

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 6 部門第 2 区分
 【発行日】平成 25 年 7 月 18 日 (2013.7.18)

【公開番号】特開 2011-253050 (P2011-253050A)
 【公開日】平成 23 年 12 月 15 日 (2011.12.15)
 【年通号数】公開・登録公報 2011-050
 【出願番号】特願 2010-126815 (P2010-126815)
 【国際特許分類】

G 0 2 B 13/02 (2006.01)

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

【F I】

G 0 2 B 13/02

G 0 2 B 13/18

【手続補正書】
 【提出日】平成 25 年 5 月 31 日 (2013.5.31)
 【手続補正 1】
 【補正対象書類名】特許請求の範囲
 【補正対象項目名】全文
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【特許請求の範囲】
 【請求項 1】

物体側から像側へ順に正の屈折力の第 1 レンズ群、開口絞り、後群から構成され、該後群は合焦の際に移動する第 2 レンズ群を有し、該第 1 レンズ群は n (n は 2 以上の整数) 個の正レンズと 1 以上の負レンズを有する光学系において、 i を物体側から数えた順番とし、該第 1 レンズ群中の第 i 正レンズの材料の d 線に対する屈折率を $N d i$ ($i = 1, 2, \dots, n$)、アッベ数を $d i$ ($i = 1, 2, \dots, n$)、該アッベ数 $d i$ のうち最大値と最小値を各々 $\max(d i)$ 、 $\min(d i)$ 、該屈折率 $N d i$ のうち最小値を $\min(N d i)$ 、該第 1 レンズ群の焦点距離を $f p$ 、全系の焦点距離を f とするとき、

$$2.2 < \max(d i) / \min(d i)$$

$$\min(d i) < 30.0$$

$$1.55 < \min(N d i)$$

$$0.5 < f p / f < 3.7$$

なる条件を満足することを特徴とする光学系。

【請求項 2】

物体側から像側へ順に正の屈折力の第 1 レンズ群、開口絞り、後群から構成され、該後群は合焦の際に移動する第 2 レンズ群を有し、該第 1 レンズ群は n (n は 2 以上の整数) 個の正レンズと 1 以上の負レンズを有する光学系において、 i を物体側から数えた順番とし、該第 1 レンズ群中の第 i 正レンズの材料のアッベ数を $d i$ ($i = 1, 2, \dots, n$)、該アッベ数 $d i$ のうち最大値と最小値を各々 $\max(d i)$ 、 $\min(d i)$ 、該第 1 レンズ群の最も像側の屈折面は凹形状でその曲率半径を $R p$ 、該第 2 レンズ群の最も物体側の屈折面は凹形状でその曲率半径を $R n$ 、全系の焦点距離を f とするとき、

$$2.2 < \max(d i) / \min(d i)$$

$$\min(d i) < 30.0$$

$$0.15 < R p / f < 0.90$$

$$-15.00 < R n / f < -0.15$$

なる条件を満足することを特徴とする光学系。

【請求項 3】

前記開口絞りを挟んだ屈折面で構成される空気レンズの焦点距離を f_{air} とするとき、
 $-0.900 < f_{air} / f < -0.175$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 2 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記光学系の無限遠物体に合焦時の開口 F ナンバーを F_{no} とするとき、
 $F_{no} < 2.5$

なる条件を満足す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】

前記第 1 レンズ群中の第 i 正レンズの材料の異常部分分散性を g_{Fi} ($i = 1, 2, \dots, n$)、前記第 1 レンズ群中の第 i 番目の第 i 正レンズの焦点距離を f_i ($i = 1, 2, \dots, n$) とするとき、

$$3.60 \times 10^{-4} < (g_{Fi} / d_i / f_i) \times f_p$$

なる条件を満足す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。

【請求項 6】

前記後群は、前記第 2 レンズ群の像側に、合焦に際して移動しない第 3 レンズ群を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 7】

光電変換素子に像を形成す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。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項の光学系と、該光学系によって形成される像を受光する光電変換素子とを備えることを特徴とする光学機器。

【請求項 9】

前記光学系の半画角を θ とするとき、
 $6^\circ < \theta < 25^\circ$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 8 に記載の光学機器。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0004】

一方、大口径比で明るい撮像光学系は被写界深度が浅く、諸収差が画質に与える影響が強い。このため明るい撮像光学系には、より高精度な収差補正が求められている。従来より大口径比で焦点距離のやや長い中望遠の撮像光学系が知られている（特許文献 1）。また色収差を補正するために物体側の前群に蛍石等の異常部分分散性材料より成るレンズを配置した望遠レンズが知られている（特許文献 2）。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

一般にアッベ数が 40 ~ 60 程度で屈折率が 1.6 ~ 1.8 程度の高屈折率中分散硝材は負の異常部分分散性を持つため正の屈折力を持つレンズとして用いると軸上色収差が低下してくる。またアッベ数が 70 ~ 90 程度で屈折率が 1.4 ~ 1.5 程度の低屈折率低分散硝材は正の異常部分分散性を持つため正の屈折力を持つレンズとして用いると軸上色収差を良好に補正することができる。しかし、屈折率が低いと所望の屈折力を得るため

にはレンズ面（屈折面）の曲率を強くしなければならず、この結果、球面収差や像面湾曲が発生しやすくなる。画面全体にわたり、高い光学性能を得るには、硝材を適切に設定し色収差の補正とともに、球面収差や像面湾曲等の諸収差を同時に良好に補正することが必要となる。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0020】

第1レンズ群L1の最も像側の屈折面は凹形状でその曲率半径を R_p 、第2レンズ群L2の最も物体側の屈折面は凹形状でその曲率半径を R_n とする。開口絞りSPを挟んだ屈折面で構成される空気レンズの焦点距離を f_{air} とする。光学系OLの無限遠物体に合焦時の開口Fナンバーを F_{no} とする。第1レンズ群L1中の第 i 正レンズの材料の異常部分分散性を g_{Fi} ($i = 1, 2, \dots, n$)、第1レンズ群L1中の第 i 番目の第 i 正レンズの焦点距離を f_i ($i = 1, 2, \dots, n$)とする。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0024】

しかし、アップ数 d が40～60程度で屈折率が1.6～1.8程度の硝材は異常部分分散性 g_F の値は負が多く、正レンズとして用いると色収差が増加しやすい。特に色収差が目立ちやすい、焦点距離が比較的長い、大口径の中望遠レンズでは、このことは顕著であった。色収差だけを補正するのであれば、正レンズとして、異常分散性のある蛍石等の低屈折率低分散の硝材を用いることもできる。しかし、その場合、屈折率が低いため所望の屈折力を得るためにレンズ面の曲率を強くしなければならず、球面収差や像面湾曲等が悪化する。また、正レンズと組み合わせていた負レンズも正レンズが低分散側にシフトしたことに伴って、低分散側にシフトしなければならない。その場合も必要な色消し条件を満たすためには負レンズのレンズ面の曲率を強くせねばならず、コマ収差やサジタルフレアが増加する。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0030】

条件式(5)及び(6)は第1レンズ群L1中の最も像側の屈折面及び、第2レンズ群L2中の最も物体側の屈折面の曲率半径に関する条件式である。これらの屈折面は開口絞りSPを挟んで向かい合った凹面となっている。これらの凹面によって像面湾曲や特にコマ収差やサジタルハ口を良好に補正している。この条件式(5)、(6)の範囲を外れると諸収差特にコマ収差やサジタルハ口が増加しやすいため好ましくない。なお、第1レンズ群L1中の最も像側の屈折面の曲率は条件式(5)で示されるように、ある程度強い必要がある。これと比べると第2レンズ群L2中の最も物体側の屈折面は条件式(6)で示されるように、ある程度曲率を緩くしても良く平面に近い形状を取っても良い。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0031】

条件式(7)は、開口絞りSPを挟んで向かい合った第1レンズ群L1の最も像側の屈折面と、第2レンズ群L2の最も物体側の屈折面で構成される、空気レンズの焦点距離と全系の焦点距離に関する条件式である。この空気レンズの屈折力を所望の範囲に収めることで、諸収差、特にコマ収差やサジタルハロを良好に補正することができる。条件式(7)の範囲を外れると諸収差、特にコマ収差やサジタルハロが増加しやすいので好ましくない。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0035】

条件式(9)は以上のような知見によって得られたものであり、第1レンズ群L1中の正レンズの色収差の補正効果の和を表すものである。なお、条件式(9)では第1レンズ群中の色消し効果を表すために、各レンズの焦点距離を第1レンズ群L1の焦点距離で割って規格化している。条件式(9)の範囲を満たすことで、第1レンズ群L1中の正レンズで十分な色収差の補正効果を出し、光学系全系として色収差の量を低減させることができる。条件式(9)の範囲を外れると、十分な色収差の補正効果が得られず、光学系全系として色収差の補正が不十分になるので好ましくない。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0036】

また、各実施例の光学系を光電変換素子を有する光学機器に用いたとき、光電変換素子の有効画面より規制される半画角を とする。このとき、

$$6^{\circ} < \quad < 25^{\circ} \quad \cdots (10)$$

なる条件を満足している。条件式(10)は光学系を光学機器に適用したときの半画角に関する条件式である。条件式(10)の範囲を満たすことで、色収差を始め、諸収差を良好に補正することが容易になる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0039】

[実施例1]

図1の実施例1の光学系OLについて説明する。実施例1の光学系OLは大口径比の中焦点距離レンズである。図1の光学系OLは物体側から像側へ順に、正の屈折力の前群、開口絞りSP、正の屈折力の後群LRより成っている。前群は正の屈折力の第1レンズ群L1より成っている。後群LRは正の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3から成っている。無限遠物体から近距離物体への合焦(フォーカス)は第1レンズ群L1、開口絞りSP、第2レンズ群L2を物体側に移動させて行う。なお、合焦に際して第3レンズ群L3は移動しない。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0042】

この実施例1において条件式(1)に相当するアッペ数 d の比は2.98である。条件式(2)(3)に相当する最小アッペ数及び最小屈折率は23.9及び1.569である。条件式(4)に相当する第1レンズ群L1の焦点距離を全系の焦点距離で割った値は2.76である。また条件式(5)及び(6)に相当する値はそれぞれ0.32及び-0.37であり、条件式(7)に相当する空気レンズの焦点距離を全系の焦点距離で割った値は-0.18である。さらに条件式(8)に相当するFナンバーFnoは1.24であり、色収差の補正の条件である条件式(9)に相当する量は 8.54×10^{-4} である。表中の「E-X」は「 10^{-X} 」を意味する。そして条件式(10)の半画角は14.28°である。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0044

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0044】

[実施例2]

図3の実施例2の光学系OLについて説明する。実施例2の光学系OLは、大口径比の中焦点距離レンズである。図3の光学系OLは物体側から像側へ順に、正の屈折力の前群、開口絞りSP、正の屈折力の後群LRより成っている。前群は正の屈折力の第1レンズ群L1より成っている。後群LRは負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3から成っている。無限遠物体から近距離物体への合焦は第2レンズ群L2を像側に移動させて行う。第1レンズ群L1は3枚の正レンズG1、G2、G3と1枚の負レンズG4からなっており、第1レンズ群L1の焦点距離は83.82である。さらに全系の焦点距離は85.00mmであり、開口比(Fno)は1.80、半画角は14.28°である。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0047】

[実施例3]

図5の実施例3の光学系OLについて説明する。実施例3の光学系OLは、大口径比の中焦点距離レンズである。図5の光学系OLは物体側から像側へ順に、正の屈折力の前群、開口絞りSP、後群LRより成っている。前群は正の屈折力の第1レンズ群L1より成っている。後群LRは負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3から成っている。無限遠物体から近距離物体への合焦は第2レンズ群L2を像側に移動させて行う。第1レンズ群L1は3枚の正レンズG1、G2、G3と1枚の負レンズG4からなっており、第1レンズ群L1の焦点距離は93.92である。さらに全系の焦点距離は100.00mmであり、開口比(Fno)は2.00、半画角は12.21°である。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0051】

〔実施例 4〕

図 7 の実施例 4 の光学系 O L について説明する。実施例 4 の光学系 O L は大口径比の中焦点距離レンズである。図 7 の光学系 O L は物体側から像側へ順に、正の屈折力の前群、開口絞り S P、正の屈折力の後群 L R より成っている。前群は正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 より成っている。後群 L R は負の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 から成っている。無限遠物体から近距離物体への合焦は第 2 レンズ群 L 2 を像側に移動させて行う。第 1 レンズ群 L 1 は 3 枚の正レンズ G 1、G 2、G 4 と 2 枚の負レンズ G 3、G 5 からなっており、第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離は 96.92 である。さらに全系の焦点距離は 133.30 mm であり、開口比 (F n o) は 2.06、半画角は 9.22° である。

【手続補正 15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0055

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0055】

〔実施例 5〕

図 9 の実施例 5 の光学系 O L について説明する。実施例 5 の光学系 O L は大口径比の中焦点距離レンズである。図 9 の光学系は物体側から像側へ順に、正の屈折力の前群、開口絞り S P、正の屈折力の後群 L R より成っている。前群は正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 より成っている。後群 L R は負の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 から成っている。無限遠物体から近距離物体への合焦は第 2 レンズ群 L 2 を像側に移動させて行う。第 1 レンズ群 L 1 は 4 枚の正レンズ G 1、G 2、G 3、G 6 と 2 枚の負レンズ G 4、G 5 からなっており、第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離は 145.77 である。さらに全系の焦点距離は 196.00 mm であり、開口比 (F n o) は 2.05、半画角は 6.30° である。

【手続補正 16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0059

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0059】

〔実施例 6〕

図 11 の実施例 6 の光学系 O L について説明する。実施例 6 の光学系 O L は大口径比の中焦点距離レンズである。図 11 の光学系は物体側から像側へ順に正の屈折力の前群、開口絞り S P、正の屈折力の後群 L R より成っている。前群は、正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 より成っている。後群 L R は正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 から成っている。無限遠物体から近距離物体への合焦は、第 1 レンズ群 L 1、開口絞り S P、第 2 レンズ群 L 2 を物体側に移動させて行う。第 1 レンズ群 L 1 は 3 枚の正レンズ G 1、G 2、G 3 と 1 枚の負レンズ G 4 からなっており、第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離は 181.39 である。さらに全系の焦点距離は 51.70 mm であり、開口比 (F n o) は 1.41、半画角は 2.71° である。