

(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2014-109741
(P2014-109741A)

(43) 公開日 平成26年6月12日(2014.6.12)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 13/00 (2006.01)	GO2B 13/00	2H052
GO2B 19/00 (2006.01)	GO2B 19/00	2H087
GO2B 13/18 (2006.01)	GO2B 13/18	2K103
GO3B 21/00 (2006.01)	GO3B 21/00 D	
GO3B 21/14 (2006.01)	GO3B 21/14 A	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2012-265050 (P2012-265050)
(22) 出願日 平成24年12月4日 (2012.12.4)

(71) 出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人 100110412
弁理士 藤元 亮輔
(74) 代理人 100104628
弁理士 水本 敦也
(74) 代理人 100121614
弁理士 平山 倫也
(72) 発明者 東原 正和
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 石原 圭一郎
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

最終頁に続く

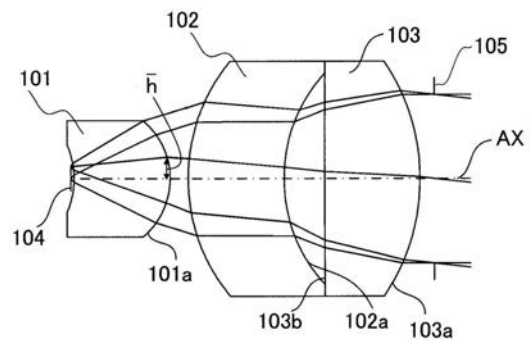
(54) 【発明の名称】 集光光学系、照明光学系および画像投射装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 面光源からの光を高い収束・発散性を持つように出射できる集光光学系を提供する。

【解決手段】 集光光学系は、面光源104から放射された光を集光する。集光光学系は、面光源104に近い側である物体側から、面光源104から遠い側である像側に順に、像側に凸面101aを有し、正の焦点距離を有する第1群101と、一方の群が負の焦点距離を、他方の群が正の焦点距離を有し、これら負と正の焦点距離の合成焦点距離が正である第2群102および第3群103、又は、非球面を含み、正の焦点距離を有する第2群とを有する。第1群101の像側の凸面101aから物点104までの距離を、凸面101aの焦点距離以上とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

面光源から放射された光を集光する集光光学系であって、
 前記面光源に近い側である物体側から、該面光源から遠い側である像側に順に、
 前記像側に凸面を有し、正の焦点距離を有する第 1 群と、
 一方の群が負の焦点距離を、他方の群が正の焦点距離を有し、これら負と正の焦点距離
 の合成焦点距離が正である第 2 群および第 3 群、又は、非球面を含み、正の焦点距離を有
 する第 2 群とを有し、
 前記第 1 群の前記像側の凸面から物点までの距離が、該像側の凸面の焦点距離以上であ
 ることを特徴とする集光光学系。

10

【請求項 2】

前記第 1 群の前記正の焦点距離が、該集光光学系の全系の焦点距離の 1.5 倍以下であ
 ることを特徴とする請求項 1 に記載の集光光学系。

【請求項 3】

前記第 3 群を有しており、
 前記第 2 および第 3 群の前記正の合成焦点距離が、該集光光学系の全系の焦点距離の 2
 倍以上であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の集光光学系。

【請求項 4】

前記非球面を含む前記第 2 群を有しており、
 該第 2 群の前記正の焦点距離が、該集光光学系の全系の焦点距離の 2 倍以上であること
 を特徴とする請求項 1 または 2 に記載の集光光学系。

20

【請求項 5】

前記第 3 群を有しており、
 前記第 1 群の前記像側の凸面から前記第 3 群の前記像側の面までの距離が、前記第 1 群
 の前記像側の凸面の焦点距離以上であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項
 に記載の集光光学系。

【請求項 6】

前記非球面を含む前記第 2 群を有しており、
 前記第 1 群の前記像側の凸面から前記第 2 群の前記像側の面までの距離が、前記第 1 群
 の前記像側の凸面の焦点距離以上であることを特徴とする請求項 1、2 または 4 に記載の
 集光光学系。

30

【請求項 7】

前記第 2 群の前記像側の面が、凹面であることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか
 一項に記載の集光光学系。

【請求項 8】

前記第 3 群を有しており、
 前記第 3 群の前記像側の面が、該第 3 群の前記物体側の面よりも曲率が大きい凸面であ
 ることを特徴とする請求項 1、2、3 または 5 に記載の集光光学系。

【請求項 9】

前記第 2 群に含まれるレンズがメニスカス形状を有することを特徴とする請求項 1 から
 8 のいずれか一項に記載の集光光学系。

40

【請求項 10】

前記第 1 群に含まれるレンズがメニスカス形状を有することを特徴とする請求項 1 から
 9 のいずれか一項に記載の集光光学系。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の集光光学系を含み、
 該集光光学系からの光を被照明面に導くことを特徴とする照明光学系。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の照明光学系と、
 該照明光学系からの光を変調する光変調素子とを含み、

50

該光変調素子からの光を被投射面に投射することにより画像を表示することを特徴とする画像投射装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、LED等の面光源から放射された光を集光する集光光学系に関し、例えば画像投射装置において液晶パネル等の光変調素子を照明する照明光学系に好適なものに関する。

【背景技術】

【0002】

画像投射装置の照明光学系等に用いられる集光光学系には、光源からの光を、収束・発散性高く出射することが求められる。集光光学系から出射する光の収束・発散性が低いと、その後段の光学系において光束のケラレが発生し、光の利用効率が低下する。従来の画像投射装置では、光源として高圧水銀ランプ等の点光源として扱われるものに好適な集光光学系が設計されていたが、最近ではLED等の面光源の使用が提案されており、このような面光源に対して出射光の収束・発散性が高い集光光学系が求められている。

【0003】

特許文献1には、半導体レーザ等の微小発光体からの光を集光する集光光学系が開示されている。この集光光学系は、光束の出射側から順に、両凸面の正レンズと、出射側の面が凹面である負レンズと、出射側の面が凸面である正レンズの3つのレンズ構成とすることで、球面収差を良好に補正している。また、特許文献2には、LED等の面光源からの光を集光する集光光学系であって、光束の出射側の面がすべて凸面である3つの正レンズにより構成されたものが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平H08-114767号公報

【特許文献2】特開2007-156294号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

面光源からの光を収束・発散性高く出射するためには、集光光学系の球面収差と像面湾曲の両方が良好に補正されている必要がある。

【0006】

特許文献1にて開示された集光光学系では、球面収差が補正されているため、点光源からの光を収束・発散性高く出射することはできる。しかしながら、上述した3つのレンズ構成では、像面湾曲が補正されないため、光軸以外の点からの光を収束・発散性高く出射することができず、面光源には適用できない。また、特許文献2にて開示された面光源に適用される集光光学系でも、球面収差が補正されないため、面光源からの光を収束・発散性高く光を出射することができない。

【0007】

本発明では、球面収差と像面湾曲の両方が良好に補正され、面光源からの光を高い収束・発散性を持つように出射することが可能な集光光学系およびこれを用いた照明光学系、さらにこの照明光学系を用いた画像投射装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一側面としての集光光学系は、面光源から放射された光を集光する。該集光光学系は、面光源に近い側である物体側から、該面光源から遠い側である像側に順に、像側に凸面を有し、正の焦点距離を有する第1群と、一方の群が負の焦点距離を、他方の群が正の焦点距離を有し、これら負と正の焦点距離の合成焦点距離が正である第2群および第

10

20

30

40

50

3群、又は、非球面を含み、正の焦点距離を有する第2群とを有する。そして、第1群の像側の凸面から物点までの距離が、該凸面の焦点距離以上であることを特徴とする。

【0009】

なお、上記集光光学系を含み、該集光光学系からの光を被照明面に導く照明光学系や、該照明光学系と、該照明光学系からの光を変調する光変調素子とを含み、該光変調素子からの光を被投射面に投射することにより画像を表示する画像投射装置も、本発明の他の一側面を構成する。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、第2群と第3群または非球面を含む第2群により良好に球面収差を補正することができ、さらに、第1群と第3群または第1群と非球面を含む第2群とで像面湾曲を良好に補正することができる。このため、面光源から放射された光を高い収束・発散性を持つように出射することが可能な集光光学系を実現することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の実施例1である集光光学系の断面図。

【図2】実施例1の集光光学系の収差図。

【図3】本発明の実施例2である集光光学系の断面図。

【図4】実施例2の集光光学系の収差図。

【図5】本発明の実施例3である集光光学系の断面図。

20

【図6】実施例3の集光光学系の収差図。

【図7】本発明の実施例4である集光光学系の断面図。

【図8】実施例4の集光光学系の収差図。

【図9】本発明の実施例5である集光光学系の断面図。

【図10】実施例5の集光光学系の収差図。

【図11】各実施例の集光光学系を用いた照明光学系と、これを用いた液晶プロジェクタの構成を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

30

【実施例1】

【0013】

図1には、本発明の実施例1である集光光学系の光学配置を示している。図1において、104はLED等の面光源である。以下の説明では、集光光学系の光軸AXが延びる光軸方向において、面光源104を物体とし、該面光源104に近い側を物体側、面光源104から遠い側を像側という。このことは、後述する他の実施例でも同じである。

【0014】

集光光学系は、物体側から像側に順に配置された、第1群としての正レンズ101と、第2群（一方の群）としての負レンズ102と、第3群（他方の群）として正レンズ103とにより構成されている。また、集光光学系は、第3群の正レンズ103よりも像側に、絞り105を有する。

40

【0015】

表1には、本実施例の集光光学系の数値例を示す。本実施例（数値例）の集光光学系の焦点距離は23mmであり、射出瞳径は35mmである。表1中のSURFは面番号を示し、dはレンズ面間の間隔を示す。また、Rはレンズ面の曲率半径を示し、typはレンズ面の形状を示し、SPHは球面形状であることを意味する。さらに、Ndとdはそれぞれ、レンズの材料のd線に対する屈折率とアッペ数を示す。なお、これらの記号の意味は、後述する他の実施例にて示す数値例の表（表2～5）でも同じである。

【0016】

【表 1】

SURF	d	R	typ	Nd	νd
物点	0.72				
1	20.00	-17.09	SPH	1.847	23.8
2	3.78	-15.61	SPH		
3	20.00	38.47	SPH	1.847	23.8
4	8.46	32.52	SPH		
5	20.00	2723.87	SPH	1.847	23.8
6	3.00	-43.51	SPH		
7	∞	絞り			
像点					

10

【0017】

以下、本実施例の集光光学系について、像側から平行光が入射して物体側に到達するとする逆光線追跡を用いて説明する。

【0018】

本実施例は、面光源104が配置された物体側から像側に順に配置された、正群、負群および正群の3群構成を有し、このうち第2群の負レンズ102と第3群の正レンズ103とで球面収差のキャンセル効果を生じさせて、球面収差を良好に補正している。このよ

20

【0019】

また、本実施例において、第2群の負レンズ102の負の焦点距離と第3群の正レンズ103の正の焦点距離との合成焦点距離は60.1mmであり、第2群と第3群との合成光学パワーが正である（すなわち、第2群と第3群の合成焦点距離が正である）。逆光線追跡において、第1群の正レンズ101には収束光が入射し、面光源104と第1群の正レンズ101とは近接配置される。このため、本実施例のように第1群の正レンズ101の像側の面（凸面）101aから面光源104に向かう周辺画角主光線が角度を有する場合でも、メリジオナル断面での周辺画角主光線の結像点が面光源104よりも像側にずれる量が小さい。

30

【0020】

また、第1群の正レンズ101の像側の面101aを凸面とすることで、周辺画角主光線のデビエーション量が大きくなり、メリジオナル断面での周辺画角主光線は面光源104よりもより物体側にて結像する。

【0021】

さらに、本実施例では、逆光線追跡において、第1群の正レンズ101の像側の凸面101aから該凸面101aに対する物点（つまりは面光源104）までの距離は、第1群の正レンズ101の像側の凸面101aの焦点距離よりも長い。このため、第1群の正レンズ101の像側の凸面101aにおける周辺画角主光線の光軸AXからの距離（高さ）hは、面光源104の光軸AXからの高さよりも大きく、周辺画角主光線のデビエーション量はさらに大きくなる。したがって、メリジオナル断面での周辺画角主光線は、より物体側に結像する。

40

【0022】

このように本実施例では、第1群の正レンズ101により、メリジオナル断面での周辺画角主光線を面光源104よりもより物体側に結像させている。第3群の正レンズ103では、メリジオナル断面の周辺画角主光線が面光源104よりもより像側に結像する像面湾曲が発生するため、第1群の正レンズ101と第3群の正レンズ103とで像面湾曲のキャンセル効果を生じさせて像面湾曲を良好に補正している。そして、このように逆光線

50

追跡において像面湾曲を良好に補正することで、面光源 104 の光軸外の点から放射された光を、集光光学系から高い平行度（収束性）で出射させることができる。

【0023】

以上説明したように、本実施例では、逆光線追跡において集光光学系の球面収差と像面湾曲を良好に補正することで、面光源 104 から放射された光を、集光光学系から高い平行度で出射させることができる。表 1 の数値例では、面光源 104 の光軸 AX 上の点から発せられる光線の集光光学系からの光軸 AX に対する出射角度は、上側のマージナル光線で 0.02 度、主光線で 0.00 度、下側のマージナル光線で 0.02 度である。また、面光源 104 の上側の最大物高からの光線の集光光学系からの光軸 AX に対する出射角度は、上側のマージナル光線で 6.29 度、主光線で 6.33 度、下側のマージナル光線で 6.29 度である。このように、本実施例では、面光源を用いる場合でも集光光学系から平行度が高い光束を出射させることができる。

10

【0024】

本実施例の集光光学系に含まれるすべてのレンズは球面レンズである。すなわち、本実施例の集光光学系は、非球面レンズを用いる場合に比べて、製作が容易であり、製作コストも低い。

【0025】

また、本実施例における第 2 群の負レンズ 102 の像側の面 102 a は凹面である。マージナル光線が光軸 AX から離れているこの面 102 a は、球面収差への寄与が大きいため、この面 102 a を凹面とすることで、第 2 群の負レンズ 102 と第 3 群の正レンズ 103 での球面収差のキャンセル効果を生じさせやすくすることができる。

20

【0026】

さらに、本実施例における第 2 群の負レンズ 102 は、像側に凹面を向けたメニスカス形状を有する。このとき、周辺画角主光線に対して、第 2 群の負レンズ 102 がコンセントリックに近い状態となるため、像面湾曲への影響を小さくすることができる。このため、第 1 群の正レンズ 101 と第 3 群の正レンズ 103 とにより得られる像面湾曲に対するキャンセル効果への影響が小さく、像面湾曲を良好に補正した状態を保つことができる。

【0027】

また、本実施例における第 1 群の正レンズ 101 は、像側に凸面を向けたメニスカス形状を有する。第 1 群の正レンズ 101 の光学パワーは、全系のパワー配置から決まるが、第 1 群の正レンズ 101 をメニスカス形状にすることで、像側の凸面 101 a の曲率を大きくすることができる。該凸面 101 a での周辺画角主光線のデビエーション量をより大きくすることができる。このデビエーション量を大きくすることで、メリジオナル断面での結像位置をより物体側に配置し、第 1 群の正レンズ 101 の像面湾曲補正に対する寄与度を高めることができる。

30

【0028】

さらに、本実施例における第 3 群の正レンズ 103 の像側の面 103 a は凸面であり、かつ物体側の面 103 b よりも大きな曲率を有する。これにより、第 3 群の正レンズ 103 の主平面は、物体側に向かって湾曲し、このことは、集光光学系全系の主平面が、物体側に向かって湾曲することに寄与する。集光光学系的主平面が物体側に向かって湾曲することで、面光源 104 からの光の取込角度を大きくことができ、面光源 104 との結合効率が高い集光光学系を実現できる。

40

【0029】

図 2 には、本実施例の集光光学系の球面収差と像面湾曲の縦収差図を示す。なお、M はメリジオナル断面での像面湾曲を、S はサジタル断面での像面湾曲を示す。このことは、後述する他の実施例の縦収差図でも同じである。図 2 から分かるように、本実施例では、球面収差および像面湾曲が共に良好に補正されており、面光源を用いる場合であっても平行度の高い光を出射することができる集光光学系を達成している。

【実施例 2】

【0030】

50

図3には、本発明の実施例2である集光光学系の光学配置を示している。図3において、204はLED等の面光源である。集光光学系は、物体側から像側に順に配置された、第1群としての正レンズ201と、第2群（一方の群）としての負レンズ202と、第3群（他方の群）として正レンズ203とにより構成されている。第2群の負レンズ202は、正レンズ206と負レンズ207との接合レンズである。また、集光光学系は、第3群の正レンズ203よりも像側に、絞り205を有する。

【0031】

表2には、本実施例の集光光学系の数値例を示す。本実施例（数値例）の集光光学系の焦点距離は23mmであり、射出瞳径は35mmである。

【0032】

【表2】

SURF	d	R	typ	Nd	νd
物点	0.73				
1	20.00	-15.62	SPH	1.755	27.6
2	8.75	-15.02	SPH		
3	10.00	54.43	SPH	1.755	27.6
4	10.00	-59.40	SPH	1.487	70.4
5	4.22	34.25	SPH		
6	20.00	12490.63	SPH	1.755	27.6
7	3.00	-50.77	SPH		
8	∞	絞り			
像点					

10

20

【0033】

以下、本実施例の集光光学系について、実施例1と同様に逆光線追跡を用いて説明する。本実施例は、面光源204が配置された物体側から像側に順に配置された、正群、負群および正群の3群構成を有し、このうち第2群の負レンズ202と第3群の正レンズ203とで球面収差のキャンセル効果を生じさせて、球面収差を良好に補正している。球面収差を良好に補正することで、面光源204の光軸AX上の点から放射された光を、集光光学系から高い平行度で出射させることができる。

30

【0034】

また、本実施例において、第2群の負レンズ102の負の焦点距離と第3群の正レンズ103の正の焦点距離との合成焦点距離は57.5mmであり、第2群と第3群との合成光学パワーが正である（すなわち、第2群と第3群の合成焦点距離が正である）。逆光線追跡において、第1群の正レンズ201には収束光が入射し、面光源204と第1群の正レンズ201とは近接配置される。このため、本実施例のように第1群の正レンズ201の像側の面（凸面）201aから面光源204に向かう周辺画角主光線が角度を有する場合でも、メリジオナル断面での周辺画角主光線の結像点が面光源204よりも像側にずれる量が小さい。

40

【0035】

また、第1群の正レンズ201の像側の面201aを凸面とすることで、周辺画角主光線のデビエーション量が大きくなり、メリジオナル断面での周辺画角主光線は面光源204よりもより物体側にて結像する。

【0036】

さらに、本実施例では、逆光線追跡において、第1群の正レンズ201の像側の凸面201aから該凸面201aに対する物点までの距離は、第1群の正レンズ201の像側の凸面201aの焦点距離よりも長い。このため、第1群の正レンズ201の像側の凸面201aにおける周辺画角主光線の光軸AXからの距離（高さ）hは、面光源204の光軸AXからの高さよりも大きく、周辺画角主光線のデビエーション量はさらに大きくなる。

50

したがって、メリジオナル断面での周辺画角主光線は、より物体側に結像する。

【0037】

このように本実施例では、第1群の正レンズ201により、メリジオナル断面での周辺画角主光線を面光源204よりもより物体側に結像させている。第3群の正レンズ203では、メリジオナル断面の周辺画角主光線が面光源204よりもより像側に結像する像面湾曲が発生するため、第1群の正レンズ201と第3群の正レンズ103とで像面湾曲のキャンセル効果を生じさせて像面湾曲を良好に補正している。そして、このように逆光線追跡において像面湾曲を良好に補正することで、面光源204の光軸外の点から放射された光を、集光光学系から高い平行度で出射させることができる。

【0038】

以上説明したように、本実施例では、逆光線追跡において集光光学系の球面収差と像面湾曲を良好に補正することで、面光源204から放射された光を、集光光学系から高い平行度で出射させることができる。表2の数値例では、面光源204の光軸AX上の点から発せられる光線の集光光学系からの光軸AXに対する出射角度は、上側のマージナル光線で0.02度、主光線で0.00度、下側のマージナル光線で0.02度である。また、面光源204の上側の最大物高からの光線の集光光学系からの光軸AXに対する出射角度は、上側のマージナル光線で6.31度、主光線で6.35度、下側のマージナル光線で6.31度である。このように、本実施例では、面光源を用いる場合でも集光光学系から平行度が高い光束を出射させることができる。

【0039】

本実施例の集光光学系に含まれるすべてのレンズは球面レンズである。すなわち、本実施例の集光光学系は、非球面レンズを用いる場合に比べて、製作が容易であり、製作コストも低い。

【0040】

また、本実施例における第2群の負レンズ202の像側の面202aは凹面である。マージナル光線が光軸AXから離れているこの面202aは、球面収差への寄与が大きいため、この面202aを凹面とすることで、第2群の負レンズ202と第3群の正レンズ203での球面収差のキャンセル効果を生じさせやすくすることができる。

【0041】

さらに、本実施例における第2群の負レンズ202は、像側に凹面を向けたメニスカス形状を有する。このとき、周辺画角主光線に対して、第2群の負レンズ202がコンセンリックに近い状態となるため、像面湾曲への影響を小さくすることができる。このため、第1群の正レンズ201と第3群の正レンズ203とにより得られる像面湾曲に対するキャンセル効果への影響が小さく、像面湾曲を良好に補正した状態を保つことができる。

【0042】

また、本実施例における第1群の正レンズ201は、像側に凸面を向けたメニスカス形状を有する。第1群の正レンズ201の光学パワーは、全系のパワー配置から決まるが、第1群の正レンズ201をメニスカス形状にすることで、像側の凸面201aの曲率を大きくすることができる。該凸面201aでの周辺画角主光線のデビエーション量をより大きくすることができる。このデビエーション量を大きくすることで、メリジオナル断面での結像位置をより物体側に配置し、第1群の正レンズ201の像面湾曲補正に対する寄与度を高めることができる。

【0043】

さらに、本実施例における第3群の正レンズ203の像側の面203aは凸面であり、かつ物体側の面203bよりも大きな曲率を有する。これにより、第3群の正レンズ203の主平面は、物体側に向かって湾曲し、このことは、集光光学系全系の主平面が、物体側に向かって湾曲することに寄与する。集光光学系的主平面が物体側に向かって湾曲することで、面光源204からの光の取込角度を大きくことができ、面光源204との結合効率が高い集光光学系を実現できる。

【0044】

10

20

30

40

50

図4には、本実施例の集光光学系の球面収差と像面湾曲の縦収差図を示す。図4から分かるように、本実施例では、球面収差および像面湾曲が共に良好に補正されており、面光源を用いる場合であっても平行度の高い光を出射することができる集光光学系を達成している。

【0045】

なお、本実施例では、第2群を正レンズ206と負レンズ207との接合レンズとして構成したが、これらを接合せずに近接させて配置してもよい。

【実施例3】

【0046】

図5には、本発明の実施例3である集光光学系の光学配置を示している。図5において、304はLED等の面光源である。

10

【0047】

集光光学系は、物体側から像側に順に配置された、第1群としての正レンズ301と、第2群（一方の群）としての負レンズ302と、第3群（他方の群）として正レンズ303とにより構成されている。また、集光光学系は、第3群の正レンズ303よりも像側に、絞り305を有する。

【0048】

表3には、本実施例の集光光学系の数値例を示す。本実施例（数値例）における集光光学系の焦点距離は23mmであり、射出瞳径は35mmである。

【0049】

20

【表3】

SURF	d	R	typ	Nd	νd
物点	0.59				
1	14.86	-11.45	SPH	1.847	23.8
2	23.40	-11.03	SPH		
3	20.00	∞	SPH	1.847	23.8
4	1.16	114.50	SPH		
5	6.39	611.73	SPH	1.847	23.8
6	3.00	-41.83	SPH		
7	∞	絞り			
像点					

30

【0050】

以下、本実施例の集光光学系について、像側から平行光が入射して物体側に到達するとする逆光線追跡を用いて説明する。

【0051】

本実施例は、面光源304が配置された物体側から像側に順に配置された、正群、負群および正群の3群構成を有し、このうち第2群の負レンズ302と第3群の正レンズ303とで球面収差のキャンセル効果を生じさせて、球面収差を良好に補正している。このように逆光線追跡において球面収差を良好に補正することで、面光源304の光軸AX上の点から放射された光を、集光光学系から高い平行度で出射させることができる。

40

【0052】

また、本実施例において、第2群の負レンズ302の負の焦点距離と第3群の正レンズ303の正の焦点距離との合成焦点距離は66.2mmであり、第2群と第3群との合成光学パワーが正である（すなわち、第2群と第3群の合成焦点距離が正である）。逆光線追跡において、第1群の正レンズ301には収束光が入射し、面光源304と第1群の正レンズ301とは近接配置される。このため、本実施例のように第1群の正レンズ301の像側の面（凸面）301aから面光源304に向かう周辺画角主光線が角度を有する場合でも、メリジナル断面での周辺画角主光線の結像点が面光源304よりも像側にずれる量が小さい。

50

【0053】

また、第1群の正レンズ301の像側の面301aを凸面とすることで、周辺画角主光線のデビエーション量が大きくなり、メリジオナル断面での周辺画角主光線は面光源304よりもより物体側にて結像する。

【0054】

さらに、本実施例では、逆光線追跡において、第1群の正レンズ301の像側の凸面301aから該凸面301aに対する物点（つまりは面光源304）までの距離は、第1群の正レンズ301の像側の凸面301aの焦点距離よりも長い。このため、第1群の正レンズ301の像側の凸面301aにおける周辺画角主光線の光軸AXからの距離（高さ）hは、面光源304の光軸AXからの高さよりも大きく、周辺画角主光線のデビエーション量はさらに大きくなる。したがって、メリジオナル断面での周辺画角主光線は、より物体側に結像する。

10

【0055】

このように本実施例では、第1群の正レンズ301により、メリジオナル断面での周辺画角主光線を面光源304よりもより物体側に結像させている。第3群の正レンズ303では、メリジオナル断面の周辺画角主光線が面光源304よりもより像側に結像する像面湾曲が発生するため、第1群の正レンズ301と第3群の正レンズ303とで像面湾曲のキャンセル効果を生じさせて像面湾曲を良好に補正している。そして、このように逆光線追跡において像面湾曲を良好に補正することで、面光源304の光軸外の点から放射された光を、集光光学系から高い平行度で出射させることができる。

20

【0056】

以上説明したように、本実施例では、逆光線追跡において集光光学系の球面収差と像面湾曲を良好に補正することで、面光源304から放射された光を、集光光学系から高い平行度で出射させることができる。表3の数値例では、面光源304の光軸AX上の点から発せられる光線の集光光学系からの光軸AXに対する出射角度は、上側のマージナル光線で0.00度、主光線で0.00度、下側のマージナル光線で0.00度である。また、面光源304の上側の最大物高からの光線の集光光学系からの光軸AXに対する出射角度は、上側のマージナル光線で6.47度、主光線で6.51度、下側のマージナル光線で6.47度である。このように、本実施例では、面光源を用いる場合でも集光光学系から平行度が高い光束を出射させることができる。

30

【0057】

本実施例の集光光学系に含まれるすべてのレンズは球面レンズである。すなわち、本実施例の集光光学系は、非球面レンズを用いる場合に比べて、製作が容易であり、製作コストも低い。

【0058】

また、本実施例における第2群の負レンズ302の像側の面302aは凹面である。マージナル光線が光軸AXから離れているこの面302aは、球面収差への寄与が大きいため、この面302aを凹面とすることで、第2群の負レンズ302と第3群の正レンズ303での球面収差のキャンセル効果を生じさせやすくすることができる。

【0059】

また、本実施例における第1群の正レンズ301は、像側に凸面を向けたメニスカス形状を有する。第1群の正レンズ301の光学パワーは、全系のパワー配置から決まるが、第1群の正レンズ301をメニスカス形状にすることで、像側の凸面301aの曲率を大きくすることができる。このデビエーション量を大きくすることで、メリジオナル断面での結像位置をより物体側に配置し、第1群の正レンズ301の像面湾曲補正に対する寄与度を高めることができる。

40

【0060】

さらに、本実施例における第3群の正レンズ303の像側の面303aは凸面であり、かつ物体側の面303bよりも大きな曲率を有する。これにより、第3群の正レンズ30

50

3の主平面は、物体側に向かって湾曲し、このことは、集光光学系全系の主平面が、物体側に向かって湾曲することに寄与する。集光光学系的主平面が物体側に向かって湾曲することで、面光源304からの光の取込角度を大きくすることができ、面光源304との結合効率が高い集光光学系を実現できる。

【0061】

図6には、本実施例の集光光学系の球面収差と像面湾曲の縦収差図を示す。図6から分かるように、本実施例では、球面収差および像面湾曲が共に良好に補正されており、面光源を用いる場合であっても平行度の高い光を出射することができる集光光学系を達成している。

【実施例4】

【0062】

図7には、本発明の実施例4である集光光学系の光学配置を示している。図7において、404はLED等の面光源である。集光光学系は、物体側から像側に順に配置された、第1群としての正レンズ401と、第2群（一方の群）としての負レンズ402と、第3群（他方の群）としての正レンズ403とにより構成されている。また、集光光学系は、第3群の正レンズ403よりも像側に、絞り405を有する。

【0063】

表4には、本実施例の集光光学系の数値例を示す。本実施例（数値例）の集光光学系の焦点距離は23mmであり、射出瞳径は35mmである。

【0064】

【表4】

SURF	d	R	typ	Nd	νd
物点	0.59				
1	14.47	-11.12	SPH	1.847	23.8
2	22.83	-10.76	SPH		
3	20.00	-500.00	SPH	1.847	23.8
4	0.99	113.61	SPH		
5	6.78	361.51	SPH	1.847	23.8
6	3.00	-41.00	SPH		
7	∞	絞り			
像点					

【0065】

以下、本実施例の集光光学系について、像側から平行光が入射して物体側に到達するとする逆光線追跡を用いて説明する。

【0066】

本実施例は、面光源404が配置された物体側から像側に順に配置された、正群、負群および正群の3群構成を有し、このうち第2群の負レンズ402と第3群の正レンズ403とで球面収差のキャンセル効果を生じさせて、球面収差を良好に補正している。このように逆光線追跡において球面収差を良好に補正することで、面光源404の光軸AX上の点から放射された光を、集光光学系から高い平行度で出射させることができる。

【0067】

また、本実施例において、第2群の負レンズ402の負の焦点距離と第3群の正レンズ403の正の焦点距離との合成焦点距離は66.1mmであり、第2群と第3群との合成光学パワーが正である（すなわち、第2群と第3群の合成焦点距離が正である）。逆光線追跡において、第1群の正レンズ401には収束光が入射し、面光源404と第1群の正レンズ401とは近接配置される。このため、本実施例のように第1群の正レンズ401の像側の面（凸面）401aから面光源404に向かう周辺画角主光線が角度を有する場合でも、メリジオナル断面での周辺画角主光線の結像点が面光源404よりも像側にずれる量が小さい。

10

20

30

40

50

【0068】

また、第1群の正レンズ401の像側の面401aを凸面とすることで、周辺画角主光線のデビエーション量が大きくなり、メリジオナル断面での周辺画角主光線は面光源404よりもより物体側にて結像する。

【0069】

さらに、本実施例では、逆光線追跡において、第1群の正レンズ401の像側の凸面401aから該凸面401aに対する物点（つまりは面光源404）までの距離は、第1群の正レンズ401の像側の凸面401aの焦点距離よりも長い。このため、第1群の正レンズ401の像側の凸面401aにおける周辺画角主光線の光軸AXからの距離（高さ）hは、面光源404の光軸AXからの高さよりも大きく、周辺画角主光線のデビエーション量はさらに大きくなる。したがって、メリジオナル断面での周辺画角主光線は、より物体側に結像する。

10

【0070】

このように本実施例では、第1群の正レンズ401により、メリジオナル断面での周辺画角主光線を面光源404よりもより物体側に結像させている。第3群の正レンズ403では、メリジオナル断面の周辺画角主光線が面光源404よりもより像側に結像する像面湾曲が発生するため、第1群の正レンズ401と第3群の正レンズ403とで像面湾曲のキャンセル効果を生じさせて像面湾曲を良好に補正している。そして、このように逆光線追跡において像面湾曲を良好に補正することで、面光源404の光軸外の点から放射された光を、集光光学系から高い平行度で出射させることができる。

20

【0071】

以上の説明したように、本実施例では、逆光線追跡において集光光学系の球面収差と像面湾曲を良好に補正することで、面光源404から放射された光を、集光光学系から高い平行度で出射させることができる。表4の数値例では、面光源404の光軸AX上の点から発せられる光線の集光光学系からの光軸AXに対する出射角度は、上側のマージナル光線で0.00度、主光線で0.00度、下側のマージナル光線で0.00度である。また、面光源404の上側の最大物高からの光線の集光光学系からの光軸AXに対する出射角度は、上側のマージナル光線で6.48度、主光線で6.53度、下側のマージナル光線で6.48度である。このように、本実施例では、面光源を用いる場合でも集光光学系から平行度が高い光束を出射させることができる。

30

【0072】

本実施例の集光光学系に含まれるすべてのレンズは球面レンズである。すなわち、本実施例の集光光学系は、非球面レンズを用いる場合に比べて、製作が容易であり、製作コストも低い。

【0073】

また、本実施例における第2群の負レンズ402の像側の面402aは凹面である。マージナル光線が光軸AXから離れているこの面402aは、球面収差への寄与が大きいため、この面402aを凹面とすることで、第2群の負レンズ402と第3群の正レンズ403での球面収差のキャンセル効果を生じさせやすくすることができる。

【0074】

また、本実施例における第1群の正レンズ401は、像側に凸面を向けたメニスカス形状を有する。第1群の正レンズ401の光学パワーは、全系のパワー配置から決まるが、第1群の正レンズ401をメニスカス形状にすることで、像側の凸面401aの曲率を大きくすることができる。このデビエーション量を大きくすることで、メリジオナル断面での結像位置をより物体側に配置し、第1群の正レンズ401の像面湾曲補正に対する寄与度を高めることができる。

40

【0075】

さらに、本実施例における第3群の正レンズ403の像側の面403aは凸面であり、かつ物体側の面403bよりも大きな曲率を有する。これにより、第3群の正レンズ40

50

3の主平面は、物体側に向かって湾曲し、このことは、集光光学系全系の主平面が、物体側に向かって湾曲することに寄与する。集光光学系的主平面が物体側に向かって湾曲することで、面光源404からの光の取込角度を大きくすることができ、面光源404との結合効率が高い集光光学系を実現できる。

【0076】

図8には、本実施例の集光光学系の球面収差と像面湾曲の縦収差図を示す。図8から分かるように、本実施例では、球面収差および像面湾曲が共に良好に補正されており、面光源を用いる場合であっても平行度の高い光を出射することができる集光光学系を達成している。

【0077】

なお、上記実施例1～4においては、負の焦点距離を有する第2群と正の焦点距離を有する第3群とを組み合わせる場合について説明した。しかし、正の焦点距離を有する第2群（他方の群）と負の焦点距離を有する第3群（一方の群）とを組み合わせ、これらの合成焦点距離を正としてもよい。

【実施例5】

【0078】

図9には、本発明の実施例5である集光光学系の光学配置を示している。実施例1～4では、いずれも球面レンズにより構成された第1群、第2群および第3群を有する集光光学系について説明したが、非球面レンズを用いることで、実施例1～4の第2群と第3群に相当する第2群を構成してもよい。

【0079】

図9において、504はLED等の面光源である。集光光学系は、物体側から像側に順に配置された、第1群としての正レンズ501と、第2群としての正レンズ502とにより構成されている。また、集光光学系は、第2群の正レンズ502よりも像側に、絞り505を有する。

【0080】

表5には、本実施例の集光光学系の数値例を示す。本実施例（数値例）の集光光学系の焦点距離は23mmであり、射出瞳径は35mmである。また、typのASPが付された第2群の正レンズ502の物体側の凹面502aおよび像側の凸面502bは、非球面である。非球面の形状は、以下の式（1）で表わされる。ただし、zは半径rの位置でのサグ量であり、A、Bは表中に示す非球面係数（E-Xは、 $\times 10^{-X}$ を意味する）である。

【0081】

【表5】

SURF	d	R	typ	Nd	νd
物点	0.50				
1	17.09	-13.08	SPH	1.755	27.5
2	29.50	-13.29	SPH		
3	5.90	-109.36	ASP	1.755	27.5
4	3.00	-32.62	ASP		
5	∞	絞り			
像点					

SURF	k	A	B
3	1.84E-01	-7.54E-07	3.79E-10
4	-6.66	2.33E-06	1.79E-09

【0082】

10

20

30

40

【数 1】

$$z = \frac{r^2}{R + \sqrt{R^2 - (1+k)r^2}} + A \cdot r^4 + B \cdot r^6 \quad \dots (1)$$

【0083】

第1群の正レンズ501は、実施例1～4と同様に、正の焦点距離を有する。また、第2群の正レンズ502は、その非球面(502a, 503b)によって、球面収差を良好に補正している。

【0084】

一方、本実施例では、逆光線追跡において、第1群の正レンズ501には収束光が入射し、面光源504と第1群の正レンズ501とは近接配置される。このため、本実施例のように第1群の正レンズ501の像側の面(凸面)501aから面光源504に向かう周辺画角主光線が角度を有する場合でも、メリジオナル断面での周辺画角主光線の結像点が面光源504よりも像側にずれる量が小さい。

【0085】

また、第1群の正レンズ501の像側の面501aを凸面とすることで、周辺画角主光線のデビエーション量が大きくなり、メリジオナル断面での周辺画角主光線は面光源504よりもより物体側にて結像する。

【0086】

さらに、本実施例では、第2群の正レンズ502は、実施例1～4における第2群と第3群が有する正の合成焦点距離に相当する正の焦点距離を有する。そして、本実施例でも、逆光線追跡において、第1群の正レンズ501の像側の凸面501aから該凸面501aに対する物点(つまりは面光源504)までの距離は、第1群の正レンズ501の像側の凸面501aの焦点距離よりも長い。このため、第1群の正レンズ501の像側の凸面501aにおける周辺画角主光線の光軸AXからの距離(高さ)hは、面光源504の光軸AXからの高さよりも大きく、周辺画角主光線のデビエーション量はさらに大きくなる。したがって、メリジオナル断面での周辺画角主光線は、より物体側に結像する。

【0087】

このように本実施例では、第1群の正レンズ501により、メリジオナル断面での周辺画角主光線を面光源504よりもより物体側に結像させている。これにより、第2群の正レンズ502で発生した像面湾曲を、第1群の正レンズ501によりキャンセルし、像面湾曲を良好に補正している。

【0088】

そして、以上のように逆光線追跡において球面収差と像面湾曲とを良好に補正することで、面光源504から放射された光を、集光光学系から高い平行度で出射させることができる。

【0089】

以上説明したように、上記各実施例では、第2群と第3群の組み合わせまたは非球面を含む第2群により集光光学系の球面収差を良好に補正することができる。また、第2群と第3群の合成焦点距離または非球面を含む第2群の焦点距離を正とし、第1群の像側の面を凸面とし、第1群の像側の面から物点までの距離を第1群の像側の面の焦点距離以上としている。これにより、第1群と第3群または第1群と非球面を含む第2群との組み合わせにより像面湾曲を良好に補正することができる。このように集光光学系の球面収差と像面湾曲を良好に補正することで、面光源から放射された光を集光光学系から高い収束・発散性を持つように出射させることができる。

【0090】

なお、上記各実施例では、第1群の凸面から物点までの距離が、該凸面の焦点距離より長い場合について説明した。しかし、第1群の凸面から物点までの距離が該凸面の焦点距離と等しい場合も含めて、該凸面の焦点距離以上であればよい。

10

20

30

40

50

【0091】

以下、上記実施例1～5にて説明した内容に対応して、さらに集光光学系が満足した方が好ましい条件について説明する。

【0092】

まず、実施例1～4における第2群と第3群の合成焦点距離または実施例5における非球面を含む第2群の焦点距離が、集光光学系の全系の焦点距離の2倍以上であることが好ましい。

【0093】

第2群と第3群の合成焦点距離または非球面を含む第2群の焦点距離が長い、すなわち光学パワーが小さいことで、第1群の焦点距離が短く、すなわち光学パワーが大きくなり、面光源と第1群とを近接配置することができる。これにより、各実施例にて説明したように、第1群の正レンズの像側の面(凸面)から面光源に向かう周辺画角主光線が角度を有する場合でも、メリジオナル断面での周辺画角主光線の結像点が面光源よりも像側にずれる量を小さくすることができる。

10

【0094】

また、同様の理由から、第1群の焦点距離が、集光光学系の全系の焦点距離の1.5倍以下である(つまり第1群の焦点距離が短い)ことが好ましい。

【0095】

さらに、第1群の像側の面(凸面)から第3群の像側の面(出射面)または非球面を含む第2群の像側の面(出射面)までの距離が、第1群の像側の凸面の焦点距離以上であることが好ましい。すなわち、第1群と第2および第3群(または非球面を含む第2群)とが離れて、周辺画角主光線の第1群の像側の面でのヒットポイントが、面光源の高さよりも大きくなることが好ましい。これにより、各実施例で説明したように、第1群の正レンズの像側の凸面における周辺画角主光線の光軸AXからの距離(高さ)hが、面光源の光軸からの高さよりも大きく、周辺画角主光線のデビエーション量がさらに大きくなる。このため、メリジオナル断面での周辺画角主光線をより物体側に結像させることができる。

20

【0096】

表6には、ここで説明した条件に関する各実施例(各数値例)の値を示している。なお、G1、G2、G3はそれぞれ、第1群、第2群および第3群の意味であるが、実施例5に関しては「G2・G3」は「G2」と読み替え、「G3の出射面」は「G2の出射面」と読み替える。

30

【0097】

【表6】

	焦点距離			G1の像面からG3の出射面までの距離	G1の像側の面の焦点距離
	全系	G1	G2・G3		
実施例1	22.99	28.85	60.14	52.24	18.43
実施例2	23.00	33.00	57.48	52.97	19.89
実施例3	22.99	20.08	66.20	50.95	13.02
実施例4	22.98	19.68	66.06	50.60	12.70
実施例5	25.00	31.49	58.69	35.40	17.60

40

【実施例6】

【0098】

図11には、上記各実施例にて説明した集光光学系を用いた照明光学系を含む画像投射装置としての液晶プロジェクタの構成を示している。

【0099】

10は照明光学系であり、実施例1～5の面光源104～504および集光光学系に相当する面光源11および集光光学系12を含む。また、照明光学系10は、集光光学系12から出射した平行光束を複数の光束に分割する光束分割系13を含む。光束分割系13は、2つのフライアイレンズにより構成されている。また、照明光学系10は、光束分割

50

系 13 からの光束（無偏光光）を、所定の偏光方向を有する直線偏光光に変換する偏光変換素子 14 と、光束分割系 13 で分割された複数の光束を被照明面にて重畳させるコンデンサレンズ 15 とを含む。

【0100】

16 は偏光ビームスプリッタであり、照明光学系 10 からの光束（直線偏光光）を反射または透過して、被照明面に配置された光変調素子としての反射型液晶パネル 17 に導く。また、偏光ビームスプリッタ 16 は、反射型液晶パネル 17 で入力画像信号に応じて変調され、かつ反射された光束（以下、画像光という）を透過または反射して導光素子 18 に導く。19 は導光素子 18 からの画像光を、スクリーン等の被投射面に投射する投射光学系（投射レンズ）である。

10

【0101】

照明光学系 10 内の集光光学系 12 として、各実施例にて説明した集光光学系を用いることで、光束分割系 13 による光束の分割や偏光変換素子 14 による偏光変換を良好に行うことができ、反射型液晶パネル 17 を均一に、かつ明るく照明することができる。そして、これにより、明るさむらがなく高いコントラストを有する明るい画像を表示することができる。

【0102】

なお、各実施例で説明した集光光学系を、光変調素子として透過型液晶パネルやデジタルマイクロミラーデバイスを用いた画像投射装置の照明光学系に用いこともできる。また、各実施例で説明した集光光学系を、画像投射装置の照明光学系以外の光学系や装置に用いてもよい。

20

【0103】

以上説明した各実施例は代表的な例にすぎず、本発明の実施に際しては、各実施例に対して種々の変形や変更が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0104】

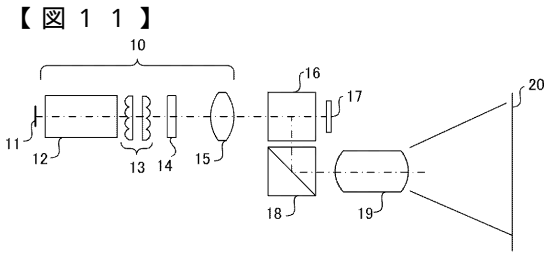
LED 等の面光源に好適な集光光学系や画像投射装置を提供できる。

【符号の説明】

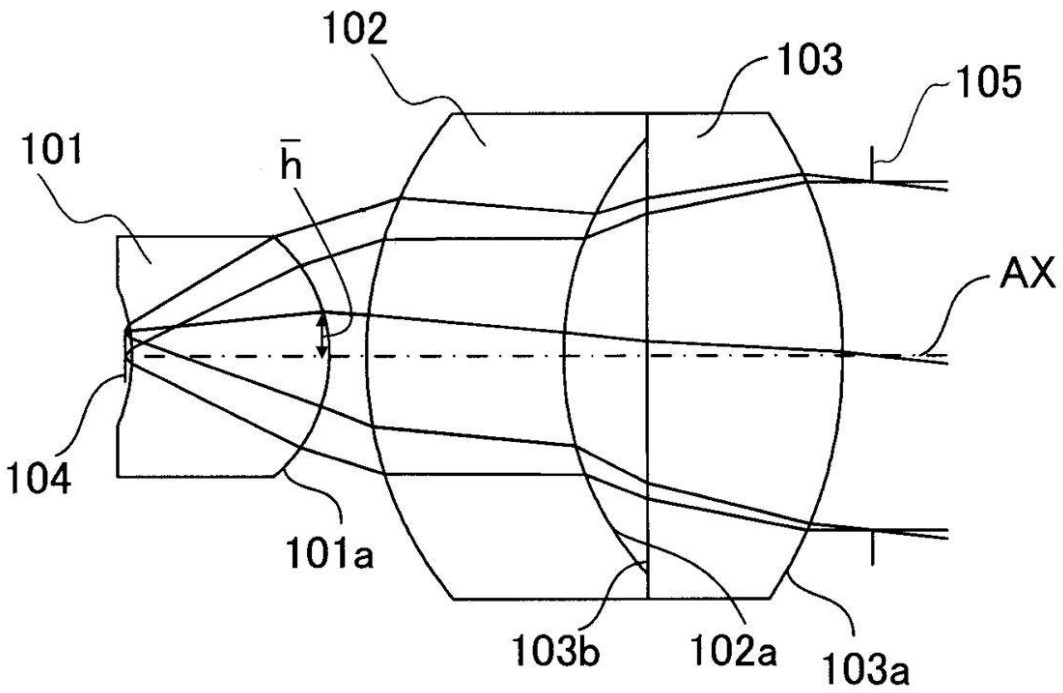
【0105】

101, 201, 301, 401 第 1 群
 102, 202, 302, 402, 502 第 2 群
 103, 203, 303, 403 第 3 群
 104, 204, 304, 404, 504 面光源

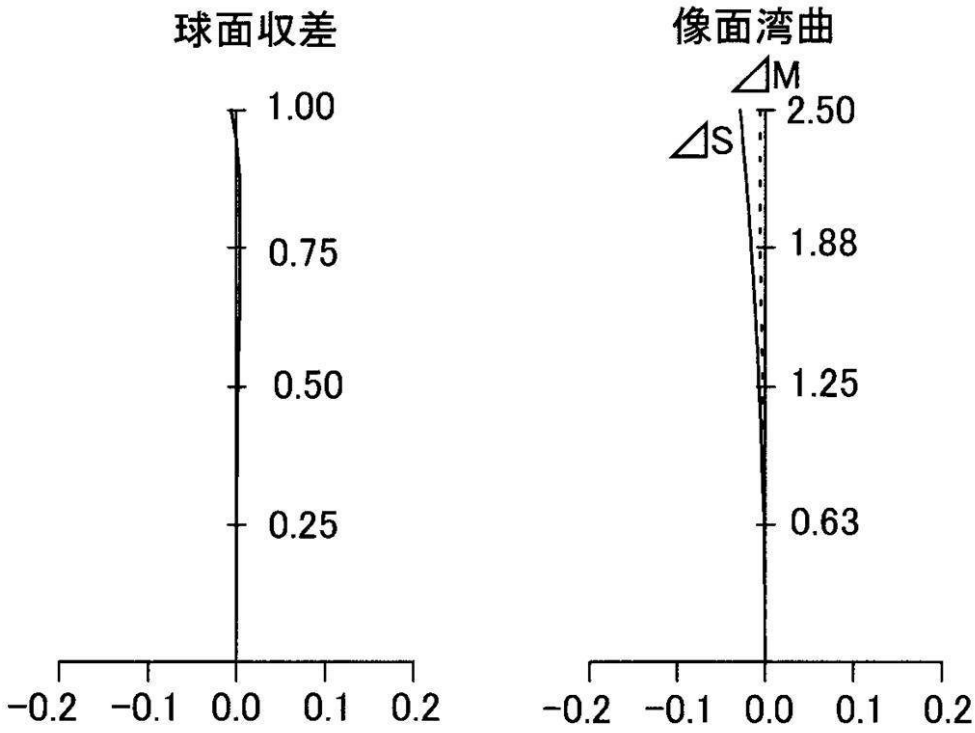
30



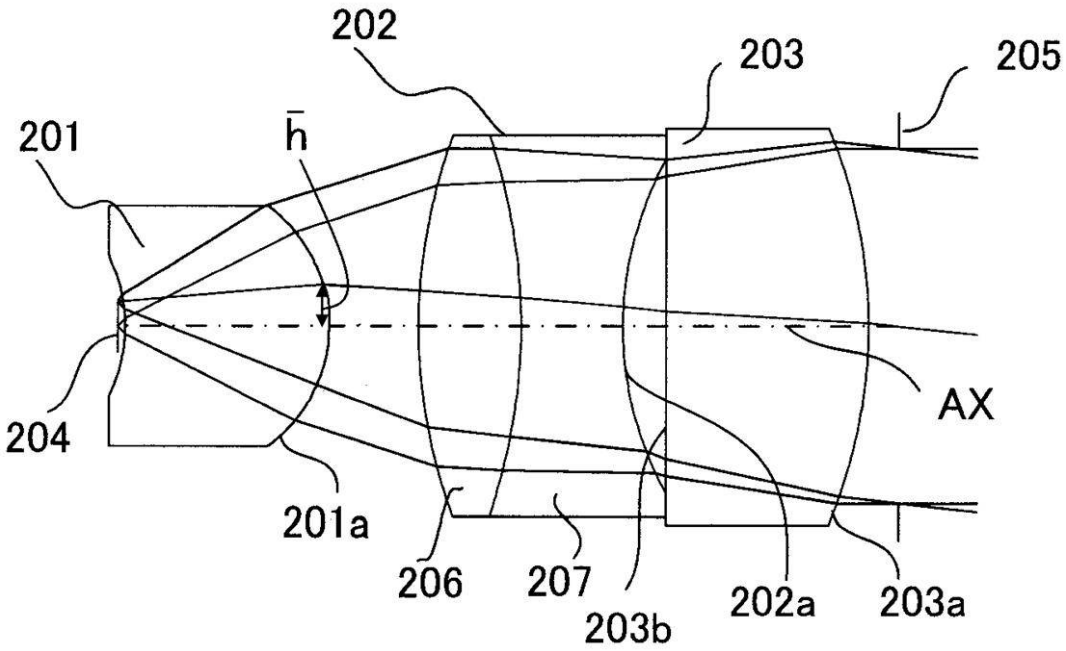
【 図 1 】



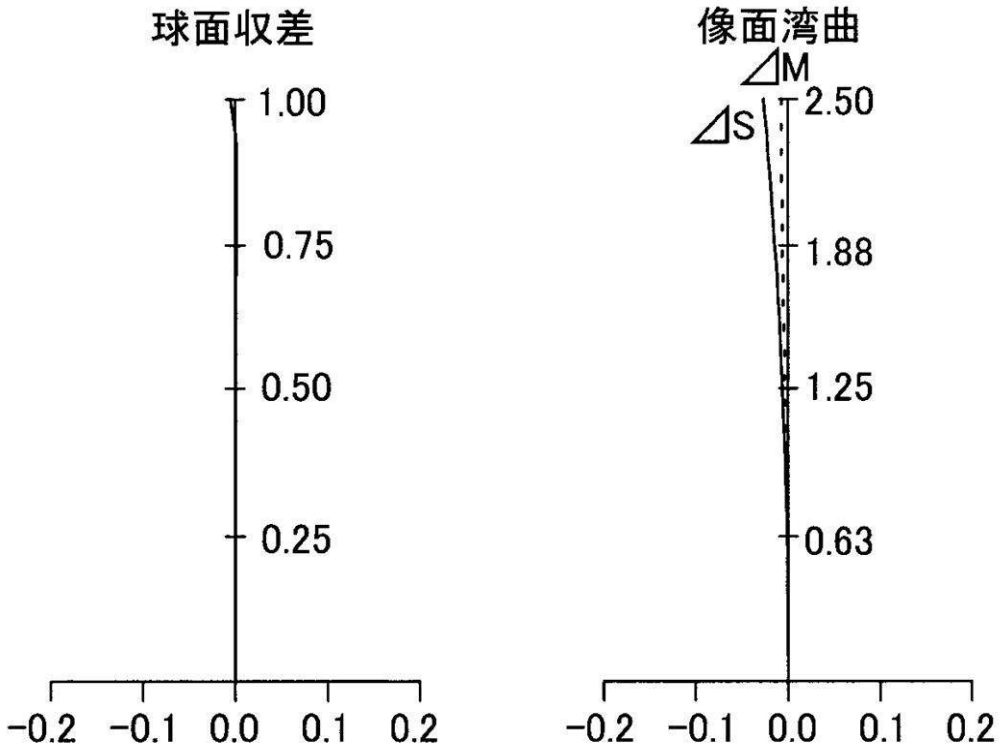
【 図 2 】



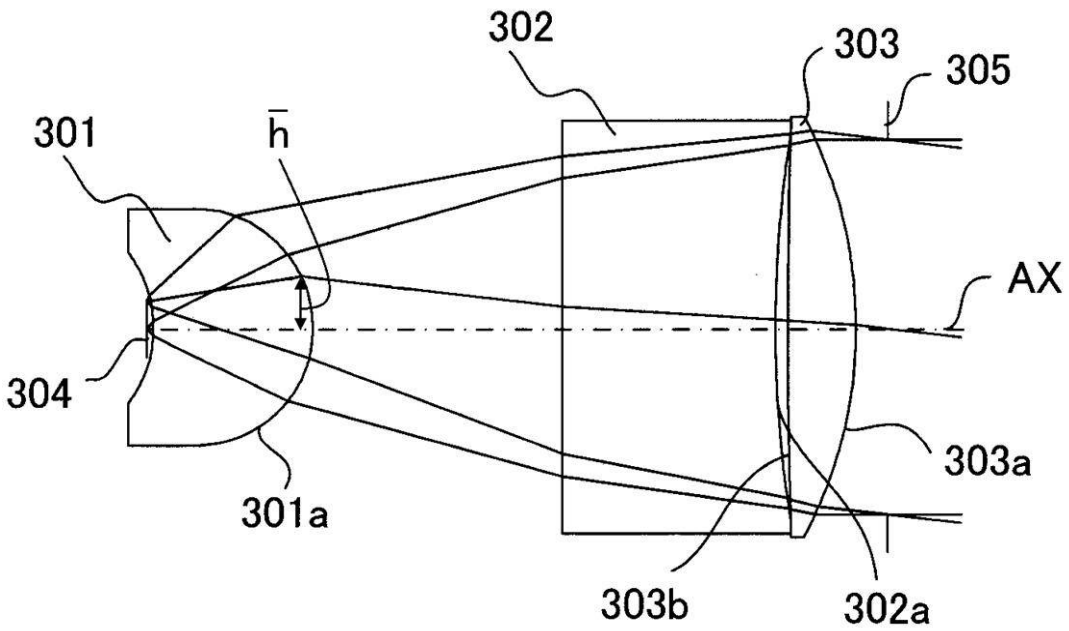
【 図 3 】



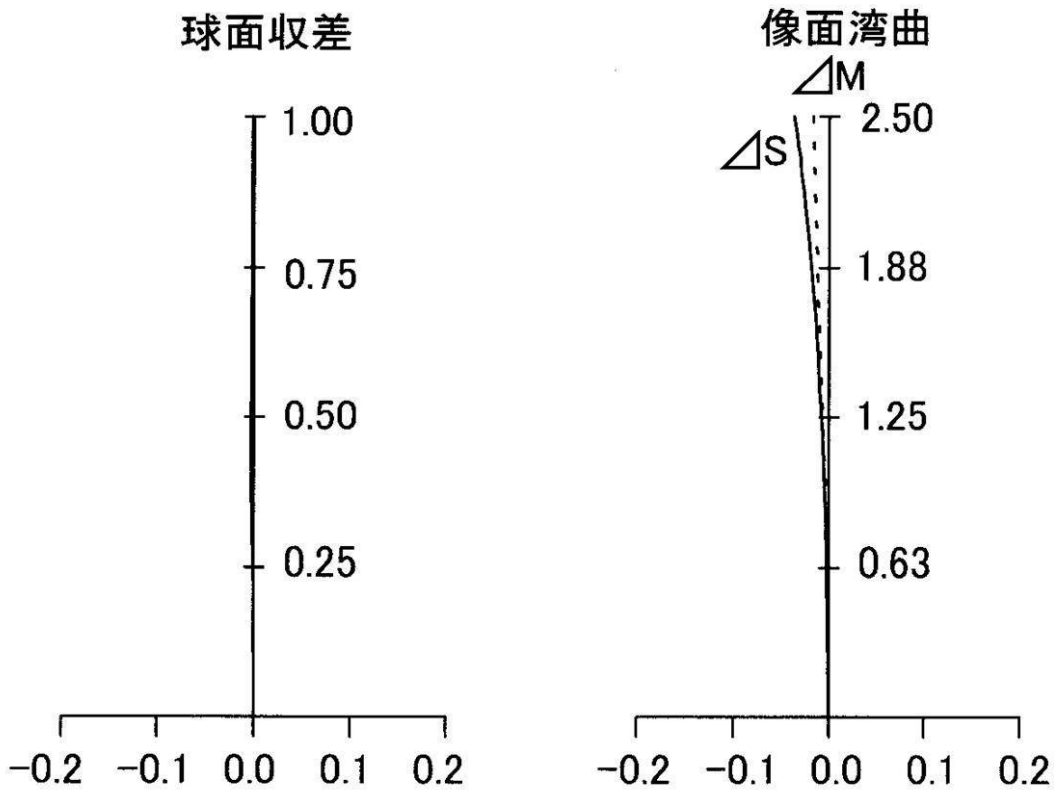
【 図 4 】



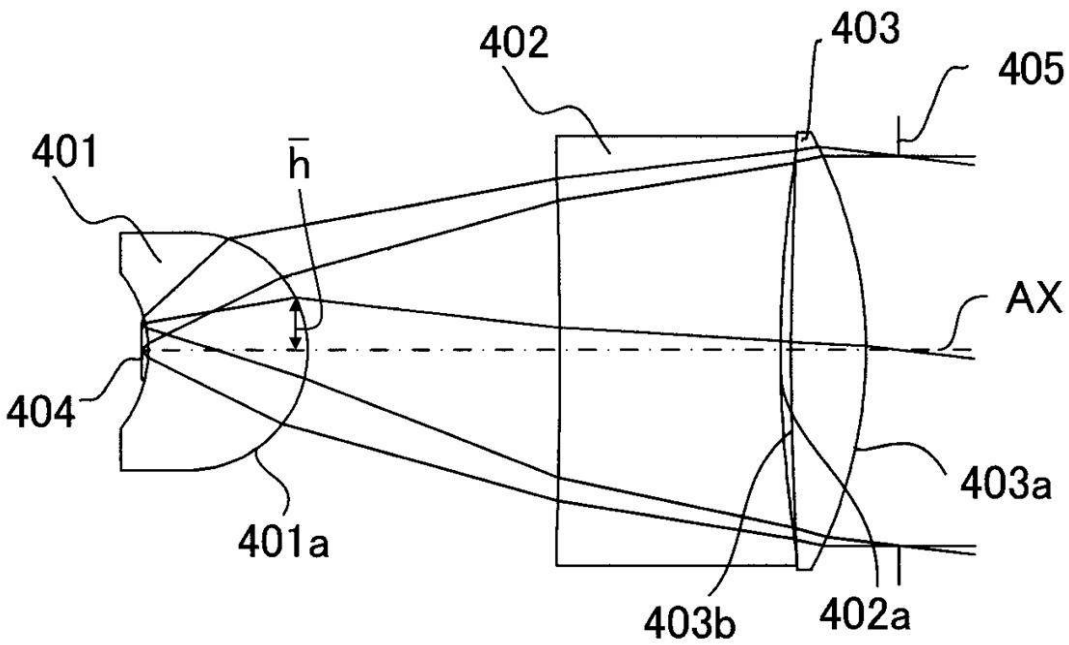
【 図 5 】



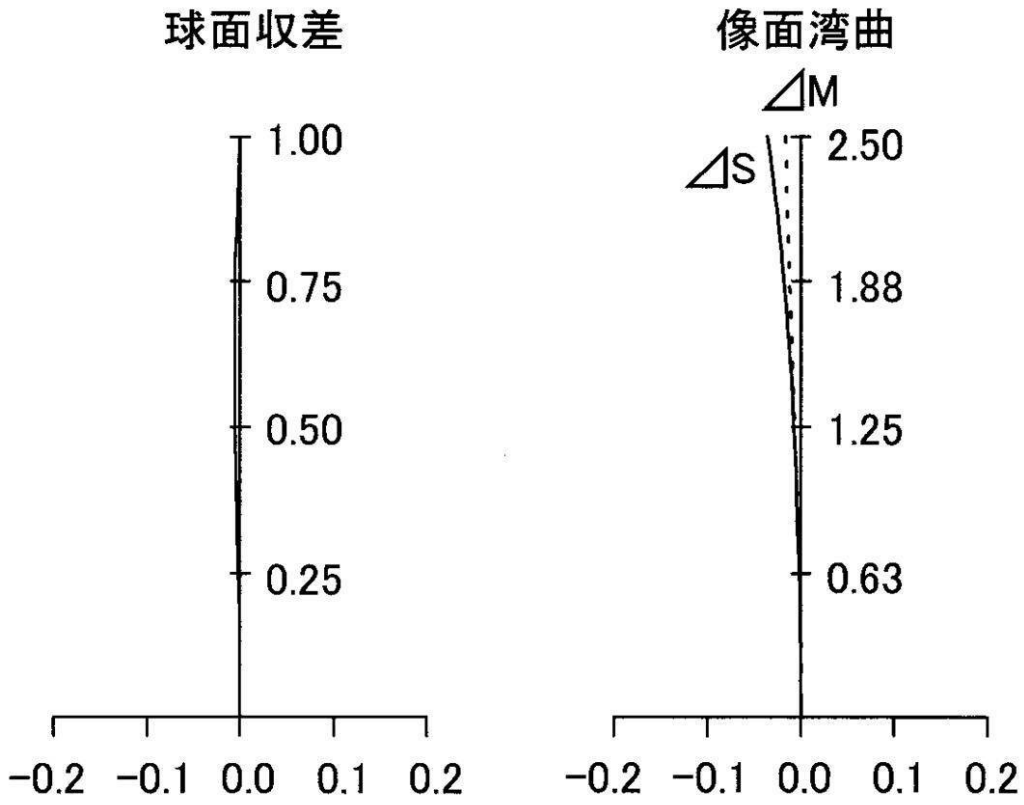
【 図 6 】



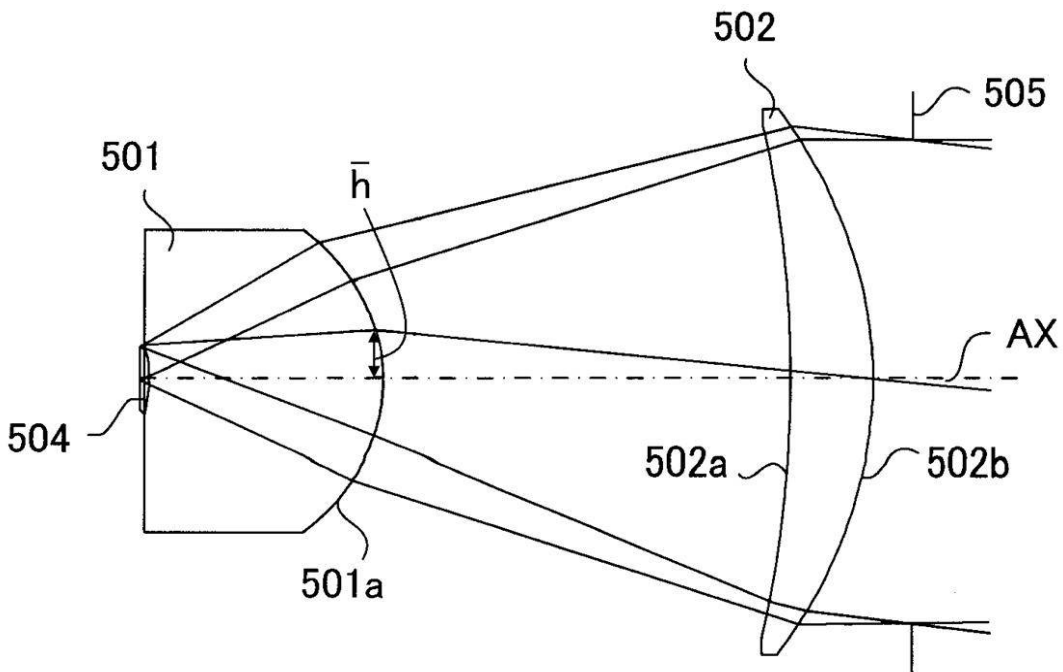
【 図 7 】



【 図 8 】

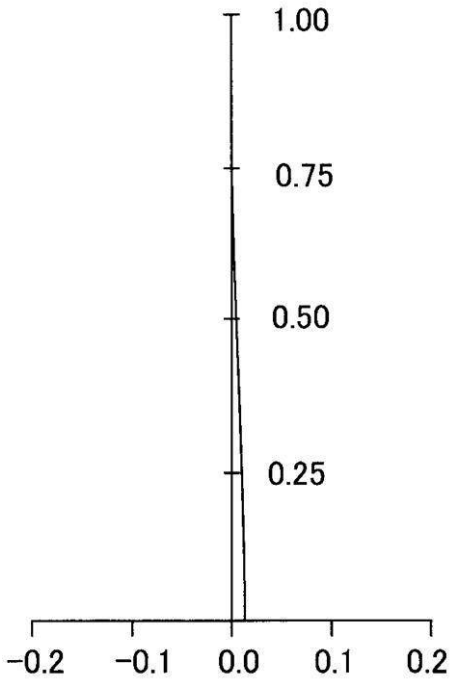


【 図 9 】

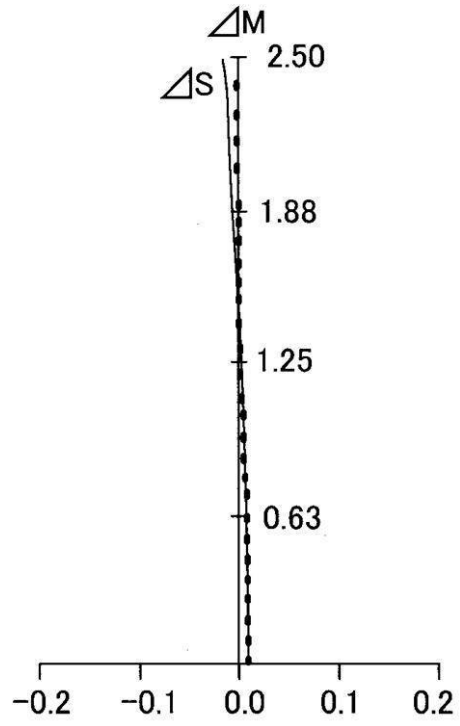


【图 10】

球面収差



像面湾曲



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H052 BA02 BA14

2H087 KA06 KA07 KA29 LA24 PA02 PA03 PA17 PA18 PB02 PB03
PB04 QA03 QA07 QA12 QA21 QA22 QA25 QA26 QA32 QA34
QA41 QA42 QA45 RA04 RA05 RA13 RA35
2K103 AA05 AA07 AB10 BA01 BC27 BC28 BC30 BC50 CA17 CA26