

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7328025号

(P7328025)

(45)発行日 令和5年8月16日(2023.8.16)

(24)登録日 令和5年8月7日(2023.8.7)

(51)国際特許分類

F I

G 0 3 B 17/12 (2021.01)

G 0 3 B

17/12

A

G 0 2 B 13/00 (2006.01)

G 0 2 B

13/00

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

G 0 2 B

13/18

G 0 2 B 7/02 (2021.01)

G 0 2 B

7/02

Z

G 0 3 B 11/00 (2021.01)

G 0 3 B

11/00

請求項の数 14 (全13頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2019-120228(P2019-120228)

(22)出願日 令和1年6月27日(2019.6.27)

(65)公開番号 特開2021-5056(P2021-5056A)

(43)公開日 令和3年1月14日(2021.1.14)

審査請求日 令和4年6月20日(2022.6.20)

(73)特許権者 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 中村 翼

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 殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学装置、およびそれを備える撮像システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体の第1及び第2の像を形成する第1及び第2の結像部を備えるレンズ部と、
前記第1及び第2の結像部の少なくとも一方の光軸上に配置されたフィルタを備え、前記第1及び第2の像をなす光の特性を互いに異ならせるフィルタ部とを有し、
前記第1及び第2の像は、共通の視野絞りに対応しており、
前記第1及び第2の結像部の画角は、互いに等しく、
前記第1及び第2の結像部の焦点距離は、互いに異なり、
前記第1及び第2の結像部のF値は、互いに異なり、
前記第1の結像部の焦点距離、開口の面積、および該開口の単位面積あたりの透過率をそれぞれ f_1 、 S_1 、および T_{r1} 、前記第2の結像部の焦点距離、開口の面積、および該開口の単位面積あたりの透過率をそれぞれ f_2 、 S_2 、および T_{r2} とし、

$$T_{no1} = f_1 / \sqrt{(4 / \pi \times S_1 \times T_{r1})}$$

$$T_{no2} = f_2 / \sqrt{(4 / \pi \times S_2 \times T_{r2})}$$

とするとき、 T_{no1} 及び T_{no2} の値が互いに異なることを特徴とする光学装置。

【請求項2】

前記第1及び第2の結像部は、前記第1及び第2の像を同一の像面に形成することを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【請求項3】

前記レンズ部に入射する光は平行光であることを特徴とする請求項1又は2に記載の光

10

20

学装置。

【請求項 4】

前記第 1 の結像部は、像面の第 1 の像区画に前記第 1 の像を形成し、

前記第 2 の結像部は、前記像面の前記第 1 の像区画に隣接する第 2 の像区画に前記第 2 の像を形成し、

前記第 1 の結像部の光軸から前記第 1 の結像部の最も物体側の面の有効範囲までの距離の最大値は、前記第 1 の結像部の光軸から前記第 1 の像区画までの距離の最小値よりも小さく、

前記第 2 の結像部の光軸から前記第 2 の結像部の最も物体側の面の有効範囲までの距離の最大値は、前記第 2 の結像部の光軸から前記第 2 の像区画までの距離の最小値よりも大きいことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の光学装置。

10

【請求項 5】

前記レンズ部は、第 3 の像を形成する第 3 の結像部、および第 4 の像を形成する第 4 の結像部を備え、

前記フィルタ部は、前記第 3 の結像部、および前記第 4 の結像部のそれぞれの光軸上に配置されたフィルタを備え、前記第 1 から第 4 の像をなすそれぞれの光の特性を異ならせることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 6】

前記フィルタ部が備えるフィルタは、入射光の波長を変化させることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の光学装置。

20

【請求項 7】

前記フィルタ部が備えるフィルタは、入射光の偏光の状態を変化させることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 8】

前記レンズ部より物体側に配置され、前記第 1 及び第 2 の結像部に対して共通のコリメート光学系を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 9】

前記コリメート光学系より物体側に配置された対物レンズを更に有することを特徴とする請求項 8 に記載の光学装置。

【請求項 10】

30

前記レンズ部より物体側に配置され、前記第 1 及び第 2 の結像部に対して共通の対物レンズを更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 11】

前記第 1 の結像部は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力を有するレンズ群、負の屈折力を有するレンズ群からなり、

前記第 2 の結像部は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力を有するレンズ群、負の屈折力を有するレンズ群からなることを特徴とする請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 12】

撮像装置に着脱可能であることを特徴とする請求項 1 乃至 11 の何れか 1 項に記載の光学装置。

40

【請求項 13】

前記フィルタは、対応する結像部を通過する全ての光を受光することを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 14】

請求項 1 乃至 13 の何れか 1 項に記載の光学装置と、

該光学装置が装着される撮像装置とを備えることを特徴とする撮像システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、光学装置、およびそれを備える撮像システムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、人間の視覚特性に合わせたRGBの3つのバンド（波長帯域）情報に加え、可視域や非可視域のバンド情報を取得可能なカメラを用いて、被写体の組成を分析したり、人間が視認しにくい物体を高精度に弁別したりする方法が提案されている。

【0003】

撮像素子として一般的に利用されるシリコンセンサーは、設計中心波長から離れた波長の光に対する信号感度が低下する特性を有する。そのため、それぞれが異なる波長成分の光から形成された複数の像を一つの撮像素子で同時に光電変換する場合、取得信号の強度に分布が発生し、低感度側の波長成分の光に対応する取得信号のダイナミックレンジが狭くなってしまう。

10

【0004】

特許文献1では、バンドパスフィルタの透過率を調整することで、取得信号の強度を描えるカメラが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特許第6123213号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1のカメラでは、信号感度の高い可視域の光に対応するバンドパスフィルタの透過率を下げることで入射光の強度を低下させるため、入射光に対する光利用効率が低下してしまう。

【0007】

本発明は、入射光の強度の低下を抑制しつつ波長ごとの取得信号のバランスを調整可能な光学装置、およびそれを備える撮像システム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】

【0008】

30

本発明の一側面としての光学装置は、物体の第1及び第2の像を形成する第1及び第2の結像部を備えるレンズ部と、第1及び第2の結像部の少なくとも一方の光軸上に配置されたフィルタを備え、第1及び第2の像をなす光の特性を互いに異ならせるフィルタ部とを有し、第1及び第2の像は、共通の視野絞りに対応しており、第1及び第2の結像部の画角は、互いに等しく、第1及び第2の結像部の焦点距離は、互いに異なり、第1及び第2の結像部のF値は、互いに異なり、第1の結像部の焦点距離、開口の面積、および該開口の単位面積あたりの透過率をそれぞれf1、S1、およびTr1、第2の結像部の焦点距離、開口の面積、および該開口の単位面積あたりの透過率をそれぞれf2、S2、およびTr2とし、

$$Tno1 = f1 / \sqrt{(4 / \pi \times S1 \times Tr1)}$$

40

$$Tno2 = f2 / \sqrt{(4 / \pi \times S2 \times Tr2)}$$

とするとき、Tno1及びTno2の値が互いに異なることを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、入射光の強度の低下を抑制可能であるとともに、波長ごとの取得信号のバランスを調整可能な光学装置、およびそれを備える撮像システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施形態に係る撮像システムの説明図である。

50

【図 2】一般的なレンズアレイ設計の課題の説明図である。

【図 3】実施例 1 のレンズアレイ設計の説明図である。

【図 4】実施例 1 の撮像面の正面図である。

【図 5】実施例 2 のレンズアレイ設計の説明図である。

【図 6】実施例 3 のレンズアレイ設計の説明図である。

【図 7】実施例 4 のレンズアレイ設計の説明図である。

【図 8】実施例 5 の撮像面を正面から見たときの図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施形態について、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。

【0012】

まず、本発明の基本構成について説明する。以下に説明する基本構成は、後述する各実施例においても共通の構成である。

【0013】

図 1 は、本発明の実施形態に係る撮像システム 100 の説明図である。図 1 (a) は、撮像システム 100 の断面図である。図 1 (b) は、カメラ本体 1 の内部に設けられた撮像センサー 2 の撮像面を正面から見た図である。記号 C は、被写体像を示している。また、記号 C の周りを囲む矩形は、撮像面におけるレンズアレイ 4 が備える複数のレンズ群 (結像部) により形成される像の区画 (像区画) IB を模式的に示している。

【0014】

アレイユニット (光学装置) 3 は、レンズアレイ (レンズ部) 4、およびフィルタアレイ (フィルタ部) 5 を有し、カメラ本体 1 に着脱可能に装着される。レンズアレイ 4 は、複数のレンズ群を有し、撮像センサー 2 の撮像面に複数の像 (物体像) を形成する。フィルタアレイ 5 は、レンズアレイ 4 の物体側に配置され、それぞれが異なる光学特性を有する複数のフィルタを備える。光学特性とは、入射光の波長を変化させる特性や、入射光の偏光の状態を変化させる特性である。本実施形態では、フィルタアレイ 5 を設けることで、撮像センサー 2 の撮像面に同一被写体の可視域から近赤外域までの波長ごとの像が同時に形成される。本実施形態では、アレイユニット 3 を差し替えることで、取得バンドを容易に変更することができる。

【0015】

撮像センサー 2 は、本実施形態では 1 枚の大判センサーで構成されているが、像区画 IB 程度の小型の撮像センサーを密に並べて構成されていてもよい。また、撮像センサー 2 の表面は平坦である必要はなく、滑らかさが確保されれば多少曲率を有していてもよい。また、撮像センサー 2 が小型の撮像センサーを並べて構成されている場合、小型の撮像センサーは光軸方向において微調整されていてもよい。これらの場合でも、レンズアレイ 4 が生成する複数の像がある程度滑らかな結像面を共有できるのであれば、それらは“連続した撮像面”とみなすことができる。

【0016】

撮像センサー 2 の撮像面に同時に生成された波長ごとの像を 3 次元 (波長軸) 方向へ重ねることでマルチスペクトル画像を得ることができる。このとき、空間方向の情報がほぼ一致している必要があるため、レンズアレイ 4 によって生成される複数の像が同一のパス (画角) で生成されていることが好ましい。

【0017】

視野絞り 8 は、対物レンズ 9 の結像面位置に配置され、各像の画角を決定する。すなわち、視野絞り 8 は、光学系全系における 1 次結像面として機能する。1 次結像面から後方に射出された光は、コリメートユニット 6 内のコリメートレンズ (コリメート光学系) 7 により平行光化される。コリメートレンズ 7 から射出されたコリメート光束 10 は、レンズアレイ 4 全体の有効径より大きい径を有する。図 1 では、対物レンズ 9 の軸上画角の光束のみ図示しているが、軸外画角の光束においてもコリメート光束 10 はレンズアレイ 4

10

20

30

40

50

の有効径より大きい径を有する。レンズアレイ 4 が備える複数のレンズ群が前段の光学系が作る画角の光束を共通に受けることで、レンズアレイ 4 は空間情報が十分に一致した複数の像を生成することができる。

【 0 0 1 8 】

次に、レンズアレイ 4 が備える複数のレンズ群の設計について説明する。図 2 は、一般的なレンズアレイ設計の課題の説明図である。図 2 では、レンズ群と像区画との組み合わせを、区画 A B (x) で表す。なお、本実施形態では、レンズ群はそれぞれ、1 枚のレンズから構成されているが、複数のレンズから構成されていてもよい。

【 0 0 1 9 】

図 2 (a) は、像区画を等分割した場合の模式図であり、最小単位として隣接する区画 A B (1) , A B (2) の組を示している。区画 A B (1) は、バンドパスフィルタ 5 1 、レンズ群 4 1 、および撮像センサー 2 の分割領域 2 1 を有する。区画 A B (2) は、バンドパスフィルタ 5 2 、レンズ群 4 2 、および撮像センサー 2 の分割領域 2 2 を有する。また、それぞれの像高の基準値を y 、開口 (レンズ群の最も物体側の面の有効範囲) の基準値を ϕ としている。また、レンズ群 4 1 の画角を規定する入射光の最外入射角 ω とレンズ群 4 2 の画角を規定する入射光の最外入射角 ω は等しい。すなわち、レンズ群 4 1 の画角とレンズ群 4 2 の画角は等しい。なお、本実施形態において、画角とは、光学系のイメージサークルの最外周に到達する光の開角のことである。レンズアレイ 4 の断面長は撮像センサー 2 の断面長で規制されるので、各レンズ群の径も撮像センサー 2 を等分割した長さで拘束される。すなわち、 $\phi = 2 y$ の関係式が成立する。

【 0 0 2 0 】

ここで、区画 A B (2) が、撮像センサー 2 の感度が低い近赤外域の区画であるとする。図 2 (b) は、取得信号を上げるために、区画 A B (2) の開口 ϕ を $a \times \phi$ に広げた場合の模式図である。区画 A B (2) では、関係式 $\phi = 2 y$ により、開口の増加に比例して、像高 y は $a \times y$ となる。焦点距離 f と最外入射角 ω の相関関係 ($y = f \times \tan \omega$) により、区画 A B (x) においては以下の式 (1) に示されるように開口を広げてもレンズ群の F 値は変化しない。

【 0 0 2 1 】

$$F = f / \phi = y / (\phi \times \tan \omega) = 1 / (2 \times \tan \omega) \quad (1)$$

式 (1) より最外入射角 ω だけで、レンズ群の F 値の最小値が決定される。例えば、バンドパスフィルタが多層膜を積層して構成される狭帯域フィルタである場合、透過波長の角度依存性を考えると最外入射角 ω をあまり大きくできない。最外入射角 ω が 5 [d e g] 程度と仮定すると、F 値の最小値は 5 . 7 程度に制限される。このため、室内のような暗い撮影環境では、特にシリコンセンサーの感度の低い赤外波長の画像はノイズが多い画像となってしまう。

【 0 0 2 2 】

逆に、感度の高い波長の F 値を大きく (暗く) してバランスを取るために、像高 y を固定したまま開口 ϕ を小さくすれば F 値を上げることができる。しかしながら、バンドパスフィルタの透過率を下げる場合と同様に、光利用効率が低下してしまう。また、単に開口 ϕ を小さくするだけだと、回折現象により解像力が低下してしまう。

【 実施例 1 】

【 0 0 2 3 】

図 3 は、本実施例のレンズアレイ設計の説明図である。図 3 (a) 、および図 3 (b) はそれぞれ、区画の断面図、および被写体側から見た撮像面の正面図 (透過図) である。

【 0 0 2 4 】

本実施例の構成では、レンズアレイ 4 内の各レンズ群の画角を規定する入射光の最外入射角 ω が等しく、かつレンズ群の F 値が異なる。区画 A B (1) では、レンズ群 4 1 の光軸から開口 $\phi (1)$ までの距離の最大値は、レンズ群 4 1 の光軸から像区画 I B (1) までの距離の最小値よりも小さい。また、区画 A B (2) では、レンズ群 4 2 の光軸から開口 $\phi (2)$ までの距離の最大値は、レンズ群 4 2 の光軸から像区画 I B (2) までの距離

の最小値よりも大きい。区画 A B (2) に関しては先述の関係式中 $2 y$ に拘束されておらず、焦点距離 f_2 は焦点距離 f_1 より小さいため、入射光の最外入射角 ω によって拘束されていた F 値を大幅に小さくし、明るさを確保できる。区画 A B (1) に関しては、F 値は区画 A B (2) の F 値より大きく、像区画 I B (1) のサイズは像区画 I B (2) のサイズより大きいいため、高解像の画像を得ることができる。したがって、分光撮像に利用する際は、区画 A B (1) にシリコンセンサーの感度の高い可視域の光を、区画 A B (2) に感度の低い赤外域の光を割り当てれば、取得信号のバランスを取ることができる。また、人間が見える情報である可視域の光に対して解像度を多めに割り当てることで、後段の合成処理の際により自然な解像感を得やすくなる。

【 0 0 2 5 】

10

また、区画 A B (1) , A B (2) の組み合わせを入れ子構造とすれば、レンズアレイ 4 への入射光の利用度をさらに上げることができる。図 4 は、レンズアレイ 4 を入れ子構造とした場合の撮像センサー 2 の撮像面を正面から見た図であり、図 1 (b) の二点鎖線で囲まれた領域の拡大図である。添え字 (1 , 1) , (2 , 2) の区画は図 3 の区画 A B (2) に、添え字 (1 , 2) , (2 , 1) の区画は図 3 の区画 A B (1) に対応している。

【 0 0 2 6 】

隣接する区画 A B (1) , A B (2) では、開口 ϕ (2) が像区画 I B (1) にせり出すように配置しているため、レンズ群をより近接して配置することができる。つまり、レンズアレイ 4 内の単位面積当たりの開口密度を上げることができる。

【 0 0 2 7 】

20

また、コリメート光束 1 0 は必ずしも撮像面の全域を通過する必要はなく、レンズアレイ 4 内の各開口を通過すればよい。したがって、本実施例のようにコリメート光束 1 0 に合わせて略円形にレンズアレイ 4 内の各開口を配置すれば、撮像系 (対物レンズ 9) に入射した入射光の光利用効率をさらに向上させることができる。

【 0 0 2 8 】

なお、本実施例ではレンズ群の開口 ϕ を円形で、像区画を矩形で表しているが、これらの形状に制限されることはない。例えば、開口 ϕ は図示した円の径を 1 辺とした矩形であってもよく、このような形状とすることで開口面積をより確保できるので入射光の光利用効率を向上させることができる。像区画においても同様に、矩形対角を径とした円形や多角形にすることで、センサー面の利用効率を向上させることができる。

30

【 0 0 2 9 】

本実施例の構成によれば、レンズアレイ 4 内の各レンズ群について F 値を大きく変えることができるため、入射光の強度の低下を抑制可能であるとともに、波長ごとの取得信号のバランスを調整可能である。

【 実施例 2 】

【 0 0 3 0 】

図 5 は、本実施例のレンズアレイ設計の説明図である。図 5 (a) 、および図 5 (b) はそれぞれ、区画の断面図、および被写体側から見た撮像面の正面図 (透過図) である。

【 0 0 3 1 】

実施例 1 の構成は、最外入射角 ω が充分小さく、レンズ群間で焦点距離の差も充分小さい場合の構成である。本実施例の構成は、最外入射角 ω が実施例 1 の最外入射角 ω より大きい、またはレンズ群間で焦点距離の差が大きい (F 値の差が大きい) 場合の構成である。

40

【 0 0 3 2 】

区画 A B (1) , A B (2) の焦点距離の差を大きく取ると、各レンズ群の主点位置 4 1 a , 4 2 a は光軸方向において大きく離れてしまう。仮に 1 枚レンズ系でレンズアレイを構成すると、主点位置はレンズの位置にほぼ一致するため、レンズ群の第 1 面について光軸方向の段差ができてしまう。被写体側から見ると区画 A B (2) は窪んだ形になっており、軸外光が周辺の区画 A B (1) に対応するレンズ群によってケラレてしまう。その度合いが大きいと軸外光は完全に遮蔽され、レンズ群間で同一画角の像が得られなくなる。これはレンズ群間の焦点距離の差、または最外入射角 ω が大きいほど顕著になる。

50

【 0 0 3 3 】

そこで、本実施例では、主点位置を維持したまま、各区画のレンズのパワー配置を調整する。具体的には、区画 A B (1) では、レンズ群 4 1 L は、被写体側から像側へ順に配置された、正の屈折力を有するレンズ群 4 1 P、および負の屈折力を有するレンズ群 4 1 N を備える。また、区画 A B (2) では、レンズ群 4 2 L は、被写体側から像側へ順に配置された、負の屈折力を有するレンズ群 4 2 N、および正の屈折力を有するレンズ群 4 2 P を備える。

【 0 0 3 4 】

本実施例の構成によれば、各区画のレンズ群の第 1 面を揃え、入射光の欠損を抑制しながら、レンズアレイ 4 内の各レンズ群について F 値を大きく変えることができる。

10

【実施例 3】

【 0 0 3 5 】

図 6 は、本実施例のレンズアレイ設計の説明図である。図 6 (a)、および図 6 (b) はそれぞれ、図 6 (b) の撮像面の対角方向の区画の断面図、および被写体側から見た撮像面の正面図 (透過図) である。

【 0 0 3 6 】

本実施例では、レンズアレイ 4 を 3 種類のレンズ群で構成し、各区画を密に配置している。区画 A B (1 , 1) は、焦点距離が長く F 値が大きい構成を有する。区画 A B (2 , 2) は、焦点距離が短く F 値が小さい構成を有する。区画 A B (3 , 3) は、区画 A B (1 , 1) と同じ構成を有する。

20

【 0 0 3 7 】

本実施例では、図 6 (b) において、区画 A B (2 , 2) を基準として図 6 (a) の断面の方向と逆の対角方向に隣接する区画も区画 A B (1 , 1) と同じ構成を有する。また、図 6 (b) において、区画 A B (2 , 2) を基準として水平方向、および垂直方向に隣接する区画は A B (1 , 2) と同じ構成を有する。すなわち、本実施例では、レンズアレイ 4 は、区画 A B (1 , 1)、A B (1 , 2)、A B (2 , 2) に対応する 3 種類のレンズ群で構成されている。

【 0 0 3 8 】

本実施例の構成によれば、レンズアレイ 4 内のレンズ群の F 値を、およそ 2 . 0 ~ 5 . 1 まで広い範囲で分布させることができる。

30

【 0 0 3 9 】

各レンズの具体的な設計値を、(数値実施例 1) に示す。数値実施例 1 の面データにおいて、 r は各光学面の曲率半径、 d (mm) は第 m 面と第 $(m + 1)$ 面との間の軸上間隔 (光軸上の距離) を表わしている。ただし、 m は光入射側から数えた面の番号である。また、 n_d は各光学部材の d 線に対する屈折率、 v_d は光学部材のアッペ数を表わしている。なお、ある材料のアッペ数 v_d は、フラウンホーファ線の d 線 (5 8 7 . 6 nm)、F 線 (4 8 6 . 1 nm)、C 線 (6 5 6 . 3 nm)、 g 線 (波長 4 3 5 . 8 nm) における屈折率を N_d 、 N_F 、 N_C とするとき、

$$v_d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

で表される。

40

【 0 0 4 0 】

なお、数値実施例 1 において、 d 、焦点距離 (mm)、F ナンバー (F 値)、半画角 (度) は全て各実施例の光学系が無限遠物体に焦点を合わせた時の値である。バックフォーカス (B F) は、レンズ最終面 (最も像側のレンズ面) から近軸像面までの光軸上の距離を空気換算長により表記したものである。「レンズ全長」は、光学系の最前面 (最も物体側のレンズ面) から最終面までの光軸上の距離にバックフォーカスを加えた長さである。「レンズ群」は、複数のレンズから構成される場合に限り、1 枚のレンズから構成される場合も含むものとする。また、レンズアレイ 4 の各結像部が複数のレンズからなる場合、F ナンバーは、最も物体側のレンズの F ナンバーのことである。

【 0 0 4 1 】

50

また、光学面が非球面の場合は、面番号の右側に、*の符号を付している。非球面形状は、Xを光軸方向の面頂点からの変位量、hを光軸と垂直な方向の光軸からの高さ、Rを近軸曲率半径、kを円錐定数、A₄、A₆、A₈、A₁₀を各次数の非球面係数とすると

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2}] + A_4 \times h^4 + A_6 \times h^6 + A_8 \times h^8$$

で表している。なお、各非球面係数における「e ± X X」は「× 10 ± X X」を意味している。

【実施例 4】

【0042】

図7は、本実施例のレンズアレイ設計の説明図である。図7(a)、および図7(b)はそれぞれ、図7(b)の撮像面の対角方向の区画の断面図、および被写体側から見た撮像面の正面図(透過図)である。

【0043】

本実施例では、区画AB(2, 2)内のレンズ群4Gの外形を矩形にカットしている。これにより、図7(b)に示されるように、区画AB(2, 2)を基準として水平方向、および垂直方向に隣接する区画を図6(b)の場合に比べて内側に寄せることができる。一般的な撮像センサーの形状は長方形であるので、このような配置とすることで撮像面内への各像区画の収まりがよくなり、撮像面の利用効率を向上させることができる。そのため、実施例3の撮像センサー2よりも面積が小さい撮像センサー2を使用することが可能となる。また、開口Φ(2, 2)は外径のカットにより実施例3よりも面積が小さくなるので、実効的なF値はやや大きくなる。本実施例のように開口Φが円形でない光学系を他の光学系と比較する場合、有効径の面積を考慮した、F値相当の比較尺度を用いると便利である。例えば、以下の式(2)の比較尺度(指標)を用いると、F値と互換性があり比較しやすい。

【0044】

$$T_{no i} = f_i / \sqrt{(4 / \pi \times S_i \times T_{ri})} \quad (2)$$

ここで、iは光学系比較のための添え字、f_iは焦点距離、S_iは開口の面積、およびT_{ri}は開口単位面積当たりの透過率である。

【0045】

以降、式(2)の指標T_{no}の値を「T値」と呼ぶ。区画AB(2, 2)について透過率を1とした場合、実施例3のT値、および本実施例のT値はそれぞれ、1.96、および2.46である。区画AB(1, 1)のT値は5.1であるため、本実施例の区画AB(2, 2)の設計でも十分な明るさ(4倍以上)を得ることができる。逆に、区画AB(1, 2)の開口Φ(1, 2)の形状を、直径を辺の長さとした正方形とすることで、開口面積を広げることできる。

【実施例 5】

【0046】

実施例4では、レンズ群の開口形状と配置によってレンズアレイ全体の有効光束の分布を変化させる例について説明した。本実施例では、レンズアレイ全体の有効光束の分布の変化のバリエーション例を示す。

【0047】

図8は、本実施例の撮像面を正面から見たときの図である。本実施例では、像区画IB(1)~IB(12)の形状は矩形である。各像区画に被写体の像を展開するためには、像区画中心に光軸が通るようにレンズ群を配置すればよい。光軸は、各像区画内の2本の点線が交差する点を通るものとする。ピンホールモデルで考えた場合、結像関係は光軸、主点位置、および画角だけで決まるので、レンズ群の中心座標と像区分はこれらだけで決まり、焦点距離も像区分(像高yに相当)から自動的に決まる。明るさの因子であるT値は開口Φ(1)~Φ(12)の形状(面積)で調整される。開口形状は隣接するレンズ群

10

20

30

40

50

に干渉しない範囲で自由に設計できる。本実施例では、開口 $\Phi(1)$ 、 $\Phi(4)$ 、 $\Phi(9)$ 、 $\Phi(12)$ のような半月型や、開口 $\Phi(2)$ 、 $\Phi(3)$ 、 $\Phi(10)$ 、 $\Phi(11)$ のような小判形を組み合わせてレンズ群を密に配置した。これらの区画では、開口の面積が像区画の面積よりも広く、比較的T値を明るくすることができる。一方、撮像センサー2の中心付近の開口 $\Phi(5)$ 、 $\Phi(6)$ 、 $\Phi(7)$ 、 $\Phi(8)$ に対応する像区画の面積よりも狭くし、撮像センサー2の中心領域にはあえて開口を設けていない。このような構成により、レンズアレイ4に入射するコリメート光束10の中央部分10aを利用しなくても光学系として成り立つ。このような光学系は、対物レンズ9またはコリメートレンズ7がカタディオ光学系のようにドーナツ状の光束を射出する光学系に利用できる。一般にカタディオ光学系に代表される反射光学系は、焦点距離に対して全長を小さくでき、また色収差が極めて小さい。本実施例の構成と組み合わせることで、光学系全系の全長を短縮できるとともに、波長ごとの収差補正をより容易に行うことができる。

10

【0048】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

(数値実施例1)

AB(1, 1)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	有効径
1*	8.061	9.68	1.51633	64.1	5.00
2	-5.112	0.99			5.90
3	-4.179	4.55	1.85400	40.4	5.18
4	-30.577	10.26			7.60

20

像面 ∞

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A4 = -2.44241e-004 A6 = -2.41737e-006 A8 = -4.06133e-007

焦点距離 25.61

Fナンバー 5.12

30

半画角(度) 10.00

像高 4.56

レンズ全長 25.49

BF 10.26

AB(2, 2)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	有効径
1*	24.168	8.03	1.90270	31.0	8.29
2	24.843	1.71			9.48
3	-189.241	2.06	1.74100	52.6	10.25
4	-10.411	13.51			10.53

40

像面 ∞

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A4 = -1.60985e-004 A6 = -5.13675e-008 A8 = -3.00333e-008

焦点距離 16.29

Fナンバー 1.96

半画角(度) 10.00

像高 2.86

50

レンズ全長 25.31

BF 13.51

A B (1 , 2)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	有効径
1*	8.821	9.32	1.51633	64.1	5.00
2	-4.884	0.50			5.28
3	-4.507	4.94	1.85400	40.4	5.05
4	-13.688	10.65			7.05

10

像面 ∞

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.96824e-004 A 6= 4.74218e-005 A 8=-4.54054e-006

焦点距離 19.99

Fナンバー 4.00

半画角(度) 10.00

像高 3.52

レンズ全長 25.41

BF 10.65

20

【符号の説明】

【 0 0 4 9 】

3 アレイユニット(光学装置)

4 レンズアレイ(レンズ部)

5 フィルタアレイ(フィルタ部)

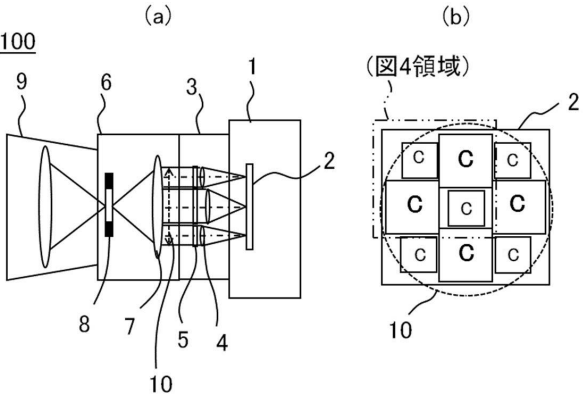
30

40

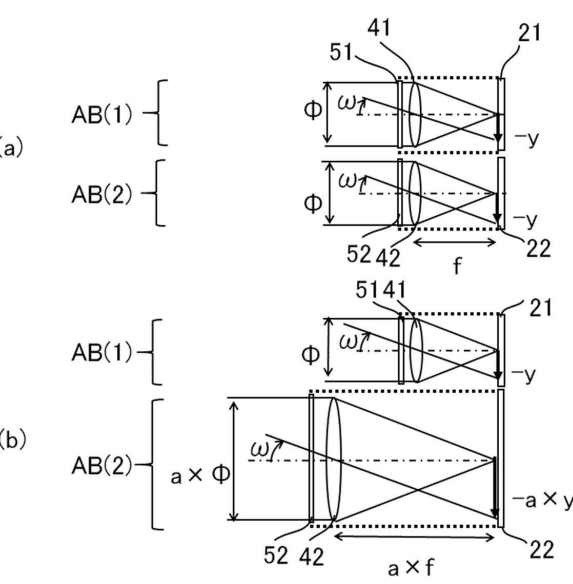
50

【図面】

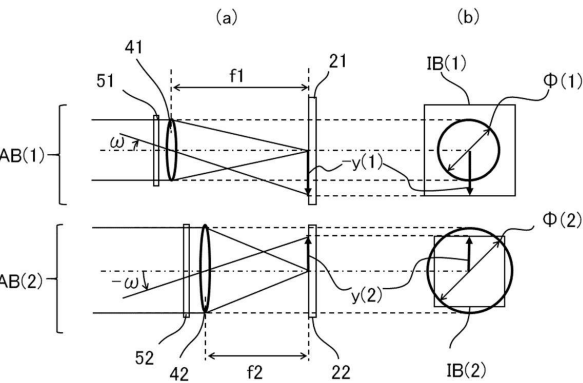
【図 1】



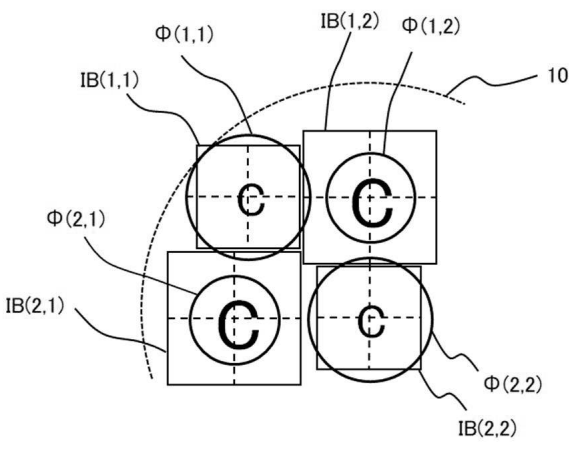
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

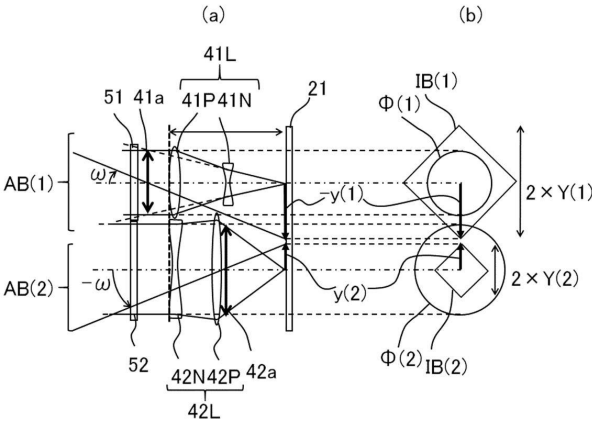
20

30

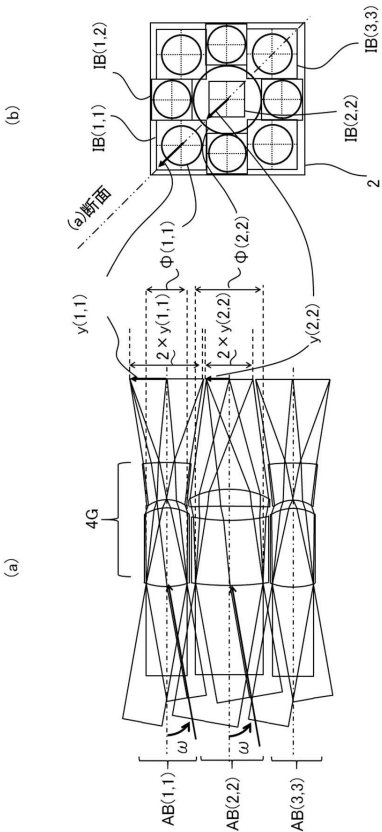
40

50

【図 5】



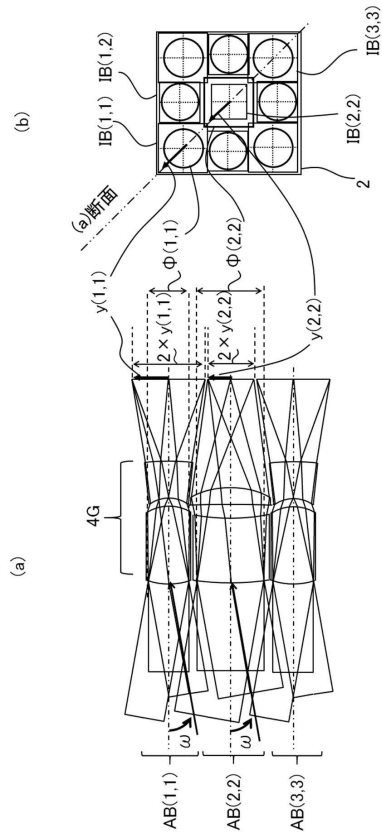
【図 6】



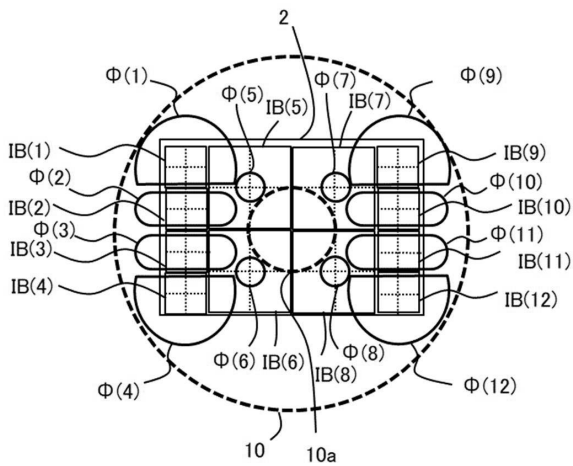
10

20

【図 7】



【図 8】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

G 0 3 B	17/14	(2021.01)	G 0 3 B	17/14	
G 0 2 B	7/14	(2021.01)	G 0 2 B	7/14	
G 0 3 B	15/00	(2021.01)	G 0 3 B	15/00	B
G 0 3 B	17/02	(2021.01)	G 0 3 B	17/02	
H 0 4 N	25/10	(2023.01)	H 0 4 N	25/10	

(56)参考文献

米国特許第 0 8 2 2 8 4 1 7 (U S , B 1)
 特開 2 0 1 9 - 0 8 2 4 1 2 (J P , A)
 特開 2 0 1 4 - 0 7 5 6 6 9 (J P , A)
 特開 2 0 0 5 - 3 3 8 5 0 5 (J P , A)
 国際公開第 2 0 0 6 / 1 0 1 0 6 4 (W O , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

G 0 3 B 1 7 / 0 4 - 1 7 / 1 7
 G 0 3 B 1 5 / 0 0 - 1 5 / 1 6
 G 0 2 B 7 / 0 2 - 7 / 1 6
 G 0 3 B 1 1 / 0 0 - 1 1 / 0 6
 G 0 3 B 1 7 / 5 6 - 1 7 / 5 8
 G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8
 G 0 2 B 2 1 / 0 2 - 2 1 / 0 4
 G 0 2 B 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4