

(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2012-118071

(P2012-118071A)

(43) 公開日 平成24年6月21日(2012.6.21)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)		
GO 1 B	11/14	(2006.01)	GO 1 B	11/14	G	2 F 0 6 4
GO 1 B	9/02	(2006.01)	GO 1 B	9/02		2 F 0 6 5
GO 1 B	11/27	(2006.01)	GO 1 B	11/27	Z	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-259391 (P2011-259391)
 (22) 出願日 平成23年11月28日 (2011.11.28)
 (31) 優先権主張番号 102010053423.4
 (32) 優先日 平成22年11月29日 (2010.11.29)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 511286827
 トライオプティクス ゲゼルシャフト ミ
 ット ベシュレンクテル ハフツング
 ドイツ連邦共和国, デー-22880 ベ
 ーデル, ハーフェンシュトラーセ 39
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100092624
 弁理士 鶴田 準一
 (74) 代理人 100114018
 弁理士 南山 知広
 (74) 代理人 100165191
 弁理士 河合 章
 (74) 代理人 100151459
 弁理士 中村 健一

最終頁に続く

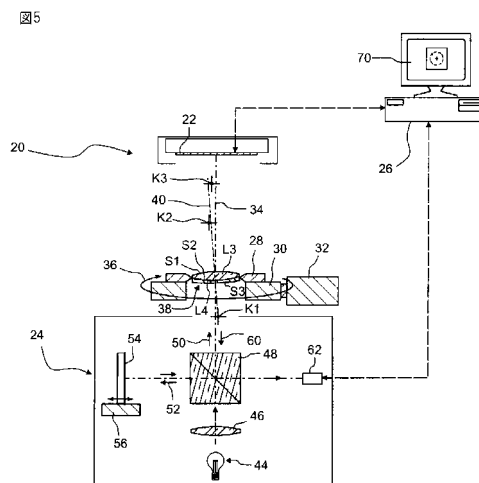
(54) 【発明の名称】 光学系の光学面の間隔を測定する方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】本発明の目的は、単レンズ又は多レンズ光学系の光学面の間隔が確かかつ高精度に測定され得る装置及び方法を指定することである。

【解決手段】多レンズ光学系(38)の光学面(S1、S2、S3)の間隔を測定する方法の場合に、光学系のセンタリング状態は、光学系(38)の少なくとも2つの光学面(S1、S2、S3)を考慮することにより記録される。光学系(38)は、センタリング状態を考慮して、光学系(38)の光軸(40)が参照軸(34)とできる限り揃うように調節される。次のステップでは、光学面(S1、S2、S3)の間隔が、短コヒーレンス干渉計(24)を用いて決定される。この目的のために光学系(38)に向けられる測定光線(50)は、参照軸(34)に沿っている。試験片(38)の事前の調節により、光学系の少なくとも2つの光学面を考慮して、高精度の測定が得られる。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

単レンズ又は多レンズ光学系(38)の光学面(S1、S2、S3)の間隔を測定する方法であって、

a) 前記光学系(38)内のすべての光学面が考慮されるように、参照軸(34)に沿って伝わる試験光線(50)を前記光学系(38)に向け、前記試験光線が前記光学系(38)を完全に通過した後に、前記試験光線が位置決定光学センサ(22)に当たる位置(66)を記録することにより、前記光学系(38)のセンタリング状態を記録するステップと、

b) ステップa)で記録された前記センタリング状態を考慮して、前記光学系(38)を調節するステップと、

c) 前記光学系(38)に、前記参照軸(34)に沿って伝わる測定光線(50)を通過させるステップと、

d) 前記光学面(S1、S2、S3)から反射された前記測定光線の一部(60)を参照光線(52)と干渉計(24)で重畳させるステップと、

e) 前記反射された一部(60)と前記参照光線(52)との間の干渉現象を記録及び評価することにより、前記参照軸(34)に沿った前記光学面(S1、S2、S3)の前記間隔を決定するステップと、を有する方法。

【請求項 2】

前記光学系(38)は、ステップb)の間に前記参照軸(34)の周りを回転する、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記回転の間に前記光学センサ(22)により記録される前記位置(66)の変化から、前記光学系(38)の光軸(40)の、前記参照軸(34)からのずれが推測され、ステップb)での前記調節は、前記光学系(38)の前記光軸(40)が前記参照軸(34)に対して同軸上になるまで継続される、請求項2に記載の方法。

【請求項 4】

前記参照軸(34)の周りの前記回転の間に前記光学センサ(22)により記録される前記位置(66)は、前記参照軸(34)の周りの円軌道(68)を描き、ステップb)での前記調節は、前記円軌道(68')が最小半径を有するまで継続される、請求項3に記載の方法。

【請求項 5】

前記試験光線及び前記測定光線(50)は、同じ光源(44)により生成される、請求項1乃至4のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

多レンズ光学系(38)の光学面(S1、S2、S3)の間隔を測定する装置であって、

a) 参照軸(34)に沿って前記表面(S1、S2、S3)の間隔を測定するように構成された干渉計(24)と、

b) 前記光学系(38)のすべての光学面(S1、S2、S3)を考慮することにより、前記光学系(38)のセンタリング状態を記録するように構成されたセンタリング状態記録デバイス(44、22;72)と、を有し、

前記センタリング状態記録デバイスは、

前記参照軸(34)に沿って伝わる試験光線(50)を前記光学系(38)の一面に向けてるように構成された試験光源(44)と、

前記試験光線(50)が前記光学系(38)を完全に通過した後に前記光学センサ(22)に当たる位置を記録するように構成された位置決定光学センサ(22)と、を有する装置。

【請求項 7】

前記試験光源(44)は、前記間隔を測定するために前記光学系(38)に向けられる

測定光を生成するために前記干渉計(24)内に配置された光源である、請求項6に記載の装置。

【請求項8】

前記光学系(38)を前記参照軸(34)の周りで回転させるように構成された回転機構(30、32)を有する、請求項6又は7に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、単レンズ又は多レンズ光学系の光学面の間隔を測定する方法及び装置に関する。そのような型の間隔は、一般に光学系の光軸に対して指定される。

10

【背景技術】

【0002】

単レンズ又は多レンズ光学系の光学面の間隔を測定するために、例えば仏国特許出願公開第2803027号明細書及びR. Wilhelmらの論文「光学系のガラス厚及び空隙(air gap)のサブミクロン精度での軸上非接触測定」, Proc. of SPIE, Vol. 6616 (2007), 66163P-1~66163P-12に記載される、短コヒーレンス干渉計(short-coherence interferometer)を用いることが知られている。そのような型の干渉計は、非常に短いコヒーレンス長を有する測定光を生成する光源を有する。測定光のビーム路は、ビーム分割器を用いて参照アーム(arm)及び測定アームに分割される。測定アームで導かれる測定光は、光学系に向けられる一方、参照アームで導かれる測定光の光路長は、可動式ミラーアレイ又は同様のものを用いて変化する。光学系の光学面で反射された測定光は、参照アームで導かれる測定光と光検出器で重畳する。光検出器により記録される干渉現象から、測定光が光学面間の経路上を進む光路長の差が推測され得る。用いられる測定光の短コヒーレンス長により、参照アーム及び測定アームの光路長が一致するときのみ、光検出器で干渉現象が起こる。

20

【0003】

この測定原理を用いる測定装置は、例えばFOGALEnanotech, Nimes, Franceにより販売されている。

【0004】

しかし、光学系の光学面の間隔を測定する短コヒーレンス干渉計の使用に関連して、測定光は、光学面にできる限り垂直に当たる必要がある。わずかに偏心(tilted)した表面の場合でさえ、わずかな光が干渉計に反射されるので、検出器では、干渉信号が生じないか、良くて-非常に低い信号対雑音比により-辛うじて検出可能な干渉信号が生じるかである。偏心(tilted)した光学面の場合に、干渉信号が十分に記録され得るときでさえ、最終的に、その信号は、望まれるような測定される光学系の光軸に沿った光学面の間隔ではなく、測定光線により定義される測定方向に沿った間隔にすぎない。この方向は光学系の光軸から大きくずれているかもしれないので、この方法で得られる測定値はあまり意味がない。

30

【0005】

光学系を調節するために、上述のR. Wilhelmらの論文は、最初にレーザポイントにより生成される光線を用いて光学系用チップチルトマウント(tip-tilt mount)を調節することを提案している。この目的を達成するために、平面ミラーがマウントに置かれ、光線がミラーに向けられる。マウントは、光線が自身に反射されるまで調節される。次のステップでは、光学系が、マウントに置かれ、光線が自身に反射されるように干渉計の方を向く光学面に垂直に当たるまで、偏心(tilted)させられる。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、単レンズ又は多レンズ光学系の光学面の間隔が確實かつ高精度に測定され得る装置及び方法を指定することである。

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

方法に関して、この目的は、本発明に従って、次のステップを有する方法により達成される。

【0008】

a) 光学系内のすべての光学面が考慮されるように、参照軸に沿って伝わる試験光線 (test-light ray) を光学系に向け、試験光線が光学系を完全に通過した後に、試験光線が位置決定 (location-resolving) 光学センサに当たる位置を記録することにより、光学系のセンタリング状態 (centring state) を記録するステップ、

b) ステップ a) で記録されたセンタリング状態を考慮して、手動又は外力補助 (extraneous-force-assisted) による光学系の調節を行うステップ、

c) 光学系に、参照軸に沿って伝わる測定光線を通過させるステップ、

d) 光学面から反射された測定光線の一部を参照光線と干渉計で重畳させるステップ、

e) 反射された一部と参照光線との間の干渉現象を記録及び評価することにより、参照軸に沿った光学面の間隔を決定するステップ。

【0009】

ステップ a) でのセンタリング状態の記録により、光学系は、参照軸及び測定光線が光学面をできる限り垂直に通過するように、ステップ b) で調節され得る。このことは、一方で、かなり多くの測定光が干渉計に反射され、干渉に貢献し得るという結果を有する。他方で、光学系の光軸は、干渉計が、望まれるような光軸に沿った光学面の間隔を実際に測定し、例えば必要に応じて偏心 (tilted) 又は移動した参照軸に沿ったものを実際に測定しないように、参照軸の近くにある。

【0010】

本発明に従って、センタリング状態の記録の間に、光学系のすべての光学面が考慮される。センタリング状態の記録の間に光学系の1つの表面しか考慮されないのであれば、上述の R. Wilhelm の論文に開示される方法のように、ステップ b) での調節により、一般に、光学系が参照軸に対して十分な精度で正しい方向に置かれることは保証され得ない。光学球面の場合に、良くて、この表面の曲率中心が参照軸上にあることは保証され得る。しかし、この場合、光学系は、依然としてこの曲率中心の周りで偏心 (tilted) しており、結果として参照軸に対して中心に置かれられないかもしれない。

【0011】

本発明に従って、センタリング状態の記録にすべての表面が考慮される場合に限り、1つの光学面しか考慮されない場合に生じる曖昧さはなくなる。センタリング状態の記録で考慮される表面が多いほど、ステップ b) で得られる参照軸に対する光学系のセンタリングは一般によくくなる。この理由により、光学系のすべての光学面が考慮されれば、光学系のセンタリング状態は最も精度よく記録される。

【0012】

試験光線及び光学センサにより、非常に簡便な手段を用いてすべての光学面を考慮することにより、測定光線により予め定められた参照軸に対する光学系のセンタリング状態を定性的に記録することが可能になる。これに関連して、試験光線はその光線が非垂直に当たり、結果として横方向に屈折する光学面で反射されるという事実が利用される。試験光線の横方向への屈折は、測定装置の位置決定光学センサにより記録される。光学系の光軸が参照軸に揃うほど、光学系を通過する試験光線の屈折は小さくなる。

【0013】

そのような透過測定 (measurement in transmission) により、ステップ b) での調節は、単に試験光線が位置決定光学センサに当たる位置の記録の間に、光学系が参照軸の周りを回転する場合に、特に成功する。そのような回転の間に、光学センサにより記録される位置は、参照軸の周りの円軌道を描く。ステップ b) での調節は、円軌道が最小半径を有するまで継続される。光学系は、その光軸が参照軸と少なくとも十分に揃うように、参照軸に対して正しい方向に置かれる。回転は、光学センサ上の参照軸の交差点が不明であ

10

20

30

40

50

り、参照軸と試験光線が光学センサに当たる位置との間隔が確認され得ないときに、特に有利である。

【0014】

試験光線及び測定光線が干渉計の同じ光源により生成されれば、特に簡便である。この場合、結果として、試験光線及び測定光線は、最終的に「同じ」光線であり、異なる目的で光学系に向けられるにすぎない。

【0015】

装置に関して、序論で述べた目的は、参照軸に沿って表面の間隔を測定するように構成された干渉計を有する装置により達成される。装置は、加えて、光学系の少なくとも2つの光学面を考慮することにより光学系のセンタリング状態を記録するように構成されたセンタリング状態記録デバイスを有する。センタリング状態記録デバイスは、参照軸に沿って伝わる試験光線を光学系の一面に向けられるように構成された試験光源と、試験光線が光学系を完全に通過した後に光学センサに当たる位置を記録するように構成された位置決定光学センサとを有する。

【0016】

これに関連して、試験光線の光源は、間隔を測定するために光学系に向けられる測定光を生成するために、干渉計内に配置された光源でもよい。

【0017】

加えて、装置は、光学系を参照軸の周りで回転させるように構成された回転機構を示(exhibit)してもよい。

【0018】

本発明のさらなる特徴及び利点は、以下の、図面に基づく実施形態の説明から明らかになるだろう。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】すべてのレンズが参照軸に沿って正確に正しい方向に置かれている、多レンズ光学系の子午的断面図(meridional section)。

【図2】参照軸に対して偏心している、図1に示される光学系の個々のレンズ。

【図3】多レンズ光学系の曲率中心の略図。

【図4】曲率中心がほぼ参照軸と異なる直線上にある、図3のような略図。

【図5】本発明の第1の実施形態による測定装置の子午的断面図。

【図6】光検出器により間隔測定の間記録される強度が、測定装置の干渉計の参照光線が進む光路長の関数として描かれているグラフ。

【図7】図5の拡大された詳細。

【図8】試験光線が試験片の回転の間にセンサ上で描く円軌道を表す、測定装置の光学センサの上面図。

【図9】試験片の調節の後の、図8のような上面図。

【図10】本発明の方法の重要なステップを説明するフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0020】

1. 序論

図1は、子午的断面図で、10により全体が示される光学系を示す。光学系は、7枚のレンズL1~L7を有する。2枚のレンズL3及びL4は、隙間なく1つに接合されており、アクロマート(achromat)として用いられるダブレット(doublet)を形成する。レンズL1~L7は、いかなる場合も不図示のレンズマウントに収容される、円筒状に研磨されたレンズ縁12を有する。

【0021】

理想的な場合に、レンズL1~L7は、その光軸がすべて同時に円筒状のレンズ縁12の対称軸でもある共通参照軸14上にあるように、正しい方向に置かれている。参照軸14は、一般に光学系10の光軸として示される。光学系10の光学面の間隔が指定され又

10

20

30

40

50

は測定されれば、その指定値又は測定値は、一般に光学系 10 の（参照軸 14 と一致する）光軸に沿った間隔に関係する。これに関連して、個々のレンズの光学面の間隔は、主に中心の厚みとして示される。図 1 では、レンズ L1 及び L2 の中心の厚みは、それぞれ d_{M1} 及び d_{M2} により示される。空隙により相互に分離した、連続したレンズの間隔は、主に空気分離（air separation）として示される。図 1 では、レンズ L1 及び L2 間の空気分離は、 d_{L12} により示される。

【0022】

しかし、実際の光学系では、製造及び組み立ての耐性のために、理想的な方向付けからのずれが生じる。図 2 は、レンズ L5 を例に、レンズマウント内のレンズ L5 のわずかな（図 2 では大げさに示されている）偏心（tilting）がセンタリング状態にどのように影響を与えるかを示す。ここで、レンズ L5 の 2 つのレンズ表面 S51 及び S52 は球面であり、それぞれ図 2 に K51 及び K52 により示される曲率中心を有すると仮定する。曲率中心 K51 及び K52 は、レンズ L5 の光軸を定義する。光軸は、図 2 に点線 16 により示される。この定義により、光軸 16 は、レンズ L5 の光学球面 S51 及び S52 に対して常に垂直になる。

10

【0023】

非球面レンズの場合に、光軸は、非球面レンズ表面の球面部分の曲率中心により定義される。従来非球面方程式により記述可能な非球面の場合に、曲率中心は、結果として曲率半径 R の球の中心により与えられる。方程式において、z は光軸と平行な、問題の表面の矢状（sagitta）を示し、h は光軸からの半径方向（radial）間隔を示し、 $c = 1/R$ は問題の表面の頂点の曲率を示し、k は円錐定数（conic constant）を示し、A、B、C、D、E、F、G、H、及び J は非球面定数（aspheric constant）を示す。

20

【0024】

【数 1】

$$z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2h^2}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} + Gh^{16} + Hh^{18} + Jh^{20}$$

30

【0025】

例えば、レンズ L5 の偏心（tilting）は、レンズ L5 がレンズマウントに正しく挿入されなかったという事実により生じているかもしれない。この理由として、例えば、レンズ縁 12 がその対称軸がレンズ L5 の光軸 16 と揃うように研磨されなかったという可能性が考慮される。

【0026】

図 1 に示されるような多レンズ光学系の場合に、個々のレンズの光軸は、一般にセンタリング状態の質により、参照軸 14 に対してより大きく又は小さく不規則に分布する。このことは、図 3 に、曲率中心 K11 及び K12、K21 及び K22、K31 及び K32、並びに K41 及び K42 の 4 枚のレンズを有する光学系を例に示される。4 枚のレンズの光軸は、161、162、163、及び 164 により示される。

40

【0027】

時折、レンズの光軸は（少なくともほぼ）共通光軸 16' 上に配置されているが、その光軸は参照軸 14 と揃っていないということも起こるかもしれない。そのような配置は、図 4 に示される。加えて、図 3 に示されるような場合があり、レンズの光軸 164 は、参照軸 14 と揃っていないが、平行である。そのような状態は、図 2 に示される偏心（tilting）と対照的に、しばしばレンズの偏心（decentring）として示される。

【0028】

正確に調節されていない多レンズ光学系の光軸は、それ自体で明確には定義されない。なぜなら、曲率中心は、一般に直線上にないからである。この理由により、そのような系

50

の「光軸」により一般に軸は理解され、レンズの曲率中心は平均してその軸から最小間隔を有する。このように理解される光軸は、結果として一種の回帰直線を表し、必要に応じて、間隔の最小化の異なる基準が適用されてもよい（例えば、算術平均、二次平均、又は問題の光学面の曲率半径の関数としての間隔の重み付け）。

【 0 0 2 9 】

短コヒーレンス干渉計を用いて4枚のレンズの表面の間隔を高精度に測定することが望まれる場合に、2つの問題が生じる。

【 0 0 3 0 】

一方で、短コヒーレンス干渉計を用いた間隔の高精度な測定は、干渉計から光学系への測定光が検査される光学系に垂直に当たるときにのみ、確実に成功する。レンズが偏心（*tilted or decentred*）していれば、一般に、測定光はもはや問題の光学面に垂直に当たらない。結果として、光学面から干渉計に反射される光の強度は、主に大きく弱められるので、非常に低い信号対雑音比により、測定が不能であるか、良くて比較的精度の低い測定が可能であるかである。

10

【 0 0 3 1 】

第2の問題は、問題の光学面のレンズの偏心（*tilting or decentring*）にもかかわらず、十分に強い干渉信号が記録され得るときでさえ、最終的に、その信号は、実際に望まれるような測定される光軸に沿った表面の間隔ではなく、その軸と無視できない角度を成す方向に沿ったものであるという事実にある。このことから生じる、光軸に沿った実際の間隔と測定された間隔との間のずれは無視できないかもしれず、レンズの偏心（*tilting or decentring*）が気付かれないときに、このことは特に問題になる。

20

【 0 0 3 2 】

この問題を解決することを目的として、本発明は、光学系のセンタリング状態を簡便な手段を用いて少なくとも大雑把に記録し、光学系の光軸が測定光線により予め定められた参照軸とできる限り揃うように、光学系を短コヒーレンス干渉計との関連で正しい方向に置くことを提案する。調節が行われた後に、光学系は、例えば、参照軸が個々のレンズの光軸に対して一種の回帰直線を構成するように、参照軸に対して正しい方向に置かれ得る。図3に示される配置の場合、曲率中心 K_{11} 及び K_{12} 、 K_{21} 及び K_{22} 、 K_{31} 及び K_{32} 、並びに K_{41} 及び K_{42} を通る回帰直線 $16'$ は、測定光線により予め定められた参照軸と一致する。しかし、光軸が参照軸に対して偏心（*tilted*）した直線上にあれば（図4を参照）、調節の手段により状態は確立されなければならない、光軸 $16'$ 及び参照軸 14 の同軸方向付けは、光学系の偏心（*tilting*）により得られる。

30

【 0 0 3 3 】

特に、図3に示される例が示すように、間隔測定の前そのような調節により、必ずしもすべての光学面が参照軸 14 により垂直に交差されることは保証され得ない。結果として、短コヒーレンス干渉計の測定光線が、光学系の必ずしもすべての光学面に正確に垂直に当たるとは限らない。しかし、先の調節により、すべての光学面を考慮して、原理上回避不能であり、偏心（*tilted or decentred*）したレンズにより生じる測定誤りは、最小化され得る。

【 0 0 3 4 】

以下の第2及び3節では、本発明の測定装置の構造及び動作モードが、実施形態に従って説明される。この実施形態では、参照軸 14 に対する光学系のセンタリング状態が、透過測定により定性的に記録される。そのような定性的記述（*statement*）は、一般に、調節手続での実際の間隔測定の前に、光学系を参照軸 14 に対して正しい方向に置くことを可能にするのに十分である。

40

【 0 0 3 5 】

最後の第4節では、重要な方法ステップが再度要約される。

【 0 0 3 6 】

2. 測定装置の構造

図5に子午的断面図で示され、20により全体が示される測定装置は、例えば問題のC

50

C D センサ又は位置敏感 (position-sensitive) ダイオード (PSD) である、位置決定光学センサ 22 と、干渉計 24 とを有する。測定装置 20 は、コンピュータ 26 の形式の計算ユニットと、輪状回転テーブル 30 により支持される試験片レセプタクル (test-specimen receptacle) 28 とをさらに有する。回転テーブル 30 は、その上に配置された試験片レセプタクル 28 と共に、矢印 36 により示されるように、モータ 32 を用いて参照軸 34 の周りを回転可能である。回転テーブル 30 は、モータ 32 と共に、測定装置 20 の回転機構を構成する。

【0037】

示される実施形態では、試験片レセプタクル 28 は、便宜上、図 1 に示されるレンズ L3 及び L4 から構成される問題のダブレットである、試験片 38 を支持する。この試験片 38 の 3 つの光学面は、S1、S2、及び S3 により示される。もちろん、かなり多くのレンズを有する試験片が検査されてもよい。図 5 の表現では、試験片 38 は、それぞれ K1、K2、及び K3 により示される、表面 S1、S2、及び S3 の曲率中心が参照軸 34 上にないように、偏心 (decentred) していると仮定する。むしろ、曲率中心 K1、K2、及び K3 は、ほぼ試験片 38 の光軸 40 上にあるが、参照軸 34 に対して偏心 (tilted) している。

10

【0038】

干渉計 24 は、短コヒーレンス干渉計の形式をとり、この目的のために、レーザ光の光源に比べてスペクトル的に広帯域であり、例えば高輝度 (superluminescent) ダイオードである、光源 44 を有する。比較的広いスペクトル帯域により、光源 44 により生成される光は、レーザ光の光源により生成される光よりもかなり短いコヒーレンス長を有する。代替方法として、極短光パルスを生じるレーザ光の光源が用いられてもよい。なぜなら、そのような光パルスは、短コヒーレンス長を有するからである。

20

【0039】

光源 44 により生成される測定光は、コリメータレンズ 46 により集光され、測定光を試験片 38 に向けられる測定光線 50 と、参照光線 52 とに分割するビーム分割キューブ 48 に向けられる。光線 50 及び 52 は、より識別可能にするために、鎖線により示される軸に対するオフセットで描かれている。しかし、実際その光線は、正確にその軸に沿っている。このことは、参照軸 34 に沿って正確に伝わる、試験片 38 に向けられる測定光線 50 に対して特に有効である。

30

【0040】

参照光線 52 は、アクチュエータ 56 を用いてビーム方向に沿って移動可能なミラー 54 により、自身に反射される。このように、ビーム分割キューブ 48 とミラー 54 との間の、参照光線 52 の光路長は変更され得る。

【0041】

試験片 38 に向けられる測定光線 50 は、参照軸 34 に沿って試験片を通過する。光学面 S1、S2、及び S3 の各々で反射された測定光線の一部 60 は、ビーム分割キューブ 48 に戻り、一部は光検出器 62 の方向に反射される。反射された測定光線の一部 60 は、ミラー 54 から反射された参照光線 52 と重畳する。

【0042】

反射された測定光線の一部 60 及び参照光線 52 が光検出器 62 に向かって進んだときの光路長の差が、光源 44 により生成される測定光のコヒーレンス長の 10 倍であれば、光検出器 62 により記録される干渉現象が起こる。光源 44 により生成される測定光のコヒーレンス長が短いので、光検出器 62 は、ミラー 54 により進められる経路の関数として、前述の条件が満たされれば厳しく制限される出力信号を生成する。

40

【0043】

図 6 は、光検出器 62 により記録される強度 I が、参照光線 52 が進む光路長 OPL 上に描かれているグラフの例を示す。この光路長は、測定のためにミラー 54 を移動することにより変化する。反射された測定光線の一部 60 及び参照光線 52 の光路長が一致するときはいつでも、干渉信号は光検出器 62 で記録され得る。横座標上に、光検出器 62 で対

50

応する干渉信号をもたらす表面 S 3、S 2、及び S 1 が指定されている。

【 0 0 4 4 】

測定信号の包絡線 6 3 の最大値の位置から、レンズ材料の群屈折率を考慮して、表面 S 1、S 2、及び S 3 の間隔が非常に高い精度で決定され得る。

【 0 0 4 5 】

実際の測定信号の場合に、さらなる干渉信号は、一般に包絡線 6 3 間にあり、例えば、試験片 3 8 内での複数の反射によりもたらされ、時には比較的高いレベルに達するかもしれない。そのような干渉信号が測定を妨げないように、包絡線 6 3 の周りに置かれる弁別窓 (discriminator window) を用いて、干渉信号はマスクされ得る。弁別窓は、干渉信号が予期される位置に自動的に、優先的に置かれ、基礎として表面 S 1、S 2、及び S 3 の望まれる間隔をとる。できる限り多くの測定光が試験片 3 8 の表面 S 1、S 2、及び S 3 から反射され、光検出器 6 2 に入力され得るために、試験片に向けられる測定光線 5 0 は、コリメータレンズ 4 6 を用いて試験片 3 8 に適合させられ得る。短コヒーレンス干渉計を用いた透明体の厚みの検査に関するさらなる詳細は、仏国特許出願公開第 2 8 0 3 0 2 1 号明細書から収集され得る。原理上適切な短コヒーレンス干渉計は、とりわけ F O G A L E n a n o t e c h , N i m e s , F r a n c e により販売されている。

10

【 0 0 4 6 】

3 . 測定 の 順序

以下では、本発明の測定方法が、図 7 ~ 9 を参照してより詳細に説明される。

【 0 0 4 7 】

a) 一度だけの方向付け

最初に、試験片 3 8 に向けられる、干渉計 2 4 の測定光線 5 0 は、回転テーブル 3 0 の回転軸により定義される参照軸 3 4 に沿って正確に伝わると仮定する。そのような調節は、測定装置を初めて作動させる前に、一度だけ行われる。

20

【 0 0 4 8 】

この一度の方向付けのために、例えば平面ミラーが回転テーブル 3 0 の開口部に置かれてもよい。参照アームは、例えばミラー 5 4 を偏心 (tilting) させることにより、動作から外される。干渉計 2 4 及び回転テーブル 3 0 は、光検出器で記録される信号が最大強度を有するまで、角度に関して相互に正しい方向に置かれる。このことから、測定光線 5 0 は平面ミラーで自身に反射され、平面ミラーは結果として参照軸 3 4 に対して垂直に正しい方向に置かれることが推測され得る。回転テーブルの回転軸は、結果として参照軸 3 4 と平行になる。

30

【 0 0 4 9 】

次のステップでは、平面ミラーが球面レンズにより置き換えられる。干渉計 2 4 及び回転テーブル 3 0 は、干渉信号が最大強度を有するまで、参照軸 3 4 に対して垂直に相互に移動される。このことから、測定光線 5 0 は球面レンズで自身に反射され、球面レンズは結果としてその中心が参照軸 3 4 上に置かれることが推測され得る。回転テーブルの回転軸は、参照軸 3 4 に対して同軸上になる。

【 0 0 5 0 】

上述の 2 つの調節ステップは、必要に応じて、最適な方向付けが達成されるまで、(何度も) 繰り返されてよい。

40

【 0 0 5 1 】

光学センサ 2 2 は、その座標原点が参照軸 3 4 上にあるように、優先的に調節される。そのような調節は、センサ表面に割り当てられる座標系の再配置により、純粹に計算的に行われてもよい。

【 0 0 5 2 】

b) 試験片 3 8 の調節

実際の間隔測定の前に行われなければならない試験片 3 8 の調節を説明するために、測定装置 2 0 の必須要素を拡大して示す図 7 が参照される。

【 0 0 5 3 】

50

最初に、干渉計 24 により生成される測定光線 50 は、試験片 38 の一面に向けられる。図 5 及び 7 で仮定されている光軸 40 の偏心 (tilting) の場合に、表面 S1、S2、及び S3 は、参照軸 34 及び測定光線 50 がもはや表面 S1、S2、及び S3 を垂直に通過しないように、再配置されている。結果として、表面 S1、S2、及び S3 で測定光線 50 の屈折が起こり、その光線は試験片 38 から参照軸 34 に対して斜めに離れるという結果になる。結果として、測定光線 50 は、参照軸 34 の交差点 64 ではなく、交差点 64 から離れた位置 66 で、光学センサ 22 に当たる。この位置 66 は、光学センサ 22 により記録され、ディスプレイ画面 70 への表示のためにコンピュータ 26 に伝達される。

【0054】

原理上、試験片 38 のセンタリング状態に関する定性的記述は、単に位置 66 の交差点 64 からの間隔から作成され得る。この目的のために、光学センサ 22 の交差点 64 の位置は、適切な手続を用いて前もって決定される必要がある。試験片 38 が手動により又は (必要に応じて、外力補助) マニピュレータを用いて試験片レセプタクル 28 内で偏心 (tilted) 及び / 又は再配置され、その方法で測定光線 50 が光学センサ 22 に当たる位置 66 が観測されれば、調節は位置 66 及び交差点 64 の間隔が最小になるまで継続され得る。

10

【0055】

試験片 38 が回転テーブル 28 を用いて参照軸 34 の周りを回転すれば、調節は (特に、光学センサ 22 上の交差点 64 の位置が不明であるときに) より成功する。位置 66 は、図 8 に光学センサ 22 の上面図で示されるように、参照軸 34 の周りで円軌道 68 上を移動する。参照軸 34 に対する試験片 38 の最適な方向付けは、図 9 に示されるように、光学センサ上に描かれる円 68' の半径が最小であるときに得られる。

20

【0056】

上述の調節を行い得るために、測定光線 50 の代わりに、異なる光源により生成される試験光線が試験片 38 を通って光学センサ 22 に向けられ得ることが理解されるだろう。

【0057】

c) 間隔測定

上述の調節の後に、試験片 38 は、光軸 40 が参照軸 34 と揃うように、参照軸 34 に対して正しい方向に置かれている。レンズ L3 及び L4 は、参照軸 34 に対してわずかに偏心 (tilted) しているだけである。表面 S1、S2、及び S3 の間隔が、干渉計 24 を用いて、図 5 を参照して上述した方法で測定されれば、測定光線 50 は、表面 S1、S2、及び S3 をほぼ垂直に通過する。結果として、一方で、表面 S1、S2、及び S3 から反射される測定光線は、最大強度を有し、この理由により、参照光線 52 と重畳して光検出器 62 で明確に識別可能な干渉信号を生成することが保証される。他方で、参照軸 34 に対する試験片 38 の光軸 40 の方向付けにより、光学面 S1、S2、及び S3 の間隔は、実際に試験片 38 の光軸に沿って測定されることが保証される。

30

【0058】

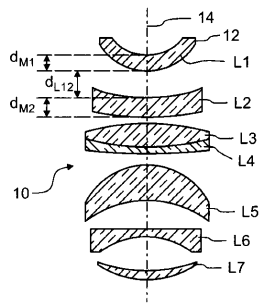
5. 重要な方法ステップの要約

以下では、図 10 が参照される。図 10 は、本発明の方法の必須ステップが列挙されるフローチャートを示す。第 1 ステップ ST1 では、試験片 38 又はごく一般に単レンズ若しくは多レンズ光学系の光学面のうち少なくとも 2 つ、優先的にすべてを考慮して、そのセンタリング状態が記録される。第 2 ステップ ST2 では、試験片 38 が、その光軸 40 が参照軸 38 とできる限り正確に揃うように、優先的に調節される。第 3 ステップ ST3 では、試験片 38 が、測定光線 50 を通過させられる。第 4 ステップ ST4 では、試験片 38 から反射された測定光が、参照光と干渉計 24 で重畳させられる。第 5 ステップ ST5 では、表面間隔が、光検出器 62 で干渉現象を評価することにより決定される。

40

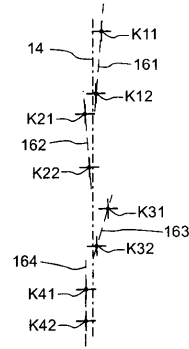
【 図 1 】

図1



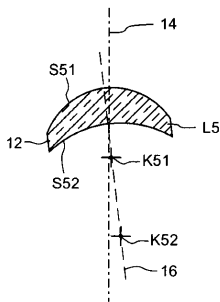
【 図 3 】

図3



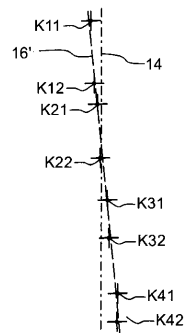
【 図 2 】

図2



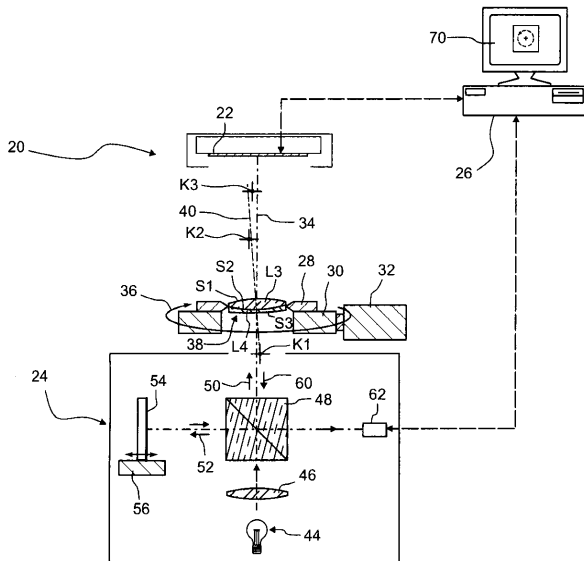
【 図 4 】

図4



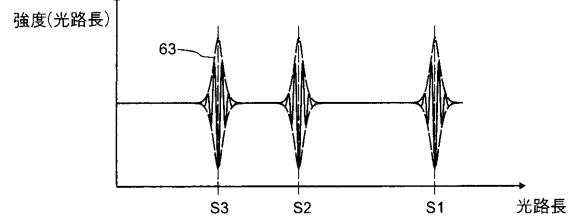
【 図 5 】

図5



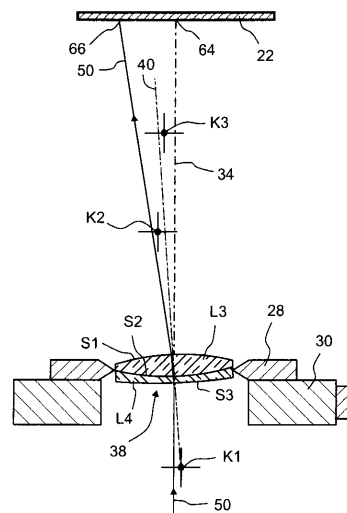
【 図 6 】

図6



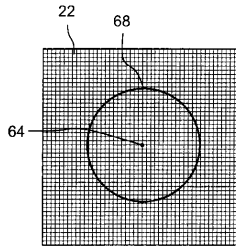
【 図 7 】

図7



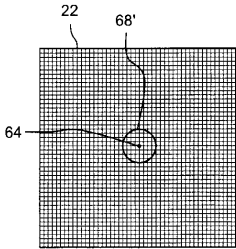
【 図 8 】

図8



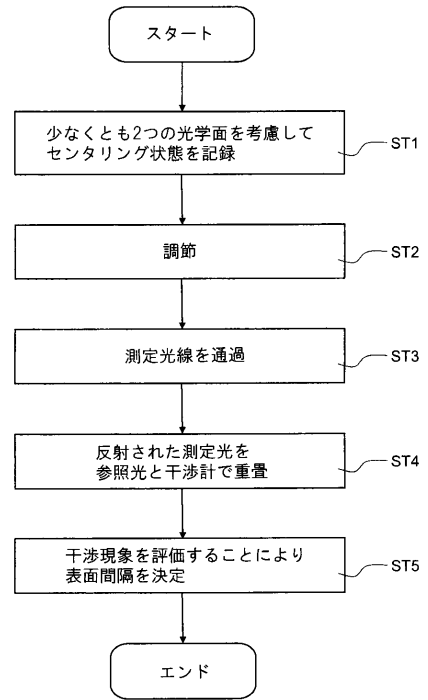
【 図 9 】

図9



【 図 1 0 】

図10



 フロントページの続き

- (72)発明者 ヨゼフ ハイニッヒ
ドイツ連邦共和国, デー - 2 2 8 8 0 ベーデル, ミュラーカンブ 7
- (72)発明者 ステファン クレイ
ドイツ連邦共和国, デー - 2 5 4 2 1 ピンネベルク, エアレンクラット 3
- (72)発明者 オイゲン ドゥミトレスユ
ドイツ連邦共和国, デー - 2 2 8 8 0 ベーデル, ミューレンシュトラーセ 2 5
- (72)発明者 アイコ ルプレヒト
ドイツ連邦共和国, デー - 2 2 8 8 0 ベーデル, ミュラーカンブ 7アー
- (72)発明者 パトリク ランゲハネンベルク
ドイツ連邦共和国, デー - 2 2 6 0 7 ハンブルク, グラーベンシュトゥッケン 2
- Fターム(参考) 2F064 AA01 EE01 GG12 GG22 GG44 GG52 HH03 HH05 HH08 JJ03
2F065 AA17 AA20 AA22 AA30 BB05 BB07 BB22 BB25 CC22 FF52
GG07 GG24 HH13 HH15 JJ03 JJ09 JJ16 JJ26 LL04 LL12
PP12 QQ18