

(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2009-244227

(P2009-244227A)

(43) 公開日 平成21年10月22日(2009.10.22)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)	
GO1B	9/02	(2006.01)	GO1B 9/02	2F064
GO1B	11/24	(2006.01)	GO1B 11/24	D 2F065
GO1M	11/00	(2006.01)	GO1M 11/00	L 2G086

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2008-94042 (P2008-94042)
 (22) 出願日 平成20年3月31日 (2008.3.31)

(71) 出願人 00005430
 フジノン株式会社
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地
 (74) 代理人 100097984
 弁理士 川野 宏
 (74) 代理人 100098372
 弁理士 緒方 保人
 (72) 発明者 葛 宗涛
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 フジノン株式会社内
 Fターム(参考) 2F064 AA09 AA15 BB03 BB04 BB05
 CC10 EE01 GG12 GG20 GG22
 GG40 GG44 GG51 HH03 HH08
 JJ01 KK04

最終頁に続く

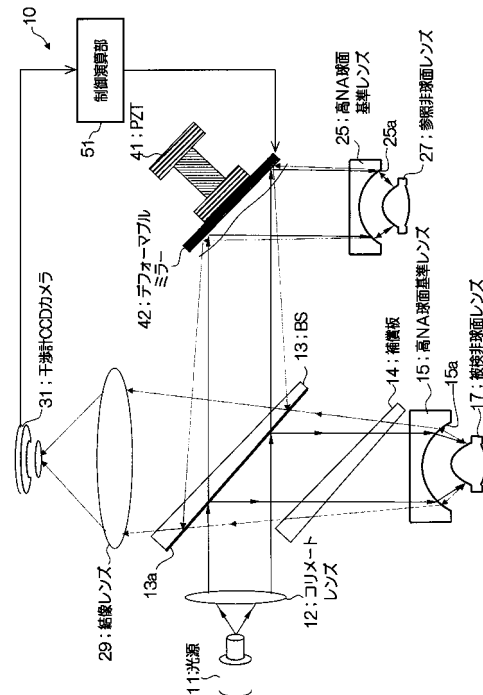
(54) 【発明の名称】 光波干渉測定装置

(57) 【要約】

【課題】非球面光学素子の表面形状を簡易かつ低コストで短時間のうちに測定し得る光波干渉測定装置を提供する。

【解決手段】透過/反射分離面13aにおいて二分された光原11からの光束は、それぞれ対応する球面基準レンズ15、25によって、被検非球面レンズ17と参照非球面レンズ27の表面形状に応じた波面情報を担持した状態で再び合波され、参照非球面レンズ27に対する被検非球面レンズ17の波面誤差が干渉縞情報とされて干渉計CCDカメラ31の撮像面上に形成される。また、ビームスプリッタ13と高NA球面基準レンズ25との間に、入射した第2の平行光束の波面形状を補正(参照非球面レンズ27の波面情報を補正)するデフォーダブルミラー42を備えており、この補正値は制御演算部51によって制御される。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光源からの光束を光束分離合成手段により二分して、一方を被検体方向に向かう第 1 光束とするとともに、他方を参照体方向に向かう第 2 光束とし、

前記光束分離合成手段によって、該第 1 光束の該被検体からの戻り光と該第 2 光束の該参照体からの戻り光とを合成して干渉光となし、所定位置に配された撮像体上に前記被検体の表面形状情報に基づく干渉縞像を形成する光波干渉測定装置において、

前記被検体が表面形状を測定すべき非球面光学素子であり、前記参照体が該被検体の基準とすべき形状をなす非球面光学素子であり、

前記光束分離合成手段と前記被検体との間には、前記光束分離合成手段からの前記第 1 光束を前記被検体の表面に入射させるとともに、該被検体の表面から反射された該第 1 光束を前記光束分離合成手段に戻すように構成され、該被検体に対向する面を第 1 基準球面とされた第 1 球面基準レンズが配され、

前記光束分離合成手段と前記参照体との間には、前記光束分離合成手段からの前記第 2 光束を前記参照体の表面に入射させるとともに、該参照体の表面から反射された該第 2 光束を前記光束分離合成手段に戻すように構成され、該参照体に対向する面を、前記第 1 基準球面と同一曲率の第 2 基準球面を有する第 2 球面基準レンズが配され、

前記光束分離合成手段と前記第 1 球面基準レンズとの間の前記第 1 光束の光路上、および前記光束分離合成手段と前記第 2 球面基準レンズとの間の前記第 2 光束の光路上の少なくとも一方に、入射した該第 1 光束または該第 2 光束の波面形状を補正して出射せしめるデフォーダブルミラーを配設してなることを特徴とする光波干渉測定装置。

【請求項 2】

前記撮像体により得られた、前記被検体の表面形状情報に基づく干渉縞像の縞密度が低くなるように、前記入射した第 1 光束または第 2 光束の波面形状を補正するよう、前記デフォーダブルミラーの表面形状を変形駆動するコントローラを備えてなることを特徴とする請求項 1 記載の光波干渉測定装置。

【請求項 3】

等光路長型のマイケルソンタイプとされたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光波干渉測定装置。

【請求項 4】

前記第 1 光束と前記第 2 光束を光反射と光透過により分離し、かつ合成する、前記光束分離合成手段の分離面が前記ビームスプリッタの一面に設けられ、

前記ビームスプリッタが断面楔形状をなす板状に構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のうちいずれか 1 項記載の光波干渉測定装置。

【請求項 5】

前記ビームスプリッタの前記一面側に射出される光束の光路中であって、この光路中に配された前記球面基準レンズと該ビームスプリッタとの間に、前記第 1 光束と前記第 2 光束の光路長の差を補償する補償板が配されていることを特徴とする請求項 4 記載の光波干渉測定装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、特に、非球面レンズの非球面形状を測定するために用いられる光波干渉測定装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、非球面光学素子の非球面表面形状を高精度に測定したいという要求が、特にレンズ設計、製造等の分野において強い。

【0003】

非球面形状の高精度な測定手法に係る技術としては、フィゾー型タイプの干渉計において、被測定非球面の基準とされた参照非球面を有する参照用反射素子を、該被測定非球面と近接配置し、該参照用反射素子で反射して被測定非球面に戻る参照光と、該被測定非球面において反射される物体光との光干渉により得られる干渉縞に基づき、被測定非球面の形状を測定し、この測定時において干渉縞をスキヤニングする、いわゆる干渉縞スキヤン法が知られている（下記特許文献1参照）。

【0004】

さらに、非球面形状の高精度な測定手法に係る技術としては、下記特許文献2、3等に開示されたようないわゆる点スキヤン法や、下記特許文献4等に記載されたような開口合成法を利用する手法が知られている。

【0005】

【特許文献1】特開2004-532990号公報

【特許文献2】特開平8-146018号公報

【特許文献3】特開2001-133244号公報

【特許文献4】USP6,956,657

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記特許文献、特に上記特許文献1等に記載された手法では、参照非球面（非球面基準面）と被測定非球面との各光軸のズレが測定に大きく影響すること等の理由から、非球面形状をなす被検面の全領域について同時に、良好な干渉縞を得ることができない。結局、被検面全体について干渉縞情報を得るためには、各領域について干渉縞情報が現れる毎に撮像を繰返し、これら撮像された多数の干渉縞情報を組み合わせる等の処理が必要であるから、干渉縞情報の取得操作が極めて繁雑となる。

【0007】

したがって、上記各特許文献に記載された手法では、いずれも膨大な測定時間を要することになる。

【0008】

さらに、上記特許文献1記載のものでは、装置の製造コストが高価になってしまい、また、上記特許文献4記載のものでは、装置構成が複雑になるという問題もある。

【0009】

本発明は、このような事情に鑑みなされたものであり、非球面光学素子の表面形状を簡易かつ低コストで短時間のうちに測定し得る光波干渉測定装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明に係る光波干渉測定装置は、

光源からの光束を光束分離合成手段により二分して、一方を被検体方向に向かう第1光束とするとともに、他方を参照体方向に向かう第2光束とし、

前記光束分離合成手段によって、該第1光束の該被検体からの戻り光と該第2光束の該参照体からの戻り光とを合成して干渉光となし、所定位置に配された撮像体上に前記被検体の表面形状情報に基づく干渉縞像を形成する光波干渉測定装置において、

前記被検体が表面形状を測定すべき非球面光学素子であり、前記参照体が該被検体の基準とすべき形状をなす非球面光学素子であり、

前記光束分離合成手段と前記被検体との間には、前記光束分離合成手段からの前記第1光束を前記被検体の表面に入射させるとともに、該被検体の表面から反射された該第1光束を前記光束分離合成手段に戻すように構成され、該被検体に対向する面を第1基準球面とされた第1球面基準レンズが配され、

前記光束分離合成手段と前記参照体との間には、前記光束分離合成手段からの前記第2光束を前記参照体の表面に入射させるとともに、該参照体の表面から反射された該第2光

10

20

30

40

50

束を前記光束分離合成手段に戻すように構成され、該参照体に対向する面を、前記第1基準球面と同一曲率の第2基準球面を有する第2球面基準レンズが配され、

前記光束分離合成手段と前記第1球面基準レンズとの間の前記第1光束の光路上、および前記光束分離合成手段と前記第2球面基準レンズとの間の前記第2光束の光路上の少なくとも一方に、入射した該第1光束または該第2光束の波面形状を補正して出射せしめるデフォーダブルミラーを配設してなることを特徴とするものである。

【0011】

この場合において、前記撮像体により得られた、前記被検体の表面形状情報に基づく干渉縞像の縞密度が低くなるように、前記入射した第1光束または第2光束の波面形状を補正するよう、前記デフォーダブルミラーの表面形状を変形駆動するコントローラを備えて

10

【0012】

また、上記光波干渉測定装置は、等光路長型のマイケルソンタイプとすることが好ましい。

【0013】

また、この場合において、前記第1光束と前記第2光束を光反射と光透過により分離し、かつ合成する前記光束分離合成手段の分離面が、前記ビームスプリッタの一面に設けられ、

前記ビームスプリッタが断面楔形状をなす板状に構成されていることが好ましい。

【0014】

また、該ビームスプリッタの前記一面側に射出される光束の光路中であって、この光路中に配されたいずれかの前記球面基準レンズと該ビームスプリッタとの間に、前記第1光束と前記第2光束の光路長の差を補償する補償板が配されていることが好ましい。

20

【0015】

なお、前記基準球面は、上記参照体表面形状を表す非球面のベースとなる球面とされている。すなわち、該非球面を周知の非球面式で表した場合における曲率 C （または曲率半径 R ）の値を、その曲率（または曲率半径）とした球面とされる。

【発明の効果】

【0016】

本発明に係る光波干渉測定装置は、光源からの光束を光束分離合成手段により二分して、一方を被検体方向に向かう第1光束とするとともに、他方を参照体方向に向かう第2光束としており、また、被検体から反射された第1光束と参照体から反射された第2光束とを該光束分離合成手段により合成することにより、その被検体表面形状情報を干渉縞情報として得ることができるようにしている。

30

【0017】

そして、光束分離合成手段により合成せしめられる干渉光は、被検体表面での第1光束の反射光と、この被検体表面形状の基準となる参照体表面での第2光束の反射光との差に基づくものであるが、上記第1光束の反射光は被検体表面と第1基準球面との形状差に基づく情報（以下、形状差情報と称する）を有しており、一方、上記第2光束の反射光は参照体表面と第2基準球面との形状差情報を有しているから、両反射光束の干渉により形成された干渉縞は、基本的には上記2つの形状差情報に基づくものとなる。

40

【0018】

通常非球面形状であれば、上記構成によっても縞密度を十分に小さいものとするのが可能であり、良好な光波干渉測定を行うことが可能である。このような構成は、既に本願発明者によって発明され、特願2007-340136号（平成19年12月28日出願）において、既に特許庁に開示されている。

【0019】

しかしながら、被検体の非球面形状によっては、局部的に球面形状との差が大きくなる場合があり、このような場合には、その問題となる部分の縞密度が大きくなってしまふことがある。

50

【 0 0 2 0 】

そこで、本発明に係る光波干渉測定装置においては、前記光束分離合成手段と前記第1球面基準レンズとの間の前記第1光束の光路上、および前記光束分離合成手段と前記第2球面基準レンズとの間の前記第2光束の光路上の少なくとも一方に、入射した該第1光束または該第2光束の波面形状を補正して出射せしめるデフォーダブルミラーを配設している。一般に、デフォーダブルミラーは可動範囲が小さいので、それのみによって、被検面の非球面形状からの光束波面に対応する程度まで、参照光の光束波面を変形させることは難しい。しかし、本発明のものでは、上述したように、2つの基準球面によって、第1段階の調整はなされているので、第1段階の調整によっても、なお局部的に縞密度が大きくなる部分について、デフォーダブルミラーで光束波面を補正すればよいので、いわば微調整とすることができ、これにより、局部的に球面形状との差が大きくなる非球面形状に対しても縞密度を十分に小さいものとするのが可能であり、種々のタイプの非球面形状の被検体に対して汎用的に適用することで良好な光波干渉測定を行うことが可能である。

10

【 0 0 2 1 】

したがって、本発明に係る光波干渉測定装置によれば、非球面光学素子の表面形状を簡易かつ低コストで短時間のうちに測定することが可能となる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 2 】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。図1は本発明の実施形態に係る光波干渉測定装置の構成を概略的に示す図である。

20

【 0 0 2 3 】

図1に示すように、この装置10は、光源11と、光源11からの光束を平行光束とするコリメートレンズ12と、このコリメートレンズ12からの平行光束を透過/反射分離面13aにより二分するビームスプリッタ13と、この透過/反射分離面13aにより反射された第1の平行光束を、被検非球面レンズ17上に照射するとともに、被検非球面レンズ17からの反射光を透過/反射分離面13aに戻す高NA球面基準レンズ(第1球面基準レンズ)15と、この透過/反射分離面13aを透過した第2の平行光束を、参照非球面レンズ27上に照射するとともに、参照非球面レンズ27からの反射光を透過/反射分離面13aに戻す高NA球面基準レンズ(第2球面基準レンズ)25と、透過/反射分離面13aにおける被検非球面レンズ17からの反射光と参照非球面レンズ27からの反射光との干渉により生じる干渉縞を撮像する干渉計CCDカメラ31と、合波された上記両反射光による干渉縞を干渉計CCDカメラ31の撮像面上に結像させる結像レンズ29を備えている。

30

【 0 0 2 4 】

また、この装置10は、入射した第2の平行光束(ビームスプリッタ13方向から入射した第2の平行光束および高NA球面基準レンズ25方向から入射した第2の平行光束)の波面形状を補正して反射するデフォーダブルミラー42を、ビームスプリッタ13と高NA球面基準レンズ25との間に備えている。

【 0 0 2 5 】

また、このデフォーダブルミラー42にはピエゾ素子41が付設されており、周知の位相シフト法を採用することが可能となっている。

40

【 0 0 2 6 】

さらに、この装置10は、コンピュータなどからなる制御演算部51を備えている。この制御演算部51は、撮像された干渉縞情報が入力され、その干渉縞情報に基づき、被検非球面レンズ17の非球面表面形状を演算、解析するものであるが、その一方、その干渉縞情報に基づき、縞密度が高い部分に対して、その縞密度を低下させるように第2の平行光束の波面形状を補正すべく、デフォーダブルミラー42の表面形状を変形させる駆動信号を出力するものである。

【 0 0 2 7 】

なお、デフォーダブルミラー42とは、反射型の光変調装置であって、上記駆動信号に

50

応じて空間的な光の位相分布を変更させるように構成されたものである。すなわち、多数のミラーデバイスの位置や傾きが印加電圧によって各々変動可能に構成されており、多数のミラーデバイスによって形成される曲面も変形可能とされている。このようなデフォーダブルミラー 42 に対して、上記駆動信号を入力させることにより、入射した第 2 の平行光束の波面形状を微小量だけ変形させることができる。このようにすることにより、局部的に球面形状との差が大きくなる非球面形状に対しても縞密度を十分に小さいものとするのが可能である。また、参照非球面レンズ 27 を極めて高精度に加工せずとも、参照非球面レンズ 27 からの波面を理想的な形状に補正することができる。

【0028】

なお、図 1 中には、デフォーダブルミラー 42 により補正された波面が模式的に描かれている。

10

【0029】

また、装置 10 において、上記ビームスプリッタ 13 は、透過/反射分離面 13 a とは反対側の面からの反射光によりノイズ干渉縞が発生するのを防止するため、対向する両面が互いに非平行となるように楔形状に構成されている。

【0030】

また、光束がビームスプリッタ 13 中を通過する回数が、第 1 の平行光束によるものでは 1 回であるのに対し、第 2 の平行光束によるものでは 3 回となっており、互いの光路長を一致させるために補償板 14 が設けられ、かつビームスプリッタ 13 と同一の楔方向となるように配された略同一の楔形状体にて構成されている。

20

【0031】

また、高 NA 球面基準レンズ (第 1 球面基準レンズ) 15 と高 NA 球面基準レンズ (第 2 球面基準レンズ) 25 は主要部のみを模式的に描いたものであって、各凹面は基準球面 15 a、25 a とされ、互いに同一曲率に形成されている。

【0032】

以下、本発明の実施形態装置の作用について説明する。

一般に、被検非球面レンズ 17 は、形状の基準となる参照非球面レンズ 27 に対して、若干の形状誤差を有しているものであり、この光波干渉測定装置 10 は、このような被検非球面レンズ 17 の形状誤差を、参照非球面レンズ 27 の表面形状に基づき、定量的に測定するものである。

30

【0033】

すなわち、上記透過/反射分離面 13 a において二分された光原 11 からの光束のうち、被検非球面レンズ 17 に向かった第 1 の光束は、被検非球面レンズ 17 と高 NA 球面基準レンズ 15 の第 1 基準球面 15 a との表面形状差に応じた波面情報を担持した状態で透過/反射分離面 13 a に戻る。これに対して、上記透過/反射分離面 13 a において二分された光束のうち、参照非球面レンズ 27 に向かった第 2 の光束は、参照非球面レンズ 27 と高 NA 球面基準レンズ 25 の第 2 基準球面 25 a との表面形状差に応じた波面情報をデフォーダブルミラー 42 により補正したものを担持した状態で透過/反射分離面 13 a に戻る。透過/反射分離面 13 a に戻った 2 つの光束は、この透過/反射分離面 13 a において合波され、参照非球面レンズ 27 に対する被検非球面レンズ 17 の相対形状誤差情報が干渉縞情報とされて干渉計 CCD カメラ 31 の撮像面上に形成される。

40

【0034】

ただし、上述したように、参照非球面レンズ 27 で反射された第 2 の光束は、参照非球面レンズ 27 と第 2 基準球面 25 a との表面形状差に基づく波面情報とデフォーダブルミラー 42 により付与された波面情報とを加算したものを担持しているから、上述した干渉縞情報を演算する際には、実際に得られた干渉縞情報からデフォーダブルミラー 42 により付与された波面情報を差し引いた上で、被検体の形状情報を解析することが肝要である。

これにより、縞密度が高い部分についても大幅に低下させることができることから、種々のタイプの非球面形状に対し、全有効領域の形状を同時に、かつ良好に取得することが可

50

能となる。

【0035】

したがって、被検体の各領域の干渉縞情報を部分的に求めた後、互いに組み合わせる必要があった、従来の非球面光学素子の干渉縞形状測定に比べて、測定解析時間を大幅に軽減することが可能である。また、解析ソフトも簡易なものとすることができ、測定に要するコストを低減することができる。

【0036】

また、本実施形態装置は、等光路長型を構築し得る、マイケルソンタイプに構成されており、また、補償板14を用いビームスプリッタ13中の光束通過に応じて生じた光路長の差を補償しているため、光源11からの出力光を低可干渉光とすることができる。これによって光路中の他の光学面からの反射光に基づくノイズ干渉縞の発生を回避することができる。

10

【0037】

なお、補償板14はビームスプリッタ13と同様の硝材によって形成されており、屈折率および分散値は同一とされている。また、形状も同様に形成されている。ただし、補償板14の屈折率、分散値および形状は、必ずしもビームスプリッタ13のものとは一致していなくともよく、要は、光路中にビームスプリッタ13を挿入したことにより生じた上記両光路の光路長の差を補償しうるものであればよい。

【0038】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はかかる実施形態に限られるものではなく、種々に態様を変更することができる。

20

【0039】

例えば、上記実施形態のものでは、ビームスプリッタ13と高NA球面基準レンズ25との間に、デフォーダブルミラー42を設けているが、これに替え、またはこれに加えて、ビームスプリッタ13と高NA球面基準レンズ15との間に、同様のデフォーダブルミラーを設けるようにしても、上記実施形態のものと同様の作用効果を得ることができる。

【0040】

また、上記実施形態においては、被検体が、局部的に球面形状との差が大きくなる非球面形状を有しており、その部分に対して縞密度を小さくするために被検体からの波面を補正する際にデフォーダブルミラーを用いる場合について記載しているが、本発明装置におけるデフォーダブルミラーによる波面の補正はこれに限られるものではない。例えば、参照非球面レンズ27が高精度に加工されていない場合等において、参照非球面レンズ27からの波面を、デフォーダブルミラーによって理想的な形状に補正するようにしてもよく、この場合には、参照非球面レンズの製造コストを安価にすることができる。

30

【0041】

また、上記実施形態のものは、低可干渉光束を用いて測定を行うようにしており、これにより高精度な測定結果を得ることが可能となるものであるが、高可干渉光束を用いて測定を行うようにしてもよい。この場合には、光学系の2つの光路の光路長を互いに高精度に一致させる必要がなくなり、光学系調整の簡易化を図ることが可能となる。

【0042】

また、被検体としては、上記非球面レンズに限られるものではなく、球面レンズの測定に用いることができることは勿論であり、例えば反射ミラー等のレンズ以外の光学素子の表面形状（球面、非球面、自由曲面等）についても適用可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本発明の実施形態に係る光波干渉測定装置の構成を示す概略図

【符号の説明】

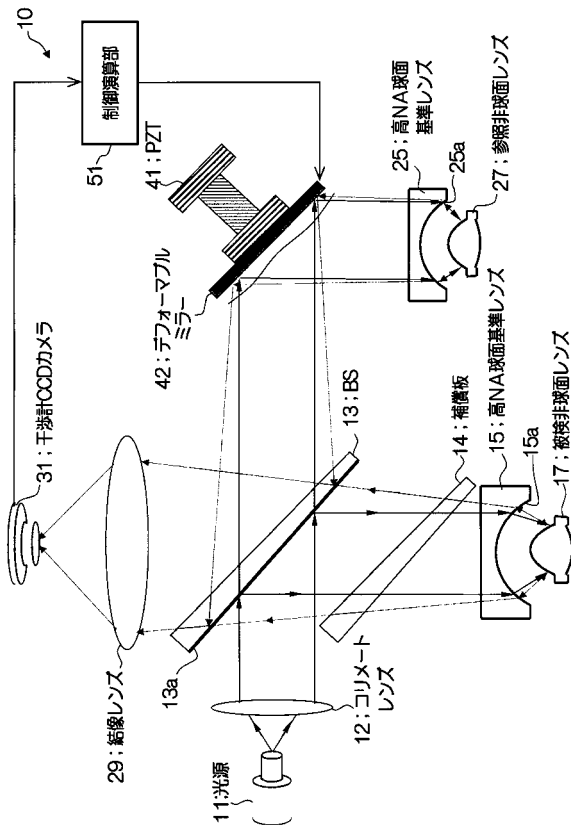
【0044】

- 10 光波干渉測定装置
- 11 光源

50

- 1 2 コリメータレンズ
- 1 3 ビームスプリッタ
- 1 3 a 透過/反射分離面
- 1 4 補償板
- 1 5 高NA球面基準レンズ(第1球面基準レンズ)
- 1 5 a、2 5 a 基準球面
- 1 7 被検非球面レンズ
- 2 5 高NA球面基準レンズ(第2球面基準レンズ)
- 2 7 参照非球面レンズ
- 2 9 結像レンズ
- 3 1 干渉計CCDカメラ
- 4 1 ピエゾ素子
- 4 2 デフォーダブルミラー
- 5 1 制御演算部

【図1】



【手続補正書】

【提出日】平成20年7月16日(2008.7.16)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0005】

【特許文献1】特表2004-532990号公報

【特許文献2】特開平8-146018号公報

【特許文献3】特開2001-133244号公報

【特許文献4】USP6,956,657

フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA53 BB05 CC21 CC22 DD06 EE00 FF04 FF52 JJ03 JJ26
LL04 LL11 LL35 LL62 NN05 UU07
2G086 FF01