

(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2011-102711

(P2011-102711A)

(43) 公開日 平成23年5月26日(2011.5.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 M 11/00 (2006.01)	GO 1 M 11/00 L	2 G 0 8 6
GO 1 M 11/02 (2006.01)	GO 1 M 11/02 B	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2009-256839 (P2009-256839)
 (22) 出願日 平成21年11月10日 (2009.11.10)

(71) 出願人 303000408
 コニカミノルタオプト株式会社
 東京都八王子市石川町2970番地
 (72) 発明者 松浦 裕也
 東京都八王子市石川町2970番地コニカ
 ミノルタオプト株式会社内
 Fターム(参考) 2G086 FF06 HH06

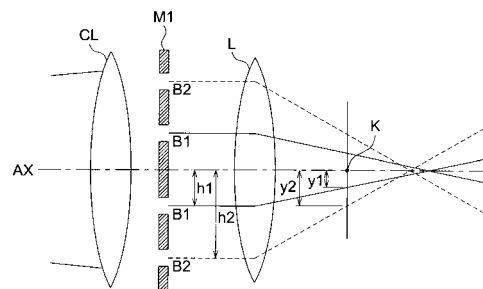
(54) 【発明の名称】 球面収差評価方法

(57) 【要約】

【課題】 より短時間で簡単に球面収差を評価することができる光学性能評価方法を提供する。

【解決手段】 結像光学系の球面収差を評価する球面収差評価方法において、前記結像光学系の焦点近傍に集束する光束であって、光軸から第1の高さの第1の光束と、前記第1の高さと異なる第2の高さの第2の光束を、前記結像光学系の瞳に入射させ、前記結像光学系を通過した前記第1の光束及び前記第2の光束により形成される像が分離して得られる位置であって、光軸に対して垂直な一つの平面の上に像を形成させ、前記第1の光束により前記平面の上に形成された像の光軸からの第1の高さと、前記第2の光束により前記平面の上に形成された像の光軸からの第2の高さとの比であって、測定から求まる測定比と、設計から求まる設計比とを比較する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

結像光学系の球面収差を評価する球面収差評価方法において、

前記結像光学系の焦点近傍に集束する光束であって、光軸から第 1 の高さの第 1 の光束と、前記第 1 の高さとは異なる第 2 の高さの第 2 の光束を、前記結像光学系の瞳に入射させ

、前記結像光学系を通過した前記第 1 の光束及び前記第 2 の光束により形成される像が分離して得られる位置であって、光軸に対して垂直な一つの平面の上に像を形成させ、

前記第 1 の光束により前記平面の上に形成された像の光軸からの第 1 の高さ、前記第 2 の光束により前記平面の上に形成された像の光軸からの第 2 の高さとの比であって、測定から求まる測定比と、設計から求まる設計比とを比較することを特徴とする球面収差評価方法。

10

【請求項 2】

前記第 1 の光束により前記平面上に形成された像、及び、前記第 2 の光束により前記平面上に形成された像は、それぞれ少なくとも 3 つの光スポット像であり、

前記第 1 の高さは、前記第 1 の光束による前記少なくとも 3 つの光スポット像の重心に基づいて定まる第 1 の円の半径であり、

前記第 2 の高さは、前記第 2 の光束による前記少なくとも 3 つの光スポット像の重心に基づいて定まる第 2 の円の半径であることを特徴とする請求項 1 に記載の球面収差評価方法。

20

【請求項 3】

前記第 1 の光束により形成された前記光スポット像は前記第 1 の円の円周を等分割する位置にあり、

前記第 2 の光束により形成された前記光スポット像は前記第 2 の円の円周を等分割する位置にあることを特徴とする請求項 2 に記載の球面収差評価方法。

【請求項 4】

前記光軸に沿って第 3 の光束を前記結像光学系に入射させ、

前記第 1 の光束、前記第 2 の光束及び前記第 3 の光束により形成される像が分離して得られる位置であって、光軸に対して垂直な一つの平面の上に像を形成させ、

前記第 1 の高さは、前記平面の上に形成された前記第 1 の光束による像、及び、前記第 3 の光束による像それぞれの重心の間の距離であり、

前記第 2 の高さは、前記平面の上に形成された前記第 2 の光束による像、及び、前記第 3 の光束による像それぞれの重心の間の距離であることを特徴とする請求項 1 に記載の球面収差評価方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、球面収差評価方法に関する。

【背景技術】

【0002】

複数のレンズから構成される光学系の組み立てにおいて、所望の光学性能が得られるように、光学性能を測定し光学系を構成するレンズを調整する場合がある。

40

【0003】

光学性能を評価する項目の一つとして、球面収差があり、球面収差を光学ベンチで測定する代表的な方法としてベックの測定法がある（非特許文献 1）。

【0004】

ベックの測定法は、図 7 (a)、(b) に示すように、コリメータレンズ C L と被評価レンズ L の間に、被評価レンズ L の瞳に入射する光の高さを制限するように、光軸 A X からの高さ h_1 、 h_2 にピンホールが設けてある、それぞれのチャート板 C p 1、C p 2 を挿入する。このチャート板 C p 1、C p 2 をチャートとして、チャートの結像位置を求め

50

る。

【0005】

具体的に、図7(a)に示すように、チャート板Cp1を用い、光軸AXからの高さh1のピンホールからの光束B1による像を光軸AX上で顕微鏡により観察し、最も良好に見える位置P1を決定する。同様に、図7(b)に示すように、チャート板Cp2を用い、高さh2(>h1)のピンホールからの光束B2による像が最も良好に見える位置P2を決定する。

【0006】

この作業を種々の異なる高さ h_i ($i = 1, 2, \dots$)について行い、例えば、瞳に入射する光の高さが最も低い(光軸AXにより近い)位置P1を基準に、光軸AX上の位置P1からの距離を横軸、入射する光の高さ h_i ($i = 1, 2, \dots$)を縦軸にすると球面収差カーブが得られる。

10

【0007】

被評価レンズLは、測定方法を説明する上から単レンズで示しているが、複数レンズで構成されるものであっても、単レンズと同様に測定することができる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】末田哲夫著、「光学部品の使い方と留意点」、第1版、株式会社オプトロニクス社、昭和60年2月、p.226

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上記のような球面収差カーブを求める作業は、複数のチャート板Cp i ($i = 1, 2, \dots$)を用意して交換し、顕微鏡で良好な結像位置を探す作業を繰り返し行う必要があり大変煩雑である。光学系の組み立てにおいては、より簡易的に球面収差を評価する方法が望まれている。

【0010】

本発明は、上記の課題を鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、より短時間で簡単に球面収差を評価することができる光学性能評価方法を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の課題は、以下の構成により解決される。

【0012】

1. 結像光学系の球面収差を評価する球面収差評価方法において、

前記結像光学系の焦点近傍に集束する光束であって、光軸から第1の高さの第1の光束と、前記第1の高さと異なる第2の高さの第2の光束を、前記結像光学系の瞳に入射させ、

前記結像光学系を通過した前記第1の光束及び前記第2の光束により形成される像が分離して得られる位置であって、光軸に対して垂直な一つの平面の上に像を形成させ、

40

前記第1の光束により前記平面の上に形成された像の光軸からの第1の高さと、前記第2の光束により前記平面の上に形成された像の光軸からの第2の高さとの比であって、測定から求まる測定比と、設計から求まる設計比とを比較することを特徴とする球面収差評価方法。

【0013】

2. 前記第1の光束により前記平面上に形成された像、及び、前記第2の光束により前記平面上に形成された像は、それぞれ少なくとも3つの光スポット像であり、

前記第1の高さは、前記第1の光束による前記少なくとも3つの光スポット像の重心に基づいて定まる第1の円の半径であり、

50

前記第 2 の高さは、前記第 2 の光束による前記少なくとも 3 つの光スポット像の重心に基づいて定まる第 2 の円の半径であることを特徴とする前記 1 に記載の球面収差評価方法。

【0014】

3. 前記第 1 の光束により形成された前記光スポット像は前記第 1 の円の円周を等分割する位置にあり、

前記第 2 の光束により形成された前記光スポット像は前記第 2 の円の円周を等分割する位置にあることを特徴とする前記 2 に記載の球面収差評価方法。

【0015】

4. 前記光軸に沿って第 3 の光束を前記結像光学系に入射させ、

前記第 1 の光束、前記第 2 の光束及び前記第 3 の光束により形成される像が分離して得られる位置であって、光軸に対して垂直な一つの平面の上に像を形成させ、

前記第 1 の高さは、前記平面の上に形成された前記第 1 の光束による像、及び、前記第 3 の光束による像それぞれの重心の間の距離であり、

前記第 2 の高さは、前記平面の上に形成された前記第 2 の光束による像、及び、前記第 3 の光束による像それぞれの重心の間の距離であることを特徴とする前記 1 に記載の球面収差評価方法。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、より短時間で簡単に球面収差を評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図 1】球面収差評価方法の原理について説明する図である。

【図 2】チャート板及びチャート板により生じるチャート像を示す図である。

【図 3】球面収差評価方法の原理を用いた球面収差評価装置を示す図である。

【図 4】別のチャート板及び別のチャート板により生じるチャート像を示す図である。

【図 5】別のチャート板及び別のチャート板により生じるチャート像を示す図である。

【図 6】参考例の球面収差評価方法の原理について説明する図である。

【図 7】従来 of 球面収差評価方法の原理について説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本発明を実施の形態に基づいて説明するが、本発明は該実施の形態に限らない。本発明は、球面収差カーブを求めないで、簡易的に球面収差を評価する方法であって、この球面収差評価方法の原理について、以下に説明する。

【0019】

図 1 は、球面収差を評価する方法の原理を説明する図であり、図 2 (a) は、使用するチャートを示し、図 2 (b) は、そのチャート像を示す。この評価方法は、チャート像を顕微鏡により観察する点は、図 7 で説明したベックの測定法と同様であるが、使用するチャートが、図 7 に示すチャート板 C p 1、C p 2 とは異なる。使用するチャートには、図 2 (a) に示す通り、1 つのチャート板 M 1 に光軸 A X に位置させる中心 C からの高さ b 1、b 2 の 2 種類のピンホールが設けてある。

【0020】

チャート板 M 1 は、例えば黒色の薄板に、中心 C からの半径 h 1 の円周を 3 等分する位置にピンホール p 1、半径 b 2 (> b 1) の円周を 3 等分する位置にピンホール p 2 が設けてある。

【0021】

チャート板 M 1 は、チャート板 C p 1、C p 2 と同じく、中心 C が光軸 A X の位置となるように、コリメータレンズ C L と被評価レンズ L の間に配置する。ピンホール p 1、p 2 からの光束 B 1、光束 B 2 は、被評価レンズ L の瞳に高さ h 1、h 2 で入射し、通過後収束する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

尚、図 1 に示す原理図においては、図 2 (a) で示したチャート板 M 1 における中心 C からのピンホール p 1、p 2 それぞれの高さ b 1、b 2 は、そのまま被評価レンズ L の瞳に入射する光束 B 1、B 2 それぞれの高さ h 1、h 2 としている。また、図 1 に示すチャート板 M 1 の断面は、図 2 (a) の A - A ' 位置での矢印方向の断面を示している。

【 0 0 2 3 】

図 1 の位置 K は、顕微鏡でチャート板 M 1 の像を観察する位置であって、光束 B 1、光束 B 2 が被評価レンズ L を通過後、集束する近傍で、光束 B 1、光束 B 2 より形成されるピンホール像 (光スポット像) が分離して得られる位置であれば任意でよく、これについては後で説明する。

10

【 0 0 2 4 】

位置 K で光軸 A X に垂直な平面上における光束 B 1 の像の光軸 A X からの高さ y 1、光束 B 2 の像の光軸 A X からの高さ y 2 を、例えば対物レンズを備えた C C D カメラ等を用いて求める。

【 0 0 2 5 】

高さ y 1、y 2 を求める方法を、位置 K での高さ y 1 を例にして説明する。位置 K において、チャート板 M 1 のチャート像を顕微鏡で観察した様子 (観察像) を図 2 (b) に示す。この像を C C D カメラで撮像し、画像処理を行うことにより、高さ y 1 を求める。具体的には、チャート像を画像データとして取り込み、2 値化し、3 つのピンホール p 1 それぞれの像 I p 1 1、I p 1 2 及び I p 1 3 の重心位置を求める。次に、求めた 3 つの重心位置を円周上とする円を決定し、その円の中心を光軸 A X の位置と定め、その円の半径を高さ y 1 とする。

20

【 0 0 2 6 】

高さ y 2 も同様にピンホール p 2 のそれぞれの像 I p 2 1、I p 2 2 及び I p 2 3 から求める。尚、O は、像 I p 1 1、I p 1 2 及び I p 1 3 に基づいて決まる円の中心を示し、この例では、像 I p 2 1、I p 2 2 及び I p 2 3 に基づいて決まる円の中心と一致している。

【 0 0 2 7 】

一方、被評価レンズ L の設計から、被評価レンズ L の瞳に高さ h 1、h 2 で入射する光束 B 1、B 2 が位置 K で通過するそれぞれの高さ Y 1、Y 2 を予め求める。

30

【 0 0 2 8 】

測定した高さ比である測定比 $R_m = y_1 / y_2$ と上記の設計上の高さ比である設計比 $R_d = Y_1 / Y_2$ とを比較することにより被評価レンズ L の球面収差の状態を把握することができ、 $R_m = R_d$ となることが、球面収差の最も好ましい状態であることは勿論である。尚、測定比 R_m を y_1 / y_2 としているが、設計比と比較できれば良く、 $R_m = y_2 / y_1$ とし、これに対応して、設計比 $R_d = Y_2 / Y_1$ としてもよい。

【 0 0 2 9 】

被評価レンズ L が球面収差補正用レンズを備え、このレンズを用いて被評価レンズ L の球面収差を補正する調整を行う場合、 $R_m = R_d$ を目指して調整を行うことになるが、調整が進むに従い、光束 B 1 の収束位置と光束 B 2 の収束位置とがより近づくことになる。この両者の収束位置を最終的には略一致させること、及び、評価に用いる値が $R_m = y_1 / y_2$ 、 $R_d = Y_1 / Y_2$ から分かるように比であることから、評価の過程においては、 $R_m = y_1 / y_2$ は、チャート像を得る (観察する) 位置に依存しない。これより、位置 K は、光束 B 1、光束 B 2 より形成される像が分離して観察できる位置であれば任意でよいことが分かる。

40

【 0 0 3 0 】

これまで説明した本発明の係る球面収差評価方法は、チャート板 M 1 の像を固定された 1 箇所撮像 (観察) すればよいため、より短時間で簡単に球面収差を評価することができる。

【 0 0 3 1 】

50

チャート板 M 1 に設けるピンホール p 1 及び p 2 の孔の大きさは、同じであっても異なってもよく、適宜決めたチャート像の観察位置で、それぞれのピンホール像が分離され、画像処理が可能な像となるように、被評価レンズ L や、像を観察する顕微鏡の対物レンズ等により適宜決めればよい。

【 0 0 3 2 】

ピンホール p 1、p 2 の孔の形状は、撮像（観察）するピンホール像より重心位置を求めることができる形状であれば特に限定しないが、形状の対称性から円形とするのが好ましい。

【 0 0 3 3 】

チャート板 M 1 上のピンホール p 1、p 2 の配置は、同心であって、それぞれ半径 b 1、b 2 の円周上に、円周を 3 等分した位置に配置されているが、円周上でのピンホールの個数、及び、位置はこれに限定されない。

【 0 0 3 4 】

1 つの円周上のピンホールの個数は、その像の重心位置から円を決めるため、少なくとも 3 個は必要であり、個数を増やすとより精度良く円を決めることができる。一方、ピンホールの個数が多すぎると、像が個々に分離できなくなったり、像の重心位置を求める画像処理や、求めた重心位置から円を求める演算処理の負担が大きくなったりしてしまう。これらを勘案して 1 つの円周上のピンホールの個数を適宜決めれば良いが、通常、3 個から 5 個が好ましく、また、円周上のピンホールの配置は、像を個々に分離することが容易であることから、通常、円周上に等分割に配置するのが好ましい。

【 0 0 3 5 】

これまで本発明に係る球面収差評価方法の原理を説明したが、この原理を利用した球面収差評価装置 1 0 0 について図 3 を用いて説明する。

【 0 0 3 6 】

図 3 において、光源 L S から発せられた光は、ピンホール板 P H のピンホールを通り、コリメータレンズ C L により平行光束となる。コリメータレンズ C L からの平行光束は、この平行光束を規制するチャート板 M 1 を通過した後、治具レンズ L 1、被調整レンズ L s、治具レンズ L 2 を通過し、チャート板 M 1 の像を結像する。これまで説明した被評価レンズ L は、図 3 の治具レンズ L 1、L 2 及び被調整レンズ L s で構成されている。被調整レンズ L s は、球面収差補正用レンズ L s a、コマ収差補正用レンズ L c m を備えている。

【 0 0 3 7 】

チャート板 M 1 に設けてあるピンホール p 1、p 2 のそれぞれの高さ b 1、b 2 は、これらを通る光束が被評価レンズ L の設計上の瞳に光軸 A X からの高さ h 1、h 2 で入射するように定められている。

【 0 0 3 8 】

被調整レンズ L s は、単独では、入射する平行光束を光軸 A X 上に収束できないものであるが、治具レンズ L 1、L 2 が付加され、被評価レンズ L となることで、平行光束を光軸 A X 上に収束できるものである。例えば、被評価レンズ L に相当する光学系が組み込まれる装置があって、この装置に治具レンズ L 1、L 2 に相当する光学系が既に組み込まれており、後から調整された被調整レンズ L s を組み込むような場合が想定される。

【 0 0 3 9 】

治具レンズ L 1、L 2 は、何れも被調整レンズ L s により必要に応じて適宜準備すればよい。治具レンズ L 1、L 2 を使用する場合、これらの光学特性が球面収差評価装置 1 0 0 により求める測定比 $R_m = y_1 / y_2$ に影響するため、被調整レンズ L s を調整する上で、治具レンズ L 1、L 2 の球面収差を含めた設計上は勿論のこと、実力上の光学特性を十分に把握しておくことが好ましい。

【 0 0 4 0 】

チャート板 M 1 のチャート像で、図 1 で説明した光束 B 1、光束 B 2 より形成されるピンホール像が分離して得られる任意の位置で、対物レンズ O b j を備えた C C D カメラ C

10

20

30

40

50

Aによりピンホール像を撮像する。

【0041】

CCDカメラCAが撮像した画像は、CCDカメラCAに接続されている画像処理装置Eにより画像処理が行われる。画像処理装置Eで行われる処理は、これまで説明したピンホール像の重心位置を求め、求めた重心位置から円を決定し、その円の中心を光軸AXの位置と定め、その円の半径を求め、この半径から球面収差を評価するための測定比 $R_m = y_1 / y_2$ の算出を行う。画像処理装置Eは、測定比 $R_m = y_1 / y_2$ を表示装置Dに表示できるが、被評価レンズLの設計比 $R_d = Y_1 / Y_2$ を予め入力し、この入力された設計比 R_d と測定比 R_m と比較して、予め定めた許容範囲内であるか否かの判定を行うようにしてもよい。

10

【0042】

被調整レンズLsが有する球面収差補正用レンズLsaを用いて被評価レンズLの球面収差補正を行う場合、分離したピンホール像を得られるようにCCDカメラCAを適宜配置し、画像処理装置Eを稼働させる。画像処理装置Eは、例えば所定のサイクルでピンホール像をCCDカメラCAで取り込み、所定の処理をした後、測定比 R_m の表示、望ましくは更に球面収差補正用レンズLsaの移動方向、または判定等の処理結果を表示装置Dに表示する。この結果を見て、測定比 R_m が所定の許容範囲内となるように球面収差補正用レンズLsaを光軸AXに沿って適宜移動させる。球面収差補正用レンズLsaの移動を停止させた後、すぐさま、その停止位置での処理結果が得られる。

【0043】

このように、本発明の球面収差評価方法は、チャート板を交換する必要がなく、また、ピンホール像を得る位置が固定された1箇所によいため、より短時間で簡単に球面収差を評価することができる。球面収差の調整においては、調整時に移動させる箇所が球面収差補正用レンズLsaのみであるため、より素早く調整を行うことができ、また、球面収差の調整を自動化する上では非常に有利である。

20

【0044】

また、同じチャート板M1によるピンホール像を用いて、ピンホールp1の像より得る円の中心とピンホールp2の像より得る円の中心との位置ずれを評価(中心間の距離、ずれ方向)することによりコマ収差を評価することができる。この評価に基づいて、コマ収差補正用レンズLcmを適宜光軸AXと直交する方向に移動させ、調整することが可能であり、本発明の球面収差評価方法により球面収差補正を行った後、軸上コマ収差補正をより素早く行うこともできる。

30

【0045】

これまで説明した球面収差評価方法は、好ましい形態であって、より簡素化した例を図1、図4を用いて説明する。図1において、チャートM1に替えて図4(a)に示すチャートM2を用いる。

【0046】

チャート板M2は、光軸AXに位置する中心Cにピンホールp3、及び、中心Cからの高さb1、b2のそれぞれの位置にピンホールp1、p2それぞれ1個が設けてある。

【0047】

このチャート板M2の位置Kでのチャート像を図(b)に示す。このチャート像は、チャート板M1の場合と同じく、光束B1、光束B2が被評価レンズLを通過後、集束する近傍であって、光束B1、光束B2及びピンホールp3を通過する光束B3より形成されるピンホール像が分離して得られる任意の位置で得られ、対物レンズを備えたCCDカメラを用いて撮像する。

40

【0048】

撮像したピンホール像に対し、これまで説明した内容と同様の画像処理を行い、ピンホールp3、p1及びp2にそれぞれ対応する像Ip31、Ip14及びIp24の重心位置を求める。更に、光軸AXである像Ip31の重心位置から像Ip14の重心位置、及び、像Ip31の重心位置から像Ip24の重心位置までの距離を求め、これらの距離は

50

、それぞれ高さ y_1 、 y_2 に該当する。高さ y_1 、 y_2 から、測定比 $R_m = y_1 / y_2$ を求め、測定比 R_m と設計上の高さの設計比 $R_d = Y_1 / Y_2$ とを比較することにより被評価レンズ L の球面収差の状態を把握することができる。

【0049】

このように、3つのピンホール p_1 、 p_2 及び p_3 を備えるチャート板 M2 を用いることにより、より短時間で簡単に球面収差を評価することができる。

【0050】

尚、ピンホール p_3 の孔の大きさ及び形状は、これまで説明したピンホール p_1 、 p_2 と同様に決めればよい。また、求める測定比 R_m の精度によっては、機構部品等の加工、組み立て精度等からチャート像における光軸位置を既知であるとして、チャート板 M2 にはピンホール p_1 、 p_2 のみを設け、像 I_{p14} 及び I_{p24} から測定比 R_m を求めても良い。

10

【0051】

これまでの説明では、チャート板 M2 に設ける孔をピンホールとし、画像処理するチャート像をピンホール像（光スポット像）としているが、例えば、図5(a)に示すチャート板 M3 ように、チャート板に設ける孔の形状を、高さ b_1 、 b_2 の円周に沿った輪帯孔 R_{n1} 、 R_{n2} としてもよい。図5(b)に示す輪帯孔 R_{n1} 、 R_{n2} による輪帯像 I_{rn1} 、 I_{rn2} は、輪帯像の断面で最も輝度の高い位置を輪帯像に沿って求めた稜線 R_{y1} 、 R_{y2} に最も合う円を定める画像処理を行い、この円の半径より高さ y_1 、 y_2 を求めることができる。

20

【0052】

参考例として、本発明と同じチャート板 M1 を用いて球面収差を評価する方法を説明する。図6において、コリメータ CL、チャート板 M1、被評価レンズ L については、図1等を用いてこれまで説明した内容と同じあるので説明を省略する。

【0053】

被評価レンズ L の設計から定まる焦点 F の光軸 AX 上の前後それぞれであって、光束 B1、光束 B2 より形成される像が分離して得られる位置 D1、D2 を適宜設定する。位置 D1 は、焦点 F より被評価レンズ L 側であって、適宜決めた基準位置 G から距離 d_1 に位置し、位置 D2 は、焦点 F より被評価レンズ L から離れる側であって基準位置 G から距離 d_2 に位置する。

30

【0054】

位置 D1 で光軸 AX に垂直な平面上における光束 B1 の像の光軸 AX からの高さ y_1 、光束 B2 の像の光軸 AX からの高さ y_2 、同様に、位置 D2 における光束 B1 の像の光軸 AX からの高さ y_1' 、光束 B2 の像の光軸 AX からの高さ y_2' を求める。求める方法は、既に図2等を用いてこれまで説明した内容と同じであるので省略する。

【0055】

上記から求めた高さ y_1 、 y_2 、 y_1' 及び y_2' から、光束 B1 及び光束 B2 の収束位置をそれぞれ位置 SA1、SA2 として、以下の式(1)、(2)で求める。

$$SA1 = d_2 + (d_1 - d_2) \times y_1' / (y_1 + y_1') \quad (1)$$

$$SA2 = d_2 + (d_1 - d_2) \times y_2' / (y_2 + y_2') \quad (2)$$

40

求めた SA1、SA2 より、球面収差を評価する実測の評価値 S_{Arm} として、以下の式(3)より求める。

$$S_{Arm} = SA1 - SA2 \quad (3)$$

一方、被評価レンズ L の設計から、瞳に高さ h_1 、 h_2 から入射した光束が位置 D1、位置 D2 で通過するそれぞれの高さを求め、それらから評価値 S_{Arm} に相当する設計上の S_{Ard} を求める。評価値 S_{Arm} と設計上の S_{Ard} との比較により被評価レンズ L の球面収差の状態を把握することができ、 $S_{Arm} = S_{Ard}$ となることが最もよいのは勿論である。

【0056】

上記の式(3)で求める評価値 S_{Arm} は、その方法からベックの測定法を簡易化した

50

方法と考えられ、球面収差を評価する実用的な方法である。

【0057】

しかしながら、上記の評価値 $S A r m$ を得るには、焦点 F 前後の位置 $D 1$ 、 $D 2$ それぞれにおける像の高さ $y 1$ 、 $y 2$ 、 $y 1'$ 及び $y 2'$ を求める必要がある。このため、球面収差を評価する毎に $C C D$ カメラを所定の位置 $D 1$ 及び位置 $D 2$ に移動させて位置決めし、その位置毎のチャート像を撮像するという煩雑な作業が必要であり、光学系の組み立て作業を行う場合、作業効率アップを妨げる要因である。

【0058】

これまで説明した本発明に係る実施の形態は、この参考例における課題も解決できるものとなっている。

10

【符号の説明】

【0059】

$A X$ 光軸

K 、 $D 1$ 、 $D 2$ 位置

$L S$ 光源

$P H$ ピンホール板

$C L$ コリメータレンズ

$L 1$ 、 $L 2$ 治具レンズ

$L s$ 被調整レンズ

$B 1$ 、 $B 2$ 、 $B 3$ 光束

$b 1$ 、 $b 2$ 、 $h 1$ 、 $h 2$ 、 $y 1$ 、 $y 2$ 高さ

$p 1$ 、 $p 2$ 、 $p 3$ ピンホール

$C p 1$ 、 $C p 2$ 、 $M 1$ 、 $M 2$ チャート板

L 被評価レンズ

$O b j$ 対物レンズ

$C A$ $C C D$ カメラ

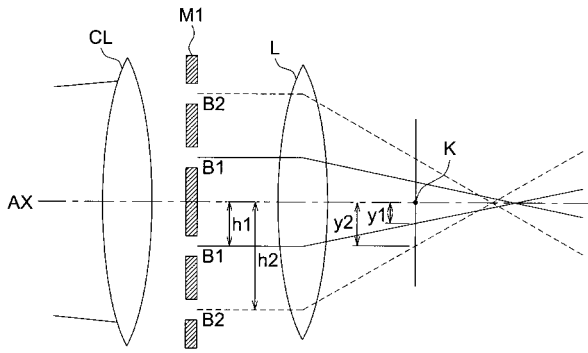
E 画像処理装置

D 表示装置

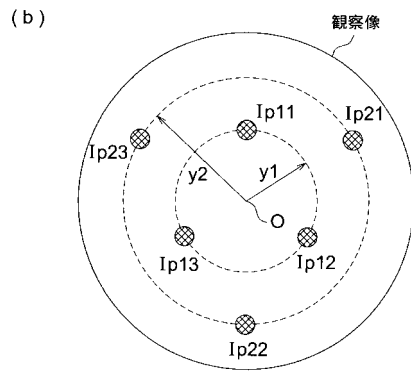
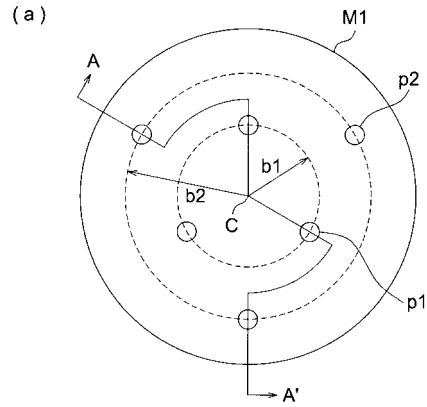
100 球面収差評価装置

20

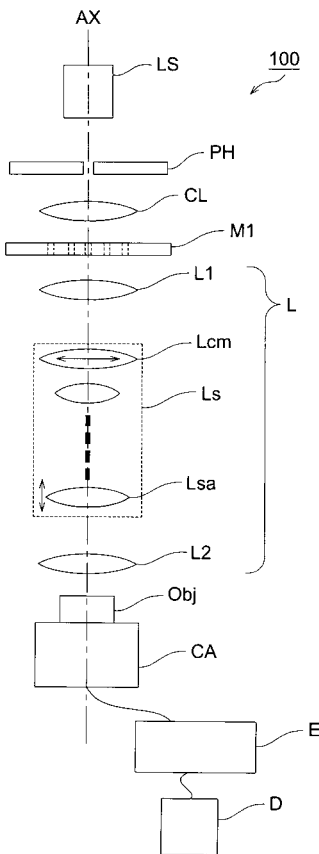
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

