横断面を有する任意の中空エンクロージャであってよく、この丸い横断面は必ずしも正確な円形度のものでなくてもよい。円筒状中空エンクロージャは、円筒状中空エンクロージャの1つの高さにおいて厳密に同じ横断面を持たなくてもよい。特に、円筒状中空エンクロージャは、先細の形状および/または一様でない表面を持ち得る。

【0003】

検査されるべき円筒状中空エンクロージャは、特に作業シリンダ、例えば内燃機関のエンジンブロックの円筒状ボアまたはサーボモータの作業シリンダであり得る。

【0004】

特に、そのような円筒状中空エンクロージャの場合、幾何学的特性は非常に正確に仕様と一致するべきである。これをチェックするために、特に円筒状中空エンクロージャの直径を測定して円筒状中空エンクロージャの表面のムラを測定するために、円筒状中空エンクロージャに対して表面検査を実行することができる。

【0005】

そのような円筒状中空エンクロージャの表面を検査するための包括的センサデバイスは、光学的共焦点距離測定向けに設計された少なくとも1つのセンサユニットを含む。その少なくとも1つのセンサユニットは、細長い形状を有するとともに外部光学系を有し、その外部光学系を通して、光を送り受け取ることのできる測定方向は前記センサユニットの縦軸に対して横向きに位置する。さらに、センサデバイスは、少なくとも1つのセンサユニットを、検査されるべき円筒状中空エンクロージャの中に入り出す方向に移動させるようになっている運動メカニズムを含む。

【0006】

同様に、円筒状中空エンクロージャの表面を検査する包括的方法は、少なくとも1つのセンサユニットを検査されるべき円筒状中空エンクロージャの中へ運動方向に沿って移動させるステップと、前記少なくとも1つのセンサユニットによって光学的共焦点距離測定を実行するステップであって、前記光学的共焦点距離測定は外部光学系を介して光を測定方向に放射するとともにその測定方向から光を受け取り、その少なくとも1つのセンサユニットは細長い形状を有し、測定方向は前記センサユニットの縦軸に対して横向きに位置する、前記光学的共焦点距離測定を実行する前記ステップと、少なくとも1つのセンサ

10

20

30

40

50

ニットを前記運動方向に沿って検査されるべき円筒状中空エンクロージャの外へ移動させるステップと、を少なくとも含む。

【0007】

上記のタイプのセンサデバイスは、例えば、本出願人により特許文献1に記載されている。さらに、そのようなセンサデバイスは以下で図1Aおよび図1Bを参照して説明される。公知のセンサデバイスは、実際、一定の幾何学的特性、例えば円筒状中空エンクロージャの直径、を正確に測定することができる。しかし、滑らかでない表面の特性の判定は、可能な限られた範囲でのみ可能である。特許文献2は、2つの共焦点測定距離センサを有する光学距離測定手段を記載している。その2つの距離センサの測定方向は、距離測定手段の縦軸に垂直であり、従って検査されるべき中空エンクロージャの中へ距離測定手段を移動させるために距離測定手段の運動方向にも垂直である。特許文献3は、様々な測定方向の調整を可能にする種々の上部構造を有するセンサデバイスを開示している。特許文献4は、単一の測定方向を有する光学センサを記載しており、それはセンサの縦軸および運動方向に対して横向きに位置する。特許文献5は、2つの測定方向が生じる距離センサを開示している。1つの測定方向はセンサの縦軸に垂直であり、他方の測定方向はそれに対して横向きに位置する。特許文献6は、距離センサの縦軸に対して横向きに位置する2つの測定方向が生じる光学距離測定センサを記載している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】欧州特許出願第15151723号

【特許文献2】米国特許出願公開第2007/153296号

【特許文献3】米国特許出願公開第2010/0220369号

【特許文献4】米国特許第6,462,815号

【特許文献5】独国特許出願公開第10 2008 050 259(A1)号

【特許文献6】独国特許出願公開第10 2013 003 640(A1)号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

円筒状中空エンクロージャの一様でない表面をなるべく正確に測定することのできる、円筒状中空エンクロージャの表面を検査する方法およびセンサデバイスを示すことが本発明の1つの目的であると考えられ得る。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

この目的は、請求項1の特徴を有するセンサデバイス、さらに請求項10の特徴を有する方法により、成し遂げられる。

【0011】

本発明により、前述の包括的センサデバイスに対して、円筒状中空エンクロージャの表面の突起または隆起を測定するために、制御手段が設けられて、その制御手段は、第1距離測定を実行するために少なくとも1つのセンサユニットを制御するように構成され、この第1距離測定においては測定方向は運動方向に対して20°から85°、特に30°から60°の角度を成し、かつその制御手段は第2距離測定を実行するためにその少なくとも1つのセンサユニットを制御するように構成され、この第2距離測定においては測定方向は運動方向に対して95°から160°、特に120°から150°、の角度を成すことが規定される。このことのために、一方において、少なくとも1つのセンサユニットの測定方向は、このセンサユニットの縦軸に関して95°と175°の間の、特に105°と150°の間の角度を成し(従って、少なくとも1つのセンサユニットの外部光学系は、このセンサユニットの測定方向が前述の角度を形成するように、設計され)、このセンサユニットは同センサユニットが第1距離測定および第2距離測定のために異なる回転位置へ動けるように回転可能なベアリング上に取り付けられる、ということが規定され得る

40

50

。例えば、センサユニットは、その測定方向が縦軸に対して130°の角度を成すように設計され得る。縦軸が前述の運動方向に平行に向いているならば、測定方向は運動方向に対しても130°の角度を成す。今、センサユニットが、検査されるべき中空エンクロージャの隣接表面から離れて例えば80°傾けられれば(すなわち、外部光学系から離れている方のセンサユニットの端部がその隣接表面から離れて傾けられれば)、測定方向と運動方向の間に130° - 80° = 50°の角度がもたらされる。

【0012】

代わりにまたは加えて、本発明によれば少なくとも1つのセンサユニットは少なくとも1つの第1センサユニットおよび1つの第2センサユニットを含むことができ、(第1距離測定を実行するための)第1センサユニットはその測定方向が運動方向に対して20°から85°、特に30°から60°の角度を成すように設計されて運動メカニズムと連結される。同時に、(第2距離測定を実行するための)第2センサユニットは、その測定方向が運動方向に対して95°から170°、特に105°と150°の間の角度を成すように設計されて運動メカニズムと連結される。

10

【0013】

前記のタイプの方法の場合、本発明によれば、実行されるべき光学的共焦点距離測定は、少なくとも、

- 円筒状中空エンクロージャの表面の突起を測定するために少なくとも1つのセンサユニットにより第1距離測定を実行するステップであって、前記第1距離測定の測定方向は運動方向に対して20°から85°、特に30°から60°の角度を成す、前記第1距離測定を実行する前記ステップと、

20

- 円筒状中空エンクロージャの表面の突起を測定するために前記少なくとも1つのセンサユニットにより第2距離測定を実行するステップであって、前記第2距離測定の測定方向は運動方向に対して95°から160°、特に120°から150°の角度を成す、前記第2距離測定を実行する前記ステップと、を含むと規定され、

前記第1距離測定および前記第2距離測定のために利用可能にされる前記角度は、

- 少なくとも1つのセンサユニットの測定方向はこのセンサユニットの縦軸に対して95°から175°、特に105°から150°の角度を成し、このセンサユニットは回転可能なベアリングに取り付けられ、このベアリングによって同センサユニットは第1距離測定および第2距離測定のためにそれぞれ異なる回転位置へ移動させられるということ、および/または

30

- 少なくとも1つのセンサユニットは少なくとも1つの第1センサユニットおよび1つの第2センサユニットを含むということにおいて規定され、

- 第1センサユニットはその測定方向が運動方向に対して20°から85°、特に30°から60°の角度を成すように設計されて運動メカニズムと連結され、

- 第2センサユニットはその測定方向が運動方向に対して95°から170°、特に105°から150°の角度を成すように設計されて運動メカニズムと連結される。

【0014】

本発明により、滑らかな表面、すなわち円筒状中空エンクロージャの表面の突起または隆起/窪みを効果的に測定することができる。特に、突起は、円筒状中空エンクロージャの中に半径方向に突出し得るだけでなく、さらに円筒状中空エンクロージャの縦方向に傾き、より具体的にはフック形状またはばち形を持つことができる。そのような表面形状は例えば、エンジンプロック内の円筒状中空エンクロージャの場合に生じる。そのような形状の利点は、付けられるべきコーティングがより大きな接着引っ張り強さを得るという事実にある。この滑らかな表面の創出は、本明細書においては「活性化」とも称される。本記載の範囲内では、滑らかな表面が表面上の隆起した領域により記載されるか、その代わりに表面の窪みにより記載されるかは重要ではない。両方の用語が同じ表面形状に関連し得る。

40

【0015】

本発明の本質的思想は、使用されるセンサユニットの測定方向が検査されるべき円筒状

50

中空エンクロージャの表面に対して垂直に位置していなければ突起または隆起した領域をより効果的に調べることが可能であるということにあると見なされ得る。表面への垂線に対して例えば 15° の角度を成す傾いた突起は、センサユニットの測定方向も前記表面への垂線に対して 10° と 20° の間の角度を成して向いていれば特に良く測定され得る。特に、コーティングされるべき作業シリンダの場合、中空エンクロージャ内へ内方に突出する突起が中空エンクロージャの軸方向にも延びてその端部で軸方向にオーバーハングを形成する表面形状が形成される。そのような形状寸法を正確に測定するためには表面に対して単一の測定方向では不十分であることが分かっている。むしろ、検査されるべき表面の垂線に対して例えば $+15^\circ$ および -15° の角度を成す少なくとも2つの測定方向が得策である。

10

【0016】

このような問題について図1Aおよび図1Bを参照してより詳しく記載される。図1Aは、円筒状中空エンクロージャ90の、本発明によらない検査を図式的に示す。これは、付けられるべきコーティングのグリップを改善する目的で機械的に処理された（活性化された）表面91を有する。このように、表面91はばち形横断面を有する隆起領域または突起92を有する。これらの隆起領域92は、表面91の底面に対してほぼ直角にではなくて、図示されているように角度を成して突出する。これらの突出する隆起領域92の寸法をなるべく正確に測定することが望ましい。図1Aは、センサユニット10を有する従来技術のセンサデバイス1を示す。これは、共焦点原理に従って作動し、従って測定方向11において正確に距離を測定することができる。測定方向11はセンサユニット10の外部光学系13により定められ、光はこの光学系13により測定方向11に放射され、測定方向11から来た光はさらにセンサデバイス1の光検出器の方へ案内される。この目的のために光は光ファイバ19を通してセンサユニット10の方へおよび/またはセンサユニット10から離れる方へ案内される。示されている従来技術センサデバイス1の場合、測定方向11はセンサユニット10の縦軸15に対して垂直である。さらに、測定方向11は運動方向31に対して垂直であり、この運動方向に沿ってセンサユニット10は中空エンクロージャ90の中へ移動させられる。図1Aから分かるであろうように、検査されるべき表面91に対して垂直な単一の測定方向11を用いるときには、突起92の突出領域の傾きおよび形状に関する情報を得ることはほとんど不可能である。

20

【0017】

測定方向11が表面91に対して最早垂直でなく、従って隆起した突起91の陰を見ることもできるようにセンサユニット10を傾けることが考えられる。そのような状況が図1Bに図式的に示されている。しかし、センサユニット10をそのように傾けたときには、外部光学系13の反対側端部を形成する細長いセンサユニット10の1つの端部（図1Bにおいてはセンサユニット10の上端）が表面91にぶつかってしまうであろうから、外部光学系13の検査されるべき表面91からの距離が大きくなる。共焦点距離センサは、実際、非常に高い測定分解能を有するけれども、その代わりに割合に小さい測定範囲しか有しない。図1Bの傾きの故に、外部光学系13の表面91からの距離はセンサユニット10の測定範囲を超える。この理由の故に、センサユニット10は、図示の位置では意味のある測定を実行できない。

30

40

【0018】

この問題は、本発明のセンサデバイスにより克服される。本発明によれば、単一のセンサユニットで既に十分であり得る。しかし、この場合、測定方向はセンサユニットの縦軸に垂直でなくてもよい。実際には、測定方向はセンサユニットの縦軸に対して 100° と 250° の間の角度を形成する。この場合、この角度は、外部光学系からセンサユニットの中心領域の方へ延びる縦軸に対して外部光学系において測られる。従って、 180° の角度は、測定方向が外部光学系からセンサの中心からまっすぐ離れる方へ延びることを意味する。一方、 0° の角度は、測定方向が外部光学系からセンサユニット内へ、センサユニットの中心領域の方へ、延びるということを意味する。測定方向とセンサユニットの縦軸との間の前述の傾きの故に、センサユニットは、表面との衝突が起きたり共焦点センサ

50

ユニットの測定範囲の外へ出たりすることなく、円筒状中空エンクロージャの表面上の突起を2つの異なる回転位置で調べることができるということが達成される。

【0019】

本発明によれば、測定方向の異なる少なくとも2つのセンサユニットが存在することも規定され得る。特に、円筒状中空エンクロージャの表面の突出する隆起領域を効果的に測定するためにセンサユニットの傾斜または回転を必要としないように、2つの測定方向を選択することが可能である。この場合、運動方向に対する測定方向のためのデフォルト角度を、2つのセンサユニットが検査されるべき中空エンクロージャに出入りできるように、定めることができる。作動時に検査されるべき円筒状中空エンクロージャはその縦軸が運動方向とちょうど一致するように有利に配置されるので、運動方向は重要な基準値である。このことは、1つまたは複数のセンサユニットが円筒状中空エンクロージャの全ての高さにおいて同等の結果を提供することができるとともに共焦点距離測定の限られた測定範囲が常に順守されるということを保証する。

10

【0020】

共焦点距離測定は、一般に、センサユニットが光学系、例えば凸レンズ、全体として正の屈折力を有するレンズ群または光収束効果を有するミラーなどの反射手段を有し、この光学系により、検査されるべき表面の方へ放射されるべき光が放出されかつ検査されるべき表面から戻ってきた光が光検出器の方へ通されるという風に定義され得る。有利なことに、このことにより照明焦点は検出焦点とちょうど一致する。共焦点光学系とも称され得る前述の光学系と光検出器との間において、中間平面にピンホールを配置することもできる。このピンホールは、光検出器が実質的に照明焦点の領域からくる光だけを受け取れるように、焦点外れ光を遮断する。ピンホールの代わりに光ファイバを中間平面に配置することも可能であり、この光ファイバは光の伝導に関してピンホールと同様の効果を有する。光源と共焦点光学系との間において、ピンホールを中間平面に配置することも可能である。ピンホールの代わりにまたはピンホールに加えて、光源の光を伝導する光導波管を使用することが可能である。この場合、この光導波管の、外部光学系の方に向いている端部は中間平面に配置される。この共焦点動作モードにより、特別に高い測定分解能が達成される。この分解能は、例えば三角測量測定方法に従って動作する他の光学式距離測定デバイスの分解能より良好である。

20

【0021】

検査されるべき光が共焦点光学系から光源の方へではなくて光検出器の方へ進むようにするために、ビームスプリッタを利用できると有利である。このビームスプリッタは、検査されるべき光を少なくとも部分的に共焦点光学系から光検出器へ進ませ、照明光を少なくとも部分的に光源から共焦点システムへ進ませる。ビームスプリッタとして、例えば部分的透過ミラー、偏光ビームスプリッタ、または波長に応じて光を伝導するかまたは反射するカラースプリッタを使用することが可能である。

30

【0022】

共焦点光学系は、基本的に外部光学系と同一であってもよいけれども、好ましくは外部光学系とは異なる。このように、外部光学系を所望のタスクにより簡単な方法で適合またはそのタスクのために交換することが可能である。このように、外部光学系が測定方向を決定し、この測定方向において光が放射されかつ受け取られる。外部光学系は理論上任意の光学素子、例えば屈折素子、光回折素子または光反射素子など、であってよく、または前述の素子のうちの1つまたは複数を含むことができる。

40

【0023】

測定方向は、外部光学系から光が放射されるビーム経路の軸を指示することができる。普通、光は円錐の形状を成して放射され、その円錐形状は測定方向の開口角を形成し、測定方向はその円錐の中心を通る。従って測定方向の光の放射は、測定方向を囲む円錐の形で光が放射されることを意味すると理解されてもよい。測定方向に沿って外部光学系から一定の距離のところに、光ビームの最小横断面の焦点が生じ、この焦点は、特に、焦点光学系により定められ得る。

50

【 0 0 2 4 】

各センサユニットのために光源と少なくとも1つの光検出器とがそれぞれに設けられ得る。光源と光検出器とはセンサユニットの細長い本体の中に収容され得る。代わりに、光源と光検出器とはセンサユニットの前記の細長い本体の外に配置される。さらに、光導波管により、光源からの光を細長い本体の方へ伝導し、そこから共焦点光学系を介して外部光学系へ伝導することが可能である。逆方向に、検査されるべき光は、外部光学系を介して共焦点光学系へ、さらに1つまたは複数の光導波管を介して光検出器へ伝導され得る。

【 0 0 2 5 】

共焦点測定の場合、放射された光は円筒状中空エンクロージャの表面の1つの領域を照らす。照らされた領域から後方散乱された光、特に拡散されおよび/または反射された光、が光検出器により測定される。この光検出器は空間的分解を持っていなくてもよい。従って、光検出器は、カメラでなくてもよくて、特に、単一の感光素子から成っていてもよい。従って、1つの照らされる領域についてその受光素子の数に応じて無数の測定値を生成する空間分解光検出器を有する広範囲照明とは違って、照らされる領域について正確に1つの測定値が生成される。そのような広範囲照明と比べて、本発明により使用される共焦点測定は特に距離情報に関して、明らかにより高い精度を提供する。

10

【 0 0 2 6 】

このように、センサユニットの細長い形状は、前記センサユニットのハウジングまたは外部寸法がそれに直角な方向における寸法の少なくとも2倍または3倍であることを意味すると理解されてよい。縦軸は、その細長い形状に沿って延びる軸と、すなわち、特に、センサユニットが自身の最大寸法を有する方向に延びる軸と、定義される。細長い形状の端面は特に一方の側では外部光学系により、反対側では1つまたは複数の光ファイバのための接続手段により、確定され得る。

20

【 0 0 2 7 】

少なくとも1つのセンサユニットを測定位置へ移動させるために、運動メカニズムが使用される。この運動メカニズムは、少なくとも1つのセンサユニットが一定の、特に直線的な、運動方向において動くことができる限り、任意の所望の仕方で設計されてよい。この運動方向は、検査されるべき円筒状中空エンクロージャの縦軸と一致してもよい。運動メカニズムは、適宜に、少なくとも1つのセンサユニットをさらに前記運動方向に対して横向きまたは垂直な方向にも移動させるように設計されてよい。このことは、最初に、少なくとも1つのセンサユニットを検査されるべき円筒状中空エンクロージャの上に位置させ、その後、少なくとも1つのセンサユニットを前記円筒状中空エンクロージャの中に入る運動方向に移動させるために、望ましいであろう。好都合なことには、この目的のために運動メカニズムは、少なくとも1つの駆動装置、例えばモータ、磁気リニア駆動装置または他の設定装置を含む。

30

【 0 0 2 8 】

本発明によるセンサデバイスの好ましい実施形態の場合、第1センサユニット、特にその外部光学系、はその測定方向がその縦軸に対して 20° と 85° 、特に 30° と 80° 、の角度を成すように設計される。さらに、第2センサユニット、特にその外部光学系、はその測定方向がその縦軸に対して 95° と 160° 、特に 100° と 150° の間の角度を成すように設計され得る。

40

【 0 0 2 9 】

センサユニットの外部光学系は、縦方向において、属するセンサユニットの端部領域に有利に配置され得る。本明細書全体を通じ、角度仕様は、縦方向に対して 0° の角度では測定方向がセンサユニットの中の方をまっすぐ指し、 180° の角度では縦方向においてセンサユニットから出る方をまっすぐ指すことを意味すると理解され得る。自身の縦軸に対する測定方向が別様に形成される2つのセンサユニットにより、シリンダの、特に内燃機関向けに製造されるシリンダの表面壁上の隆起領域を特別に良く調べることが可能である。さらに、前述の角度範囲により、検査されるべき中空エンクロージャ内へのセンサユニットの挿入時にセンサユニットの縦寸法は邪魔にならないかまたはほとんど邪魔になら

50

ないということが達成される。

【0030】

さらに、第1センサユニットおよび第2センサユニットの縦軸を互いに実質的に平行に配置するとともにそれらの縦軸を運動方向に実質的に平行に向けると規定することも可能である。「実質的に平行」という表現は最大15°までまたは好ましくは最大5°までの角度であり得る。センサユニットを互いに平行にかつ運動方向に平行に向ければ、検査されるべき中空エンクロージャの横断面に関して必要とされるスペースは特に小さい。このことは、センサデバイスが、同様に円筒状中空エンクロージャの中へ移動させられるべき別のセンサを利用可能としなければならない場合、有利である。

【0031】

1つの好ましい実施形態の場合、第1センサユニットおよび第2センサユニットは同一の形状を持っていて、一方が他方に関して回転しているように配置される。この場合、特に、2つのセンサユニットは、自身の回転角度を除いて同一であり得る。このことは、製造を簡略化する。センサユニット間のそのような回転は、前述の運動方向に対して横向きにまたは垂直に（従って検査されるべき中空シリンダの縦軸に対して横向きにまたは垂直に）位置する軸に関しての角度であり得る。

【0032】

他の1つの好ましい実施形態においては、各センサユニットは、そのセンサユニットのベースフレームに自身を取り付けるための機械的連結手段を有する上部構造を含み、その上部構造はそのセンサユニットの外部光学系を収容する。従って、異なる測定方向を実現する目的のために、その他の点では同一のセンサユニット上に異なる上部構造を用いれば十分である。さらに、使用法に応じて異なる上部構造を有する同一のセンサユニットを設けることも可能である。上部構造は、機械的係留手段として例えばネジを有することができ、または、プレス嵌めによってベースフレームに保持されるように形成されてもよい。ベースフレームは、特に、センサユニットの、共焦点イメージのために必要な光学素子が収容される部分と見なされてよく、上部構造の中の外部光学系は単にビーム転向を生じさせるに過ぎない。

【0033】

好ましくは、第1センサユニットの上部構造と第2センサユニットの上部構造とは測定方向において異なり、測定方向は、それぞれの外部光学系によってそれぞれのセンサユニットのベースフレームの中の光路に対して定められる。例えば、2つの上部構造の外部光学系を、別様に傾いたミラー面により形成することが可能である。それらの異なる上部構造は、自身の外部光学系を別として、同一であってよいであろう。

【0034】

第1センサユニットの測定方向と第2センサユニットの測定方向とは、好ましくは、互いに対して15°から60°の角度、特に18°と45°の間の角度を形成する。この場合、その角度を1つの平面において定義することが可能であり、その角度は運動方向と第1センサユニットの測定方向とにより決定される。もし第2センサユニットの測定方向がこの平面内に存在しなければ、角度仕様を決定するためにこの測定方向の前記平面への射影が使用される。このようにして、センサユニット同士の間での測定方向の周りの回転角度は無視されたままである。

【0035】

他の1つの好ましい実施形態においては、モータ付きデバイスが設けられ、ピボット軸受により取り付けられているセンサユニットを第1距離測定および第2距離測定のために異なる回転位置へ回転させるように調整される。便利なことに、この場合には、センサユニットが回転可能に取り付けられているホルダを設けることが可能であり、運動メカニズムを介して特に直線的に、検査されるべき中空シリンダの中へ移動させることができ、その後でモータ付きデバイスは検査されるべき中空エンクロージャの中でセンサユニットを回転させることができる。従って、第1距離測定および第2距離測定を正確に実行するために、簡潔な仕方ですべてのセンサユニットで十分であり得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

第1距離測定および第2距離測定は、本明細書において測定方向が互いに異なる。円筒状中空エンクロージャをその高さにわたって調べるために、異なる高さで複数の第1距離測定を実行するべく運動方向における1つまたは複数のセンサユニットの運動を提供することが可能である。複数の第2距離測定を実行することも同様に可能である。特に、第1距離測定および第2距離測定は、その目的のために異なるセンサユニットが使用されるとき、同時に行われ得る。この場合、第1距離測定の高さ位置は、同時に行われる第2距離測定の高さ位置と異なり得る。

【 0 0 3 7 】

従って、

- 少なくとも1つのセンサユニットを運動メカニズムによって円筒状中空エンクロージャ内で様々な高さ位置へ移動させ、
 - 様々な高さ位置で複数の第1距離測定を実行するとともに様々な高さ位置で複数の第2距離測定を実行し（その場合、第1距離測定の高さ位置は第2距離測定の高さ位置と同一であってもよく、異なってもよい）、
 - 複数の第1距離測定の測定結果を用い、関連する高さ位置を考慮して、円筒状中空エンクロージャの表面の隆起領域の幾何学的寸法を計算し、
 - 複数の第2距離測定の測定結果を用い、関連する高さ位置を考慮して、円筒状中空エンクロージャの表面の隆起領域の幾何学的寸法を計算する、
- ように制御手段を構成することが可能である。

【 0 0 3 8 】

計算される幾何学的寸法は、特に、隆起領域の運動方向におけるオーバーハングおよび/または隆起領域が突出する角度に関連し得る。第1距離測定により、特に、センサユニットの円筒状中空エンクロージャの中への挿入の方向における隆起領域のオーバーハングを調べることが可能である。一方、第2距離測定により、特に、センサユニットの引き出しの方向における隆起領域のオーバーハングを調べることが可能である。

【 0 0 3 9 】

一般に、運動メカニズムに対して横向きまたは垂直な方向において2つのセンサユニットの動揺または振動が生じることがある。そのような振動により、センサユニットの中空エンクロージャからの距離が変化するのであろう。従って距離測定はそのような振動から悪い影響を被る。この理由から、そのような振動は少なくとも1つの第3センサユニットにより検出される。そのとき、第1センサユニットおよび第2センサユニットの距離測定データを、確認された振動に応じて訂正することができる。従って、「少なくとも1つの第3センサユニット」という表現は、第1センサユニットおよび第2センサユニットに加えて1つまたは複数のさらなるセンサユニットが設けられることを意味すると理解されるべきである。この1つまたはこれらのさらなるものは光学共焦点距離測定のためにセットされる。少なくとも1つの第3センサユニットの測定方向は、第1距離測定および第2距離測定の測定方向に対して運動方向に垂直の平面の中で45°と315°の間の角度を成して配置され得る。制御手段は、今、運動方向に垂直の平面内で動作する少なくとも1つの第3センサユニットの距離測定データの助けにより第1センサユニットおよび任意に第2センサユニットの位置の変動を分類するように構成される。好ましくは、任意のさらなる第3センサユニットは、第1距離測定および第2距離測定のために使用される測定方向に対して90°と270°の間の角度を成し、その角度は運動方向に垂直な平面において定義される。さらに、この平面から外への傾きの角度が存在してもよい。1つの第3センサおよび1つの第4センサユニットを使用することが特に好ましい。この場合、これらの2つのセンサユニットの測定方向は前記平面内で好ましくは同様に互いに対して90°から180°の角度を成す。より好ましくは、この角度は120°であり、さらに、これらの2つのセンサユニットの2つの測定方向はそれぞれ第1距離測定および第2距離測定の測定方向に対して120°の角度を形成する。第1距離測定および第2距離測定の測定方向は運動方向に垂直の平面内で互いに整列する、すなわち、それらは0°の角度を形成す

10

20

30

40

50

ることができる。この整列は、本明細書に記載された残りの全ての実施形態の場合にも設けられ得る。

【0040】

第3センサユニットと、場合によっては利用可能な他のセンサユニットとは、第1センサユニットおよび第2センサユニットと機械的に連結され、前記センサユニットと一緒に運動メカニズムにより移動させられる。従って、前記センサユニット間の距離は既知であり、特に固定され得る、すなわち不変であってよい。このことは、全センサユニットの1つの位置に対して少なくとも1つの第3センサユニットの距離測定データから推定し得るために重要である。従って、少なくとも1つの第3センサユニットは次々に円筒状中空エンクロージャまでの距離測定を実行し、そのときセンサユニットと円筒状中空エンクロージャとの間の振動に対して、このようにして得られた距離測定データにおける変動から推定することができる。これらの位置データの助けにより、第1センサユニットおよび/または第2センサユニットを通して得られた幾何学的情報を訂正することが可能である。少なくとも1つの第3センサユニットの測定方向は、正確に、運動方向に垂直な平面の中にあり得る。しかし、代わりに、少なくとも1つの第3センサユニットの1つまたは複数の測定方向は、第1センサユニットおよび/または第2センサユニットについて記載されたように、運動方向に垂直な平面から突出してもよい。その他の点では、少なくとも1つの第3センサユニットは、特に、第1センサユニットおよび/または第2センサユニットと全く同じに設計されてよい。

10

【0041】

本発明のセンサデバイスの様々な実施形態は、本発明による方法の有利な別形とも見なされ得る。

20

【0042】

特に、方法別形は、センサデバイスの意図された用途から生じる。

【0043】

本発明のさらなる利点および特徴は、以下で、添付の概略図を参照して記載される。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1A】従来技術のセンサデバイスの例を示す。

【図1B】図1Aのセンサデバイスを別の整列状態で示す。

30

【図2A】本発明によるセンサデバイスの例示的实施形態を示す。

【図2B】図2Aに対する幾何学的情報を示す。

【図3】本発明によるセンサデバイスの他の例示的实施形態を示す。

【図4A】第1測定位置にある本発明によるセンサデバイスの他の例示的实施形態をさらに示す。

【図4B】図4Aのセンサデバイスを第2測定位置に示す。

【発明を実施するための形態】

【0045】

同等のコンポーネントおよび同様に作用するコンポーネントは、普通、図面において同じ参照数字により示される。

40

【0046】

図1Aの従来技術のセンサデバイス1は上に記載されている。そこでセンサデバイス1のコンポーネントに関してなされた記載は、本発明によるセンサデバイスの実施形態の、同じ参照数字を伴うコンポーネントにも当てはまる。

【0047】

本発明のセンサデバイス100の第1の例示的实施形態を図2Aおよび図2Bを参照して記載する。図2Aは、検査されるべき中空エンクロージャ90の中へ移動させられたセンサデバイス100のコンポーネントを概略的に示す。図2Bは、図2Aのセンサデバイス100に対する一定の角度を示すのに役立つ。

【0048】

50

センサデバイス 100 は、共焦点距離測定を実行するようにそれぞれセットされている 2 つのセンサユニット 10、20 を含む。

【0049】

この目的のために、センサデバイス 100 は、利用できる 1 つまたは複数の光源（図示されていない）を有し、その光は光導波管または光ファイバ 19、29 を介して 2 つのセンサユニット 10、20 へ伝導される。センサユニット 10、20 の各々は、放射された光の焦点を生じさせる共焦点光学系（例えば、1 つのレンズまたはレンズ群）を含む。センサユニット 10、20 は、それぞれ、利用できる外部光学系 13、23 をさらに有し、これらの外部光学系は測定方向 11、21 を、すなわち共焦点光学系から来る光の放射方向を、定める。放射された光は、検査されるべき中空エンクロージャ 90 の表面 91 を照らす。これにより光は後方散乱および/または反射される。この反射された光は再び外部光学系 13、23 ならびにそれぞれの共焦点光学系を介してさらに光検出器（図示されていない）の方へ伝導される。例えば、後方散乱された光を光ファイバ 19、29 を介して光検出器へ伝導することが可能であり、それらの検出器は、検査されるべき中空エンクロージャ 90 の中へ移動させられない。

10

【0050】

センサユニット 10、20 の各々が利用できる光検出器を有し、その光検出器がセンサユニット 10 または 20 の細長い本体に収容され、光源がセンサユニット 10、20 の外側に配置されて光ファイバ 19、29 を介してセンサユニット 10、20 と連結されると有利であろう。

20

【0051】

本記載の範囲内において、光ファイバ 19、29 は、特に、光源からの照明光と後方散乱された検査されるべき光とを互いに無関係に伝導することのできる複数のファイバを含む束を意味するとも理解され得る。

【0052】

図 2 A において、2 つのセンサユニット 10、20 は 1 つの共通キャリアに取り付けられている。このキャリアは運動方向 31 に移動させられ得る。このようにして、センサユニット 10、20 を検査されるべき中空エンクロージャ 90 の中へ運動方向 31 に沿って移動させ、検査が行われた後に元通りにそこから引き出すことが可能である。これは、測定動作中、検査されるべき中空エンクロージャ 90 の外側に配置されている運動メカニズム（ここでは図示されていない）により行われる。有利なことに、運動方向 31 は、円筒状中空エンクロージャ 90 の縦軸または円筒軸とちょうど一致する。

30

【0053】

本発明の本質的着想は、2 つのセンサユニット 10、20 の測定方向 11、21 が測定動作時に中空エンクロージャ 90 の表面 91 に対して垂直ではなくて傾いているように向けられることにある。表面 91 の微細構造、すなわち表面 91 の窪みおよび/または隆起、は図において説明を目的として拡大された規模で示されている。「垂直」という句は、そのような微細構造と関連してではなくて、表面 91 のより大きな領域と関連して理解されるべきである。

【0054】

2 つの測定方向 11、21 は互いに 15° と 40° の間の、好ましくは 18° と 30° の間の角度を成す。この場合、その角度は、運動方向 31 を含み、その結果として円筒軸を含む平面において定義される。従って、測定方向 11、21 の円筒軸の周りの回転角度は重要でない。基本的に、記載されるすべての実施形態の場合において、そのような回転角度が形成されてもよい。

40

【0055】

図 2 B を参照して、図 2 A の測定方向 11、21 の向きをより詳しく説明する。センサユニット 10 は縦軸 15 を有し、これに対して測定方向 11 は角度 12 を成す。センサユニット 20 は縦軸 25 を有し、これに対して測定方向 21 は角度 22 を成す。示されている例では、角度 12、22 が一致するように 2 つのセンサユニット 10、20 を同一に設

50

計することが可能である。しかし、2つのセンサユニット10、20は、互いに対して回転させられている。その結果として、それらの縦軸15、25は互いに平行ではなくて、運動方向31に対して異なる角度を形成する。この理由から、測定方向11は測定方向31に対して角度32を成し、この角度32は、測定方向21が運動方向31に対して成す角度33とは異なる。角度32は70°と85°の間であってよく、角度33は95°と110°の間であってよい。

【0056】

測定方向が角度32について述べられた角度範囲の中にあるならば、関連する距離測定も第1距離測定と称されるであろう。一方、もし測定方向が角度33について述べられた角度範囲の中にあれば、関連する距離測定は第2距離測定と称されるであろう。

10

【0057】

図2Aに示されているように、この整列により、表面91の突き出している突起92の後へ光を放射し、そこから後方散乱された光を受け取ることが可能である。これに反して、このことは、図1Aのように中空エンクロージャ90の表面に対して垂直な測定方向の場合には、不可能である。

【0058】

本発明によるセンサデバイス100のさらなる例示的实施形態が図3に概略的に示されている。このセンサデバイスは、図2Aに示されているセンサデバイスと殆ど完全に一致し、2つのセンサユニット10、20のそれぞれの外部光学系13、23において図2Aのセンサデバイスと異なる。図3において2つのセンサユニットは、異なる光偏向方向を生じさせる異なる外部光学系13、23を示す。そのため、図3においては、図2Bに関して説明したように測定方向11と縦軸15との間に形成される角度12は、測定方向21と縦軸25との間に形成される角度22とは異なる。一方、測定方向11、21と運動方向31との間に定義される角度32、33は、図2Bに関して記載された通りであり得る。従って、図3においては、測定方向11、12は検査されるべき表面91および運動方向31に対して異なる角度を成す。一方、2つの縦軸15、25は、特に、互いに平行におよび/または運動方向31に平行に配置されてよい。その結果として、運動方向31に垂直な平面における空間的要求は少ない。平行配置の代わりに、例えば最大20°の片寄りも可能であるが、その場合にも依然として前記平面における空間的要求は割合に少ない。

20

30

【0059】

示されている2つに加えてさらなるセンサユニットが存在してもよい。しかし、代わりに、単一のセンサユニット10により2つの前記測定方向11、21が順々に調整されることも可能である。このことは、その実施形態が図4Aおよび図4Bに2つの異なる調整で示されているセンサデバイス100のさらなる実施形態において当てはまる。

【0060】

センサデバイス100もセンサユニット10を含み、その外部光学系13は、このセンサユニット10の縦軸15に対して測定方向11を確定する。測定方向11と縦軸15との間の角度12は、この場合、90°より大きく、好ましくは100°と250°の間にある。

40

【0061】

これに関して、このセンサユニット10は、測定方向が縦軸に対して垂直な図1Aの公知のセンサユニットと異なる。98°と110°の間の角度により、図4Aに示されているように、図1Bにおいてそうであるように外部光学系13と対向する細長いセンサユニット10の端部を検査されるべき表面90の方へ傾けることを必要とせずに、突き出している突起92の後ろを測定することが可能である。

【0062】

図4Aのセンサユニット10はここでは回転可能に取り付けられていて、回転軸は運動方向31に横向きにまたは垂直に配置される。このようにして、センサユニットを例えば図4Bに示されているように回転位置へ至らせることが可能である。この回転位置では第

50

1 距離測定が可能であり、これに対して図 4 A の回転位置は第 2 距離測定を可能にする。従って、有利なことに、上で詳しく記載した 2 つの距離測定をたった 1 つのセンサユニット 10 により実行することが可能である。

【 0 0 6 3 】

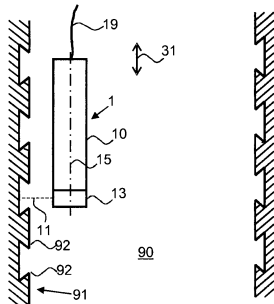
ここに図示されたセンサユニット 10、20 の他に、センサデバイス 100 は、その測定方向が運動方向 31 に対して垂直な平面内で測定方向 11、21 と異なるさらなるセンサユニットを含むことが可能である。それらのさらなるセンサユニットは、センサユニット 10、20 の位置を制御するのに役立つ。従ってそれらのさらなるセンサユニットはそれぞれ円筒状中空エンクロージャまでの距離を測定し、これらの測定された距離の変動から全センサユニットの円筒状中空エンクロージャに対する振動に対して結論を下すことができる。センサユニット 10、20 の第 1 距離測定および第 2 距離測定の測定データを、前記振動についての知識を用いて修正することができる。

10

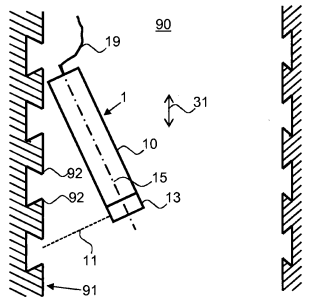
【 0 0 6 4 】

本発明によるセンサデバイス 100 により、中空エンクロージャの、特に円筒状中空エンクロージャの、一様でない表面に関する貴重な幾何学的情報を収集し得るということが有利に達成される。

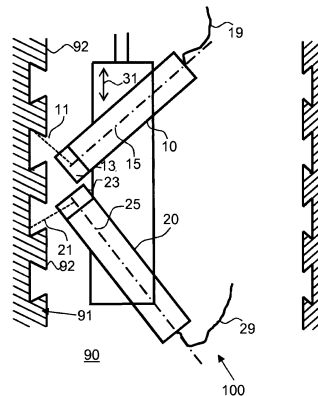
【 図 1 A 】



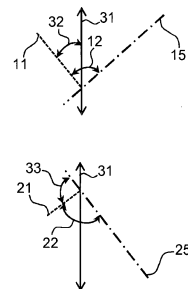
【 図 1 B 】



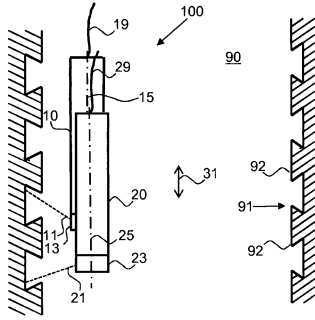
【 図 2 A 】



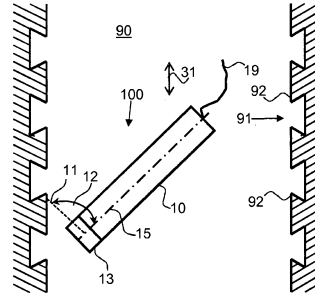
【 図 2 B 】



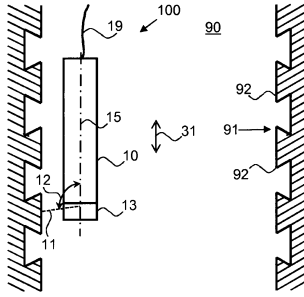
【 図 3 】



【 図 4 B 】



【 図 4 A 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ヴォルフガング ウルリッヒ
ドイツ連邦共和国, 8 2 3 1 9 シュタルンベルク, ビルケンヴェーク 1 6
- (72)発明者 ヴォルフガング ヤネツキー
ドイツ連邦共和国, 8 2 3 4 0 フェルダッフィング, ゼーヴィース・シュトラーセ 4 6
- (72)発明者 フィリップ クリンガー
ドイツ連邦共和国, 8 0 6 3 4 ミュンヘン, シュルダー・シュトラーセ 4 0
- (72)発明者 フローリアン バーダー
ドイツ連邦共和国, 8 2 3 8 0 パイセンベルク, ショルシュトラーセ 2 8

審査官 仲野 一秀

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2007/0153296 (US, A1)
独国特許出願公開第102014201531 (DE, A1)
独国特許出願公開第102008050259 (DE, A1)
特表2009-520955 (JP, A)
特開昭63-58136 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 B 1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0
G 0 1 N 2 1 / 8 4 - 2 1 / 9 5 8