

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5328437号
(P5328437)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int.Cl.
G 0 1 M 11/02 (2006.01)F I
G O 1 M 11/02 B

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2009-74273 (P2009-74273)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成21年3月25日(2009.3.25)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2010-223903 (P2010-223903A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成22年10月7日(2010.10.7)	(74) 代理人	100110412
審査請求日	平成24年3月22日(2012.3.22)		弁理士 藤元 亮輔
		(74) 代理人	100104628
			弁理士 水本 敦也
		(72) 発明者	加藤 正磨
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 透過波面測定方法、屈折率分布測定方法、光学素子の製造方法、及び透過波面測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象物に光源から光を照射し、前記測定対象物を透過しさらに前記測定対象物の後方に配置された回折格子を透過した干渉光を、前記回折格子の後方に所定の距離を空けて配置された受光部で受光することにより前記干渉光の強度分布を測定する工程と、

前記干渉光の強度分布をフーリエ変換することにより周波数分布を算出する工程と、

前記周波数分布における1次周波数スペクトルに基づいて前記測定対象物の透過波面を求める工程と、を有し、

前記透過波面を求める工程は、

前記回折格子の格子周波数を基準にして前記1次周波数スペクトルを逆フーリエ変換することにより前記干渉光の複素振幅を算出する工程と、

前記干渉光の複素振幅に基づいて前記測定対象物の透過波面を求める工程と、を有することを特徴とする透過波面測定方法。

【請求項 2】

前記透過波面を求める工程は、前記1次周波数スペクトルと前記格子周波数との差からフォーカス成分を算出して前記測定対象物の前記透過波面を求めることを特徴とする請求項1に記載の透過波面測定方法。

【請求項 3】

測定対象物と屈折率が異なる第1の媒質中で前記測定対象物の第1の透過波面を測定する工程と、前記測定対象物及び前記第1の媒質と屈折率が異なる第2の媒質中で前記測定対

10

20

象物の第２の透過波面を測定する工程と、

前記第１の透過波面と前記第２の透過波面とに基づいて前記測定対象物の屈折率分布を算出する工程と、を有し、

前記第１の透過波面を測定する工程及び前記第２の透過波面を測定する工程は、請求項１に記載の透過波面測定方法により測定される工程であることを特徴とする屈折率分布測定方法。

【請求項４】

請求項１に記載の透過波面測定方法によって測定された光学素子の透過波面に基づいて前記光学素子を加工することを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項５】

請求項３に記載の屈折率分布測定方法によって測定された光学素子の屈折率分布に基づいて前記光学素子を加工することを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項６】

測定対象物に光を照射する光源と、

前記測定対象物の後方に配置された回折格子と、

前記回折格子の後方に所定の距離を空けて配置され、前記回折格子を透過した干渉光の強度分布を測定するために該干渉光を受光する受光部と、

前記干渉光の強度分布をフーリエ変換することにより周波数分布を算出する周波数分布算出部と、

前記周波数分布における１次周波数スペクトルに基づいて前記測定対象物の透過波面を求める透過波面算出部と、を有し、

前記透過波面算出部は、前記回折格子の格子周波数を基準にして前記１次周波数スペクトルを逆フーリエ変換することにより前記干渉光の複素振幅を算出し、該干渉光の複素振幅に基づいて前記測定対象物の透過波面を求めることを特徴とする透過波面測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明はトルボット干渉計を用いた透過波面測定方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

従来から、大きな収差を持つ被検光学系（被検物）の透過波面を計測する方法の一つとして、非特許文献１に開示されているようなトルボット干渉計を用いた測定方法が知られている。非特許文献１によれば、回折格子から撮像素子までの距離 Z_t と、回折格子から被検光学系の像点までの距離 Z_0 とを用いて、トルボット条件（干渉縞が現れる条件）は以下の式（１）のように表される。

【０００３】

【数１】

$$\left(\frac{Z_0 Z_t}{Z_0 - Z_t} \right) \cdot \left(\frac{\lambda}{2d^2} \right) = N \quad \dots (1)$$

【０００４】

式（１）において、 d は回折格子のピッチ（周期）、 λ は光源の波長、 N は整数である。また、このときの干渉縞の周波数 f_0 は以下の式（２）のように表される。

【０００５】

【数２】

$$f_0 = \frac{Z_0}{(Z_0 - Z_t)d} \quad \dots (2)$$

【０００６】

干渉縞から被検光学系の透過波面を回復する際には、FFT法（高速フーリエ変換法）

10

20

30

40

50

が一般的に用いられる。非特許文献 2 には、FFT 法に関し、干渉縞の空間周波数上で第一スペクトルを空間キャリア周波数分だけ移動させて、被検光学系の透過波面を回復する技術が開示されている。また非特許文献 1 にも、式 (2) で定義される周波数 f_0 を、非特許文献 2 における空間キャリア周波数として解析することで、被検光学系の透過波面が回復できることが開示されている。これは、干渉縞を空間周波数上で表現すると、被検光学系の収差が干渉スペクトルの広がりとなる現象を利用したものである。

【0007】

また、一般的に干渉スペクトルの位置情報は、位相分布の傾き成分である。トールボット干渉計のようなシアリング干渉計では、位相分布の傾き成分は、透過波面形状のフォーカス成分となる。このため、干渉スペクトルの位置情報を無視して、フォーカス成分を除いた透過波面を求める方法もある。

10

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献 1】APPLIED OPTICS / Vol. 23, No. 11 / 1984, pp 1760 - 1764

【非特許文献 2】J. Opt. Soc. Am. / Vol. 72, No. 1 / 1982, pp 156 - 160

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0009】

上述のような透過波面の回復方法において、フォーカス成分をも含めた透過波面を計測するには、回折格子から撮像素子までの距離 Z_t と、回折格子から被検光学系の像点までの距離 Z_0 とを正確に把握する必要がある。しかしながら、被検光学系の収差が大きい場合、被検光学系が一つの像点を持たないため、フォーカス成分を求める際の基準となる空間キャリア周波数 f_0 を正確に決定することは困難である。また、これらの距離 Z_t 、 Z_0 を正確に決定することができたとしても、計測系の光学素子を正確に設計位置に配置するのは難しい。このように、従来技術では、トールボット干渉計を用いて収差の大きい被検光学系を計測する場合、フォーカス成分を高精度に測定することができなかった。

【0010】

30

そこで本発明は、被検物の透過波面をフォーカス成分をも含めて高精度に計測可能な透過波面測定方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一側面としての透過波面測定方法は、測定対象物に光源から光を照射し、前記測定対象物を透過しさらに前記測定対象物の後方に配置された回折格子を透過した干渉光を、前記回折格子の後方に所定の距離を空けて配置された受光部で受光することにより前記干渉光の強度分布を測定する工程と、前記干渉光の強度分布をフーリエ変換することにより周波数分布を算出する工程と、前記周波数分布における 1 次周波数スペクトルに基づいて前記測定対象物の透過波面を求める工程とを有し、前記透過波面を求める工程は、前記回折格子の格子周波数を基準にして前記 1 次周波数スペクトルを逆フーリエ変換することにより前記干渉光の複素振幅を算出する工程と、前記干渉光の複素振幅に基づいて前記測定対象物の透過波面を求める工程とを有する。

40

【0012】

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施例において説明される。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、被検物の透過波面をフォーカス成分をも含めて高精度に計測可能な透過波面測定方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 4 】

【図 1】実施例 1 における透過波面測定装置の概略構成図である。

【図 2】実施例 1 における透過波面測定方法のフローである。

【図 3】実施例 1 において、図 2 の各ステップにおける信号波形の概略図である。

【図 4】実施例 2 における透過波面測定方法のフローである。

【図 5】実施例 3 における透過波面測定装置の概略構成図である。

【図 6】実施例 3 における屈折率分布測定方法のフローである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。各図において、
同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【実施例 1】

【 0 0 1 6 】

まず、本発明の実施例 1 における透過波面測定装置及び測定方法について説明する。本実施例の測定装置及び測定方法は、収差の大きい単品のレンズや製品内のユニットレンズ（被検物）の透過波面を、フォーカス成分をも含めて高精度に測定することが可能である。なお本実施例において、透過波面とはレンズや光学系を透過した波面の他に、ミラー等を反射した波面を含む。

【 0 0 1 7 】

図 1 は、本実施例における透過波面測定装置の概略構成図である。図 1 において、100 は被検物 120（測定対象物）に光を照射するためのレーザ光源である。レーザ光源 100 から射出されるレーザ光 101 は、ピンホール 110 を通過し、ピンホール 110 により回折される。ピンホール 110 により回折されたレーザ光 102 は、ピンホール 110 を物体面とする被検物 120 を通る。ピンホール 110 の直径は、レーザ光 102（回折光）を略理想球面波であると見なせる程度に小さい。ピンホール 110 の直径は、物体側の開口 NAO、及び、レーザ光源 100 の波長を用いて、以下の式（3）を満たすように設計されている。

【 0 0 1 8 】

【数 3】

$$\phi \approx \frac{\lambda}{NAO} \quad \dots (3)$$

【 0 0 1 9 】

例えば、波長が 600 nm であり、物体側の開口 NAO が 0.3 程度である場合、ピンホール 110 の直径は 2 μm 程度となる。被検物 120 を通ったレーザ光 102 は、回折格子 130（2 次元の直交回折格子）を通り、CCD 140（受光部）で受光される。CCD 140 で受光されたレーザ光 102 は、制御部 160 により計測され、各種処理がなされる。回折格子 130 と CCD 140 との間の距離を Z_t 、回折格子 130 から不図示の被検物集光点までの距離を Z_0 とすると、これらの距離 Z_t 、 Z_0 が上述の式（1）の条件を満たすとき、CCD 140 上に回折格子 130 の偽解像が干渉縞として得られる。本実施例において、レーザ光源 100、ピンホール 110、被検物 120、回折格子 130、及び、CCD 140 は、被検物 120 の光軸と平行に配置されたレール 150 の上に配置されており、レール 150 上を移動可能に構成されている。

【 0 0 2 0 】

図 2 は、本実施例における透過波面測定方法のフローである。図 2 には、フォーカス成分を含む透過波面を求めるフローが示されている。また図 3 は、図 2 の各ステップにおける信号波形の概略図である。ただし、図 3 に示される信号波形は、実際の信号に対して信号の本数等が異なっている。以下、図 2 及び図 3 を参照して、本実施例における透過波面測定方法について説明する。

【 0 0 2 1 】

透過波面測定装置の制御部 160 は、まずステップ T10 において、CCD140 上に形成された干渉縞を取得する。具体的には、被検物 120 にレーザ光源 100 からレーザ光 101 を照射し、被検物 120 を透過しさらに被検物 120 の後方に配置された回折格子 130 を透過した干渉光を、回折格子 130 の後方に所定の距離を空けて配置された CCD140 で受光する。ここで所定の距離とは、ツールボット距離又はその近傍の距離である。制御部 160 は、CCD140 で受光された干渉光の強度分布を測定する。

【0022】

続いて制御部 160 は、ステップ T20 において、得られた干渉縞に FFT（高速フーリエ変換）処理を行い、周波数マップを算出する。すなわち、制御部 160 の周波数分布算出部は、干渉光の強度分布をフーリエ変換することにより周波数分布（周波数スペクトル）を算出する。図 3（a）に、ステップ T20 で得られた周波数スペクトルの信号波形を示す。次に制御部 160 は、ステップ T30 において、回折光の回折次数が一つだけずれた光同士の干渉成分である 1 次周波数スペクトルを切り出す。図 3（b）に、ステップ T30 で得られた 1 次周波数スペクトルの信号波形を示す。また制御部 160 は、ステップ T40 において、回折格子 130 の格子周期 d と CCD140 の受光面サイズ D とを用いて、以下の式（4）で表される格子ピッチに相当する周波数 f_g （格子周波数）を計算する（図 3（c））。

【0023】

【数 4】

$$f_g = \frac{D}{d} \quad \dots \quad (4)$$

【0024】

次に制御部 160 は、ステップ T50 において、格子ピッチに対応する周波数 f_g （格子周波数）が原点 0 に一致するように、ステップ T30 で切り出して抽出した 1 次周波数スペクトルを移動する。これは、1 次周波数スペクトルと周波数 f_g との差がフォーカス成分に相当することから行われる。図 3（d）に、ステップ T50 で移動した 1 次周波数スペクトルの信号波形を示す。これまでのフロー（ステップ T10 ~ T50）で、周波数マップ上の数式処理は完了する。

【0025】

続いて制御部 160 は、ステップ T60 において、これまでのフローで得られた周波数マップに iFFT（逆高速フーリエ変換）処理を行い、回折光同士の差分波面の複素振幅を算出する。そして制御部 160 は、ステップ T70 で、得られた複素振幅の位相項を算出する。また制御部 160 は、ステップ T80 で、差分 Zernike fitting を行い、ステップ T90 で、透過波面の波面形状をフィッティングして、フォーカス成分を含んだ透過波面を算出する。

【0026】

上述のステップ T30 ~ T90 は、周波数分布における 1 次周波数スペクトルに基づいて被検物 120 の透過波面を求める工程であり、制御部 160 の透過波面算出部にて実行される。この工程には、回折格子 130 の周波数 f_g （格子周波数）を基準にして 1 次周波数スペクトルを逆フーリエ変換することにより干渉光の複素振幅を算出する工程（ステップ T50、T60）が含まれる。さらにこの工程には、干渉光の複素振幅に基づいて被検物 120 の透過波面を求める工程（ステップ T70 ~ T90）が含まれる。本実施例の透過波面測定方法によれば、以上のフローに従うことにより、収差の大きい透過波面を、フォーカス成分をも含めて高精度に計測することができる。

【0027】

ステップ T80 で実行される差分 Zernike fitting は、差分波面を最も良く表現する Zernike 多項式の係数を求める fitting 方法である。ただし本実施例において、ステップ T80 は差分 Zernike fitting 法に限定されるものではなく、積分法等の一般的にシアリング干渉計で用いられる波面回復方法であれば

10

20

30

40

50

他の方法を用いてもよい。

【 0 0 2 8 】

本実施例では、透過波面測定装置としてトールボット干渉計を用いることにより、収差が大きい透過波面を測定することができる。トールボット干渉計は、ラテラルシアリング干渉計の一種であり、透過波面が横ずらし（シア）された自分自身の透過波面との差分を干渉縞として測定する。このため、シアリング干渉計は、透過波面の傾きに相当する量を求める測定手段である。透過波面の横ずらし量は、シア量と呼ばれ、シア量を小さくすることにより透過波面の大きな収差に対しても、干渉縞が密にならない程度の小さい収差（シア波面）として測定が可能である。

【 0 0 2 9 】

一般的に、シアリング干渉計は、シア量が小さすぎるとシア波面がノイズに埋もれて精度が低下する。このため、シア量は、瞳の直径に対して 3 ~ 5 % 程度が良いとされる。しかし本実施例では、大きい収差を有する透過波面を小さいシア波面で測定するため、シア量を 1 . 5 % 以下、好ましくは 0 . 3 ~ 0 . 9 % 程度まで小さくする。シア量 *shear* は、回折格子 1 3 0 と C C D 1 4 0 との間の距離 Z_t と、C C D 1 4 0 上の干渉縞データの直径 D_i とを用いて、以下の式 (5) で定義される。

【 0 0 3 0 】

【数 5】

$$shear = \frac{\lambda Z_t}{d D_i} \quad \dots (5)$$

【 0 0 3 1 】

また、式 (5) は、式 (1) と、回折格子 1 3 0 上の光束の直径 D_0 とを用いて、以下の式 (6) のように表される。

【 0 0 3 2 】

【数 6】

$$shear = \frac{2Nd}{D_0} \quad \dots (6)$$

【 0 0 3 3 】

上記の式 (6) から、シア量 *shear* と回折格子 1 3 0 のピッチ d (周期) とは比例することがわかる。回折格子のピッチ d は、式 (1) で表されるように、回折格子 1 3 0 と C C D 1 4 0 との間の距離 Z_t にも影響を与えるため、各素子間の干渉を考慮して決定される必要がある。例えば整数 $N = 0 . 5$ のとき、回折格子 1 3 0 上の光束の直径 D_0 が 1 0 ~ 2 0 mm 程度であるとすると、回折格子 1 3 0 のピッチ d は 4 0 ~ 1 8 0 μm 程度であることが望ましい。

【実施例 2】

【 0 0 3 4 】

次に、本発明の実施例 2 における透過波面測定方法について説明する。図 4 は、本実施例における透過波面測定方法のフローである。図 4 に示されるように、本実施例の透過波面測定方法の基本フローは図 2 のフローと同一であるが、本実施例では、ステップ T 5 0 の代わりにステップ T 5 1 が挿入され、ステップ T 8 0、T 9 0 の間にステップ T 8 1 が挿入されている点で、実施例 1 とは異なる。

【 0 0 3 5 】

周波数マップ上において、実施例 1 のステップ T 5 0 を行うことが困難な場合がある。このような場合、制御部 1 6 0 は、ステップ T 5 0 の代わりに、ステップ T 5 1 において 1 次周波数スペクトルの任意の周波数を原点として設定する。また制御部 1 6 0 は、ステップ T 8 0 の後ステップ T 8 1 において、ステップ T 4 0 で求めた周波数 f_g (格子周波数) とステップ T 5 1 で求めた任意の周波数との差分に相当するフォーカス成分を元のスペクトル情報に加算する。すなわち制御部 1 6 0 は、1 次周波数スペクトルと周波数 f_g

10

20

30

40

50

との差からフォーカス成分を算出して被検物 120 の透過波面を求める。本実施例の透過波面測定方法によれば、フォーカス成分を含んだ被検物の透過波面を高精度に算出することができる。

【実施例 3】

【0036】

次に、本発明の実施例 3 における屈折率分布測定方法について説明する。本実施例の屈折率分布測定方法は、単品レンズ（被検物）内部における屈折率分布を、フォーカス成分をも含めて高精度に測定する測定方法である。

【0037】

図 5 は、本実施例における透過波面測定装置（トールボット干渉計）の概略構成図である。図 5（a）は被検物を空气中（第 1 の媒質中）で計測する状態を示し、図 5（b）は被検物を水中（第 2 の媒質中）で計測する状態を示している。図 5 に示されるトールボット干渉計の基本構成は、図 1 のトールボット干渉計と同様であるため、本実施例では、図 1 のトールボット干渉計とは異なる部分についてのみ説明する。

【0038】

本実施例のトールボット干渉計は被検物 120 を保持するための被検物ケース 121 を有し、被検物 120 は被検物ケース 121 内に設置されている。被検物ケース 121 は、その内部に空気や水等の媒質を入れて被検物 120 を媒質中に浸せるように構成されている。被検物 120 及び被検物ケース 121 を通過したレーザ光 102 は、回折格子 130 を通って CCD 140 で受光される。被検物ケース 121 は、レーザ光源 100 等と同様に、被検物 120 の光軸と平行に配置されたレール 150 の上に配置され、レール 150 上を移動可能に構成されている。図 5（b）に示されるように被検物ケース 121 に水を導入した場合、回折格子 130 及び CCD 140 は、被検物ケース 121 に空気を導入した場合（図 5（a））に比べて、被検物 120 から離れて配置される。

【0039】

次に、本実施例における透過波面測定装置を用いた屈折率分布測定方法について説明する。図 6 は、本実施例において、被検物の屈折率分布 W_{index} の算出手順（屈折率分布測定方法）を示すフローである。図 5（a）に示されるように、まずステップ S10 において、被検物ケース 121 内に空気（第 1 の媒質）を導入し、被検物 120 を設置する。被検物 120 は、被検物ケース 121 の内部において空気に浸される。続いて制御部 160 は、ステップ S20 において、被検物ケース 121 の内部に空気が導入されている場合の波面収差 W_1 を算出する。波面収差 W_1 は、図 6 の右側に示されるステップ A のフローに従って算出される。具体的には、波面収差 W_1 を算出するステップ A は、次の 4 つのステップを備える。

【0040】

まずステップ S21 において、制御部 160 は、被検物 120 と、回折格子 130 及び CCD 140 により構成されるセンサとをレール 150 上で移動させ、これらを最適な位置に配置にする。次に制御部 160 は、ステップ S22 において、被検物 120 が理想的な場合のシミュレーション波面 W_{sim} を計算する。ステップ S22 は、ステップ S21 と同一の配置で被検物 120 の屈折率が一樣であるとした場合の透過波面を計算するステップである。

【0041】

続いてステップ S23 において、制御部 160 は、実際に透過波面測定装置（例えば、図 5 に示されるトールボット干渉計）を用いて透過波面 W_m を測定する。ステップ S23 は、図 2 に示されるフローの透過波面復元ステップ（ステップ T10 ~ T90）に相当する。次にステップ S24 において、制御部 160 は、ステップ S22 で求めたシミュレーション波面 W_{sim} とステップ S23 で求めた透過波面 W_m との差分 W_1 を求める。以上でステップ A は完了する。

【0042】

次にステップ S30 において、制御部 160 は、被検物ケース 121 内に水を導入して

被検物 120 を設置する (図 5 (b)) 。被検物 120 は、被検物ケース 121 の内部において水に浸される。またステップ S 40 において、制御部 160 は、上述のステップ A の手順に従い、被検物 120 が水に浸されている場合の波面収差 W 2 を算出する。続いてステップ S 50 において、制御部 160 は、以下の式 (7) を用いて波面収差 W 1 、W 2 から被検物 120 の形状成分を除去し、被検物 120 の屈折率分布 W_{index} を算出する。

【 0043 】

【 数 7 】

$$W_{index} = \frac{(Ng - N_1)W2 - (Ng - N_2)W1}{N_2 - N_1} \quad \dots (7)$$

10

【 0044 】

なお、式 (7) の Ng はガラスの屈折率設計値、 N_1 は空気の屈折率、 N_2 は水の屈折率である。

【 0045 】

このように、本実施例には、被検物 120 と屈折率が異なる第 1 の媒質中で被検物 120 の第 1 の透過波面を測定する工程 (ステップ S 20) が含まれる。また、被検物 120 及び第 1 の媒質と屈折率が異なる第 2 の媒質中で被検物 120 の第 2 の透過波面を測定する工程 (ステップ S 40) が含まれる。さらに、第 1 の透過波面と第 2 の透過波面とに基づいて被検物 120 の屈折率分布 W_{index} を算出する工程 (ステップ S 50) が含まれる。第 1 の透過波面を測定する工程及び第 2 の透過波面を測定する工程は、例えば、実施例 1 又は 2 の透過波面測定方法を用いて測定される。以上のステップにより、屈折率分布の算出フローは完了する。本実施例の屈折率分布測定方法によれば、被検物の屈折率分布をフォーカス成分をも含めて高精度に計測することができる。

20

【 0046 】

本実施例では、第 1 の媒質として空気、第 2 の媒質として水をそれぞれ用いているが、これに限定されるものではない。屈折率が 0 . 01 程度以上異なる 2 種類の媒質であれば、空気と水の組み合わせ以外のものを用いてもよい。また、2 種類の媒質として、温度を変えて互いに屈折率を変えた同一材料を用いることもできる。また、屈折率分布の概略を測定する場合には、ステップ S 22、S 24 を省略し、透過波面測定値をステップ A における波面収差 W 1、W 2 として用いてもよい。

30

【 0047 】

上記各実施例の透過波面測定方法又は屈折率測定方法は、レンズ等の光学素子の製造方法に用いることができる。この場合、透過波面測定方法又は屈折率測定方法により測定された光学素子の透過波面又は屈折率分布 (測定結果) に基づいて、光学素子の光学性能を評価し、光学素子を加工する。光学素子は、光学性能を評価してから光学面を補正する工程を経ることにより製造される。このような製造方法によれば、モールド成形等で製造した場合であっても、光学性能の高い光学素子を量産することができる。

【 0048 】

以上、本発明の実施例について具体的に説明した。ただし、本発明は上記実施例として記載された事項に限定されるものではなく、本発明の技術思想を逸脱しない範囲内で適宜変更が可能である。

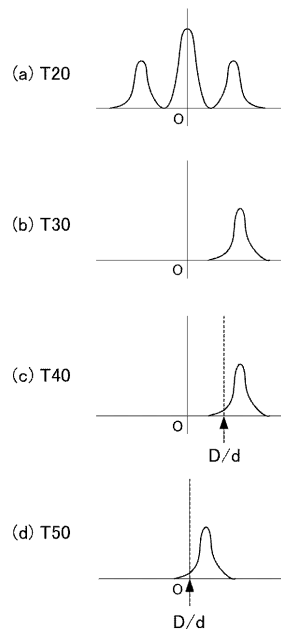
40

【 符号の説明 】

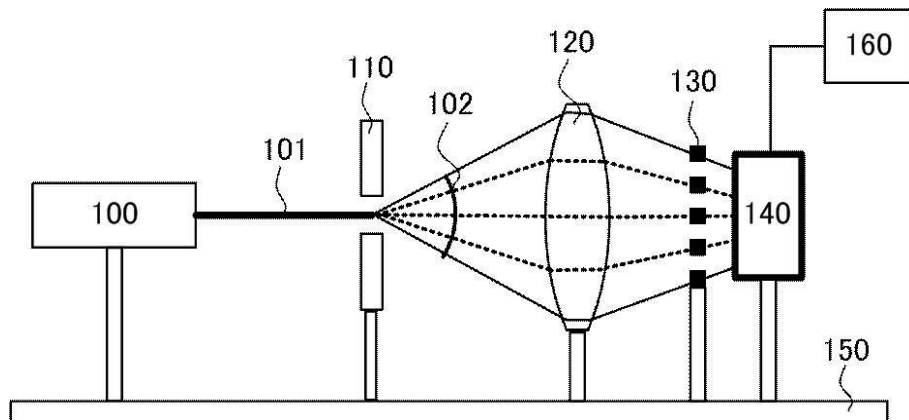
【 0049 】

- 100 レーザ光源
- 101、102 レーザ光
- 120 被検物
- 130 回折格子
- 140 CCD

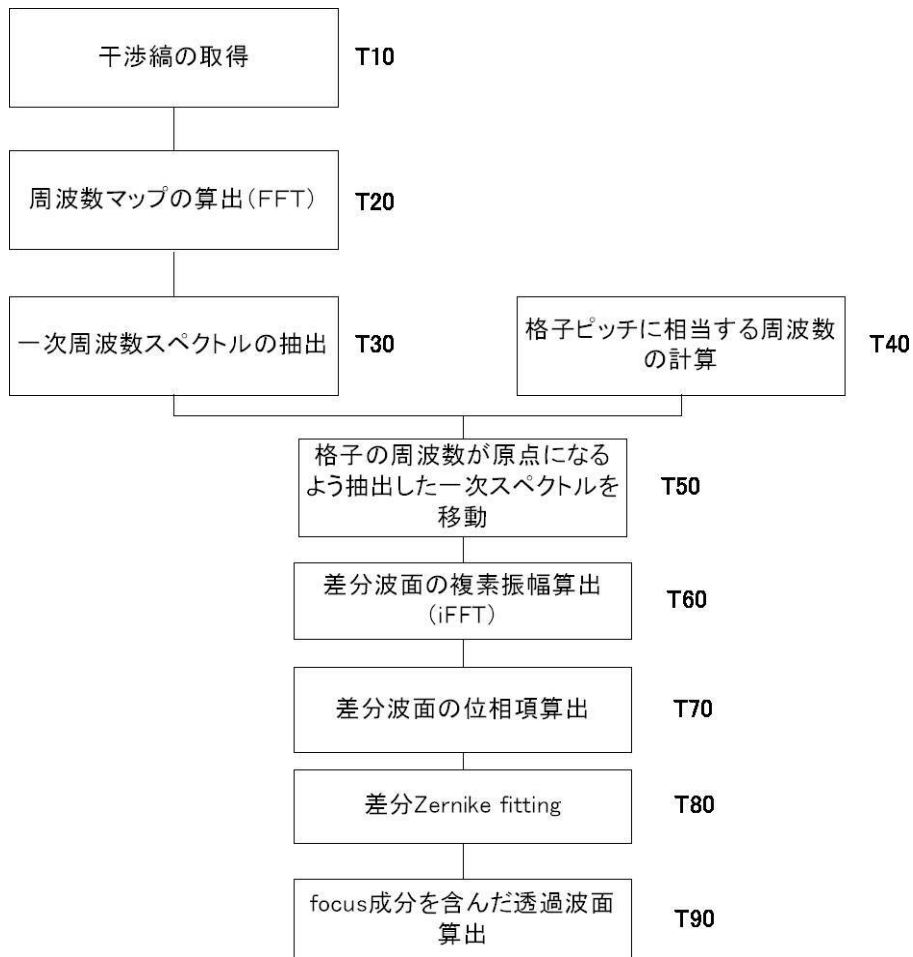
【図 3】



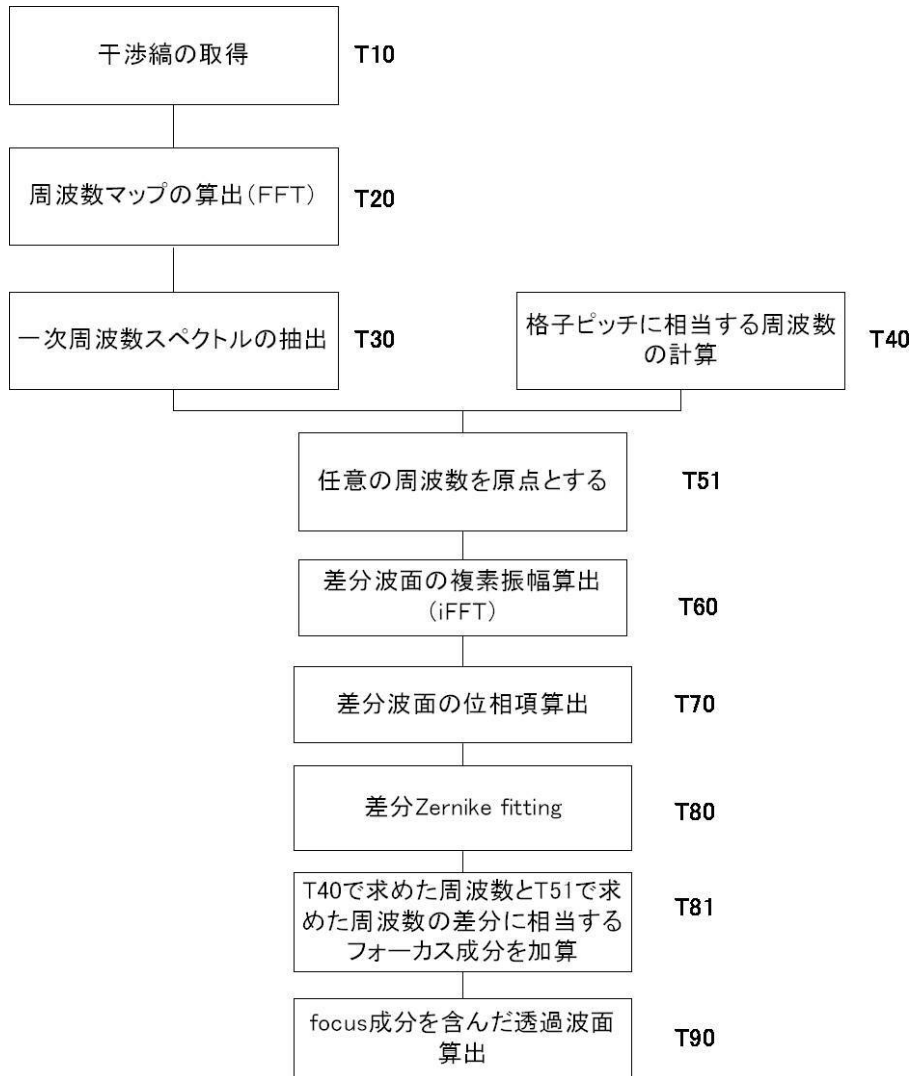
【図 1】



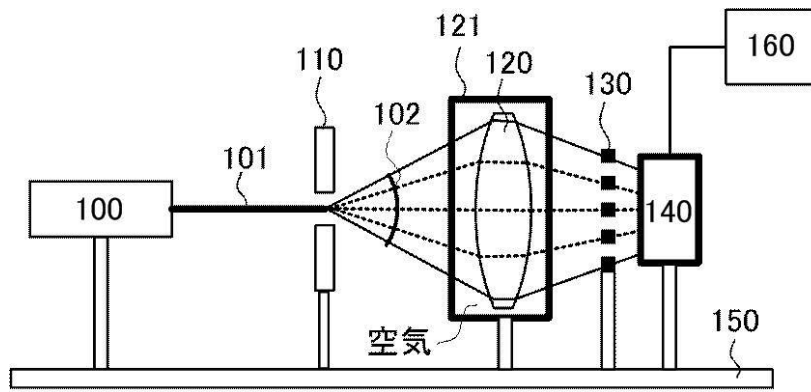
【図 2】



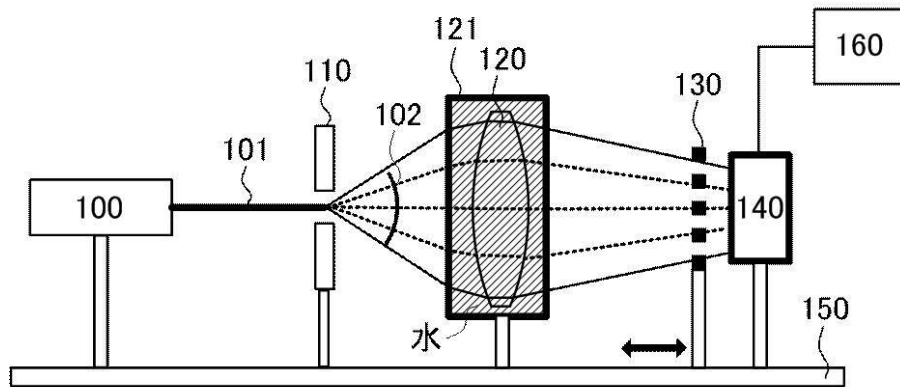
【図 4】



【図5】

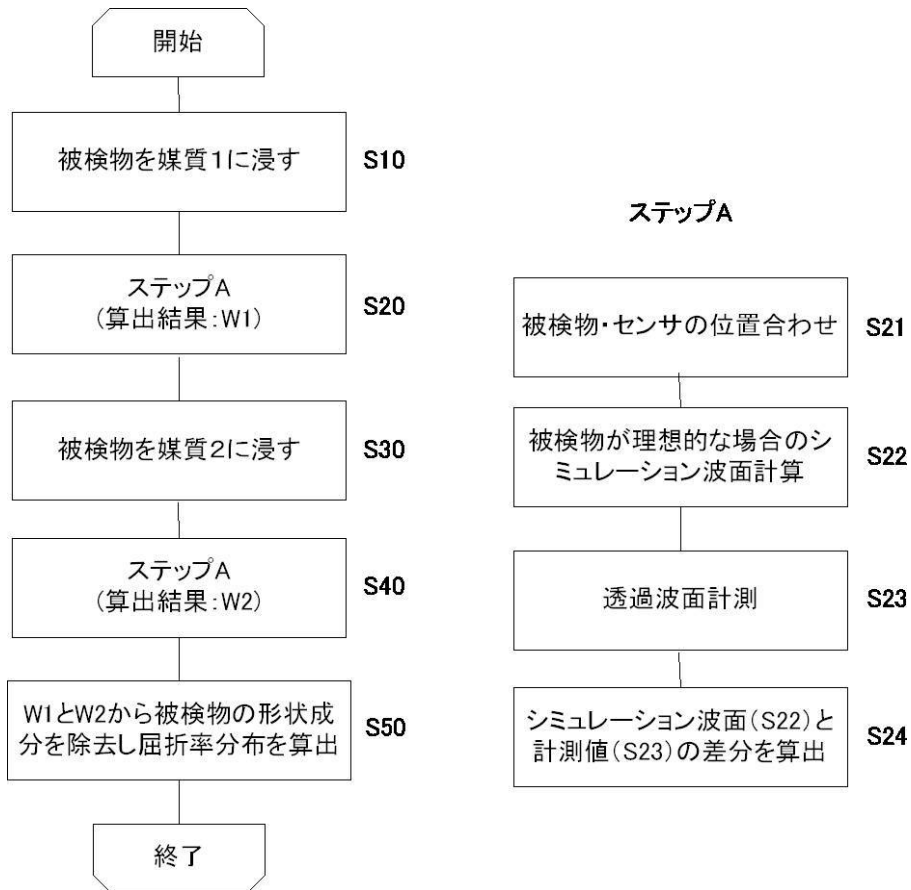


(a)



(b)

【図 6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-159213(JP,A)

M. Takeda, H. Ina, S. Kobayashi, "Fourier-transform method of fringe-pattern analysis for computer-based topography and interferometry", Journal of the Optical Society of America, 1982年, Vol.72, No.1, p.156-160

M. Takeda, S. Kobayashi, "Lateral aberration measurements with a digital Talbot interferometer", Applied Optics, 1984年, Vol.23, No.11, p.1760-1764

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 11/02

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)