

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5725874号
(P5725874)

(45) 発行日 平成27年5月27日 (2015. 5. 27)

(24) 登録日 平成27年4月10日 (2015. 4. 10)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 M 11/02 (2006. 01)

GO 1 M 11/02

B

GO 1 B 9/02 (2006. 01)

GO 1 B 9/02

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2011-6347 (P2011-6347)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成23年1月14日 (2011. 1. 14)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2012-145555 (P2012-145555A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成24年8月2日 (2012. 8. 2)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成26年1月8日 (2014. 1. 8)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シアリング干渉測定装置およびその校正方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検光学系からの光の波面を測定するシアリング干渉測定装置であって、
 撮像素子と、
 前記被検光学系の瞳を前記撮像素子の撮像面に結像させる瞳結像光学系と、
 前記瞳結像光学系の光路に配置され、前記被検光学系からの光の波面を分割することによって複数の波面を形成する回折格子と、
 前記回折格子によって分割された複数の波面の間の前記撮像面におけるシア量が変更されるように前記回折格子を駆動する駆動機構と、
 前記回折格子によって分割された複数の波面によって前記撮像面に形成される干渉縞を前記撮像素子によって撮像して得られた干渉縞データを処理することにより被検光学系からの光の波面を算出する制御部と、を備え、
 前記制御部は、
 前記撮像面におけるシア量が第1の目標シア量になるように前記駆動機構に前記回折格子を駆動させたときに前記撮像素子によって得られる第1の干渉縞データを複数のシア量のそれぞれを使って処理することによって得られる複数の波面をそれぞれ近似する複数の多項式のそれぞれにおける少なくとも1つの係数と当該複数のシア量との関係を示す第1の直線を決定し、

前記撮像面におけるシア量が前記第1の目標シア量とは異なる第2の目標シア量になるように前記駆動機構に前記回折格子を駆動させたときに前記撮像素子によって得られる第

10

20

2の干渉縞データを複数のシア量のそれぞれを使って処理することによって得られる複数の波面をそれぞれ近似する複数の多項式のそれぞれにおける少なくとも1つの係数と当該複数のシア量との関係を示す第2の直線を決定し、

前記第1の直線と前記第2の直線とにおけるシア量の差分が前記第1の目標シア量と前記第2の目標シア量との差分と等しくなる前記第1の直線におけるシア量および前記第2の直線におけるシア量をそれぞれ真のシア量として決定する、

ことを特徴とするシアリング干渉測定装置。

【請求項2】

前記駆動機構は、前記回折格子によって分割された複数の波面の間の前記撮像面におけるシア量に変更されるように前記シアリング干渉測定装置の光軸に平行な方向における前記回折格子の位置を変更する、

ことを特徴とする請求項1に記載のシアリング干渉測定装置。

【請求項3】

前記瞳結像光学系は、

前記被検光学系が配置されるべき面と前記撮像面との間に配置されて前記被検光学系からの光を平行光束にする第1のコリメータレンズと、

前記第1のコリメータレンズと前記撮像面との間に配置された集光レンズと、

前記集光レンズと前記撮像面との間に配置された第2のコリメータレンズとを含み、

前記回折格子は、前記第1のコリメータレンズと前記集光レンズとの間に配置されている、

ことを特徴とする請求項1又は2に記載のシアリング干渉測定装置。

【請求項4】

前記集光レンズと前記第2のコリメータレンズとの間に配置されて、前記回折格子で発生した回折光のうち特定の次数の回折光を通過させる次数選択窓を更に有することを特徴とする請求項3に記載のシアリング干渉測定装置。

【請求項5】

前記多項式は、Z e r n i k e多項式である、

ことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のシアリング干渉測定装置。

【請求項6】

被検光学系からの光の波面を測定するシアリング干渉測定装置の校正方法であって、

前記シアリング干渉測定装置は、

撮像素子と、

前記被検光学系の瞳を前記撮像素子の撮像面に結像させる瞳結像光学系と、

前記瞳結像光学系の光路に配置され、前記被検光学系からの光の波面を分割することによって複数の波面を形成する回折格子と、

前記回折格子によって分割された複数の波面の間の前記撮像面におけるシア量に変更されるように前記回折格子を駆動する駆動機構と、

前記回折格子によって分割された複数の波面によって前記撮像面に形成される干渉縞を前記撮像素子によって撮像して得られた干渉縞データを処理することにより被検光学系からの光の波面を算出する制御部と、を備え、

前記校正方法は、

前記撮像面におけるシア量が第1の目標シア量になるように前記駆動機構に前記回折格子を駆動させたときに前記撮像素子によって得られる第1の干渉縞データを複数のシア量のそれぞれを使って処理することによって得られる複数の波面をそれぞれ近似する複数の多項式のそれぞれにおける少なくとも1つの係数と当該複数のシア量との関係を示す第1の直線を決定するステップと、

前記撮像面におけるシア量が前記第1の目標シア量とは異なる第2の目標シア量になるように前記駆動機構に前記回折格子を駆動させたときに前記撮像素子によって得られる第2の干渉縞データを複数のシア量のそれぞれを使って処理することによって得られる複数の波面をそれぞれ近似する複数の多項式のそれぞれにおける少なくとも1つの係数と当該

10

20

30

40

50

複数のシア量との関係を示す第２の直線を決定するステップと、

前記第１の直線と前記第２の直線とにおけるシア量の差分が前記第１の目標シア量と前記第２の目標シア量との差分と等しくなる前記第１の直線におけるシア量および前記第２の直線におけるシア量をそれぞれ真のシア量として決定するステップとを含む、

ことを特徴とするシアリング干渉測定装置の校正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、シアリング干渉測定装置およびその校正方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

従来から光学系の透過波面或いは反射波面の測定のために干渉計が利用されている。干渉計を利用した光学系の波面計測は、高精度な測定が可能であるため、波面収差を厳密に管理する必要のある光学系の光学特性の測定に好適である。特に光学部品や光学系ユニットなどの製造現場などで用いられる干渉計として、共通光路で耐環境性に優れたシアリング干渉計がある。図６に一般的な透過波面計測用のシアリング干渉計の配置例を示す。被検光学系６２の物体面に配置されたピンホール板６１に設けられた１個のピンホール６１Ａから射出される球面波が被検光学系６２に入射する。被検光学系６２から射出される光の波面は、被検光学系６２の収差により球面波から変形している。被検光学系６２の後方には回折格子６３が配置されており、被検光学系６２からの射出光が回折格子６３により複数の次数の回折光に分離される。回折格子６３は、シアリング干渉計において被検光束にシアを付与する光学素子として用いられる。これらの回折光から特定次数の回折光だけが取り出されて、撮像素子６５の撮像面において、ラテラルシアリングされた状態で重ねられる。図７には、撮像素子６５の撮像面におけるシアした被検光束７１、７２の位置関係が例示されている。被検光束７１、７２の重なり領域７０に生じた干渉縞が撮像素子６５によって撮像され、その干渉縞の画像に基づいて制御部６６によって波面形状が算出される。

【０００３】

シアリング干渉計において光束をシアさせる量（シア量） S は、波面測定精度を左右する重要なパラメータであり、所望の範囲の値に設定されうる。その際、測定誤差を極限まで除去するためには、シア量の値を正確に求めるための校正を行う必要がある。シア量の校正方法としては、所定の開口パターンを有する指標を被検光学系の瞳面に挿入し、シアされた指標の像ずれを検出器の出力から参照し、そのずれに基づいてシア量を算出する方法が特許文献１に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２００４－０３７４２９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

本発明は、シアリング干渉測定装置においてシア量を高精度に決定するために有利な技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

本発明の１つの側面は、被検光学系からの光の波面を測定するシアリング干渉測定装置に係り、前記シアリング干渉測定装置は、撮像素子と、前記被検光学系の瞳を前記撮像素子の撮像面に結像させる瞳結像光学系と、前記瞳結像光学系の光路に配置され、前記被検光学系からの光の波面を分割することによって複数の波面を形成する回折格子と、前記回折格子によって分割された複数の波面の間の前記撮像面におけるシア量が変更されるよう

10

20

30

40

50

に前記回折格子を駆動する駆動機構と、前記回折格子によって分割された複数の波面によって前記撮像面に形成される干渉縞を前記撮像素子によって撮像して得られた干渉縞データを処理することにより被検光学系からの光の波面を算出する制御部と、を備え、前記制御部は、前記撮像面におけるシア量が第1の目標シア量になるように前記駆動機構に前記回折格子を駆動させたときに前記撮像素子によって得られる第1の干渉縞データを複数のシア量のそれぞれを使って処理することによって得られる複数の波面をそれぞれ近似する複数の多項式のそれぞれにおける少なくとも1つの係数と当該複数のシア量との関係を示す第1の直線を決定し、前記撮像面におけるシア量が前記第1の目標シア量とは異なる第2の目標シア量になるように前記駆動機構に前記回折格子を駆動させたときに前記撮像素子によって得られる第2の干渉縞データを複数のシア量のそれぞれを使って処理することによって得られる複数の波面をそれぞれ近似する複数の多項式のそれぞれにおける少なくとも1つの係数と当該複数のシア量との関係を示す第2の直線を決定し、前記第1の直線と前記第2の直線とにおけるシア量の差分が前記第1の目標シア量と前記第2の目標シア量との差分と等しくなる前記第1の直線におけるシア量および前記第2の直線におけるシア量をそれぞれ真のシア量として決定する。

10

【発明の効果】**【0007】**

本発明によれば、シアリング干渉測定装置においてシア量を高精度に決定するために有利な技術が提供される。

20

【図面の簡単な説明】**【0008】**

【図1】本発明の1つの実施形態のシアリング干渉測定装置を示す図。

【図2】本発明の第1実施形態のシアリング干渉測定装置の校正方法を示す図。

【図3】シア量を例示する図。

【図4】シア量の偏差と回復波面収差成分との関係を例示する図。

【図5】真のシア量を決定するための原理を説明する図。

【図6】一般的な透過波面計測用のシアリング干渉計の配置例を示す図。

【図7】シア量を例示する図。

【発明を実施するための形態】**【0009】**

30

図1を参照しながら本発明の1つの実施形態の校正方法が適用されうるシアリング干渉測定装置100について説明する。シアリング干渉測定装置100は、被検光学系2からの光の波面（例えば、波面形状）を測定するように構成される。ピンホール板1は、被検光学系2の物体面に配置され、被検光学系2に入射させる球面波を生成するためのピンホール1Aを有する。ピンホール1Aの径は、被検光学系2の物体側NA（NAは開口数）に対して無収差の球面波を発するような径に設定されている。ピンホール1Aは、不図示の照明光学系により被検光学系2の測定波長の光で照明される。ピンホール1Aを通過した光束は、被検光学系2に入射し、被検光学系2により、被検光学系2の像側NA13に応じた角度で像点14に集光される。以下では、被検光学系2を通過した光を被検光束と呼ぶことがある。

40

【0010】

シアリング干渉測定装置100は、被検光学系2の瞳を撮像素子11の撮像面に結像させる瞳結像光学系を有する。該瞳結像光学系は、この実施形態では、コリメータレンズ（第1のコリメータレンズ）4、集光レンズ7およびコリメータレンズ（第2のコリメータレンズ）9を含む。シアリング干渉測定装置100は、その光軸と被検光束の光軸とがXY面内で一致し、かつ内部に配置されたコリメータレンズ4の物点が被検光学系2の像点14に一致するように、Z方向の位置が調整された状態に配置される。ここで、Z方向は、シアリング干渉測定装置100の光軸に平行な方向である。コリメータレンズ4は、被検光束を平行光束にするとともに、被検光学系2の瞳3の像を瞳3の共役面である瞳共役面3Cに結像させる。平行光束となった被検光束は、回折格子5に入射する。回折格子5

50

は、被検光学系 2 から射出されコリメータレンズ 4 を介して入射する光の波面を分割することによって複数の波面を形成する。回折格子 5 のパターンは、例えば 2 次元の市松格子であり、回折格子 5 で発生した ± 1 次回折光は X 方向および Y 方向に回折される。この実施形態では、回折格子 5 は、平行光束光路に配置されている。よって、集光光束中もしくは発散光束中に回折格子が配置されている場合と比較して、回折格子 5 の姿勢誤差によって回折光に重畳される波面収差の発生量を小さく抑えることができる。回折格子 5 で発生した回折光は、集光レンズ 7 により回折光次数選択板 8 が配置された面に集光される。回折光次数選択板 8 には、それが配置された面に入射した回折光のうち特定の次数（ここで、 ± 1 次）の回折光を通過させる次数選択窓 8 A 及び 8 B が設けられている。よって、回折光次数選択板 8 が配置された面に入射した回折光のうち次数選択窓 8 A 及び 8 B により選択される ± 1 次回折光のみが当該面を通過する。 ± 1 次回折光は、コリメータレンズ 9 により再び平行光となり、撮像素子 11 の撮像面で、光軸に対して互いに異なる角度で、X Y 方向に横ズラシつまりラテラルシアリングされた状態で重なる。ここで、撮像素子 11 の撮像面は、瞳共役面 3 C の結像光学系 10 による共役面 3 C' に一致するように配置されている。ラテラルシアリングされた複数の光束の重なり領域には、被検光学系 2 の波面収差の情報を含んだキャリア干渉縞が生じ、その干渉縞が撮像素子 11 によって撮像される。制御部 12 は、撮像素子 11 によって撮像されキャリア干渉縞（キャリアの重畳した干渉縞）の画像を解析することによって被検光学系 2 の波面位相を回復（算出）する。

【0011】

撮像素子 11 の撮像面における ± 1 次回折光間のシア量は、波面位相復元処理をする過程において、復元精度を左右する重要なパラメータとなる。そのため、シア量を高精度に決定することが重要である。シア量は、光軸方向（Z 方向）における回折格子 5 と瞳共役面 3 C との間隔 Z（あるいは、回折格子 5 の位置）を駆動機構 6 によって変更することによって変更される。シア量は、光軸方向における回折格子 5 の位置に基づいて計算することができるので、駆動機構 6 に与える位置指令値に基づいて計算することができる。あるいは、目標とするシア量が得られるように駆動機構 6 に与える位置指令値を決定することができる。しかしながら、計算されたシア量または目標とするシア量と真のシア量との間には、例えば駆動機構 6 による回折格子 5 の位置決め精度、シアリング干渉測定装置 100 の光学系の製造誤差および配置誤差などによる誤差が存在する。したがって、高精度な波面回復計算を実現するためには、シア量を高精度に校正する必要がある。

【0012】

図 3 (a) は、シア量 S1 であるときに撮像素子 11 で観測される回折光の位置関係を例示している。図 3 (b) は、シア量 S2 であるときに撮像素子 11 で観測される回折光の位置関係を例示している。光束 31、32 は、市松回折である回折格子 5 により Y 方向に回折され、次数選択窓 8 A を透過した ± 1 次回折光であり、光束 33、34 は、X 方向に回折され、次数選択窓 8 B を透過した ± 1 次回折光である。光束 35 は、0 次光が撮像素子 11 の撮像面まで到達した場合の 0 次光の位置を示している。実際には、0 次光は、回折光次数選択板 8 で遮断されるため、撮像素子 11 には到達しない。図 3 (a) に示す例では、撮像面における光束 31 と光束 32 とのシア量および光束 33 と光束 34 とのシア量が S1 である。

【0013】

図 2 には、シアリング干渉測定装置 100 において撮像素子 11 で撮像される被検光束のシア量の値を高精度に校正するための方法の手順が例示されている。なお、以下の手順は、制御部 12 によって制御される。ステップ 11 では、制御部 12 は、 ± 1 次回折光のシア量が第 1 の目標シア量 S1 となるように駆動機構 6 により回折格子 5 の位置を設定し、その状態で撮像素子 11 により干渉縞を撮像することにより第 1 の干渉縞データ 1 を取得する。次に、ステップ 12 では、制御部 12 は、取得した干渉縞データ 1 を処理（波面回復計算）することにより波面位相分布を得る。この際に、制御部 12 は、波面回復計算のために必要なシア量として複数のシア量（S1 + S1）（S1 は、例えば - ~ + の範囲における複数の値）を用い、該複数のシア量のそれぞれにおける波面位相分布を

10

20

30

40

50

算出する。ここで、 S_1 は、目標シア量 S_1 を基準とするシア量の偏差である。

【0014】

キャリア干渉縞のデータから2方向にシアした差分波面位相を算出する方法としては、次のような方法がある。例えば、干渉縞のデータをフーリエ変換して、キャリア周波数のスペクトルのみをフィルタリング処理にて抜き出し、それを逆フーリエ変換したデータから位相を算出するフーリエ変換法を用いる方法がある。あるいは、回折格子5を光軸に垂直な方向へ微小量駆動することでキャリア干渉縞の位相を変調し、位相変調量の異なる複数フレームの干渉縞を撮像し、フレーム数に応じた位相回復アルゴリズムを用いて位相を算出する方法がある（フリンジスキャン法）。さらに、2方向の差分波面位相から被検光学系2の波面収差を復元する方法としては、特開2005-156403号公報に開示されている方法などを用いて算出する。

10

【0015】

次に、ステップ13では、制御部12は、複数のシア量（ $S_1 + S_1$ ）を用いて回復した複数の波面位相分布のそれぞれに対してZernike多項式の近似計算を実施してZernike係数を決定する。次に、ステップ14では、制御部12は、回復計算で使用する偏差 S_1 （ $= - \sim +$ ）とステップ13で算出されたZernike係数のうち特定の収差成分に相当する1つの項の係数（以下、特定係数）の値との関係を示す直線1を算出する。図4には、シア量 S_1 を基準とするシア量の偏差 S_1 （ $= - \sim +$ ）に対する特定係数の関係を示す直線1が例示されている。なお、図4に示す例では、シア量の偏差は、撮像素子11の画素（pixel）を単位として示されている。

20

【0016】

ステップ15では、制御部12は、 ± 1 次回折光のシア量が第2の目標シア量 S_2 となるように駆動機構6により回折格子5の位置を設定し、その状態で撮像素子11により干渉縞を撮像することにより第2の干渉縞データ2を取得する。次に、ステップ16では、制御部12は、取得した干渉縞データ2を処理（波面回復計算）することにより波面位相分布を得る。この際に、制御部12は、波面回復計算のために必要なシア量として複数のシア量（ $S_2 + S_2$ ）（ S_2 は、例えば $- \sim +$ の範囲における複数の値）を用い、該複数のシア量のそれぞれにおける波面位相分布を算出する。ここで、 S_2 は、目標シア量 S_2 を基準とするシア量の偏差である。次に、ステップ16では、制御部12は、複数のシア量（ $S_2 + S_2$ ）を用いて回復した複数の波面位相分布のそれぞれに対してZernike多項式の近似計算を実施してZernike係数を決定する。次に、ステップ17では、制御部12は、回復計算で使用する S_2 を基準とするシア量の偏差 S_2 （ $= - \sim +$ ）とステップ16で算出されたZernike係数のうち特定の収差成分に相当する1つの項の係数（特定係数）の値との関係を示す直線2を算出する。図4には、目標シア量 S_2 を基準とするシア量の偏差 S_2 （ $= - \sim +$ ）に対する特定係数の関係を示す直線2が例示されている。

30

【0017】

図4に例示されるように、任意のシア量（例えば、 S_1 、 S_2 ）を基準とするシア量の偏差 S （ここでは、 $S = S_1 = S_2$ ）と特定係数の値とは、第1の直線1、第2の直線2として示されるように線形の関係にある。また、直線1、2の変化率（傾き）は、回折格子5の位置に応じて決まるシア量に依存する。換言すると、直線1、2は、回折格子5の位置に応じて決まるシア量に応じた変化率を有する。よって、図5に例示されるように、目標シア量 S_1 に対応する真のシア量 S_{1T} と目標シア量 S_2 に対応する真のシア量 S_{2T} との差分 SDT が分かれば、その差分 SDT に対応する真のシア量 S_{1T} 、 S_{2T} を決定することができる。ここで、一般には、駆動機構6による回折格子5の位置決め精度が回折格子5の可動範囲において許容値内であることを保証することができるので、差分 SDT は、目標シア量 S_1 と目標シア量 S_2 との差分 SD と等しいものとみなすことができる。したがって、ステップ19では、制御部12は、目標シア量 S_1 と目標シア量 S_2 との差分 SD と直線1、2に基づいて真のシア量 S_{1T} 、 S_{2T} を決定する。より具体的には、ステップ19では、制御部12は、直線1と直線2とにおけるシア量の差

40

50

分 DD が目標シア量 S_1 と目標シア量 S_2 との差分 SD と等しくなる直線 1 におけるシア量 S_{1T} および直線 2 におけるシア量 S_{2T} をそれぞれ真のシア量として決定する。

【0018】

制御部 12 は、真のシア量 S_{1T} を用いて干渉縞データ 1 から波面回復計算により波面位相分布を算出することができる。同様に、制御部 12 は、真のシア量 S_{2T} を用いて干渉縞データ 2 から波面回復計算により波面位相分布を算出することができる。あるいは、制御部 12 は、目標シア量 S_1 および真のシア量 S_{1T} に基づいて、目標シア量 S_1 、 S_2 が真のシア量 S_{1T} 、 S_{2T} に近づくように駆動機構 6 に与える位置指令値を補正することができる。あるいは、目標シア量 S_2 および真のシア量 S_{2T} に基づいて、目標シア量 S_1 、 S_2 が真のシア量 S_{1T} 、 S_{2T} に近づくように駆動機構 6 に与える位置指令値を補正することができる。

10

【0019】

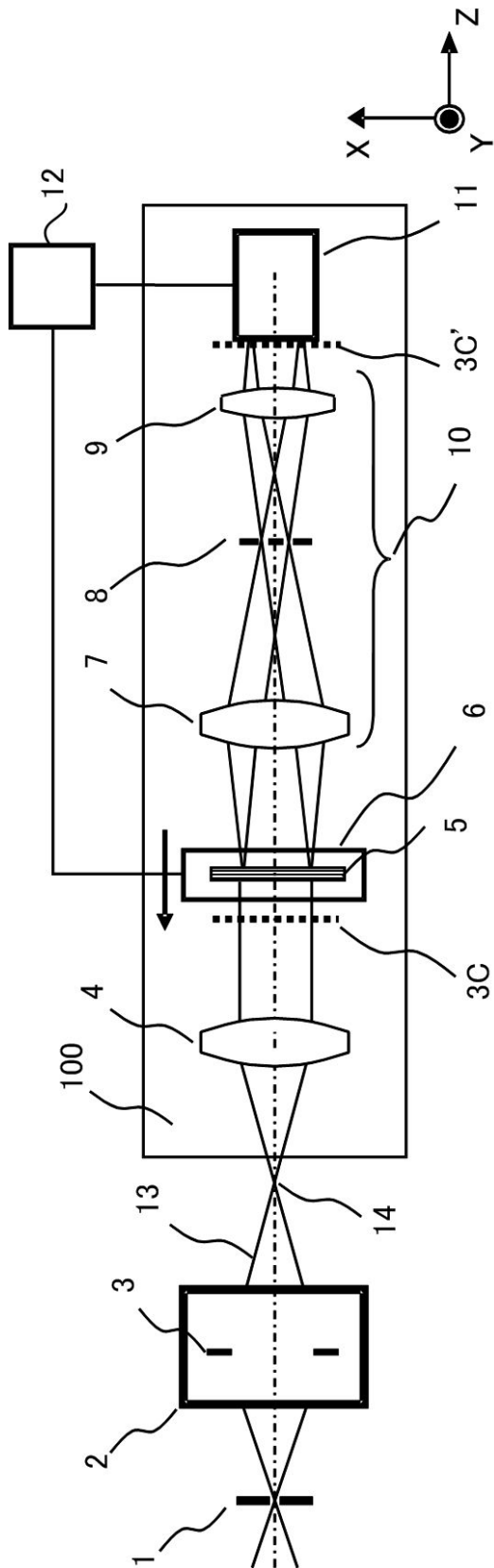
以上のように、この実施形態のシアリング干渉測定装置 100 によれば、被検光束のシア量の設定の自由度を向上させることができる。具体的には、この実施形態のシアリング干渉測定装置 100 によれば、駆動機構 6 によって回折格子 5 を光軸方向に駆動することによりシア量を任意の値に設定可能である。また、この実施形態のシアリング干渉測定装置 100 およびその校正方法によれば、真のシア量を高精度に決定することができ、これにより、高精度に波面または波面収差を測定することができる。

【0020】

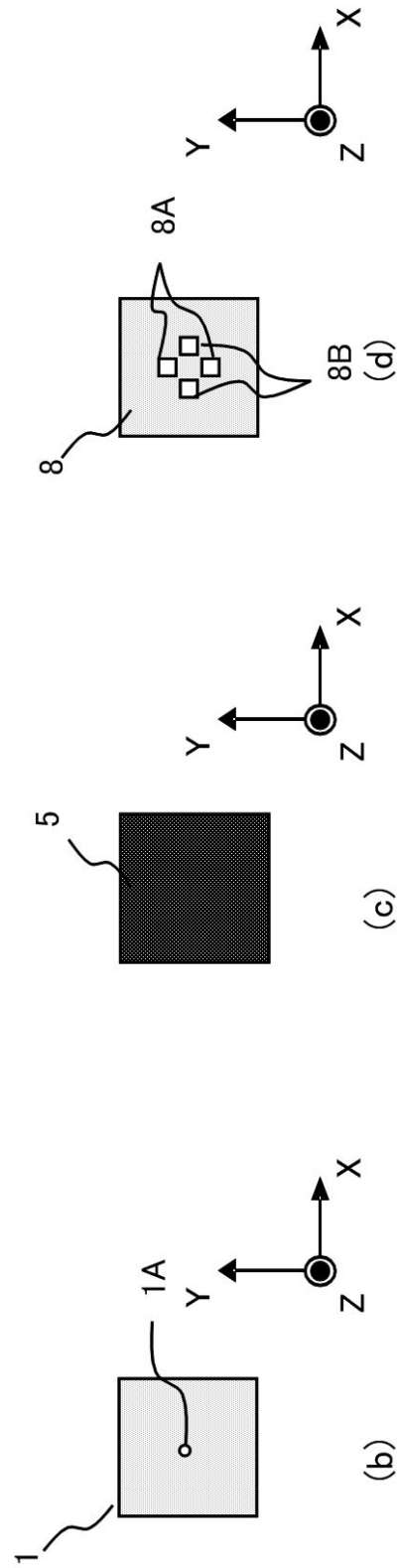
上記の説明では、Zernike 多項式の 1 つの収差成分に相当する項の係数とシア量の偏差との関係を示す直線を決定したが、複数の項の係数に対して同様の処理を施して、それらの平均値によってシア量を補正してもよい。つまり、Zernike 多項式の複数の係数のうち少なくとも 1 つの係数に基づいてシア量を決定することができる。また、多項式は、Zernike 多項式に限定されるものではなく、波面位相分布を近似可能なあらゆる多項式を使用することができる。

20

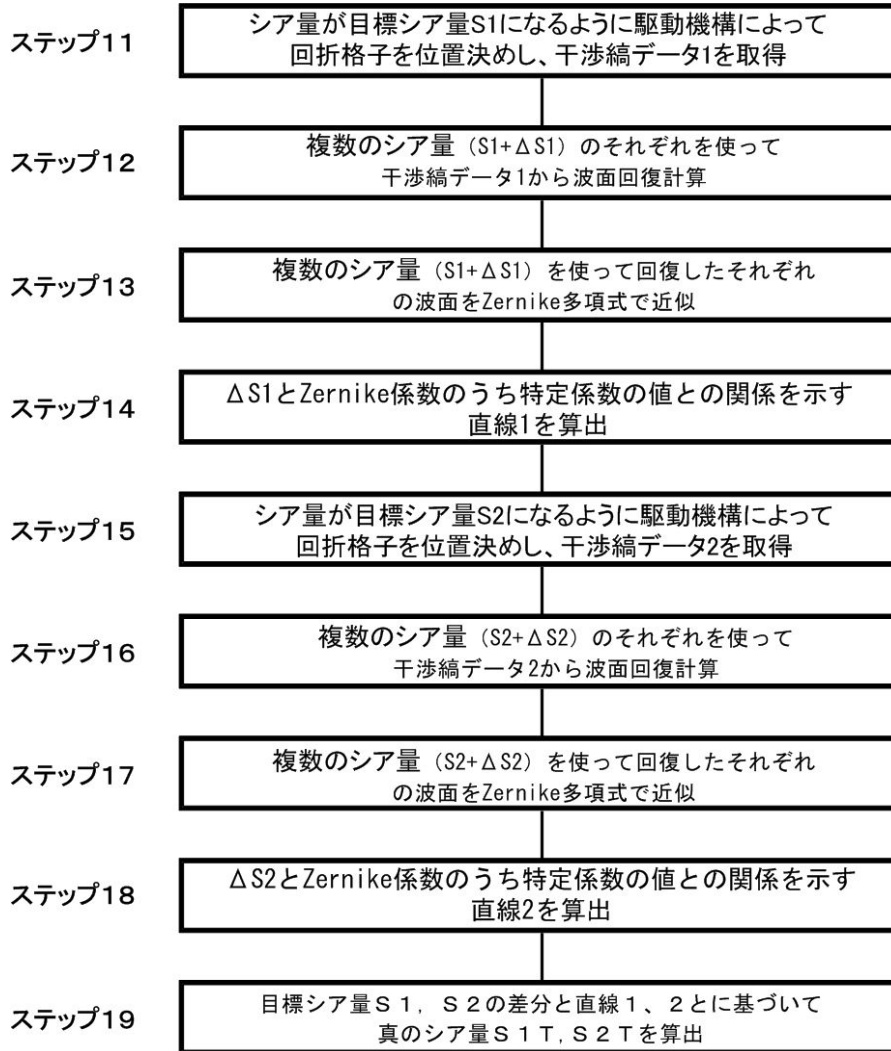
【図1】



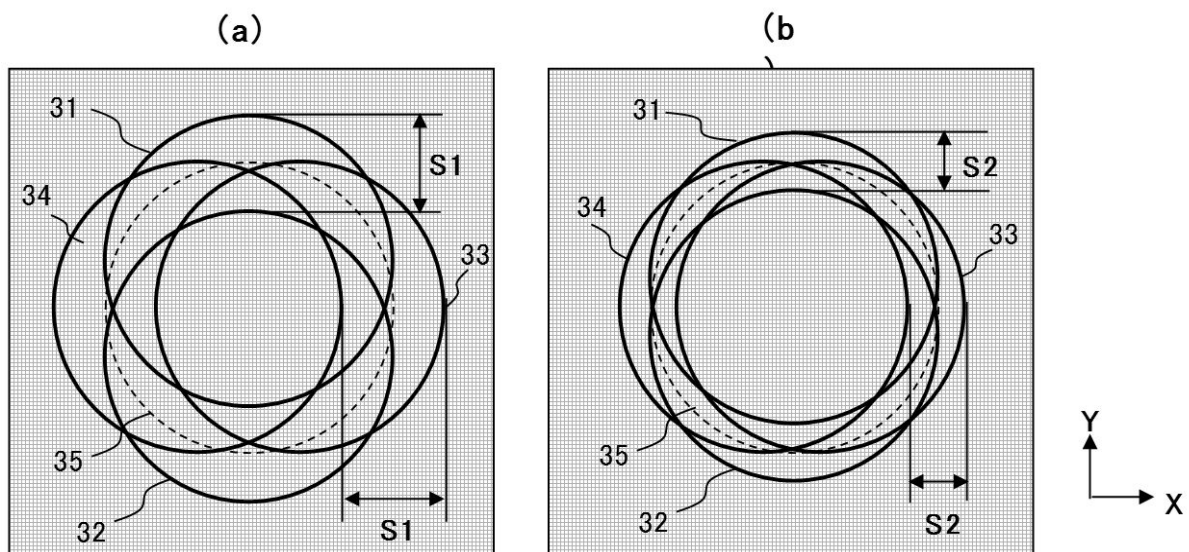
(a)



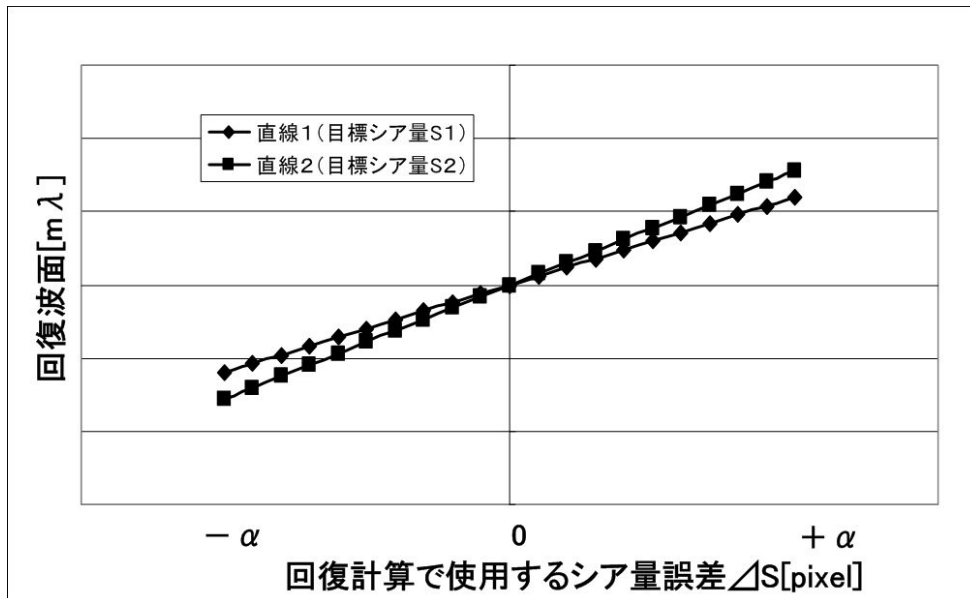
【図2】



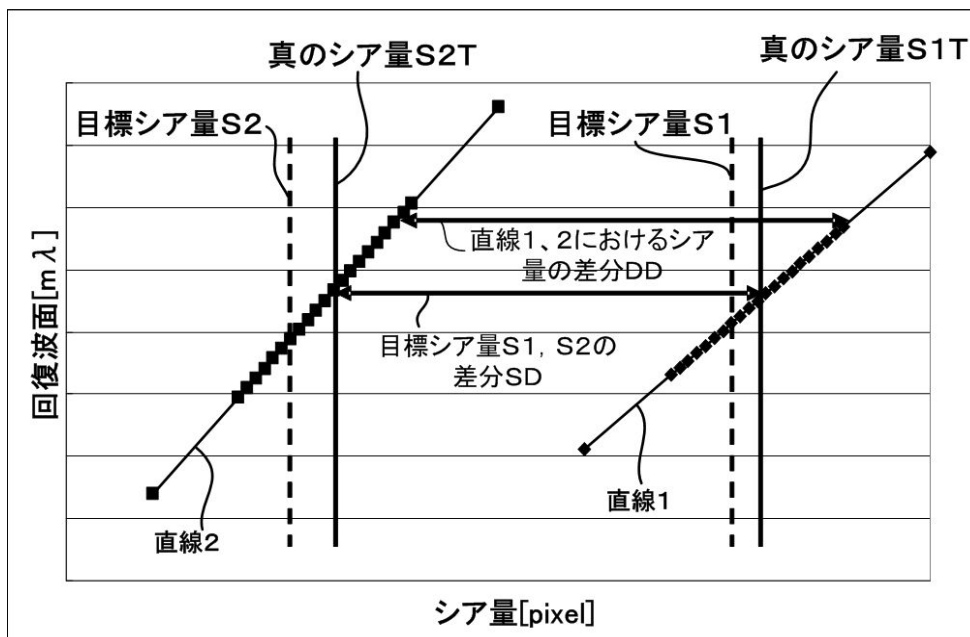
【図3】

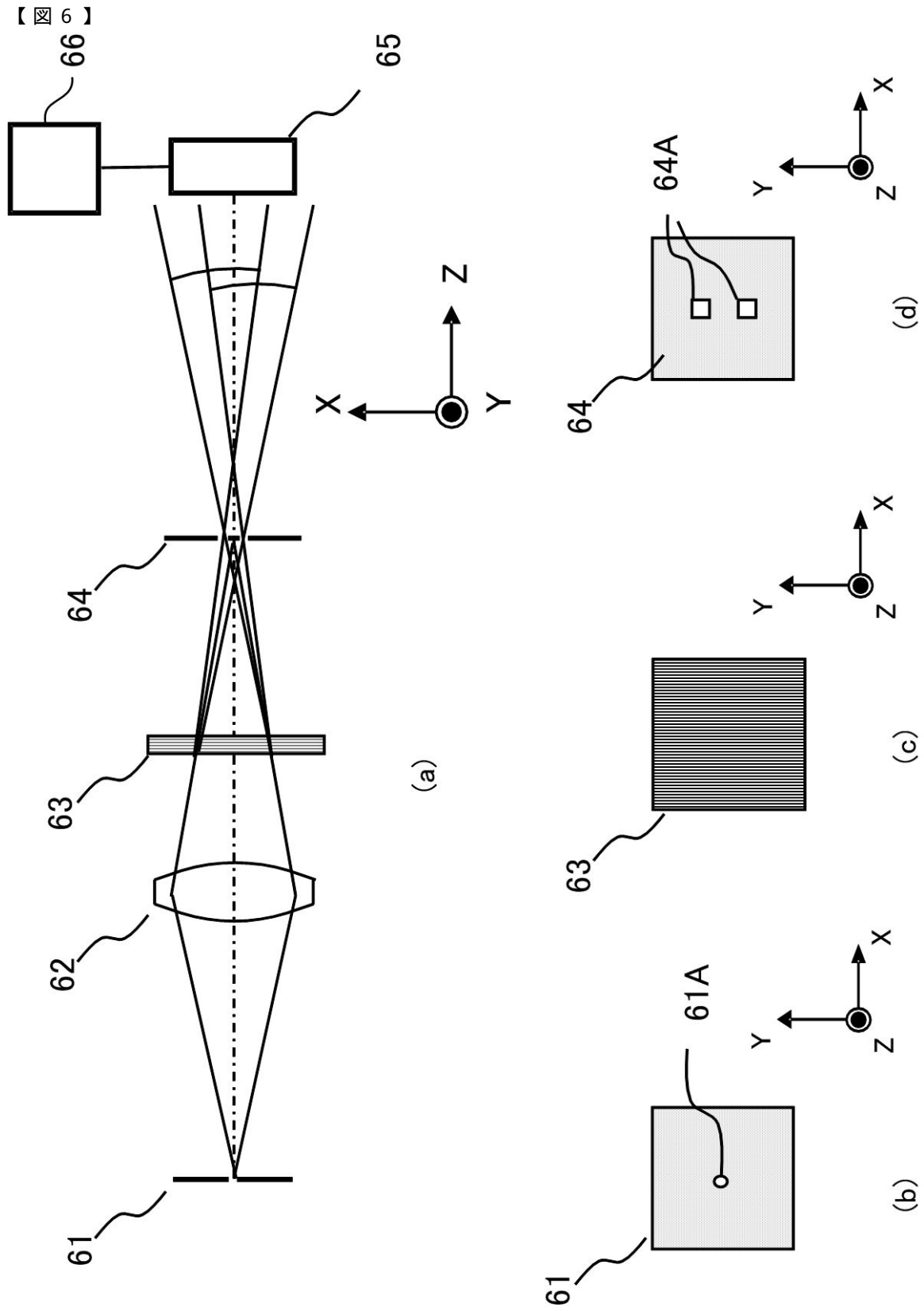


【図4】

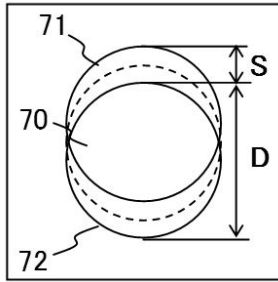


【図5】





【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 青木 栄二
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 荒原 幸士郎
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 藤田 都志行

- (56)参考文献 特開2010-223903(JP,A)
特開2009-68922(JP,A)
特開2009-4711(JP,A)
特開2005-156403(JP,A)
特開2004-37429(JP,A)
米国特許第6707560(US,B1)
花山 良平、他6名、「平行平板を用いた位相シフトシアリング干渉計による非球面レンズ評価の試み」,2009年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集,2009年 2月25日,p.801-802

- (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
G01M 11/02
G01B 9/02
Cini
JSTPlus(JDreamII)