

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6117473号
(P6117473)

(45) 発行日 平成29年4月19日(2017.4.19)

(24) 登録日 平成29年3月31日(2017.3.31)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 23/02 (2006.01)
G02B 23/16 (2006.01)G02B 23/02
G02B 23/16

請求項の数 11 外国語出願 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2012-35408 (P2012-35408)
 (22) 出願日 平成24年2月21日 (2012.2.21)
 (65) 公開番号 特開2012-177920 (P2012-177920A)
 (43) 公開日 平成24年9月13日 (2012.9.13)
 審査請求日 平成26年12月19日 (2014.12.19)
 (31) 優先権主張番号 1100549
 (32) 優先日 平成23年2月24日 (2011.2.24)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(73) 特許権者 505157485
 テールズ
 フランス、92400 クールブヴォア、
 エスプラネード ノール、プラス デ
 コロール、トゥール カルペ ディエム
 (74) 代理人 100071054
 弁理士 木村 高久
 (72) 発明者 ペラン、ギヨーム
 フランス、06400 ラ コル シュエル
 ルー、7 プラス ドゥ ゴール
 (72) 発明者 リオタール、アルノー
 フランス 06130 グラース ドメン
 ヌ ドゥ ロルモー ヴィラ 23、81
 シュマン ドゥ ポワッソニエール

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】望遠鏡用の単純化された検査台及び自動検査可能な望遠鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

望遠鏡タイプの光学器械用の光学検査台であって、前記器械(100)が光学対物レンズ(110)、前記光学対物レンズの焦点に配置された光検出ケース(120)、及び前記光検出ケースの付近に配置された少なくとも1つの光源(121)を備え、前記光学対物レンズの光学瞳が第一の直径を有し、

前記台が前記第一の直径よりも小さい第二の直径を有する1つの平面鏡(130)と、この平面鏡を、前記光学対物レンズにより与えられ前記平面鏡によって反射された前記光源の画像が、前記光検出ケース上で焦点を結ぶような方法で配置可能にする手段とを備え、受け取った前記画像を解析するための手段を含む前記台が、前記望遠鏡の光学的品質の部分的な特性評価の決定を可能にし。
 10

前記第一の直径に対する前記第二の直径の比率が30%~80%の間にあることを特徴とする、光学検査台。

【請求項 2】

前記解析手段が、前記器械の「WFE」を評価するために受け取った画像用の、波面アナライザを備えることを特徴とする、請求項1に記載の光学検査台。

【請求項 3】

前記第一の直径に対する前記第二の直径の比率が約60%に等しいことを特徴とする、請求項2に記載の光学検査台。

【請求項 4】

前記光源が少なくとも1つの照明源と、一端が前記光検出ケースの感光面の付近に配置された1本の光ファイバーとを備えることを特徴とする、請求項1に記載の光学検査台。

【請求項5】

前記光検出ケースが、複数の光ファイバーの光源を有することを特徴とする、請求項4に記載の光学検査台。

【請求項6】

光学対物レンズ(110)、前記光学対物レンズの焦点に配置された光検出ケース(120)、及び前記光検出ケースの付近に配置された少なくとも1つの光源を備える光学望遠鏡(100)であって、前記光学対物レンズの前記光学瞳が第一の直径を有し、前記望遠鏡がまた2つの位置を有する可動フード(140)を含み、第一の開放位置又は使用位置により前記対物レンズの前記瞳全体の覆いを取ることが可能となり、第二の閉じた位置又は検査位置により前記対物レンズの前記瞳全体を保護出来るようになり、10

前記可動フードが、前記第一の直径よりも小さい第二の直径を持つ平面鏡(130)を備え、前記可動フードが閉じた位置にあるような方法で配置され、前記光学対物レンズにより与えられ前記平面鏡によって反射された前記光源の画像が、前記光検出ケース上で焦点を結び、受け取った前記画像を解析するための手段を含む前記望遠鏡が、前記望遠鏡の光学的品質の決定を可能にすることを特徴とする光学望遠鏡。

【請求項7】

前記第一の直径に対する前記第二の直径の比率が30%~80%の間にあることを特徴とする、請求項6に記載の光学望遠鏡。20

【請求項8】

前記第一の直径に対する前記第二の直径の比率が約60%に等しいことを特徴とする、請求項7に記載の光学望遠鏡。

【請求項9】

前記光源が少なくとも1つの照明源と、一端が前記光検出ケースの感光面の付近に配置された1本の光ファイバーとを備えることを特徴とする、請求項6に記載の光学望遠鏡。

【請求項10】

前記光検出ケースが、複数の光ファイバーの光源を有することを特徴とする、請求項9に記載の光学望遠鏡。

【請求項11】

前記解析手段が、前記器械の前記「W F E」を評価するために受け取った画像用の、少なくとも1つの波面アナライザを備えることを特徴とする、請求項6に記載の光学望遠鏡30。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の分野は、望遠鏡タイプの大寸法の光学要素を備える光学器械の、光学的品質の検査及び測定に関する。

【背景技術】

【0002】

光学的性能の測定は、望遠鏡の組立後の検査プログラムのキーポイントである。より正確には、これは器械が様々な応力を受けるとき、その器械の光学的性能における変化を検査するため、振動のある環境又は熱環境の中における一定数の試験前後に、一連の測定を行なうことを使う。

【0003】

器械の光学的品質は、「Wave-Front Error」(「波面誤差」)の頭字語である「W F E」とも呼ばれる、波面の位相誤差により特徴付けられる。このW F Eは、望遠鏡のミラーの収差、及びまた望遠鏡を構成するミラーの照準あるいは望遠鏡に関する検出器の、様々な欠陥を考慮に入れる。W F Eが分かると、OTFとも称される望遠鏡の光学的伝達関数(Optical Transfer Function)がそこから4050

推定される。この関数は従来の自己相関関係により、前者（W F E）とつながっている。光学的伝達関数OTFが分かると、次に光学的伝達関数の係数に切り替えることにより、その器械の変調伝達関数（Modulation Transfer Function）MTFが計算される。器械の様々な構成部品間の心合わせの欠陥は予測不可能なため、MTFの測定は器械を特徴付けるために不可欠である。

【0004】

現在、望遠鏡のMTFの測定は、非常に正確に調節された、少なくともその望遠鏡の直径と同じ直径の、そして振動をフィルタリングするために熱的及び機械的に安定した真空チャンバー内に配置された、高い光学的品質の光学部品の使用を必要とする。

【0005】

そのような測定は極めて費用がかかり、必要とされるハードウェアは、少なくとも1つの大寸法の光コリメータ及び安定した真空チャンバーを含み、合計で数百万ユーロかかる。この費用は、製造ユニットの外で、実際に使用されている大きな望遠鏡の検査を行う際には、買えないほど高いものとなる。実際、この単一の望遠鏡専用の検査台を用いる検査のプログラムの過程で、エンドユーザーにおける従来のMTF測定を想定することは不可能となる。

【0006】

従って、器械の光学的性能を把握するために、「従来の」光学検査台以外の技術的解決策を見出すことが重要である。理想的には、この解決策は性能測定の品質を保証しつつ、望遠鏡以外の光学的手段には限定的にしか頼らない方法でなくてはならない。

【0007】

様々な技術的解決策が可能である。それらは3つの主なタイプにグループ分けされ得る。

【0008】

第一のタイプの技術的解決策は、既知の外部光源の光学的画像を解析することにあり、画像は望遠鏡の光学的性能を決定するために、望遠鏡の焦点において得られる。このタイプの解決策は様々な代替案を含む。コリメータ及び従来のMTF測定方法を用いることが可能である。波面アナライザを使用することも可能である。或る星又は月のような無限遠に位置する、コントラストのある対象物の画像を取得することもまた可能である。

【0009】

第二のタイプの技術的解決策は、器械に波面アナライザを実装することにある。WFEを局部的に測定するために、入射瞳のサンプリングを行なう、Shack-Hartmann（シャック・ハートマン）法が例として挙げられるであろう。

【0010】

第三のタイプの解決策は、器械の幾何学的特性を測定することにある。第一ミラーと第二ミラーを隔てている距離の測定、ビデオグラム測定技術、レーザー又は「レーザー追跡装置」による測定技術、あるいは干渉分光法センサーが例として挙げられるであろう。

【0011】

これら全ての測定は、実装される検査手段の費用のレベルにおいて、又は測定方法の複雑さ、達成される性能、あるいは器械の設計に対する制約のレベルにおいて、一定数の欠点を示す。

【0012】

仏国特許出願公開第2 722 571号明細書は、オートコリメーションにより光学器械の特性を示すことを可能にする方法を記述しており、その器械はレンズの焦点面及び検査台に位置する検出装置組立品を備え、大寸法の平面鏡は器械の入射瞳の前に配置されている。この単純なシステムは依然として欠点を示す。器械の瞳と同じ大きさの平面鏡を採用することが必要である。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0013】

10

20

30

40

50

本発明による装置は、これらの欠点を示さない。それは瞳よりも小さい寸法のオートコリメーション・ミラーを実装する。このミラーは器械の部分的な特性評価のみを可能にすることが明らかである。しかしながら、それは特性評価の目的が、望遠鏡の絶対的性能を得るためという程ではなく、むしろ経時的な、または、耐久試験又は環境試験後の変化を測定することである、多くの用途において十分である。この場合、性能の変化は、部分的な特性評価に基づいて検出され得る。

【0014】

より正確には、本発明の第一の主題は、望遠鏡タイプの光学器械用の光学検査台であり、その器械が光学対物レンズ、前記光学対物レンズの焦点に配置された光検出ケース、及び前記光検出ケースの付近に配置された少なくとも1つの光源を備え、光学対物レンズの光学瞳が第一の直径を有し、検査台が第一の直径よりも小さい第二の直径を有する、少なくとも1つの平面鏡と、この平面鏡を、光学対物レンズにより与えられ前記平面鏡によって反射された光源の画像が、光検出ケース上で焦点を結ぶような方法で配置可能にする手段とを備え、受け取った前記画像を解析するための手段を含む台が、望遠鏡の光学的品質の決定を可能にすることを特徴とする。10

【0015】

有利には、本解析手段は器械の「WFE」を評価するための、受け取った画像用の波面アナライザを備える。

【0016】

有利には、第一の直径に対する第二の直径の比率は、30%～80%の間にあり、より正確には第一の直径に対する第二の直径の比率は約60%に等しい。20

【0017】

有利には、光源は少なくとも1つの照明源と、一端が光検出ケースの感光面の付近に配置された1つの光ファイバーを備える。1つの変形において、光源は少なくとも2本の照明の光ファイバーを含み、光学対物レンズは所定の波長で動作し、第一の光ファイバーは対物レンズの光軸に直角な第一平面内に配置され、第二の光ファイバーは第一平面に平行で、この第一平面に対して偏倚している第二平面内に配置される。

【0018】

本発明の第二の主題は、光学対物レンズ、前記光学対物レンズの焦点に配置される光検出ケース、及び前記光検出ケースの付近に配置される少なくとも1つの光源を備える光学望遠鏡であり、光学対物レンズの光学瞳は第一の直径を有し、望遠鏡はまた2つの位置を有する可動フードを含み、第一の開放位置又は使用位置は対物レンズの瞳全体の覆いを取ることを可能にし、第二の閉じた位置又は検査位置は対物レンズの瞳全体を保護することを可能にし、可動フードが、第一の直径よりも小さい第二の直径を持つ平面鏡を備え、その可動フードが閉じた位置にあるような方法で配置され、光学対物レンズにより与えられ前記平面鏡によって反射された光源の画像が、光検出ケース上で焦点を結び、受け取った前記画像を解析するための手段を含む望遠鏡が、その望遠鏡の光学的品質の決定を可能にすることを特徴とする。30

【0019】

有利には、第一の直径に対する第二の直径の比率は、30%～80%の間にある。第一の直径に対する第二の直径の比率は約60%に等しいことが望ましい。40

【0020】

有利には、光源は少なくとも1つの照明源と、一端が光検出ケースの感光面の付近に配置された1つの光ファイバーとを備える。1つの変形の実施形態において、光源は少なくとも2本の照明の光ファイバーを含み、光学対物レンズは所定の波長で動作し、第一の光ファイバーは対物レンズの光軸に直角な第一平面内に配置され、第二の光ファイバーは第一平面に平行で、この第一平面に対して偏倚している第二平面内に配置される。

【0021】

有利には、本解析手段は、器械の「WFE」を評価するための、受け取った画像用の波面アナライザを少なくとも1つ備える。50

【0022】

本発明は、限定することなく与えられる以下の記述を読むことにより、そして添付図により、より良く理解され、その他の利点が明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】**【0023】**

【図1】本発明による光学検査台を表わす。

【図2】本発明による光検出ケースを表わす。

【図3】本発明による自動検査可能な望遠鏡を表わす。

【発明を実施するための形態】**【0024】**

図1には、望遠鏡及びその検査用に必要なオートコリメーション・ミラーのみが表わされ、これは本発明の核心を構成する。望遠鏡とこのミラーを心合わせされた状態で維持することを可能にする、機械的手段は表わされていない。それらは実装上の特定の技術的困難さを何ら示さない。望遠鏡の光検出ケースから生じる画像の利用に必要な電子解析手段もまた描かれていない。

【0025】

図1に見られるように、望遠鏡100は光学対物レンズ110及び、前記光学対物レンズの焦点に配置された光検出ケース120を備える。一般的に、大寸法の望遠鏡はミラーを有する光反射の対物レンズを備える。従って、図1及び3の望遠鏡の対物レンズは第一の直径の、大きな一次ミラー111、二次ミラー112、折り畳み式ミラー113、及び三次ミラー114を備える。

【0026】

本発明による検査台は、望遠鏡が特定の設備を含むことを必要とする。光検出ブロック120は、前記光検出ケースの付近に配置された少なくとも1つの光源121を備えることが必要である。この光源の設置によってもたらされる応力は、それが望遠鏡の光学的構成又は機械的構造に接触することが必要でない限り、小さい。

【0027】

望遠鏡の性能測定を行なうために、平面鏡130が望遠鏡の光軸上に、オートコリメーションで配置される。このミラー130は、大きなミラー111の直径よりも小さい第二の直径を有する。光検出ブロック120の付近に配置された光源121が点灯された場合、望遠鏡のレンズにより、そして平面鏡130上の反射により与えられるそれらの画像は、前記ブロックの感光面122上に焦点を合わせられる。望遠鏡のレンズ110を通る光線の経路は図1及び3に細線で表わされている。

【0028】

この画像は、その後、望遠鏡の光学的品質をそこから推定するために処理される。例えば、器械の「WFE」を評価するために、波面アナライザを用いることが可能である。例えば器械のMTFであり得る、器械の光学的性能を、数値モデルを介して計算するために幾つかの連続的な「WFE」を記録し、そして次に評価された複数の「WFE」を後処理することができる。

【0029】

検査段階において数回、器械のWFEを検査する可能性は、光学的性能の低下又は喪失の起因を決定するために、もっぱら有益である。このWFEに基づいてミラーの変位についての情報へ戻ることは、器械のMTFに基づくよりも実際に容易である。

【0030】

本検査方法の利点は、多くの用途において、そして特に耐久試験又は環境試験の間に、器械の光学的品質において場合によって起こり得るドリフトを監視することが、その絶対的性能を監視するよりも重要である限り、器械の一次ミラーと少なくとも同じ直径を有するオートコリメーション・ミラーを使う必要がないことである。実際、本方法の適切な運用は、器械のWFEの低い周波数のみが、検査段階の間に影響を受ける恐れがあるという仮定に基づいており、小さくされた瞳における評価は、完全な器械の光学的性能について

10

20

30

40

50

の情報を抽出するために、全開の瞳へと外挿されるか、あるいは局部的情報で間に合わせることが十分な場合は、そのまま利用される。この仮定は、ミラー又はそれらを支持している構造の運動が、低い周波数でのW F Eにおける変化を正確に含むため、熱的又は機械的検査に対処するとき、全く有効である。

【0031】

より正確には、望遠鏡の第一の直径に対する、オートコリメーション・ミラーの第二の直径の比率は、30% ~ 80% の間にある。第一の直径に対する第二の直径の比率は、約60% であることが望ましい。

【0032】

光源の形状を完全に制御するため、ファイバーを用いた光源を使うことが可能である。
光検出ブロックは、例えば光学的性能の測定が望まれる、領域の各点のレベルにおける、2本の光ファイバーである、幾つかの光源を含むことができる。光源は相互に対して焦点が合わないように、光軸に沿って偏倚させられ得る。

【0033】

これまでに見られたように、本発明による検査台は特にこれらの性能測定を、望遠鏡が空中に設置され、微小振動が制振装置により減衰されていない、制御されていない環境中で行なうことを可能にする。勿論、光学的性能の従来の測定を安定した真空チャンバー内で行なうことも可能である。その場合、波面アナライザを用いた複数のW F Eの推定は、さらに正確である。

【0034】

本発明による検査台は、軌道内に置かれ、図3に見られるように宇宙望遠鏡100を備える、観測衛星においても使用され得る。その場合、望遠鏡は、自動検査が可能である。

【0035】

器械が作動していないときは、その機器を保護する可動フード140上に配置された、格納可能な平面鏡130で器械を補完することで十分である。このフードは調整段階の間、望遠鏡100の前に位置し、焦点面の光源は上記で説明されたように点灯される。図3において、閉じた位置又は検査位置におけるフード140は黒い線で表わされ、開いた位置においては白の輪郭で表わされている。

【0036】

フード140の向きは、この調整段階中の望遠鏡のレンズ110に対して、関連するミラー130がオートコリメーション位置にあるような向きでなければならない。

【0037】

従って、この構成においては、平面鏡、光源、及び解析手段は、地上検査台で使われるものと良く似た特徴を有する。従って、第一の直径に対する第二の直径の比率は30% ~ 80% の間にある。第一の直径に対する第二の直径の比率は、約60% であることが望ましい。

【符号の説明】

【0038】

100 望遠鏡

110 光学対物レンズ

111 一次ミラー

112 二次ミラー

113 折り畳み式ミラー

114 三次ミラー

120 光検出ケース

121 光源

122 感光面

130 平面鏡

140 可動フード

10

20

30

40

【図1】

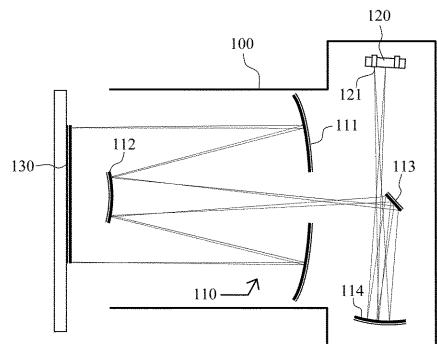


図1

【図2】

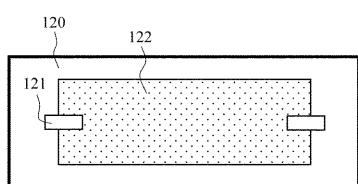


図2

【図3】

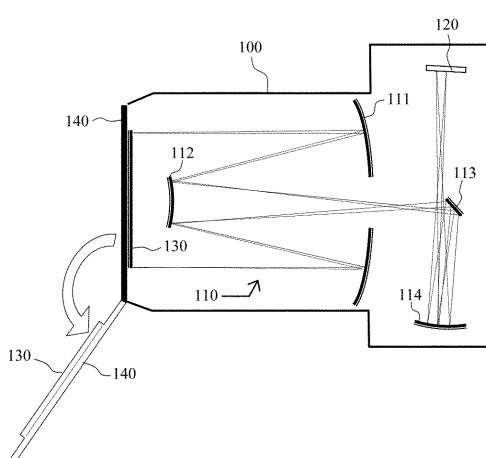


図3

フロントページの続き

(72)発明者 ベナール、ハーブ
フランス、83440 モントルー 342 シュマン デ ショメット

審査官 殿岡 雅仁

(56)参考文献 特開2007-085788 (JP, A)
国際公開第2009/027440 (WO, A1)
欧州特許出願公開第00692707 (EP, A1)
特開2002-228543 (JP, A)
特開2010-169424 (JP, A)
HU NINGSHENG, "Testing large telescope mirrors in the optical shop by an autocollimation method with multiple pendulum flat mirrors", APPLIED OPTICS, 1980年, Vol. 19, No. 16, 2680-2682

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 23/00 - 23/22
G01M 11/00 - 11/08