

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 4 月 28 日(28.04.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/049075 A1

- (51) 国際特許分類:
G01M 11/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/068347
- (22) 国際出願日: 2010 年 10 月 19 日(19.10.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-240950 2009 年 10 月 20 日(20.10.2009) JP
特願 2009-240951 2009 年 10 月 20 日(20.10.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町 1 丁目 1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 田中 一政 (TANAKA, Issei) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町 1 丁目 1 2 番 1 号株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上義雄(INOUE, Yoshio); 〒1030027 東京都中央区日本橋 3 丁目 1 番 4 号画廊ビル 3 階 Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

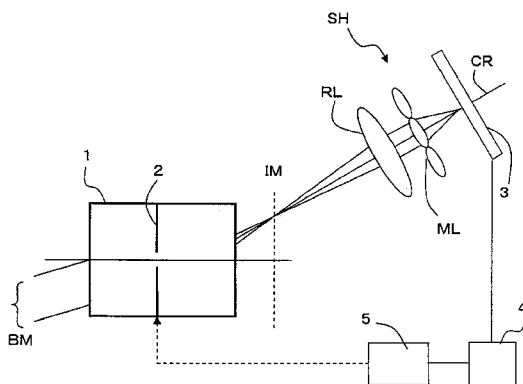
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: WAVE ABERRATION MEASURING METHOD AND WAVE ABERRATION MEASURING DEVICE

(54) 発明の名称: 波面収差測定方法及び波面収差測定機

[図2]



(57) Abstract: Disclosed is a wave aberration measuring method in which wave aberration is measured with improved measuring accuracy by applying light emitted from a light source onto a lens to be tested and by detecting light transmitted through the lens to be tested. The method comprises a step of measuring wave aberration while the diaphragm of the lens to be tested is open; a step of measuring the central position of the pupil of the lens to be tested while the diaphragm of the lens to be tested is closed; and a step of expanding the wave aberration to a polynomial using the central position of the pupil as an origin. Also disclosed is a wave aberration measuring device.

(57) 要約: 光源から放射された光を被検レンズに入射させ、当該被検レンズを透過した光を検出して波面収差を測定する波面収差測定方法であって、被検レンズの絞りを開放した状態で波面収差を測定する工程と、被検レンズの絞りを絞った状態で、当該被検レンズの瞳中心位置を測定する工程と、瞳中心位置を原点として波面収差を多項式展開する工程と、を有する波面測定精度を向上させた波面収差測定方法、及び、波面収差測定機を提供する。

明 細 書

発明の名称： 波面収差測定方法及び波面収差測定機

技術分野

[0001] 本発明は、波面収差測定方法及び波面収差測定機に関する。

背景技術

[0002] 一般的にカメラの撮影レンズなどの結像光学系（以下、単に「光学系」と呼ぶ）の光学設計は、波長が400nmから700nm程度のいわゆる可視光の領域での収差が最良になるように最適化を行っている。例えば、ヘリウムランプ、水素ランプ、水銀ランプから放射される光に含まれるd線（波長587.6nm）、C線（波長656.3nm）、g線（波長435.8nm）などの輝線の波長を用い、これらの波長での収差のバランスを調整して、白色光で結像させた場合に最高の性能が得られるように最適化している。また、従来、このような光学系を製造する際には、主に線像分布関数（LSF）から伝達関数（MTF）などを求めて性能を測定することにより品質の管理が行われてきた（例えば、特開昭58-092927号公報参照）。

[0003] さらに最近では、さらなる品質の向上を目指して、波面収差を測定して品質管理が行われつつある。波面収差の測定方式としては、被検レンズを透過した光と、所定形状の参照面から反射した光とを干渉させ、得られた干渉縞をCCDなどの2次元撮像素子により検出し、この2次元撮像素子からの出力信号を演算して光学系の瞳上の波面収差を求める干渉計方式の他に、被検レンズを通過した後の波面を微小なマイクロレンズ（矩形レンズ）が2次元的に多数配置されたマイクロレンズアレーに入射させて波面を分割し、マイクロレンズアレーによって多数のスポット像をCCD等の2次元撮像素子上に形成し、この2次元撮像素子で検出されたスポット像の横ズレから波面の局所的な傾斜を演算して求め、全体の波面収差を求めるシャック・ハルトマン（Shack-Hartmann）方式が注目されている（例えば、特開2005-098933号公報参照）。このシャック・ハルトマン方式の波面収差測定は、

干渉計方式に比べて個々のマイクロレンズの大きさで横分解能が制限されるが、測定のダイナミックレンジが非常に広いので、カメラの撮影レンズのように、残存収差量の大きい光学系の波面収差測定に適しているといえる。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 一般的な光学系は、光軸から角度を持った軸外の光線に対しては、いわゆる口径食のために、射出瞳の形状がけられて円形にならず、波面収差の測定値を極座標の直交多項式、たとえばツェルニケ多項式で展開する場合に座標の原点の位置精度が低く、波面測定の信頼性が低下するという課題があった。半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程に用いる投影光学系であっても、わずかながら口径食があつて瞳が円形になっていないものがある。口径食が数%程度と微量な場合は、例えば特開2007-250723号公報で開示されているように、単に瞳に内接する円を求めて関数展開を行うことがあるが、一般的に写真用レンズの多くは非常に大きい口径食を持ち、時には瞳の短径方向の大きさが、長径方向の半分以下になることも珍しくなく、このような手法は適用できない。

[0005] また、MTFの測定と異なり、波面収差の測定に用いられる光源には、できるだけスペクトル幅の狭い光源が望ましい。スペクトル幅が広がりを持つようになると、被検レンズの色収差の影響を受け、正確な測定ができなくなる。さらに、写真レンズのような、可視光で用いられる光学系の検査は、波長毎に収差の振る舞いが大きく異なるため、可視波長域内の短波長から長波長まで多くの波長で測定を行う必要がある。このため、干渉フィルターなどの狭帯化素子を用いて、多くの波長で測定ができるような構造にしたり、さらには高価なレーザー光源を何種類も準備したりと、検査装置が大型化、高価格化してきた。

[0006] 本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、波面測定精度を向上させた波面収差測定方法、及び、波面収差測定機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

- [0007] 本発明の第1の態様による波面収差測定方法は、光源から放射された光を被検レンズに入射させ、当該被検レンズを透過した光を検出して波面収差を測定する波面収差測定方法であって、被検レンズの絞りを開放した状態で波面収差を測定する工程と、被検レンズの絞りを絞った状態で、当該被検レンズの瞳中心位置を測定する工程と、瞳中心位置を原点として波面収差を多項式展開する工程と、を有する。
- [0008] このような波面収差測定方法において、前記被検レンズの絞りを開放した状態で前記波面収差を測定する前記工程の後に、前記被検レンズの前記絞りを絞った状態で当該被検レンズの瞳中心位置を測定する工程を行うか、又は、前記被検レンズの前記絞りを絞った状態で、当該被検レンズの瞳中心位置を測定する工程の後に、前記被検レンズの絞りを開放した状態で前記波面収差を測定する工程を行っても良い。
- [0009] このような波面収差測定方法において、多項式は、ツェルニケ多項式であることが好ましい。
- [0010] また、このような波面収差測定方法において、光源から放射される光は、単色光若しくは半値幅が10 nm以下の準単色光であることが好ましい。
- [0011] また、このような波面収差測定方法において、光源から放射される光の波長は、400 nmから700 nmまでの可視光であることが好ましい。
- [0012] また、本発明の第2の態様による波面収差測定機は、光源から放射されて被検レンズを透過した光により形成される当該被検レンズの瞳像を検出する2次元撮像素子と、この2次元撮像素子で検出された瞳像から上述の波面収差測定方法により被検レンズの波面収差を算出する情報処理装置と、を有する。
- [0013] このような波面収差測定機は、複数のマイクロレンズが2次元的に配置され、被検レンズを透過した光をマイクロレンズの各々を透過させて分割させて2次元撮像素子上に瞳のスポット像を結像させるマイクロレンズアレーを有し、情報処理装置における波面収差の算出方式は、2次元撮像素子で検出

されたスポット像の横ズレから波面の局所的な傾斜を演算して求め、被検レンズ全体の波面収差を求めるシャック・ハルトマン (Shack-Hartmann) 方式であることが好ましい。

[0014] また、このような波面収差測定機において、情報処理装置は、被検レンズの絞りの開閉を制御することが好ましい。

[0015] 本発明の波面収差測定方法及び波面収差測定機を以上のように構成すると、波面収差の測定精度を向上させることができる。

[0016] 本発明の第3の態様による波面収差測定方法は、光源から放射された光を被検レンズに入射させ、当該被検レンズを透過した光を検出して波面収差を測定する波面収差測定方法であって、光源から放射される光の波長を離散的に変化させ、当該離散的な複数の波長毎に波面収差を測定する工程と、離散的な複数の波長毎に測定された波面収差を多項式フィッティングして、当該波長毎の波面収差係数を算出する工程と、離散的な複数の波長毎の波面収差係数を、当該波面収差係数の種類毎に多項式フィッティングして、フィッティング係数を算出する工程と、このフィッティング係数を用いて、波面収差を測定していない波長での波面収差係数を算出する工程と、を有する。

[0017] このような第3の態様による波面収差測定方法のフィッティング係数を算出する工程において、離散的な複数の波長毎の波面収差係数を多項式フィッティングするために用いる多項式は、分母に波長を含む項を少なくとも一項有していることが好ましい。

[0018] また、このような第3の態様による波面収差測定方法の波面収差係数を算出する工程において、波面収差係数を多項式フィッティングするために用いる多項式は、ツェルニケ多項式を含む直交関数であることが好ましい。

[0019] また、このような第3の態様による波面収差測定方法において、光源から放射される光は、単色光若しくは半値幅が10nm以下の準単色光であることが好ましい。

[0020] また、このような第3の態様による波面収差測定方法において、離散的な複数の波長は、3波長以上であることが好ましい。

- [0021] さらに、このような第3の態様による波面収差測定方法において、離散的な複数の波長のうち、最も短い波長は、500nm以下の可視光であることが好ましく、最も長い波長は、600nm以上の可視光であることが好ましく、全体として、400nmから700nmまでの可視光であることが好ましい。
- [0022] また、本発明の第4の態様による波面収差測定機は、光源から放射されて被検レンズを透過した光により形成される当該被検レンズの瞳像を検出する2次元撮像素子と、この2次元撮像素子で検出された瞳像から第3の態様の波面収差測定方法のいずれかにより被検レンズの波面収差を算出する情報処理装置と、を有する。
- [0023] このような第4の態様による波面収差測定機は、複数のマイクロレンズが2次元的に配置され、被検レンズを透過した光をマイクロレンズの各々を透過させて分割させて2次元撮像素子上に瞳のスポット像を結像させるマイクロレンズアレーを有し、情報処理装置における波面収差の算出方式は、2次元撮像素子で検出されたスポット像の横ズレから波面の局所的な傾斜を演算して求め、被検レンズ全体の波面収差を求めるシャック・ハルトマン（Shack-Hartmann）方式であることが好ましい。
- [0024] 本発明の第3及び第4の態様による波面収差測定方法及び波面収差測定機を以上のように構成すると、広い波長域で使用する光学系であっても、測定される波面収差の精度を向上させることができる。
- [0025] 本発明の第5の態様によれば、複数のレンズ部品を有するレンズ系を、上記第2の態様による波面収差測定機を用いて測定し、測定結果によりこのレンズ系の良否を判定する方法を提供する。
- [0026] 本発明の第6の態様によれば、複数のレンズ部品を有するレンズ系を、上記第4の態様による波面収差測定機を用いて測定し、測定結果によりこのレンズ系の良否を判定する方法を提供する。

図面の簡単な説明

- [0027] [図1] 図1は第1実施の形態に係る波面収差測定機の構成を示し、被検レンズ

の絞りを開放した状態を示す説明図である。

[図2] 図2は上記波面収差測定機において、被検レンズの絞りを絞った状態を示す。

[図3] 図3Aおよび図3Bはマイクロレンズアレーによって2次元撮像素子上に形成されるスポット群を示す説明図であって、図3Aは被検レンズの絞りを開放した状態を示し、図3Bは被検レンズの絞りを絞った状態を示す。

[図4] 図4は波面収差測定処理の動作フローチャートである。

[図5] 図5は図1に示す波面収差測定機を用いて、複数のレンズ部品を有するレンズ系を製造する方法を示す概略図である。

[図6] 図6は第2実施形態の波面収差測定機の構成を示す説明図である。

[図7] 図7は第2実施形態の波面収差測定処理の動作フローチャートである。

[図8] 図8は第2実施形態の第1実施例の球面収差に対するフィッティング残渣を示すグラフである。

[図9] 図9は第1実施例の非点収差に対するフィッティング残渣を示すグラフである。

[図10] 図10は第2実施形態の第2実施例の球面収差に対するフィッティング残渣を示すグラフである。

[図11] 図11は第2実施例の非点収差に対するフィッティング残渣を示すグラフである。

[図12] 図12は第2実施形態の第3実施例の球面収差に対するフィッティング残渣を示すグラフである。

[図13] 図13は第3実施例の非点収差に対するフィッティング残渣を示すグラフである。

[図14] 図14は図6に示す波面収差測定機を用いて、複数のレンズ部品を有するレンズ系を製造する方法を示す概略図である。

発明の実施の形態

[0028] (第1実施形態)

以下、本発明の第1実施の形態について図面を参照して説明する。まず、

図 1 を用いて、本実施形態に係る波面収差測定機の構成について説明する。この波面収差測定機 S H は、被検レンズ 1 側から順に、リレーレンズ R L、複数のマイクロレンズ（例えば、矩形レンズ）が 2 次元的に多数配置されたマイクロレンズアレー M L、及び、C C D などからなる 2 次元撮像素子 3 と、2 次元撮像素子 3 から出力された電気信号から波面収差データを取得する演算機 4 と、波面収差測定処理のプログラムを記憶したコンピュータなどからなる情報処理装置 5 と、から構成される。なお、演算機 4 で行われる処理の一部またはすべてを、情報処理装置 5 に行わせても良い。

[0029] 被検レンズ 1 を挟んで波面収差測定機 S H の反対側には、図示しない光源が配置されており、また、リレーレンズ R L は、その物体側焦点が被検レンズ 1 の像面 I M と略一致するように配置されている。さらに、マイクロレンズアレー M L を構成する各マイクロレンズの像側焦点と、2 次元撮像素子 3 の受光面とが略一致するように配置されている。

[0030] 被検レンズ 1 に、不図示の光源から放射された光束 B M を入射させると、被検レンズ 1 から射出した光束は像面 I M で結像した後、その後方に配置されたリレーレンズ R L に入射する。さらにリレーレンズ R L を射出した、おおよそ平行な光束は、マイクロレンズアレー M L に入射し、入射光束径に応じた大きさのスポット群を 2 次元撮像素子 3 の受光面上に形成する。ここで、被検レンズ 1 の瞳とマイクロレンズアレー M L の入射面は共役関係にある。また、被検レンズ 1 に入射する光束 B M は、無限遠物点を想定して平行光でも良いし、有限距離物点を想定して発散光でも良い。

[0031] 波面収差測定機 S H を以上のように構成すると、2 次元撮像素子 3 の上に形成された個々のスポット像は、被検レンズ 1 に収差があると横ズレを生じるので、この横ズレ量を測定することで、演算機 4 で波面の局所傾斜が計算でき、さらにこれらをつなぎあわせることで、被検レンズ 1 の波面収差を求めることができる。

[0032] なお、不図示の光源としては、ハロゲンランプなどのように連続光を放射する光源、もしくは、水銀ランプ、ヘリウムランプなどのように輝線を放射

する光源を、干渉フィルターのような波長選択光学素子を用いて狭帯化したものでも良い。また、さらにスペクトル幅の狭いレーザー光源を用いても良い。なお、この光源から放射される光束BMは、単色光若しくは半値幅が10nm以下の準単色光であることが望ましく、波面収差を測定するための光の波長は、400nmから700nmまでの可視光であることが望ましい。

[0033] 被検レンズ1には絞り2が設けられており、この絞り2は被検レンズ1のFナンバーを変更させる絞りである。この絞り2は、いくつもの絞り羽根を組み合わせた可変絞りでも、被検レンズ1の外部から抜き差しのできる円形開口でもよい。図2に、被検レンズ1の絞り2を絞った場合の波面収差測定機SHの構成を示す。被検レンズ1に入射させる光束BMの径は同じだが、絞り2で光線の径を制限すると、最終的に2次元撮像素子3の上に形成されるスポット群の大きさは小さくなる。図3A、図3Bに、マイクロレンズアレーMLが2次元撮像素子3の上に形成するスポット群を示す。このスポット群の形状は、被検レンズ1の瞳の形状を表している。ここで、図3Aには、被検レンズ1の絞り2を絞らない場合のスポット群を示し、図3Bには絞り2を絞った場合のスポット群を示している。光束BMが光軸上から出射され像高0の場合は、絞り2が開放されていても2次元撮像素子3上のスポット群、すなわち瞳の形状は略円形になるが、光束BMが軸外から出射された場合は口径食のために、けられが生じてスポット群の形状は図3Aに示すように略円形ではなくなる。一方、口径食の影響を受けなくなるまで絞り2を絞ることで、瞳形状は図3Bに示すように略円形になる。

[0034] 光線CRは、被検レンズ1の絞り2の中央を通る光、すなわち主光線を表す。この光線CRは、絞り2が完全に閉じられない限り、常に撮像素子3の上に到達する。従って、口径食の影響を受けなくなるまで絞り2を絞った時に、撮像素子3の上に形成された略円形のスポット群の中心が主光線の位置、すなわち瞳中心であるといえる。

[0035] 上述の図3Aに示すように、2次元撮像素子3上に形成されるスポット群が口径食の影響を受け、円形状でないときは、このスポット群における瞳

中心の正確な位置を決定することは困難である。したがって、これらのスポット群から波面収差を求め、ツェルニケ多項式のような極座標の関数に展開する場合、瞳中心の位置の信頼性が低いので、波面収差を関数展開した時の誤差となる。反対に、図3Bの状態では口径食の影響が無いので、スポット群の形状は略円形となり、演算機4で瞳中心を容易に求めることができる。

[0036] 図4に、本実施形態に係る波面収差測定機SHにおける波面収差測定処理の動作フローチャートS101を示す。なお、この処理は、上述のように情報処理装置5で実行される。最初に、ステップS111として被検レンズ1の絞り2を絞らない状態で波面を測定する。測定した波面は情報処理装置5に接続された不図示の記憶装置に記憶される。次に、ステップS112として、被検レンズ1の絞り2を絞って、Fナンバーを大きく、開口数を小さくする。絞り2を絞る動作は、波面収差測定機SHのオペレーターが、被検レンズ1の絞り2を手動で操作しても良いし、図1等にするように、例えば、情報処理装置5のような外部装置から電氣的に操作しても良い。また、絞り機構を持たない被検レンズに対しては、被検レンズの外部から円形開口を挿入しても良い。このように絞り2を絞った状態で、ステップS113として、演算機4で、口径食の影響を受けずに円形になった瞳の中心を求める。そして、ステップS114として、前記の情報処理装置5に接続された記憶装置に記憶された波面を、ステップS113で求めた瞳の中心位置を原点にして、瞳に外接するようにツェルニケ多項式などの関数を用いて展開する。

[0037] 以上のように、波面収差の測定において、絞り2を絞り略円形のスポット群から瞳の中心を求める工程を加えることで、口径食のために円形ではなくなった瞳形状でも、波面収差測定と多項式展開の信頼性を向上することが可能になる。なお、図4に示す処理では、最初に被検レンズ1の絞り2を絞らずに波面を測定し、その後に絞り2を絞って瞳の中心を求めたが、先に絞り2を絞って瞳中心を求めてから絞り2を開いて波面収差を測定しても良い。

[0038] ここで、ツェルニケ多項式に関して基本的な事項を説明する。座標系として極座標 (ρ, θ) を用い、直交関数系としてツェルニケの円筒関数 Z_n （

ρ, θ ）を用いると、波面収差 $W(\rho, \theta)$ はツェルニケの円筒関数 $Z_n(\rho, \theta)$ により、次式（a）のように表される。ここで、 n は多項式の次数を表し、 ρ は瞳半径を1とした規格化半径を表し、 θ は瞳中心の周りの動径角を表し、 A_n は円筒関数 $Z_n(\rho, \theta)$ の係数を表す。

$$W(\rho, \theta) = A_1 \cdot Z_1(\rho, \theta) + \dots + A_n \cdot Z_n(\rho, \theta) \quad (a)$$

[0039] この式（a）に示すように、波面収差 $W(\rho, \theta)$ はツェルニケの円筒関数 $Z_n(\rho, \theta)$ を用いると、規格化瞳半径 ρ に関する n 次多項式と、動径角 θ についての $m\theta$ の三角関数の積で表される。参考までにツェルニケ多項式の最初の10項の係数 A_n は以下のようになる。

$$\begin{aligned} [0040] \quad A_1 &= 1 \\ A_2 &= \rho \cos \theta \\ A_3 &= \rho \sin \theta \\ A_4 &= 2\rho^2 - 1 \\ A_5 &= \rho^2 \cos 2\theta \\ A_6 &= \rho^2 \sin 2\theta \\ A_7 &= (3\rho^2 - 2) \cos \theta \\ A_8 &= (3\rho^2 - 2) \sin \theta \\ A_9 &= 6\rho^4 - 6\rho^2 + 1 \\ A_{10} &= \rho^3 \cos 3\theta \end{aligned}$$

以上の通り、本実施の形態に係る波面収差測定機SHによれば、口径食によって瞳が略円形でない被検レンズ1であっても、波面収差を多項式展開した際に求まる波面収差係数を、より正確に求めることができる。なお、このようにして測定された波面収差を、被検レンズ1の調整や光学素子の表面加工などの内容に反映させても良い。

[0041] 次に、図5を参照して、複数のレンズ部品を有するレンズ系を、本第1実施の形態に係る波面収差測定機SHを用いて測定し、測定結果によりこのレンズ系の良否を判定する方法の概略を説明する。

[0042] 先ず、レンズ鏡筒内に複数のレンズ部品を配置して、レンズ系を組み立てる。組み立てたレンズ系の波面収差を、上述した図 1 に示す波面収差測定機 S H を用いて測定する。測定結果により組み立てたレンズ系の良否を判定する。

[0043] (第 2 実施形態)

以下、本発明の好ましい第 2 実施形態について図面を参照して説明する。まず、図 6 を用いて、本実施形態に係る波面収差測定機の構成について説明する。この波面収差測定機 2 S H は、被検レンズ L 側から順に、リレーレンズ R L、複数のマイクロレンズ（例えば、矩形レンズ）が 2 次元的に多数配置されたマイクロレンズアレー M L、及び、C C D などからなる 2 次元撮像素子 2 0 1 と、2 次元撮像素子 2 0 1 から出力された電気信号から波面収差データを取得する演算機 2 0 2 と、波面収差測定処理のプログラムを記憶したコンピュータなどからなる情報処理装置 2 0 3 と、から構成される。なお、演算機 2 0 2 で行われる処理の一部またはすべてを、情報処理装置 2 0 3 に行わせても良い。

[0044] 被検レンズ L を挟んで波面収差測定機 2 S H の反対側には、図示しない光源が配置されており、また、リレーレンズ R L は、その物体側焦点が被検レンズ L の像面 I M と略一致するように配置されている。さらに、マイクロレンズアレー M L を構成する各マイクロレンズの像側焦点と、2 次元撮像素子 2 0 1 の受光面とが略一致するように配置されている。

[0045] 被検レンズ L に、不図示の光源から放射された光束 B M を入射させると、被検レンズ L から射出した光束は像面 I M で結像した後、その後方に配置されたリレーレンズ R L に入射する。さらにリレーレンズ R L を射出した、おおよそ平行な光束は、マイクロレンズアレー M L に入射し、入射光束径に応じた大きさのスポット像を 2 次元撮像素子 2 0 1 の受光面上に形成する。ここで、被検レンズ L の瞳とマイクロレンズアレー M L の入射面は共役関係にある。また、被検レンズ L に入射する光束 B M は、無限遠物点を想定して平行光でも良いし、有限距離物点を想定して発散光でも良い。

- [0046] 波面収差測定機 2 S H を以上のように構成すると、2 次元撮像素子 2 0 1 の上に形成された個々のスポット像は、被検レンズ L に収差があると横ズレを生じるので、この横ズレ量を測定することで、演算機 2 0 2 で波面の局所傾斜が計算でき、さらにこれらをつなぎあわせることで、被検レンズ L の波面収差を求めることができる。
- [0047] 不図示の光源としては、ハロゲンランプなどのように連続光を放射する光源、もしくは、水銀ランプ、ヘリウムランプなどのように輝線を放射する光源を、干渉フィルターののような波長選択光学素子を用いて狭帯化したものでも良い。また、さらにスペクトル幅の狭いレーザー光源を用いても良い。なお、この光源から放射される光束 B M は、単色光若しくは半値幅が 1 0 n m 以下の準単色光であることが望ましい。
- [0048] 図 7 に、本第 2 実施形態に係る波面収差測定機 2 S H における波面収差測定処理の動作フローチャート S 2 0 1 を示す。なお、この処理は、上述のように情報処理装置 2 0 3 で実行される。最初に、ステップ S 2 1 1 として被検レンズ L の波面収差を測定する。測定した波面は情報処理装置 2 0 3 に接続された不図示の記憶装置に記憶される。次に、ステップ S 2 1 2 として、ステップ S 2 1 1 で求めた波面収差を、例えばツェルニケ多項式にフィッティングして波面収差係数を算出し、情報処理装置 2 0 3 に接続された不図示の記憶装置に記憶する。
- [0049] ツェルニケ多項式に関して基本的な事項は前述したのでここでは説明を省略する。
- [0050] 次に、ステップ S 2 1 3 として、測定波長を変更し、ステップ S 2 1 1 に戻って波面収差を測定する。波長の変更は、干渉フィルターののような狭帯化素子を交換しても良いし、異なる波長のレーザー光源と切り替えても良い。そして、所定の種類の波長での測定が終了したら、ステップ S 2 1 4 として、前記の情報処理装置 2 0 3 に接続された記憶装置に記憶された各波長の波面収差係数を、係数の種類毎に多項式フィッティングして、フィッティング係数を算出し、情報処理装置 3 に接続された不図示の記憶装置に記憶する。

最後に、ステップS 2 1 5として、ステップS 2 1 4で求めたフィッティング係数を用いて、ステップS 2 1 1で測定していない波長での波面収差係数を算出する。

[0051] より具体的な例として、表 1 に示すレンズ系を用いて説明する。表中の「面データ」において、物面は物体面、面番号は物体側からの面の番号、 r は曲率半径、 d は面間隔、 n_d は d 線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）における屈折率、 ν_d は d 線におけるアッベ数、像面は像面 I をそれぞれ表している。なお、空気の屈折率 $n_d = 1.000000$ は記載を省略している。また、曲率半径 r における「 ∞ 」は平面を示している。

[0052] また、「非球面データ」において、非球面は以下の式（b）で表される。

$$X(y) = (y^2/r) / [1 + [1 - \kappa (y^2/r^2)]^{1/2}] + B_4 \times y^4 + B_6 \times y^6 + B_8 \times y^8 \quad (b)$$

この式（b）において、光軸に垂直な方向の高さを y 、高さ y における光軸方向の変位量を $X(y)$ 、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を r 、円錐係数を κ 、 n 次の非球面係数を B_n とする。なお、「 $E-n$ 」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば「 $1.234 E-05$ 」は「 1.234×10^{-5} 」を示す。また、非球面は、「面データ」において、面番号の右側に「*」を付して示している。

[0053] さらに、「各種データ」において、 f はレンズ系全体の焦点距離、 FNO は F ナンバー、 ω は半画角（単位：度）、 Y は像高、及び、 TL は無限遠合焦状態における第 1 レンズの物体側の面から像面 I までのレンズ全長をそれぞれ表している。

[0054] なお、以下の全ての諸元値において、掲載されている焦点距離 f 、曲率半径 r 、面間隔 d その他の長さ等の単位は、特記の無い場合一般に「mm」が使われるが、光学系は比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。また、単位は「mm」に限定されること無く他の適当な単位を用いることもできる。

(表 1)

(面データ)

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞	∞		
1	41.3555	5.0000	1.804000	46.57
2	158.7150	0.1000		
3	27.3795	5.5000	1.834807	42.71
4	36.9003	1.6000		
5	45.7517	1.6000	1.698947	30.13
6	16.8163	9.3000		
7	0.0000	7.7000		開口絞り
8	-17.2554	1.8000	1.755199	27.51
9	-153.0397	6.5000	1.754999	52.32
10	-26.6098	0.2000		
11	-50.0504	4.0000	1.834807	42.71
12	-39.2206	0.1000		
13*	169.3173	0.1000	1.552810	37.63
14	169.3173	5.5000	1.729157	54.68
15	-42.3874	38.4757		
像面	∞			

(非球面データ)

第13面

 $\kappa = 1.0000$ $B\ 4 = -2.0184E-06$ $B\ 6 = 7.7020E-10$ $B\ 8 = -9.5209E$

-13

(各種データ)

 $f = 51.61$ $F\ N\ O = 1.44$ $\omega = 23.00$

$$Y = 21.60$$

$$TL = 87.48$$

[0055] [第 1 実施例]

以下の表 2 に、第 1 実施例として、表 1 に示す光学系の、像高 0 mm と 15 mm での h 線（波長 $\lambda = 404.7 \text{ nm}$ ）から C 線（波長 $\lambda = 656.3 \text{ nm}$ ）までの 6 波長での波面収差係数を示す。ここで、波長の単位は nm である。また、波面収差係数の例として、像高 0 mm ではツェルニケ多項式の第 9 項（球面収差）、像高 15 mm では第 5 項（非点収差）の数値を μm の単位で示す。

[0056]

（表 2）波面収差係数

	像高 0 mm	像高 15 mm
波長	第 9 項	第 5 項
656.3	-1.99114	-16.3784
587.6	-1.73565	-16.4916
546.1	-1.49063	-15.5854
486.1	-1.08321	-11.3817
435.8	-1.21427	-2.6619
404.7	-2.45257	8.0136

[0057] 次に、表 2 で示される収差係数を多項式フィッティングさせた例を示す。多項式のフィッティング能力の比較のため、下記の式（1）と式（2）の例を示す。

[0058]

$$C_0 + C_1 \lambda^2 + C_2 / \lambda^2 + C_3 / \lambda^4 + C_4 / \lambda^6 \quad (1)$$

$$C_0 + C_1 \lambda + C_2 \lambda^2 + C_3 \lambda^3 + C_4 \lambda^4 \quad (2)$$

式（1）は、定数項 C_0 と波長 λ の 2 乗に正比例する項と、波長の 2 N 乗

に反比例する項の線形結合から構成され、式（２）は定数項 C_0 と波長 λ の $(2N-1)$ 乗に正比例する項の線形結合から構成されている。ここで N は整数を表す。また、 C_0 から C_4 までは各項の係数であり、前記のステップ $S214$ で算出される係数である。

[0059] 以下の表 3 に、表 2 で示される波面収差係数を、式（１）と式（２）でフィッティングした場合の C_0 から C_4 までのフィッティング係数の値を示す。

[0060]

（表 3）フィッティング係数

係数	像高 0 mm Z 9		像高 15 mm Z 5	
	式（１）	式（２）	式（１）	式（２）
C_0	12.901	-548.527	-41.386	1783.632
C_1	-10.884	4012.572	34.670	-12091.647
C_2	-8.114	-10935.848	5.044	30740.212
C_3	1.992	13143.640	-0.701	-35009.666
C_4	-0.168	-5886.292	0.171	15048.030

図 8 に、表 2 で示された像高 0 mm の Z 9 の波面収差係数を、式（１）と式（２）でフィッティングした残渣を示す。また、図 9 に、表 2 で示された像高 15 mm の Z 5 の波面収差係数を、式（１）と式（２）でフィッティングした残渣を示す。

[0061] [第 2 実施例]

次に、第 2 実施例として、フィッティングを行う波面収差係数の波長を 6 波長から 4 波長に減らした場合の例を示す。4 波長は波長の短い方から、h 線（波長 $\lambda = 404.7 \text{ nm}$ ）、g 線（波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ ）、e 線（波長 $\lambda = 546.1 \text{ nm}$ ）、及び、C 線（波長 $\lambda = 656.3 \text{ nm}$ ）である。用いた光学系は上述の表 1 に示されるもので、波面収差係数も表 2 で示されたものを用いる。

[0062] まず、図 10 に、波長数が 4 波長の場合の、表 2 で示された像高 0 mm の Z 9 の波面収差係数を、式 (1) と式 (2) でフィッティングした残渣を示し、図 11 に、波長数が 4 波長の場合の、表 2 で示された像高 15 mm の Z 5 の波面収差係数を、式 (1) と式 (2) でフィッティングした残渣を示す。

[0063] また、以下の表 4 に、波長数が 4 波長の場合の、表 2 で示される波面収差係数を、式 (1) と式 (2) でフィッティングした場合の C 0 から C 4 までのフィッティング係数を示す。

[0064]

(表 4) フィッティング係数

	像高 0 mm Z 9		像高 15 mm Z 5	
係数	式 (1)	式 (2)	式 (1)	式 (2)
C0	1.143	-104.520	-3.416	660.433
C1	-0.059	392.590	-0.072	-2935.174
C2	-3.566	-0.127	-9.728	3081.538
C3	1.249	-1352.606	1.724	1651.723
C4	-0.125	1225.110	0.029	-2935.899

[0065] [第 3 実施例]

さらに、第 3 実施例として、フィッティングを行う波面収差の波長を 6 波長から 3 波長に減らした場合の例を示す。3 波長は波長の短い方から、g 線 (波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$)、e 線 (波長 $\lambda = 546.1 \text{ nm}$)、及び、C 線 (波長 $\lambda = 656.3 \text{ nm}$) である。用いた光学系は上述の表 1 に示されるもので、波面収差係数も表 2 で示されたものを用いる。

[0066] まず、図 12 に、波長数が 3 波長の場合の、表 2 で示された像高 0 mm の Z 9 の波面収差係数を、式 (1) と式 (2) でフィッティングした残渣を示し、図 13、波長数が 3 波長の場合の、表 2 で示された像高 15 mm の Z 5 の波面収差係数を、式 (1) と式 (2) でフィッティングした残渣を示す。

[0067] また、下の表 5 に、波長数が 3 波長の場合の、表 2 で示される波面収差係

数を、式（１）と式（２）でフィッティングした場合のC 0からC 4までのフィッティング係数を示す。

[0068]

（表５）フィッティング係数

係数	像高 0 mm Z 9		像高 1 5 mm Z 5	
	式（１）	式（２）	式（１）	式（２）
C0	-1.131	-1.264	-5.499	84.211
C1	-0.737	1.034	-1.715	-195.812
C2	-1.086	-0.640	-6.865	-46.978
C3	0.492	-2.158	0.805	-71.012
C4	-0.054	-2.809	0.116	367.773

[0069] 以上、第１～第３実施例における図８～図１３に示したように、フィッティングに用いる多項式には、分母に波長を含む項が少なくとも１項含まれている方、すなわち、多項式（１）を用いる方が、フィッティング残渣が少ないことがわかる。一般的に、可視光のように広い波長域での収差の振る舞いは、長波長側に比べて短波長側では単位波長あたりの収差変動が非常に大きく、波長方向の非対称性が大きい。このため、フィッティングに用いる多項式には、波長に反比例するような、分母に波長を含む項を用いると、フィッティング残渣を小さくできる。

[0070] なお、本発明の一実施形態として式（１）及び式（２）のように、５項から構成される多項式の例を示したが、項数はこれに限定されるものではない。また、式（１）で示したように、各項の分母は波長に関する単項式から構成されているが、多項式であっても構わない。

[0071] また、上述のように、被検レンズＬの波面収差を測定するための離散的な複数の波長は、３波長以上であることが望ましく、これらの波長のうち、最も短い波長は、５００nm以下の可視光、最も長い波長は、６００nm以上の可視光であることが望ましく、全体として、４００nmから７００nmまでの可視光であることが望ましい。

[0072] 次に、図 1 4 を参照して、複数のレンズ部品を有するレンズ系を、第 2 実施の形態に係る波面収差測定機 2 S H を用いて測定し、測定結果によりこのレンズ系の良否を判定する方法の概略を説明する。

[0073] 先ず、レンズ鏡筒内に複数のレンズ部品を配置して、レンズ系を組み立てる。組み立てたレンズ系の波面収差を、上述した図 6 に示す波面収差測定機 2 S H を用いて測定する。測定結果により組み立てたレンズ系の良否を判定する。

請求の範囲

- [請求項1] 光源から放射された光を被検レンズに入射させ、当該被検レンズを透過した前記光を検出して波面収差を測定する波面収差測定方法であって、
- 前記被検レンズの絞りを開放した状態で前記波面収差を測定する工程と、
- 前記被検レンズの前記絞りを絞った状態で、当該被検レンズの瞳中心位置を測定する工程と、
- 前記瞳中心位置を原点として前記波面収差を多項式展開する工程と、を有することを特徴とする波面収差測定方法。
- [請求項2] 前記被検レンズの絞りを開放した状態で前記波面収差を測定する前記工程の後に、前記被検レンズの前記絞りを絞った状態で当該被検レンズの瞳中心位置を測定する工程を行うことを特徴とする請求項1に記載の波面収差測定方法。
- [請求項3] 前記被検レンズの前記絞りを絞った状態で、当該被検レンズの瞳中心位置を測定する工程の後に、前記被検レンズの絞りを開放した状態で前記波面収差を測定する工程を行うことを特徴とする請求項1に記載の波面収差測定方法。
- [請求項4] 前記多項式は、ツェルニケ多項式であることを特徴とする請求項1に記載の波面収差測定方法。
- [請求項5] 前記光源から放射される前記光は、単色光若しくは半値幅が10nm以下の準単色光であることを特徴とする請求項1に記載の波面収差測定方法。
- [請求項6] 前記光源から放射される前記光の波長は、400nmから700nmまでの可視光であることを特徴とする請求項1に記載の波面収差測定方法。
- [請求項7] 光源から放射されて被検レンズを透過した光により形成される当該被検レンズの瞳像を検出する2次元撮像素子と、

前記２次元撮像素子で検出された前記瞳像から請求項１に記載の波面収差測定方法により前記被検レンズの前記波面収差を算出する情報処理装置と、を有することを特徴とする波面収差測定機。

[請求項８] 複数のマイクロレンズが２次的に配置され、前記被検レンズを透過した光を前記マイクロレンズの各々を透過させて分割させて前記２次元撮像素子上に前記瞳のスポット像を結像させるマイクロレンズアレーを有し、

前記情報処理装置における前記波面収差の算出方式は、前記２次元撮像素子で検出された前記スポット像の横ズレから波面の局所的な傾斜を演算して求め、前記被検レンズ全体の前記波面収差を求めるシャック・ハルトマン（Shack-Hartmann）方式であることを特徴とする請求項７に記載の波面収差測定機。

[請求項９] 前記情報処理装置は、前記被検レンズの前記絞りの開閉を制御することを特徴とする請求項７または８に記載の波面収差測定機。

[請求項１０] 複数のレンズ部品を配置して、レンズ系を組み立て、組み立てたレンズ系の波面収差を、請求項７に記載の波面収差測定機を用いて測定し、測定結果により前記組み立てたレンズ系の良否を判定することを特徴とするレンズ系製造方法。

[請求項１１] 光源から放射された光を被検レンズに入射させ、当該被検レンズを透過した前記光を検出して波面収差を測定する波面収差測定方法であって、

前記光源から放射される前記光の波長を離散的に変化させ、当該離散的な複数の波長毎に前記波面収差を測定する工程と、

前記離散的な複数の波長毎に測定された前記波面収差を多項式フィッティングして、当該波長毎の波面収差係数を算出する工程と、

前記離散的な複数の波長毎の前記波面収差係数を、当該波面収差係数の種類毎に多項式フィッティングして、フィッティング係数を算出する工程と、

前記フィッティング係数を用いて、前記波面収差を測定していない波長での前記波面収差係数を算出する工程と、を有することを特徴とする波面収差測定方法。

[請求項12] 前記フィッティング係数を算出する工程において、
前記離散的な複数の波長毎の前記波面収差係数を多項式フィッティングするために用いる前記多項式は、分母に波長を含む項を少なくとも一項有していることを特徴とする請求項11に記載の波面収差測定方法。

[請求項13] 前記波面収差係数を算出する工程において、
前記波面収差係数を多項式フィッティングするために用いる前記多項式は、ツェルニケ多項式を含む直交関数であることを特徴とする請求項11または12に記載の波面収差測定方法。

[請求項14] 前記光源から放射される前記光は、単色光若しくは半値幅が10nm以下の準単色光であることを特徴とする請求項11に記載の波面収差測定方法。

[請求項15] 前記離散的な複数の波長は、3波長以上であることを特徴とする請求項11に記載の波面収差測定方法。

[請求項16] 前記離散的な複数の波長のうち、最も短い波長は、500nm以下の可視光であることを特徴とする請求項11に記載の波面収差測定方法。

[請求項17] 前記離散的な複数の波長のうち、最も長い波長は、600nm以上の可視光であることを特徴とする請求項11に記載の波面収差測定方法。

[請求項18] 前記離散的な複数の波長は、400nmから700nmまでの可視光であることを特徴とする請求項11に記載の波面収差測定方法。

[請求項19] 光源から放射されて被検レンズを透過した光により形成される当該被検レンズの瞳像を検出する2次元撮像素子と、

前記2次元撮像素子で検出された前記瞳像から請求項11に記載の

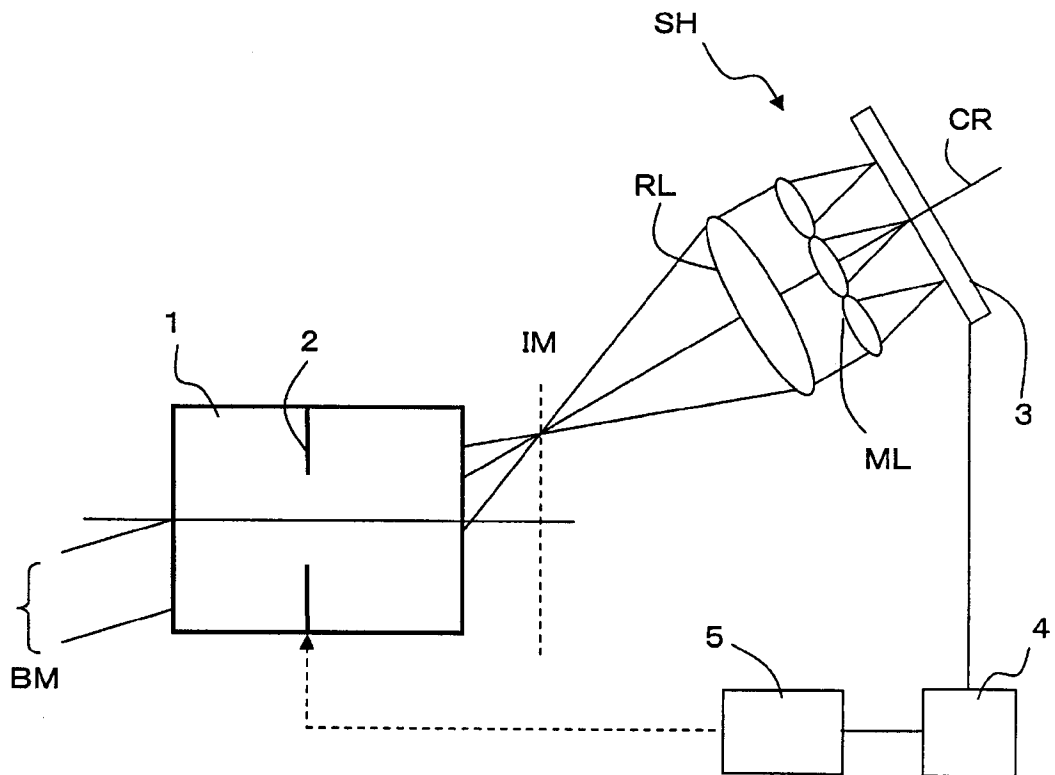
波面収差測定方法により前記被検レンズの前記波面収差を算出する情報処理装置と、を有することを特徴とする波面収差測定機。

[請求項20] 複数のマイクロレンズが2次元的に配置され、前記被検レンズを透過した光を前記マイクロレンズの各々を透過させて分割させて前記2次元撮像素子上に前記瞳のスポット像を結像させるマイクロレンズアレーを有し、

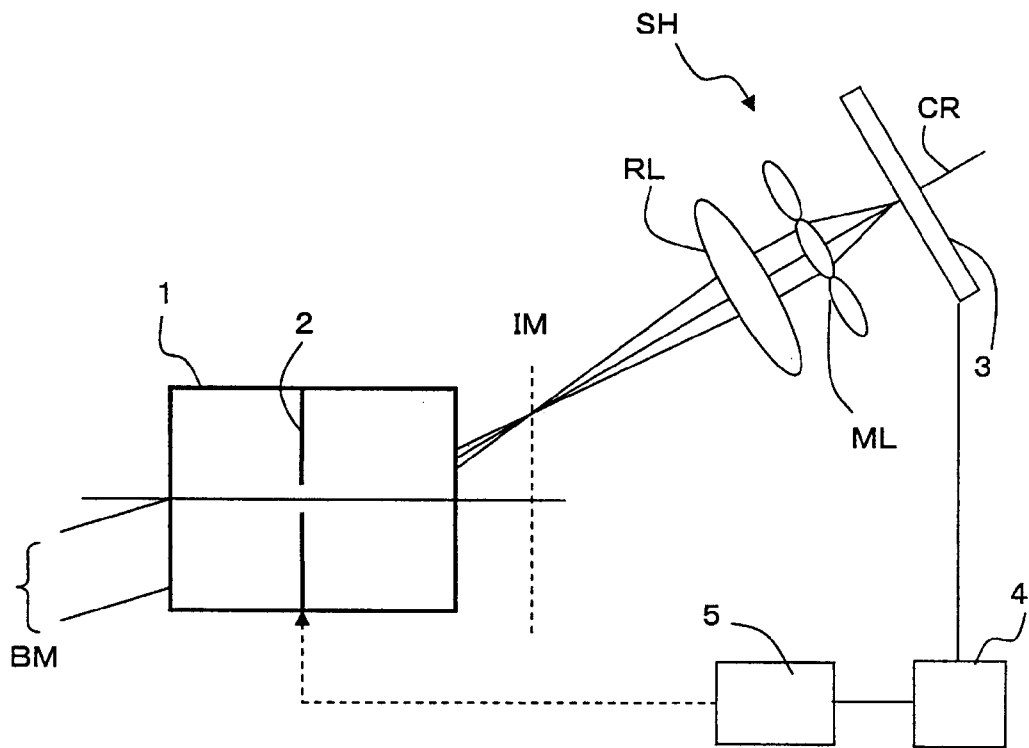
前記情報処理装置における前記波面収差の算出方式は、前記2次元撮像素子で検出された前記スポット像の横ズレから波面の局所的な傾斜を演算して求め、前記被検レンズ全体の前記波面収差を求めるシャック・ハルトマン（Shack-Hartmann）方式であることを特徴とする請求項19に記載の波面収差測定機。

[請求項21] 複数のレンズ部品を配置して、レンズ系を組み立て、組み立てたレンズ系の波面収差を、請求項19に記載の波面収差測定機を用いて測定し、測定結果により前記組み立てたレンズ系の良否を判定することを特徴とするレンズ系製造方法。

[図1]



[図2]



[図3]

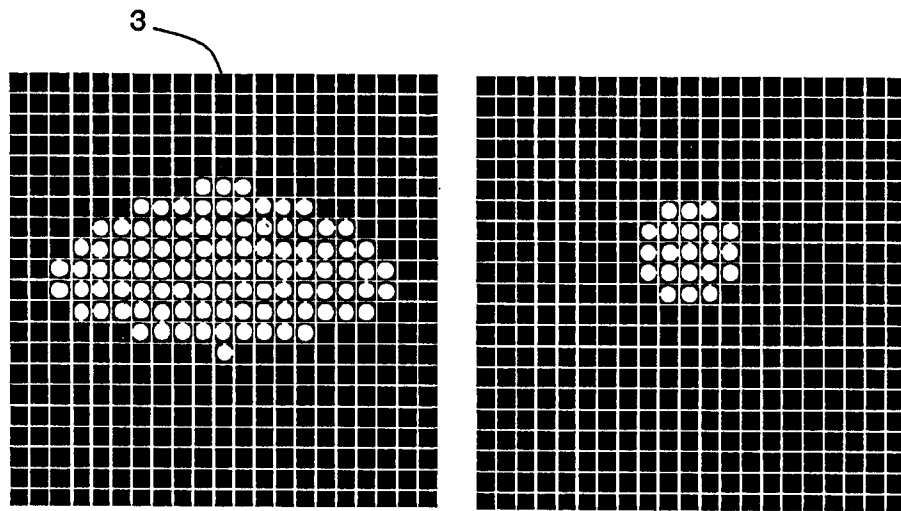
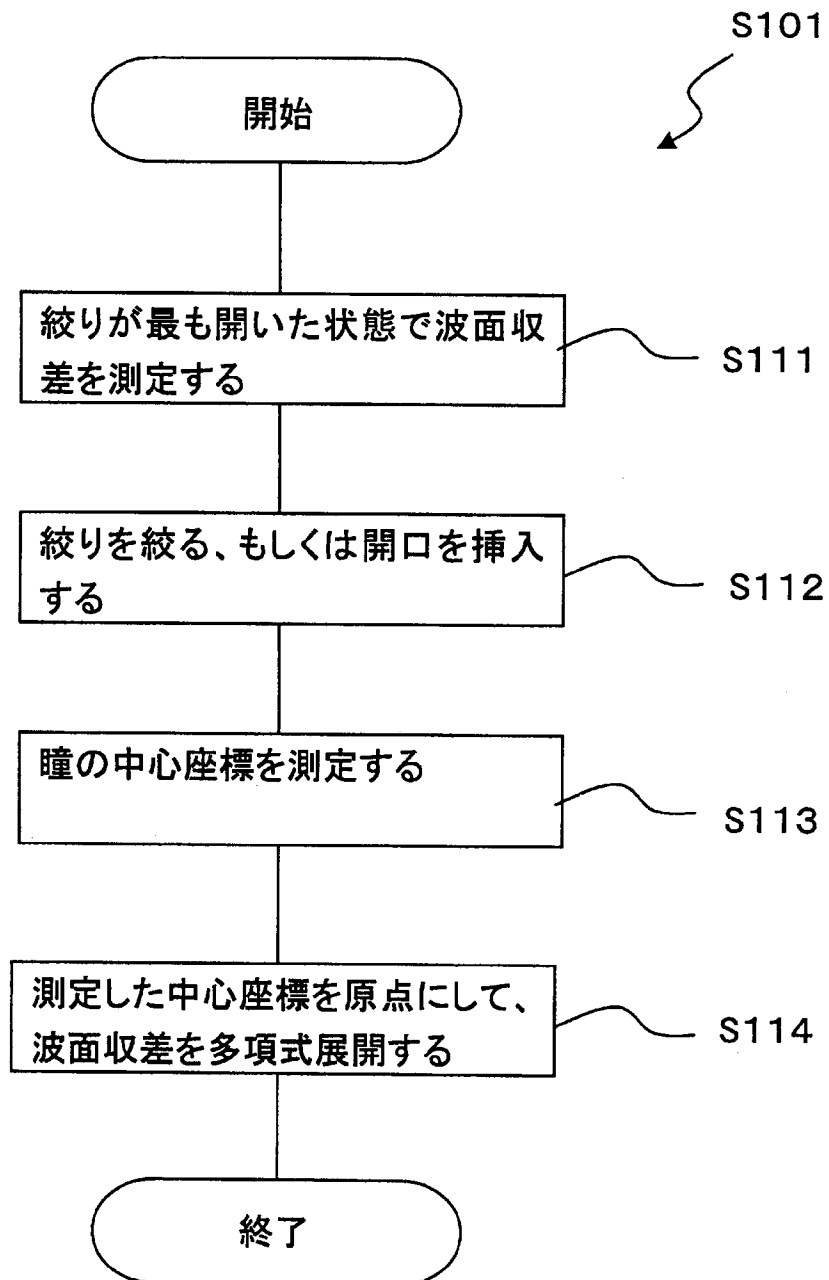


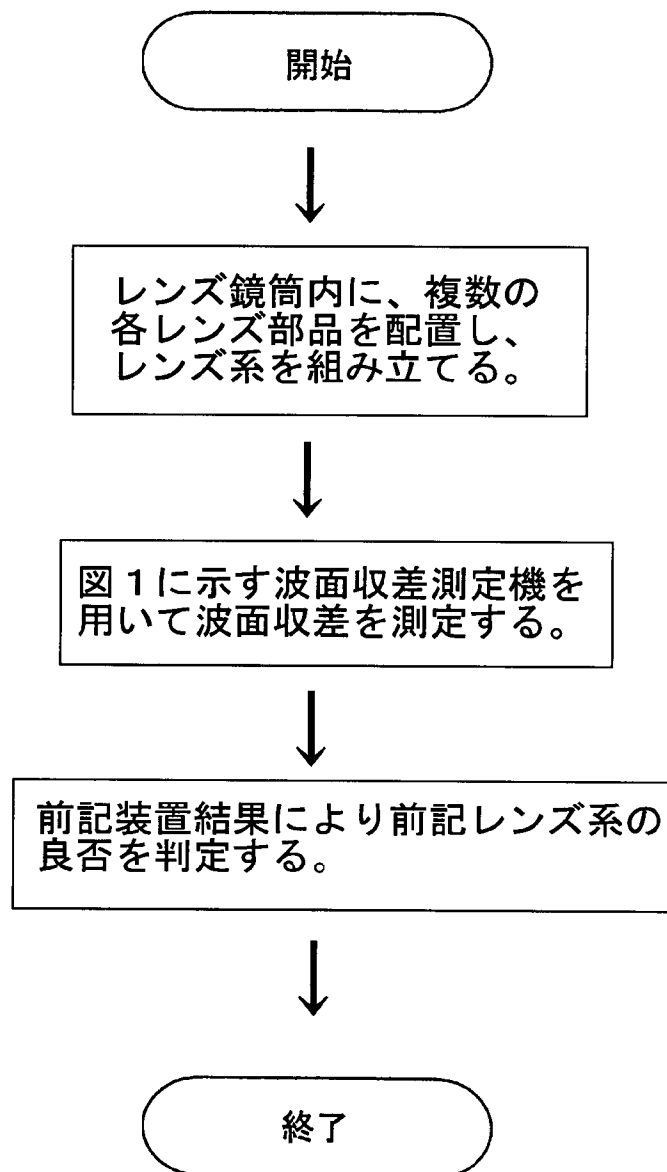
図 3 A

図 3 B

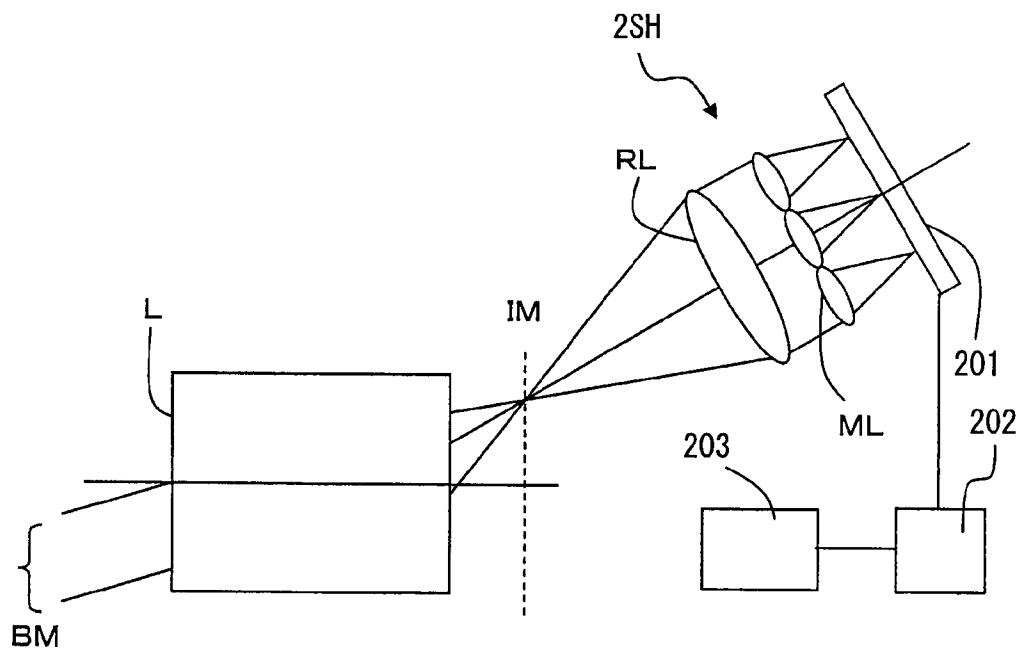
[図4]



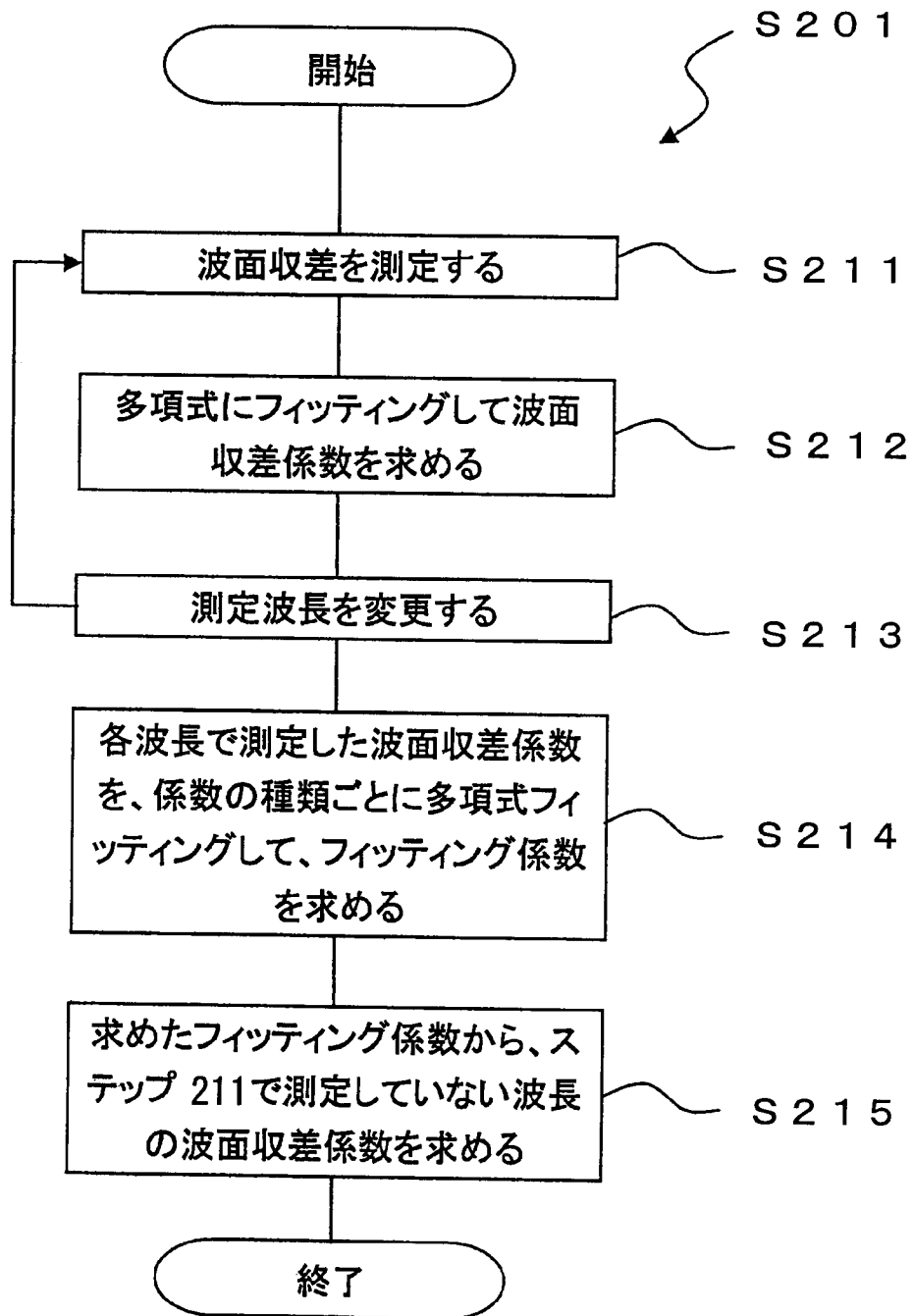
[図5]



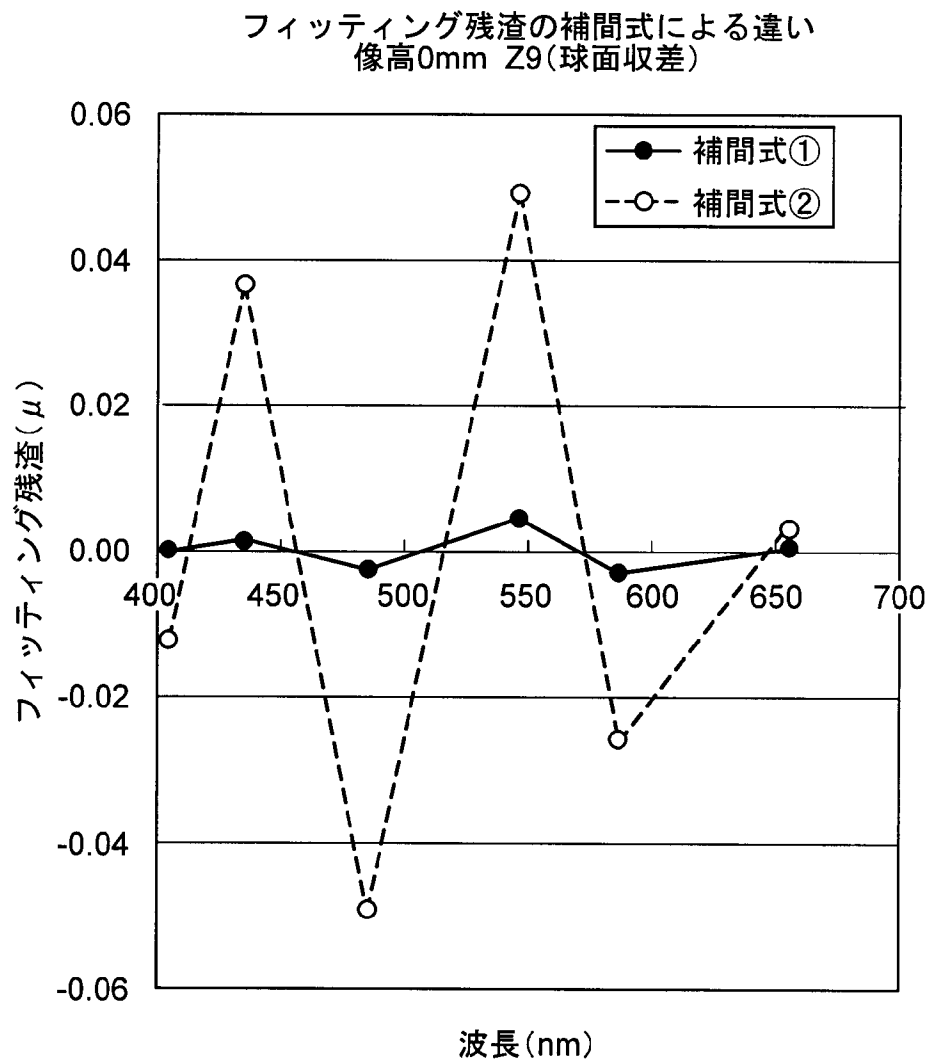
[図6]



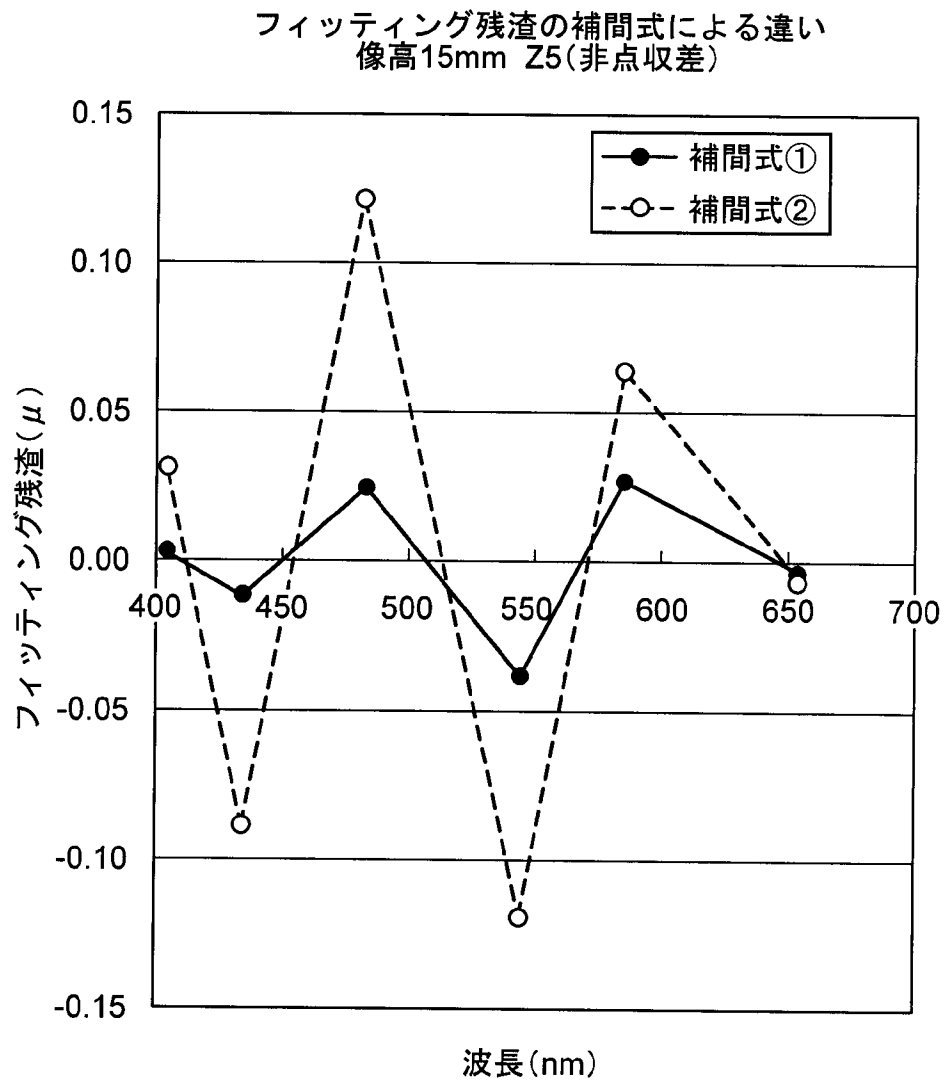
[図7]



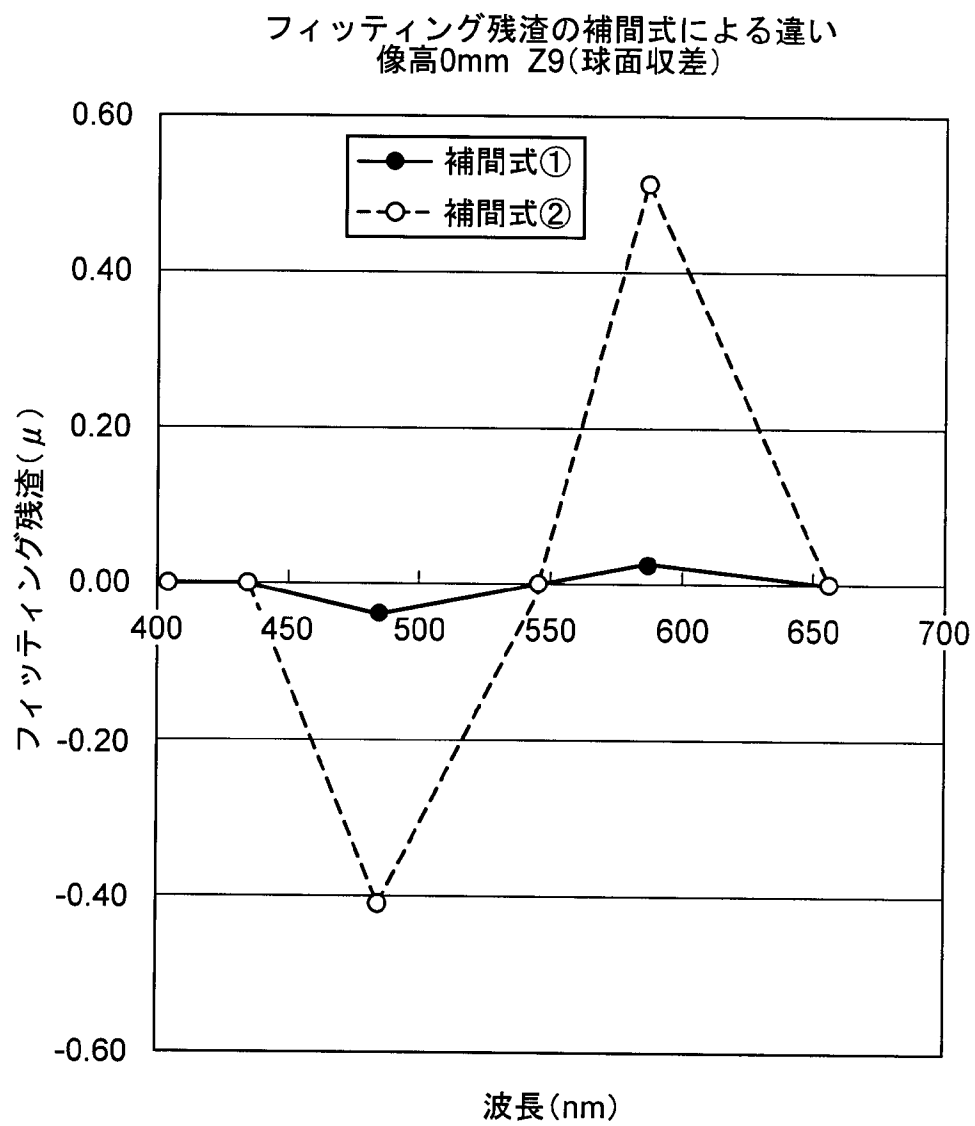
[図8]



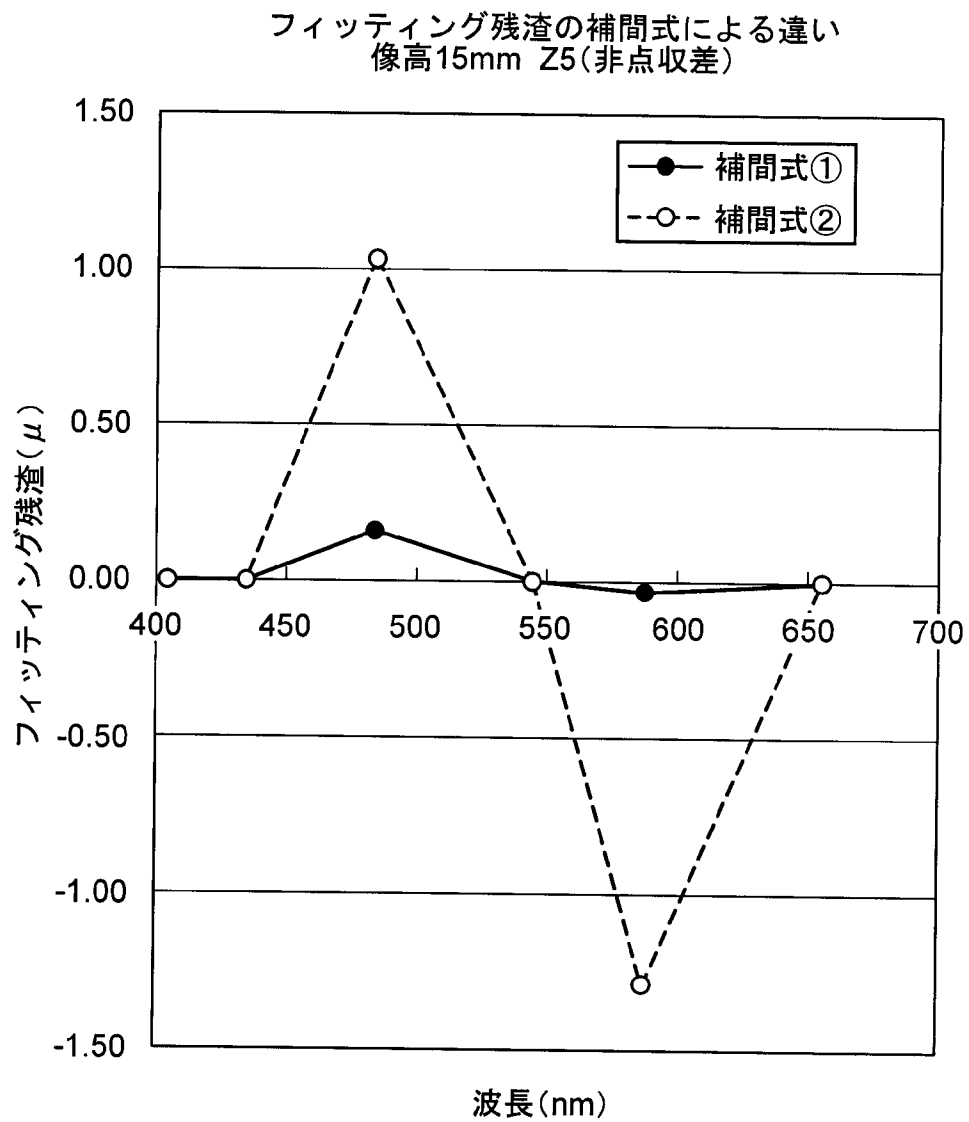
[図9]



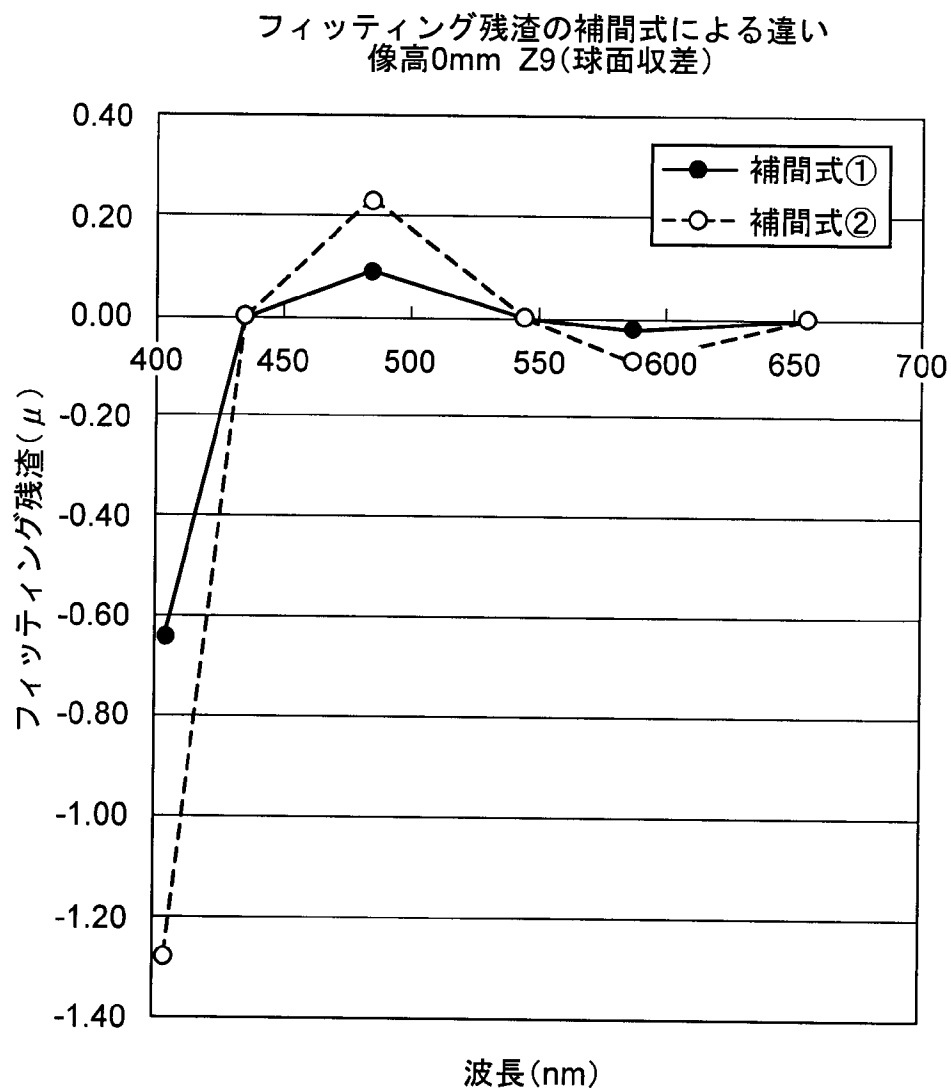
[図10]



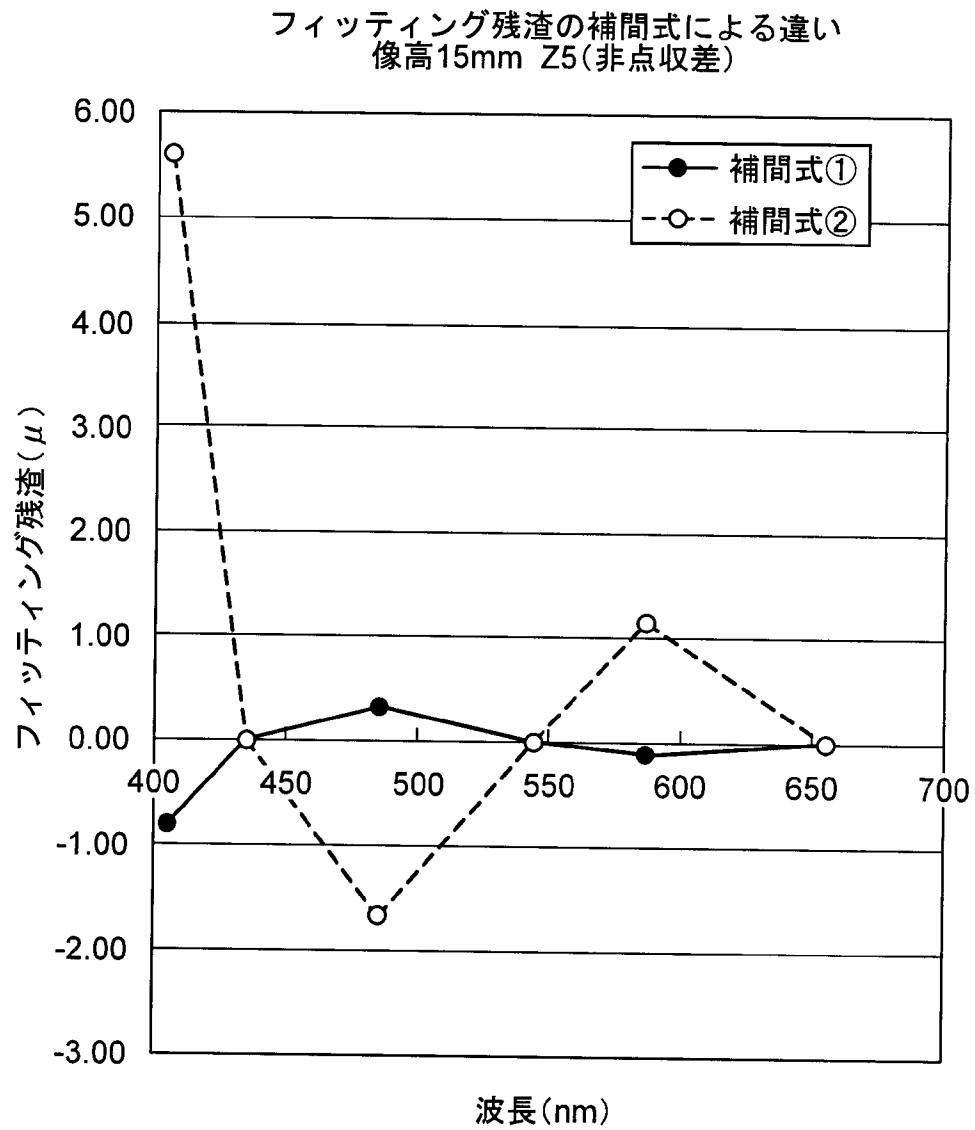
[図11]



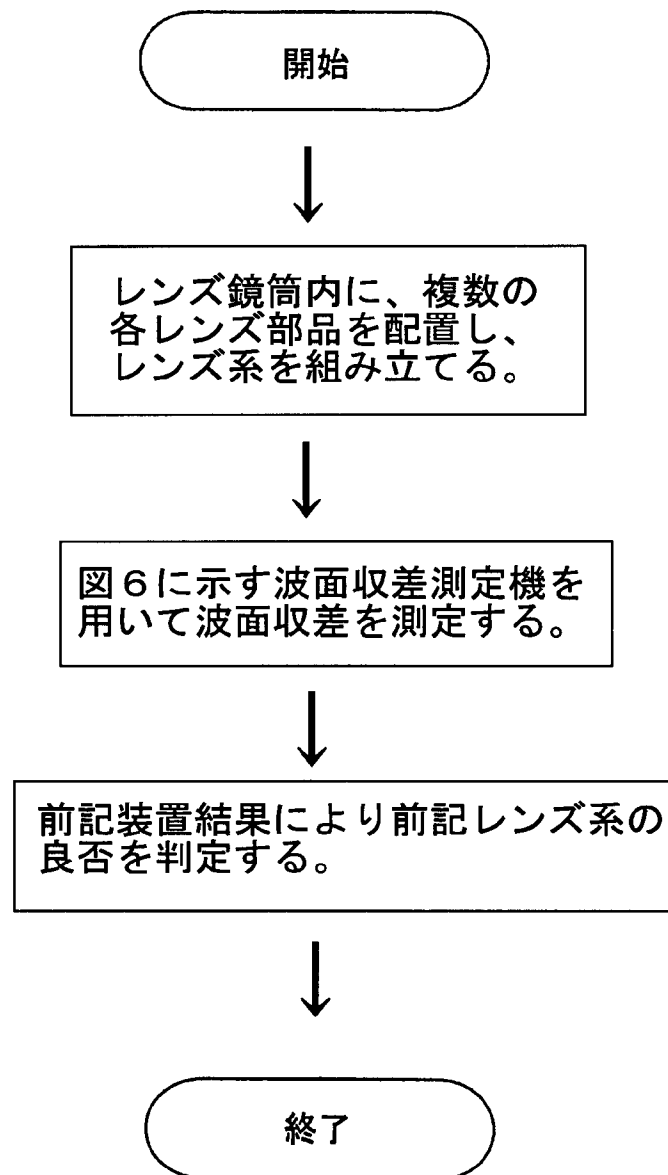
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/068347

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M11/02 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01M11/00-11/02, G01J9/00, A61B3/00, G01N21/41, G02C13/00, H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-189386 A (Nidek Co., Ltd.), 20 July 2006 (20.07.2006), entire text; fig. 1 to 5 & US 2006/0152709 A1 & EP 1679499 A2	1-10
A	JP 2007-260336 A (Topcon Corp.), 11 October 2007 (11.10.2007), entire text; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-10
A	WO 2001/058339 A2 (WAVE-FRONT SCIENCES, INC.), 16 August 2001 (16.08.2001), entire text; fig. 1 to 9 & JP 2004-500195 A & US 2003/0193647 A1	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19 January, 2011 (19.01.11)

Date of mailing of the international search report
25 January, 2011 (25.01.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/068347

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-306416 A (Topcon Corp.), 22 October 2002 (22.10.2002), entire text; fig. 1 to 12 & WO 02/064030 A1 & US 2004/0070730 A1 & EP 1364612 A1	1-10
A	JP 2005-012190 A (Nikon Corp.), 13 January 2005 (13.01.2005), entire text; fig. 1 to 5 (Family: none)	11-21
A	JP 2008-196916 A (Olympus Imaging Corp.), 28 August 2008 (28.08.2008), entire text; fig. 1 to 14 (Family: none)	11-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/068347

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The special technical features of the invention of claim 1, and each of the inventions of claims 2 to 10 citing claim 1 are "to comprise a step for measuring a wave-front aberration in a state in which the diaphragm of a lens to be tested is made open, a step for measuring the central position of the pupil of the lens to be tested in a state in which the diaphragm of the lens to be tested is drawn, and a step for applying the wave-front aberration to polynomial expansion with the central position of the pupil as an origin."

In contrast, the special technical features of the invention of claim 11, and each of the inventions of claims 12 to 21 citing claim 11 are "to comprise a step for discretely changing the wavelength (continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/068347

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

of light irradiated from a light source, and measuring a wave-front aberration for each of a plurality of the discrete wavelengths, a step for applying the wave-front aberration measured for each of the plurality of discrete wavelengths to polynomial fitting to calculate a wave-front aberration coefficient for each of the wavelengths, a step for performing the polynomial fitting for each of the plurality of discrete wave lengths to calculate a wave-front aberration coefficient, and a step for calculating the wave-front aberration coefficient at the wavelength, the wave-front aberration of which is not measured, using the fitting coefficient.

Therefore, there is not a technical relationship among the inventions involving one or more of the same or corresponding special technical features; thus the inventions are not so linked as to form a single general inventive concept.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01M 11/02 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01M 11/00-11/02, G01J 9/00, A61B 3/00, G01N 21/41, G02C 13/00, H01L 21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	J P 2 0 0 6 - 1 8 9 3 8 6 A (株式会社ニデック) 2 0 0 6 . 0 7 . 2 0 , 全文, 第 1 - 5 図 & U S 2 0 0 6 / 0 1 5 2 7 0 9 A 1 & E P 1 6 7 9 4 9 9 A 2	1 - 1 0
A	J P 2 0 0 7 - 2 6 0 3 3 6 A (株式会社トプコン) 2 0 0 7 . 1 0 . 1 1 , 全文, 第 1 - 1 0 図 (ファミリーなし)	1 - 1 0

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 9 . 0 1 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 1 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

平田 佳規

2 W

9 8 0 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 1

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2001/058339 A2 (WAVE-FRONT SCIENCES, INC.) 2001. 08. 16, 全文, 第1-9図 & JP 2004-500195 A & US 2003/0193647 A1	1-10
A	JP 2002-306416 A (株式会社トプコン) 2002. 10. 22, 全文, 第1-12図 & WO 02/064030 A1 & US 2004/0070730 A1 & EP 1364612 A1	1-10
A	JP 2005-012190 A (株式会社ニコン) 2005. 01. 13, 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	11-21
A	JP 2008-196916 A (オリンパスイメージング株式会社) 2008. 08. 28, 全文, 第1-14図 (ファミリーなし)	11-21

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときの国際調査機関は認めた。

請求項1に係る発明、及び、請求項1を引用する請求項2乃至10に係る各発明の特別な技術的特徴は、「被検レンズの絞りを開放した状態で波面収差を測定する工程と、被検レンズの絞りを絞った状態で、被検レンズの瞳中心位置を測定する工程と、瞳中心位置を原点として波面収差を多項式展開する工程と、を有すること」である。

これに対して、請求項11に係る発明、及び、請求項11を引用する請求項12乃至21に係る各発明の特別な技術的特徴は、「光源から放射される光の波長を離散的に変化させ、離散的な複数の波長毎に波面収差を測定する工程と、離散的な複数の波長毎に測定された波面収差を多項式フィッティングして、当該波長毎の波面収差係数を算出する工程と、離散的な複数の波長毎に多項式フィッティングして、フィッティング係数を算出する工程と、フィッティング係数を用いて、波面収差を測定していない波長での波面収差係数を算出する工程と、を有すること」である。

したがって、これらの発明は、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的關係にないから、単一の一般的な発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。