

(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2018-194555
(P2018-194555A)

(43) 公開日 平成30年12月6日(2018.12.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 11/24 (2006.01)	GO 1 B 11/24 D	2 F 0 6 5
	GO 1 B 11/24 A	

審査請求 有 請求項の数 16 O L 外国語出願 (全 45 頁)

(21) 出願番号	特願2018-131679 (P2018-131679)	(71) 出願人	597023868
(22) 出願日	平成30年7月11日 (2018. 7. 11)		テイラー・ホブソン・リミテッド
(62) 分割の表示	特願2016-568807 (P2016-568807) の分割		TAYLOR HOBSON LIMITED
原出願日	平成27年5月13日 (2015. 5. 13)		イギリス エルイー4 9ジェイキュー
(31) 優先権主張番号	102014007201.0		レスターシャー州 レスター ニュー ス
(32) 優先日	平成26年5月19日 (2014. 5. 19)		ター ロード 2
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100101454
			弁理士 山田 卓二
		(74) 代理人	100132241
			弁理士 岡部 博史
		(74) 代理人	100113170
			弁理士 稲葉 和久

最終頁に続く

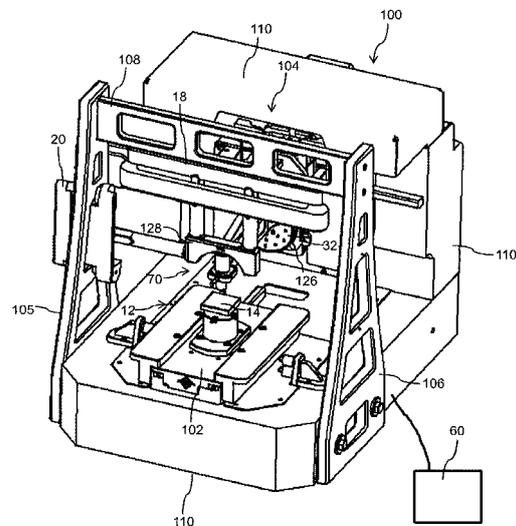
(54) 【発明の名称】 物体の幾何学的な計測装置および方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】参照体の造形について高い自由度を提供し、その結果、参照体と計測されるべき物体との間で、場合によっては生じる衝突を計測精度を制限することなく回避することができる、物体の幾何学的な計測装置及び方法を提供する。

【解決手段】本発明は、物体用の担体12と、担体に対して固定可能な少なくとも1つの参照物体18と、少なくとも1つの方向(x、z)で、参照物体に対して可動である保持部とを備え、この保持部に、参照体と距離計測装置70とを配置する。保持部または参照体には、参照物体側で第1および第2参照センサーが互いに距離を置いて配置され、参照物体までの第1および第2距離を計測することを特徴とする

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

物体（14）の幾何学的な計測装置であって、
前記物体（14）用の担体（12）と、
前記担体（12）に対して固定可能な少なくとも1つの参照物体（18、20）と、
少なくとも1つの方向（x、z）で、前記参照物体（18、20）に対して可動である
保持部（126）であって、前記保持部に、参照体（128）と距離計測装置（70）と
が配置されていて、前記距離計測装置（70）は、前記物体（14）と前記参照体（128）との間の距離（38、140）を計測するために構成されている、保持部と、
を備え、

10

前記保持部（126）または参照体（128）には、前記参照物体（18、20）側で
第1および第2参照センサー（150、152）が互いに距離を置いて配置されていて、
前記参照センサーは、前記参照物体（18、20）までの第1および第2距離（51、53）を計測するために形成されている
装置。

【請求項 2】

前記第1参照センサー（150）は、前記参照物体（18）の、前記保持部（126）
または参照体（138）側にある参照面（22）の第1点（21）までの前記第1距離（
51）を計測するために形成されている請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

前記第2センサー（150）は、前記参照物体（18）の、前記保持部（126）また
は前記参照体（138）側にある前記参照面（22）の第2点（23）までの前記第2距
離（53）を計測するために形成されている請求項1に記載の装置。

20

【請求項 4】

前記参照面（22）の前記第1点（21）と前記第2点（23）との間の距離（d）は
、前記第1参照センサーと前記第2参照センサー（150、152）との間の距離（D）
に相関する請求項3に記載の装置。

【請求項 5】

前記装置はさらに制御部（60）を有し、前記制御部を用いて、前記第1距離（51）
と前記第2距離（52）とから、前記保持部（126）またはその参照体（128）の前
記参照物体（18、20）に対する位置および位置合わせを決定可能である請求項1から
4のいずれか1項に記載の装置。

30

【請求項 6】

前記保持部（126）は、第1方向（x）および第2方向（z）に伸びた平面（x、z）
中で、第1および第2参照物体（18、20）に対して相対的に可動である請求項1か
ら5のいずれか1項に記載の装置。

【請求項 7】

前記第1参照センサー（150）および前記第2参照センサー（152）は、前記第1
参照物体（18）に位置合わせされていて、第3参照センサー（154）は、前記第2参
照物体（20）に対して位置合わせされている請求項6に記載の装置。

40

【請求項 8】

前記第1参照物体（18）は、前記第1方向（x）に平行に位置合わせされていて、前
記第2参照物体（20）は、前記第2方向（z）に平行に位置合わせされている上記請求
項6または7に記載の装置。

【請求項 9】

前記距離計測装置（70）は、第1距離センサー（34）と第2距離センサー（36）
とを有し、前記これらの距離センサーは、前記参照体（128）に対して相対的に回転可
能に軸支されている請求項1から8のいずれか1項に記載の装置。

【請求項 10】

前記第1距離センサー（34）は前記担体（12）側にあり、前記第2距離センサー（

50

36) は前記参照体(128)側にある請求項9に記載の装置。

【請求項11】

物体保持部(102)が、前記担体(12)に回転可能、または並進的に位置ずれ可能に軸支されている請求項1から10のいずれか1項に記載の装置。

【請求項12】

前記担体(12)の上方で、基部(110)に可動で配置されている保持部(126)は、前記物体(14)の対向する外側縁(14a、14b)を越えて移動可能である請求項1から11のいずれか1項に記載の装置。

【請求項13】

上記請求項1から12のいずれか1項に記載の装置を用いた、物体(14)の幾何学的な計測方法であって、前記担体(12)に軸支された物体(14)の表面輪郭(15)を、前記距離計測装置(70)を用いてスキャンし検出する方法が、

10

前記距離計測装置(70)を用いて、前記物体(14)の複数の計測点(42)と、前記参照体(128)の複数の参照点(140)との間の複数の距離を計測し、前記物体(14)の表面画像を生成する工程と、

前記第1および第2参照センサー(150、152)を用いて、前記参照物体(18、20)に対する、前記保持部(126)またはその参照体(128)の相対的な位置および位置合わせを導き出す工程と、

・前記表面画像を、前記参照物体(18、20)に対する、前記保持部(126)またはその参照体(128)の相対的な位置および位置合わせに基づいて修正する工程と

20

【請求項14】

上記請求項1～12のいずれか1項に記載の装置を用いて、物体(14)の幾何学的な計測をするコンピュータプログラムであって、

前記担体(12)に軸支された物体(14)の前記表面輪郭(15)を、前記距離計測装置(70)を用いて走査を行って検出するためのプログラム手段と、

前記物体(14)の計測点(42)と、前記参照体(128)の参照点(140)との間の複数の距離を計測するための、かつ、前記物体(14)の表面画像を生成するためのプログラム手段と、

第1および第2参照センサー(150、152)を用い、前記保持部(126)またはその参照体(128)の、前記参照物体(18、20)に対する相対的な位置および位置合わせを導き出すためのプログラム手段と、

30

前記保持部(126)またはその参照体(128)の、前記参照物体(18、20)に対する相対的な前記位置および位置合わせに基づいて、前記表面画像の修正を行うプログラム手段と、

を含むコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物体、とりわけ光学部品、例えばレンズの幾何学的な計測装置に関する。本発明は、さらに、この種の物体の幾何学的な計測を行う相応の方法およびコンピュータプログラムに関する。

40

【背景技術】

【0002】

とりわけ精密工学技術および光学の領域における、ならびに、機械および電気微細構造の製造技術における産業上の製造プロセスの品質保証のため、ならびに、監視のためにも、加工品または一般的に物体に関して、高分解能での精確な計測がますます必要となっている。

【0003】

したがって、特許文献1からは、担体上に軸支された物体の少なくとも1つの表面部分

50

の計測装置が公知である。この装置は、担体に対して固定可能な参照物体と、少なくとも1つの第1方向で参照物体に対して可動である保持部とを有する。保持部には、参照体と、距離センサーとが配置されていて、これらの距離センサーは、互いに対して回転可能に軸支されている。距離計測装置は、この場合、物体の表面部分の第1点までの第1距離と、これに対応する参照体の第2点までの第2距離とを測定するように形成されている。この測距計と称される距離計測装置は、この際、物体側の第1距離センサーと、参照体側の第2距離センサーとを有する。これらは、直径方向で互いに反対側に位置合わせされている。

【0004】

この種の装置を用いて、物体の表面は、非常に精確にかつ非接触で光学的に走査ないしスキャンされうる。

10

【0005】

特許文献1から原理としては公知である装置を、図3中に概略的に図示する。この計測装置10は担体12を有し、この担体に、計測されるべき物体14、例えばレンズが回転可能または位置ずれ可能に軸支されている。この装置10は、さらに図3中で示されたx-z面中で可動である保持部26を有し、この保持部に、参照体28と、2つの距離センサー34、36（これらが、距離計測装置70を形成する）を回転可能に軸支するための軸受32とが配置されている。この参照体28は、距離センサー36側に、この場合は例えば円筒内壁の様式で形成された反射するないし映す参照面30を有する。この参照面は、例えば、凹面鏡として構成されうる。距離計測装置70は、距離センサー36に直径方向で対向する箇所に、ほぼ構造が同じであるさらなる距離センサー34を有する。この距離センサーは、距離センサー36に対して直径方向で反対側に位置合わせされている。これらの双方の距離センサー34、36は、互いに固定的に結合されている。

20

【0006】

距離センサー34は、物体14の計測されるべき表面15の方向を向いている。距離センサー34、36は、光学距離センサーとして、したがって光信号を放出および検出するように形成されている。これらのセンサー34および36は、反射配置で計測をする。すなわち、物体14の計測点42に向けられた計測光線が、物体14の表面輪郭に応じて反射されて戻り、この計測光線が物体14の表面15に対してほぼ直交して位置合わせされたがゆえに、再びセンサー34により検出され、最後に、制御部（これは、かつ距離センサー34と結合され、かつ、センサーユニットおよび検出ユニットを備えている）に供給される。計測されるべき物体14の輪郭に応じて、および、保持部26の物体14に対する相対的な位置付けに応じて、保持部26にある回転軸33に対する、距離センサー34、36の位置合わせ、ないし方位を変えることができ、かつ、計測に必要な直交条件を守るために、それぞれ適応させうる。

30

【0007】

とりわけ回転対称ではない物体14、例えば図3の断面中で示唆したような、その縦方向が紙面に垂直の方向で回転対称でない物体、すなわち、y方向に伸張するシリンダーレンズの計測時には、全断面輪郭を、物体14の縦方向に垂直の方向で、距離センサー34を用いてスキャンすることが必要である。

40

【0008】

とりわけ計測されるべき物体14の表面15の屈曲が強い場合には、距離センサー34を、要求された距離中で、かつ、距離計測に必要な位置合わせで、物体14に対して相対的に位置付けることが困難であると明らかになりうる。例えば図3中で図示したように、参照体28が、その例えば物体14または物体担体12側にある下側に突出した脚部で、計測されるべき物体14と衝突しうるとの状態が生じうる。

【0009】

この種の衝突は、当然回避されねばならない。しかし、物体14の水平方向で強く傾斜した表面部分に対して、直交して走査することができるように、参照体28のある種の幾何学的な伸張は不可避である。

50

【 0 0 1 0 】

さらに、距離計測装置 7 0 とりわけ双方の距離センサー 3 4、3 6 の位置も、参照体 2 8 の位置も、 $x - z$ 面中で精確に決定するために、保持部 2 6 には、この場合参照センサー 5 0、5 2 と称されるさらなる 2 つの距離センサーが設けられていて、これらが、位置固定の参照物体 1 8、2 0 に対する担体 2 6 の相対的な位置ずれまたは移動方向 (x 、 z) に応じて位置合わせされていて、これを用いて、担体 2 6 から、参照物体 1 8 の参照面 2 2 への z 方向での距離 4 8、および、さらなる位置固定で配置されている参照物体 2 0 およびその参照面 2 4 への x 方向での距離 4 6 が計測可能である。

【 0 0 1 1 】

図 3 中で概略図示された参照センサー 5 0、5 2 の計測軸の仮想的な延長部分 1、2 は、距離計測装置 7 0 の回転軸 3 3 と一致する。これにより、 X 方向と Z 方向とで形成された計測面 (x 、 z) 中で、装置全体が、担体 2 6 ないし参照体 2 8 の、場合によっては生じうるわずかな回転運動または傾斜移動に対して実質的に不変である。参照センサー 5 0、5 2 の計測軸の仮想的な延長部分 1、2 を、双方の互いに固定的に結合された距離センサー 3 4、3 6 の回転軸 3 3 と重畳させることは、計測技術的な観点からは特に有利である。しかし、これにより、保持部 2 6 にとって、かつ、とりわけこの保持部に配置された参照体 2 8 にとっての幾何学的な造形の自由度も、時として大きく制限される。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 2 】

【 特許文献 1 】 独 国 特 許 1 0 2 0 1 1 0 1 1 0 6 5 B 4 号

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 3 】

したがって、本発明の課題は、物体の幾何学的な計測装置を改良して提供することであり、この装置は、参照体の造形について高い自由度を提供し、その結果、参照体と計測されるべき物体との間で場合によっては生じうる衝突を、計測精度を制限することなく回避することができる。

【 0 0 1 4 】

この課題は、特許請求項 1 に記載の物体の幾何学的な計測装置、特許請求項 1 3 に記載の物体の幾何学的な計測方法、および、請求項 1 4 に記載のコンピュータプログラムによって達成される。この際、有利な構成は、従属特許請求項の対象物である。

【 0 0 1 5 】

この限りで、物体の幾何学的な計測装置が設けられている。この装置は、物体用の担体と、この担体に対して固定可能な少なくとも 1 つの参照物体とを有する。担体と参照物体とは、典型的には固定されて配置されていて、互いに対して幾何学的に固定的な関係にある。この装置は、さらに、少なくとも 1 つの方向 (x 、 z) で、参照物体に対して可動である保持部を有する。この保持部に、参照体と距離計測装置とが配置されている。この際、距離計測装置は、物体 (とりわけ、距離計測装置側にある物体表面) と、参照体 (とりわけ、物体側にある参照体の参照面) との間の距離を計測するために構成されている。

【 0 0 1 6 】

さらに、参照物体側の保持部または参照体では、第 1 および第 2 参照センサーが互いに距離を置いて配置されている。これらの双方の参照センサーは、参照物体までの第 1 および第 2 距離を計測するために形成されている。この限りで、保持部または参照体の 1 つの同じ側に配置されている双方の参照センサーは、1 つの同じ参照物体への距離をそれぞれ計測する。この際に、異なる距離が生じると、これは、参照物体の位置合わせに対して、保持部が傾いている可能性の尺度になる。保持部または参照体の参照物体側に配置されている 2 つの参照センサーを用いて、可能な傾き、したがって相対的な位置のみならず、保持部 1 2 6 の計測面 (x 、 z) 中の位置合わせを導き出すことができ、距離計測装置 7 0 により計測可能な距離値を修正するために用いる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

このように少なくとも2つの参照センサーを、保持部もしくは参照体の、参照物体側にまたは相応の部分に配置することにより、参照センサーの計測軸の延長部分の仮想的な交点を、距離計測装置の回転軸の外側の領域中に軸支することができる。この限りで、この装置では、保持部およびこれに配置されている参照体を、多様で異なる幾何学的な構成とすることが可能になる。

【 0 0 1 8 】

これのさらなる構成によれば、第1参照センサーは、参照物体の、保持部側にある参照面の第1点までの第1距離を計測するために形成されている。この第1参照センサーを用いて、基本的に、保持部と、関連する参照物体の参照面との間の第1距離を測定することができる。

10

【 0 0 1 9 】

さらなるある構成によれば、第2センサーも、参照物体の、保持部側にある参照面の第2点までの第2距離を計測するために形成されている。典型的には、第1参照センサーと第2参照センサーとは、互いに平行に位置合わせされている。しかし、これらは、所定の距離で、各計測方向に対して垂直または傾斜して、保持部に距離をあけて配置されている。保持部が、例えば旋回移動または傾斜移動を受けると、この移動は、第1距離と第2距離とを比較することにより導き出すことができ、これらの距離は、互いに依存することなく、第1参照センサーと第2参照センサーとを用いて計測可能であり、この限りで測定可能である。

20

【 0 0 2 0 】

装置のさらなるある構成によれば、参照面の第1点と第2点との間の距離(d)は、第1参照センサーと第2参照センサーとの間の距離(D)に相関する。この際、参照面の点間の距離(d)は、第1参照センサーと第2参照センサーとの間の距離(D)にほぼ相当する、または大体これと同一であると考えられうる。この種の構成では、参照センサーは、例えば互いに平行に位置合わせされている。この際、これらは、とりわけ実質的に参照面に対して垂直の方向で、ないし、参照物体に対して垂直で位置合わせされていることが可能である。

【 0 0 2 1 】

さらなるある構成によれば、装置はさらに、検出ユニットとして構成された制御部を有し、この制御部を用いて、第1距離と第2距離とから、保持部またはその参照体の、少なくとも1つの参照物体に対する相対的な位置および位置合わせを決定可能である。とりわけ、互いに対して依存せずに計測された第1および第2距離の比較および/または平均値形成から、保持部の位置も、計測面(x 、 z)中での保持部の傾斜ないし傾きも測定可能である。とりわけこれにより、距離計測装置の回転軸の姿勢を精確に測定可能である。

30

【 0 0 2 2 】

さらなるある構成によれば、保持部は、第1方向(x)および第2方向(z)で張られた平面(x 、 z)中で、第1および第2参照物体に対して相対的に可動である。この限りで、保持部は、2次元の x - z 面中で、物体に対して相対的に可動であり、物体表面の性質および輪郭に応じて、常にその物体側の距離センサーと共に、物体表面上の計測点と実質的に直交して位置合わせされうる。第1および第2参照物体は、典型的には、互いに垂直に伸張している。これらは、物体用の担体に対して互いに相対的に固定されている。

40

【 0 0 2 3 】

さらなるある構成によれば、第1参照センサーおよび第2参照センサーはそれぞれ、第1参照物体に位置合わせされている。さらに、第3参照センサーが設けられていて、これは、第2参照物体に対して位置合わせされているように設けられている。典型的には、第1参照物体と第2参照物体とが、互いに垂直または直交して位置合わせされていて、各参照物体側の参照センサーは、関連する参照物体の参照面に対して実質的に垂直に位置合わせされているように設けられている。

【 0 0 2 4 】

50

保持部の移動により場合によっては誘導される、例えば $x - z$ 面中の傾き移動または旋回移動によって、距離計測のために必要な直交条件に違反することはまだない。しかし、これらの傾き移動または旋回移動は、数ナノメータ以下の領域での、距離計測装置を用いて達成されるべき要求される計測の精度に関して、大きな影響を及ぼしうる。全部で3つの参照センサーを用いて、担体の位置を、したがってその参照体の位置と、参照体に対して相対的に回転可能に軸支された距離計測装置の位置とを、計測面 (x, z) 中の両方向で決めることができる。これに加えて、担体が参照物体のうちの1つに対して相対的にわずかに傾斜しているのも、第1および第2参照センサーを用いて測定可能である。

【0025】

さらなるある構成によれば、さらに、第1参照物体は第1方向 (x) に平行に位置合わせされていて、第2参照物体は第2方向 (z) に平行に位置合わせされていて、この際、双方の方向 x, z は、互いに対して垂直に位置合わせされている。例えば担体が第1方向 (x) で動くと、これにより担体の x 方向の距離が変わり、したがって担体の第2参照物体への距離が変わる。この種の距離変化は第3参照センサーで精確に導き出しうる。計測面の別の方向、とりわけ、例えば鉛直に位置合わせされた z 方向での担体の移動の計測については、これより結果として生じかつ変化する第1参照物体18までの距離を、第1および第2参照センサーを用いて同時に導き出しうる。ここで、異なる距離値が生じれば、これは、担体が計測面 (x, z) 中で傾いているまたはわずかのみの傾斜または回転も生じているとの指標となる。

10

【0026】

さらなるある構成によれば、距離計測装置は、第1距離センサーと第2距離センサーとを有し、これらの距離センサーは、参照体に対して相対的に回転可能に軸支されている。これらの双方の距離センサーを用いて、参照体の参照面の周囲にある物体の表面との間の全距離を、距離計測装置の全角度位置について、精確に導き出しうる。場合によっては生じうる距離計測装置の回転運動により生じる、その第1および第2距離センサーの不正確な位置を、直径方向で逆方向の距離 (一方では物体表面に対する距離、他方では参照物体に対する距離) の計測により、精確に導き出し、かつ、コンピュータにより補償することができる。

20

【0027】

距離計測装置は、さらに、物体の計測されるべき表面部分の第1点までの第1距離も、これに対応する参照体の第2点までの第2距離も測定するように形成されている。距離計測装置を用いて導き出されうる第1距離は、固有の計測信号を示す一方で、計測された第2距離に基づいて、距離計測装置と、これも同様に保持部に可動で配置されている参照体との間の、例えば回転による相対的な位置ずれも導き出しうる。計測されるべき第2距離に基づいた限りで、計測された第1距離についての距離修正を行い得る。

30

【0028】

例えば、距離計測装置の回転運動により引き起こされた、再現可能ではないセンサーの位置ずれ、および、これから結果として生じる計測値の劣化は、その輪郭および位置に関してわかっている参照体に対する第2距離を測定することにより、補償されうる。距離計測装置の回転軸と計測軸との間のオフセットは、第1および第2距離を導き出すことにより、および、参照体と距離計測装置との相対的な位置合わせすることにより、コンピュータにより補償されうる。

40

【0029】

距離計測装置、とりわけその双方の距離センサーは、少なくとも2つの、典型的には3つの参照センサーと共通の平面 (いわゆる計測面) 中にある。このようにして、計測面中の表面および距離の計測にとって重要な全係数は、とりわけ参照体の傾斜および/または傾きは、計測面中でセンサーを用いて検出され、かつ、独自の計測の精確性のために補償されうる。

【0030】

さらなるある構成によれば、距離計測装置の第1距離センサーは、担体側ないし担体に

50

配置された物体側にあり、第2距離センサーは参照体側にある。典型的には、第1距離センサーと第2距離センサーとは、直径方向で反対側に互いに位置合わせされている。これらは、互いに固定的に結合されていて、その結果、物体表面上で走査されるべきないし非接触で計測されるべき各点に、参照体の参照面上のこれに対応する点が割り当てられている。

【0031】

さらなるある構成によれば、物体保持部は、担体に回転可能または並進的に位置ずれ可能に軸支されている。回転可能に軸支される場合には、物体保持部の回転軸が、典型的には距離計測装置の計測面中にあり、または、この回転軸が計測面に対して平行に伸張している。物体保持部を担体装置で回転可能に軸支することは、とりわけ回転対称の物体を計測するには、計測技術的な観点から有利である。担体装置で回転する物体は、距離計測装置により、物体の回転運動時に、半径方向で外側から内側へまたは内側から外側へ走査されないし非接触でスキャンされうる。

10

【0032】

並進的に軸支される場合には、並進方向または位置ずれ方向は、典型的には、距離計測装置の計測面に対して垂直にまたは所定の角度をとって伸張している。担体装置に物体を並進的に軸支することは、とりわけ段階的なスキャンまたは円柱対称形状である物体（例えば、シリンドリカルレンズ）の走査にとって有利であることが明らかである。この場合、とりわけ、計測されるべき物体の縦軸が、担体装置の並進軸方向と位置合わせされていて、これにしたがって、物体が物体保持部に配置されているように設けることができる。

20

【0033】

さらなるある構成によれば、担体の上方で、基部に可動で配置されている保持部は、物体の対向する外側縁を越えて、ないし、物体担体の対向する外側縁を越えて移動可能であるように設けられている。保持部の基部におけるおよび担体に対するこの種の移動可能性および可動性により、物体の全表面輪郭をスキャンする、ないし非接触でとりわけ光学的に走査することが可能となる。このようにして、回転対称ではない物体ないしその表面も精確に計測されうる。

【0034】

距離センサーないし参照センサーは、物体または参照体または参照物体までの距離を、多重波長計測原理を用いて測定するために、典型的には異なる波長の複数の光源と結合されている。この種のヘテロダイン計測方法により、ナノメートル領域およびサブナノメートル領域での分解能での非常に精確な距離計測が可能になり、さらに、ミリメートル領域までの計測結果の一意性の領域が提供されうる。好適には光源として、ほぼ単色レーザーが設けられていて、その波長は、1520～1630 nmの範囲である。典型的には用いられるレーザー波長領域は光学通信スペクトルのS、CまたはL帯にある。しかし、基本的に可視領域および/またはUVスペクトル領域の波長も考えられうる。

30

【0035】

原理的には、本発明は、1つの波長のみで動作する距離計測装置用にも実装可能である。しかし、多重波長計測方法を用いると、受信信号の一意性領域を明らかにより拡大することが可能である。物体表面から反射された光線の各位相または位相位置は、波長選択的に検出され、電子評価の過程で距離の測定のために処理される。

40

【0036】

距離センサーは、さらに光ファイバーで、関連する光源と結合可能である。場合によっては生じうる環境に起因するノイズの影響は、このようにして、最低限まで限定可能である。

【0037】

さらなる態様によれば、本発明は、さらに、上述の装置を用いた物体の幾何学的な計測方法に関する。担体に軸支された物体の表面輪郭は、この際、保持部に回転可能に配置されている距離計測装置を用いてスキャンし、すなわち、表面を走査して検出する。物体の表面の個々の計測点に、順々に計測光線を照射し、その結果、各計測点について、距離を

50

導き出しうる。この限りで、スキャンプロセス時に距離計測装置を用いて、物体の計測点と参照体の参照点との間の複数の距離を計測する。これから、物体の表面画像を生成し、とりわけコンピュータを利用してこの画像を算出する。

【0038】

さらに第1および第2参照センサーを用いて、少なくとも1つの参照物体に対する保持部またはその参照体の相対的な位置および位置合わせを導き出す。この装置が保持部に対して1つの移動自由度のみを有する限り、2つの参照センサーが、典型的には平行に位置合わせされていて、かつその計測方向に対して垂直方向で互いに距離をあけるように実装されているのみで基本的に十分である。この装置のさらなるある構成では、および、これにしたがって、方法のさらなる構成でも、保持部の位置および位置合わせは、2次元の計測面(x、z)中で、第1、第2および第3参照センサーを用いて導き出されるように設けられている。保持部ないし参照体の位置および位置合わせの決定に基づいて、その後、表面画像は修正される。

10

【0039】

そして、とりわけ、第1および第2参照センサーを用いて導き出された保持部の位置合わせは、距離計測装置により計測された、物体の計測点と参照体の参照点との間の距離を修正するために用いられるように設けられている。このようにして、保持部のわずかな傾斜または傾きに由来する距離計測エラーが、コンピュータにより補償されうる。

【0040】

この場合、上述の方法は、上述の装置を用いて実施可能であり、この限りで装置に関して記載した全ての特徴および利点が、同様に、方法にも該当する点、および逆も該当する点に留意すべきである。

20

【0041】

さらなるある態様によれば、本発明は、さらに、上述の装置を用いて、物体の幾何学的な計測をするコンピュータプログラムに関する。このコンピュータプログラムは、担体に軸支された物体の表面輪郭を、距離計測装置を用いて走査を行って検出するためのプログラム手段を有する。これに加えて、このコンピュータプログラムは、物体の計測点と、参照体の参照点との間の複数の距離を計測するための、かつ、物体の表面画像を生成するためのプログラム手段を備えている。さらに、このコンピュータプログラムは、保持部またはその参照体の、参照物体に対する相対的な位置および位置合わせを、第1および第2参照センサーにより計測された距離に基づいて導き出すためのプログラム手段を有する。最後に、保持部またはその参照体の、導き出された位置および位置合わせに基づいて、表面画像の修正を行うプログラム手段が設けられている。

30

【0042】

ここで、さらに、このコンピュータプログラムは、装置と結合された制御部中で動き、この制御部中でこれにしたがって実装可能である点に留意すべきである。このコンピュータプログラムは、とりわけ、これも上述の装置の意図された使用の際に、上述の方法のコンピュータを利用した実現のために機能する。この限りで、装置に関して、および、方法に関して挙げた全ての特徴、特性および利点は、同様に、コンピュータプログラムについても該当し、逆も該当する。

40

【0043】

本発明のさらなる目的、特徴および有利である構成は、以下の例となる実施形態の説明に基づいてより詳しく説明する。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】物体の幾何学的な計測装置の斜視図である。

【図2】この装置の側面図である。

【図3】従来技術によるこの類の装置の簡略化した概略図である。

【図4】本発明による装置の第1構成を示す概略図である。

【図5】図4に記載の装置のさらなる構成を示す図である。

50

【図6】この方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0045】

図1の斜視図で示した計測装置100は、位置固定された基部110を有し、この基部に、担体装置12の物体保持部102が、例えば並進的に位置ずれ可能に軸支されている。この担体装置12に、したがってその物体保持部102に、計測されるべき物体14が配置可能である。

【0046】

この装置100は、その基部110に枠部104を有し、この枠部は、担体装置12上にかかっている、かつ、実質的に計測面(x、z)を規定する。この枠部は、基部110と固定的に連結されている。この枠部104は、2つの側方の脚部105、106と、担体装置12の上方にあり側方の脚部105、106の間に伸張する連結梁108とを有する。連結梁108の下面には、第1参照物体18が配置されている一方で、左脚部105の、担体12側の内側には第2参照物体20が配置されている。

【0047】

位置固定で互いに対して固定されて、この場合は互いに対して直交して位置合わせされた2つの参照物体18、20は、非可動で、枠部104に固定されている。参照物体18は、第1方向(x)(これは、ほぼ水平方向)で伸張し、第2参照物体20は、これに対して垂直である第2方向(z)(これは、ほぼ鉛直方向)で伸張している。双方の参照物体18、20には、個々の参照面22、24が設けられていて、これらは典型的には鏡面または反射する面として形成されている。枠部104を用いて、参照物体18、20は、基部110に位置固定で配置されている。

【0048】

枠部104を用いて、参照物体18、20も、計測されるべき物体14用の担体装置12に対して位置固定で配置されている。基部110には、さらに計測面(x、z)中で可動である保持部126が配置されている。この保持部126には、距離計測装置70が配置されていて、この距離計測装置は、保持部126に、軸受32を介して回転軸に対して旋回可能に軸支されている。軸受32のこの回転軸33は、この場合、計測面(x、z)に垂直の方向で、それゆえにy方向に伸張する。この保持部126は、基部110において、計測面(x、z)に対して、可動で軸支されている。

【0049】

図1および4中で示したように、保持部126には、参照体128および軸受32が、2つの距離センサー34、36を回転可能に軸支するために配置されている。参照体128は、距離計測装置70側に、この場合、例えば円筒内壁状に形成された鏡面または参照面130を有する。この面は、好適には凹面鏡として形成されている。参照面130の輪郭は、計測装置100を校正するために精確に計測されるべきである。この輪郭と、参照面130上で走査されるべき個々の点144とは、その位置に関してわかっていて、制御部60の評価ユニット中に格納されている。

【0050】

参照体128を保持部126に配置するのは、水平方向に伸張するブーム112を介して行われる一方で、距離計測装置70の保持部126への配置は、これに対して平行に伸張していてかつ基部110に回転可能に配置されているブーム114を介して行われるが、これは、図2の側面図で示されているとおりである。

【0051】

図1中で示した装置100の計測原理の概念を、図4および5中、計測面(x、z)中で図示する。基本的な計測原理は、すなわち、第1距離センサー34と物体14の表面15上の計測点42との間の距離38の計測と、これに伴って行われる、参照体128(これは、従来技術と比較して修正されている)の参照面130の参照点144への対応する距離140の計測とは、実質的に変わることなく保たれている。

【0052】

10

20

30

40

50

距離計測装置 70 をなす 2 つの距離センサ 34、36 は、回転軸 33 に対して回転可能に軸受 32 に保持されている。回転軸 33 は、この際、好適には、双方の参照物体 18、20 によって張られた平面 (x、z) に直交している。物体 14 の方向を向いた距離センサ 34 は、この場合、好適には多重波長センサーとして形成されているが、これは、物体 14 の計測されるべき表面上の選択された第 1 点 42 への絶対的な距離を測定するために形成されている。さらなるセンサー 150、152、154 も全て、多重波長センサーとして形成可能である。

【0053】

センサー 34、36 は、互いに固定されている。これらのセンサーは、さらに回転軸 33 に対して直径方向で互いに反対側に位置合わせされている。したがって、センサー 34 の位置合わせが変化すると、常にセンサー 36 の対応する方向変化が伴う。

10

【0054】

この際、センサー 34、36 は、反射配置で計測を行う。すなわち、計測点 42 に向けられた計測光線は、等しく映され、センサー 34 により検出され、最後にセンサー 34 と結合された (図 1 に示唆された) 制御部 60 のセンサーユニットないし検出ユニットに戻される。計測されるべき物体 14 の輪郭に応じて、および、物体 14 に対する保持部 126 の相対的な位置付けに応じて、センサー 34 の位置合わせないし方位を変えることができる。しかし、距離センサー 34、36 の回転軸 33 の周りでの回転は、保持部 126 に対する距離センサー 34 の位置ずれをもたらさう。

【0055】

第 2 距離センサー 36 が第 1 センサー 34 とは逆の方向で、参照体 128 の参照面 130 に対して位置合わせされていることにより、例えば、距離計測装置 70 の回転運動により必然的に引き起こされる、わかっている参照体 128 に対する位置ずれが精確に計測され、受信ないし検出される計測信号が電子評価の過程で補償される。

20

【0056】

センサー 34 が、例えば回転により、例えば、物体 14 の方向へ位置ずれすると、これにより計測されるべき距離 38 が小さくなる。しかし、この種の位置ずれにより、同時に、対向するセンサー 36 と静止している参照面 130 との間の第 2 距離 140 も定量的に同じ大きさだけより大きくなる。このようにして、距離計測装置 70 の場合によっては生じる回転により生じる位置の不正確さが、第 2 距離センサー 36 により、参照面 130 上で選択された第 2 計測点 144 に対する第 2 距離 140 を計測することにより精確に補償されう。

30

【0057】

図 4 または 5 と、図 3 に記載の従来技術との比較から、参照体 128 の伸張が、鉛直 z 方向で明らかにより短いことが明らかである。これにしたがって、第 2 参照体 20 側の第 3 参照センサー 154 の少なくとも仮想的な延長部分 2 が、上方向へ動き、この限りで、距離計測装置 70 の回転軸 33 ともはや重畳しない。計測面 (x、z) 中で、保持部 126 の場合によっては要求される精度に関して不可避である傾きまたは傾斜運動により、したがって、距離計測装置 70 の回転軸 33 の姿勢および位置測定に関して、ないし、参照物体 128 の位置および姿勢に関して、幅広い結果が生じる。

40

【0058】

参照物体 128 では、第 1 参照物体 18 側で、2 つの参照センサー 150、152 が配置されていて、これらは、距離 D を有する。第 1 参照センサー 150 は、第 1 参照物体 18 ないしその参照面 22 への第 1 距離 51 の計測のために機能する。この場合、x 方向での各位置に応じて、第 1 参照センサー 150 から参照面 22 上の第 1 点 21 までの距離 51 が測定される。同様に第 2 参照センサー 152 は、第 1 参照センサー 150 に平行に位置合わせされているが、これを用いて、同様に参照物体 18 の参照面 22 の第 2 点 23 までの距離 53 が計測される。

【0059】

第 1 距離 51 と第 2 距離 53 との比較から、参照物体 18、20 に対して相対的な、場

50

合によっては生じうる参照体 1 2 8 ないし保持部 1 2 6 の傾きまたは傾斜が導き出されうる。この際、この傾斜は、定性的にも定量的にも測定可能であり、その結果、これから結果として距離計測装置 7 0 および回転軸 3 3 の位置変化を、コンピュータにより補償しうる。第 1 および第 2 距離 5 1、5 3 の計測に基づいて導き出されうる参照体 1 2 8、ないし保持部 1 2 6 の傾斜または傾きは、したがって計測技術的に補償可能である。距離計測装置 7 0 を用いて導き出されうる距離と、これから形成可能な物体 1 4 の表面画像とは、参照体 1 2 8 ないし距離計測装置 7 0 の場合によっては生じうる位置エラーないし傾斜エラーに関して、コンピュータを利用して修正されうる。保持部 1 2 6 ないしこれに配置されている参照体 1 3 0 の x 方向での位置は、同様に距離センサーとして形成された第 3 参照センサー 1 5 4 を用いて測定可能である。このセンサーを用いて、第 2 参照物体 2 0、

10

【 0 0 6 0 】

全部で 3 つの参照センサー 1 5 0、1 5 2 および 1 5 4 を用いて、距離計測装置 7 0 の回転軸 3 3 が、従来技術により設けられた参照センサー 1 5 0、1 5 2 の仮想的な延長部分 1、2 ともはや必ずしも重ねて配置されているには及ばないことが可能である。この限りで参照体 1 2 8 用の異なる幾何学形状を実現することができ、とりわけ調べるべき物体 1 4 の全表面 1 5 に衝突しないようにスキャンまたは走査することが可能になるが、この点は、図 4 および 5 に記載の異なる双方の構成から明らかであるとおりである。さらに、図 4 と図 5 との比較からは、距離計測装置 7 0 ないし保持部 1 2 6 が、担体 1 2 の上方の領域で物体 1 4 の対向する双方の外側縁 1 4 a、1 4 b を越えて移動可能であることが認識可能である。このようにして、とりわけ回転対称ではない物体 1 4、例えば縦方向で伸張するシリンダーレンズを、幾何学的に計測可能である。

20

【 0 0 6 1 】

最後に、図 6 中、方法のフローチャートを図示する。第 1 工程 2 0 0 では、担体 1 2 に軸支された物体 1 4 の表面輪郭を、保持部 1 2 6 に回転可能に配置されている距離計測装置 7 0 を用いてスキャンし、すなわち、表面を走査して検出する。物体 1 4 の表面 1 5 の個々の計測点 4 2 に、順々に計測光線を照射し、その結果各計測点 4 2 について、距離センサー 3 6 までの距離を導き出す。この点で、距離計測装置 7 0 を用いたスキャンプロセス時に、物体 1 4 の計測点 4 2 と、参照体 1 2 8 の参照点 1 4 0 との間の一連の距離 3 8 を計測する。これらから、物体 1 4 の表面画像を生成する、とりわけコンピュータを利用してこの画像を算出する。

30

【 0 0 6 2 】

さらなるある工程 2 0 2 は、第 1 工程 2 0 0 と同時に行われるが、この工程では第 1 および第 2 参照センサー 1 5 0、1 5 2 を用いて、また、第 3 参照センサー 1 5 4 も用いて、少なくとも 1 つの参照物体 1 8、2 0、典型的には双方の参照物体 1 8 および 2 0 に対する、保持部 1 2 6 またはその参照体 1 2 8 の位置および位置合わせを導き出す。この装置 1 0 0 が、保持部 1 2 6 について移動自由度を 1 つのみ設けている限りにおいて、その計測方向に対して、典型的には平行におよび垂直であり互いに距離をあけた参照センサー 1 5 0、1 5 2 を 2 つのみ実装することで基本的に十分である。

40

【 0 0 6 3 】

さらなるある工程 2 0 4 では、保持部ないし参照体の位置および位置合わせ測定に基づいて、表面画像が修正される。

【 符号の説明 】

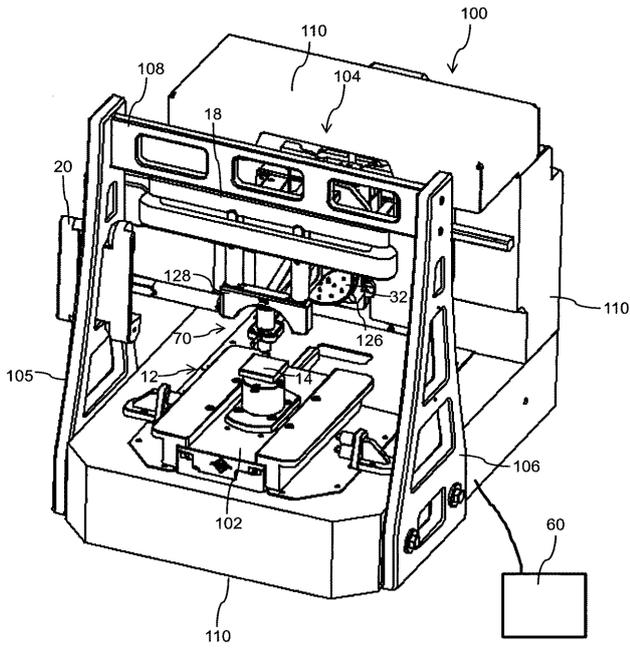
【 0 0 6 4 】

- 1 延長部分
- 2 延長部分
- 1 0 計測装置
- 1 2 担体
- 1 4 物体
- 1 4 a 外側縁

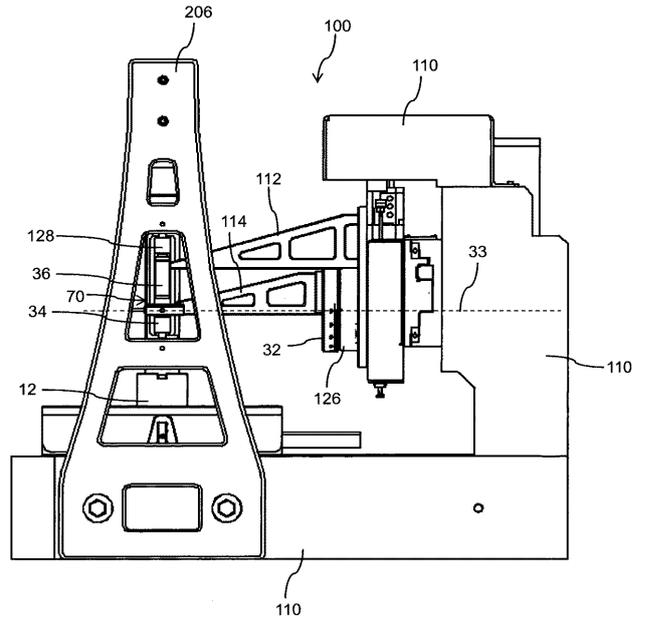
50

1 4 b	外側縁	
1 5	表面	
1 8	参照物体	
2 0	参照物体	
2 1	点	
2 2	参照面	
2 3	点	
2 4	参照面	
2 6	保持部	
2 8	参照体	10
3 0	参照面	
3 2	軸受	
3 3	回転軸	
3 4	距離センサー	
3 6	距離センサー	
3 8	距離	
4 0	距離	
4 2	計測点	
4 4	計測点	
4 6	距離	20
4 8	距離	
5 0	参照センサー	
5 1	距離	
5 2	参照センサー	
5 3	距離	
5 5	距離	
6 0	制御部	
7 0	距離計測装置	
1 0 0	装置	
1 0 2	物体保持部	30
1 0 4	枠部	
1 0 5	脚部	
1 0 6	脚部	
1 0 8	連結梁	
1 1 0	基部	
1 1 2	ブーム	
1 1 4	ブーム	
1 2 6	保持部	
1 2 8	参照体	
1 3 0	参照面	40
1 4 0	距離	
1 4 4	計測点	
1 5 0	参照センサー	
1 5 2	参照センサー	
1 5 4	参照センサー	

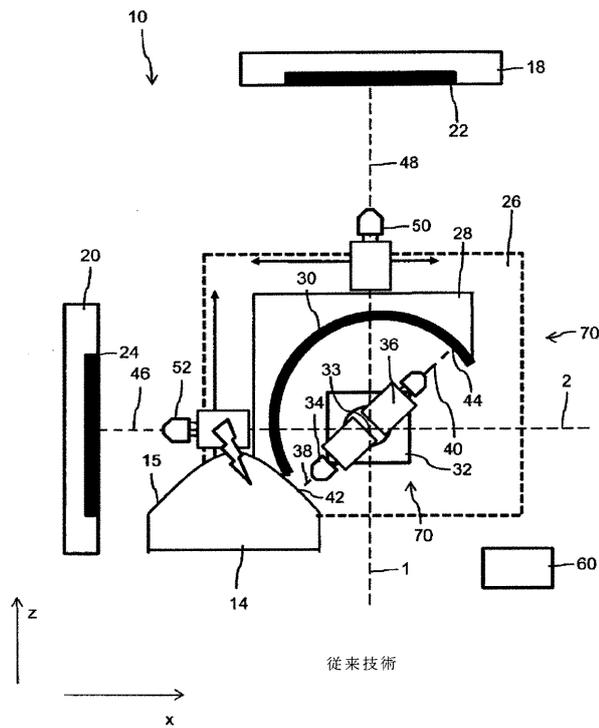
【図1】



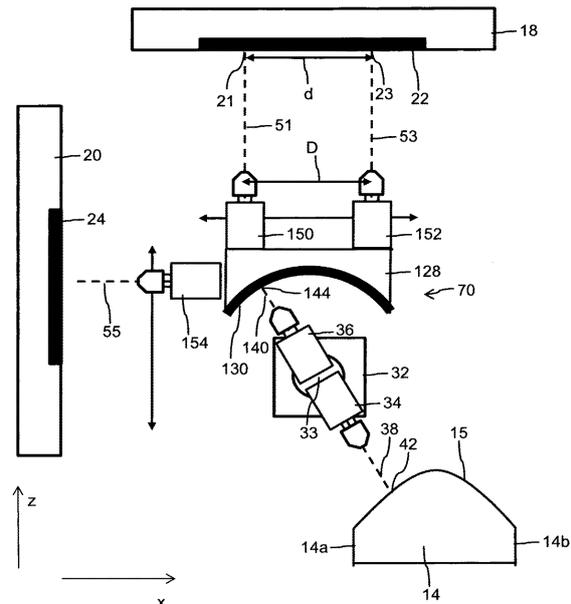
【図2】



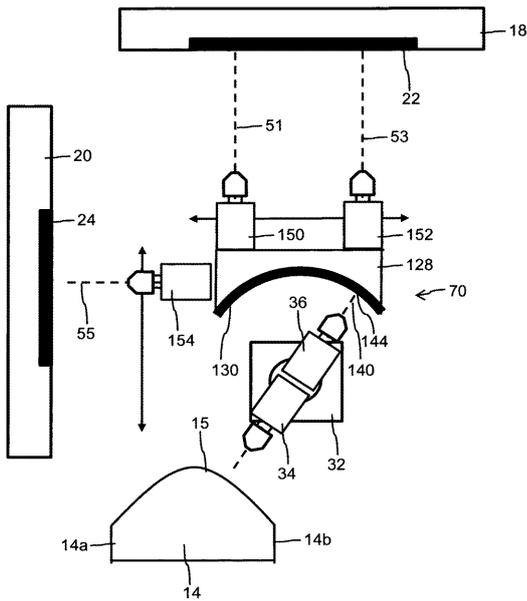
【図3】



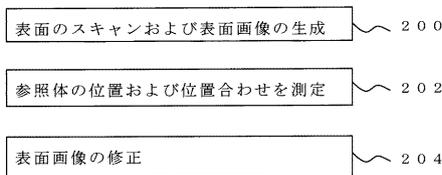
【図4】



【図 5】



【図 6】



【手続補正書】

【提出日】平成30年8月9日(2018.8.9)

【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】

物体(14)の幾何学的な計測装置であって、
 前記物体(14)用の担体(12)と、
 前記担体(12)に対して固定可能な少なくとも一つの参照物体(18、20)と、
 少なくとも一つの方向(x、z)で、前記参照物体(18、20)に対して可動である
 保持部(126)であって、前記保持部に、距離計測装置(70)が配置されていて、前
 記距離計測装置(70)は、前記物体(14)を対象とする距離センサ(34)を含み、
前記物体(14)との間の距離(38、140)を計測するために構成されている、保持
 部と、
 を備え、

前記保持部(126)には、前記参照物体(18、20)側で第1および第2参照セン
 サ(150、152)が互いに距離を置いて配置されていて、前記参照センサは、前
 記参照物体(18、20)までの第1および第2距離(51、53)を計測するために形
 成されている
 装置。

【請求項 2】

前記第1参照センサ(150)は、前記参照物体(18)の、前記保持部(126)

または参照体(138)側にある参照面(22)の第1点(21)までの前記第1距離(51)を計測するために形成されている請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記第2センサー(150)は、前記参照物体(18)の、前記保持部(126)または前記参照体(138)側にある前記参照面(22)の第2点(23)までの前記第2距離(53)を計測するために形成されている請求項1に記載の装置。

【請求項4】

前記参照面(22)の前記第1点(21)と前記第2点(23)との間の距離(d)は、前記第1参照センサーと前記第2参照センサー(150、152)との間の距離(D)に相関する請求項3に記載の装置。

【請求項5】

前記装置はさらに制御部(60)を有し、前記制御部を用いて、前記第1距離(51)と前記第2距離(52)とから、前記保持部(126)またはその参照体(128)の前記参照物体(18、20)に対する位置および位置合わせを決定可能である請求項1から4のいずれか1項に記載の装置。

【請求項6】

前記第1及び第2参照センサー(150、152)の計測軸の延長と、第3参照センサー(154)の計測軸の仮想的な延長との仮想的な交点は、前記距離計測装置(70)の回転軸の外側に位置する、請求項1から5のいずれか1項に記載の装置。

【請求項7】

前記第3参照センサー(154)の前記計測軸は、水平方向に延在し、垂直方向について前記距離計測装置(70)の回転軸の上に位置する、請求項6に記載の装置。

【請求項8】

前記保持部(126)は、第1方向(x)および第2方向(z)に伸びた平面(x、z)中で、第1および第2参照物体(18、20)に対して相対的に可動である請求項1から7のいずれか1項に記載の装置。

【請求項9】

前記第1参照センサー(150)および前記第2参照センサー(152)は、前記第1参照物体(18)に位置合わせされていて、第3参照センサー(154)は、前記第2参照物体(20)に対して位置合わせされている請求項8に記載の装置。

【請求項10】

前記第1参照物体(18)は、前記第1方向(x)に平行に位置合わせされていて、前記第2参照物体(20)は、前記第2方向(z)に平行に位置合わせされている上記請求項8または9に記載の装置。

【請求項11】

前記距離計測装置(70)は、第1距離センサー(34)と第2距離センサー(36)とを有し、前記これらの距離センサーは、前記参照体(128)に対して相対的に回転可能に軸支されている請求項1から10のいずれか1項に記載の装置。

【請求項12】

前記第1距離センサー(34)は前記担体(12)側にあり、前記第2距離センサー(36)は前記参照体(128)側にある請求項11に記載の装置。

【請求項13】

物体保持部(102)が、前記担体(12)に回転可能、または並進的に位置ずれ可能に軸支されている請求項1から12のいずれか1項に記載の装置。

【請求項14】

前記担体(12)の上方で、基部(110)に可動で配置されている保持部(126)は、前記物体(14)の対向する外側縁(14a、14b)を越えて移動可能である請求項1から13のいずれか1項に記載の装置。

【請求項15】

上記請求項1から14のいずれか1項に記載の装置を用いた、物体(14)の幾何学的

な計測方法であって、前記担体(12)に軸支された物体(14)の表面輪郭(15)を、前記距離計測装置(70)を用いてスキャンし検出する方法が、

前記距離計測装置(70)を用いて、前記物体(14)の複数の計測点(42)の複数の距離を計測し、前記物体(14)の表面画像を生成する工程と、

前記第1および第2参照センサー(150、152)を用いて、前記参照物体(18、20)に対する、前記保持部(126)の相対的な位置および位置合わせを導き出す工程と、

・前記表面画像を、前記参照物体(18、20)に対する、前記保持部(126)またはその参照体(128)の相対的な位置および位置合わせに基づいて修正する工程とにより行われる方法。

【請求項16】

上記請求項1～14のいずれか1項に記載の装置を用いて、物体(14)の幾何学的な計測をするコンピュータプログラムであって、

前記担体(12)に軸支された物体(14)の前記表面輪郭(15)を、前記距離計測装置(70)を用いて走査を行って検出するためのプログラム手段と、

前記物体(14)の計測点(42)の複数の距離を計測するための、かつ、前記物体(14)の表面画像を生成するためのプログラム手段と、

第1および第2参照センサー(150、152)を用い、前記保持部(126)の、前記参照物体(18、20)に対する相対的な位置および位置合わせを導き出すためのプログラム手段と、

前記保持部(126)またはその参照体(128)の、前記参照物体(18、20)に対する相対的な前記位置および位置合わせに基づいて、前記表面画像の修正を行うプログラム手段と、

を含むコンピュータプログラム。

フロントページの続き

(72)発明者 ティロ・マイ

ドイツ64283ダルムシュタット、ミュールシュトラッセ62番

(72)発明者 クリティアン・アム・ヴェーク

ドイツ63225ランゲン、エリザベーテンシュトラッセ67番

Fターム(参考) 2F065 AA03 AA52 BB05 CC22 FF55 FF61 GG04 GG22 LL02 MM14
MM15 PP03 PP04 UU03

【 外国語明細書 】

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

1

Vorrichtung und Verfahren zur geometrischen Vermessung eines Objekts

Beschreibung

5 Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur geometrischen Vermessung eines Objekts, insbesondere von optischen Komponenten, wie zum Beispiel von Linsen. Die Erfindung betrifft zudem ein dementsprechendes Verfahren sowie ein

10 Computerprogramm zur geometrischen Vermessung derartiger Objekte.

Hintergrund

Zur Qualitätssicherung als auch zur Überwachung von industriellen

15 Herstellungsprozessen, insbesondere im Bereich der Feinwerktechnik, Optik sowie in der Fertigungstechnik mechanischer und elektrischer Mikrostrukturen, besteht ein wachsender Bedarf hinsichtlich hochauflösender und präziser Vermessungen von Werkstücken oder allgemein von Objekten.

20 So ist aus der DE 10 2011 011 065 B4 eine Vorrichtung zur Vermessung zumindest eines Oberflächenabschnitts eines auf einem Träger gelagerten Objekts bekannt. Die Vorrichtung weist dabei ein gegenüber dem Träger fixierbares Referenzobjekt und einen in zumindest einer ersten Richtung gegenüber dem Referenzobjekt beweglichen Halter auf. An dem Halter sind ein Referenzkörper

25 sowie ein Abstandssensor angeordnet, die relativ zueinander drehbar gelagert sind. Die Abstandsmesseinrichtung ist dabei dazu ausgebildet, einen ersten Abstand zu einem ersten Punkt des Oberflächenabschnitts des Objekts und einen zweiten Abstand zu einem hiermit korrespondierenden zweiten Punkt des Referenzkörpers zu bestimmen. Die als Abstandsmesser bezeichnete

30 Abstandsmesseinrichtung weist dabei einen ersten, dem Objekt zugewandten Abstandssensor und einen zweiten, dem Referenzkörper zugewandten Abstandssensor auf. Diese sind dabei diametral entgegengesetzt zueinander ausgerichtet.

35 Mit einer derartigen Vorrichtung kann die Oberfläche eines Objekts hochpräzise und berührungslos optisch abgetastet bzw. gescannt werden.

BESTÄTIGUNGSKOPIE

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

2

Die aus der DE 10 2011 011 065 B4 grundsätzlich bekannte Vorrichtung ist in Fig. 3 schematisch dargestellt. Die Messeinrichtung 10 weist einen Träger 12 auf, an dem ein zu bemessendes Objekt 14, wie zum Beispiel eine Linse, drehbar oder verschiebbar gelagert ist. Die Vorrichtung 10 weist ferner einen in der in Fig. 3
5 gezeigten x-z-Ebene beweglichen Halter 26 auf, an welchem ein Referenzkörper 28 sowie ein Lager 32 zur drehbaren Lagerung zweier Abstandssensoren 34, 36, welche eine Abstandsmesseinrichtung 70 bilden, angeordnet ist. Der Referenzkörper 28 weist eine dem Abstandssensor 36 zugewandte, vorliegend
10 etwa nach Art einer Zylinderinnenwandung ausgebildete reflektierende bzw. spiegelnde Referenzfläche 30 auf. Diese kann zum Beispiel als Hohlspiegel ausgestaltet sein. Diametral dem Abstandssensor 36 gegenüberliegend, weist die Abstandsmesseinrichtung 70 einen weiteren, etwa baugleichen Abstandssensor 34 auf. Dieser ist dem Abstandssensor 36 diametral entgegengesetzt ausgerichtet.
15 Die beiden Abstandssensoren 34, 36 sind starr miteinander gekoppelt.

Der Abstandssensor 34 ist auf die zu vermessende Oberfläche 15 des Objekts 14 gerichtet. Die Abstandssensoren 34, 36 sind als optische Abstandssensoren und somit zur Emission und Detektion von Lichtsignalen ausgebildet. Die Sensoren 34
20 und 36 messen in Reflexionsgeometrie. Das heißt einer auf einen Messpunkt 42 des Objekts 14 gerichteter Messstrahl wird entsprechend der Oberflächenkontur des Objekts 14 reflektiert und zurückgespiegelt und aufgrund einer annähernd orthogonalen Ausrichtung des Messstrahls zur Oberfläche 15 des Objekts 14 wieder vom Sensor 34 detektiert und schließlich einer mit dem Abstandssensor 34
25 gekoppelten Steuerung mit einer Sensor- und Detektionseinheit zugeführt. Je nach Kontur des zu vermessenden Objekts 14 und der relativen Positionierung des Halters 26 gegenüber dem Objekt 14 ist die Ausrichtung bzw. Orientierung der Abstandssensoren 34, 36 bezüglich der Drehachse 33 am Halter 26 zu verändern und zur Einhaltung der für die Messung erforderlichen Orthogonalitätsbedingung
30 jeweils adaptiv anzupassen.

Insbesondere bei der Vermessung von nicht rotationssymmetrischen Objekten 14, wie zum Beispiel einer in Fig. 3 im Querschnitt angedeuteten und ihrer Längserstreckung senkrecht zur Papierebene, das heißt in y-Richtung
35 erstreckenden Zylinderlinse, ist es erforderlich, die gesamte Querschnittskontur

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

3

senkrecht zur Längserstreckung des Objekts 14 mit dem Abstandssensor 34 abzuscanen.

Insbesondere bei stark gekrümmten Oberflächen 15 von zu vermessenden
5 Objekten 14 kann es sich dabei als schwierig erweisen, den Abstandssensor 34 in
einem geforderten Abstand und in der für die Abstandsmessung erforderlichen
Ausrichtung relativ zum Objekt 14 zu positionieren. Wie beispielsweise in Fig. 3
dargestellt, können Situationen auftreten, in welchen der Referenzkörper 28
beispielsweise mit einem dem Objekt 14 oder dem Objektträger 12 zugewandten,
10 nach unten ragenden Schenkel mit dem zu vermessenden Objekt 14 kollidieren
würde.

Eine derartige Kollision ist natürlich zu vermeiden. Um jedoch auch stark
gegenüber der Horizontalen geneigte Oberflächenabschnitte des Objekts 14
15 orthogonal abscannen zu können, ist eine gewisse geometrische Erstreckung des
Referenzkörpers 28 unausweichlich.

Um ferner die Position der Abstandsmesseinrichtung 70, insbesondere der beiden
Abstandssensoren 34, 36 als auch die Position des Referenzkörpers 28 in der x-z-
20 Ebene präzise zu bestimmen, sind am Halter 26 zwei weitere, vorliegend als
Referenzsensoren 50, 52 bezeichnete Abstandssensoren vorgesehen, die
entsprechend der Verschiebe- oder Bewegungsrichtungen (x, z) des Trägers 26
relativ zu den ortsfesten Referenzobjekten 18, 20 ausgerichtet sind und mittels
derer der Abstand 48 des Trägers 26 zur Referenzfläche 22 des Referenzobjekts
25 18 in z-Richtung und der Abstand 46 in x-Richtung zum weiteren ortsfest
angeordneten Referenzobjekt 20 und zu dessen Referenzfläche 24 messbar ist.

Die in Fig. 3 skizzierten virtuellen Verlängerungen 1, 2 der Messachsen der
Referenzsensoren 50, 52 fallen mit der Drehachse 33 der
30 Abstandsmesseinrichtung 70 zusammen. Hiermit ist die gesamte Vorrichtung im
Wesentlichen invariant gegenüber etwaigen Drehbewegungen oder
Kippbewegungen des Trägers 26 bzw. des Referenzkörpers 28 in der von X-
Richtung und Z-Richtung gebildeten Messebene (x, z). Die Überlagerung der
gedachten Verlängerungen 1, 2 der Messachsen der Referenzsensoren 50, 52 mit
35 der Drehachse 33 der beiden starr miteinander gekoppelten Abstandssensoren 34,

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

4

36 erweist in messtechnischer Hinsicht als besonders vorteilhaft. Hierdurch wird aber auch die geometrische Gestaltungsfreiheit für den Halter 26 und insbesondere für den daran angeordneten Referenzkörper 28 mitunter stark eingeschränkt.

5

Demgegenüber liegt der vorliegenden Erfindung nun die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Vorrichtung zur geometrischen Vermessung eines Objekts bereitzustellen, die ein erhöhtes Maß an Gestaltungsfreiheit für den Referenzkörper bereitstellt sodass etwaige Kollisionen zwischen dem

10 Referenzkörper und dem zu vermessenden Objekt sicher vermieden werden können ohne dabei die Messgenauigkeit einzuschränken.

Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung zur geometrischen Vermessung eines Objekts gemäß Patentanspruch 1, mit einem Verfahren zur geometrischen

15 Vermessung eines Objekts nach Anspruch 13 und mit einem Computerprogramm nach Anspruch 14 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind dabei Gegenstand abhängiger Patentansprüche.

Insoweit ist eine Vorrichtung zur geometrischen Vermessung eines Objekts

20 vorgesehen. Die Vorrichtung weist einen Träger für das Objekt sowie zumindest ein gegenüber dem Träger fixierbares Referenzobjekt auf. Träger und Referenzobjekt sind typischerweise ortsfest angeordnet und stehen in einem festen geometrischen Bezug zueinander. Die Vorrichtung weist ferner einen in zumindest einer Richtung (x, z) gegenüber dem Referenzobjekt beweglichen

25 Halter auf. An dem Halter sind ein Referenzkörper und eine Abstandsmesseinrichtung angeordnet. Die Abstandsmesseinrichtung ist dabei zur Messung eines Abstands zwischen dem Objekt, insbesondere der der Abstandsmesseinrichtung zugewandten Objektoberfläche und dem Referenzkörper, insbesondere einer dem Objekt zugewandten Referenzfläche des

30 Referenzkörpers ausgestaltet.

Ferner sind an einer dem Referenzobjekt zugewandten Seite des Halters oder des Referenzkörpers ein erster und ein zweiter Referenzsensor voneinander beabstandet angeordnet. Die beiden Referenzsensoren sind zur Messung eines

35 ersten und eines zweiten Abstands zum Referenzobjekt ausgebildet. Insoweit

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

5

messen beide an ein und derselben Seite des Halters oder des Referenzkörpers angeordnete Referenzsensoren jeweils einen Abstand zu ein und demselben Referenzobjekt. Sollten sich hierbei unterschiedliche Abstände ergeben, ist dies ein Maß für eine mögliche Verkippung des Halters gegenüber der Ausrichtung des Referenzobjekts. Mittels zweier an einer dem Referenzobjekt zugewandten Seite des Halters oder des Referenzkörpers angeordneter Referenzsensoren kann eine mögliche Verkippung und somit nicht nur die relative Position sondern auch die Ausrichtung des Halters in der Messebene (x, z) ermittelt und zur Korrektur der von der Abstandsmesseinrichtung messbaren Abstandswerte verwendet werden.

Die Anordnung zumindest zweier Referenzsensoren an einer dem Referenzobjekt zugewandten Seite oder einem entsprechenden Abschnitt des Halters oder des Referenzkörpers erlaubt es, den virtuellen Schnittpunkt der Verlängerung der Messachsen der Referenzsensoren in einen Bereich außerhalb der Drehachse der Abstandsmesseinrichtung zu verlagern. Insoweit ermöglicht die Vorrichtung vielfältigste und unterschiedlichste geometrische Ausgestaltungen des Halters und des daran angeordneten Referenzkörpers.

Nach einer Weiterbildung hiervon ist vorgesehen, dass der erste Referenzsensor zur Messung des ersten Abstandes zu einem ersten Punkt einer dem Halter zugewandten Referenzfläche des Referenzobjekts ausgebildet ist. Mittels des ersten Referenzsensors ist grundsätzlich ein erster Abstand zwischen dem Halter und der Referenzfläche des betreffenden Referenzobjekts bestimmbar.

Nach einer weiteren Ausgestaltung ist auch der zweite Referenzsensor zur Messung des zweiten Abstandes zu einem zweiten Punkt der dem Halter zugewandten Referenzfläche des Referenzobjekts ausgebildet. Typischerweise sind erster und zweiter Referenzsensor parallel zueinander ausgerichtet. Sie sind jedoch in einem vorgegebenen Abstand senkrecht oder schräg zur jeweiligen Messrichtung voneinander beabstandet am Halter angeordnet. Sollte der Halter beispielsweise einer Schwenk- oder Kippbewegung unterliegen, so kann dies durch einen Vergleich der ersten und zweiten Abstände ermittelt werden, die unabhängig voneinander mittels dem ersten und dem zweiten Referenzsensor messbar und insoweit bestimmbar sind.

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

6

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Vorrichtung ist vorgesehen, dass ein Abstand (d) zwischen dem ersten Punkt und dem zweiten Punkt der Referenzfläche mit dem Abstand (D) zwischen dem ersten und dem zweiten Referenzsensor korreliert. Es ist hierbei denkbar, dass der Abstand (d) zwischen 5 Punkten der Referenzfläche in etwa dem Abstand (D) zwischen dem ersten und dem zweiten Referenzsensor entspricht oder weitreichend identisch hierzu ist. In einer derartigen Ausgestaltung sind die Referenzsensoren beispielsweise parallel zueinander ausgerichtet. Sie können dabei insbesondere im Wesentlichen 10 senkrecht zur Referenzfläche bzw. senkrecht zum Referenzobjekt ausgerichtet sein.

Nach einer weiteren Ausgestaltung weist die Vorrichtung ferner einen als Detektionseinheit ausgestaltete Steuerung auf, mittels welcher aus dem ersten 15 Abstand und dem zweiten Abstand die Position und die Ausrichtung des Halters oder seines Referenzkörpers relativ zum zumindest einen Referenzobjekt präzise bestimmbar ist. Insbesondere kann aus einem Vergleich und/oder aus einer Mittelwertbildung, der unabhängig voneinander gemessenen ersten und zweiten Abstände sowohl die Position des Halters als auch seine Neigung bzw. Verkippung 20 in der Messebene (x, z) bestimmt werden. Insbesondere ist hiermit die Lage der Drehachse der Abstandsmesseinrichtung präzise bestimmbar.

Nach einer weiteren Ausgestaltung ist der Halter in einer von einer ersten Richtung (x) und einer zweiten Richtung (z) aufgespannten Ebene (x, z) relativ zu 25 einem ersten und zu einem zweiten Referenzobjekt beweglich. Insoweit kann der Halter in einer zweidimensionalen x - z -Ebene relativ zum Objekt bewegt werden und entsprechend der Beschaffenheit und Kontur der Objektoberfläche stets mit seinem dem Objekt zugewandten Abstandssensor im Wesentlichen orthogonal zu einem Messpunkt auf der Objektoberfläche ausgerichtet werden. Die ersten und 30 zweiten Referenzobjekte erstrecken sich typischerweise senkrecht zueinander. Sie sind relativ zueinander als auch zum Träger für das Objekt fixiert.

Nach einer weiteren Ausgestaltung ist vorgesehen, dass der erste Referenzsensor und der zweite Referenzsensor jeweils zum ersten Referenzobjekt ausgerichtet 35 sind. Es ist ferner ein dritter Referenzsensor vorgesehen, der zum zweiten

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

7

Referenzobjekt ausgerichtet ist. Es ist typischerweise vorgesehen, dass erstes und zweites Referenzobjekt senkrecht oder orthogonal zueinander ausgerichtet sind und dass die den jeweiligen Referenzobjekten zugewandten Referenzsensoren im Wesentlichen senkrecht zu den Referenzflächen der
5 betreffenden Referenzobjekte ausgerichtet sind.

Etwaige durch die Bewegung des Halters induzierte Kipp- oder Schwenkbewegungen des Halters etwa in der x-z-Ebene führen noch nicht zu einer Verletzung der für die Abstandsmessung erforderlichen
10 Orthogonalitätsbedingung. Sie können aber in Hinblick auf die geforderte Messgenauigkeit im Bereich einiger weniger Nanometer oder darunter massive Auswirkungen auf die Genauigkeit der mit der Abstandsmesseinrichtung zu erzielenden Messung haben. Mittels der insgesamt drei Referenzsensoren kann die Position des Trägers und somit auch seines Referenzkörpers und der relativ
15 zum Referenzkörper drehbar gelagerten Abstandsmesseinrichtung in den beiden Richtungen der Messebene (x, z) bestimmt werden. Zudem ist eine auch nur geringfügige Neigung des Trägers relativ zu einem der Referenzobjekte mit Hilfe des ersten und des zweiten Referenzsensors bestimmbar.

20 Nach einer weiteren Ausgestaltung ist das erste Referenzobjekt ferner parallel zur ersten Richtung (x) ausgerichtet und das zweite Referenzobjekt ist parallel zur zweiten Richtung (z) ausgerichtet, wobei die beiden Richtungen x, z senkrecht zueinander ausgerichtet sind. Wird der Träger beispielsweise entlang der ersten Richtung (x) bewegt, so ändert sich hierdurch der Abstand des Trägers in x-
25 Richtung und somit der Abstand des Trägers zum zweiten Referenzobjekt. Eine derartige Abstandsänderung kann mit dem dritten Referenzsensor präzise ermittelt werden. Für eine Messung der Bewegung des Trägers in der anderen Richtung der Messebene, insbesondere in der beispielsweise vertikal ausgerichteten z-Richtung, kann ein hieraus resultierender und sich ändernder Abstand zum ersten
30 Referenzobjekt 18 mittels des ersten und des zweiten Referenzsensors gleichzeitig ermittelt werden. Ergeben sich hierbei unterschiedliche Abstandswerte, ist dies ein Indiz für eine Verkippung oder auch nur geringfügige Neigung oder Verdrehung des Trägers in der Messebene (x, z).

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

8

Nach einer weiteren Ausgestaltung weist die Abstandsmesseinrichtung einen ersten Abstandssensor und einen zweiten Abstandssensor auf, die relativ zum Referenzkörper drehbar gelagert sind. Mittels der beiden Abstandssensoren kann der Gesamtabstand zwischen der Oberfläche des Objekts um eine Referenzfläche
5 des Referenzkörpers für sämtliche Winkelstellungen der Abstandsmesseinrichtung präzise ermittelt werden. Etwaige durch die Drehbewegung der Abstandsmesseinrichtung bedingte Positionsungenauigkeiten ihrer ersten und zweiten Abstandssensoren können durch das diametral entgegengesetzte
10 Abstandsmessen einerseits zur Objektoberfläche und andererseits zum Referenzobjekt präzise ermittelt und rechnerisch kompensiert werden.

Die Abstandsmesseinrichtung ist ferner dazu ausgebildet, einen ersten Abstand zu einem ersten Punkt des zu vermessenden Oberflächenabschnitts des Objekts als auch einen zweiten Abstand zu einem hiermit korrespondierenden zweiten Punkt
15 des Referenzkörpers zu bestimmen. Der mittels der Abstandsmesseinrichtung zu ermittelnde erste Abstand stellt das eigentliche Messsignal dar, während anhand des gemessenen zweiten Abstands eine etwa rotationsbedingte Relativverschiebung zwischen der Abstandsmesseinrichtung und dem, ebenfalls am beweglichen Halter angeordneten, Referenzkörper ermittelt werden kann.
20 Anhand des zu messenden zweiten Abstands kann insoweit eine Abstandskorrektur für den ersten gemessenen Abstand erfolgen.

Eine etwa durch die Drehbewegung der Abstandsmesseinrichtung hervorgerufene nicht reproduzierbare Verschiebung der Sensoren und eine daraus resultierende
25 Verfälschung der Messwerte kann durch die Bestimmung des zweiten Abstands gegenüber einem, hinsichtlich seiner Kontur und Position bekannten Referenzkörper kompensiert werden. Ein Offset zwischen einer Drehachse und einer Messachse der Abstandsmesseinrichtung kann durch Ermittlung der ersten und zweiten Abstände sowie durch eine relative Ausrichtung von Referenzkörper
30 und Abstandsmesseinrichtung rechnerisch kompensiert werden.

Die Abstandsmesseinrichtung, insbesondere ihre beiden Abstandssensoren befinden sich mit den zumindest zwei, typischerweise mit den drei
Referenzsensoren in einer gemeinsamen Ebene, der sog. Messebene. Auf diese
35 Art und Weise können sämtliche für die Oberflächen- und Abstandsmessung in der

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

9

Messeebene relevanten Faktoren, insbesondere eine Neigung und/oder eine Verkippung des Referenzkörpers in der Messeebene sensorisch erfasst und für die Präzision der eigentlichen Messung kompensiert werden.

- 5 Es ist nach einer weiteren Ausgestaltung vorgesehen, dass der erste Abstandssensor der Abstandsmesseinrichtung dem Träger bzw. dem daran angeordneten Objekt zugewandt ist, und dass der zweite Abstandssensor dem Referenzkörper zugewandt ist. Typischerweise sind erster und zweiter Abstandssensor diametral entgegengesetzt zueinander ausgerichtet. Sie sind starr
10 miteinander gekoppelt, sodass jedem auf der Objektoberfläche abzutastenden bzw. berührungslos zu vermessenden Punkt ein hiermit korrespondierender Punkt auf der Referenzfläche des Referenzkörpers zugeordnet ist.

- Nach einer weiteren Ausgestaltung ist vorgesehen, dass ein Objekthalter drehbar
15 oder linear translatorisch verschiebbar am Träger gelagert ist. Bei einer drehbaren Lagerung liegt die Drehachse des Objekthalters typischerweise in der Messebene der Abstandsmesseinrichtung oder sie erstreckt sich parallel zur Messebene. Eine drehbare Lagerung des Objekthalters an der Trägereinrichtung ist insbesondere für das Vermessen rotationssymmetrischer Objekte in messtechnischer Hinsicht
20 von Vorteil. Ein sich an der Trägereinrichtung drehendes Objekt kann von der Abstandsmesseinrichtung radial von außen nach innen oder von innen nach außen während der Drehbewegung des Objekts abgetastet bzw. berührungslos abgescannt werden.

- 25 Bei einer translatorischen Lagerung erstreckt sich die Translations- oder Verschieberichtung typischerweise senkrecht oder unter einem vorgegebenen Winkel zur Messebene der Abstandsmesseinrichtung. Eine translatorische Lagerung des Objekts an der Trägereinrichtung erweist sich insbesondere für ein schrittweises Abscannen oder Abtasten von Objekten mit einer Zylindersymmetrie,
30 beispielsweise von Zylinderlinsen, als vorteilhaft. Hierbei kann insbesondere vorgesehen werden, die Längsachse des zu vermessenden Objekts in Richtung der Translationsachse der Trägereinrichtung auszurichten und das Objekt dementsprechend am Objekthalter anzuordnen.

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

10

Nach einer weiteren Ausgestaltung ist der oberhalb des Trägers an einer Basis beweglich angeordnete Halter über gegenüberliegende Außenränder des Objekts bzw. über gegenüberliegende Außenränder des Objektträgers hinweg verfahrbar. Eine derartige Verfahrensmöglichkeit und Beweglichkeit des Halters an der Basis und gegenüber dem Träger ermöglicht es, die gesamte Oberflächenkontur eines
5 Objekts abzuscannen bzw. berührungslos, insbesondere optisch abzutasten. Auf diese Art und Weise können auch nicht rotationssymmetrische Objekte bzw. deren Oberfläche präzise vermessen werden.

10 Die Abstandssensoren bzw. Referenzsensoren sind typischerweise mit mehreren Lichtquellen unterschiedlicher Wellenlänge gekoppelt, um den Abstand zum Objekt oder zum Referenzkörper oder Referenzobjekt mittels eines Mehrwellenlängenmessprinzips zu bestimmen. Ein derartiges Heterodont-Messverfahren ermöglicht eine hochpräzise Abstandsmessung mit einer Auflösung
15 im Nanometer- und Subnanometerbereich und kann ferner einen Eindeutigkeitsbereich des Messergebnisses bis in den Millimeterbereich hinein bereitstellen. Bevorzugt werden als Lichtquellen weitgehend monochromatische Laser vorgesehen, deren Wellenlänge im Bereich zwischen 1520 und 1630 nm liegt. Typischerweise liegen die verwendeten Laserwellenlängen im S-, C- oder L-
20 Band des optischen Telekommunikationsspektrums. Es sind aber auch grundsätzlich Wellenlängen im sichtbaren und/oder UV-Spektralbereich denkbar.

Prinzipiell ist die Erfindung auch für eine mit lediglich einer Wellenlänge operierende Abstandsmesseinrichtung implementierbar. Mittels eines
25 Mehrwellenlängen-Messverfahrens kann jedoch der Eindeutigkeitsbereich der empfangenen Signale sichtlich vergrößert werden. Die jeweilige Phase oder Phasenlage der von der Objektoberfläche reflektierten Strahlen wird wellenlängenselektiv detektiert und im Zuge einer elektronischen Auswertung zur Bestimmung des Abstandes verarbeitet.

30 Die Abstandssensoren können ferner faseroptisch mit den betreffenden Lichtquellen gekoppelt sein. Etwaige umweltbedingte Störeinflüsse können auf diese Art und Weise auf ein Minimum begrenzt werden.

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

11

Nach einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ferner ein Verfahren zur geometrischen Vermessung eines Objekts mittels einer zuvor beschriebenen Vorrichtung. Die Oberflächenkontur eines am Träger gelagerten Objekts wird dabei mittels der am Halter drehbar angeordneten Abstandsmesseinrichtung
5 scannend, das heißt oberflächenabtastend erfasst. Einzelne Messpunkte der Oberfläche des Objekts werden nacheinander mit einem Messstrahl beaufschlagt, sodass für jeden Messpunkt ein Abstand ermittelbar ist. Insoweit werden während eines Scann Prozesses mittels der Abstandsmesseinrichtung mehrere Abstände zwischen Messpunkten des Objekts und Referenzpunkten des Referenzkörpers
10 gemessen. Aus diesen wird ein Oberflächenabbild des Objekts erzeugt, insbesondere rechnergestützt berechnet.

Ferner werden mittels dem ersten und dem zweiten Referenzsensor die Position und die Ausrichtung des Halters oder seines Referenzkörpers relativ zum
15 zumindest einen Referenzobjekt ermittelt. Sofern die Vorrichtung nur einen Bewegungsfreiheitsgrad für den Halter vorsieht, ist die Implementierung von lediglich zwei typischerweise parallel ausgerichteten und senkrecht zu ihrer Messrichtung voneinander beabstandeten Referenzsensoren grundsätzlich ausreichend. In einer Weiterbildung der Vorrichtung und dementsprechend auch in
20 einer Weiterbildung des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Position und Ausrichtung des Halters in einer zweidimensionalen Messebene (x, z) mittels dem ersten, dem zweiten und einem dritten Referenzsensor ermittelt werden. Auf Basis der Positions- und Ausrichtungsbestimmung des Halters bzw. des Referenzkörpers wird dann das Oberflächenabbild korrigiert.

25 So ist insbesondere vorgesehen, dass die mittels des ersten und des zweiten Referenzsensors ermittelte Ausrichtung des Halters zur Korrektur der von der Abstandsmesseinrichtung gemessenen Abstände zwischen Messpunkten des Objekts und Referenzpunkten des Referenzkörpers verwendet werden. Auf diese
30 Art und Weise können aufgrund geringster Neigungen oder Versippungen des Halters bedingte Abstands-Messfehler rechnerisch kompensiert werden.

Es ist hierbei anzumerken, dass das genannte Verfahren mittels der zuvor beschriebenen Vorrichtung durchführbar ist, und dass insoweit sämtliche in Bezug

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

12

auf die Vorrichtung beschriebenen Merkmale und Vorteile auch gleichermaßen für das Verfahren gelten; und umgekehrt.

Nach einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ferner ein Computerprogramm
5 zur geometrischen Vermessung eines Objekts mittels einer zuvor beschriebenen
Vorrichtung. Das Computerprogramm weist Programmmittel zum scannenden
Erfassen der Oberflächenkontur eines am Träger gelagerten Objekts mit Hilfe der
Abstandsmesseinrichtung auf. Hierzu ist das Computerprogramm mit
10 Programmmitteln zum Messen mehrerer Abstände zwischen Messpunkten des
Objekts und Referenzpunkten des Referenzkörpers mit Hilfe der
Abstandsmesseinrichtung ausgestattet. Ferner weist das Computerprogramm
Programmmittel auf, mittels deren die Position und die Ausrichtung des Halters
oder seines Referenzkörpers relativ zum Referenzobjekt auf Basis der vom ersten
15 und vom zweiten Referenzsensor gemessenen Abstände ermittelt werden.
Schließlich sind Programmmittel zum Korrigieren des Oberflächenabbilds auf
Basis der ermittelten bzw. gemessenen Position und Ausrichtung des Halters oder
seines Referenzkörpers vorgesehen.

An dieser Stelle ist ferner anzumerken, dass das Computerprogramm in der mit
20 der Vorrichtung gekoppelten Steuerung abläuft und in dieser dementsprechend
implementierbar ist. Das Computerprogramm dient insbesondere der
rechnergestützten Umsetzung des zuvor beschriebenen Verfahrens bei der
bestimmungsgemäßen Verwendung der ebenfalls zuvor beschriebenen
Vorrichtung. Insoweit gelten sämtliche im Hinblick auf die Vorrichtung und auf das
25 Verfahren genannten Merkmale, Eigenschaften und Vorteile auch gleichermaßen
für das Computerprogramm; und umgekehrt.

Kurzbeschreibung der Figuren

30 Weitere Ziele, Merkmale sowie vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung werden
anhand der nachfolgenden Beschreibung eines exemplarischen
Ausführungsbeispiels näher beschrieben. Hierbei zeigen:

35 Fig. 1 eine perspektivische Darstellung der Vorrichtung zur geometrischen
Vermessung eines Objekts,

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

13

- Fig. 2 eine Seitenansicht der Vorrichtung,
- Fig. 3 eine vereinfachte und schematische Darstellung einer gattungsgemäßen
5 Vorrichtung nach dem Stand der Technik,
- Fig. 4 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in
einer ersten Konfiguration,
- 10 Fig. 5 die Darstellung der Vorrichtung gemäß Fig. 4 in einer weiteren
Konfiguration und
- Fig. 6 ein Flussdiagramm des Verfahrens.

15 Detaillierte Beschreibung

Die in Fig. 1 in perspektivischer Darstellung gezeigte Messvorrichtung 100 weist
eine ortsfeste Basis 110 auf, an welcher ein Objekthalter 102 einer
Trägereinrichtung 12 beispielsweise translatorisch verschiebbar gelagert ist. An
20 der Trägereinrichtung 12, mithin an deren Objekthalter 102 ist ein zu
vermessendes Objekt 14 anordenbar.

Die Vorrichtung 100 weist an ihrer Basis 110 ein die Trägereinrichtung 12
überspannendes und im Wesentlichen eine Messebene (x, z) definierendes
25 Gestell 104 auf. Dieses ist mit der Basis 110 fest und starr verbunden. Das Gestell
104 weist zwei seitliche Schenkel 105, 106 sowie oberhalb der Trägereinrichtung
12 einen sich zwischen den seitlichen Schenkeln 105, 106 erstreckenden
Verbindungsbalken 108 auf. An der Unterseite des Verbindungsbalkens 108 ist ein
erstes Referenzobjekt 18 angeordnet, während an einer dem Träger 12
30 zugewandter Innenseiten des linken Schenkels 105 ein zweites Referenzobjekt 20
angeordnet ist.

Die zwei ortsfesten und zueinander fixierten, vorliegend orthogonal zueinander
ausgerichteten Referenzobjekte 18, 20 sind unbeweglich und starr am Gestell 104
35 befestigt. Das Referenzobjekt 18 erstreckt sich in einer ersten Richtung (x), etwa

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

14

horizontal, und das zweite Referenzobjekt 20 erstreckt sich senkrecht hierzu in einer zweiten Richtung (z), etwa vertikal. An beiden Referenzobjekten 18, 20 sind einzelne Referenzflächen 22, 24 vorgesehen, die typischerweise als Spiegelflächen oder als reflektierende Flächen ausgebildet sind. Mittels des
5 Gestells 104 sind die Referenzobjekte 18, 20 ortsfest an der Basis 110 angeordnet.

Mittels des Gestells 104 sind die Referenzobjekte 18, 20 auch ortsfest in Bezug auf die Trägereinrichtung 12 für das zu vermessende Objekt 14 angeordnet. An
10 der Basis 110 ist ferner ein in der Messebene (x, z) beweglicher Halter 126 angeordnet. Am Halter 126 ist eine Abstandsmesseinrichtung 70 angeordnet, die über ein Lager 32 bezüglich einer Drehachse schwenkbar am Halter 126 gelagert ist. Die Drehachse 33 des Lagers 32 erstreckt sich hierbei senkrecht zur
Messebene (x, z), folglich in y-Richtung. Der Halter 126 ist an der Basis 110
15 bezüglich der Messebene (x, z) beweglich gelagert.

Wie in den Figuren 1 und 4 gezeigt sind an dem Halter 126 ein Referenzkörper 128 sowie ein Lager 32 zur drehbaren Lagerung zweier Abstandssensoren 34, 36
angeordnet. Der Referenzkörper 128 weist eine der Abstandsmesseinrichtung 70
20 zugewandte, vorliegend etwa nach Art einer Zylinderinnenwandung ausgebildete Spiegel- oder Referenzfläche 130 auf. Diese ist bevorzugt als Hohlspiegel ausgebildet. Die Kontur der Referenzfläche 130 ist zur Kalibrierung der Messvorrichtung 100 präzise zu vermessen. Die Kontur und die einzelnen auf der Referenzfläche 130 abzutastenden Punkte 144 sind hinsichtlich ihrer Position
25 bekannt und in einer Auswerteeinheit der Steuerung 60 hinterlegt.

Die Anordnung des Referenzkörpers 128 am Halter 126 erfolgt über einen sich horizontal erstreckenden Ausleger 112 während die Anordnung der
Abstandsmesseinrichtung 70 am Halter 126 über einen sich parallel hierzu
30 erstreckenden weiteren, drehbar an der Basis 110 angeordneten Ausleger 114 erfolgt, wie dies in der Seitenansicht der Fig. 2 gezeigt ist.

Das Messprinzip der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung 100 ist in den Figuren 4 und 5 konzeptionell in der Messebene (x, z) dargestellt. Das grundlegende Messprinzip,
35 nämlich die Messung des Abstands 38 zwischen einem ersten Abstandssensor 34

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

15

und einem Messpunkt 42 auf der Oberfläche 15 des Objekts 14 sowie die damit einhergehende Messung eines hiermit korrespondierenden Abstands 140 zu einem Referenzpunkt 144 der Referenzfläche 130 des im Vergleich zum Stand der Technik modifizierten Referenzkörpers 128 wird im Wesentlichen unverändert
5 beibehalten.

Die zwei entgegengesetzt ausgerichtete Abstandssensoren 34, 36 aufweisende Abstandsmesseinrichtung 70 ist bezüglich einer Drehachse 33 drehbar am Lager 32 gehalten. Die Drehachse 33 verläuft hierbei bevorzugt orthogonal zu der von
10 den beiden Referenzobjekten 18, 20 aufgespannten Ebene (x, z). Der zum Objekt 14 gerichtete Abstandssensor 34 ist hierbei bevorzugt als Mehrwellenlängen-Sensor ausgebildet, der zur Bestimmung eines absoluten Abstands zu einem ausgewählten ersten Punkt 42 auf der zu vermessenden Oberfläche des Objekts 14 ausgebildet ist. Auch können sämtliche weiteren Sensoren 150, 152, 154 als
15 Mehrwellenlängen-Sensoren ausgebildet sein.

Die Sensoren 34, 36 sind zueinander fixiert. Sie sind zudem bezogen auf die Drehachse 33 diametral entgegengesetzt zueinander ausgerichtet. Eine Veränderung der Ausrichtung des Sensors 34 geht somit stets mit einer
20 entsprechenden Richtungsänderung des Sensors 36 einher.

Die Sensoren 34, 36 messen in Reflexionsgeometrie. Das heißt, der auf den Messpunkt 42 gerichtete Messstrahl wird identisch zurückgespiegelt und vom Sensor 34 wieder detektiert und schließlich einer mit dem Sensor 34 gekoppelten,
25 in Fig. 1 angedeuteten Sensor- bzw. Detektionseinheit einer Steuerung 60 zugeführt. Je nach Kontur des zu vermessenden Objekts 14 und der relativen Positionierung des Halters 126 gegenüber dem Objekt 14 ist die Ausrichtung bzw. Orientierung des Sensors 34 zu verändern. Eine Drehung des Abstandssensors 34, 36 um die Drehachse 33 kann jedoch eine Verschiebung des Abstandssensors
30 34 gegenüber dem Halter 126 mit sich bringen.

Indem der zweite Abstandssensor 36 in einer dem ersten Sensor 34 entgegengesetzten Richtung auf die Referenzfläche 130 des Referenzkörpers 128 ausgerichtet ist, kann eine etwa durch die Drehbewegung der
35 Abstandsmesseinrichtung 70 unweigerlich hervorgerufene Verschiebung in Bezug

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

16

auf den bekannten Referenzkörper 128 präzise gemessen und im Zuge der elektronischen Auswertung aufgenommener bzw. detektierter Messsignale kompensiert werden.

5 Erfährt der Sensor 34 etwa rotationsbedingt eine Verschiebung zum Beispiel in Richtung zum Objekt 14, würde dies den zu messenden Abstand 38 verringern. Eine solche Verschiebung würde aber gleichzeitig auch den zweiten Abstand 140, zwischen dem gegenüberliegenden Sensor 36 und der feststehenden Referenzfläche 130 quantitativ um das gleiche Maß vergrößern. Auf diese Art und
10 Weise können etwaige drehbedingte Positionsungenauigkeiten der Abstandsmesseinrichtung 70 präzise vom zweiten Abstandssensor 36 durch Messung eines zweiten Abstands 140 gegenüber einem ausgewählten zweiten Messpunkt 144 auf der Referenzfläche 130 kompensiert werden.

15 Aus einem Vergleich der Fig. 4 oder 5 mit dem Stand der Technik gemäß Fig. 3 wird deutlich, dass die Erstreckung des Referenzkörpers 128 in der vertikalen z-Richtung deutlich verkürzt ist. Demzufolge wandert zumindest die gedachte Verlängerung 2 eines dem zweiten Referenzkörper 20 zugewandten dritten Referenzsensors 154 nach oben und ist insoweit nicht mehr mit der Drehachse 33
20 der Abstandsmesseinrichtung 70 überlagert. Eine etwaige und im Hinblick auf die geforderte Genauigkeit unvermeidbare Verkippung oder Kippbewegung des Halters 126 in der Messebene (x, z) hat somit weitreichende Konsequenzen hinsichtlich der Lage- und Positionsbestimmung der Drehachse 33 der Abstandsmesseinrichtung 70 bzw. der Position und Lage des Referenzobjekts
25 128.

Am Referenzobjekt 128 sind dem ersten Referenzobjekt 18 zugewandt, von daher zwei Referenzsensoren 150, 152 angeordnet, die einen Abstand D aufweisen. Der erste Referenzsensor 150 dient der Messung eines ersten Abstands 51 zum
30 ersten Referenzobjekt 18 bzw. zu dessen Referenzfläche 22. Entsprechend der jeweiligen Position in x-Richtung wird hierbei der Abstand 51 vom ersten Referenzsensor 150 zu einem ersten Punkt 21 auf der Referenzfläche 22 bestimmt. Gleichermaßen wird mittels des zweiten Referenzsensors 152, welcher parallel zum ersten Referenzsensor 150 ausgerichtet ist, ein zweiter Abstand 53

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

17

zu einem zweiten Punkt 23 der Referenzfläche 22 des Referenzobjekts 18 gemessen.

Aus einem Vergleich von erstem und zweitem Abstand 51, 53 ist eine etwaige
5 Verkippung oder Neigung des Referenzkörpers 128 bzw. des Halters 126 relativ zu
den Referenzobjekten 18, 20 ermittelbar. Die Neigung ist dabei sowohl qualitativ
als auch quantitativ bestimmbar, sodass eine hieraus resultierende
Positionsveränderung der Abstandsmesseinrichtung 70 und der Drehachse 33
rechnerisch kompensiert werden kann. Die auf der Basis der Messung des ersten
10 und des zweiten Abstands 51, 53 ermittelbare Neigung oder Verkippung des
Referenzkörpers 128 bzw. des Halters 126 kann somit messtechnisch kompensiert
werden. Die mittels der Abstandsmesseinrichtung 70 ermittelbaren Abstände und
ein hieraus bildbares Oberflächenabbild des Objekts 14 kann hinsichtlich etwaiger
Positionier- bzw. Neigungsfehler des Referenzkörpers 128 bzw. der
15 Abstandsmesseinrichtung 70 rechnerisch korrigiert werden. Die Position des
Halters 126 bzw. des daran angeordneten Referenzkörpers 130 bezüglich der x-
Richtung ist mittels des dritten, gleichermaßen als Abstandssensor ausgebildeten
Referenzsensors 154 bestimmbar. Mittels diesem wird ein Abstand 55 zum
zweiten Referenzobjekt 20, bzw. zu einer Referenzfläche 24 des Referenzobjekts
20 gemessen.

Mittels der insgesamt drei Referenzsensoren 150, 152, und 154 wird es
ermöglicht, dass die Drehachse 33 der Abstandsmesseinrichtung 70 nicht mehr
zwingend mit den gedachten Verlängerungen 1, 2 der nach dem Stand der
25 Technik vorgesehenen Referenzsensoren 150, 152 überdeckend angeordnet sein
muss. Insoweit können unterschiedlichste Geometrien für den Referenzkörper 128
realisiert werden, die insbesondere ein kollisionsfreies Abscannen oder Abtasten
der gesamten Oberfläche 15 des zu untersuchenden Objekts 14 ermöglichen, wie
dies aus den beiden unterschiedlichen Konfigurationen der Fig. 4 und 5
30 hervorgeht. Aus einem Vergleich der Fig. 4 und 5 ist ferner erkennbar, dass die
Abstandsmesseinrichtung 70 bzw. der Halter 126 im Bereich oberhalb des Trägers
12 bis über beide gegenüberliegende Außenränder 14a, 14b des Objekts 14
hinweg verfahrbar ist. Auf diese Art und Weise können insbesondere auch nicht
rotationssymmetrische Objekte 14, wie beispielsweise längserstreckte
35 Zylinderlinsen, geometrisch vermessen werden

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

18

In Fig. 6 ist schließlich ein Flussdiagramm des Verfahrens dargestellt. In einem ersten Schritt 200 wird die Oberflächenkontur des am Träger 12 gelagerten Objekts 14 mittels der am Halter 126 drehbar angeordneten Abstandsmesseinrichtung 70 scannend, das heißt oberflächenab tastend erfasst. Einzelne Messpunkte 42 der Oberfläche 15 des Objekts 14 werden nacheinander mit einem Messstrahl beaufschlagt, sodass für jeden Messpunkt 42 ein Abstand zum Abstandssensor 36 ermittelt wird. Insoweit werden während eines Scannprozesses mittels der Abstandsmesseinrichtung 70 eine Reihe von Abständen 38 zwischen Messpunkten 42 des Objekts 14 und Referenzpunkten 140 des Referenzkörpers 128 gemessen. Aus diesen wird ein Oberflächenabbild des Objekts 14 erzeugt, insbesondere rechnergestützt berechnet.

In einem weiteren Schritt 202, welcher simultan zum ersten Schritt 200 abläuft werden mittels dem ersten und dem zweiten Referenzsensor 150, 152 als auch mittels des dritten Referenzsensors 154 die Position und die Ausrichtung des Halters 126 oder seines Referenzkörpers 128 relativ zum zumindest einen Referenzobjekt 18, 20, typischerweise zu beiden Referenzobjekten 18 und 20 ermittelt. Sofern die Vorrichtung 100 nur einen Bewegungsfreiheitsgrad für den Halter 126 vorsieht, ist die Implementierung von lediglich zwei typischerweise parallel und senkrecht zu ihrer Messrichtung voneinander beabstandeter Referenzsensoren 150, 152 grundsätzlich ausreichend.

In einem weiteren Schritt 204 auf Basis der Positions- und Ausrichtungsbestimmung des Halters bzw. des Referenzkörpers das Oberflächenabbild korrigiert.

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

19

Bezugszeichenliste

	1	Verlängerung
	2	Verlängerung
5	10	Messvorrichtung
	12	Träger
	14	Objekt
	14a	Außenrand
	14b	Außenrand
10	15	Oberfläche
	18	Referenzobjekt
	20	Referenzobjekt
	21	Punkt
	22	Referenzfläche
15	23	Punkt
	24	Referenzfläche
	26	Halter
	28	Referenzkörper
	30	Referenzfläche
20	32	Lager
	33	Drehachse
	34	Abstandssensor
	36	Abstandssensor
	38	Abstand
25	40	Abstand
	42	Messpunkt
	44	Messpunkt
	46	Abstand
	48	Abstand
30	50	Referenzsensor
	51	Abstand
	52	Referenzsensor
	53	Abstand
	55	Abstand
35	60	Steuerung

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

20

	70	Abstandsmesseinrichtung
	100	Vorrichtung
	102	Objekthalter
	104	Gestell
5	105	Schenkel
	106	Schenkel
	108	Verbindungsbaiken
	110	Basis
	112	Ausleger
10	114	Ausleger
	126	Halter
	128	Referenzkörper
	130	Referenzfläche
	140	Abstand
15	144	Messpunkt
	150	Referenzsensor
	152	Referenzsensor
	154	Referenzsensor

20

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

21

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur geometrischen Vermessung eines Objekts (14), mit:
 - 5 - einem Träger (12) für das Objekt (14),
 - zumindest einem gegenüber dem Träger (12) fixierbaren Referenzobjekt (18, 20),
 - 10 - einem in zumindest einer Richtung (x, z) gegenüber dem Referenzobjekt (18, 20) beweglichen Halter (126), an welchem ein Referenzkörper (128) und eine Abstandsmesseinrichtung (70) angeordnet sind, welche Abstandsmesseinrichtung (70) zur Messung eines Abstandes (38, 140) zwischen dem Objekt (14) und dem
 - 15 Referenzkörper (128) ausgestaltet ist,
 - wobei an dem Halter (126) oder an dem Referenzkörper (128) dem Referenzobjekt (18, 20) zugewandt ein erster und ein zweiter Referenzsensor (150, 152) voneinander beabstandet angeordnet
 - 20 sind, welche zur Messung eines ersten und eines zweiten Abstandes (51, 53) zum Referenzobjekt (18, 20) ausgebildet sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der erste Referenzsensor (150) zur
- 25 Messung des ersten Abstandes (51) zu einem ersten Punkt (21) einer dem Halter (126) oder dem Referenzkörper (138) zugewandten Referenzfläche (22) des Referenzobjekts (18) ausgebildet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der zweite Referenzsensor (150) zur
- 30 Messung des zweiten Abstandes (53) zu einem zweiten Punkt (23) der dem Halter (126) oder dem Referenzkörper (138) zugewandten Referenzfläche (22) des Referenzobjekts (18) ausgebildet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei ein Abstand (d) zwischen dem ersten Punkt (21) und dem zweiten Punkt (23) der Referenzfläche (22) mit dem

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

22

Abstand (D) zwischen dem ersten und dem zweiten Referenzsensor (150, 152) korreliert.

- 5 5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche ferner eine Steuerung (60) aufweist, mittels welcher aus dem ersten Abstand (51) und dem zweiten Abstand (52) die Position und die Ausrichtung des Halters (126) oder seiner Referenzkörpers (128) relativ zum Referenzobjekt (18, 20) bestimmbar ist.
- 10 6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Halter (126) in einer von einer ersten Richtung (x) und einer zweiten Richtung (z) aufgespannten Ebene (x, z) relativ zu einem ersten und zu einem zweiten Referenzobjekt (18, 20) beweglich ist.
- 15 7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei der erste Referenzsensor (150) und der zweite Referenzsensor (152) zum ersten Referenzobjekt (18) ausgerichtet sind und wobei ein dritter Referenzsensor (154) zum zweiten Referenzobjekt (20) ausgerichtet ist.
- 20 8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 oder 7, wobei das erste Referenzobjekt (18) parallel zur ersten Richtung (x) ausgerichtet ist und wobei das zweite Referenzobjekt (20) parallel zur zweiten Richtung (z) ausgerichtet ist.
- 25 9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Abstandsmesseinrichtung (70) einen ersten Abstandssensor (34) und einen zweiten Abstandssensor (36) aufweist, die relativ zum Referenzkörper (128) drehbar gelagert sind.
- 30 10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei der erste Abstandssensor (34) dem Träger (12) zugewandt ist und wobei der zweite Abstandssensor (36) dem Referenzkörper (128) zugewandt ist.

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

23

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Objekthalter (102) drehbar oder translatorisch verschiebbar am Träger (12) gelagert ist.
- 5 12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der oberhalb des Trägers (12) an einer Basis (110) beweglich angeordnete Halter (126) über gegenüberliegende Außenränder (14a, 14b) des Objekts (14) hinweg verfahrbar ist.
- 10 13. Verfahren zur geometrischen Vermessung eines Objekts (14) mittels einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Oberflächenkontur (15) eines am Träger (12) gelagerten Objekts (14) mittels der Abstandsmesseinrichtung (70) scannend erfasst wird, indem:
- 15 - mittels der Abstandsmesseinrichtung (70) mehrere Abstände zwischen Messpunkten (42) des Objekts (14) und Referenzpunkten (140) des Referenzkörpers (128) gemessen und ein Oberflächenabbild des Objekts (14) erzeugt wird,
- 20 - mittels dem ersten und dem zweiten Referenzsensor (150, 152) die Position und die Ausrichtung des Halters (126) oder seines Referenzkörpers (128) relativ zum Referenzobjekt (18, 20) ermittelt werden, und
- 25 - das Oberflächenabbild auf Basis der Position und Ausrichtung des Halters (126) oder seines Referenzkörpers (128) relativ zum Referenzobjekt (18, 20) korrigiert wird.
- 30 14. Computerprogramm zur geometrischen Vermessung eines Objekts (14) mittels einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 12, mit:

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

24

- Programmmittel zum abscannenden Erfassen der Oberflächenkontur (15) eines am Träger (12) gelagerten Objekts (14) mittels der Abstandsmesseinrichtung (70),
- 5 - Programmmitteln zum Messen mehrere Abstände zwischen Messpunkten (42) des Objekts (14) und Referenzpunkten (140) des Referenzkörpers (128) und zum Erzeugen eines Oberflächenabbilds des Objekts (14),
- 10 - Programmmitteln zum Ermitteln einer Position und Ausrichtung des Halters (126) oder seines Referenzkörpers (128) relativ zum Referenzobjekt (18, 20) mittels dem ersten und dem zweiten Referenzsensor (150, 152), und
- 15 - Programmmitteln zum Korrigieren des Oberflächenabbilds auf Basis der Position und Ausrichtung des Halters (126) oder seines Referenzkörpers (128) relativ zum Referenzobjekt (18, 20).

Zusammenfassung

Vorrichtung und Verfahren zur geometrischen Vermessung eines Objekts

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur geometrischen Vermessung eines Objekts (14), mit:
- einem Träger (12) für das Objekt (14),
 - 10 - zumindest einem gegenüber dem Träger (12) fixierbaren Referenzobjekt (18, 20),
 - einem in zumindest einer Richtung (x, z) gegenüber dem Referenzobjekt (18, 20) beweglichen Halter (126), an welchem ein Referenzkörper (128) und eine Abstandsmesseinrichtung (70) angeordnet sind, welche
 - 15 Abstandsmesseinrichtung (70) zur Messung eines Abstandes (38, 140) zwischen dem Objekt (14) und dem Referenzkörper (128) ausgestaltet ist,
 - wobei an dem Halter (126) oder am Referenzkörper (138) dem
 - 20 Referenzobjekt (18, 20) zugewandt ein erster und ein zweiter Referenzsensor (150, 152) voneinander beabstandet angeordnet sind, welche zur Messung eines ersten und eines zweiten Abstandes (51, 53) zum Referenzobjekt (18, 20) ausgebildet sind,
- 25 (Figur 1)

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

1/6

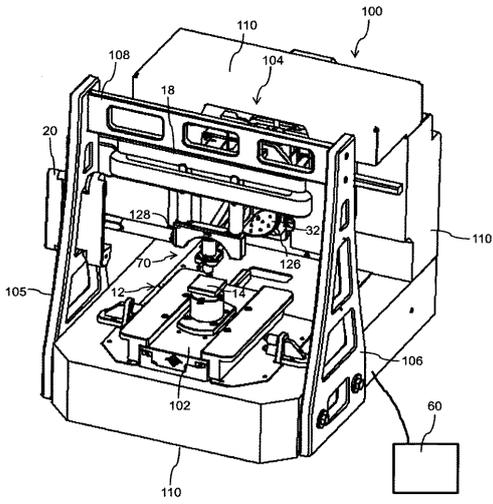


Fig. 1

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

2/6

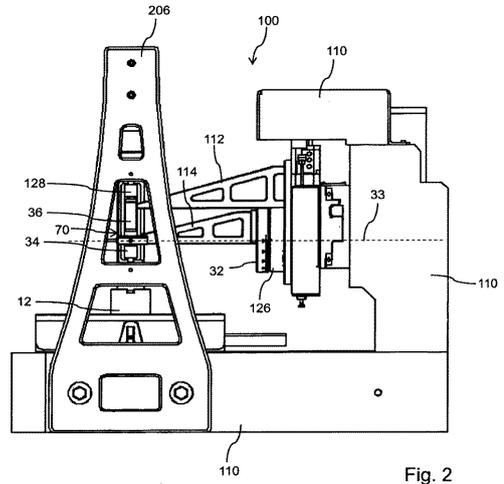


Fig. 2

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

3/6

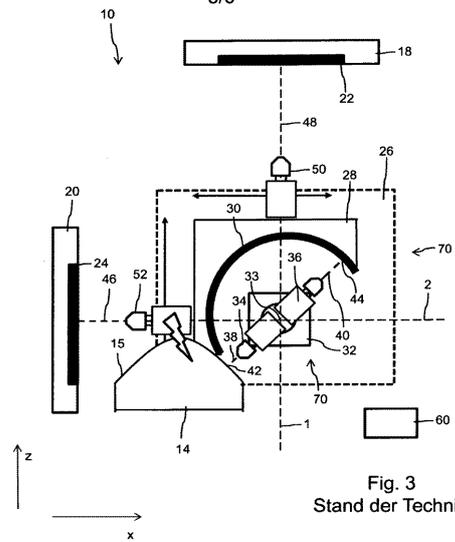


Fig. 3
Stand der Technik

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

4/6

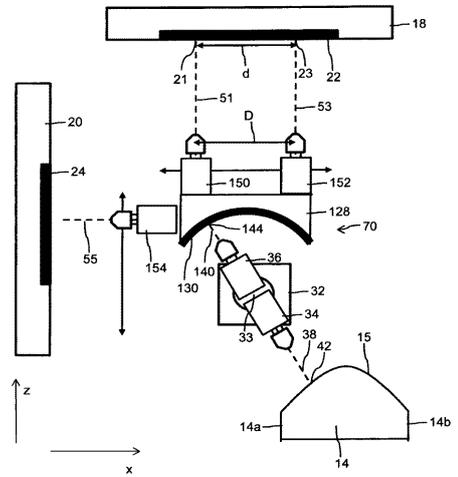


Fig. 4

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

5/6

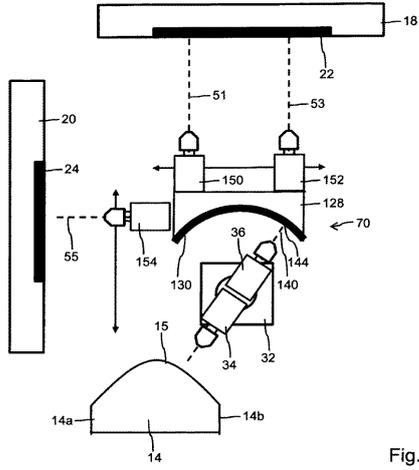


Fig. 5

WO 2015/180826

PCT/EP2015/000986

6/6

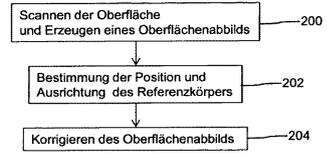


Fig. 6