

(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2017-134276  
(P2017-134276A)

(43) 公開日 平成29年8月3日(2017.8.3)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO2B 13/00 (2006.01)</b>	GO2B 13/00	2H040
<b>GO2B 13/18 (2006.01)</b>	GO2B 13/18	2H087
<b>GO2B 15/16 (2006.01)</b>	GO2B 15/16	2H249
<b>GO2B 23/26 (2006.01)</b>	GO2B 23/26 C	4C161
<b>GO2B 21/02 (2006.01)</b>	GO2B 21/02 A	5C122

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 32 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-14629 (P2016-14629)  
(22) 出願日 平成28年1月28日 (2016.1.28)

(71) 出願人 000000376  
オリンパス株式会社  
東京都八王子市石川町2951番地  
(74) 代理人 100123962  
弁理士 斎藤 圭介  
(74) 代理人 100120204  
弁理士 平山 巖  
(72) 発明者 天内 隆裕  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ  
リンパス株式会社内  
(72) 発明者 今村 文美  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ  
リンパス株式会社内  
Fターム(参考) 2H040 CA23 GA02

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置及びカプセル内視鏡

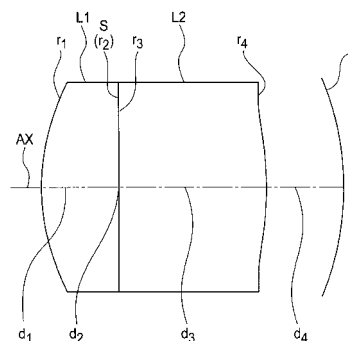
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】光学系のペッツバル和を小さくする必要が無く、色収差の補正に有利で、レンズ枚数の低減や小型化も容易で、良好な光学性能が得られる結像光学系を有する撮像装置及びカプセル内視鏡を提供する。

【解決手段】軸上光束を決める明るさ絞りSと、明るさ絞りSの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、結像光学系の像側に配置され、結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面Iを有する撮像部と、を有し、回折光学面は、条件式(1)を満足する位置に配置される。 $0.1 < |DSD / TL| \leq 1.0 \dots (1)$ 、ここで、TLは、結像光学系の光軸上における結像光学系の入射面から受光面までの実距離、DSDは、結像光学系の光軸上における明るさ絞りの位置と回折光学面との間の実距離であり、結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式(1)は広角端状態での条件式である。

【選択図】 図1

実施例1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

軸上光束を決める明るさ絞りと、前記明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

前記結像光学系の像側に配置され、前記結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有する撮像部と、を有し、

前記回折光学面は、以下の条件式(1)を満足する位置に配置されることを特徴とする撮像装置。

$$0.1 < |DSD / TL| < 1.0 \quad \dots (1)$$

ここで、

TLは、前記結像光学系の光軸上における前記結像光学系の入射面から前記受光面までの実距離、

DSDは、前記結像光学系の光軸上における前記明るさ絞りの位置と前記回折光学面との間の実距離、

であり、

前記結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式(1)は広角端状態での条件式である。

## 【請求項 2】

軸上光束を決める明るさ絞りと、前記明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

前記結像光学系の像側に配置され、前記結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有する撮像部と、を有し、

前記明るさ絞りと、前記回折光学面と、の間に非平面の光学面を有することを特徴とする撮像装置。

## 【請求項 3】

軸上光束を決める明るさ絞りと、前記明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

前記結像光学系の像側に配置され、前記結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有する撮像部と、を有し、

前記明るさ絞りと、前記回折光学面と、の間に正レンズを有することを特徴とする撮像装置。

## 【請求項 4】

軸上光束を決める明るさ絞りと、前記明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

前記結像光学系の像側に配置され、前記結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有する撮像部と、を有し、

前記回折光学面は、前記明るさ絞り側に向かって凹状の面に形成されていることを特徴とする撮像装置。

## 【請求項 5】

以下の条件式(2)を満足することを特徴とする請求項4に記載の撮像装置。

$$0.1 < |f / R_{d.o.}| < 0.8 \quad \dots (2)$$

fは、前記結像光学系の焦点距離、

$R_{d.o.}$ は、前記光軸と前記回折光学面とが交わる点を面頂点としたとき、前記面頂点と、前記結像光学系の最大像高の主光線と前記回折光学面とが交わる点と、を含む仮想球面の曲率半径、

であり、

前記結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式(2)は広角端状態での条件式である。

## 【請求項 6】

10

20

30

40

50

前記回折光学面は、前記結像光学系の最も像側のレンズ面上から前記受光面上のいずれかの位置に配置され、さらに以下の条件式(3)を満足することを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の撮像装置。

$$0.0 < | \sin \theta_{d o e} - \sin \theta_{i m g} | < 0.1 \quad \dots (3)$$

ここで、

$\theta_{d o e}$  は、前記結像光学系の最大像高の主光線が前記回折光学面と交わる点と、前記回折光学面の曲率中心と、を結ぶ仮想直線の光軸に対する角度、

$\theta_{i m g}$  は、前記結像光学系の最大像高の主光線が前記受光面と交わる点と、前記受光面の曲率中心と、を結ぶ仮想直線の光軸に対する角度、

であり、

前記結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式(3)は広角端状態での条件式である。

【請求項7】

軸上光束を決める明るさ絞りと、前記明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

前記結像光学系の像側に配置され、前記結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を持つ撮像部と、を有し、

前記明るさ絞りと、前記回折光学面と、の間に空気間隔を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項8】

前記結像光学系は、少なくとも1面以上の非球面を含むことを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の撮像装置。

【請求項9】

前記結像光学系中のレンズ面のうち最も像側の面が像側に凸形状の面であることを特徴とする請求項1から8のいずれか1項に記載の撮像装置。

【請求項10】

以下の条件式(4)を満足することを特徴とする請求項1から9のいずれか1項に記載の撮像装置。

$$0.8 < | R_e / R_{i m g} | < 1.5 \quad \dots (4)$$

ここで、

$R_e$  は、前記結像光学系中のレンズ面のうち最も像側の面の曲率半径、

$R_{i m g}$  は、前記光軸と前記受光面とが交わる点を面頂点としたとき、前記面頂点と、前記結像光学系の最大像高の主光線と前記受光面とが交わる点と、を含む仮想球面の曲率半径、

であり、

前記結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式(4)は広角端状態での条件式である。

【請求項11】

以下の条件式(5)を満足することを特徴とする請求項1から10のいずれか1項に記載の撮像装置。

$$0.5 < L_{1 e} / T L \quad \dots (5)$$

ここで、

$L_{1 e}$  は、前記結像光学系の光軸上における最も物体側の面から、前記結像光学系において、カバーガラスとは異なる面であって、最も前記受光面側に位置し、空気と隣接する面までの実距離、

$T L$  は、前記結像光学系の光軸上における前記結像光学系の入射面から前記受光面までの実距離、

であり、

前記結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式(5)は広角端状態での条件式である。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 2】

以下の条件式 (6) を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

$$0.05 < PS \times f < 0.8 \quad \dots (6)$$

ここで、

PS は、前記結像光学系のペッツパール和であり、  
ペッツパール和 PS は、以下の式で表される。

## 【数 1】

$$PS = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i \times f_i}$$

10

ここで、

i は、前記結像光学系中の各レンズの物体側からの順番、

k は、前記結像光学系中のレンズの総数、

$n_i$  は、i 番目のレンズの d 線での屈折率、

$f_i$  は、i 番目のレンズの焦点距離、

f は、前記結像光学系の焦点距離、

であり、

前記結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式 (6) は広角端状態での条件式である。

20

## 【請求項 1 3】

以下の条件式 (7) を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

$$-3.0 < PS \times EXP < -0.1 \quad \dots (7)$$

ここで、

PS は、前記結像光学系のペッツパール和であり、

ペッツパール和 PS は、以下の式で表される。

## 【数 2】

$$PS = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i \times f_i}$$

30

ここで、

i は、前記結像光学系中の各レンズの物体側からの順番、

k は、前記結像光学系中のレンズの総数、

$n_i$  は、i 番目のレンズの d 線での屈折率、

$f_i$  は、i 番目のレンズの焦点距離、

EXP は、前記受光面から前記結像光学系の近軸射出瞳位置までの光軸に沿った距離、  
であり、前記近軸射出瞳位置が前記受光面よりも物体側にある場合の符号を負とし、

40

前記結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式 (7) は広角端状態での条件式である。

## 【請求項 1 4】

請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載の撮像装置において、

更に、照明部と、前記結像光学系の物体側に配置されたカバー部と、を有することを特徴とする撮像装置。

## 【請求項 1 5】

前記カバー部が、前記結像光学系と前記照明部の双方の物体側を覆うドーム状のカバー部であることを特徴とする請求項 1 4 に記載の撮像装置。

## 【請求項 1 6】

50

請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の撮像装置と、  
照明部と、前記結像光学系及び前記照明部の物体側に配置されたドーム状のカバー部と、  
を有することを特徴とするカプセル内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置及びカプセル内視鏡に関するものである。

【背景技術】

【0002】

広い画角を有し、湾曲した像を形成する光学系として、例えば特許文献 1 に記載のズームレンズ及び撮像装置が提案されている。この撮像装置は、物体側に球状の凹面を向けた受光面（撮像面）を有する撮像素子を用いることで、ペッツパール和を許容し、硝材選択の自由度を高めている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】国際公開第 2013/027516 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

20

光学系において、色収差の補正を行うためには、正レンズと負レンズとの組み合わせにより収差補正を行う必要がある。そのため、特許文献 1 のズームレンズにおいて、高度に色収差の補正を行うには、レンズ枚数の確保や、レンズの厚さの確保が必要となる。このため、光学系が大型化してしまう。

【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、光学系のペッツパール和を小さくする必要が無く、色収差の補正にも有利であり、レンズ枚数の低減や小型化も行い易く、良好な光学性能が得られる結像光学系を有する撮像装置及びカプセル内視鏡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】

30

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る撮像装置は、

軸上光束を決める明るさ絞りと、明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

結像光学系の像側に配置され、結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有する撮像部と、を有し、

回折光学面は、以下の条件式 (1) を満足する位置に配置されることを特徴とする。

$$0.1 < |DSD / TL| < 1.0 \quad \dots (1)$$

ここで、

40

TL は、結像光学系の光軸上における結像光学系の入射面から受光面までの実距離、

DSD は、結像光学系の光軸上における明るさ絞りの位置と回折光学面との間の実距離

であり、

結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式 (1) は広角端状態での条件式である。

【0007】

また、本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る撮像装置は、

軸上光束を決める明るさ絞りと、明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

結像光学系の像側に配置され、結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有

50

する撮像部と、を有し、

明るさ絞りと、回折光学面と、の間に非平面の光学面を有することを特徴とする。

【0008】

また、本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る撮像装置は、

軸上光束を決める明るさ絞りと、明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

結像光学系の像側に配置され、結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有する撮像部と、を有し、

明るさ絞りと、回折光学面と、の間に正レンズを有することを特徴とする。

【0009】

また、本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る撮像装置は、

軸上光束を決める明るさ絞りと、明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

結像光学系の像側に配置され、結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有する撮像部と、を有し、

回折光学面は、明るさ絞り側に向かって凹状の面に形成されていることを特徴とする。

【0010】

また、本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る撮像装置は、

軸上光束を決める明るさ絞りと、明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

結像光学系の像側に配置され、結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を持つ撮像部と、を有し、

明るさ絞りと、回折光学面と、の間に空気間隔を有することを特徴とする。

【0011】

また、本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係るカプセル内視鏡は、

上述の撮像装置と、

照明部と、結像光学系及び照明部の物体側に配置されたドーム状のカバー部と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明は、光学系のベッツパール和を小さくする必要が無く、色収差の補正にも有利であり、レンズ枚数の低減や小型化も行い易く、良好な光学性能が得られる結像光学系を有する撮像装置及びカプセル内視鏡を提供できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】実施例1における撮像装置の断面図である。

【図2】実施例1における撮像装置の収差図である。

【図3】実施例2における撮像装置の断面図である。

【図4】実施例2における撮像装置の収差図である。

【図5】実施例3における撮像装置の断面図である。

【図6】実施例3における撮像装置の収差図である。

【図7】実施例4における撮像装置の断面図である。

【図8】実施例4における撮像装置の収差図である。

【図9】実施例5における撮像装置の断面図である。

【図10】実施例5における撮像装置の収差図である。

【図11】実施例6における撮像装置の断面図であって、(a)は広角端状態の断面図、(b)は中間焦点距離状態の断面図、(c)は望遠端状態の断面図である。

【図12】実施例6における撮像装置の広角端状態における収差図である。

【図13】実施例6における撮像装置の中間焦点距離状態における収差図である。

【図14】実施例6における撮像装置の望遠端状態における収差図である。

10

20

30

40

50

- 【図 1 5】実施例 7 における撮像装置の断面図である。  
 【図 1 6】実施例 7 における撮像装置の収差図である。  
 【図 1 7】回折光学素子の断面図である。  
 【図 1 8】回折光学素子の他の断面図である。  
 【図 1 9】実施例 8 に係る撮像装置の断面図である。  
 【図 2 0】カプセル内視鏡の概略構成を示す図である。  
 【図 2 1】車載カメラを示す図であって、( a ) は車外に車載カメラを搭載した例を示す図、( b ) は車内に車載カメラを搭載した例を示す図である。  
 【図 2 2】パラメータを説明する図である。  
 【発明を実施するための形態】

10

## 【0014】

以下に、本発明に係る撮像装置及びカプセル内視鏡の実施形態及び実施例を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態及び実施例によりこの発明が限定されるものではない。

## 【0015】

第 1 実施形態の撮像装置は、  
 軸上光束を決める明るさ絞りと、明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、  
 結像光学系の像側に配置され、結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有する撮像部と、を有し、  
 回折光学面は、以下の条件式 ( 1 ) を満足する位置に配置されることを特徴とする。

20

$$0.1 < | D S D / T L | < 1.0 \quad \dots ( 1 )$$

ここで、

T L は、結像光学系の光軸上における結像光学系の入射面から受光面までの実距離、

D S D は、結像光学系の光軸上における明るさ絞りの位置と回折光学面との間の実距離、であり、

結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式 ( 1 ) は広角端状態での条件式である。

なお、結像光学系の最も入射側に明るさ絞りが配置される場合は明るさ絞りの開口部を入射面とする。

## 【0016】

30

本実施形態の撮像装置では、結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有する撮像部を用いることで、結像光学系の像面湾曲の発生を許容でき、光学系のペッツパール和を小さくする必要が無くなる。加えて、回折光学面を用いることにより、色収差の補正にも有利となる。

## 【0017】

加えて、本実施形態では、回折光学面の位置を明るさ絞りの配置位置から一定の距離に遠ざけることができる。このため、各像高の主光線が、空間的に分離した位置に回折光学面を配置することができる。これにより、回折光学面の形状を、各像高の主光線の入射角度に適した状態に構成することができ、回折光学面へ入射する光線の入射角に依存して発生する不要次数光を低減できる。

40

## 【0018】

なお、以下、回折光学面を有する素子を回折光学素子 D O E という。後述する各実施例において、回折光学素子 D O E を明示する。

## 【0019】

回折光学面の位置は、条件式 ( 1 ) を満足することが重要となる。条件式 ( 1 ) は、上述の D S D と T L の適切な比を規定している。

## 【0020】

条件式 ( 1 ) の上限値を上回ることはない。

## 【0021】

条件式 ( 1 ) の下限値を下回らないようにすることで、回折光学面へ入射する各像高の

50

主光線の位置を分離することができる。

【0022】

回折光学面において、各像高の主光線の位置を分離することで、各像高の主光線の入射角に合わせて、回折光学面の形状等を最適化することができる。例えば、軸上の主光線、軸外の主光線に関して、回折光学面の鋸歯形状の角度を各像高の主光線の入射角度に合わせて設定できる。これにより、回折光学面へ入射する光線の入射角に依存して発生する不要次数光を低減させるように構成できる。

【0023】

これらの構成により、収差の低減を、レンズ以外の構成である受光面の形状や、実質的な厚みがほとんど無い回折光学面により行うことができる。且つ、回折光学面の位置を明るさ絞りから一定距離を離すことで、回折光学面での軸上主光線と軸外主光線を分離することができる。この結果、不要次数光の発生を低減にも有利となる。このため、レンズ枚数の低減や小型化も行い易く、良好な光学性能が得られる結像光学系を有する撮像装置を得られる。

10

【0024】

本実施形態とは異なり、回折光学面と明るさ絞りとが近すぎると、軸上の主光線が回折光学面の中心付近を通過すると共に、回折光学面に対する軸外の主光線の入射角が大きくなる。軸上主光線に関して回折光学面を最適化させると、軸外光束の光路にて不要な回折次数光の発生が大きくなり、画質が劣化するという問題がある。特に、後述するように2層からなる回折光学素子DOEの場合、層間の屈折率差が小さくなるため、位相差を生じさせるために、鋸歯形状のピッチの深さを深くする必要がある。その結果、光軸から軸外方向へわずかに異なる方向へシフトした位置における主光線であっても、不要な回折次数光が発生して、フレアにより画質が劣化しやすい。

20

【0025】

本実施形態の場合は、回折光学面の形状を、各像高に最適な状態に構成することができる自由度が大きくなる。これにより、回折光学面での不要な回折次数光の発生を抑えることができる。

【0026】

また、より好ましい実施の形態を説明する。回折光学面の位置が像面に近すぎる場合、回折光学面を有する回折光学素子の焦点距離が短すぎることになる。これにより、回折光学面のピッチが細くなり、製造上の課題が発生すること、さらに、不要な回折次数光が発生することが課題となる。そのため、回折光学面が受光面とは異なる位置に配置されることがより好ましい。

30

【0027】

例えば、回折光学面と受光面とが、それらの間に空気間隔を挟んで配置されることがより好ましい。

後述する各実施の形態においても上述の構成を同時に満足することが効果的である。

また、前述する実施の形態の構成や後述する実施の形態の構成は、相互に同時に満足することがより好ましい。

【0028】

また、第2実施形態の撮像装置は、軸上光束を決める明るさ絞りと、明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

40

結像光学系の像側に配置され、結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有する撮像部と、を有し、

明るさ絞りと、回折光学面と、の間に非平面の光学面を有することを特徴とする。

【0029】

上述と同様の構成の重複する説明は省略する。本実施形態の撮像装置では、結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有する撮像部を用いることで、結像光学系の像面湾曲の発生を許容でき、光学系のペッツパール和を小さくする必要が無くなる。加えて、回折光学面を用いることにより、色収差の補正にも有利となる。

50

## 【 0 0 3 0 】

加えて、本実施形態の非平面の光学面は、光学作用により、回折光学面において主光線の位置をより分離させることに有利となる。これにより、本実施形態では、各像高の主光線を、空間的に、より分離した状態で回折光学面に入射させることができる。この結果、回折光学面や回折光学素子 D O E の形状を、各像高に適した状態に構成することができる。例えば、軸上の主光線、軸外の主光線に関して、回折光学面の鋸歯形状の角度を各像高の主光線の入射角度に合わせて設定できる。

## 【 0 0 3 1 】

これらの構成により、収差の低減を、レンズ以外の構成である受光面の形状や、実質的な厚みがほとんど無い回折光学面により行うことができる。且つ、明るさ絞りと回折光学面との間に非平面光学面を配置することで、回折光学面での軸上主光線と軸外主光線を分離することができる。この結果、不要次数光の発生の低減にも有利となる。このため、レンズ枚数の低減や小型化も行い易く、良好な光学性能が得られる結像光学系を有する撮像装置を得られる。

10

## 【 0 0 3 2 】

また、第 3 実施形態の撮像装置は、軸上光束を決める明るさ絞りと、明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

結像光学系の像側に配置され、結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有する撮像部と、を有し、

明るさ絞りと、回折光学面と、の間に正レンズを有することを特徴とする。

20

## 【 0 0 3 3 】

上述と同様の構成の重複する説明は省略する。明るさ絞りと、回折光学面と、の間に正レンズを有する場合、正レンズにより各像高の主光線を含む光束を集光させ、各像高の主光線を含む光束を、より分離した状態で回折光学面に入射させることができる。これにより、回折光学面の形状を、各像高の主光線の入射角度に適した状態に構成することが容易となり、不要次数光の発生の低減に有利となる。従って、レンズ枚数の低減や小型化も行い易く、良好な光学性能が得られる結像光学系を有する撮像装置を得られる。

## 【 0 0 3 4 】

また、第 4 実施形態の撮像装置は、軸上光束を決める明るさ絞りと、明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

結像光学系の像側に配置され、結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を有する撮像部と、を有し、

回折光学面は、明るさ絞り側に向かって凹状の面に形成されていることを特徴とする。

30

## 【 0 0 3 5 】

上述と同様の構成の重複する説明は省略する。主光線は、明るさ絞りの位置を中心にして結像光学系に入射する。このため、回折光学面を明るさ絞りに向かって凹面に形成することで、各像高のいずれの主光線も、回折光学面に対して垂直に近づけて入射させることができ、回折効率の向上に有利となる。これにより、回折光学面での不要な回折次数光の発生を抑えることができる。従って、レンズ枚数の低減や小型化も行い易く、良好な光学性能が得られる結像光学系を有する撮像装置を得られる。

40

## 【 0 0 3 6 】

また、本実施形態の好ましい態様によれば、以下の条件式 ( 2 ) を満足することが望ましい。

$$0.1 < |f / R_{d.o.e}| < 0.8 \quad \dots (2)$$

f は、結像光学系の焦点距離、

R<sub>d.o.e</sub> は、光軸と回折光学面とが交わる点を面頂点としたとき、面頂点と、結像光学系の最大像高の主光線と回折光学面とが交わる点と、を含む仮想球面の曲率半径、であり、

結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式 ( 2 ) は広角端状態での条件式である。

## 【 0 0 3 7 】

50

条件式(2)は、結像光学系の焦点距離と上述の $R_{d.o.e}$ との適切な比を規定している。

【0038】

条件式(2)を満足することで、各像高の主光線は、回折光学面により垂直に近づけて入射するように回折光学面を構成することができる。

【0039】

条件式(2)について、上限値を0.5、下限値を0.2とすることがより好ましい。

【0040】

また、上記各実施形態の好ましい態様によれば、回折光学面は、結像光学系の最も像側のレンズ面上から受光面上のいずれかの位置に配置され、さらに以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$0.0 \leq |\sin d.o.e - \sin i.m.g| < 0.1 \quad \dots (3)$$

ここで、

$d.o.e$ は、結像光学系の最大像高の主光線が回折光学面と交わる点と、回折光学面の曲率中心と、を結ぶ仮想直線の光軸に対する角度、

$i.m.g$ は、結像光学系の最大像高の主光線が受光面と交わる点と、受光面の曲率中心と、を結ぶ仮想直線の光軸に対する角度、

であり、

結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式(3)は広角端状態での条件式である。

【0041】

ここで、「回折光学面の曲率中心」とは、近軸領域の回折光学面の曲率中心であり、「受光面の曲率中心」とは、光軸と受光面とが交わる点を面頂点としたとき、面頂点と結像光学系の最大像高の主光線と受光面とが交わる点を含む、仮想球面の曲率中心の意味である。

【0042】

図22(a)、(b)は、それぞれパラメータ $d.o.e$ 、 $i.m.g$ を説明する図である。

【0043】

条件式(3)は、上述の $d.o.e$ と $i.m.g$ に関する適切な関係を規定している。

【0044】

条件式(3)を満足することで、各像高の主光線は、回折光学面に、より垂直に近づけて入射するように回折光学面を構成することができる。

【0045】

また、条件式(3)を満足しない場合、回折光学面に対して主光線が大きく傾いて入射する。このため、不要な回折次数光による画質劣化が発生するか、受光面に対して主光線が傾きすぎ、シェーディングによる画質劣化が発生しやすい。

【0046】

条件式(3)について、上限値を0.05とすることがより好ましい。

【0047】

また、他の実施形態によれば、軸上光束を決める明るさ絞りと、明るさ絞りの配置位置とは異なる位置に配置された回折光学面と、を有する結像光学系と、

結像光学系の像側に配置され、結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を持つ撮像部と、を有し、

明るさ絞りと、回折光学面と、の間に空気間隔を有することを特徴とする。

【0048】

上述と同様の構成の重複する説明は省略する。回折光学面と明るさ絞りとを空気間隔を挟んで分離することで、回折光学面に入射する各像高の主光線を分離できる。

【0049】

また、回折光学面を結像光学系中のレンズと空気間隔を挟んで配置することで、回折光学面を持つ回折光学素子DOEとレンズとの形状を独立に調整することが可能となる。例

10

20

30

40

50

えば、レンズ面の形状を色収差以外の収差補正に最適化できるので好ましい。従って、レンズ枚数の低減や小型化も行い易く、良好な光学性能が得られる結像光学系を有する撮像装置を得られる。

【0050】

また、上記各実施形態の好ましい態様によれば、結像光学系は、少なくとも1面以上の非球面を含むことが望ましい。

【0051】

非球面を含むことで、さらに、単色の球面収差、コマ収差、非点隔差を良好に補正することができ、より好ましい。

【0052】

また、上記各実施形態の好ましい態様によれば、結像光学系中のレンズ面のうち最も像側の面が像側に凸形状の面であることが望ましい。

【0053】

ここで、「レンズ」には、回折光学素子DOEは含まれない。

【0054】

結像光学系に向けて凹状に湾曲した非平面の受光面を持つ撮像部に対して、レンズ面のうち、即ち回折光学素子DOE以外で最も像側の面を像側に凸形状の面とすることで、コンセントリックな光学面の配置となり、非点隔差等の軸外収差の補正に有利となる。

【0055】

また、上記各実施形態の好ましい態様によれば、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$0.8 < |R_e / R_{img}| < 1.5 \quad \dots (4)$$

ここで、

$R_e$  は、結像光学系中のレンズ面のうち最も像側の面の曲率半径、

$R_{img}$  は、光軸と受光面とが交わる点を面頂点としたとき、面頂点と、結像光学系の最大像高の主光線と受光面とが交わる点と、を含む仮想球面の曲率半径、

であり、

結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式(4)は広角端状態での条件式である。

【0056】

条件式(4)は、レンズ面のうち最も像側の面の曲率半径と  $R_{img}$  との適切な比を規定している。

【0057】

非点隔差を軽減させるためには、条件式(4)を満足することが重要である。

【0058】

条件式(4)の上限値を上回らないようにして、非点隔差の発生を抑制できる。

【0059】

条件式(4)の下限値を下回らないようにして、像面湾曲を許容することで、光学系の小型化に有利となる。

【0060】

条件式(4)に代えて、以下の条件式(4-1)を満足することがより好ましい。

$$0.2 < |R_e / R_{img}| < 1.3 \quad (4-1)$$

【0061】

これにより、条件式(4)の効果をより一層奏することができる。

【0062】

また、上記各実施形態の好ましい態様によれば、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$0.5 < L_{1e} / TL \quad \dots (5)$$

ここで、

$L_{1e}$  は、結像光学系の光軸上における最も物体側の面から、結像光学系において、カバーガラスとは異なる面であって、最も受光面側に位置し、空気と隣接する面までの実距

10

20

30

40

50

離、

TLは、結像光学系の光軸上における結像光学系の入射面から受光面までの実距離、であり、

結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式(5)は広角端状態での条件式である。

【0063】

条件式(5)は、 $L_{1e}$ とTLの適切な比を規定している。

【0064】

条件式(5)を満足することで、バックフォーカスが短い小型な光学系の撮像装置とすることができるため、より好ましい。

【0065】

条件式(5)に代えて、以下の条件式(5-1)を満足することがより好ましい。

$$0.5 < L_{1e} / TL < 0.9 \quad (5-1)$$

【0066】

これにより、条件式(5)の効果をより一層奏することができる。条件式(5-1)の下限値を下回らないようにしてバックフォーカスを短くすることで光学系の全長短縮に一層有利となる。条件式(5-1)の上限値を上回らないようにしてバックフォーカスを確保することで、光学系部分の小型化に有利となる。

【0067】

また、上記各実施形態の好ましい態様によれば、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$0.05 < PS \times f < 0.8 \quad \dots (6)$$

ここで、

PSは、結像光学系のペッツパール和であり、  
ペッツパール和PSは、以下の式で表される。

【数1】

$$PS = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i \times f_i}$$

ここで、

iは、結像光学系中の各レンズの物体側からの順番、

kは、結像光学系中のレンズの総数、

$n_i$ は、i番目のレンズのd線での屈折率、

$f_i$ は、i番目のレンズの焦点距離、

fは、結像光学系の焦点距離、

であり、

結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式(6)は広角端状態での条件式である。

【0068】

条件式(6)を満足することで、さらに像面湾曲の補正と小型化の両立された撮像装置を得ることができ、より好ましい。

【0069】

また、上記各実施形態の好ましい態様によれば、以下の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$-3.0 < PS \times EXP < -0.1 \quad \dots (7)$$

ここで、

PSは、結像光学系のペッツパール和であり、  
ペッツパール和PSは、以下の式で表される。

10

20

30

40

【数 2】

$$PS = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i \times f_i}$$

ここで、

i は、結像光学系中の各レンズの物体側からの順番、

k は、結像光学系中のレンズの総数、

$n_i$  は、i 番目のレンズの d 線での屈折率、

$f_i$  は、i 番目のレンズの焦点距離、

10

E X P は、受光面から結像光学系の近軸射出瞳位置までの光軸に沿った距離、であり、近軸射出瞳位置が受光面よりも物体側にある場合の符号を負とし、

結像光学系の焦点距離が可変の場合は、条件式 (7) は広角端状態での条件式である。

【0070】

条件式 (7) を満足することで、さらに像面湾曲が補正され、かつ、射出瞳の位置が像面に近い小型な光学系の撮像装置を得ることができる。

【0071】

また、上記各実施形態の撮像装置において、

更に、照明部と、結像光学系の物体側に配置されたカバー部と、を有することが望ましい。

20

【0072】

カバー部を配置することで、被写体と結像光学系との距離が近づきすぎないように構成でき、被写体を被写界深度内とすることに有利となる。照明部を有することで、夜間撮影や、空洞内撮影にも有利となる。

【0073】

さらには、カバー部が結像光学系と照明部の双方の物体側を覆うドーム状のカバー部であることが好ましい。

これにより、被写体と照明部との距離が近づき過ぎないように構成でき、撮影画像の白とびを軽減できる。

【0074】

また、他の実施形態のカプセル内視鏡は、上述の撮像装置を有し、

照明部と、結像光学系及び照明部の物体側に配置されたドーム状のカバー部と、を有することを特徴とする。

30

【0075】

上述の各実施形態の撮像装置は小型化に有利であるため、照明部とドーム状のカバー部を有するカプセル内視鏡として構成することが好ましい。

【0076】

以下に、本発明のある態様に係る撮像装置、カプセル内視鏡の実施例を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【0077】

収差図について説明する。図 2、4、6、8、10、12、13、14、16 において、(a) は球面収差 (SA)、(b) は非点収差 (AS)、(c) は歪曲収差 (DT)、(d) はタンジェンシャル方向とサジタル方向における横収差を示している。非点収差 (AS)、歪曲収差 (DT) の収差図の縦軸の上端が最大画角に対応する。また、非点収差 (AS) は、湾曲した受光面 (撮像面) からの収差量を示している。

40

【0078】

図 1 は、実施例 1 の撮像装置のレンズ断面を示す。図 2 は、実施例 1 の撮像装置の収差図を示す。

本実施例の撮像装置は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた平凸正レンズ L1 と、像側に凸面を向けた平凸正レンズ L2 と、で構成されている。受光面 (撮像面) I は球面

50

で、物体側に凹状に湾曲している。平凸正レンズL1と平凸正レンズL2とは接合されている。

【0079】

平凸正レンズL1と平凸正レンズL2との間に、開口絞りSが配置されている。非球面は、平凸正レンズL1の物体側面と、平凸正レンズL2の像側面との2面に設けられている。光学回折面は、平凸正レンズL2の像側面に設けられている。

【0080】

図3は、実施例2の撮像装置のレンズ断面を示す。図4は、実施例2の撮像装置の収差図を示す。

本実施例の撮像装置は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた平凸正レンズL1と、像側に凸面を向けた平凸正レンズL2と、像側に凸面を向けたメニスカスレンズL3と、像側に凸面を向けたメニスカスレンズL4と、で構成されている。受光面(撮像面)Iは球面で、物体側に凹状に湾曲している。平凸正レンズL1と平凸正レンズL2とは接合されている。メニスカスレンズL3とメニスカスレンズL4とは接合されている。

【0081】

平凸正レンズL1と平凸正レンズL2との間に、開口絞りSが配置されている。非球面は、平凸正レンズL1の物体側面と、平凸正レンズL2の像側面との2面に設けられている。回折光学面は、メニスカスレンズL3の像側面に設けられている。そして、メニスカスレンズL3とメニスカスレンズL4により、回折光学素子DOEを構成する。

【0082】

図5は、実施例3の撮像装置のレンズ断面を示す。図6は、実施例3の撮像装置の収差図を示す。

本実施例の撮像装置は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた平凸正レンズL1と、像側に凸面を向けた平凸正レンズL2と、像側に凸面を向けたメニスカスレンズL3と、像側に凸面を向けたメニスカスレンズL4と、で構成されている。受光面(撮像面)Iは球面で、物体側に凹状に湾曲している。平凸正レンズL1と平凸正レンズL2とは接合されている。メニスカスレンズL3とメニスカスレンズL4とは接合されている。

【0083】

平凸正レンズL1と平凸正レンズL2との間に、開口絞りSが配置されている。非球面は、平凸正レンズL1の物体側面と、平凸正レンズL2の像側面との2面に設けられている。回折光学面は、メニスカスレンズL3の像側面に設けられている。そして、メニスカスレンズL3とメニスカスレンズL4により、回折光学素子DOEを構成する。

この例では、回折光学素子DOEの射出面と撮像部の凹状の受光面とを接触させており、回折光学素子DOEが撮像部の受光面を保護するカバーガラスの役割も兼ねている。

【0084】

図7は、実施例4の撮像装置のレンズ断面を示す。図8は、実施例4の撮像装置の収差図を示す。

本実施例の撮像装置は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた平凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた平凸正レンズL4と、で構成されている。受光面(撮像面)Iは球面で、物体側に凹状に湾曲している。メニスカスレンズL1とメニスカスレンズL2とは接合されている。平凸正レンズL3と平凸正レンズL4とは接合されている。

【0085】

平凸正レンズL3と平凸正レンズL4との間に、開口絞りSが配置されている。非球面は、平凸正レンズL3の物体側面と、平凸正レンズL4の像側面との2面に設けられている。回折光学面は、メニスカスレンズL1の像側面に設けられている。そして、メニスカスレンズL1とメニスカスレンズL2により、回折光学素子DOEを構成する。

【0086】

図9は、実施例5の撮像装置のレンズ断面を示す。図10は、実施例5の撮像装置の収差図を示す。

10

20

30

40

50

本実施例の撮像装置は、物体側から順に、両凹負レンズL1と、像側に凸面を向けた平凸正レンズL2と、像側に凸面を向けたメニスカスレンズL3と、像側に凸面を向けたメニスカスレンズL4と、で構成されている。受光面（撮像面）Iは球面で、物体側に凹状に湾曲している。メニスカスレンズL3とメニスカスレンズL4とは接合されている。

【0087】

平凸正レンズL2の物体側面に、開口絞りSが配置されている。非球面は、両凹負レンズL1の両面の2面に設けられている。回折光学面は、メニスカスレンズL3の像側面に設けられている。そして、メニスカスレンズL3とメニスカスレンズL4により、回折光学素子DOEを構成する。

【0088】

図11(a)、(b)、(c)は、実施例6の撮像装置のレンズ断面を示す。本実施形態の撮像装置は、焦点距離が可変である。図11(a)、(b)、(c)は、それぞれ広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態のレンズ断面を示す。

【0089】

本実施例の撮像装置は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、両凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、像側に凸面を向けたメニスカスレンズL5と、像側に凸面を向けたメニスカスレンズL6と、平行平板F1と、で構成されている。受光面（撮像面）Iは球面で、物体側に凹状に湾曲している。両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とは接合されている。メニスカスレンズL5とメニスカスレンズL6とは接合されている。

【0090】

正メニスカスレンズL2と両凸正レンズL3と間に、開口絞りSが配置されている。非球面は、負メニスカスレンズL1の像側面と、両凸正レンズL3の物体側面と、負メニスカスレンズL4の像側面との3面に設けられている。回折光学面は、メニスカスレンズL5の像側面に設けられている。そして、メニスカスレンズL5とメニスカスレンズL6により、回折光学素子DOEを構成する。

【0091】

広角端から望遠端へのズームングの際に、負メニスカスレンズL1と、正メニスカスレンズL2が一体で先ず像側に移動した後物体側に移動し、開口絞りSからメニスカスレンズL6までが一体で物体側にのみ移動する。

フォーカシングは、負メニスカスレンズL1と、正メニスカスレンズL2が一体で移動して行う。

【0092】

この実施形態では結像光学系を2群ズームレンズとして構成しているが、3群構成以上のズームレンズとして構成してもよい。例えば、平行平板F1を負レンズまたは正レンズにて構成し、ズームングの際に移動または位置を固定させた3群ズームレンズとして構成してもよい。

【0093】

図12は、本実施形態の広角端状態における収差図である。図13は、本実施形態の中間焦点距離状態における収差図である。図14は、本実施形態の望遠端状態における収差図である。

【0094】

図15は、実施例7の撮像装置のレンズ断面を示す。図16は、実施例7の撮像装置の収差図を示す。

本実施例の撮像装置は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた平凸正レンズL1と、像側に凸面を向けた平凸正レンズL2と、像側に凸面を向けた平凸正レンズL3と、物体側に凹面を向けた平凹負レンズL4と、で構成されている。受光面（撮像面）Iは球面で、物体側に凹状に湾曲している。平凸正レンズL1と平凸正レンズL2とは接合されている。平凸正レンズL3と平凹負レンズL4とは接合されている。

10

20

30

40

50

## 【0095】

平凸正レンズL1と平凸正レンズL2との間に、開口絞りSが配置されている。非球面は、平凸正レンズL1の物体側面と、平凸正レンズL2の像側面との2面に設けられている。回折光学面は、平凸正レンズL3の像側面に設けられている。そして、平凸正レンズL3と平凹負レンズL4により、回折光学素子DOEを構成する。

## 【0096】

次に、回折光学素子DOEの態様について説明する。図17(a)は、実施例2~6に示すようなメニスカス形状の回折光学素子DOEの断面構成の例を示す。回折光学素子DOEは、2つの同心円状の面ra、rbを有するメニスカスレンズと、2つの同心円状の面rb、rcを有するメニスカスレンズと、から構成されている。回折光学面は、面rbに形成されている。

10

## 【0097】

図17(b)は、実施例7に示すような平行平板形状の回折光学素子DOEの断面構成を示す。

## 【0098】

回折光学素子DOEは、平面ra、凸面rbを有する平凸レンズと、凹面rb、平面rcを有する平凹レンズと、から構成されている。回折光学面は、曲面rbに形成されている。

## 【0099】

回折光学面のレリーフパターンは、光軸AXに軸回転対称に形成されている。レリーフパターンのピッチは、光軸AXから離れるに従って小さくなる。

20

## 【0100】

図17(c)は、回折光学素子DOEの光軸AX近傍の領域Aにおける断面構成を拡大して示す。回折光学面の断面形状は、その一部を拡大すると鋸歯形状を有している。そして、主光線LTは、鋸歯形状における面GRにほぼ平行に入射するように構成されている。

## 【0101】

図17(d)は、回折光学素子DOEの軸外の領域Bにおける断面構成を拡大して示す。軸外の主光線LTが鋸歯形状における面GRにて平行に近づくように、面GRが光軸AXに対して傾いて構成されている。

30

## 【0102】

図17(e)、(f)は、面ra、rb、rc、rdの4面から構成される回折光学素子DOEの断面構成を示す。回折光学面は、面rb、rcに形成されている。

図17(e)は、図17(a)、(b)の領域Aの拡大図である。図17(f)は、図17(a)、(b)の領域Bの拡大図である。図17(f)のGRに対応する個所(鋸歯形状の刃に相当する個所)は図17(d)と同様に光軸AXに対して傾いて構成する。

## 【0103】

図18(a)は、平行平板形状の回折光学素子DOEの断面構成を示す。この例では、回折光学面は平面rbである。

## 【0104】

図18(b)は、回折光学面が平面rbである場合の回折光学素子DOEの光軸AX近傍の領域Aにおける断面構成を拡大して示す。回折光学面は、鋸歯形状を有している。そして、主光線LTは、鋸歯形状における面GRにほぼ平行に入射するように構成されている。

40

## 【0105】

図18(c)は、回折光学面が平面rbである場合の回折光学素子DOEの軸外の領域Bにおける断面構成を拡大して示す。軸外の主光線LTが、鋸歯形状における面GRにて平行に近づくように、面GRが光軸AXに対して傾いて構成されている。

## 【0106】

実施例8の撮像装置は、図19に示すように、物体側から順に、光学部材CGと、物体

50

側に凸面を向けた平凸正レンズL1と、像側に凸面を向けた平凸正レンズL2と、で構成されている。受光面（撮像面）Iは球面で、物体側に凹状に湾曲している。平凸正レンズL1、平凸正レンズL2で構成される光学系は、実施例1における光学系と同じである。

【0107】

図19は、光学部材CGが配置できることを例示する概略図である。そのため、レンズの大きさや位置に対して、光学部材CGの大きさや位置は正確に描かれているわけではない。

【0108】

光学部材CGは椀状（ドーム状）の部材で、物体側面と像側面は共に曲面になっている。図19では、物体側面と像側面は共に同じ曲率中心を持つ球面になっているので、光学部材CGの全体形状は、半球になっている。本実施例では、光学部材CGの肉厚、すなわち、物体側面と像側面との間隔は曲率中心に向かう方向にて一定になっている。

10

【0109】

光学部材CGには、光を透過する材質が用いられている。よって、被写体からの光は、光学部材CGを通過して、正レンズL1に入射する。光学部材CGは、像側面の曲率中心が入射瞳の位置と略一致するように配置されている。よって、光学部材CGによる新たな収差は、ほとんど発生しない。すなわち、実施例8の撮像装置が有する結像光学系の結像性能は、実施例1の撮像装置の結像光学系の結像性能と変わらない。

【0110】

光学部材CGは、カバーガラスとして機能する。この場合、光学部材CGは、例えば、カプセル内視鏡の外装部に設けられた観察窓に該当する。よって、実施例8の撮像装置は、カプセル内視鏡の光学系に用いることができる。実施例2～7の撮像装置もカプセル内視鏡の光学系に用いることができる。

20

【0111】

以下に、上記各実施例の数値データを示す。面データにおいて、rは各レンズ面の曲率半径、dは各レンズ面間の間隔、ndは各レンズのd線の屈折率、dは各レンズのアッベ数、\*印は非球面、#は回折光学面である。

【0112】

また、各種データにおいて、fは全系の焦点距離、FNO.はFナンバー、 $\theta$ は半画角、IHは像高、BFはバックフォーカス、LTLは光学系の全長、バックフォーカスは、最も像側のレンズ面から近軸像面までの距離を空気換算して表したものである。全長は、結像光学系の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの距離にBF（バックフォーカス）を加えたものである。また、f1、f2、f3及びf4は、各レンズ群の焦点距離である。半画角の単位は度である。

30

【0113】

また、非球面形状は、光軸方向をz、光軸に直交する方向をyにとり、円錐係数をk、非球面係数をA4、A6、A8、A10、A12...としたとき、次の式で表される。

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k)(y/r)^2\}^{1/2}] + A4y^4 + A6y^6 + A8y^8 + A10y^{10} + A12y^{12} + \dots$$

また、「E-n」（nは整数）は、「10<sup>-n</sup>」を示している。なお、これら諸元値の記号は後述の実施例の数値データにおいても共通である。

40

【0114】

また、回折格子素子DOEの回折特性を表す位相関数は、光軸方向をz、光軸に直交する方向をyにとり、回折次数をm、設計波長（nm）をr0、位相係数をC1、C2、C3、C4、C5...としたとき、次の式で表される。

$$= \{ (2 / (m \times r0)) \} \times (C1y^2 + C2y^4 + C3y^6 + C4y^8 + C5y^{10} + \dots)$$

【0115】

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1*	3.62689	1.502606	1.806098	40.8817
2(絞リ)		0.000000		
3		2.877141	1.806098	40.8817
4* #	-5.90788	1.501005		
像面	-4.92333	0.000000		

10

非球面データ

第1面

K=-1.000000

A4=-0.447738E-03, A6=-0.716882E-04, A8=0.000000E+00, A10=0.000000E+00

第4面

K=-1.000000

A4=-0.533779E-02, A6=0.585234E-02, A8=0.000000E+00, A10=0.000000E+00

20

回折光学面データ

第4面

m: 1.000000

r0: 546.07

C1=-2.1140E-02, C2=1.3198E-02, C3=-5.9616E-03, C4=5.9691E-04

各種データ

f 3.268

FNO 1.8

2 70

IH 2.00

LTL 5.88

BF 1.50

f1 4.473

f2 5.570

30

【0116】

数值実施例2

単位 mm

40

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1*	3.45520	1.570553	1.806098	40.8817
2(絞リ)		0.000000		
3		2.434836	1.806098	40.8817
4*	-5.86641	0.200000		
5	-5.00000	0.300000	1.699860	36.4400
6 #	-5.00000	0.300000	1.640220	23.3800
7	-5.00000	1.075058		

50

像面 -4.92224 0.000000

### 非球面データ

#### 第1面

K=-1.000000

A4=0.516950E-03, A6=-0.227745E-03, A8=0.000000E+00, A10=0.000000E+00

#### 第4面

K=-1.000000

A4=-0.122482E-04, A6=0.583318E-02, A8=0.000000E+00, A10=0.000000E+00

10

### 回折光学面データ

#### 第6面

m: 1.000000

r0: 546.07

C1=-2.3888E-02, C2=9.9295E-03, C3=-2.9502E-03

### 各種データ

f 3.2577

FNO 1.8131

2 70

LH 2.00

LTL 5.88

BF 1.08

f1 4.26

f2 7.24

f3(DOE) 18.40

20

【 0 1 1 7 】

30

### 数值实施例 3

单位 mm

### 面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1*	3.37802	1.843941	1.806098	40.8817
2(絞リ)		0.000000		
3		2.270975	1.806098	40.8817
4*	-4.93625	1.095010		
5	-4.52815	0.300000	1.699860	36.4400
6#	-4.52815	0.300000	1.640220	23.3800
7	-4.52815	0.001443		
像面	-4.52815	0.000000		

40

### 非球面データ

#### 第1面

K=-1.000000

A4=0.176604E-03, A6=-0.334722E-03, A8=0.000000E+00, A10=0.000000E+00

50

## 第 4 面

K=-1.000000

A4=0.855081E-02,A6=0.255438E-02,A8=0.000000E+00,A10=0.000000E+00

## 回折光学面データ

## 第 6 面

m: 1.000000

r0: 546.07

C1=-1.3440E-01,C2=4.6438E-02,C3=-6.6235E-03

10

## 各種データ

f 3.1862

FNO 1.8111

2 70

IH 2.00

LTL 5.81

BF 0.00

f1 4.17

f2 6.09

f3(DOE) 3.61

20

【 0 1 1 8 】

## 数值実施例 4

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	5.00000	0.300000	1.640220	23.3800
2 #	5.00000	0.300000	1.699860	36.4400
3	5.00000	0.300000		
4*	4.35362	2.213781	1.806098	40.8817
5(絞リ)		0.000000		
6		1.672909	1.806098	40.8817
7*	-4.17000	1.814420		
像面	-4.72633	0.000000		

30

## 回折光学面データ

## 第 2 面

m: -1.000000

r0: 546.07

C1=4.2001E-03,C2=-2.1479E-03,C3=4.6607E-04

40

## 非球面データ

## 第 4 面

K=-1.000000

A4=0.787316E-03,A6=-0.194409E-02,A8=0.000000E+00,A10=0.000000E+00

## 第 7 面

K=-1.000000

50

A4=0.325146E-02,A6=0.618141E-03,A8=0.000000E+00,A10=0.000000E+00

## 各種データ

f 3.3873  
 FNO 1.8041  
 2 70  
 IH 2.00  
 LTL 6.60  
 BF 1.81  
 f1(DOE) 66.94  
 f2 5.37  
 f3 5.143

10

## 【 0 1 1 9 】

## 数値実施例 5

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物面		10.000000		
1*	-3.93249	0.307754	1.531100	56.0000
2*	7.67122	0.034922		
3(絞り)		0.000000		
4		0.336921	1.531100	56.0000
5	-0.45458	0.100000		
6	-2.00000	0.200000	1.699860	36.4400
7#	-2.00000	0.200000	1.640220	23.3800
8	-2.00000	0.902739		
像面	-2.16926	0.000000		

20

30

## 非球面データ

## 第 1 面

K=0.000000

A4=-0.383048E+00,A6=0.371317E+01,A8=-0.835477E+01,A10=0.000000E+00

## 第 2 面

K=0.000000

A4=0.337881E+01,A6=0.000000E+00,A8=0.000000E+00,A10=0.000000E+00

## 回折光学面データ

## 第 7 面

m: 1.000000

r0: 546.07

C2=-1.8037E-01,C3=8.1013E-02

40

## 各種データ

f 0.999  
 FNO 3.4734  
 2 162  
 IH 0.98

50

LTL 2.08  
 BF 0.90  
 f1 -4.83  
 f2 0.85  
 f3(DOE) 36.76

【 0 1 2 0 】

数值实施例 6  
 单位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	50.68527	1.100000	1.806098	40.8817
2*	4.27249	1.584921		
3	7.04632	2.588126	2.0006	25.458
4	12.51407	可変		
5(絞り)		-0.300000		
6*	4.28590	4.150000	1.496999	81.5459
7	-6.44990	1.468289	1.688931	31.0778
8*	-21.29464	1.000000		
9	-20.00000	0.500000	1.699860	36.4400
10#	-20.00000	0.500000	1.640220	23.3800
11	-20.00000	可変		
12		0.500000	1.516330	64.1420
13		1.000000		
像面	-70.00000	0.000000		

20

非球面データ

第 2 面

30

K=-1.377980

A4=0.144019E-02, A6=0.281264E-05, A8=0.291555E-06, A10=-0.846747E-08

第 6 面

K=-1.858736

A4=0.253354E-02, A6=0.323612E-04, A8=0.113237E-06, A10=0.000000E+00

第 8 面

K=0.000000

A4=0.211282E-02, A6=0.975950E-04, A8=0.354338E-04, A10=-0.356804E-05

40

回折光学面データ

第 1 0 面

m: 1.000000

r0: 587.56

C2=-2.3859E-05, C3=-3.5769E-05, C4=1.0701E-06

ズームデータ

	広角端	中間	望遠端
f	5.00	10.00	14.80

50

FNO	3.56	4.68	5.76
2	82.6738	42.7	29.092
d4	14.235689	4.618433	1.499323
d11	6.448805	10.510303	14.409341
IH	3.80	3.80	3.80
LTL	34.78	29.22	30.00
BF	7.95	12.01	15.91
f1	-5.82	-5.82	-5.82
f2	12.90	12.90	12.90
f3	8.69	8.69	8.69
f4(DOE)	1468.30	1468.30	1468.30

10

f3は、接合レンズL3、L4の焦点距離である。

## 【 0 1 2 1 】

数値実施例7

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1*	3.48391	1.492111	1.806098	40.8817
2(絞り)		0.000000		
3		2.614811	1.806098	40.8817
4*	-7.30110	0.200000		
5		0.400000	1.699860	36.4400
6#	-5.00000	0.300000	1.640220	23.3800
7		0.956499		
像面	-5.15772	0.000000		

20

30

## 非球面データ

## 第1面

K=-1.000000

A4=0.486828E-03, A6=-0.241644E-03, A8=0.000000E+00, A10=0.000000E+00

## 第4面

K=-1.000000

A4=0.170345E-03, A6=0.468599E-02, A8=0.000000E+00, A10=0.000000E+00

## 回折光学面データ

## 第6面

m: 1.000000

r0: 546.07

C1=-2.3888E-02, C2=9.9295E-03, C3=-2.4625E-03

40

## 各種データ

f 3.27

FNO 1.84

2 70

IH 2.00

50

LTL	5.96
BF	0.96
f1	4.30
f2	9.01
f3(DOE)	16.86

## 【 0 1 2 2 】

次に、各実施例における条件式の値を以下に示す。

- (1)  $|DSD/TL|$
- (2)  $|f/R_{doe}|$
- (3)  $|\sin_{doe} - \sin_{img}|$
- (4)  $|R_e/R_{img}|$
- (5)  $L_{1e}/TL$
- (6)  $PS \times f$
- (7)  $PS \times EXP$

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7
(1)	0.49	0.50	0.63	0.43	0.31	0.20	0.54
(2)	0.55	0.65	0.70	0.68	0.50	0.25	0.65
(3)	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
(4)	1.20	1.19	1.09	0.88	0.21	0.31	1.42
(5)	0.74	0.82	0.71	0.73	0.57	0.77	0.84
(6)	0.51	0.61	0.39	0.70	0.63	0.10	0.58
(7)	-0.58	-0.71	-2.33	-0.61	-0.46	-0.24	-0.47

## 【 0 1 2 3 】

図20は、実施例に係るカプセル内視鏡の概略構成を示す。カプセル内視鏡100は、カプセルカバー101と透明カバー102とを有する。カプセルカバー101と透明カバー102とによって、カプセル内視鏡100の外装部が構成されている。

## 【 0 1 2 4 】

カプセルカバー101は、略円筒形状の中央部と、略碗形状の底部と、で構成されている。透明カバー102は、中央部を挟んで、底部と対向する位置に配置されている。透明カバー102は、略碗形状(ドーム状)の透明部材によって構成されている。カプセルカバー101と透明カバー102とは、互いに水密的に連設されている。

## 【 0 1 2 5 】

カプセル内視鏡100の内部には、結像光学系103と、照明部104と、撮像素子105と、駆動制御部106と、信号処理部107と、を備えている。透明カバー102は、結像光学系103と照明部104の双方の前面を同時に覆う位置に配置されている。なお、図示しないが、カプセル内視鏡100の内部には、受電手段と送信手段が設けられている。

## 【 0 1 2 6 】

照明部104からは、照明光が出射する。照明光は透明カバー102を通過して、被写体に照射される。被写体からの光は、結像光学系103に入射する。結像光学系103によって、像位置に被写体の光学像が形成される。

## 【 0 1 2 7 】

光学像は、撮像素子105で撮像される。撮像素子105の駆動と制御は、駆動制御部106で行われる。また、撮像素子105からの出力信号は、必要に応じて、信号処理部107で処理される。

## 【 0 1 2 8 】

ここで、結像光学系103には、例えば、上述の実施例1の撮像装置が有する光学系が

用いられている。よって、良好な光学性能の光学像が形成される。また、光学像は、物体側に凹状に湾曲した像になっている。

【0129】

撮像素子105の受光面(撮像面)は、物体側に凹状に湾曲している。また、受光面(撮像面)の曲率半径は、光学像の曲率半径と同じになっている。そのため、良好な光学性能で撮像した画像でありながら、中心から周辺まで鮮明な画像を取得することができる。

【0130】

図21は、撮像装置の別の例である。この例は、車載カメラである。図21(a)は、車外に車載カメラを搭載した例を示す図である。図21(b)は、車内に車載カメラを搭載した例を示す図である。

10

【0131】

図21(a)に示すように、車載カメラ201は、自動車200のフロントグリルに設けられている。車載カメラ201は、結像光学系と撮像素子を備えている。

【0132】

車載カメラ201の結像光学系には、例えば、上述の実施例1の撮像装置が有する光学系が用いられている。よって、非常に広い範囲の光学像が形成される。また、撮像素子の受光面(撮像面)は、物体側に凹状に湾曲している。そして、受光面(撮像面)の曲率半径は、光学像の曲率半径と同じになっている。そのため、非常に広い範囲を撮像した画像でありながら、中心から周辺まで鮮明な画像を取得することができる。

20

【0133】

図21(b)に示すように、車載カメラ201は、自動車200の天井近傍に設けられている。車載カメラ201の作用効果は、既に説明したとおりである。

【0134】

車載カメラ201は、室外であれば、各コーナやヘッド部のポールの頂部に配置しても良い。また、室内であれば、バックミラーの近傍に配置しても良い。

【0135】

また、上述の各発明は複数を同時に満足することで、小型化、高性能化、広画角化などそれぞれの効果をより確実にでき好ましい。

【0136】

以上、本発明の種々の実施形態について説明したが、本発明は、これらの実施形態のみに限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で、これら実施形態の構成を適宜組合せて構成した実施形態も本発明の範疇となるものである。

30

【産業上の利用可能性】

【0137】

以上のように、本発明は、光学系のペッツパール和を小さくする必要が無く、色収差の補正にも有利であり、レンズ枚数の低減や小型化も行い易く、良好な光学性能が得られる結像光学系を有する撮像装置及びカプセル内視鏡に有用である。

【符号の説明】

【0138】

L1、L2、L3、L4 レンズ

40

DOE 回折光学素子

S 開口絞り

F1 平行平板

I 受光面(撮像面、像面)

CG 光学部材

S1 光学面

AX 光軸

100 カプセル内視鏡

101 カプセルカバー

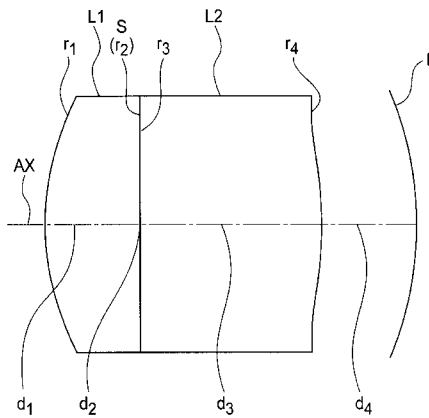
102 透明カバー

50

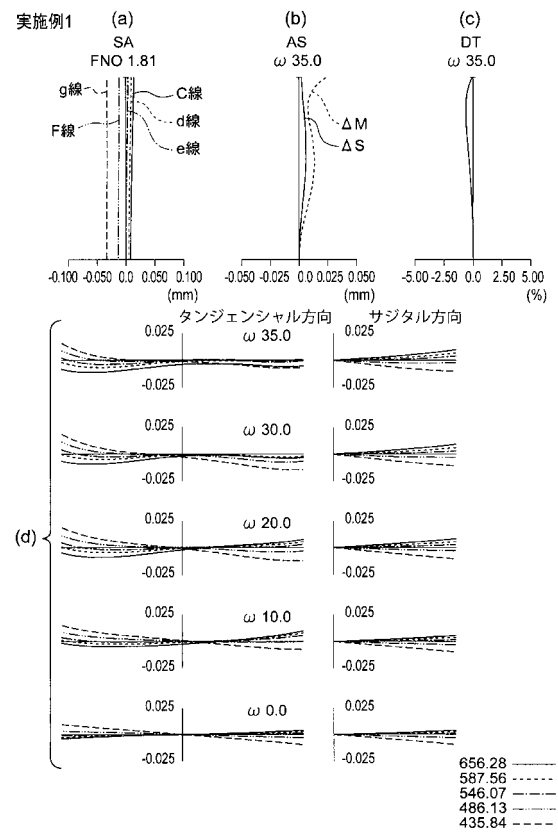
- 1 0 3 結像光学系
- 1 0 4 照明部
- 1 0 5 撮像素子
- 1 0 6 駆動制御部
- 1 0 7 信号処理部
- 2 0 0 自動車
- 2 0 1 車載カメラ

【 図 1 】

実施例1

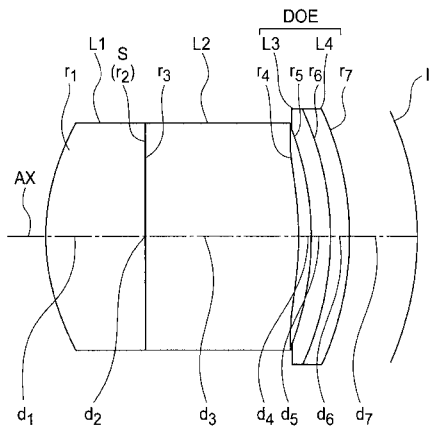


【 図 2 】

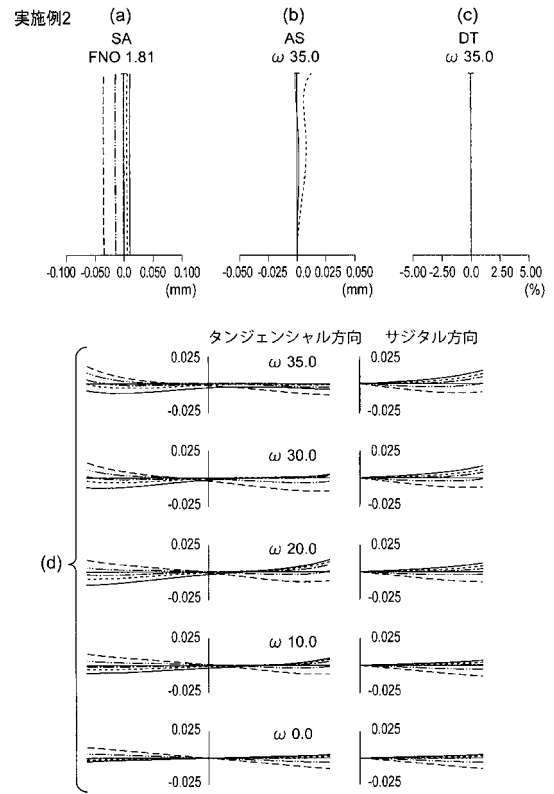


【 図 3 】

実施例2

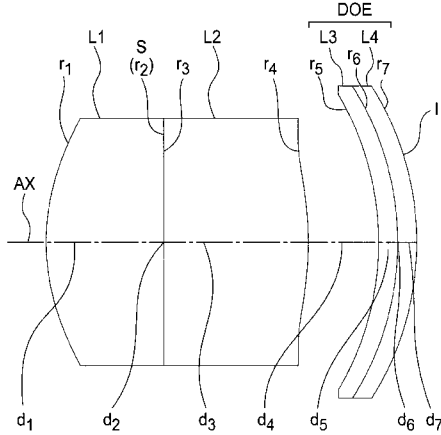


【 図 4 】

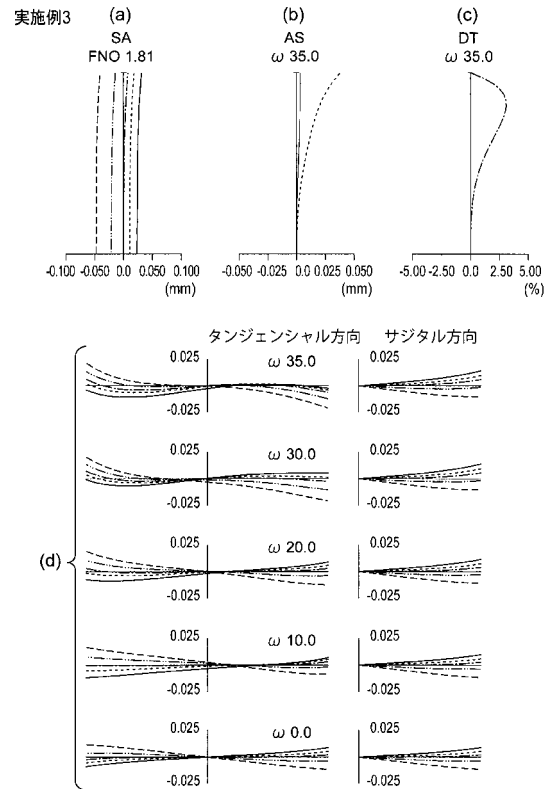


【 図 5 】

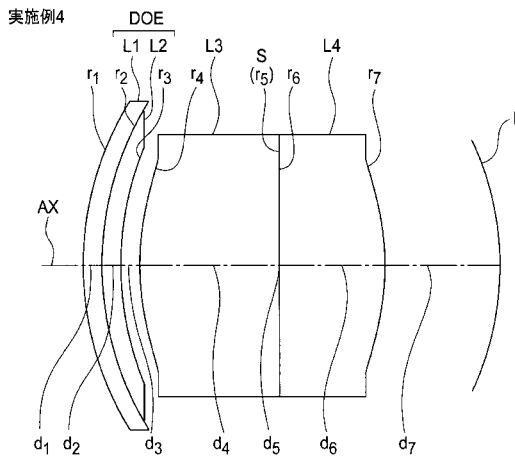
実施例3



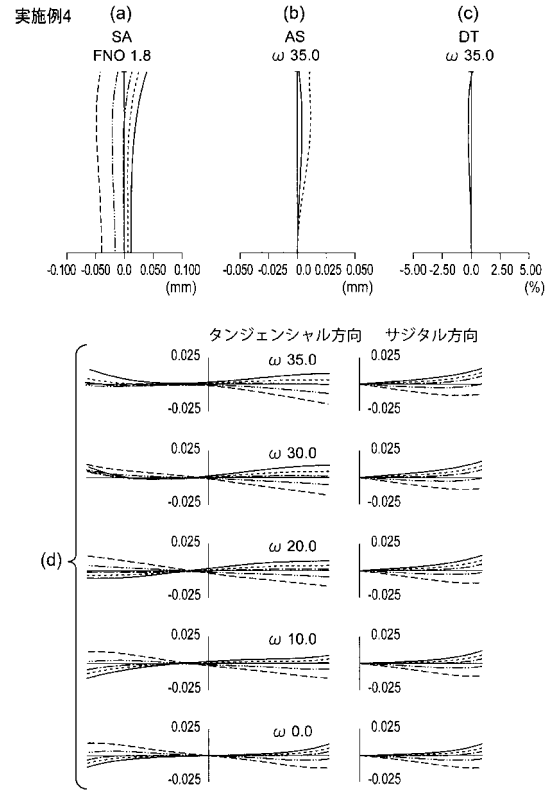
【 図 6 】



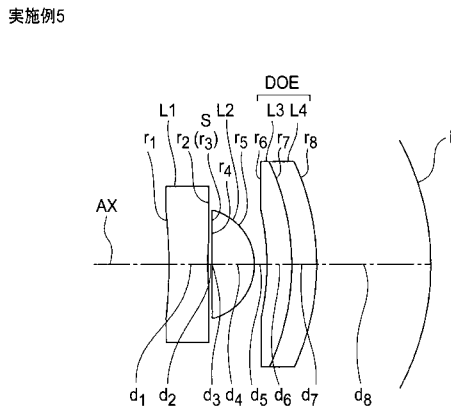
【 図 7 】



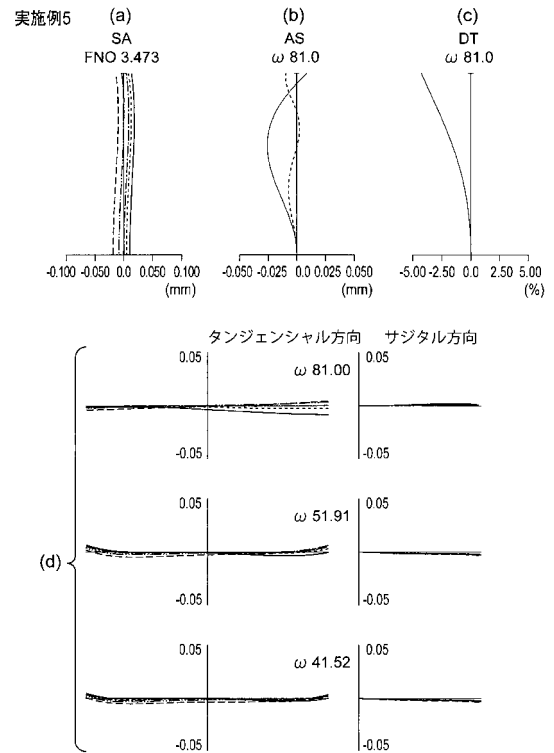
【 図 8 】



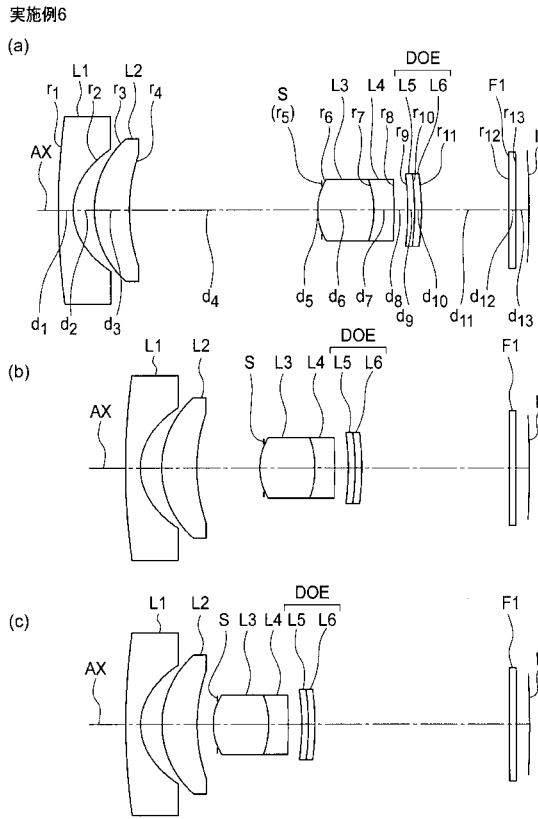
【 図 9 】



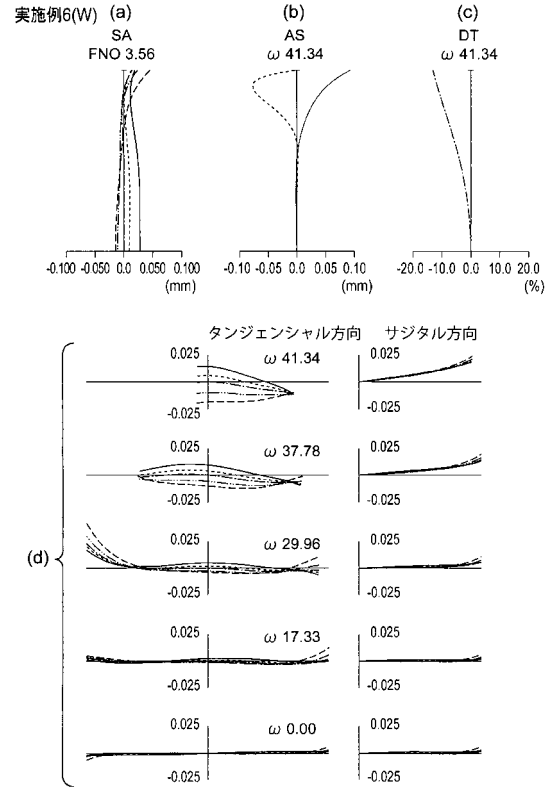
【 図 10 】



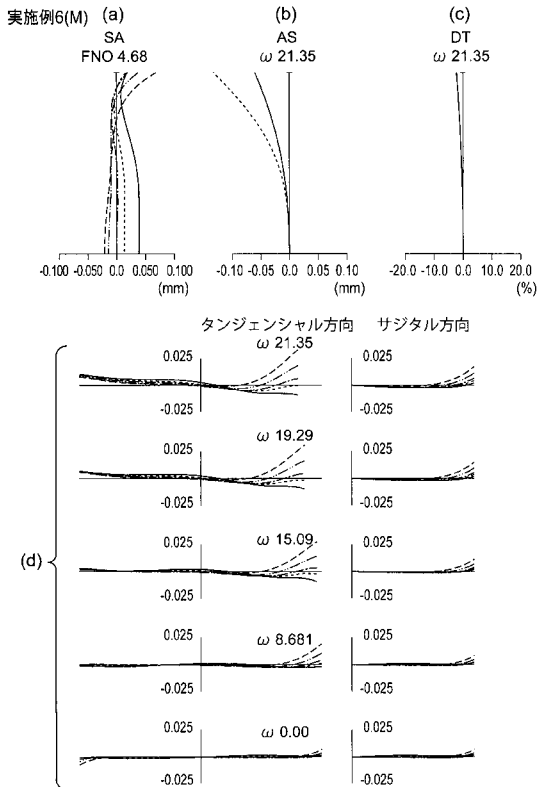
【図 1 1】



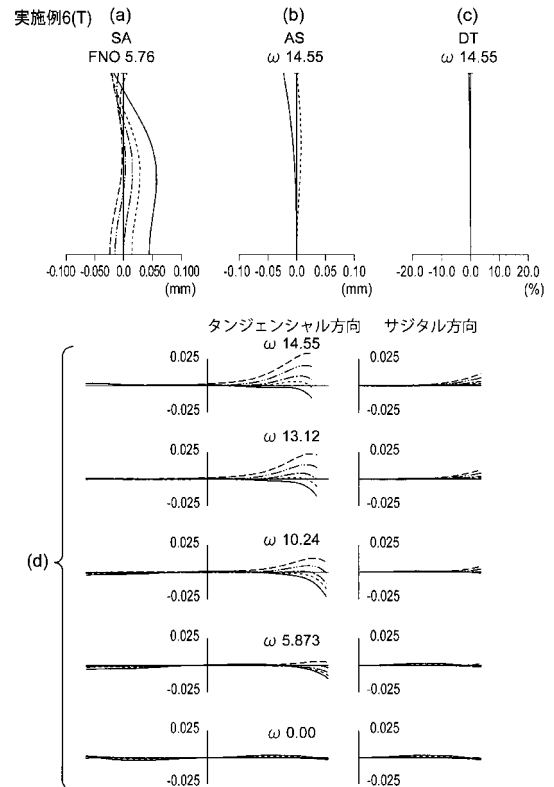
【図 1 2】



【図 1 3】

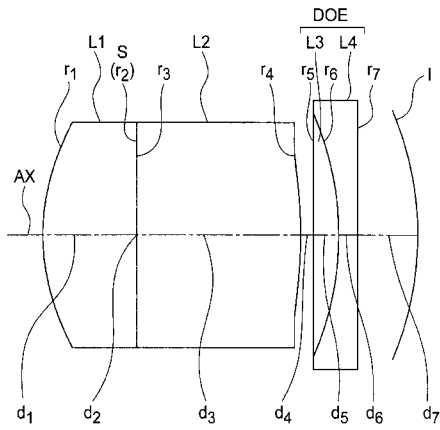


【図 1 4】



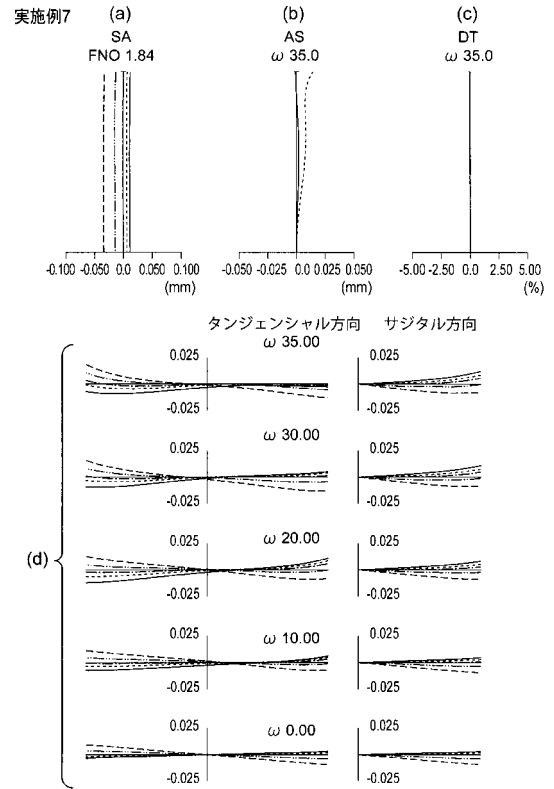
【 図 1 5 】

実施例7

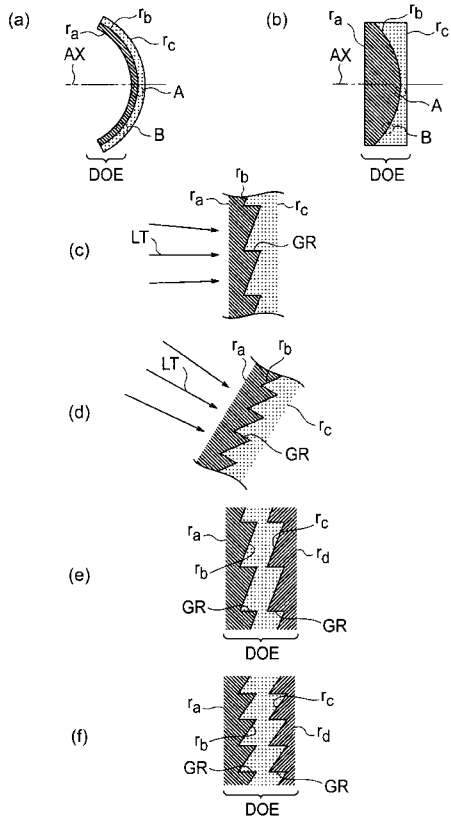


【 図 1 6 】

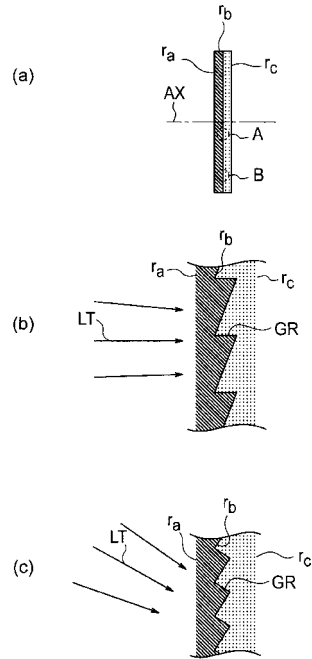
実施例7



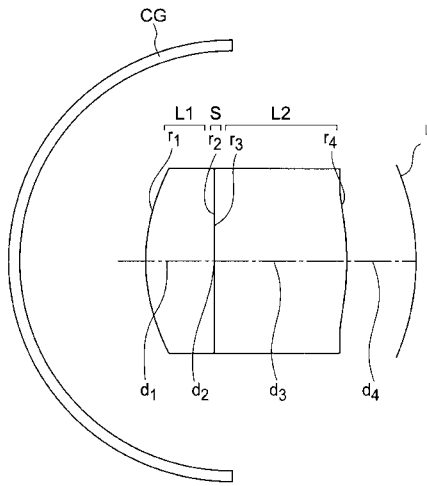
【 図 1 7 】



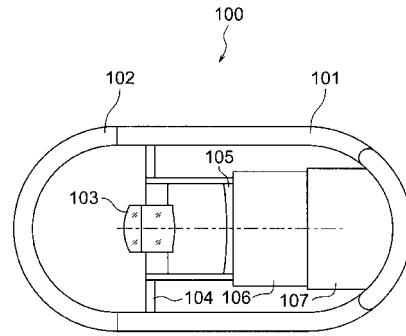
【 図 1 8 】



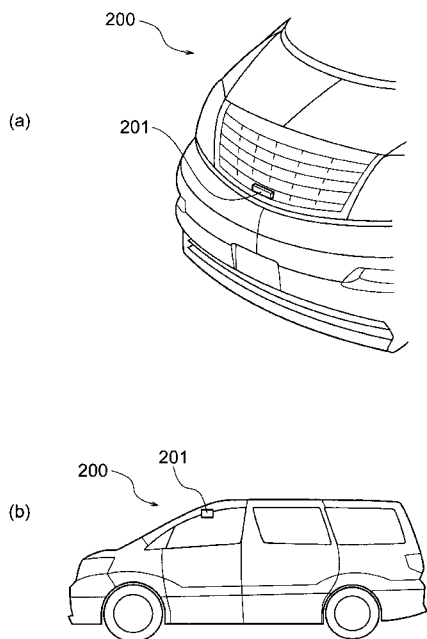
【図19】



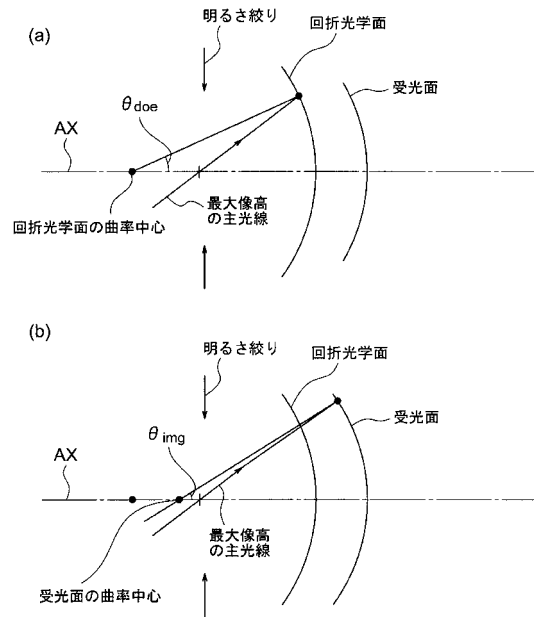
【図20】



【図21】



【図22】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I		テーマコード(参考)	
<b>G 0 2 B</b> 5/18 (2006.01)	G 0 2 B	5/18		
<b>A 6 1 B</b> 1/00 (2006.01)	A 6 1 B	1/00	3 2 0 B	
<b>H 0 4 N</b> 5/225 (2006.01)	H 0 4 N	5/225		D
	H 0 4 N	5/225		C

Fターム(参考)	2H087	KA01	KA10	LA01	MA12	PA01	PA02	PA03	PA04	PA18	PA19
		PB02	PB04	PB06	QA02	QA03	QA05	QA07	QA12	QA13	QA17
		QA18	QA19	QA21	QA22	QA25	QA26	QA32	QA33	QA37	QA41
		QA42	QA45	QA46	RA04	RA05	RA12	RA13	RA32	RA36	RA42
		RA44	RA46	SA07	SA09	SA62	SA63	SB03	SB15		
	2H249	AA03	AA04	AA18	AA50	AA55	AA64				
	4C161	DD07	FF40								
	5C122	DA14	DA26	EA54	FB02	FB03	FB17	FC06	FF03	GE05	GE11
		GG01	HB06	HB09	HB10						