

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6783549号
(P6783549)

(45) 発行日 令和2年11月11日(2020.11.11)

(24) 登録日 令和2年10月26日(2020.10.26)

(51) Int.Cl.

G O 2 B 13/00 (2006.01)

F I

G O 2 B 13/00

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2016-100251 (P2016-100251)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成28年5月19日 (2016.5.19)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-207646 (P2017-207646A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成29年11月24日 (2017.11.24)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	令和1年5月13日 (2019.5.13)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	中野 正嗣
			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	岡田 弘
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 光学系及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される光学系であって、

材料の波長400nmにおける屈折率をNs、前記材料の波長1050nmにおける屈折率をNm、前記材料の波長1700nmにおける屈折率をNlとし、前記材料の部分分散比IR及びアッペ数IRを各々

$$IR = (Ns - Nm) / (Ns - Nl)$$

$$IR = (Nm - 1) / (Ns - Nl)$$

とし、前記第2レンズ群に含まれる正レンズの材料の部分分散比IRの平均値をIR (G2p)AVE、前記第2レンズ群に含まれる負レンズの材料の部分分散比IRの平均値をIR (G2n)AVE、前記第2レンズ群に含まれる正レンズの材料のアッペ数IRの平均値をIR (G2p)AVE、波長1050nmにおける前記光学系のバックフォーカス及び焦点距離を各々BF及びFとするとき、

$$-0.015 < IR (G2p)AVE - IR (G2n)AVE < 0.015$$

$$18.0 < IR (G2p)AVE$$

$$1.0 < BF / F$$

なる条件式を満足することを特徴とする光学系。

【請求項2】

前記第1レンズ群に含まれる正レンズの材料の部分分散比IRの平均値をIR (G

10

20

$1 p) AVE$ 、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの材料の部分分散比 IR の平均値を $IR_{(G1n)AVE}$ とするとき、

$$-0.015 < IR_{(G1p)AVE} - IR_{(G1n)AVE} < 0.015$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載の光学系。

【請求項3】

物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される光学系であって、

材料の波長400nmにおける屈折率を Ns 、前記材料の波長1050nmにおける屈折率を Nm 、前記材料の波長1700nmにおける屈折率を Nl とし、前記材料の部分分散比 IR を

$$IR = (Ns - Nm) / (Ns - Nl)$$

とし、前記第1レンズ群に含まれる正レンズの材料の部分分散比 IR の平均値を $IR_{(G1p)AVE}$ 、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの材料の部分分散比 IR の平均値を $IR_{(G1n)AVE}$ 、前記第2レンズ群に含まれる正レンズの材料の部分分散比 IR の平均値を $IR_{(G2p)AVE}$ 、前記第2レンズ群に含まれる負レンズの材料の部分分散比 IR の平均値を $IR_{(G2n)AVE}$ 、波長1050nmにおける前記光学系のバックフォーカス及び焦点距離を各々 BF 及び F とするとき、

$$-0.015 < IR_{(G1p)AVE} - IR_{(G1n)AVE} < 0.015$$

$$-0.015 < IR_{(G2p)AVE} - IR_{(G2n)AVE} < 0.015$$

$$1.0 < BF / F$$

なる条件式を満足することを特徴とする光学系。

【請求項4】

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された正レンズと負レンズが接合されて成る接合レンズと、物体側から像側へ順に配置された負レンズと正レンズが接合されて成る接合レンズとを含むことを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項に記載の光学系。

【請求項5】

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された負レンズと正レンズと負レンズが接合されて成る接合レンズと、物体側から像側へ順に配置された負レンズと正レンズが接合されて成る接合レンズとを含むことを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項に記載の光学系。

【請求項6】

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された正レンズと負レンズが接合されて成る接合レンズを含むことを特徴とする請求項1乃至5の何れか一項に記載の光学系。

【請求項7】

単焦点レンズであることを特徴とする請求項1乃至6の何れか一項に記載の光学系。

【請求項8】

請求項1乃至7の何れか一項に記載の光学系と、該光学系によって形成される像を受光する撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項9】

前記撮像素子の有効撮像範囲の対角線の長さの半値を H とするとき、

$$0.2 < H / F$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項8に記載の撮像装置。

【請求項10】

前記光学系と像面との間に配置されるプリズムを有することを特徴とする請求項8又は9に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光学系に関し、特に、監視カメラ、デジタルカメラ、ビデオカメラ、放送用カメラ等の撮像装置に用いる撮像光学系として好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、監視カメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系は広画角であること、また昼夜の撮影において良好な光学性能が得られること等が要望されている。一般的に監視カメラは、昼間の撮影には可視光を使用し、夜間の撮影には近赤外光を使用している。近赤外光を使用すると、例えば視界の良くない濃霧時においては可視光よりも散乱の影響が少ない状態で撮影することができるという特徴がある。そのため、監視カメラに使用される撮像光学系には、可視域から近赤外域までの広い波長域で収差補正されていることが要望されている。

【0003】

10

従来、可視域から近赤外域までの広い波長域で収差補正を行った監視カメラに好適な撮像光学系が知られている（特許文献1、2）。特許文献1は物体側から像側へ順に、負の屈折力の前群レンズ、開口絞り、正の屈折力の後群レンズより構成され、可視域から近赤外域において収差補正を行った可視光近赤外用単焦点レンズを開示している。特許文献2は正又は負の屈折力の第1群、正の屈折力の第2群、正又は負の屈折力の第3群より構成され、可視域から近赤外域までの広波長域にわたり色収差を良好に補正した中望遠型の撮影レンズを開示している。

【0004】

この他、可視域から近赤外域の広い波長域にわたり、諸収差を良好に補正した光学系として、顕微鏡対物レンズが知られている（特許文献3）。特許文献3では物体側から像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群と正の屈折力の第2レンズ群より構成され、第2レンズ群を構成するレンズの材料を適切に設定して広い波長域にわたり色収差を良好に補正した顕微鏡対物レンズを開示している。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-354829号公報

【特許文献2】特開2011-128273号公報

【特許文献3】特開平04-26813号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

監視カメラ用の撮像光学系において、夜間の撮影には多くの場合、近赤外光が利用される。しかしながら、新月近くの月明かりが非常に少ない場合や、月が雲に隠れている場合等、近赤外光において十分な光量を得られないことがある。一方で、太陽光によって大気中の水酸化イオンが励起された後、ナイトグローと呼ばれる光（ピーク波長 $1.6\mu\text{m}$ ）が放出される。この光を利用すると、月明かりがない場合でも良好な撮影が容易となる。

【0007】

監視カメラ用の撮像光学系において、広画角でしかも可視領域から近赤外領域に至る広い波長範囲にわたり良好な光学性能を得るには、撮像光学系を構成するレンズ構成を適切に設定することが重要になってくる。例えば、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群を有する撮像光学系では、第2レンズ群を構成するレンズの材料を適切に設定することが広い波長域にわたり色収差を良好に補正するのに重要になってくる。

40

【0008】

例えば特許文献1に開示されている可視光近赤外用単焦点レンズは、可視領域から波長約 $1\mu\text{m}$ までの色収差は補正されているものの、波長 $1.6\mu\text{m}$ 程度の近赤外域まで収差補正が必ずしも十分ではない。特許文献2の中望遠型の撮影レンズは監視カメラ用の撮像光学系としては撮像画角が必ずしも十分でない。特許文献3の顕微鏡対物レンズは監視カメラ用の撮像光学系に適用したとき撮像画角が必ずしも十分でない。

50

【 0 0 0 9 】

本発明は、可視域から近赤外域までの広い波長域の光に対して、良好な結像性能を備えた大口径比で広画角の光学系の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明の一側面としての光学系は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される光学系であって、

材料の波長400nmにおける屈折率を N_s 、前記材料の波長1050nmにおける屈折率を N_m 、前記材料の波長1700nmにおける屈折率を N_l とし、前記材料の部分分散比 $I R$ 及びアッペ数 $I R$ を各々

$$I R = (N_s - N_m) / (N_s - N_l)$$

$$I R = (N_m - 1) / (N_s - N_l)$$

とし、前記第2レンズ群に含まれる正レンズの材料の部分分散比 $I R$ の平均値を $I R_{(G2p)AVE}$ 、前記第2レンズ群に含まれる負レンズの材料の部分分散比 $I R$ の平均値を $I R_{(G2n)AVE}$ 、前記第2レンズ群に含まれる正レンズの材料のアッペ数 $I R$ の平均値を $I R_{(G2p)AVE}$ 、波長1050nmにおける前記光学系のバックフォーカス及び焦点距離を各々 $B F$ 及び F とすると、

$$-0.015 < I R_{(G2p)AVE} - I R_{(G2n)AVE} < 0.015$$

$$18.0 < I R_{(G2p)AVE}$$

$$1.0 < B F / F$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、可視域から近赤外光全域にわたって諸収差を良好に補正した高い光学性能を有する大口径比で広画角の光学系が得られる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図1】実施例1の光学系のレンズ断面図

【図2】(A)、(B) 実施例1の光学系の諸収差図

【図3】実施例2の光学系のレンズ断面図

【図4】(A)、(B) 実施例2の光学系の諸収差図

【図5】実施例3の光学系のレンズ断面図

【図6】(A)、(B) 実施例3の光学系の諸収差図

【図7】本発明の撮像装置の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下、本発明の光学系の実施形態について説明する。本発明の光学系は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される。

【 0 0 1 4 】

図1は、本発明の実施例1の光学系の無限遠に合焦したときのレンズ断面図である。図2は、実施例1の光学系の無限遠に合焦したときの収差図である。収差補正された波長域は波長400nm～波長1700nmである。図3は、本発明の実施例2の光学系の無限遠に合焦したときのレンズ断面図である。図4は、実施例2の光学系の無限遠に合焦したときの収差図である。収差補正された波長域は波長400nm～波長1700nmである。

【 0 0 1 5 】

図5は、本発明の実施例3の光学系の無限遠に合焦したときのレンズ断面図である。図6は、実施例3の光学系の無限遠に合焦したときの収差図である。収差補正された波長域は波長400nm～波長1700nmである。図7は本発明の光学系を有する撮像装置の

要部概略図である。

【0016】

各レンズ断面図において、左方が被写体側（物体側）、右方が像側である。レンズ断面図においてL0は光学系、G1は負の屈折力の第1レンズ群、STOPは開口絞り、G2は正の屈折力の第2レンズ群である。CGは光学フィルター等に相当する光学ブロックである。IMGは像面であり、CCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）が配置される。

【0017】

各収差図のうち球面収差図においては、波長1700nm、波長1050nm、波長587nm（d線）、波長435nm（g線）に関する収差を示している。非点収差図においては、mは波長587nmにおけるメリディオナル像面、Sは波長587nmにおけるサジタル像面を表している。歪曲収差は波長587nmに関する値である。以下、断りがない限り、レンズ構成は物体側から像側へ順に配置されている順に説明する。

【0018】

本実施形態に係る光学系L0は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りSTOP、正の屈折力の第2レンズ群G2より構成されている。フォーカシングは光学系L0の全体を移動させることによって行われる。各実施例において、光学系L0の波長1050nmにおけるバックフォーカスと焦点距離を各々BF、Fとする。材料の波長400nmに対する屈折率をNs、材料の波長1050nmに対する屈折率をNm、材料の波長1700nmに対する屈折率をNlとし、材料の部分分散比IRを

$$IR = (Ns - Nm) / (Ns - Nl) \quad \cdots (X1)$$

とする。

【0019】

第2レンズ群G2に含まれる正レンズの材料の部分分散比の平均値を $IR(G2p)_{AVE}$ とする。第2レンズ群G2に含まれる負レンズの材料の部分分散比の平均値を $IR(G2n)_{AVE}$ とする。このとき、

$$-0.015 < IR(G2p)_{AVE} - IR(G2n)_{AVE} < 0.015 \quad \cdots (1)$$

$$1.0 < BF / F \quad \cdots (2)$$

なる条件式を満足する。

【0020】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(1)は、可視域から近赤外域の広い波長域に渡って軸上色収差及び倍率色収差を良好に補正するためのものである。

【0021】

特に条件式(1)は、第2レンズ群G2に含まれる正レンズと負レンズで波長400nmと波長1700nmの軸上色収差と倍率色収差を補正しつつ、その際に発生する波長1050nmにおける軸上色収差量と倍率色収差量を推定するため指標である。つまり、2次スペクトルを推定するための指標である。正レンズと負レンズの組合せでは、この指標が小さいほど2次スペクトル量は小さくなる。そのため、条件式(1)の範囲を満たすことで2次スペクトルを低減し、可視域から近赤外域の広い波長域に渡って色収差を良好に補正している。

【0022】

条件式(1)において下限を下回ると、或いは上限を上回ると、第2レンズ群G2において軸上色収差と倍率色収差の2次スペクトルの発生が増大し、結像性能が低下してくるので良くない。条件式(2)は、波長1050nmにおけるバックフォーカスBFと焦点距離Fとの比に関する。条件式(2)において下限を下回ると、バックフォーカスBFが短くなりすぎて、波長分岐用のプリズム等を挿入する場合、挿入する空間を確保することが困難となる。更に好ましくは条件式(1)、(2)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0023】

- $0.014 < \text{IR}(\text{G}2\text{p})_{\text{AVE}} - \text{IR}(\text{G}2\text{n})_{\text{AVE}} < 0.010 \cdots (1a)$
 $1.02 < \text{BF}/F \cdots (2a)$

【0024】

本発明によれば、以上のように各要素を特定することにより、可視域から近赤外域（波長400～1700nm）までの広い波長域の光に対して良好な結像性能を備え、また大口径比で広画角かつバックフォーカスの長い光学系を得ている。

【0025】

各実施例において、更に好ましくは次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。

材料のアッペ数 IR を

$$\text{IR} = (\text{Nm} - 1) / (\text{Ns} - \text{Nl}) \cdots (X2)$$

とする。第2レンズ群G2に含まれる正レンズの材料のアッペ数 IR の平均値を $\text{IR}(\text{G}2\text{p})_{\text{AVE}}$ とする。第1レンズ群G1に含まれる正レンズの部分分散比 IR の平均値を $\text{IR}(\text{G}1\text{p})_{\text{AVE}}$ とする。第1レンズ群に含まれる負レンズの部分分散比 IR の平均値を $\text{IR}(\text{G}1\text{n})_{\text{AVE}}$ とする。

【0026】

本実施例の光学系を、撮像素子を有する撮像装置に用いたときの撮像素子の有効撮像範囲の対角線の長さの半値（最大像高）をHとする。このとき、次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。

$$18.0 < \text{IR}(\text{G}2\text{p})_{\text{AVE}} \cdots (3)$$

$$-0.015 < \text{IR}(\text{G}1\text{p})_{\text{AVE}} - \text{IR}(\text{G}1\text{n})_{\text{AVE}} < 0.015 \cdots (4)$$

$$0.2 < H/F \cdots (5)$$

【0027】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(3)は、第2レンズ群G2に含まれる全ての正レンズの材料のアッペ数の平均値に関し、諸収差を良好に補正するためのものである。条件式(3)において下限を下回ると、第2レンズ群G2に含まれる正レンズの屈折力及び負レンズの屈折力が増大するため、高次収差が多く発生する。また、第2レンズ群G2より軸上色収差と倍率色収差が多く発生し、これらの諸収差の補正が困難となる。

【0028】

本発明における光学系L0では、第1レンズ群G1は、正レンズと負レンズが隣接配置した部分系L1を有している。このとき条件式(4)は第1レンズ群G1に含まれる正レンズの材料と負レンズの材料の部分分散比に関する。条件式(4)において下限を下回ると、或いは上限を上回ると、第1レンズ群G1より軸上色収差と倍率色収差の2次スペクトルが多く発生し、光学性能が低下してくる。以上の構成をとることにより、本発明によれば、可視域から近赤外域の広い波長域に亘って諸収差を良好に補正した光学系が得られる。

【0029】

条件式(5)は本発明の光学系を有する撮像装置に適用したときの撮像素子の有効画面の半分と焦点距離との比に関する。条件式(5)において下限を下回ると、撮像素子の撮像面の大きさが小さくなりすぎて、監視目的の監視カメラの場合では、観察エリア（撮像画角）が狭くなってくるので良くない。更に好ましくは条件式(3)乃至(5)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0030】

$$20.0 < \text{IR}(\text{G}2\text{p})_{\text{AVE}} \cdots (3a)$$

$$-0.013 < \text{IR}(\text{G}1\text{p})_{\text{AVE}} - \text{IR}(\text{G}1\text{n})_{\text{AVE}} < 0.013 \cdots (4a)$$

$$0.3 < H/F \cdots (5a)$$

【0031】

各実施例において第2レンズ群G2は物体側から像側へ順に配置された正レンズと負レ

10

20

30

40

50

レンズを隣接した接合レンズ、負レンズと正レンズを接合した接合レンズを含むことが良い。この他、負レンズと正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、負レンズと正レンズを接合した接合レンズを含むことが良い。また第1レンズ群G1は物体側から像側へ順に正レンズと負レンズを接合した接合レンズを含むことが良い。

【0032】

次に各実施例の光学系のレンズ構成について説明する。

[実施例1]

実施例1の光学系L0について説明する。実施例1の光学系L0は物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群G1、所定の口径を決める開口絞りSTOP、正の屈折力の第2レンズ群G2より構成される。第2レンズ群G2と像面IMGの間には光学ブロックCGが配置される。この光学ブロックCGに関しては、必要のない場合は省略できる。

10

【0033】

第1レンズ群G1は、物体側から像側へ順に正の屈折力のレンズL11、負の屈折力のレンズL12と、負の屈折力のレンズL13、正の屈折力のレンズL14の4枚のレンズで構成されている。負レンズL11と正レンズL12は接合されて接合レンズG1aを構成している。第2レンズ群G2は、物体側から像側へ順に次のレンズよりなっている。正の屈折力のレンズL21、負の屈折力のレンズL22、正の屈折力のレンズL23、負の屈折力のレンズL24、負の屈折力のレンズL25、正の屈折力のレンズL26、負の屈折力のレンズL27、正の屈折力のレンズL28の8枚のレンズで構成される。

20

【0034】

正レンズL23と負レンズL24は接合され、接合レンズG2aを構成し、負レンズL25と正レンズL26は接合され接合レンズG2bを構成し、負レンズL27と正レンズL28は接合されて接合レンズG2cを構成している。

【0035】

[実施例2]

実施例2の光学系L0について説明する。実施例2の光学系L0は物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群G1、所定の口径を決める開口絞りSTOP、正の屈折力の第2レンズ群G2より構成される。第2レンズ群G2と像面IMGの間には波長分岐用の光学プリズムPrismが配置され、波長選択が行われている。波長分岐された一方の光は、像面IMG1上に結像し、他方は像面IMG2上で像を形成する。

30

【0036】

光学プリズムPrismと像面IMG1との間には光学ブロックCG1が配置され、光学プリズムPrismと像面IMG2の間には光学ブロックCG2が配置される。この光学ブロックCG1及び光学ブロックCG2に関しては、必要のない場合は省略できる。第1レンズ群G1は、物体側から像側へ順に、正の屈折力のレンズL11、負の屈折力のレンズL12、負の屈折力のL13、正の屈折力のレンズL14、負の屈折力のレンズL15の5枚のレンズで構成されている。負レンズL11と正レンズL12は接合されて接合レンズG1aを構成している。

40

【0037】

第2レンズ群G2は、物体側から像側へ順に、次のレンズよりなっている。負の屈折力のレンズL21、正の屈折力のレンズL22、負の屈折力のレンズL23、正の屈折力のレンズL24、負の屈折力のレンズL25、負の屈折力のレンズL26、正の屈折力のレンズL27の7枚のレンズで構成されている。負レンズL23と正レンズL24と負レンズL25は接合された接合レンズG2aを構成し、負レンズL26と正レンズL27は接合された接合レンズG2bを構成している。

【0038】

[実施例3]

実施例3の光学系L0について説明する。実施例3の光学系L0は物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群G1、所定の口径を決める開口絞りSTOP、

50

正の屈折力の第2レンズ群G2より構成される。第2レンズ群G2と像面IMGの間には光学ブロックCGが配置される。この光学ブロックCGに関しては、必要のない場合は省略できる。

【0039】

第1レンズ群G1は、物体側から像側へ順に、正の屈折力のレンズL11、負の屈折力のレンズL12、負の屈折力のレンズL13、正の屈折力のレンズL14、負の屈折力のレンズL15の5枚のレンズで構成されている。正レンズL11と負レンズL12は接合されて、接合レンズG1aを構成している。

【0040】

第2レンズ群G2は、物体側から像側へ順に次のレンズよりなっている。負の屈折力のレンズL21、正の屈折力のレンズL22、負の屈折力のレンズL23、正の屈折力のレンズL24、負の屈折力のレンズL25、正の屈折力のレンズL26の6枚のレンズで構成されている。負レンズL21と正レンズL22は接合されて接合レンズG2aを構成し、負レンズL23と正レンズL24と負レンズL25は接合されて接合レンズG2bを構成している。

【0041】

次に本発明の光学系を用いた監視カメラ（撮像装置）の実施例を、図7を用いて説明する。図7において、30は監視カメラ本体、31は実施例1乃至3で説明したいずれかの光学系によって構成された撮像光学系である。32はカメラ本体に内蔵され、光学系31によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の撮像素子（光電変換素子）である。33は撮像素子32によって光電変換された被写体像に対応する情報を記録するメモリである。34は撮影した撮像素子32によって光電変換された被写体像を転送するためのネットワークケーブルである。

【0042】

以下に、実施例1乃至3にそれぞれ対応する数値データを示す。各数値データにおいて、 i は物体側からの面の順番を示し、 r_i は第 i 番目（第 i 面）の面の曲率半径（単位：mm）、 d_i は第 i 面と第 $(i+1)$ 面との間の間隔（単位：mm）である。 nd_i 、 d_i はそれぞれd線（波長587.6nm）を基準とした第 i 番目の光学部材の材料の屈折率、アッペ数を示す。各数値データにおける像高は、最大像高（単位：mm）であり、撮像素子の有効撮像範囲の対角線の長さの半値に対応する。

【0043】

d線基準のアッペ数 d は、波長486nmでの材料の屈折率を N_F 、波長587.6nmでの材料の屈折率を N_d 、波長656nmでの材料の屈折率を N_c とすると、

$$d = (N_d - 1) / (N_F - N_c)$$

である。

【0044】

部分分散比 I_R は前述した式(X1)で定義されるものである。アッペ数 I_R は前述した式(X2)で定義されるものである。数値データ1、3における最も像側の2つの面、数値データ2における像側の4つの面は光学ブロック（ガラス部材）に相当する平面である。ガラス部材の波長1050nmに対する屈折率は1.50638である。焦点距離とバックフォーカスBFは波長1050nmにおける値である。また、前述の各条件式と実施例における諸数値との関係を表1に示す。

【0045】

[数値データ1]

面番号	r	d	nd	d	I_R	I_R
1	44.740	8.30	1.77250	49.60	13.12	0.7963
2	-98.367	2.50	1.57135	52.95	14.23	0.8060
3	16.083	8.58				
4	-29.751	1.50	1.65844	50.88	13.79	0.8115
5	33.051	3.77				

6	-151.536	8.08	1.80100	34.97	9.61	0.8379
7	-32.662	19.85				
8(絞リ)		0.50				
9	46.877	9.70	1.49700	81.55	21.45	0.7835
10	-46.877	8.86				
11	277.614	2.00	1.61340	44.27	11.68	0.8007
12	32.139	3.73				
13	60.316	13.78	1.43875	94.95	24.78	0.7771
14	-18.709	2.00	1.61340	44.27	11.68	0.8007
15	-52.098	0.15				
16	52.392	2.00	1.61340	44.27	11.68	0.8007
17	28.844	10.55	1.59522	67.74	18.36	0.8042
18	-62.106	0.15				
19	37.790	2.00	1.51633	64.14	15.81	0.7493
20	17.487	11.00	1.43875	94.95	24.78	0.7771
21	119.675	19.02				
22		0.50	1.51633	64.14	15.81	0.7493
23		1.43				

23 (像面)

10

20

焦点距離 18.52
 Fno 1.20
 像高 8.2
 BF 20.78

【 0 0 4 6 】

[数値データ 2]

面番号	r	d	nd	d	IR	IR
1	24.860	10.00	1.74100	52.64	13.66	0.7828
2	-51.070	1.00	1.64850	53.02	14.18	0.8030
3	13.249	3.26				
4	-117.854	1.00	1.64850	53.02	14.18	0.8030
5	16.150	1.92				
6	139.885	5.00	1.79952	42.23	11.55	0.8235
7	-26.679	2.64				
8	-14.086	7.00	1.75700	47.82	12.62	0.7971
9	-17.407	6.00				
10(絞リ)		0.97				
11	42.208	3.00	1.51633	64.14	15.81	0.7493
12	22.786	7.96				
13	49.524	10.00	1.49700	81.55	21.45	0.7835
14	-23.795	0.15				
15	93.809	1.00	1.61340	44.27	11.68	0.8007
16	22.796	10.00	1.49700	81.55	21.45	0.7835
17	-19.427	1.00	1.61340	44.27	11.68	0.8007
18	-58.668	0.15				
19	30.859	1.00	1.64000	60.08	14.81	0.7505
20	16.853	9.45	1.49700	81.55	21.45	0.7835
21	-330.628	0.50				
22		24.00	1.51633	64.14	15.81	0.7493

30

40

50

23 1.00
 24 1.00 1.51633 64.14 15.81 0.7493
 25 1.00
 26 (像 高)

焦点距離 18.53
 Fno 1.40
 像高 8.0
 BF 19.10

10

【 0 0 4 7 】

[数 値 デ ー タ 3]

面番号	r	d	nd	d	IR	IR
1	22.959	7.07	1.72916	54.68	14.07	0.7769
2	-55.794	1.00	1.61405	54.99	14.61	0.7974
3	12.536	5.22				
4	-32.779	1.00	1.61405	54.99	14.61	0.7974
5	17.401	3.35				
6	353.694	3.00	1.80610	40.93	11.22	0.8268
7	-27.690	12.23				
8	-17.606	9.34	1.76200	40.10	11.10	0.8362
9	-20.534	1.00				
10(絞リ)		0.15				
11	23.361	2.00	1.75700	47.82	12.62	0.7971
12	16.668	10.00	1.49700	8.15	21.45	0.7835
13	-36.133	0.15				
14	205.961	1.00	1.75700	47.82	12.62	0.7971
15	15.640	10.00	1.49700	81.55	21.45	0.7835
16	-15.695	1.00	1.75700	47.82	12.62	0.7971
17	-51.136	0.50				
18	32.351	7.50	1.49700	81.55	21.45	0.7835
19	-53.781	20.00				
20		2.00	1.51633	64.14	15.81	0.7493
21		2.48				
22 (像 高)						

20

30

焦点距離 18.74
 Fno 1.40
 像高 7.5
 BF 23.84

40

【 0 0 4 8 】

【表 1】

表 1

条件式	パラメータ	実施例 1	実施例 2	実施例 3
	$\theta \text{ IR}(\text{G2p})_{\text{AVE}}$	0.7854	0.7835	0.7835
	$\theta \text{ IR}(\text{G2n})_{\text{AVE}}$	0.7878	0.7753	0.7971
	BF	20.78	19.10	23.84
	F	18.52	18.53	18.74
	$\nu \text{ IR}(\text{G2p})_{\text{AVE}}$	22.34	21.45	21.45
	$\theta \text{ IR}(\text{G1p})_{\text{AVE}}$	0.8171	0.8031	0.8018
	$\theta \text{ IR}(\text{G1n})_{\text{AVE}}$	0.8087	0.8010	0.8103
	H	8.2	8.0	7.5
(1) $\theta \text{ IR}(\text{G2p})_{\text{AVE}} - \theta \text{ IR}(\text{G2n})_{\text{AVE}}$		-0.0024	0.0082	-0.0136
(2) BF/F		1.13	1.03	1.29
(3) $\nu \text{ IR}(\text{G2p})_{\text{AVE}}$		22.34	21.45	21.45
(4) $\theta \text{ IR}(\text{G1p})_{\text{AVE}} - \theta \text{ IR}(\text{G1n})_{\text{AVE}}$		0.0084	0.0021	-0.0085
(5) H/F		0.44	0.43	0.40

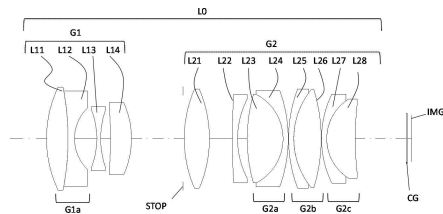
【符号の説明】

【0049】

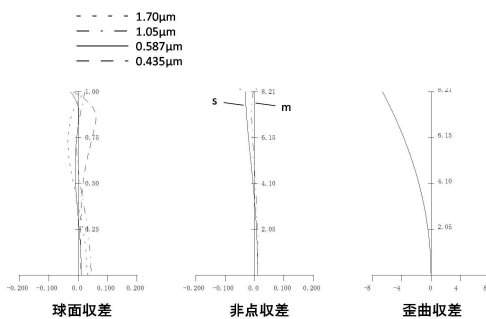
L 0 光学系 G 1 第 1 レンズ群 G 2 第 2 レンズ群
 S T O P 開口絞り L 1 部分系 L 2 部分系

10

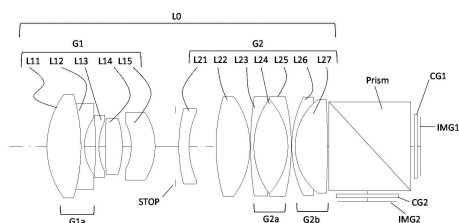
【図 1】



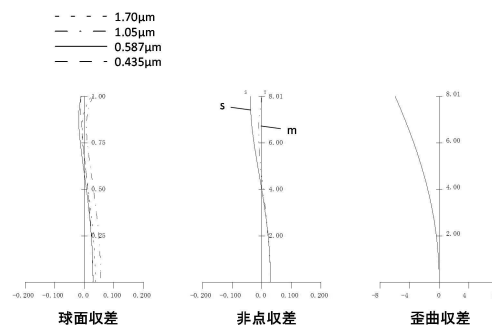
【図 2】



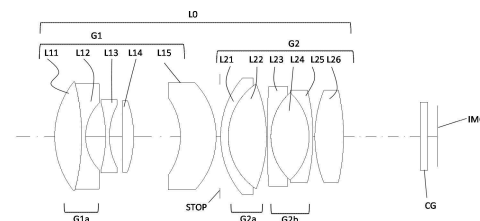
【図 3】



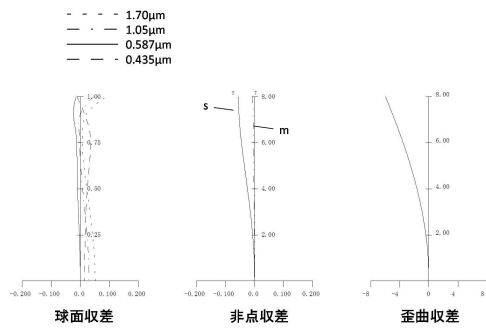
【図 4】



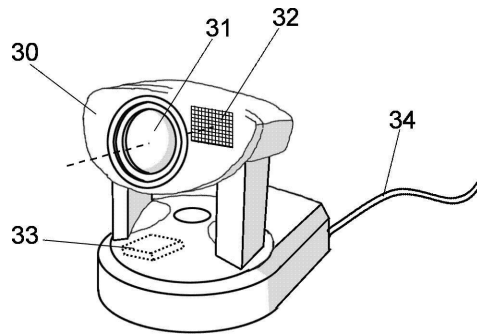
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2016-018061(JP,A)
特開2006-058840(JP,A)
特開2001-201689(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	9/00 - 17/08
G02B	21/02 - 21/04
G02B	25/00 - 25/04