

(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2020-42016

(P2020-42016A)

(43) 公開日 令和2年3月19日(2020.3.19)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)		
GO 1 B	11/00	(2006.01)	GO 1 B	11/00	B	2 F 0 6 5
GO 1 C	3/06	(2006.01)	GO 1 C	3/06	1 2 O P	2 F 1 1 2

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2019-137420 (P2019-137420) (22) 出願日 令和1年7月26日 (2019.7.26) (31) 優先権主張番号 10 2018 119 697.0 (32) 優先日 平成30年8月14日 (2018.8.14) (33) 優先権主張国・地域又は機関 ドイツ (DE)	(71) 出願人 504269327 クリンゲルンベルク・ゲゼルシャフト・ミ ット・ベシュレンクテル・ハフツング K l i n g e l n b e r g G m b H ドイツ連邦共和国デー 4 2 4 9 9 ヒュッ ケスヴァーゲン、ペーターシュトラッセ 4 5 番 (74) 代理人 100145403 弁理士 山尾 憲人 (74) 代理人 100132241 弁理士 岡部 博史 (72) 発明者 ゲオルク・ミース ドイツ 5 1 6 8 8 ヴィッパーフフルト、ナ イエタル 4 1 番
---	---

最終頁に続く

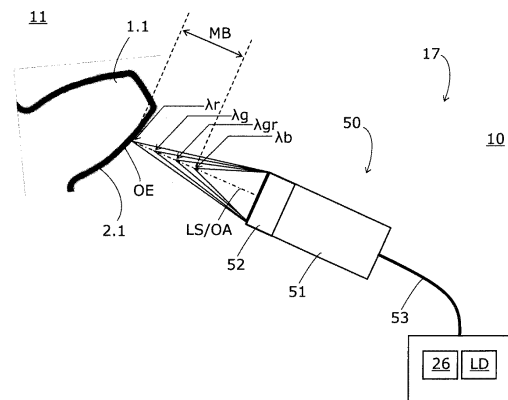
(54) 【発明の名称】 光学測定装置を有する測定デバイス及びそのような測定装置を用いて光学的に距離測定を行う方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ギヤ部材上で行われる高速で正確な測定を可能とする、光学的に非接触で作動する測定装置を提供する。

【解決手段】 測定装置 17 は、部材 11 の対象平面 O E の方向に光軸 O A に沿って、光源 L D から生じる光線 L S を発して、光学装置 50 を通じて光学的な検出器 26 の方向に対象平面 O E 上で反射された、異なる波長 λr 、 λg 、 $\lambda g r$ 、 λb を有する光の成分を案内することができるように設計され、光学装置 50 は、第 1 の部分のデバイス 51 及び第 2 の部分のデバイス 52 を有し、第 1 の部分のデバイス 51 は、光導波路 53 により検出器 26 に確実に接続され、第 2 の部分のデバイス 52 は、第 1 の部分のデバイス 51 上に着脱可能に配置される、測定デバイス 10。

【選択図】 図 1 A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転軸（A 1）と、
少なくとも 1 つの制御軸（X 1、Y 1、Z 1）と、
測定される部材、特に、回転軸（A 1）周りに回転駆動可能なギア部材（1 1）に関するレセプタクルと、
光源（L D）、光学装置（5 0）、及び光学的な検出器（2 6）を有する、光学的に非接触で作動する測定装置（1 7）と、
を備え、

10

測定装置（1 7）は、
レセプタクル内に配置されるとき、部材（1 1）の対象平面（O E）の方向に光軸（O A）に沿って、光源（L D）から生じる光線（L S）を発して、
光学装置（5 0）を通じて光学的な検出器（2 6）の方向に対象平面（O E）上で反射された、異なる波長（ λ_r 、 λ_g 、 λ_{gr} 、 λ_b ）を有する光の成分を案内することができするように設計され、
光学装置（5 0）は、第 1 の部分のデバイス（5 1）及び第 2 の部分のデバイス（5 2）を有し、第 1 の部分のデバイス（5 1）は、光導波路（5 3）により検出器（2 6）に確実に接続され、第 2 の部分のデバイス（5 2）は、第 1 の部分のデバイス（5 1）上に着脱可能に配置される、測定デバイス（1 0）。

20

【請求項 2】

光源（L D）は、光線 L S として白色光を発する白色光源であるか、又は光源 L D は、光線 L S として複数の波長成分を有する光を発する広域スペクトル光源であることを特徴とする、請求項 1 に記載の測定デバイス（1 0）。

【請求項 3】

測定装置（1 7）は、共焦点クロマティック光学システムとして設計されることを特徴とする、請求項 2 に記載の測定デバイス（1 0）。

【請求項 4】

光線（L S）は、対象平面（O E）の方向で照射光線の経路に沿って案内され、対象平面（O E）上で反射された光成分は、検出器（2 6）の方向で観測光線の経路に沿って案内されることを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の測定デバイス（1 0）。

30

【請求項 5】

照射光線の経路、又は観測光線の経路、又は照射光線の経路及び観測光線の経路は、光学装置（5 0）を通じて案内されることを特徴とする、請求項 4 に記載の測定デバイス（1 0）。

【請求項 6】

検出器（2 6）は、対象平面（O E）上で反射された異なる波長（ λ_r 、 λ_g 、 λ_{gr} 、 λ_b ）を有する光成分のスペクトル分析のために設計されることを特徴とする、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の測定デバイス（1 0）。

【請求項 7】

40

光学装置（5 0）の第 2 の部分のデバイス（5 2）は、位置決め装置（7 0）によって、第 1 の部分のデバイス（5 1）に対して正確な位置に接続され、位置決め装置（7 0）は、3 つの回転対称の本体（7 1）と、3 つの対応するレセプタクル領域（7 3）と、を有する、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の測定デバイス（1 0）。

【請求項 8】

光学装置（5 0）の第 2 の部分のデバイス（5 2）は、
マグネットの装置、
ばねの装置、
部分的な真空を生成するシステム、
バヨネットフィッティングを有する装置、又は

50

ボルト、特に、電気機械的に作動するボルトによって、第１の部分のデバイス（５１）に接続されることを特徴とする、請求項１から７のいずれか一項に記載の測定デバイス（１０）。

【請求項９】

第２の部分のデバイス（５２）に加えて、少なくとも１つの別の部分のデバイスを備え、これらの部分のデバイス（５２）は、異なる光学測定範囲（ＭＢ）及び／又は異なる測定距離を有するという点で異なっていることを特徴とする、請求項１から８のいずれか一項に記載の測定デバイス（１０）。

【請求項１０】

異なる光学測定範囲ＭＢ及び／又は異なる測定距離によって相違する１組の部分のデバイスから、１つの部分のデバイス（５２）を選択するステップと、

光学装置（５０）の光軸（ＯＡ）が部分のデバイス（５１，５２）の両方を通じて対象平面（ＯＥ）の方向に同軸に延びるように、選択された部分のデバイス（５２）を第１の部分のデバイス（５１）に取り付けることによって、光学装置（５０）を提供するステップと、

対象平面（ＯＥ）に対して光学装置（５０）を位置決めするステップであって、選択された部分のデバイス（５２）の光学測定範囲（ＭＢ）の範囲内にある、光学装置（５０）及び対象平面（ＯＥ）の間の相対的な距離が特定されるステップと、

白色光又は広域スペクトル光が、光学測定範囲（ＭＢ）におけるスペクトル成分に関する異なる焦点を形成するように、白色光又は複数のスペクトル成分を有する広域スペクトル光を結合するステップと、

スペクトル成分を光学装置（５０）に結合するステップであって、その焦点は対象平面（ＯＥ）に当たっているステップと、

本スペクトル成分のスペクトル分析のために設計される検出器（２６）に、本スペクトル成分を案内するステップと、

本スペクトル成分の波長を特定、又は本スペクトル成分を検出するステップと、

特定される波長と、選択された部分のデバイス（５２）の光学測定範囲（ＭＢ）を規定する情報と、から距離情報を特定するステップと、
を含み、部材、特にギア部材（１１）の対象平面（ＯＥ）で光学的に距離測定を行う方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、光学測定装置を有する測定デバイス及びそのような測定装置を用いて光学的に距離測定を行う方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

数多くの技術分野において、構成部材の正確な測定は、非常に重要なことである。

【０００３】

例えば、構成部材の表面又は形状の状態及びプロファイルを触覚感知により取得するための測定デバイスがある。プローブの先端は、通常、本目的のために測定される表面上で案内されている。機械的な測定は、通常、時間を要するものである。

【０００４】

一見、光学測定は、機械的な測定に取って代わるものである。ここで、光学測定センサを使用することは、理想的なことである。光学的な測定方法は、特に、回転対称の構成部材の測定、例えば、ギア部材のギア歯の測定のために実現可能な代替手段である。

【０００５】

しかしながら、光学測定センサは、様々な理由で、ギア歯の測定条件に関して限定的な適合性のみを有することが示されてきた。ギア歯の測定の場合に適用される特別な条件又は基準を以下に示す。

10

20

30

40

50

- ・好ましくないスキャン角度
- ・光沢面、例えば、歯の側面の光沢面
- ・隣接する歯による影
- ・（ $0.1 \sim 0.5 \mu\text{m}$ の範囲の）測定精度に関する高い要求
- ・（例えば、オイルによる）汚れの問題
- ・測定される部材の歯と衝突が起きた場合のセンサの破損のリスク
- ・例えば、狭い歯の隙間における複数の反射による、屈折又は反射効果の干渉

【0006】

様々なギア部材をチェックすることができるように、ギア部材の製造又は品質の制御範囲内でギア歯の測定を行えるようにする必要がある。

【0007】

本発明の目的は、回転対称の部材、特にギア部材上で行われる高速で正確な測定を可能にするデバイスを提供することである。さらに、対応する方法を提供する。

【0008】

ギア部材の場合において、当該測定タスクは、例えば、歯の側面から歯の側面までの角度距離が特定されるインデックスの測定（indexing measurement）に関する。

【0009】

本目的は、請求項1に係る測定デバイス及び請求項10に係る方法によって、達成される。

【発明の概要】**【0010】**

本発明に係る（座標）測定デバイスは、

回転軸と、

少なくとも1つの制御軸と、

測定される回転対称の部材、特に、回転軸周りに回転駆動可能なギア部材に関するレセプタクル（例えば、固定デバイスを有するターンテーブル）と、

光源、光学装置、及び光学的な検出器を有する、光学的に非接触で作動する測定装置と、

、

を備え、

本測定装置は、

この（ギア）部材がレセプタクルに配置されるとき、（ギア）部材の対象平面の方向に光軸に沿って、光源から生じる光線を発して、

光学装置を通じて光学的な検出器の方向に対象平面上で反射された、異なる波長を有する光の成分を案内することができるように設計され、

光学装置は、第1の部分のデバイス及び第2の部分のデバイスを有し、第1の部分のデバイスは、光導波路により検出器に確実に接続され、第2の部分のデバイスは、第1の部分のデバイス上に着脱可能に配置される。

【0011】

本実施形態の少なくとも一部において、本発明は、高解像度を有する共焦点クロマティック光学測定装置の使用に基づく。しかしながら、上述の条件を満たしたい場合、当該測定装置は、比較的大きな開口数を必要とする。このため、比較的広い光のコーンが生じる。隣接する歯の光のコーンの影を避けたい場合、ギア歯の測定中に、好ましくない急なスキャン角度となる。しかしながら、急なスキャン角度の場合、測定装置の検出器は、使用可能な反射光の信号を受信しない。代わりに、共焦点クロマティック光学測定装置の光学ユニットは、使用可能な反射光の信号を取得するために、測定される表面の比較的近くに移動してもよい。なお、ここで、さらに、光学装置と（ギア）部材の対象平面との間の適切な距離を、可能な限り正確に設定しなければならない。

【0012】

また、本発明によると、共焦点クロマティック装置の場合に適切な配置が、第1の（ギ

10

20

30

40

50

ア) 部材と第 2 の別の (ギア) 部材とで異なっているので、光学装置の様々な配置が、様々な (ギア) 部材の測定の際のそれぞれの場合に特定される。本発明の測定デバイスの修理を効率的にするために、取替可能な光学ユニットが用いられる。

【0013】

特に、取替可能な光学ユニット (第 2 の部分のデバイスとも呼ばれる) を単に取り替えて適応できるように光学装置が設計される。光学装置の第 2 の部分のデバイスを第 1 の部分のデバイスに対して正確な位置に接続することができる位置決め装置が用いられるので、取替可能な光学ユニットの当該取替を特に効率的に行うことができる。

【0014】

本実施形態の少なくとも一部において、位置決め装置に加えて、マグネットの装置が用いられる。マグネットの装置は、測定中に第 2 の部分のデバイスを第 1 の部分のデバイスに確実に接続するために必要な保持力を保証する。

【0015】

マグネットの装置のマグネットの選択及び配置によって、保持力を、第 2 の部分のデバイスが第 1 の部分のデバイスに確実に接続されるような正確な大きさにすることができ、第 2 の部分のデバイスを、規定された分離力をかけることによって第 1 の部分のデバイスから問題なく分離することができる。

【0016】

本実施形態の少なくとも一部において、ばねの装置、部分的な真空を生成するシステム、パヨネットフィッティングを有する装置、又はボルト、例えば、電気機械的に作動するボルトを、必要な保持力をかけるために、マグネットの装置の代わりに用いることができる。

【0017】

本実施形態の少なくとも一部において、第 2 の部分のデバイスは、第 2 の部分のデバイスのコストを許容可能な限度内に維持するために、少しの光学部材 (例えば 1 つの光学レンズのみ) を備えるだけである。

【0018】

本発明の測定デバイスは、好ましくは、少なくとも 1 つの (NC) 制御の軸を有する本実施形態の少なくとも一部において備わっており、例えば、これは、(ギア) 部材に対して、光学的に非接触で作動する測定装置を移動させる直線軸、及び／又は測定装置に対して、(ギア) 部材を回転駆動する回転軸であってもよい。少なくとも 1 つの (NC) 制御の軸を有する当該測定デバイスにより、対象平面に対する光学装置の高精度の位置決めが可能になる。

【0019】

本発明は、少なくとも 1 つの光学測定装置の使用に基づく。光学測定装置により、適切に取替可能な光学ユニットがそれぞれの使用ケースにおいて測定装置に一時的に固定される点で、高精度で迅速な距離の特定が可能になる。

【0020】

本実施形態の少なくとも一部において、測定装置のわずかな距離は、例えば、5 ~ 50 mm の範囲内であってもよい。本実施形態の少なくとも一部において、わずかな距離の距離範囲をカバーできるようにするために、測定範囲は、2 以上の種々の取替可能な光学ユニットを備えてもよい。

【0021】

本実施形態の少なくとも一部において、適切に取替可能な光学ユニットが各々の場合に一時的に取り付けられるとき、測定装置の測定範囲は、例えば、±0.3 mm の範囲内であってもよい。

【0022】

本実施形態の少なくとも一部において、1 つの直線軸／複数の直線軸により、対象平面に対する光学装置の高精度の位置決めが可能になる (測定デバイスの 1 又は複数の軸が NC 制御されてもよい)。

10

20

30

40

50

【0023】

本実施形態の少なくとも一部は、（ギア）部材がデバイスの回転駆動可能なレセプタクルの回転軸と同軸の回転軸を有して収容される測定デバイスの全体的な配置に基づく。回転駆動可能なレセプタクルの回転軸は、本ケースの空間に直交する。測定装置は、回転駆動可能なレセプタクルの回転軸に対して径方向に、又は回転軸に対して同心に位置する円に対して接線方向に延びる光線を発するように、この好ましい全体的な配置で設計される。本ケースでは、この光線は、回転駆動可能なレセプタクルの回転軸に略直交する平面内で伝わる。

【0024】

本実施形態の少なくとも一部において、光線の平面はわずかに傾斜して設定されてもよく、それは、例えば、ベベルギアを測定するために用いることができる。

10

【0025】

本発明に係る（座標）測定デバイスの有利な実施形態は、従属クレームから推測され得る。

【0026】

本発明は、例えば、ギア、平面クラッチ要素等の（ギア）部材上の1D、2D、及び3Dの表面測定と共に用いられてもよい。

【0027】

ここで、これは、撮像方法のデバイスではなく、高精度の距離測定に適したデバイスである。本発明の共焦点の測定方法は、ポイント毎に測定する方法である。対象物が撮像されるのではなく、投影される光のスポットが表面から反射する。この反射から、焦点の光の波長のみが検出される。波長から距離を特定することができる。つまり、単にポイントの距離測定である。このため、表面のコンピュータの再構成は、測定される複数の距離、及び関連する座標の組み合わせからのみ生成されてもよく、それは軸位置から形成される。

20

【0028】

以下、図面を参照して、本発明の例示的な実施形態についてより詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1A】本発明の基本原理を説明するために用いられ、ギア部材の1つのみの歯及び共焦点クロマティック光学システムの光線の経路を示す概略図

30

【図1B】本発明のデバイスの検出器の機能を説明することができる概略のグラフ

【図2】本発明の実施形態の詳細を示す概略図

【図3】本発明の別の実施形態の詳細を示す概略図

【図4】本発明の光学装置の別の実施形態の詳細を示す概略図

【図5A】別の実施形態の光学装置の第1の部分の端面の概略図

【図5B】別の実施形態の光学装置の別の第1の部分の端面の概略図

【図6】本発明の別の実施形態の概略図

【発明を実施するための形態】

【0030】

関連のある刊行物及び特許において用いられる用語が、ここの説明と共に用いられる。しかしながら、当該用語の使用は、単に、理解をより深めるように提供するためであることに注意すべきである。発明の概念及びクレームの保護範囲は、特定の用語の選択による解釈に限定されるべきではない。本発明は、他の用語体系及び／又は技術分野に容易に変更してもよい。用語は、他の技術分野に応じて適用されるべきである。

40

【0031】

以下、図1Aの非常に概略的な図に基づいて、本発明の基本原理を説明する。ギア部材11の1つのみの歯1.1を、図1Aに示す。さらに、共焦点クロマティック光学システムの光線の経路を、図1Aに概略的に示す。

【0032】

50

第 1 の部分のデバイス 5 1 と、第 2 の部分のデバイス 5 2 とを備える光学デバイス 5 0 が用いられる。第 1 の部分のデバイス 5 1 は、光導波路 5 3 によって、例示的な実施形態で示される光源 LD 及び検出器 2 6 に確実に接続される。第 2 の部分のデバイス 5 2 は、第 1 の部分のデバイス 5 1 上に着脱可能に配置される。

【0033】

図 1 A に示すように、（ここで、光源 LD、検出器 2 6、光導波路 5 3、第 1 の部分のデバイス 5 1、及び第 2 の部分のデバイス 5 2 を備える）測定装置 1 7 は、光軸に沿って、ギア部材 1 1 の対象平面 O E の方向に光線 L S を発することができるよう設計される。光線 L S の光は、光源 LD によって生成され、光導波路 5 3 によって第 1 の部分のデバイス 5 1 に連結される。そこから、光線 L S は、第 2 の部分のデバイス 5 2 を通じて延びて、対象平面 O E 上に、しっかりと焦点が合った光のスポットを生成する。

10

【0034】

白色光の全スペクトル成分を生成する白色光源 LD か、光線 L S として複数の波長成分を有する光を生成する光源 LD が用いられる。ここで、複数の波長成分を有する光を生成する光源 LD も、広域スペクトル光源として参照される。

【0035】

光線 L S が複数の異なる波長成分（カラーの光成分）を有するという事実、及び異なる波長成分がそれぞれ異なる焦点距離を有するように光学装置 5 0 が設計されるという事実により、光学装置 5 0 と対象平面 O E との間の距離を次のように測定することができる。

【0036】

一例として、図 1 A は、赤色光成分の波長 λ_r は、黄色光成分の波長 λ_g 、緑色光成分の波長 λ_{gr} 、及び青色光成分の波長 λ_b と異なる焦点距離を有することを示す。上記例では、対象平面 O E は、赤色光成分の焦点で正確に配置される。このため、主に、赤色光成分が反射して、光学装置 5 0 によって検出器 2 6 に伝わる。この例では、検出器 2 6 は、主に、赤色の波長成分を受信し検出する。

20

【0037】

図 1 B では、概略のグラフに基づき、光の強度 I が、波長上にプロットされる。強度は、赤色の波長 λ_r で最大値を有する。

【0038】

例えば、ここで、第 1 の部分のデバイス 5 1 を備える光学装置 5 0 の焦点距離が分かっているため、対象平面 O E に対する相対的な距離を、最大の強度の位置及び焦点距離から計算することができる。

30

【0039】

一般的に、光線 L S の異なるスペクトル成分が光学装置 5 0 から異なる距離で焦点を合わせるように光学装置 5 0 が設計されると言える。このため、測定範囲 MB は、図 1 A に示すような結果となる。

【0040】

2 つ以上の異なる第 2 の部分のデバイス 5 2 が用いられ、当該デバイス 5 2 のそれぞれは、異なる測定範囲 MB を有する。例えば、異なる第 2 の部分のデバイス 5 2 の測定範囲 MB が異なるということは、当該部分のデバイス 5 2 が異なる焦点の特性を有するレンズ 5 4 を備えるということにつながる。

40

【0041】

このため、3次元空間内の光学装置 5 0 の位置がデバイス 1 1 において分かっている場合、3次元空間内の対象平面 O E の絶対的な位置を、対象平面 O E に対する相対的な距離から確認することができる。

【0042】

NC 制御の軸を有する測定デバイス 1 0 を備える（ここで、本測定デバイス 1 0 は、座標測定デバイス 1 0 として特定される）本実施形態では、個々の軸の位置が分かっている。3次元空間内の光学装置 5 0 の位置を、個々の軸の一時的な位置から計算することができる。NC 制御の直線軸 X 1, Y 1, Z 1 の考えられる割り当ては、図 4 及び図 6 に示さ

50

れる。

【0043】

本発明の別の実施形態の詳細を図2に示す。特に、この図で、光学装置50の内部構造が分かる。光学装置50は、第1の部分51及び第2の部分52を備える。ここで、第2の部分52は、白色光を、異なる焦点距離を有するスペクトル成分に分けるように設計される光学レンズ54を備える。

【0044】

本実施形態の少なくとも一部において、色収差を有する収束レンズがレンズ54として用いられる。このレンズ54の外形は、概略的にのみ図示される。レンズ54は、分散の修正がされない、正の焦点距離を有する平凸レンズである。すなわち、レンズ54は、波長に応じた屈折挙動を示す。レンズ54は、長波長光（赤）よりも短波長光（青）をより強く屈折させる。このため、白色光はスペクトルカラーに分解される。すなわち、レンズ54は、様々な波長に関する異なる焦点距離を有する。

【0045】

図2において、3つの異なる波長の光線の経路は、異なる点線によって示される。赤色光（ λ_r ）は、レンズ54から最も遠くに離れて間隔が空けられる焦点を有する。黄色光（ λ_g ）の焦点、緑色光（ λ_{gr} ）の焦点が順に続く。ここで、光線LSは、小さな青色成分を有しないか、又は小さな青色成分のみを有する。

【0046】

ここで、光学装置50は、第1の部分51に配置されて、光線束56から平行な光線の経路57を生成するレンズ55をさらに備える。本実施形態の少なくとも一部において、フレネルレンズがレンズ55として用いられる。また、レンズ55として、フレネルレンズの代わりに、収束レンズを、光線束56において分散する光線を束ねて平行な光線を有する光線束57を形成するような大きさで設計することができる。

【0047】

本実施形態の少なくとも一部において、光学装置50は、ピンホールスクリーン58を備えて、光導波路53から第1の部分51の内部へ案内される光を、光線束56に屈折させてもよい。

【0048】

対象平面OEで反射される光は、レンズ54及びレンズ55によって、ピンホールスクリーン58の方向に戻るよう案内される。ピンホールスクリーン58において、光が光導波路53に結合して、光導波路内で検出器26へ伝わる。共焦点クロマティック光学装置50の場合、照射光線の経路及び撮像した光線の経路は、同じ光学経路に沿って延びる。

【0049】

本実施形態の少なくとも一部において、検出器26は、撮像した光線の経路の主要な光成分（スペクトル成分）を確認できるようにスペクトロメーターとして設計される。

【0050】

本実施形態の少なくとも一部において、光学装置50は、照射光線の経路及び撮像した光線の経路が少なくとも部分的に、異なる光学経路に沿って延びるように設計される。対応する例が図3から推測される。図3と併せて、図2の説明が参照される。以下、本質的な違いのみを説明する。

【0051】

図3の実施形態は、撮像した光線の経路がピンホールスクリーン58及び検出器26の方向に、鏡60を通じて案内されるように光線の経路に配置される半透明鏡60を備える。光源LDの光は、光導波路61を通じて、別のピンホールスクリーン62に案内される。このピンホールスクリーン62において、光は、屈折によって拡散し、鏡60によって、共焦点の方法で光線束56に連結する。

【0052】

また、本実施形態の少なくとも一部において、照射光線の経路を、光学装置50を完全

10

20

30

40

50

に超えて対象平面 O E 上に投影してもよい。

【0053】

本実施形態の少なくとも一部において、ギア部材 11 の対象平面 O E において光学的な距離測定が行われる場合に次のステップが用いられる。ステップの順番は、以下の順番に必ずしも一致していなくてもよい。

【0054】

本方法は、好ましくは次のステップを含む。

- 相違する光学測定範囲 M B により異なる 1 組の部分のデバイスから、（ここで第 2 の部分のデバイス 5 2 として特定される）1 つの部分のデバイス 5 2 を選択するステップ。例えば、部分のデバイスは、測定デバイス 10 の近くのマガジンに設けられてもよい。部分のデバイス 5 2 の選択を、手動又は自動で行うことができる。

10

- 光学装置 50 の光軸 O A が部分のデバイス 5 1, 5 2 の両方を通じて対象平面 O E の方向に同軸に延びるように、選択された第 2 の部分のデバイス 5 2 を第 1 の部分のデバイス 5 1 に取り付けることによって、光学装置 50 を提供するステップ。第 2 の部分のデバイス 5 2 の第 1 の部分のデバイス 5 1 への取付は、手動又は（例えば、ロボットアームを用いて）自動で行うことができる。

- 対象平面 O E に対して光学装置 50 を位置決めするステップであって、光学装置 50 及び対象平面 O E の間の相対的な距離が特定され、それは、選択された部分のデバイス 5 2 の光学測定範囲 M B の範囲内にあるステップ。好ましくは、測定デバイス 10 の一又は複数の軸を移動させることによって、位置決めが行われる。対象平面 O E に対する平均距離が特定され、それが光学測定範囲 M B 内で略中央に位置するような方法（アプローチ）が特に好ましい。このように、光学装置 50 の相対的な移動による焦点の設定における略同じ経路は、（例えば、対象平面に対して直交して観測される）+ 方向及び一方向の両方の移動方向となる。

20

- 白色光又は広域スペクトル光が、（図 1 A、図 2、及び図 3 の例で示す）光学測定範囲 M B におけるスペクトル成分に関する異なる焦点を形成するように、白色光又は複数のスペクトル成分を有する広域スペクトル光を結合するステップ。

- （またここで、観測光線の経路として参照される）スペクトル成分を光学装置 50 に結合するステップであって、その焦点は対象平面 O E に当たっているステップ。

- 本スペクトル成分のスペクトル分析のために設計される検出器 26 に、本スペクトル成分を案内するステップ。

30

- 本スペクトル成分の波長を特定、又は本スペクトル成分を検出するステップ。

- 特定される波長、及び選択された部分のデバイス 5 2 の光学測定範囲 M B を規定する情報から距離情報を特定するステップ。

【0055】

本実施形態の少なくとも一部において、光学装置 50 は、位置決め装置 70 (arrangement) を備える。位置決め装置により、第 1 の部分のデバイス 5 1 に対して正確な位置に第 2 の部分のデバイス 5 2 を接続することができる。全ての実施形態において、好ましくは、位置決め装置 70 は、3 つの回転対称の本体 71（例えば、3 つの球状要素又は柱状要素）、及び 3 つの対応するレセプタクル領域を備える。対応するレセプタクル領域は、第 2 の部分のデバイス 5 2 の視認できない端面に設けられているので、図 4 において、それらを視認することはできない。このように、正確に規定された 3 点の取付（より正確には 6 点の取付）によって、第 2 の部分のデバイス 5 2 が第 1 の部分のデバイス 5 1 上にあることになる。

40

【0056】

例えば、第 1 の部分のデバイス 5 1 及び第 2 の部分のデバイス 5 2 のそれぞれは、中空の円筒の基本形状を有する。図 2 及び図 3 の例で示すように、光学要素（例えば、レンズ 54, 55、ピンホールスクリーン 58、半透明鏡 60、プリズム、回折格子等）を、中空の円筒の内部に配置することができる。

【0057】

50

図 5 A は、非常に概略的な形式の例示的な第 1 の部分のデバイス 5 1 の端面図を示す。また、本実施形態では、第 1 の部分のデバイス 5 1 は、中空の円筒形状を有する。端面の領域において、中空の円筒の壁の厚みにより、光軸 O A に直交する環状の表面 7 2 となる。また、中空の円筒上にカラー又はショルダーが設けられることで、環状の表面 7 2 となってもよい。

【0058】

図 5 A に示すように、（グレーで示す）3つの球 7 1 は、ここで、回転対称の本体として用いられる。ここで、3つの回転対称の本体 7 1 は、相互に 120° の角度の間隔を有する。第 2 の部分のデバイス 5 2 は、第 1 の部分のデバイス 5 1 に面する端面において、対応する環状の表面を有する。また、この対応する環状の表面の領域において、相互に 120° の角度の間隔を有する3つのプリズムの凹部が設けられる。プリズムの凹部は、回転対称の本体 7 1 に対応するような大きさ及び配置で設計される。図 5 A において、3つのプリズムの凹部 7 3 の外形は、三角形の点線で示される。

【0059】

第 2 の部分のデバイス 5 2 を第 1 の部分のデバイス 5 1 に結合させるとき、位置決め装置 7 0 を用いることによって、2つの中空の円筒の円筒軸のセルフセンタリングが行われる。セルフセンタリングによって、光軸が2つの円筒軸に対して同軸に確実に配置される。

【0060】

図 5 B は、非常に概略的な形式の別の例示的な第 1 の部分のデバイス 5 1 の端面図を示す。ここで、図 5 A の説明を参照する。図 5 A の実施形態と比較して、図 5 B の実施形態は、3つの（永久）磁石 7 4 を有するマグネットの装置を備える。第 2 の部分のデバイス 5 2 が第 1 の部分のデバイス 5 1 に確実に接続されるように、マグネット 7 4 の磁力及び正確な位置決めによる大きさの保持力が生じる。そして、第 2 の部分のデバイス 5 2 を、規定された分離力をかけることによって第 1 の部分のデバイス 5 1 から問題なく分離することができる。図 5 B に示す例示的な実施形態では、回転対称の本体 7 1 に対して 60° の角度の間隔を有する3つの（永久）磁石 7 4 が用いられる。3つの（永久）磁石 7 4 は、それぞれ、互いに 120° の角度の間隔を有する。

【0061】

（座標）測定デバイス 1 0 は感度のよいデバイスであるので、（永久）磁石 7 4 を用いて作動する実施形態は、第 1 の部分のデバイス 5 1 から第 2 の部分のデバイス 5 2 を慎重に分離することができる手段を備える。ここで、慎重な分離のために、（座標）測定デバイス 1 0 における第 1 の部分のデバイス 5 1 を通じて、小さな引張力及び／又は剪断力のみが働くやり方が考えられる。

【0062】

この目的のために、第 1 の部分のデバイス 5 1 及び／又は第 2 の部分のデバイス 5 2 は、例えば、（永久）磁石 7 4 と対応する金属製のものとの間に小さな空隙が形成されるようにそれぞれの他方の部分のデバイスに作用するレバー要素又はハンドル要素と共に提供される。小さな空隙の形成によって保持力が大幅に減少し、第 2 の部分のデバイス 5 2 を、ほとんど力を加えることなく第 1 の部分のデバイス 5 1 から分離することができる。

【0063】

また、概略的な形式で図 6 に示すように、上記目的のために、第 1 の部分のデバイス 5 1 上にリング要素 6 2 を設けることができる。このリング要素 6 2 は、例えば、（永久）磁石 7 4 と対応する金属製のものとの間の距離が、x 方向にリング要素 6 2 を引っ張ることによって大きくなるように、ばねで付勢されていてもよい。引っ張ることによって保持力が大幅に減少し、第 2 の部分のデバイス 5 2 を、ほとんど力を加えることなく第 1 の部分のデバイス 5 1 から分離することができる。また、それに応じて、第 1 の部分のデバイス 5 1 の構成部材である中空の円筒の円筒軸周りのリング要素 6 2 の回転によって保持力が減少するように、リング要素 6 2 を設計することができる。

【0064】

本実施形態の少なくとも一部において、ばねの装置、部分的な真空を生成するシステム、バヨネットフィッティング (bayonet fitting) を有する装置、又はボルト (例えば、電気機械的に作動するボルト) を、必要な保持力をかけるために、マグネットの装置の代わりに、(座標) 測定デバイス 10 の一部として用いることができる。

【0065】

本実施形態の少なくとも一部は、デバイスの回転駆動可能なレセプタクルの回転軸 A 1 に対して同軸の回転軸を有し (ギア) 部材 11 が収容される測定デバイス 10 の全体的な配置に基づく。回転駆動可能なレセプタクルの回転軸 A 1 は、(図 4 に示す Y 1 軸に平行な) 本ケースの空間に垂直である。測定装置 50 は、回転駆動可能なレセプタクルの回転軸 A 1 に対して径方向に、又は回転軸 A 1 に対して同心の円に対して接線方向に延びる光線 L S を発するような好ましい全体的な配置で設計される。本ケースでは、この光線 L S は、回転駆動可能なレセプタクルの回転軸 A 1 に原則直交する平面内で伝わる。図 4 の例では、この平面は、X 1 軸及び Z 1 軸により広がる平面に平行である。

10

【0066】

本実施形態の少なくとも一部では、光線 L S の平面は、僅かに傾斜して設定されてもよく、例えば、ベベルギアを測定するために用いることができる。

【符号の説明】

【0067】

1. 1 歯

10 測定ユニット／測定デバイス／座標測定デバイス

20

11 部材／ギア部材

17 測定のセットアップ／測定装置

20 光学センサ／測定センサ

26 検出器

50 光学装置

51 第 1 の部分

52 第 2 の部分

53 光導波路

54 レンズ

55 レンズ

30

56 光線束

57 光線束

58 ピンホールスクリーン

59 ピンホールスクリーン

60 半透明鏡

61 光導波路

62 リング (要素)

70 位置決め装置

71 回転対称の本体

72 環状の表面

40

73 プリズムの凹部

74 (永久) 磁石

A 1 回転軸

I 光の強度

L D (白色) 光源／発光ダイオード／レーザダイオード／広域スペクトル光源

L S 光線

λ_r 、 λ_g 、 λ_{gr} 、 λ_b 波長

O A 光軸

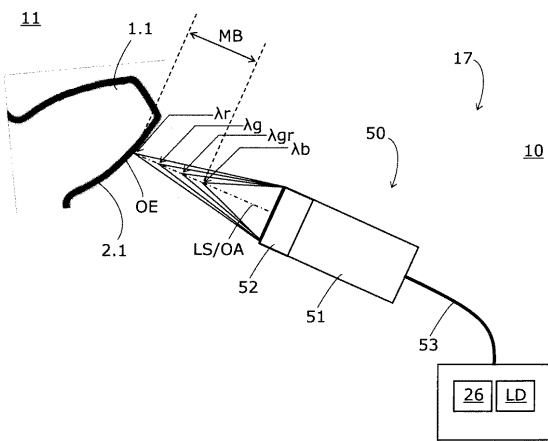
O E 対象平面

x 方向

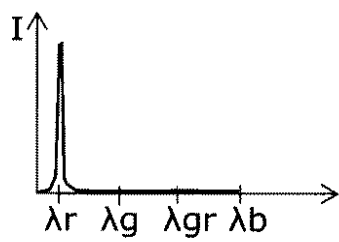
50

X 1、Y 1、Z 1 直線軸

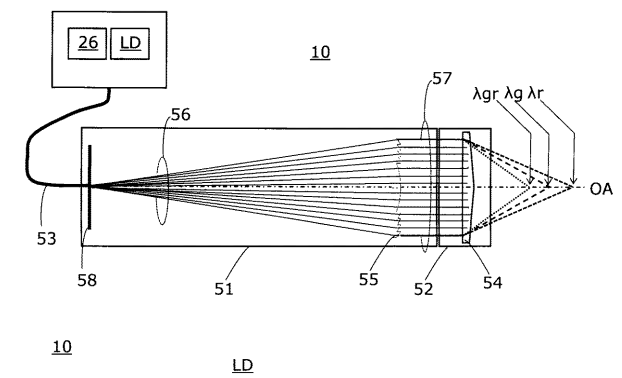
【図 1 A】



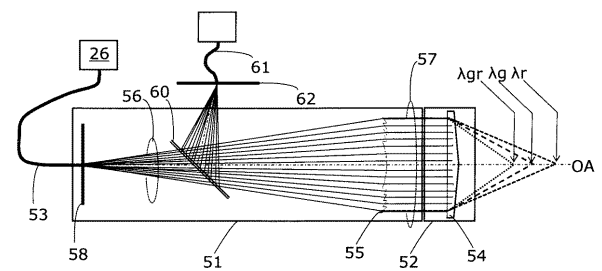
【図 1 B】



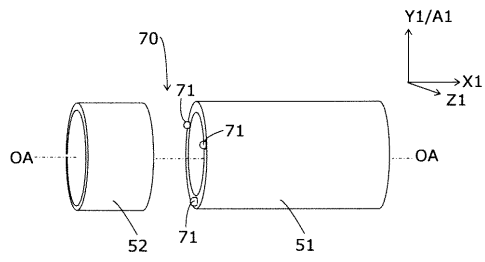
【図 2】



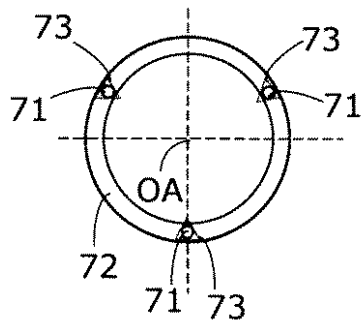
【図 3】



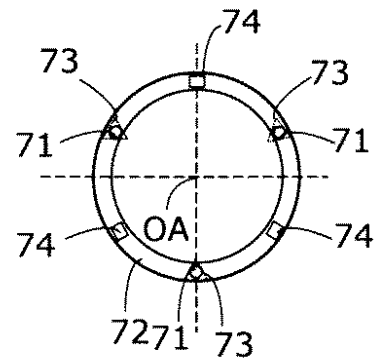
【図 4】



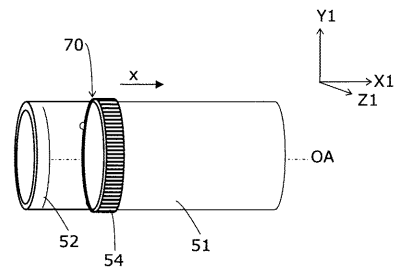
【図 5 A】



【図 5 B】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 ファビアン・ロイター

ドイツ 5 0 8 2 5 ケルン、アルペナーシュトラッセ 1 番

Fターム(参考) 2F065 AA06 BB05 CC05 DD03 DD06 FF10 FF41 GG06 GG07 GG23

GG24 HH04 LL04 LL30 LL42 LL46 LL67

2F112 AB10 BA05 BA06 CA08 CA12 DA04 DA21 DA24 DA28

【外国語明細書】

5

Klingelberg GmbH, Germany

10

K26-0303P-JP

Japan

15 MEASURING DEVICE HAVING AN OPTICAL MEASURING ARRANGEMENT AND
 METHOD FOR CARRYING OUT AN OPTICAL DISTANCE MEASUREMENT USING
 SUCH A MEASURING ARRANGEMENT

20 [001] The invention relates to a measuring device having an optical
 measuring arrangement and a method for carrying out an optical distance
 measurement using such a measuring arrangement.

BACKGROUND OF THE INVENTION

25

[002] In many technical fields, the exact measurement of a component is
 of great significance.

30 [003] There are, for example, measuring devices for the tactile acquisition
 of the condition and the profile of surfaces or the geometry of components. A
 probe tip is typically guided over the surface to be measured for this purpose.
 Mechanical measurement is typically time-consuming.

35 [004] At first glance, optical measurement could represent an alternative
 to mechanical measurement. The use of optically measuring sensors would be
 ideal here. An optical measurement approach could represent a feasible
 alternative above all for the measurement of rotationally-symmetrical

K26-0303P-JP

16_07_2019

2

components, for example, the gear tooth measurement of gearwheel components.

[005] However, it has been shown that the optically measuring sensors only have limited suitability for the requirements for gear tooth measurement for various reasons. The special requirements or criteria which apply in the case of gear tooth measurement are:

- unfavorable scanning angle,
- glossy surfaces, for example, of the tooth flanks,
- 10 • shading due to adjacent teeth,
- high requirements for the measurement accuracy (in the range of 0.1-0.5 μm),
- soiling problems (for example, due to oil),
- risk of destruction of the sensor in the event of a collision with a tooth of the
- 15 component to be measured, and
- interfering refraction or reflection effects, for example, due to multiple reflections in narrow tooth gaps.

[006] There is a demand for being able to perform gear tooth measurements, for example, in the scope of the production or quality control of gearwheel components, to be able to check various gearwheel components.

[007] It is an object of the invention to provide a device which enables rapid and precise measurements to be performed on rotationally-symmetrical components, in particular on gearwheel components. Moreover, a corresponding method is to be provided.

[008] Such a measuring task relates in the case of gearwheel components, for example, to the indexing measurement, in which the angle distance from tooth flank to tooth flank is determined.

[009] The object is achieved by a measuring device according to Claim 1 and by a method according to Claim 10.

K26-0303P-JP

16_07_2019

3

[0010] A (coordinate) measuring device according to the invention comprises

- an axis of rotation,
- at least one controlled axis,
- 5 - a receptacle (for example, a turntable having clamping device) for a rotationally-symmetrical component to be measured, in particular a gearwheel component, which is rotationally drivable around the axis of rotation, and
- an optical, contactlessly operating measuring arrangement having a light source, an optics arrangement, and an optical detector,
- 10 this measuring arrangement is designed so that it is capable of
 - emitting a light beam, originating from the light source along an optical axis in the direction of an object plane of the (gearwheel) component when this (gearwheel) component is arranged in the receptacle and
 - guiding light components having different wavelengths, which were reflected
 - 15 on the object plane, through the optics arrangement in the direction of the optical detector,

wherein the optics arrangement comprises a first partial device and a second partial device, wherein the first partial device is fixedly connected via an optical waveguide to the detector, and wherein the second partial device is removably

20 arranged on the first partial device.

[0011] In at least a part of the embodiments, the invention is based on the use of a confocal-chromatic optical measuring arrangement, which has a high resolution. However, such a measuring arrangement requires a relatively large

25 numeric aperture if one wishes to meet the above-mentioned conditions. A relatively broad light cone thus results. If one wishes to avoid shadows of the light cone on adjacent teeth, unfavorably steep scanning angles result during the gear tooth measurement. In the case of a steep scanning angle, the detector of the measuring arrangement does not receive a usable reflected light signal,

30 however. Alternatively, the optical unit of the confocal-chromatic optical measuring arrangement can be moved relatively close to the surface to be measured, to obtain usable reflected light signals. In addition, however, a suitable distance between the optics arrangement and the object plane of the (gearwheel) component additionally has to be set as precisely as possible here.

K26-0303P-JP

16_07_2019

4

[0012] Since the constellation suitable in the case of a confocal-chromatic measurement is different with a first (gearwheel) component than with a second different (gearwheel) component, according to the invention various
5 constellations of the optics arrangement are also specified in each case when measuring various (gearwheel) components. To make the refitting of the measuring device of the invention efficient, a replaceable optical unit is used.

[0013] The optics arrangement is especially designed so that an adaptation
10 can be performed solely by replacing the replaceable optical unit (also called second partial device). This replacement of the replaceable optical unit can take place particularly efficiently, since a positioning arrangement is used which enables the second partial device of the optics arrangement to be connected accurately in position to the first partial device.

15 [0014] In at least a part of the embodiments, in addition to the positioning arrangement, a magnet arrangement is used, which ensures the required retaining forces to connect the second partial device reliably to the first partial device during the measurement.

20 [0015] By way of the selection and arrangement of the magnets of the magnet arrangement, the retaining forces can be exactly dimensioned so that the second partial device is fixedly connected to the first partial device, and the second partial device can be separated without problems from the first partial
25 device by applying a defined separating force.

[0016] In at least a part of the embodiments, a spring arrangement, a system which generates a partial vacuum, an arrangement having a bayonet fitting, or a bolt, for example, a bolt to be actuated electromechanically, can be
30 used instead of the magnet arrangement to apply the required retaining forces.

[0017] In at least a part of the embodiments, the second partial device only comprises a few optical components (for example, only one optical lens), to keep the costs of the second partial device within acceptable limits.

35

K26-0303P-JP

16_07_2019

5

- [0018] The measuring device of the invention is preferably equipped in at least a part of the embodiments with at least one (NC-)controlled axis, wherein this can be, for example, a linear axis for moving the optical, contactlessly operating measuring arrangement in relation to the (gearwheel) component and/or an axis of rotation for rotationally driving the (gearwheel) component in relation to the measuring arrangement. Such a measuring device having at least one (NC-)controlled axis enables the high-accuracy positioning of the optics arrangement in relation to the object plane.
- 10 [0019] The invention is based on the use of at least one optical measuring arrangement, which enables a high-accuracy and rapid distance determination in that a suitable replaceable optical unit is temporarily fixed on the measuring arrangement for the respective usage case.
- 15 [0020] The nominal distance of the measuring arrangement can be, for example, in the range of 5 to 50 mm in at least a part of the embodiments. To be able to cover this distance range of the nominal distance, the measuring range can comprise two or more than two different replaceable optical units in at least a part of the embodiments.
- 20 [0021] The measurement range of the measuring arrangement can be, for example, in the range of ± 0.3 mm in at least a part of the embodiments if the suitable replaceable optical unit is temporarily installed in each case.
- 25 [0022] In at least a part of the embodiments, one linear axis/multiple linear axes enables/enables a high-accuracy positioning of the optics arrangement in relation to the object plane (wherein one or more of the axes of the measuring device can be NC-controlled).
- 30 [0023] At least a part of the embodiments are based on an overall constellation of the measuring device, in which the (gearwheel) component is accommodated having its axis of rotation concentric to an axis of rotation of a rotationally-drivable receptacle of the device. The axis of rotation of the rotationally-drivable receptacle is vertical in space in this case. The measuring

K26-0303P-JP .

16_07_2019

6

arrangement is designed in this preferred overall constellation so that it emits a light beam, which extends radially in relation to the axis of rotation of the rotationally-drivable receptacle or which extends tangentially in relation to a circle located concentrically in relation to the axis of rotation. In this case, this
5 light beam propagates in a plane which is substantially perpendicular to the axis of rotation of the rotationally-drivable receptacle.

[0024] In at least a part of the embodiments, the plane of the light beam can be set slightly inclined, which can be used, for example, for measuring bevel
10 gears.

[0025] Advantageous embodiments of the (coordinate) measuring device according to the invention can be inferred from the dependent claims.

15 [0026] The invention may be used in conjunction with 1D, 2D, and 3D surface measurements on (gearwheel) components, for example, gearwheels, planar clutch elements, and the like.

[0027] This is not a device for the imaging method here, but rather a device
20 which is suitable for high-accuracy distance measurement. The confocal measurement approach of the invention is a method which measures point by point. The object is not imaged, but rather the projected light spot is reflected from the surface. Only the wavelength of the light in focus is detected from this reflection. The distance can be determined from the wavelength, i.e., it is solely
25 a point-distance measurement. A computer reconstruction of the surface can only be generated from the combination of a plurality of distances thus measured and the coordinates associated therewith, which are formed from the axial positions.

30 DRAWINGS

[0028] Exemplary embodiments of the invention are described in greater detail hereafter with reference to the drawings.

FIGURE 1A shows a schematic illustration, which is used to explain the basic
35 principle of the invention, wherein only a single tooth of a gearwheel

K26-0303P-JP

16_07_2019

7

component and the beam path of a confocal-chromatic optical system are shown;

FIGURE 1B shows a schematic graph to be able to explain the function of the detector of a device of the invention;

5 **FIGURE 2** shows a schematic illustration which shows details of an embodiment of the invention;

FIGURE 3 shows a schematic illustration which shows details of a further embodiment of the invention;

10 **FIGURE 4** shows a schematic illustration which shows details of a further embodiment of the optics arrangement of the invention;

FIGURE 5A shows a schematic view of the end face of a first part of the optics arrangement of a further embodiment;

FIGURE 5B shows a schematic view of the end face of a further first part of the optics arrangement of a further embodiment;

15 **FIGURE 6** shows a schematic view of a further embodiment of the invention.

DETAILED DESCRIPTION

20 [0029] Terms are used in conjunction with the present description which are also used in relevant publications and patents. However, it is to be noted that the use of these terms is merely to serve for better comprehension. The inventive concepts and the scope of protection of the claims are not to be restricted in the interpretation by the specific selection of the terms. The invention may be readily transferred to other term systems and/or technical fields. The terms are to be
25 applied accordingly in other technical fields.

[0030] The basic principle of the invention will be described hereafter on the basis of the very schematic illustration of Figure 1A. Only a single tooth 1.1 of a gearwheel component 11 is shown in Figure 1A. Moreover, the beam path of a
30 confocal-chromatic optical system is schematically shown in Figure 1A.

[0031] An optics device 50 is used, which comprises a first partial device 51 and a second partial device 52. The first partial device 51 is fixedly connected via an optical waveguide 53 to the light source LD and the detector 26 in the

K26-0303P-JP

16_07_2019

8

exemplary embodiment shown. The second partial device 52 is removably arranged on the first partial device 51.

[0032] It can be seen in Figure 1A that the measuring arrangement 17 (which comprises here the light source LD, the detector 26, the optical waveguide 53, the first partial device 51, and the second partial device 52) is designed so that it is capable of emitting a light beam LS along an optical axis in the direction of an object plane OE of the gearwheel component 11. The light of the light beam LS is generated by the light source LD and coupled by the optical waveguide 53 into the first partial device 51. From there, the light beam LS extends through the second partial device 52 to generate a strongly focused light spot on the object plane OE.

[0033] Either a white light source LD is used, which generates all spectral components of white light, or a light source LD is used which generates light having multiple wavelength components as the light beam LS. A light source LD which generates light having multiple wavelength components is also referred to here as a broad-spectrum light source.

[0034] Because of the fact that the light beam LS comprises multiple different wavelength components (colored light components) and because of the fact that the optics arrangement 50 is designed so that the different wavelength components each have a different focal length, the distance between the optics arrangement 50 and the object plane OE can be measured as follows.

[0035] Figure 1A shows by way of example that the wavelength λ_r of the red light component has a different focal length than the wavelengths λ_g of the yellow light component, λ_{gr} of the green light component, and λ_b of the blue light component. In the example shown, the object plane OE is located exactly in the focus of the red light component. Therefore, primarily the red light component is reflected back and conducted through the optics arrangement 50 to the detector 26. The detector 26 primarily receives and detects the red wavelength component in this example.

K26-0303P-JP

16_07_2019

9

[0036] In Figure 1B, the light intensity I is plotted over the wavelength on the basis of a schematic graphic. The intensity has a maximum at the red wavelength λ_r .

5 [0037] Since the focal length of the optics arrangement 50, which comprises a first partial device 51 here, for example, is known, the relative distance to the object plane OE can be computed from the location of the intensity maximum and the focal length.

10 [0038] In general, it can be stated that the optics arrangement 50 is designed so that the different spectral components of the light beam LS are focused at different distances from the optics arrangement 50. A measurement range MB thus results, which is indicated in Figure 1A.

15 [0039] Two or more than two different second partial devices 52 are used, wherein each of these devices 52 has a different measurement range MB. The different measurement ranges MB of the different second partial devices 52 result, for example, in that these partial devices 52 comprise lenses 54 which have different focus properties.

20 [0040] If the position of the optics arrangement 50 in three-dimensional space is known in the device 11, the absolute position of the object plane OE in three-dimensional space can thus be ascertained from the relative distance in relation to the object plane OE.

25 [0041] In those embodiments which comprise a measuring device 10 having NC-controlled axes (this measuring device 10 is identified here as a coordinate measuring device 10), the position of the individual axes is known. The position of the optics arrangement 50 in three-dimensional space can be computed from the instantaneous position of the individual axes. A possible assignment of the
30 NC-controlled linear axes X1, Y1, Z1 is shown in Figures 4 and 6.

[0042] Details of a further embodiment of the invention are shown in Figure 2. Above all the internal structure of the optics arrangement 50 can be seen in
35 this figure. The optics arrangement 50 comprises a first part 51 and a second

K26-0303P-JP

16_07_2019

10

part 52. The second part 52 comprises an optical lens 54 here, which is designed to split the white light into spectral components having different focal lengths.

[0043] In at least a part of the embodiments, a converging lens having
5 chromatic aberration is used as the lens 54. The external form of this lens 54 is shown solely schematically in the figures. The lens 54 is a planar-convex lens having positive focal length, which is not dispersion-corrected. I.e., the lens 54 displays a refraction behavior which is dependent on the wavelength. The lens 54 refracts short-wave light (blue) more strongly than long-wave light (red) and the
10 white light is thus decomposed into its spectral colors. I.e., the lens 54 has different focal lengths for the various wavelengths.

[0044] The beam paths of three different wavelengths are shown by
different dashed lines in Figure 2. Red light (see λ_r) has a focus which is spaced
15 apart farthest from the lens 54. The focus of yellow light (see λ_g) and the focus of green light (see λ_{gr}) follow. The light beam LS has no or only a minor blue component here.

[0045] The optics arrangement 50 furthermore comprises a lens 55, which
20 is arranged here in the first part 51, which generates a parallel beam path 57 from the beam bundle 56. In at least a part of the embodiments, a Fresnel lens is used as the lens 55. Instead of a Fresnel lens, a converging lens can also be dimensioned/designed so that it bundles the diverging beams of the beam bundle 56 to form a beam bundle 57 having parallel beams as the lens 55.

25 [0046] In at least a part of the embodiments, the optics arrangement 50 can comprise a pinhole screen 58, to refract the light which is guided from the optical waveguide 53 into the interior of the first part 51 into a beam bundle 56.

30 [0047] Light which is reflected on the object plane OE is guided through the lens 54 and the lens 55 back in the direction of the pinhole screen 58. At the pinhole screen 58, this light is coupled into the optical waveguide 53 and conducted therein to the detector 26. The illumination beam path and the imaging beam path extend along the same optical path if it is a confocal
35 chromatic optics arrangement 50.

K26-0303P-JP

16_07_2019

11

[0048] In at least a part of the embodiments, the detector 26 is designed as a spectrometer to be able to ascertain the dominant light component (spectral component) of the imaging beam path.

5 [0049] In at least a part of the embodiments, the optics arrangement 50 is designed so that the illumination beam path and the imaging beam path extend at least partially along a different optical path. A corresponding example can be inferred from Figure 3. Reference is made to the description of Figure 2 in
10 conjunction with Figure 3. Only the essential differences will be described hereafter.

[0050] The embodiment of Figure 3 comprises a semitransparent mirror 60, which is arranged in the beam path so that the imaging beam path is guided
15 through the mirror 60 in the direction of the pinhole screen 58 and the detector 26. The light of the light source LD is guided via an optical waveguide 61 to a further pinhole screen 62. At this pinhole screen 62, the light is fanned out by refraction and coupled in a confocal manner into the beam bundle 56 via the mirror 60.

20 [0051] In at least a part of the embodiments, the illumination beam path can also be projected onto the object plane OE completely past the optics arrangement 50.

25 [0052] In at least a part of the embodiments, the following steps are used if an optical distance measurement is to be performed on an object plane OE of a gearwheel component 11. The sequence of the steps does not necessarily have to correspond to the sequence given hereafter.

30 [0053] The method preferably comprises the following steps:
- Selecting one partial device 52 (identified here as the second partial device 52) from a set of partial devices, which differ due to different optical measurement ranges MB. The partial devices can be provided, for example, in a magazine in the vicinity of the measuring device 10. The selection of the
35 partial device 52 can take place manually or automatically.

K26-0303P-JP

16_07_2019

12

- Providing an optics arrangement 50 by attaching the selected second partial device 52 to a first partial device 51 in such a way that an optical axis OA of the optics arrangement 50 results, which extends concentrically through both partial devices 51, 52 in the direction of the object plane OE. The attachment
5 of the second partial device 52 to the first partial device 51 can take place manually or automatically (for example, using a robot arm).
- Positioning the optics arrangement 50 in relation to the object plane OE, wherein a relative distance between the optics arrangement 50 and the object plane OE is specified which is in the range of the optical measurement ranges
10 MB of the selected partial device 52. The positioning is preferably performed by moving one or more axes of the measuring device 10. Method approaches are particularly preferred in which a mean distance in relation to the object plane OE is specified, which is located approximately in the middle within the optical measurement range MB. Approximately the same paths for setting the
15 focal point by way of the relative movement of the optics arrangement 50 thus result in both movement directions (for example, observed perpendicularly to the object plane) in the positive and negative directions.
- Coupling in white light or broad-spectrum light having multiple spectral components in such a way that the white light or the broad-spectrum light
20 forms different focal points for the spectral components in the optical measurement range MB (as shown by way of example in Figures 1A, 2, and 3).
- Coupling a spectral component (also referred to here as an observation beam path), the focal point of which has encountered the object plane OE, into the optics arrangement 50.
- 25 - Guiding this spectral component to a detector 26, which is designed for spectral analysis of this spectral component.
- Ascertaining the wavelength of this spectral component or detecting this spectral component.
- Ascertaining distance information from the ascertained wavelength and from
30 information which defines the optical measurement range MB of the selected partial device 52.

[0054] In at least a part of the embodiments, the optics arrangement 50 comprises a positioning arrangement 70, which enables it to connect the second

K26-0303P-JP

16_07_2019

13

partial device 52 accurately in position to the first partial device 51. In all embodiments, the positioning arrangement 70 preferably comprises three rotationally-symmetrical bodies 71 (for example, three balls or cylinder elements) and three corresponding receptacle regions. The corresponding
5 receptacle regions cannot be seen in Figure 4, since they are provided on the nonvisible end face of the second partial device 52. An accurately defined three-point mounting thus results (to be precise, it is a six-point mounting) of the second partial device 52 on the first partial device 51.

10 [0055] The first partial device 51 and the second partial device 52 each have, for example, the basic shape of a hollow cylinder. The optical elements (e.g., lenses 54, 55, pinhole screen(s) 58, semitransparent mirrors 60, prisms, gratings, etc.) can be arranged in the interior of the hollow cylinder, as indicated by way of example in Figures 2 and 3.

15 [0056] Figure 5A shows the view of the end face of an exemplary first partial device 51 in very schematic form. The first partial device 51 also has a hollow-cylindrical shape in this embodiment. In the region of the end face, a ring-shaped surface 72 results, which is perpendicular to the optical axis OA,
20 because of the wall thickness of the hollow cylinder. The ring-shaped surface 72 can also result because a collar or a shoulder is provided on the hollow cylinder.

[0057] As shown in Figure 5A, three balls 71 (shown gray) are used here as rotationally-symmetrical bodies. These rotationally-symmetrical bodies 71 have a
25 mutual angle distance of 120° here. The second partial device 52 has a corresponding ring-shaped surface on the end face, which faces toward the first partial device 51. In the region of this corresponding ring-shaped surface, three prismatic recesses are provided, which also have a mutual angle distance of 120° . The prismatic recesses are designed in the dimensioning and arrangement so
30 that they correspond to the rotationally-symmetrical bodies 71. In Figure 5A, the outlines of the three prismatic recesses 73 are indicated by dashed triangles.

[0058] Upon joining together of the second partial device 52 with the first partial device 51, self-centering of the cylinder axes of the two hollow cylinders

K26-0303P-JP

16_07_2019

14

occurs due to the use of the positioning arrangement 70. It is ensured by the self-centering that the optical axis is located concentrically in relation to the two cylinder axes.

5 [0059] Figure 5B shows the view of the end face of a further exemplary first partial device 51 in very schematic form. Reference is made here to the description of Figure 5A. In contrast to the embodiment of Figure 5A, the embodiment of Figure 5B comprises a magnet arrangement having three (permanent) magnets 74. Retaining forces result, which can be dimensioned by
10 the magnet strength and positioning of the magnets 74 exactly in such a way that the second partial device 52 is fixedly connected to the first partial device 51, and the second partial device 52 can be separated without problems from the first partial device 51 by applying a defined separating force. In the exemplary embodiment shown in Figure 5B, three (permanent) magnets 74 are used, which
15 have an angle distance of 60° in relation to the rotationally-symmetrical bodies 71. The three (permanent) magnets 74 each have an angle distance of 120° from one another.

[0060] Since a (coordinate) measuring device 10 is a sensitive device, the
20 embodiments which operate using (permanent) magnets 74 can comprise means which enable a careful separation of the second partial device 52 from the first partial device 51. A procedure in which only minor traction and/or shear forces are exerted via the first partial device 51 on the (coordinate) measuring device 10 is considered to be a careful separation here.

25 [0061] For this purpose, the first partial device 51 and/or the second partial device 52 can be provided, for example, with a lever or handle element, which acts on the respective other partial device so that a small air gap is created between the (permanent) magnets 74 and a metallic counterpart. The retaining
30 forces are significantly reduced by the creation of a small air gap and the second partial device 52 can be separated from the first partial device 51 nearly without force.

[0062] As shown in Figure 6 in schematic form, a ring element 62 can also
35 be provided on the first partial device 51 for the mentioned purpose. This ring

K26-0303P-JP

16_07_2019

15

element 62 can be, for example, spring-loaded so that the distance between the (permanent) magnets 74 and a metallic counterpart is enlarged by pulling the ring element 62 in the x direction. The retaining forces are significantly reduced by the pulling and the second partial device 52 can be separated from the first partial device 51 nearly without force. The ring element 62 can accordingly also
5 be designed so that the retaining forces are reduced by a rotation of the ring element 62 around the cylinder axis of the hollow cylinder, which is a component of the first partial device 51.

10 [0063] In at least a part of the embodiments, a spring arrangement, a system which generates a partial vacuum, an arrangement having a bayonet fitting, or a bolt, for example, a bolt to be actuated electromechanically, can be used instead of the magnet arrangement as a part of the (coordinate) measuring device 10 for applying the required retaining forces.

15 [0064] At least a part of the embodiments are based on an overall constellation of the measuring device 10, in which the (gearwheel) component 11 is accommodated having its axis of rotation concentric to an axis of rotation A1 of a rotationally-drivable receptacle of the device. The axis of rotation A1 of the rotationally-drivable receptacle is vertical in space in this case (parallel to the Y1
20 axis, which is shown in Figure 4). The measuring arrangement 50 is designed in this preferred overall constellation so that it emits a light beam LS, which extends radially in relation to the axis of rotation A1 of the rotationally-drivable receptacle, or tangentially in relation to a circle which is concentric in relation to the axis of rotation A1. In this case, this light beam LS propagates in a plane
25 which is essentially perpendicular to the axis of rotation A1 of the rotationally-drivable receptacle. In the example of Figure 4, this plane is parallel to the plane spanned by the X1 axis and Z1 axis.

30 [0065] In at least a part of the embodiments, the plane of the light beam LS can be set slightly inclined, which can be used, for example, for measuring bevel gears.

K26-0303P-JP

16_07_2019

16

[0066] List of reference signs:

teeth	1.1
measuring unit / measuring device / coordinate measuring device	10
component / gearwheel component	11
measuring setup / measuring arrangement	17
optical sensors / measuring sensor	20
detector	26
optics arrangement	50
first part	51
second part	52
optical waveguide	53
lens	54
lens	55
beam bundle	56
beam bundle	57
pinhole screen	58
pinhole screen	59
semitransparent mirror	60
optical waveguide	61
ring (element)	62
positioning arrangement	70
rotationally-symmetrical body	71
ring-shaped surface	72
prismatic recesses	73
(permanent) magnets	74
axis of rotation	A1
light intensity	I
(white) light source / light-emitting diode / laser diode / broad-spectrum light source	LD
light beam	LS
wavelengths	$\lambda_r, \lambda_g, \lambda_{gr}, \lambda_b$
optical axis	OA
object plane	OE
direction	x
linear axes	X1, Y1, Z1

K26-0303P-JP

16_07_2019

17

Claims

1. A measuring device (10) with
 - an axis of rotation (A1),
 - 5 - at least one controlled axis (X1, Y1, Z1),
 - a receptacle for a component to be measured, in particular a gearwheel component (11), which is rotationally-drivable around the axis of rotation (A1), and having
 - an optical, contactlessly operating measuring arrangement (17) having a
 - 10 light source (LD), an optics arrangement (50), and an optical detector (26),wherein the measuring arrangement (17) is designed so that it is capable of
 - emitting a light beam (LS) originating from the light source (LD) along an
 - optical axis (OA) in the direction of an object plane (OE) of the
 - 15 component (11) when it is arranged in the receptacle,
 - guiding light components having different wavelengths (λ_r , λ_g , λ_{gr} , λ_b), which were reflected on the object plane (OE), through the optics arrangement (50) in the direction of the optical detector (26),
 - and wherein the optics arrangement (50) comprises a first partial device
 - 20 (51) and a second partial device (52), wherein the first partial device (51) is fixedly connected via an optical waveguide (53) to the detector (26), and wherein the second partial device (52) is removably arranged on the first partial device (51).
- 25 2. The measuring device (10) according to claim 1, characterized in that the light source (LD) is a white light source, which emits white light as the light beam LS, or the light source (LD) is a broad-spectrum light source, which emits light having multiple wavelength components as the light beam LS.
- 30 3. The measuring device (10) according to claim 2, characterized in that the measuring arrangement (17) is designed as a confocal-chromatic optical system.

K26-0303P-JP

16_07_2019

18

4. The measuring device (10) according to any one of claims 1 to 3,
characterized in that the light beam (LS) is guided along an illumination
beam path in the direction of the object plane (OE), and the light
components which have been reflected on the object plane (OE) are guided
5 along an observation beam path in the direction of the detector (26).
5. The measuring device (10) according to claim 4, characterized in that
- either the illumination beam path,
 - or the observation beam path,
 - 10 - or the illumination beam path and the observation beam path
are guided through the optics arrangement (50).
6. The measuring device (10) according to any one of claims 1 to 5,
characterized in that the detector (26) is designed for spectral analysis of
15 the light components having different wavelengths (λ_r , λ_g , λ_{gr} , λ_b), which
were reflected on the object plane (OE).
7. The measuring device (10) according to any one of claims 1 to 6,
characterized in that the second partial device (52) of the optics
20 arrangement (50) is connected accurately in position to the first partial
device (51) via a positioning arrangement (70), wherein the positioning
arrangement (70) comprises three rotationally-symmetrical bodies (71) and
three corresponding receptacle regions (73).
- 25 8. The measuring device (10) according to any one of claims 1 to 7,
characterized in that the second partial device (52) of the optics
arrangement (50) is connected via
- a magnet arrangement,
 - a spring arrangement,
 - 30 - a system which generates a partial vacuum,
 - an arrangement having a bayonet fitting, or via
 - a bolt, in particular a bolt to be actuated electromechanically,
to the first partial device (51).

K26-0303P-JP

16_07_2019

19

9. The measuring device (10) according to any one of claims 1 to 8,
characterized in that, in addition to the second partial device (52), it
comprises at least one further partial device, wherein these partial devices
(52) differ in that they have different optical measurement ranges (MB)
5 and/or different measurement distances.
10. A method for carrying out an optical distance measurement on an object
plane (OE) of a component, in particular a gearwheel component (11),
having the following steps:
- 10 - selecting one partial device (52) from a set of partial devices, which differ
due to different optical measurement ranges (MB) and/or different
measurement distances,
- providing an optics arrangement (50) by attaching the selected partial
device (52) to a first partial device (51) so that an optical axis (OA) of
15 the optics arrangement (50) results which extends concentrically through
both partial devices (51, 52) in the direction of the object plane (OE),
- positioning the optics arrangement (50) in relation to the object plane
(OE), wherein a relative distance between the optics arrangement (50)
and the object plane (OE) is specified, which is in the range of the optical
20 measurement range (MB) of the selected partial device (52),
- coupling in white light or broad-spectrum light having multiple spectral
components so that the white light or broad-spectrum light forms
different focal points for the spectral components in the optical
measurement range (MB),
- 25 - coupling a spectral component, the focal point of which has encountered
the object plane (OE), into the optics arrangement (50),
- guiding this spectral component to a detector (26) which is designed for
spectral analysis of this spectral component,
- ascertaining the wavelength of this spectral component or detecting this
30 spectral component,
- ascertaining distance information from the ascertained wavelength and
from information which defines the optical measurement range (MB) of
the selected partial device (52).

K26-0303P-JP

16_07_2019

20

Abstract

A measurement device (10) having

- an axis of rotation,
 - 5 - at least one controlled axis,
 - a receptacle for a component to be measured, in particular a gearwheel component (11), which is rotationally-drivable around the axis of rotation, and having
 - 10 - an optical, contactlessly operating measuring arrangement (17) having a light source (LD), an optics arrangement (50), and an optical detector (26),
- wherein the measuring arrangement (17) is designed so it is capable of
- emitting a light beam (LS) originating from the light source (LD) along an optical axis (OA) in the direction of an object plane (OE) of the
 - 15 component (11),
 - guiding light components having different wavelengths (λ_r , λ_g , λ_{gr} , λ_b), which were reflected on the object plane (OE), through the optics arrangement (50) in the direction of the optical detector (26),
- and wherein the optics arrangement (50) comprises a first partial device
- 20 (51) and a second partial device (52), wherein the first partial device (51) is fixedly connected via an optical waveguide (53) to the detector (26), and

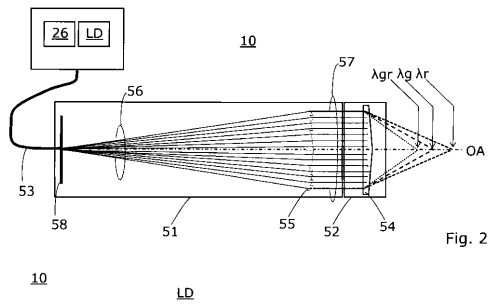
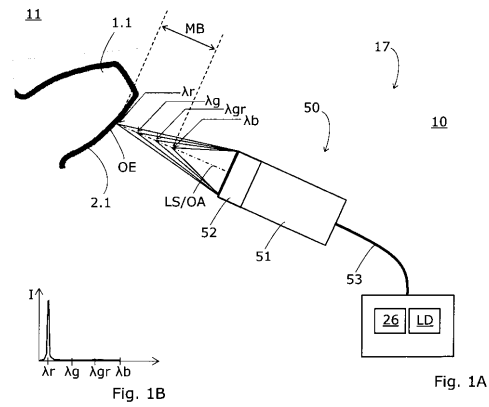
wherein the second partial device (52) is removably arranged on the first partial device (51).

25 (Figure 1A)

K26-0303P-JP

16_07_2019

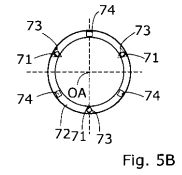
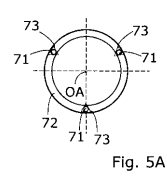
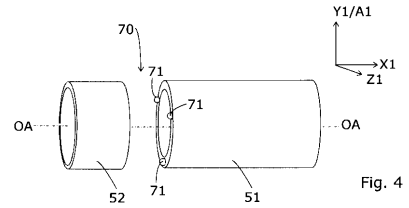
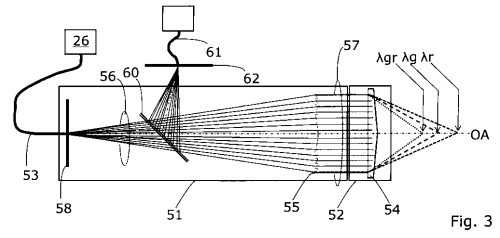
1/3



K26-0303P-JP

16_07_2019

2/3



K26-0303P-JP

16_07_2019

3/3

