

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5709433号
(P5709433)

(45) 発行日 平成27年4月30日(2015.4.30)

(24) 登録日 平成27年3月13日(2015.3.13)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2B 13/02	(2006.01)	GO2B 13/02
GO2B 15/20	(2006.01)	GO2B 15/20
GO2B 7/02	(2006.01)	GO2B 7/02

B

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2010-184919 (P2010-184919)
(22) 出願日	平成22年8月20日 (2010.8.20)
(65) 公開番号	特開2012-42791 (P2012-42791A)
(43) 公開日	平成24年3月1日 (2012.3.1)
審査請求日	平成25年8月20日 (2013.8.20)

前置審査

(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	100086818 弁理士 高梨 幸雄
(72) 発明者	杉田 茂宣 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	奥村 哲一朗 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	堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光学系及びそれを有する光学機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

接合レンズと、該接合レンズを保持する保持部材とを有する光学系であって、前記接合レンズの像側レンズの外径は、前記接合レンズの物体側レンズの外径よりも大きく、前記像側レンズは、前記光学系の光軸からの高さが前記物体側レンズの外径よりも高い領域に、前記接合レンズの光軸方向の位置を決定するための位置決め部を有し、前記保持部材は、前記位置決め部を物体側と像側から挟み込むことによって前記接合レンズを保持し、

前記位置決め部は、前記光軸方向に間隔を隔てて設けられた2つの面を有し、像面から前記接合レンズの最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離をL、前記光学系の焦点距離をf、前記位置決め部が有する2つの面の光軸方向の間隔をd_{out}、前記接合レンズの中心肉厚をd_{cen}とするとき、

$$0.2 < L/f < 1.0$$

$$0.05 < d_{out}/d_{cen} < 0.28$$

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】

前記光学系の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離をL_{total}とするとき、

$$0.4 < L_{total}/f < 1.2$$

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】

前記接合レンズは正レンズと負レンズより成り、該正レンズの光入出射面のうち、小の方の径を d_{ea} 、該光入出射面の径の最周辺における光軸方向の厚みを d_{cov} とするとき、

$$0.02 < d_{cov} / d_{ea} < 0.40$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記接合レンズは、物体側より像側へ順に、正レンズと負レンズより成ることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 5】

前記光学系は、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、フォーカシングに際して光軸上を移動する負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群より成ることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の光学系。

10

【請求項 6】

前記接合レンズは、前記第 2 レンズ群に含まれることを特徴とする請求項 5 に記載の光学系。

【請求項 7】

物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、負の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群、負の屈折力の第 6 レンズ群、正の屈折力の第 7 レンズ群より構成され、前記第 2 レンズ群と前記第 5 レンズ群と前記第 7 レンズ群は、ズーミングのためには不動であり、前記第 1 レンズ群と前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群と前記第 6 レンズ群がズーミングに際して移動し、前記接合レンズが前記第 2 レンズ群に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光学系。

20

【請求項 8】

前記保持部材は、レンズ保持枠と押さえ環よりなることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 9】

前記保持部材は、レンズ保持枠の突き当て部と、前記レンズ保持枠の加締め爪よりなることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の光学系。

30

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の光学系と、該光学系によって形成された像を受光する固体撮像素子を有することを特徴とする光学機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学系及びそれを有する光学機器に関し、例えば一眼レフカメラ、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、TV カメラ等の撮影光学系に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタル一眼レフカメラ等の撮像装置では、撮像素子の多画素化が進んでおり、それに伴い撮影光学系に要求される光学性能も、より厳しいものになっている。そのため、光学設計性能をより向上するための手段や、レンズ保持精度を向上してレンズ位置誤差による性能劣化を軽減する方法が、従来より研究されている(特許文献 1、2)。また、樹脂材料を用いたレンズに関しては、光弾性係数やヤング率が非常に大きいため、レンズを保持する際、保持機構からの応力により面の変形や複屈折が生じ、結像性能が劣化しやすい。

40

【0003】

そのため、特許文献 1 や特許文献 2 では、樹脂レンズを保持する際に、レンズ有効部内に応力が加わることを回避する方法についても報告されている。ここで、遠距離の被写体を

50

拡大実写する、長焦点距離の望遠レンズについて着目する。望遠レンズは、遠方の被写体をより細部まで高精細に拡大撮影することが求められるため、光学性能に対する要求が他の焦点距離域のレンズに比べて非常に高い。一方で、望遠レンズは携帯時や撮影時の利便性のために、小型軽量化も同時に強く要望されている。

【0004】

そこで従来より、小型軽量化と高性能を両立するレンズタイプとして、物体側より順に正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群の順に配置する所謂テレフォトタイプの光学系が数多く報告されている(特許文献3)。特許文献3では、テレ比(焦点距離に対する全長の比率)が1より小さく、かつその光学性能を回折限界に迫るまで向上した望遠レンズが開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平10-227961号公報

【特許文献2】特開平11-052108号公報

【特許文献3】特開平05-027163号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献3をはじめとする通常の望遠レンズでは、小型軽量化を達成するために、光学性能を劣化させない程度に各レンズのパワーを強め、レンズ全長やレンズ有効系を小さくしている。そのためこのような望遠レンズは、製造誤差が生じた時に性能劣化が生じ易く、高精細な光学系を得るためにには、いかに製造誤差を抑えるかが重要なポイントの1つになっている。光学系を1枚の薄肉系とした時、軸上光束は無限遠方から f/FNO の幅の平行光束として入射し、薄肉系により収束性のパワーを得て、光学系の焦点距離分だけ離れた位置に結像する。

20

【0007】

通常の厚肉光学系においても同様であり、各レンズ要素のパワーに応じて発散と収束を繰り返しはするが、基本的には無限遠方からの平行光束が、光学系の後側主点位置から焦点距離分だけ離れた像面に向かって収束する。そのため、図10に示すように、テレ比が1より小さい望遠レンズ(以下テレフォトタイプと呼ぶ)では、後側主点位置が光学系の最も物体側のレンズより物体側にあるため、軸上光線高 h は、最も物体側のレンズで最も大きくなり、像面に向かって収束していく。そのため、絞り付近から物体側のレンズ殆どで、レンズの有効範囲に対して軸上光束が通る面積が、大部分となっている。

30

【0008】

また、全系の小型軽量化を求めた際、各レンズの外径は光線有効径に対して最小限のレンズ保持部を残し、極力小さく設計される。レンズの瞳周辺部の面精度の部分的劣化は、画面全体の劣化に影響を及ぼすため、絞り付近から物体側のレンズで周辺部の研磨精度が低下した場合、軸上光束における瞳最周辺付近の光線の結像位置に誤差が生じ、画面全体がフレア掛かった画像になってしまう。

40

【0009】

以上のように、テレフォトタイプの望遠レンズは他のレンズタイプに比べ、各レンズの周辺部の面精度が結像性能に大きく関わるため、厳しい公差管理を要している。ここで本発明者は、より高解像のレンズを求めた場合、従来プラスチック材料において懸念されていた、レンズを保持する際の面変形や複屈折の影響が、硝子材料においても無視できない量になるとを考えた。材料に単位長の変形を与えるのに必要な応力量を表すヤング率は、例えば樹脂材料のアクリルが3.2Mpaなのにに対し、硝子材料が商品名BK7で80MPa程度と、20倍以上となっており、応力による面変形の影響は、十分無視できる量と言える。

【0010】

しかし、単位応力に対する複屈折量を表す光弾性定数は、アクリルが $6 \times 10^{-12} \text{ Pa}^{-1}$ に

50

対し、硝子材料が商品名BK7で $2.2 \times 10^{-12} \text{ Pa}^{-1}$ と、1/3程度である。それは即ち、樹脂材料の複屈折により光学性能が劣化する空間周波数域の3倍の空間周波数では、硝子材料の複屈折も同程度の光学性能劣化を及ぼすことを意味し、多画素化が進む昨今の要求性能に対し、決して無視できる量ではないと考えた。その観点に立った時、本発明者は、2枚以上の硝子が接着される接合レンズを保持する際に、光学性能を著しく劣化させる複屈折が発生している問題に行き着いた。

【0011】

そこで本発明では、硝子同士の接合レンズを含む光学系で発生する複屈折による光学性能の劣化を軽減する方法を提案する。

【0012】

この他本発明は、接合レンズをレンズ保持枠に保持する際に不要な応力がレンズに付加されないようにし、応力による材料の複屈折の発生を軽減し、高い光学性能が容易に得られる光学系及びそれを有する光学機器の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の光学系は、接合レンズと、該接合レンズを保持する保持部材とを有する光学系であって、前記接合レンズの像側レンズの外径は、前記接合レンズの物体側レンズの外径よりも大きく、

前記像側レンズは、前記光学系の光軸からの高さが前記物体側レンズの外径よりも高い領域に、前記接合レンズの光軸方向の位置を決定するための位置決め部を有し、前記保持部材は、前記位置決め部を物体側と像側から挟み込むことによって前記接合レンズを保持し、

前記位置決め部は、前記光軸方向に間隔を隔てて設けられた2つの面を有し、像面から前記接合レンズの最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離をL、前記光学系の焦点距離をf、前記位置決め部が有する2つの面の光軸方向の間隔をdout、前記接合レンズの中心肉厚をdcenとするとき、

$$0.2 < L/f < 1.0$$

$$0.05 < dout/dcen - 0.28$$

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】

【0014】

本発明によれば、接合レンズをレンズ保持枠に保持する際に不要な応力がレンズに付加されないようにし、応力による材料の複屈折の発生を軽減し、高い光学性能が容易に得られる光学系が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】実施例1の光学系の断面図

【図2】実施例1の光学系をmm単位で表した時の、物体距離無限時における収差図

【図3】実施例1において、本発明を実施した接合レンズの形状と、レンズ保持機構の断面図

【図4】実施例2の光学系の断面図

【図5】実施例2の光学系をmm単位で表した時の、物体距離無限時における収差図

【図6】実施例2において、本発明を実施した接合レンズの形状と、レンズ保持機構の断面図

【図7】実施例3の光学系の断面図

【図8】(A), (B)実施例3の光学系をmm単位で表した時の、広角端と望遠端の物体距離無限時における収差図

【図9】実施例3において、本発明を実施した接合レンズの形状と、レンズ保持機構の断面図

【図10】テレ比が1より小さい望遠レンズでの軸上光束に関する説明図

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明の光学系は、少なくとも2つのレンズを接合した接合レンズを含む。そして接合レンズの少なくとも2つのレンズのうち像側レンズの外径は、物体側レンズよりも外径が大きく、そして像側レンズの外周部には光軸方向の位置決めを行う位置決め部を有している。像側レンズの位置決め部は光軸方向に隔てて2つ設けられており、2つの位置決め部は平行な平面部より成っている。少なくとも2つのレンズの材料は硝子である。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。

【0017】

図1は本発明の実施例1の光学系のレンズ断面図、図2は実施例1の無限遠物体にフォーカスしているときの収差図である。図3は実施例1におけるレンズ保持機構の説明図である。実施例1の光学系は望遠レンズである。図4は本発明の実施例2の光学系のレンズ断面図、図5は実施例2の無限遠物体にフォーカスしているときの収差図である。図6は実施例2におけるレンズ保持機構の説明図である。実施例2の光学系は望遠レンズである。図7は本発明の実施例3の光学系のレンズ断面図、図8(A), (B)は実施例3の広角端と望遠端において無限遠物体にフォーカスしているときの収差図である。図9は実施例3におけるレンズ保持機構の説明図である。実施例3の光学系は望遠型のズームレンズである。

【0018】

それぞれの収差図では、左から順に、球面収差(軸上色収差)、非点収差、歪曲、倍率色収差を表している。球面収差と倍率色収差を示す図において、実線はd線(587.6nm)、破線はg線(435.8nm)を表している。また、非点収差を示す図において、実線はd線のサジタル方向、破線はd線のメリディオナル方向を表している。また、歪曲を示す図は、d線における歪曲を表している。FnoはFナンバー、は半画角を示している。各実施例の光学系はビデオカメラやデジタルカメラ等の光学機器に用いられる撮影レンズ系である。レンズ断面図において、左方が物体側(前方)で右方が像側(後方)である。尚、各実施例の光学系をプロジェクター等の投射レンズとして用いるときは、左方がスクリーン、右方が被投射画像となる。

【0019】

レンズ断面図において、iは物体側からのレンズ群の順番を示し、Liは第iレンズ群である。SPは開口絞りであり。開口絞りSPは実施例1, 2においては第3レンズ群L3の物体側に配置している。実施例3では第3レンズ群L3の像側に配置し、ズーミングに際して第3レンズ群L3とともに移動する。

【0020】

IPは像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際には光学系によって形成された像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面が置かれる。又、銀塩フィルム用のカメラの撮像光学系として使用する際にはフィルム面に相当する。

【0021】

本発明の接合レンズを有する光学系において、像面から接合レンズの少なくとも2つのレンズのうち物体側頂点までの距離をL、光学系の焦点距離をfとする。このとき、接合レンズの少なくとも2つのレンズは光路中の

$$0.2 < L/f < 1.0 \quad \dots (1)$$

なる条件式を満足する位置に配置されている。

【0022】

接合レンズは2つ以上のレンズを接合したものでも良い。以下簡単のため本発明の光学系において材料が硝子より成る2つのレンズを接合した接合レンズを例にとり、接合レンズより発生する複屈折による光学性能の劣化を軽減することができる原理について、説明する。異なる硝子材料よりレンズが接着剤で接着された接合レンズでは、各材料の線膨張係数が異なる。このため、接着剤が硬化する際に、硝子周辺部に応力が発生する。接合レ

10

20

30

40

50

ンズは光学系より発生する色収差を軽減するために、光学系において不可欠である。接合レンズは接合時の応力によりレンズ有効部内に複屈折が発生し、光学性能に影響を及ぼすことが知られている。

【0023】

本発明者は、接合レンズにおいて接着剤の硬化時にレンズ周辺部で発生する応力に加え、更にその部分に保持機構（保持部材）からの応力が掛かった時、より大きな複屈折が生じ、光学性能が劣化することを見出した。

【0024】

特に、光学系中の条件式（1）を満たす位置（光路中）にある接合レンズでは、軸上光線高 h が光線有効径の 9 割以上となる。このため硝子周辺部において接着剤の硬化時に複屈折が発生した際、軸上光束の瞳周辺を通る光線の結像位置がばらつき易く、光学性能が大きく劣化してくる。接合レンズの光学系中の位置が条件式（1）の上限値又は下限値を逸脱する位置では、レンズ有効径を決定する光線が、それぞれ軸外光束の下線、上線であり、軸上光線高 h がレンズ外径に対して十分内周側となる。

10

【0025】

従来、接合レンズのレンズ保持枠における保持方法では、接合レンズの両側を挟み込むように押さえていた。または、有効径が小さい像側のレンズの外径を物体側のレンズの外径より小さくし、物体側のレンズのみで押さえていた。前者の場合、特にレンズ周辺部で肉厚が薄くなる正レンズ側に、接着剤の硬化による応力と保持機構からの応力が 2 重で加わり、正レンズの材料の複屈折が大きく発生していることが分かった。後者の場合、物体側のレンズに保持機構からの応力が集中するため、接着剤の硬化による応力と併せて物体側のレンズの材料に大きな複屈折が発生する。更に、物体側のレンズは軸上光線高 h が大きくなるため、複屈折の影響が瞳周辺光束に対してより顕著に現れていた。

20

【0026】

そこで各実施例の接合レンズのレンズ保持枠では、像側レンズの外径を物体側レンズの外径よりも大きくし、像側レンズのみでレンズ保持枠に保持している。これにより、保持機構からの応力を軸上光線高 h が小さい像側レンズに集中させ、レンズ周辺光束（瞳周辺光束）への複屈折の影響を軽減している。それと同時に、像側レンズの光線有効径からレンズ保持部までの距離を広げて、応力による複屈折の影響が光線有効系内に極力及ばないようにしている。このような構成をとることにより、各実施例の光学系では硝子同士のレンズを接合した接合レンズに保持機構から応力が掛かった際の、光学性能の劣化を軽減している。更に好ましくは条件式（1）の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

30

【0027】

$$0.25 < L/f < 0.90 \quad \dots \quad (1a)$$

以上、本発明によれば、硝子同士の接合レンズを含む光学系で発生する複屈折による光学性能の劣化を軽減することができる。

【0028】

本発明の光学系において、更に好ましくは、次の諸条件のうちの 1 以上を満足するのが良い。光学系の最も物体側の面頂点から像面までの距離を L_{total} とする。2 つの位置決め部の平面部の光軸方向の長さを d_{out} 、接合レンズの中心肉厚を d_{cen} とする。少なくとも 2 つのレンズは正レンズと負レンズより成り、正レンズの光入出射面のうち、小さい方の径を d_{ea} 、光入出射面の径の最周辺における光軸方向の厚みを d_{cov} とする。このとき

40

$$0.4 < L_{total}/f < 1.2 \quad \dots \quad (2)$$

$$0.05 < d_{out}/d_{cen} \leq 0.28 \quad \dots \quad (3)$$

$$0.02 < d_{cov}/d_{ea} < 0.40 \quad \dots \quad (4)$$

なる条件式のうち 1 以上を満足するのが良い。

【0029】

テレ比が条件式（2）を満たす範囲にある、小型軽量化と高性能の両立を図った光学系においては、各レンズ要素のパワーが強くなる。この結果、軸上光束の瞳周辺を通る光線

50

の結像位置が、よりばらつき易くなる。このため、各実施例の光学系では条件式(2)を満足することがより好ましい。

【0030】

条件式(2)の下限値を逸脱すると、各レンズ要素のパワーが強くなり過ぎ、良好な光学性能を得ることが困難になる。

条件式(2)の上限値を逸脱すると、各レンズ要素のパワーが弱くなりすぎて、軸上光束のレンズ周辺を通る光線の結像位置が、ばらつきにくくなり、また全系の小型軽量化が困難になる。

【0031】

次に像側レンズは、光学系の光軸からの高さが物体側レンズの外径よりも大きい箇所(外周部)(領域)にある保持部分(位置決め部)を、光軸方向で幅が狭い2面の平行な平面部とすることで、硝子重量を増加することなく、レンズを保持している。また、平行な平面部を光軸方向の両側から挟み込むように像側レンズを保持することで、硝子の内径方向への応力成分が小さくなり、光線有効部内の複屈折の発生をより軽減している。像側レンズの平行な平面部の幅(長さ)は、条件式(3)を満たすことが好ましい。条件式(3)の上限値を逸脱すると、平行平面部の幅が広くなり過ぎ、硝子部品が大型化及び重量化してしまう。条件式(3)の下限値を逸脱すると、平行平面部の幅が狭くなり過ぎ、加工が困難である上に、保持応力により破損が生じ易いため、好ましくない。

【0032】

更に本発明の光学系では、接合レンズを構成する正レンズにおいて、光線有効部最周辺の厚みを、硝子重量が著しく増加しない程度に厚くすることで、接着剤が硬化する際の硝子周辺部への応力による複屈折発生量を小さくできるようにしている。応力により発生する複屈折量は、光弾性係数と材料の厚みに比例するため、レンズ周辺部で厚みが薄くなる正レンズにおいて、より大きな複屈折が発生し易いためである。具体的には条件式(4)を満たすようにしている。条件式(4)の上限値を逸脱した場合、硝子部品が重量化するため好ましくない。また、条件式(4)の下限値を逸脱した場合、正レンズのレンズ周辺部での複屈折量が増えるため、光学性能が劣化してくる。更に好ましくは条件式(2)～(4)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0033】

$$0.5 < L_{total}/f < 1.0 \quad \dots \quad (2a)$$

$$0.10 < d_{out}/d_{cen} \leq 0.28 \quad \dots \quad (3a)$$

$$0.03 < d_{cov}/d_{ea} < 0.30 \quad \dots \quad (4a)$$

次に、物体側から像側へ、正レンズ、負レンズより成る接合レンズにおいては、正レンズにおいてレンズ周辺部の肉厚が薄く複屈折が発生し易い。各実施例においては正レンズへの、軸上光線高hが大きくなるため、正レンズ、負レンズの順の接合レンズに本発明に係るレンズ保持方法を実施することが、より効果的である。

【0034】

次に、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、フォーカシングで駆動する負の屈折力の第2レンズ群を有するテレフォトタイプの光学系では、小型軽量化と高性能を両立し易い。その反面、大部分のレンズが条件式(1)を満たす位置にあるため、レンズ最周辺光束の結像位置にばらつきが生じ易い。そのため、このテレフォトタイプの光学系に本発明に係るレンズ保持方法を実施することが、より効果的である。テレフォトタイプの光学系では、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングの際、負のパワーの第2レンズ群が像側に駆動するため、球面収差がオーバー側に変動し易い。そのため、第2レンズ群よりも軸上光線高hの大きくなる物体側に正レンズを配置すると、アンダー側の補正効果が得られる。このため、第2レンズ群は物体側から像側へ正レンズ、負レンズの接合レンズとすることが好ましい。

【0035】

尚、本発明に係る接合レンズは、2枚のレンズの接合に限ったものではなく、その像側または物体側に更に1枚以上のレンズ接合された、3枚以上の接合レンズであっても、同

10

20

30

40

50

様の効果が得られる。

【0036】

本発明は、上述のような光学系を有する光学機器（例えば撮像装置、画像投影装置やその他の光学機器）に、種々適用可能である。

【0037】

【実施例1】

図1に示す実施例1の光学系は、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、フォーカシングの際に光軸上を移動する負の屈折力の第2レンズ群L2、正の第3レンズ群L3より構成される、テレフォトタイプの望遠レンズである。実施例1では、 $L_{tot} / f = 0.94$ と条件式(2)を満たしており、小型軽量化を図っている。第2レンズ群L2を構成する接合レンズC1、及び第3レンズ群L3内の接合レンズC2は、
10 本発明に係る方法でレンズ保持枠に保持されている。

【0038】

接合レンズC1は光路中の $L / f = 0.57$ の位置に配置され、接合レンズC2は光路中の $L / f = 0.32$ の位置に配置されており、共に条件式(1)を満たしている。そのため、それぞれの接合レンズC1、C2において、軸上光束のレンズ周辺部を通る光線の結像位置がばらつきやすい条件となっている。接合レンズC1は、図3(a)のレンズ保持機構に示すように物体側より順に像側へ正レンズ（物体側正レンズ）1と負レンズ（像側負レンズ）2とを接合して構成されている。像側負レンズ2の外径は物体側正レンズ1よりも大きい。接合レンズC1は、物体側正レンズ1の外周よりも外側に位置し、光軸方向の位置決めを行う位置決め部としての2つの平面部5、6を保持部材としての鏡筒（レンズ保持枠）4と押さえ環3で物体側と像側の両側から挟み込むことで、光軸方向の保持を行っている。
20

【0039】

尚、鏡筒4による接合レンズC1の径方向の保持は、像側負レンズ2の外周の平面部7を鏡筒4の内周面に突き当てることで決定保持している。接合レンズC2は図3(b)に示すように、物体側より像側へ順に正レンズ（物体側正レンズ）1と負レンズ（像側負レンズ）2とを接合して構成されている。像側負レンズ2の外径は物体側正レンズ1よりも大きい。接合レンズC2は物体側正レンズ1の外周よりも外側で光軸方向に位置する負レンズ2の物体側の平面部5を鏡筒4の突き当て部4aに突き当てている。そして鏡筒4の一部の加締め爪8を熱変形させて負レンズ2の像側の位置決め部としての平面部6に掛けることで光軸方向の保持を行っている。ここで突き当て部4aと加締め爪8は平面部5、6を物体側と像側の両側から挟み込むことで保持する保持部材である。
30

【0040】

尚、鏡筒4による接合レンズC2の径方向の保持は、像側負レンズ2の外周の平面部7を鏡筒3の内周面に突き当てることで決定している。

【0041】

本実施例において2つの平面部5、6は光軸方向に間隔を隔てて2つあり、互いに平行である。尚、本実施例において正レンズ1と負レンズ2の順番は逆であっても良い。このとき像側正レンズの外周部が鏡筒によって保持されることになる。
40

【0042】

本実施例では、以上のようにして、軸上光線高hが小さい像側レンズに保持応力を集中させている。これにより、レンズ周辺光束への影響を小さくすると同時に、像側レンズの光線有効径からレンズ外径までに余裕を持たせ、応力による複屈折の影響が光線有効径内に及びにくくしている。

【0043】

また、接合レンズC1における平面部5、6、接合レンズC2における平面部5、6は、お互い平行平面部となっており、その面間隔と接合レンズの中心肉厚の関係が、共に条件式(3)を満たしている。それにより、硝子（材料）の内径方向への応力成分を軽減し、光線有効部内の複屈折の発生をより軽減することができ、それと同時に硝子（材料）部
50

品の軽量化を図っている。また、各接合レンズC1, C2における、物体側正レンズの光入射面径と光入出射面の最周辺部の光軸方向の厚みの関係が、共に条件式(4)を満たしている。それにより、応力による複屈折量を軽減すると共に、硝子材料の軽量化を図っている。

【0044】

次に、通常、テレフォトタイプの光学系では負の屈折力の第2レンズ群L2が像側へフォーカシング駆動した際、球面収差がオーバー側に変動する。これに対して、実施形態1の接合レンズC1では軸上光線高hが大きい物体側に正レンズを配置してアンダー側の補正効果を強め、全フォーカス域で高い光学性能を達成している。

【0045】

10 [実施例2]

図4に示す実施例2の光学系は、実施例1と同様である。即ち、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、フォーカシングで像側に駆動する負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3の順に構成される、テレフォトタイプの望遠レンズである。実施例2では、 $L_{total}/f = 0.81$ と条件式(2)を満たしており、小型軽量化と高性能化を図っている。

【0046】

第2レンズ群L2を構成する接合レンズC1、及び第3レンズ群L3内の接合レンズC2は、本発明に係る方法でレンズ保持枠に保持されている。接合レンズC1は光路中の $L/f = 0.48$ の位置に配置され、接合レンズC2は光路中の $L/f = 0.29$ の位置に配置され、共に条件式(1)を満たしている。そのため、各々の接合レンズC1, C2における軸上光線高hが、光線有効径の9割以上となっており、軸上光束のレンズ周辺を通る光線の結像位置がばらつき易い条件となっている。接合レンズC1に関しては、図6(a)に示すように実施例1と同様の構成を採用しており、その効果も同様となっている。

【0047】

接合レンズC2は、物体側より像側へ順に負レンズ、正レンズの順となっており、図6(b)に示すように、像側正レンズ2の外径が物体側の負レンズ1よりも大きい。接合レンズC2は物体側負レンズ1よりも外側に位置し、光軸方向の位置決めを行う位置決め部としての平面部5を鏡筒4の突き当てる部4aに突き当てる。そして鏡筒4の一部の加締め爪8を熱変形させて正レンズ2の像側の位置決め部としての平面部6に掛けることで光軸方向の保持を行っている。

【0048】

尚、鏡筒4による接合レンズC2の径方向の保持は、像側正レンズ2の外周の平面部7を鏡筒4の内周面に突き当てることで決定している。それにより、軸上光線高hが小さい像側正レンズ2に保持応力を集中させている。これによりレンズ周辺光束への影響を小さくすると同時に、像側正レンズ2の光線有効径からレンズ外径までに余裕を持たせ、応力による複屈折の影響が光線有効径内に及びにくくしている。また、像側正レンズ2の2つの平面部5, 6は平行平面部となっており、その間隔と接合レンズC2の中心肉厚の関係は、条件式(3)を満たしている。それにより、硝子(材料)の内径方向への応力成分がなくなり、光線有効部内の複屈折の発生をより軽減することができ、それと同時に硝子(材料)部品の軽量化を図っている。

【0049】

このように、本実施例では物体側から像側へ順に、負レンズと正レンズの接合レンズであっても、本発明の効果を得ることができる。

【0050】

【実施例3】

図7に示す実施例3の光学系では、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4を有する。更に正の屈折力の第5レンズ群L5、負の屈折力の第6レンズ群L6、正の屈折力の第7レンズ群L7より構成される7群の望遠型のズームレンズであ

10

20

30

40

50

る。広角端から望遠端へのズーミングにおいて、矢印の如く第1，第3，第6レンズ群L1，L3，L6が物体側へ移動し、第4レンズ群L4が像側へ移動する。第2，第5，第7レンズ群L2，L5，L7はズーミングのためには不動である。

【0051】

本実施例の光学系は、望遠端における撮影半画角が4.2度の望遠型のズームレンズである。実施例3では、望遠端のズーム位置において $L_{total}/f = 0.80$ と条件式(2)を満たしており、小型軽量化と高性能化を図っている。実施例3において、第1レンズ群L1内の接合レンズC1と、第2レンズ群L2内の接合レンズC2は本発明に係る方法でレンズ保持枠に保持されている。それぞれの接合レンズは、望遠端のズーム位置において、接合レンズC1が光路中の $L/f = 0.78$ の位置に配置され、接合レンズC2が光路中の $L/f = 0.54$ の位置に配置され、共に条件式(1)を満たしている。

10

【0052】

そのため、それぞれの接合レンズC1，C2における望遠端のズーム位置での軸上光線高hが、光線有効径の9割以上となっており、軸上光束の瞳周辺を通る光線の結像位置がばらつき易い条件となっている。接合レンズC1の保持方法は、図9(a)に示すように、実施例1及び実施例2と同様である。図9(a)の保持方法では、図3(b)の接合レンズC2の保持方法に比べて接合レンズC2の鏡筒3への挿入方法が逆になっている点が異なっているだけである。

【0053】

接合レンズC2は、図9(b)に示すように、像側負レンズ2の平面部5を鏡筒4の突き当部4aに突き当て、更に負レンズ9を負レンズ2の平面部6に突き当て、負レンズ9の像側を鏡筒4の加締め爪8で押さえる構成としている。平面部5と平面部6は平行平面部となっている。接合レンズC2の保持は平面部5と平面部6を挟み込むように行われており、やはり実施例1及び実施例2と同等の効果を得ている。このように、ズームレンズの望遠端のズーム位置においても、本発明の効果を得ることができる。

20

【0054】

以上、本発明の好ましい光学系の実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されることは言うまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0055】

30

次に、各実施例に各々対応する数値実施例1～3を示す。各数値実施例においてiは物体側からの光学面の順序を示し、 r_i は第i番目の光学面(第i面)の曲率半径、 d_i は第i面と第*i+1*面との間の間隔、 n_{di} と d_{di} はそれぞれd線に対する第i番目の光学部材の材料の屈折率、アッベ数を示す。また、焦点距離、Fナンバー等のスペックに加え、画角は全系の半画角、像高は半画角を決定する最大像高、レンズ全長は第1レンズ面から像面までの距離、BFは最終レンズ面から像面までの長さを示している。

【0056】

また、数値実施例3において、各光学面の間隔dが(可変)となっている部分は、ズーミングに際して変化するものであり、別表に焦点距離に応じた面間隔を記している。

尚、以下に記載する数値実施例1～3のレンズデータに基づく、各条件式の計算結果を表1に示す。

40

【0057】

(数値実施例1)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	302.145	16.85	1.48749	70.2	135.31

50

2	-439.426	22.74		134.71	
3	133.921	23.10	1.43387	95.1	118.64
4	-348.061	0.13			116.20
5	-339.367	4.30	1.65412	39.7	116.20
6	236.146	29.16			109.53
7	82.605	15.28	1.43387	95.1	94.89
8	380.565	1.00			92.78
9	65.968	6.00	1.48749	70.2	81.91
10	49.683	29.03			73.32
11	4862.721	6.72	1.80809	22.8	64.59
12	-141.662	2.60	1.80610	40.7	63.49
13	113.588	86.23			59.76
14(絞り)		2.04			41.39
15	137.526	8.07	1.77250	49.6	40.60
16	-67.088	2.05	1.80518	25.4	39.68
17	-308.914	5.97			38.62
18	83.839	4.48	1.84666	23.8	34.77
19	-126.211	1.71	1.72916	54.7	34.39
20	44.290	4.41			32.64
21	-183.415	1.63	1.83481	42.7	32.67
22	69.289	3.51			33.18
23	83.969	4.56	1.77250	49.6	35.51
24	-481.588	10.16			35.89
25	63.420	8.29	1.65412	39.7	39.13
26	-97.491	1.91	1.80809	22.8	38.76
27	156.214	5.29			38.40
28		2.20	1.51633	64.1	38.70
29					38.81

各種データ 30

焦点距離 392.39
 Fナンバー 2.90
 画角 3.16
 像高 21.64
 レンズ全長 370.71
 BF 61.28

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置	40
1	1	208.49	118.56	12.14	-81.30	
2	11	-144.71	9.32	5.29	0.13	
3	14	384.03	66.29	-12.42	-63.84	

【0058】
 (数値実施例2)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	
1	331.299	15.10	1.48749	70.2	141.97	
2	-698.860	44.37			141.42	
3	160.224	19.00	1.43387	95.1	122.37	
4	-634.734	0.41			120.51	
5	-556.300	4.50	1.65412	39.7	120.50	
6	276.476	45.32			115.49	
7	93.942	14.23	1.43387	95.1	98.57	
8	395.355	1.00			96.70	10
9	82.615	5.30	1.48749	70.2	88.69	
10	61.070	46.72			81.52	
11	637.682	5.99	1.80809	22.8	64.41	
12	-272.868	2.80	1.88300	40.8	63.29	
13	146.588	97.26			60.84	
14(絞り)		5.82			40.52	
15	154.638	2.00	1.80610	33.3	38.99	
16	63.649	7.03	1.59282	68.6	38.13	
17	-234.143	12.76			37.53	
18	87.560	3.86	1.84666	23.8	32.05	20
19	-444.007	1.65	1.62041	60.3	31.63	
20	42.018	3.99			30.48	
21	-133.996	1.60	1.81600	46.6	30.50	
22	113.702	5.00			31.03	
23	91.366	3.20	1.65412	39.7	33.93	
24	-1021.757	10.91			34.15	
25	88.375	7.49	1.72047	34.7	37.12	
26	-74.187	1.91	1.80809	22.8	36.96	
27	296.105	10.00			36.86	
28		2.20	1.51633	64.1	45.00	30
29					45.00	

各種データ

焦点距離	584.90	
Fナンバー	4.12	
画角	2.12	
像高	21.64	
レンズ全長	475.88	
BF	94.46	40

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	270.91	149.24	30.00	-101.98
2	11	-200.18	8.79	5.97	1.14
3	14	1625.81	79.42	11.00	-59.54

【0059】

(数値実施例3)

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	
1	129.190	6.01	1.48749	70.2	53.00	
2	-197.870	0.15			52.80	
3	106.656	8.24	1.43875	94.9	50.39	
4	-127.775	2.40	1.61340	44.3	49.08	
5	262.140	(可変)			47.00	
6	183.157	4.37	1.80518	25.4	25.75	
7	-43.972	1.20	1.71300	53.9	24.81	10
8	47.602	3.12			23.31	
9	-49.900	1.20	1.83481	42.7	23.26	
10	212.970	(可変)			25.40	
11	125.359	1.20	1.80518	25.4	25.40	
12	40.994	4.46	1.60311	60.6	25.64	
13	-68.824	0.15			25.74	
14	47.854	3.31	1.49700	81.5	25.48	
15	-237.275	1.00			25.18	
16(絞り)		(可変)			24.60	
17	-42.550	1.20	1.57135	53.0	22.40	20
18	47.732	2.25	1.84666	23.8	22.88	
19	164.018	(可変)			22.80	
20	-126.107	2.73	1.74950	35.3	24.40	
21	-38.896	0.15			24.91	
22	108.304	4.60	1.48749	70.2	24.91	
23	-31.051	1.00	1.84666	23.8	24.82	
24	-131.207	0.15			25.00	
25	56.635	3.17	1.51633	64.1	25.28	
26	-187.996	(可変)			25.00	
27	-139.768	1.10	1.83400	37.2	25.00	30
28	46.843	3.69			24.17	
29	77.820	5.40	1.80518	25.4	25.81	
30	-39.907	4.90			26.07	
31	-33.492	1.10	1.83481	42.7	24.37	
32	75.079	(可変)			25.13	
33	43.379	3.41	1.48749	70.2	33.40	
34	116.452				33.51	

各種データ

40

ズーム比 4.02

	広角	中間	望遠
焦点距離	72.20	134.99	289.95
Fナンバー	4.09	4.47	5.92
画角	16.68	9.11	4.27
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	178.05	210.65	232.33
BF	39.65	39.65	39.65

50

d 5	4.01	36.49	58.01
d10	22.79	14.54	1.28
d16	3.62	17.87	43.13
d19	20.43	14.43	2.43
d26	11.60	8.78	1.23
d32	4.27	7.18	14.76

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置	10
1	1	146.02	16.80	-1.81	-12.88	
2	6	-34.23	9.89	6.03	-0.93	
3	11	44.52	10.12	3.40	-3.46	
4	17	-77.74	3.45	0.45	-1.52	
5	20	41.25	11.80	3.57	-4.12	
6	27	-34.77	16.20	8.09	-3.09	
7	33	139.67	3.41	-1.34	-3.60	

【 0 0 6 0 】

【表 1 】

20

	f	L _{total}	接合レンズ	条件式						
				L/f	L _{total} /f	dout/dcen	dcov/dea	1	2	3
実施形態1	392.39	370.71	C1	223.12	2.60	9.32	66.00	2.71	0.57	0.94
			C2	125.53	1.50	10.12	42.50	2.97	0.32	
実施形態2	584.90	475.88	C1	279.92	2.40	8.79	66.00	3.13	0.48	0.81
			C2	168.05	1.50	9.03	40.00	3.93	0.29	
実施形態3	289.95	232.33 (望遠端)	C1	226.17	2.00	10.64	52.50	2.23	0.78	0.80
			C2	157.52	1.20	5.57	27.50	1.65	0.54	

【符号の説明】

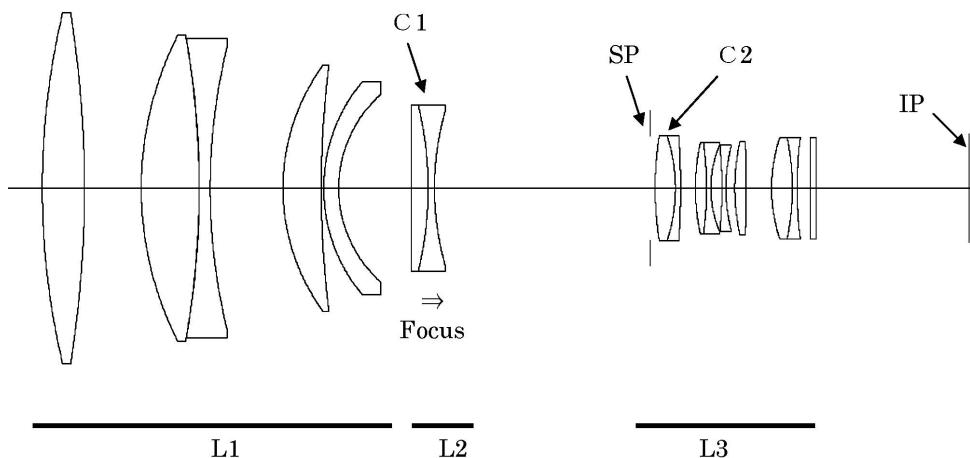
【 0 0 6 1 】

30

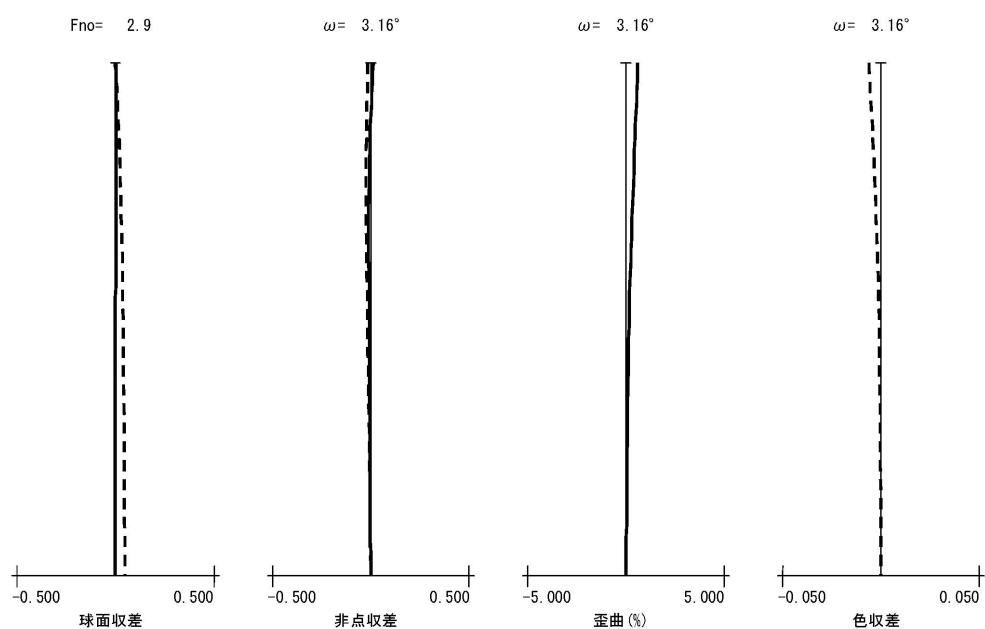
S P : 紋り I P : 撮像面 L 1 ~ L 7 : 第 1 レンズ群 ~ 第 7 レンズ群

F o c u s : フォーカシングで移動する群と、その移動方向 C 1 、 C 2 : 接合レンズ

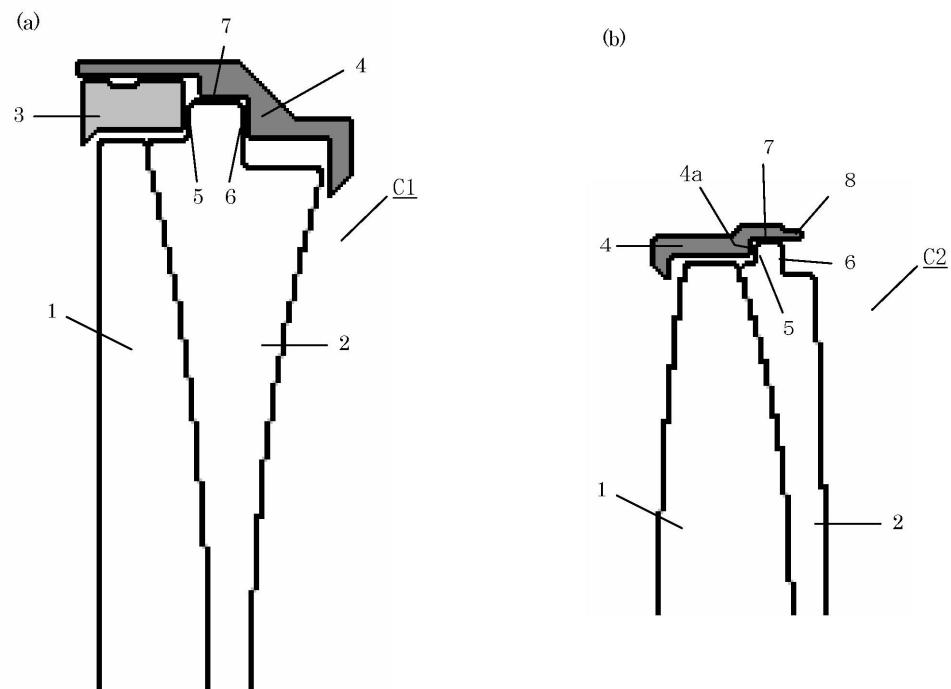
【図1】



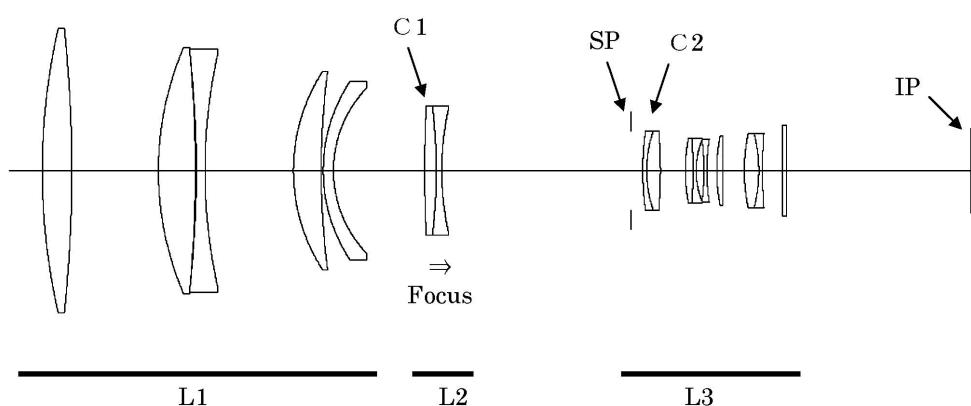
【図2】



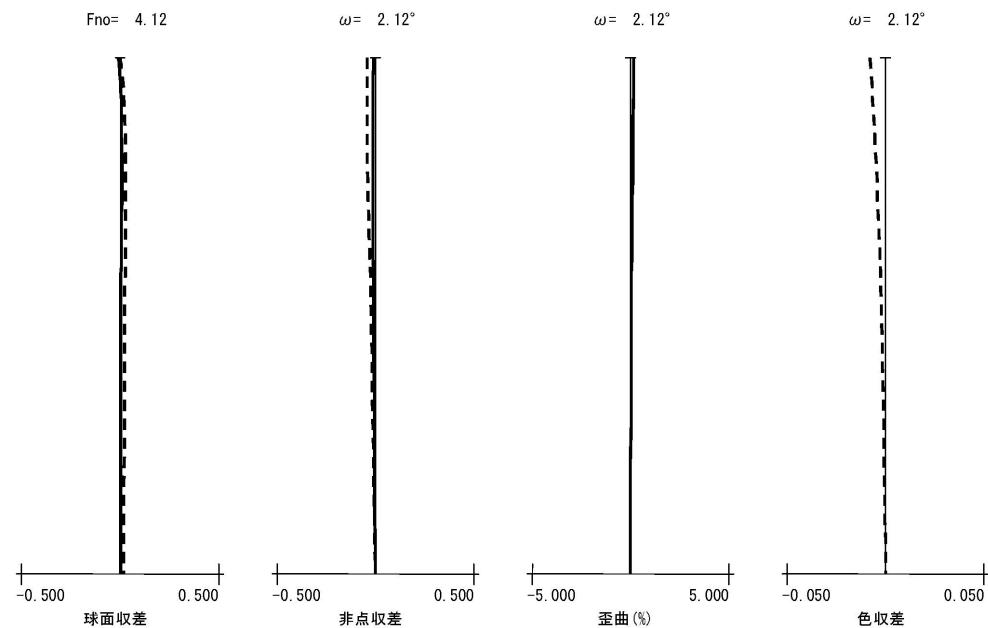
【図3】



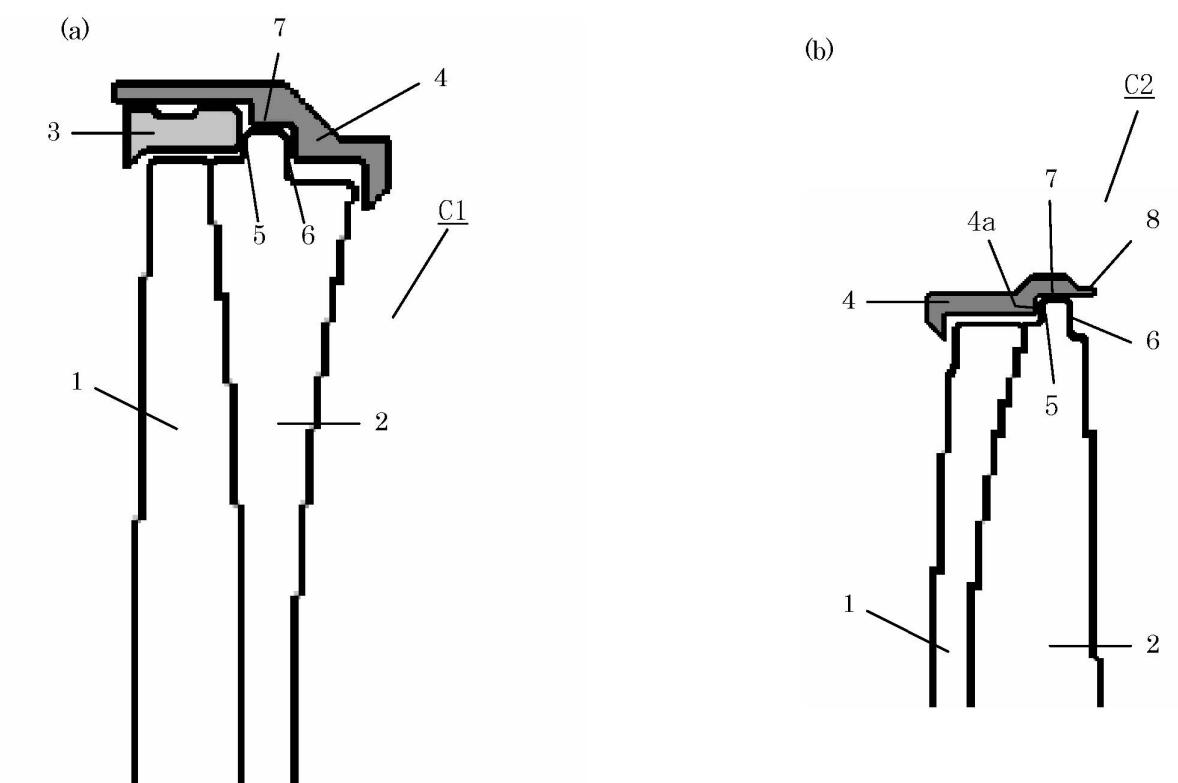
【図4】



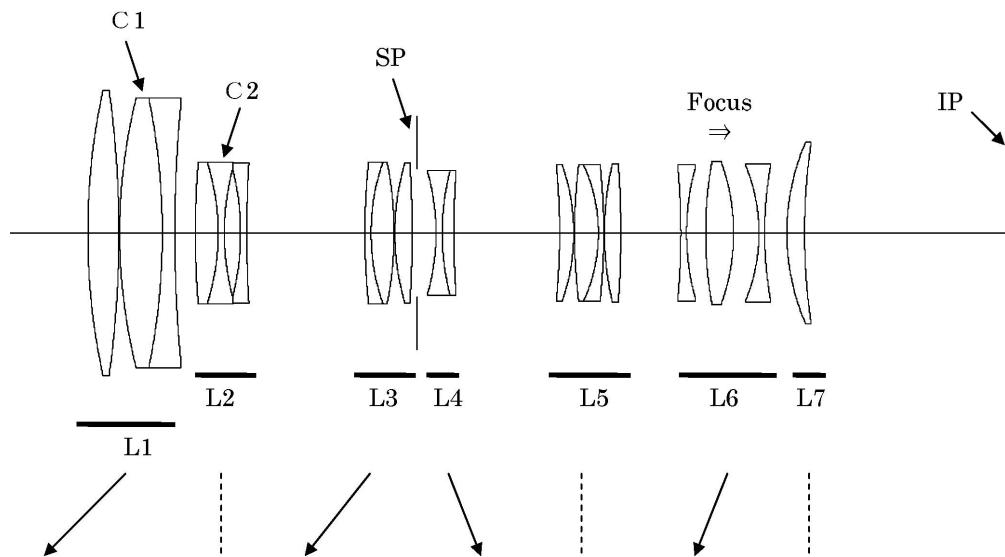
【図5】



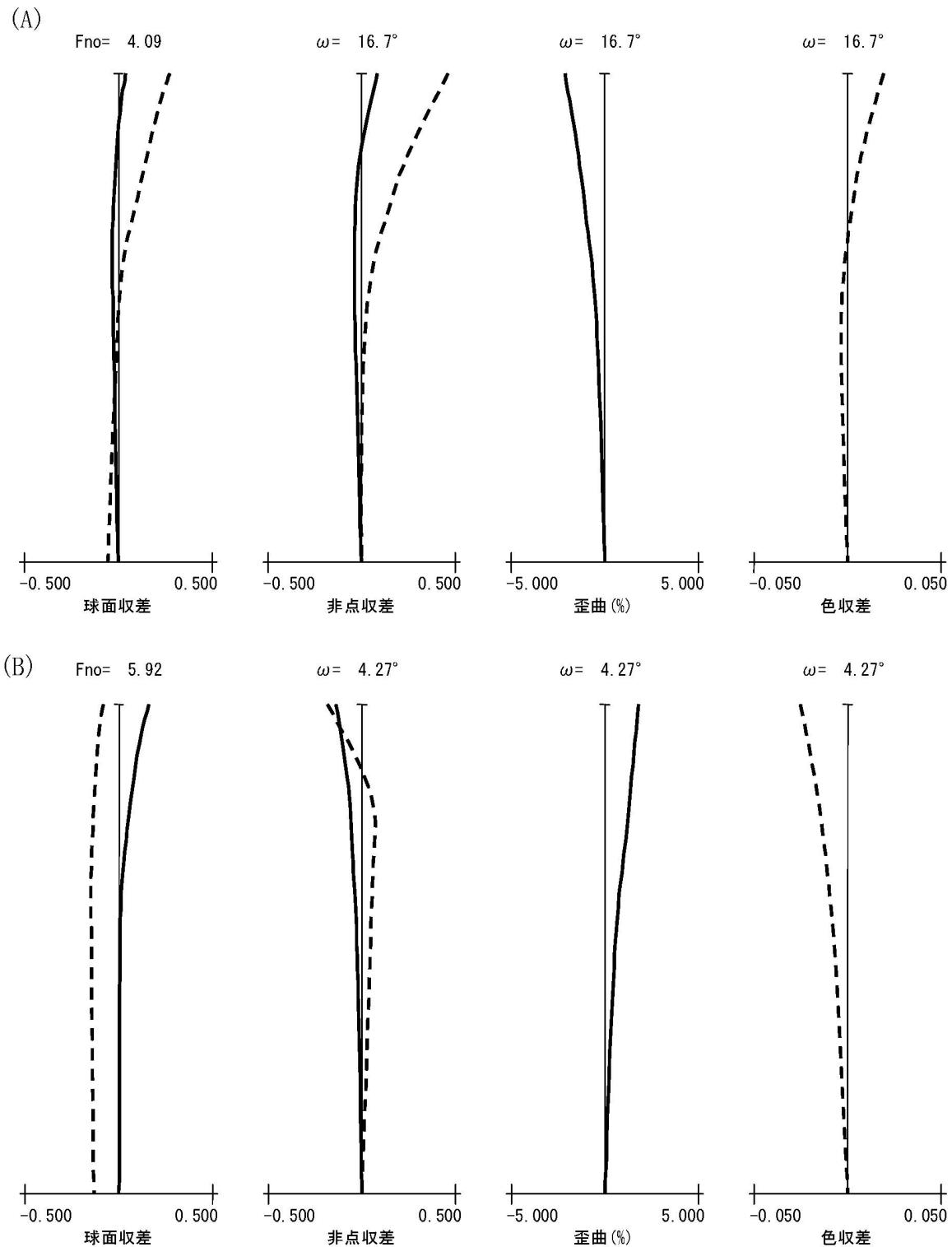
【図6】



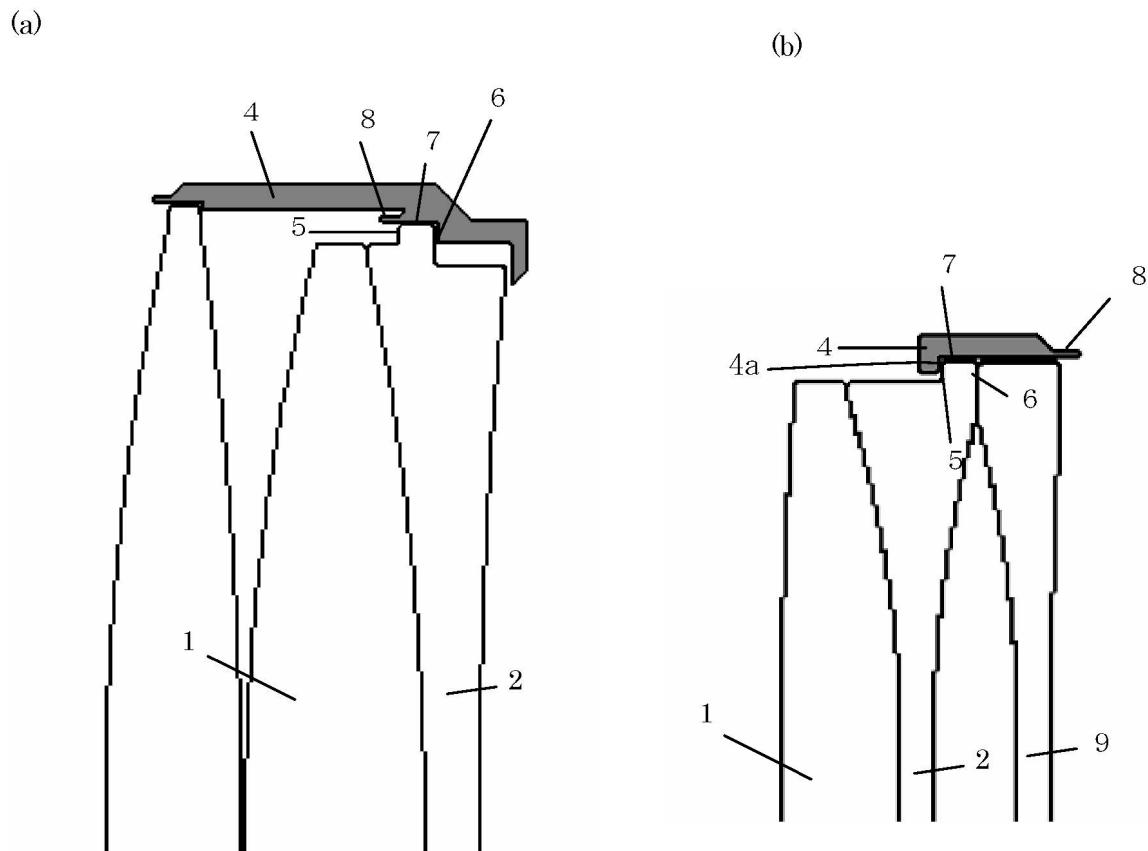
〔 四 7 〕



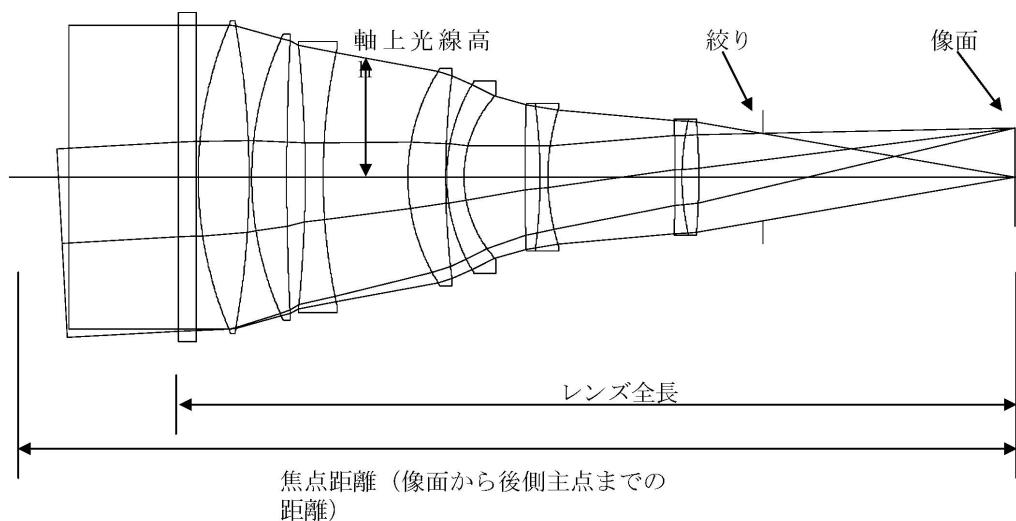
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-078736(JP,A)
特開平05-027163(JP,A)
特開2005-352429(JP,A)
特開2003-015008(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 13 / 02
G 02 B 15 / 20
G 02 B 7 / 02