



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109491045 B

(45) 授权公告日 2021.07.02

(21) 申请号 201811053335.4

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2018.09.11

G02B 13/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G02B 13/18 (2006.01)

申请公布号 CN 109491045 A

审查员 刘洋成

(43) 申请公布日 2019.03.19

(30) 优先权数据

2017-173821 2017.09.11 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 市村纯也

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所

有限公司 11038

代理人 汪晶晶

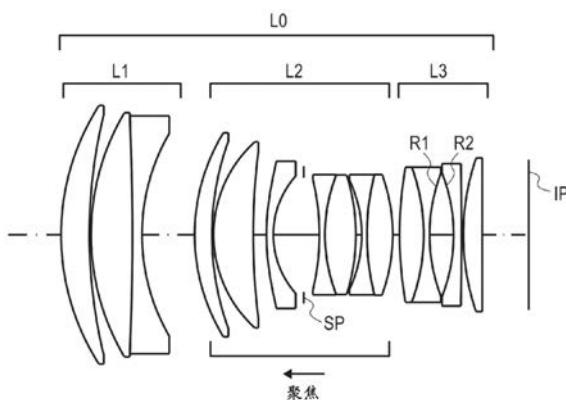
权利要求书2页 说明书12页 附图5页

(54) 发明名称

光学系统和图像拾取装置

(57) 摘要

本公开涉及光学系统和图像拾取装置。提供一种光学系统，包括：具有正折光力的第一透镜单元；具有正折光力并设置在第一透镜单元的像侧的第二透镜单元；以及具有正折光力并且最靠近像侧设置的第三透镜单元，其中透镜单元中的各相邻透镜单元之间的间隔在聚焦期间改变。第一透镜单元在聚焦期间不移动。在从无穷远到近距离的聚焦期间，第二透镜单元沿着光轴向物侧移动。第二透镜单元从物侧到像侧依次包括正透镜、负透镜和孔径光阑。第三透镜单元包括正透镜和负透镜。适当地设定空气等效后焦距以及第三透镜单元在光轴上的长度。



1. 一种光学系统，其特征在于，包括：具有正折光力的第一透镜单元；具有正折光力并设置在第一透镜单元的像侧的第二透镜单元；以及具有正折光力并最靠近像侧设置的第三透镜单元，透镜单元中的各相邻透镜单元之间的间隔在聚焦期间改变，其中

第一透镜单元被布置成在聚焦期间不移动，

第二透镜单元被布置成在从无穷远到近距离的聚焦期间沿着光轴向物侧移动，

第二透镜单元从物侧到像侧依次包括正透镜、负透镜和孔径光阑，

第三透镜单元包括正透镜和负透镜，并且

以下条件表达式得到满足：

$$1.0 < D3/BF < 3.0$$

其中D3表示第三透镜单元在所述光轴上的长度，以及BF表示空气等效后焦距。

2. 根据权利要求1所述的光学系统，其中

以下条件表达式得到满足：

$$2.0 < f1/f < 10.0$$

其中f表示所述光学系统的焦距，以及f1表示第一透镜单元的焦距。

3. 根据权利要求1所述的光学系统，其中

以下条件表达式得到满足：

$$0.8 < f2/f < 1.1$$

其中f表示所述光学系统的焦距，以及f2表示第二透镜单元的焦距。

4. 根据权利要求1所述的光学系统，其中

以下条件表达式得到满足：

$$3.0 < f3/f < 10.0$$

其中f表示所述光学系统的焦距，以及f3表示第三透镜单元的焦距。

5. 根据权利要求1所述的光学系统，其中

第二透镜单元包括非球面透镜，所述非球面透镜包括具有非球面表面形状的透镜表面，并且

以下条件表达式得到满足：

$$Nasp > 1.70$$

其中，Nasp表示所述非球面透镜的材料在d线处的折射率。

6. 根据权利要求1所述的光学系统，其中

第二透镜单元从物侧到像侧依次包括第一正透镜、第二正透镜、负透镜和孔径光阑，

该负透镜包括弯月面形状，该弯月面形状具有指向物侧的凸表面，并且

该负透镜包括具有非球面表面形状的透镜表面。

7. 根据权利要求1所述的光学系统，其中

第三透镜单元包括第一透镜和设置为邻近第一透镜的像侧的第二透镜，第一透镜在像侧的透镜表面朝向物侧凸出，第二透镜在物侧的透镜表面是朝向像侧的凸出形状，并且

以下条件表达式得到满足：

$$-1 < (Ra1+Ra2) / (Ra1-Ra2) < 5$$

其中Ra1表示第一透镜在像侧的透镜表面的曲率半径，以及Ra2表示第二透镜在物侧的透镜表面的曲率半径。

8. 根据权利要求1所述的光学系统,其中

第三透镜单元从物侧到像侧依次包括通过粘合正透镜和负透镜形成的胶合透镜、负透镜以及正透镜。

9. 根据权利要求1所述的光学系统,其中

第一透镜单元从物侧到像侧依次包括正透镜、正透镜以及负透镜。

10. 根据权利要求1所述的光学系统,其中

第二透镜单元包括在第二透镜单元中最靠近物侧设置的第一正透镜,并且
以下条件表达式得到满足:

$$\theta_{gF21} > 0.61$$

其中 θ_{gF21} 表示第一正透镜的材料在g线和F线之间的部分色散比。

11. 根据权利要求1所述的光学系统,其中

第二透镜单元从物侧到像侧依次包括第一正透镜和第二正透镜,并且
以下条件表达式得到满足:

$$\theta_{gF22} < 0.55$$

其中 θ_{gF22} 表示第二正透镜的材料在g线和F线之间的部分色散比。

12. 根据权利要求1所述的光学系统,其中

在聚焦期间,第三透镜单元沿着与第二透镜单元的轨迹不同的轨迹移动。

13. 一种图像拾取装置,其特征在于,包括:

根据权利要求1至12中任一项所述的光学系统;以及

图像拾取元件,接收由所述光学系统形成的图像的光。

光学系统和图像拾取装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光学系统和图像拾取装置。光学系统可用作例如用于数字静态相机、数字摄像机、电视相机、监视相机等的图像拾取光学系统。

背景技术

[0002] 作为用于图像拾取装置的图像拾取光学系统,已知一种具有大孔径比(即,约为1.2至2.0的f数(Fno))并且还具有相对长的焦距的中望远型图像拾取光学系统。中望远型的图像拾取光学系统已广泛用于肖像摄影和室内运动摄影。此外,需要这种图像拾取光学系统能够快速聚焦并且在聚焦期间具有小的像差变化。

[0003] 作为具有高聚焦速度的聚焦系统,一种内聚焦系统是已知的,该内聚焦系统通过移动位于透镜系统中间的小尺寸轻质透镜单元来进行聚焦。已知一种使用内聚焦系统并具有高光学性能的中望远型图像拾取装置(日本专利申请公开No.2013-25157)。日本专利申请公开No.2013-25157公开了一种光学系统,该光学系统从物侧到像侧依次由具有正折光力的第一透镜单元、具有正折光力的第二透镜单元、孔径光阑以及具有正折光力的第三透镜单元组成,该光学系统通过在光轴上移动第二透镜单元来进行聚焦。

[0004] 在聚焦系统当中,内聚焦系统能够利用小尺寸轻质透镜单元进行聚焦并允许快速聚焦。

[0005] 在具有大孔径比和相对长焦距的中望远型光学系统中,重要的是适当地选择聚焦透镜单元并适当地建立透镜配置以便以聚焦期间的小像差变化在整个物距上实现高光学性能。

[0006] 特别地,在具有大孔径的中望远型光学系统中,由于景深窄,因此难以在没有有利地校正除了球面像差之外还有诸如轴向色差和像场弯曲之类的各种像差的情况下在整个屏幕中获得高光学性能。

发明内容

[0007] 提供一种光学系统,该光学系统包括:具有正折光力的第一透镜单元;具有正折光力并设置在第一透镜单元的像侧的第二透镜单元;以及具有正折光力并且最靠近像侧设置的第三透镜单元,其中透镜单元中的各相邻透镜单元之间的间隔在聚焦期间改变。第一透镜单元在聚焦期间不移动。在从无穷远到近距离的聚焦期间,第二透镜单元沿着光轴向物侧移动。第二透镜单元从物侧到像侧依次包括正透镜、负透镜和孔径光阑。第三透镜单元包括正透镜和负透镜。该光学系统满足以下条件表达式

[0008] $1.0 < D3/BF < 3.0$

[0009] 其中D3表示第三透镜单元在光轴上的长度,并且BF表示空气等效后焦距。

[0010] 根据参照附图对示例性实施例的以下描述,本发明的其它特征将变得清楚。

附图说明

- [0011] 图1A是当聚焦在无穷远处的物体上时示例1的光学系统的透镜截面图。
- [0012] 图1B是当聚焦在无穷远处的物体上时示例1的光学系统的纵向像差图。
- [0013] 图2A是当聚焦在无穷远处的物体上时示例2的光学系统的透镜截面图。
- [0014] 图2B是当聚焦在无穷远处的物体上时示例2的光学系统的纵向像差图。
- [0015] 图3A是当聚焦在无穷远处的物体上时示例3的光学系统的透镜截面图。
- [0016] 图3B是当聚焦在无穷远处的物体上时示例3的光学系统的纵向像差图。
- [0017] 图4A是当聚焦在无穷远处的物体上时示例4的光学系统的透镜截面图。
- [0018] 图4B是当聚焦在无穷远处的物体上时示例4的光学系统的纵向像差图。
- [0019] 图5是示出示例的图像拾取装置的主要部分的示意图。

具体实施方式

[0020] 在下文中,将描述本发明的光学系统和图像拾取装置。示例的光学系统包括:具有正折光力的第一透镜单元;具有正折光力并设置在第一透镜单元的像侧的第二透镜单元;以及具有正折光力并且最靠近像侧设置的第三透镜单元。在聚焦期间,第一透镜单元不移动,并且在从无穷远到近距离的聚焦期间,至少第二透镜单元沿着光轴向物侧移动。

[0021] 图1A和图1B分别是当光学系统聚焦在无穷远处时示例1的光学系统的透镜截面图和纵向像差图。示例1是焦距为86.5且f数约为1.24的光学系统。图2A和图2B分别是当光学系统聚焦在无穷远处时示例2的光学系统的透镜截面图和纵向像差图。示例2是焦距为86.5且f数约为1.24的光学系统。

[0022] 图3A和图3B分别是当光学系统聚焦在无穷远处时示例3的光学系统的透镜截面图和纵向像差图。示例3是焦距为100.0且f数约为1.46的光学系统。图4A和图4B分别是当光学系统聚焦在无穷远处时示例4的光学系统的透镜截面图和纵向像差图。示例4是焦距为100.0且f数约为1.45的光学系统。图5是示出图像拾取装置的主要部分的示意图。

[0023] 在透镜截面图中,左侧是物侧(或者前侧,放大侧),以及右侧是像侧(或者后侧,缩小侧)。L0表示光学系统。L1表示具有正折光力的第一透镜单元;L2表示具有正折光力的第二透镜单元;并且L3表示具有正折光力的第三透镜单元。SP表示孔径光阑。关于聚焦的箭头指示透镜单元在从无穷远到最近距离的聚焦期间的移动方向。

[0024] IP表示像面,其对于当光学系统用作用于摄像机或数字静态相机的图像拾取光学系统时诸如CCD传感器或CMOS传感器之类的固态图像拾取元件(光电转换元件)的图像拾取平面。

[0025] 在球面像差图中,d表示d线(波长为587.6nm);g表示g线(波长为435.8nm);C表示C线(波长656.3nm);并且F表示F线(波长为486.1nm)。在像散图中,M表示d线的子午像面;并且S表示d线的弧矢像面。畸变是关于d线表示的。在横向色差图中,g表示g线;C表示C线;并且F表示F线。Fno是f数,并且H是图像高度。

[0026] 示例的光学系统L0从物侧到像侧依次包括:具有正折光力的第一透镜单元L1;具有正折光力并设置在第一透镜单元L1的像侧的第二透镜单元L2;以及具有正折光力并且最靠近像侧设置的第三透镜单元L3。在聚焦期间,各相邻透镜单元之间的间隔改变。在从无穷远到近距离的聚焦期间,至少第二透镜单元L2沿着光轴向物侧移动。在聚焦期间,第一透镜

单元L1不移动。

[0027] 具有所谓的大孔径比(即 Fno 为2.0或更小)的中望远型透镜具有较大的入射光瞳直径,因此该透镜的前透镜有效直径趋于较大。为了在聚焦期间移动具有较大前透镜有效直径的该透镜,聚焦透镜单元变得非常重。因此,优选的是,具有正折光力的第一透镜单元在聚焦期间不移动。

[0028] 在示例的光学系统中,第二透镜单元L2具有类似于所谓的双高斯配置的透镜配置,其中在孔径光阑SP位于中间的情况下将多个透镜布置在物侧和像侧中的每一个上。以这种方式,有利地保持了聚焦期间的光学性能,同时确保了高光学性能。第三透镜单元L3包括利用其短后焦距的多个透镜。这使得可以减小整个匹兹阀和(Petzval sum),从而实现有利的像面特性,同时增强聚焦期间的光学性能。

[0029] 第二透镜单元L2包括:正透镜;设置在正透镜的像侧的负透镜;以及设置在负透镜的像侧的孔径光阑。第三透镜单元L3包括:正透镜;以及负透镜,并且该光学系统满足以下条件表达式

$$[0030] \quad 1.0 < D3/BF < 3.0 \quad (1)$$

[0031] 其中D3表示第三透镜单元L3在光轴上的长度,并且BF表示空气等效后焦距。第三透镜单元L3的长度表示第三透镜单元L3中从最靠近物侧的透镜的物侧透镜表面到最靠近像侧的透镜的像侧透镜表面的在光轴上的距离。

[0032] 条件表达式(1)通过使得可以有效地布置利用短后焦距的多个透镜来允许有效地校正色差和匹兹阀。如果该比率降到条件表达式(1)中的下限值以下,则第三透镜单元L3的透镜单元长度变得太短,这使得难以获得每个透镜的足够的折光力,从而导致各种像差的不充分校正。如果该比率超过条件表达式(1)中的上限值,则这不是优选的,因为第三透镜单元L3变得太长,使得不可能获得第二透镜单元L2的必要移动量。

[0033] 优选的是,每个示例满足以下条件表达式中的一个或多个。这里,f表示光学系统的焦距;f1表示第一透镜单元L1的焦距;f2表示第二透镜单元L2的焦距;并且f3表示第三透镜单元L3的焦距。第二透镜单元L2包括非球面透镜,该非球面透镜包括具有非球面表面形状的透镜表面,并且Nasp表示非球面透镜的材料在d线处的折射率。第三透镜单元L3包括空气透镜,该空气透镜具有在物侧的由凸出形状组成的表面以及在像侧的由凸出形状组成的表面,并且Ra1表示空气透镜的在物侧的透镜表面R1的曲率半径并且Ra2表示空气透镜的在像侧的透镜表面R2的曲率半径。应当注意,表述“包括空气透镜,该空气透镜具有在物侧的由凸出形状组成的表面以及在像侧的由凸出形状组成的表面”意味着包括如下配置:其中某透镜(第一透镜)的在像侧的透镜表面R1朝向物侧凸出,并且在第一透镜的像侧附近设置的透镜(第二透镜)的在物侧的透镜表面R2朝向像侧凸出。

[0034] 第二透镜单元L2包括在该第二透镜单元中最靠近物侧设置的正透镜21,并且 θgF_{21} 表示正透镜21的材料在g线和F线之间的部分色散比。第二透镜单元L2从物侧到像侧依次包括正透镜21和正透镜22,并且 θgF_{22} 表示正透镜22的材料在g线和F线之间的部分色散比。

[0035] 然后,ng、nF、nd和nC分别表示材料在g线、F线、d线和C线处的折射率。在这种情况下,材料的阿贝数vd和部分色散比 θgF 由以下表达式表示:

$$[0036] \quad vd = (nd - 1) / (nF - nC)$$

[0037] $\theta gF = (ng - nF) / (nF - nC)$

[0038] 这里,优选满足以下条件表达式中的一个或多个:

[0039] $2.0 < f_1/f < 10.0 \quad (2)$

[0040] $0.8 < f_2/f < 1.1 \quad (3)$

[0041] $3.0 < f_3/f < 10.0 \quad (4)$

[0042] $Nasp > 1.70 \quad (5)$

[0043] $-1 < (Ra_1 + Ra_2) / (Ra_1 - Ra_2) < 5 \quad (6)$

[0044] $\theta gF_{21} > 0.61 \quad (7)$

[0045] $\theta gF_{22} < 0.55 \quad (8)$

[0046] 接下来,将描述每个上述条件表达式的技术意义。条件表达式(2)至(4)实现包括如下透镜配置的光学系统L0:其中用于聚焦的第二透镜单元L2被具有弱折光力的第一透镜单元L1和具有弱正折光力的第三透镜单元L3夹在中间。

[0047] 第一透镜单元L1有助于增加孔径,并使入射光束会聚以减小第二透镜单元L2之后的入射光束的直径。如果该比率降到条件表达式(2)中的下限值以下,则在聚焦期间不移动的第一透镜单元L1的正折光力相对于整个折光力增加。结果,第二透镜单元L2的聚焦移动量不利地变得太大。如果该比率超过条件表达式(2)中的上限值,则轴上光束更少会聚。因此,第二透镜单元L2之后的折光力增加,使得难以校正球面像差和色差。

[0048] 优选的是,第二透镜单元L2的焦距基本上等于光学系统的焦距。如果该比率降到条件表达式(3)中的下限值以下,则第二透镜单元L2的正折光力不利地变得太强,使得像差校正困难并且减少了用于布置第三透镜单元L3的空间。如果该比率超过条件表达式(3)中的上限值,则第二透镜单元L2的聚焦移动量变得太大,使得光学系统的尺寸增大。

[0049] 第三透镜单元L3执行整个像差校正并且减小在聚焦到最近距离期间的像差的变化,并且优选地具有弱正折光力。如果该比率降到条件表达式(4)中的下限值以下,则边缘处的照明趋于不足。另一方面,如果该比率超过条件表达式(4)中的上限值,则轴上光束在第二透镜单元L2处增加,使得透镜表面的曲率趋于较大,使得难以校正球面像差和轴向色差。

[0050] 为了减小球面像差,优选将非球面表面设置在包括孔径光阑SP的第二透镜单元L2中。此外,为了增加非球面表面形状的非球面表面效果,优选的是,非球面透镜由具有满足条件表达式(5)的高折射率的材料形成。

[0051] 通过使第三透镜单元L3的厚度较大并且包括满足条件表达式(6)的空气透镜,有效地减小了匹兹阀和。如果比率降到条件表达式(6)中的下限值以下,则匹兹阀和增加。另一方面,如果比率超过条件表达式(6)中的上限值,则各个透镜的透镜表面的曲率彼此太接近,使得减小了匹兹阀和的校正效果。

[0052] 在光学系统具有大孔径比的情况下,景深非常浅。因此,稍微失焦会导致整个屏幕的光学性能降低。特别是当由于轴向色差而导致在颜色之间存在聚焦差异时,该聚焦差异降低了作为颜色渗色(color bleeding)的分辨率感。因此,有必要有利地校正轴向色差。

[0053] 通常,已知将具有低色散的材料用于正透镜来抑制轴向色差的产生,并且将具有高色散的材料用于负透镜来执行消色差。然而,仅利用该措施,色差很可能留存,尤其是在短波长侧。

[0054] 鉴于此,优选的是,每个示例的光学系统满足上述透镜配置中的条件表达式(7)和(8)。条件表达式(7)是利用正透镜21增加短波长侧的折光力,并且与消色差一起减小宽波长带中的轴向色差。条件表达式(8)是减少将产生的轴向色差的量。通过布置具有低折射率和高色散的负透镜以及具有高折射率和低色散的正透镜以满足条件表达式(7)和(8),有效地实现消色差变得容易。

[0055] 优选地,第二透镜单元L2从物侧到像侧依次包括正透镜21、正透镜22、负透镜23和孔径光阑。另外,负透镜23优选地具有弯月面形状,该形状具有指向物侧的凸表面,并且负透镜23包括具有非球面表面形状的透镜表面。

[0056] 通过使入射在第二透镜单元L2上的光束在正透镜21、正透镜22和负透镜23处进一步会聚,增加了布置得比孔径光阑SP更靠近像侧的正透镜和负透镜的消色差的效果。此外,使用非球面透镜作为负透镜23使得其有效地校正由于正透镜21和正透镜22(它们的透镜表面倾向于具有大曲率)而产生的球面像差,并且允许在负透镜23之后的透镜有效直径减小。

[0057] 优选地,第三透镜单元L3从物侧到像侧依次包括:通过粘合正透镜和负透镜而形成的胶合透镜、负透镜以及正透镜。该配置使得更容易利用较少数量的透镜有效地校正匹兹阀和。第三透镜单元L3优选地包括至少一个非球面表面。由于在具有短后焦距的光学系统中,特别地,轴外像差有可能增加,因此通过使用非球面表面校正了场弯曲和畸变并且进一步有效地校正了弧矢闪光(flare)。

[0058] 优选地,第一透镜单元L1从物侧到像侧依次包括正透镜、正透镜和负透镜。该配置允许入射光束在正透镜处聚光并且在负透镜处分散以有效地使光束会聚。

[0059] 在示例2和示例3中,第二透镜单元L2在聚焦期间移动。在示例4中,第三透镜单元L3在聚焦期间沿着与第二透镜单元L2的轨迹不同的轨迹移动。该配置使得在聚焦期间更容易有效地校正像差中的变化。

[0060] 接下来,将使用图5描述使用示例之一的光学系统作为图像拾取光学系统的数字静态相机(图像拾取装置)的示例。

[0061] 在图5中,10表示相机主体;11表示由示例的光学系统形成的图像拾取光学系统;12表示诸如CCD传感器或CMOS传感器之类的固态图像拾取元件(光电转换元件),其被包含在相机主体中并接收由图像拾取光学系统11形成的被摄体图像的光。

[0062] 如上所述,通过将示例的光学系统应用于诸如数字静态相机之类的图像拾取装置,可以获得整个系统尺寸小并且具有良好光学性能的图像拾取光学系统。

[0063] 以下给出示例1至示例4的具体数值数据。在每个数值数据中,i指示从物侧起计数的次序;ri指示第i个光学表面(第i个表面)的曲率半径;di指示第i个表面和第(i+1)个表面之间的轴上的距离.EA指示有效直径(光束通过的范围的直径)。另外,ndi和vdi分别指示针对d线第i个表面和第(i+1)个表面之间的光学构件的材料的折射率和阿贝数。当X轴是光轴方向时,H轴是垂直于光轴的方向,光的行进方向是正的;R是旁轴曲率半径;K是圆锥常数;A、B、C和D分别是非球面系数,非球面形状由以下表达式表示:

$$[0064] X = \frac{H^2 / R}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(H / R)^2}} + AH^4 + BH^6 + CH^8 + DH^{10}$$

[0065] 在下表中,*意味着具有非球面表面形状的表面。“e-x”意味着 10^{-x} .OBJ指示物距。

物距1E+30意味着无穷远。BF指示空气等效后焦距(从光学系统中最靠近像侧的透镜表面到像面的光轴上的距离)。总透镜长度是通过将后焦距BF的值加上从第一透镜表面到最后一个透镜表面(最靠近像侧的透镜表面)的距离而获得的值。此外,上述条件表达式和数值数据之间的关系如表1所示。

[0066] (数值数据1)

单元	i	EA	R	d	玻璃	nd	vd
[0067]	1	70.87	68.4564	8.2000	SFPM2	1.59522	67.73
	2	69.33	144.7664	0.5000			
	3	66.77	68.5861	12.0000	SFPL51	1.49700	81.54
	4	65.05	-800.0000	2.8000	SNBM51	1.61340	44.27
	5	58.59	57.7047	15.3149			
	6	55.60	55.8845	5.0000	SNPH4	1.89286	20.36
[0068]	7	54.03	78.7959	0.5000			
	8	50.60	36.0000	11.5000	SFPM2	1.59522	67.73
	9	47.96	191.1367	3.8524			
	10*	39.81	65.7976	2.0000	SNBH56	1.85478	24.80
	11	33.90	25.3489	8.5000			
	12	33.00	∞	4.0000 (孔径光阑)			
	13	32.17	-67.4064	1.6000	STIM22	1.64769	33.79
	14	32.01	46.6554	9.0000	SLAH55V	1.83481	42.72
	15	31.88	-56.3647	1.7000			
	16	31.64	-36.4167	1.5000	STIM35	1.69895	30.13
	17	32.19	69.5252	7.5000	TAFD25	1.90366	31.31
	18	32.32	-50.0834	2.0000			
3	19	36.39	111.1397	7.0000	TAFD30	1.88300	40.80
	20	36.41	-56.7163	1.7000	STIM1	1.62588	35.70
	21	35.61	49.5256	7.0000			
	22*	35.71	-50.0584	2.3000	LBAL42	1.58313	59.38
	23*	38.37	∞	0.5000			
	24	41.47	67.7770	5.5000	TAFD35	1.91082	35.25
	25	41.59	8469.3686	13.5279			

图像

[0069] 非球面系数

	R10	R22	R23
R	65.7976	-50.0584	1E+13
k	0	0	0
[0070]	A -2.9208E-06	-2.7151E-06	-3.0334E-06
	B -4.6570E-10	5.6754E-09	4.1049E-09
	C 3.5596E-13	-4.9970E-12	-4.2155E-12
	D 5.5963E-16	1.5780E-14	1.1825E-14
[0071]	透镜间隔		
[0072]	OBJ	d5	d18
	1E+30	15.315	2.000
[0073]	4100	13.140	4.175
	700	2.500	14.815
[0074]	(数值数据2)		

单元	i	EA	R	d	玻璃	nd	vd
1	1	70.08	63.4639	9.0000	SYGH51	1.75500	52.32
	2	68.66	151.8003	0.5000			
	3	65.04	61.8854	11.0000	SFPL55	1.43875	94.66
	4	63.14	800.0000	2.0000	SNBM51	1.61340	44.27
	5	55.11	42.4980	16.2666			
2	6	52.97	52.6458	5.5000	SNPH1W	1.80809	22.76
	7	51.65	88.0595	0.5000			
	8	47.85	33.5000	11.8000	SFPL51	1.49700	81.54
	9	45.40	347.7223	1.2000			
	10*	40.76	73.9307	2.0000	SNBH56	1.85478	24.80
	11	34.75	25.9345	8.7000			
	12	34.00	∞	4.5000 (孔径光阑)			
[0075]	13	33.24	-57.3706	1.6000	SNBH8	1.72047	34.71
	14	33.49	127.0378	8.0000	TAFD37	1.90043	37.37
	15	33.64	-54.2677	1.7176			
	16	33.35	-37.6961	1.5000	STIM5	1.60342	38.03
	17	33.79	54.8160	9.0000	TAFD30	1.88300	40.80
	18	33.69	-55.6956	2.0000			
3	19	38.10	94.3506	10.0000	TAFD30	1.88300	40.80
	20	37.84	-49.1069	1.7000	STIM22	1.64769	33.79
	21	36.07	45.7002	7.7933			
	22*	36.27	-68.8229	2.3000	STIM28	1.68893	31.07
	23*	38.61	∞	0.5000			
	24	41.95	64.7739	5.3000	SNBH56	1.85478	24.80
	25	42.01	502.6807	13.9170			
	图像						
[0076]	非球面系数						
[0077]		R10		R22		R23	
	R	73.9307		-68.8229		1E+13	
	k	0		0		0	
[0078]	A	-2.34369E-06		-1.35723E-05		-0.000011349	
	B	-4.57974E-10		2.80731E-08		2.66457E-08	
	C	3.89088E-13		-4.82515E-11		-4.04256E-11	
	D	-2.38394E-16		4.46053E-14		3.66763E-14	
[0079]	透镜间隔						

	OBJ	d5	d18					
[0080]	1E+30	16.27	2					
	4000	13.88	4.39					
	700	2.5	15.77					
[0081]	(数值数据3)							
单元	i	EA	R	d	玻璃	nd	vd	
[0082]	1	77.18	70.7213	10.8178	PCD51	1.59349	67.00	
	2	75.54	249.8665	0.5000				
	3	69.06	72.9663	12.0622	SFPL55	1.43875	94.66	
	4	66.92	-425.5839	2.0000	SNBH5	1.65412	39.68	
	5	58.70	70.5590	19.3840				
[0083]	2	53.22	61.3718	5.5000	SNPH4	1.89286	20.36	
	7	51.55	124.5569	0.5000				
	8	45.53	32.7351	11.0000	SFPL55	1.43875	94.66	
	9	42.30	196.9214	2.8412				
	10*	36.39	74.4943	2.0000	SNBH56	1.85478	24.80	
[0084]	11	31.12	24.6139	8.7546				
	12	29.57	∞	7.2975 (孔径光阑)				
	13	28.12	-75.8069	1.5000	SNBH5	1.65412	39.68	
	14	28.40	33.7056	8.0000	SLAL14	1.69680	55.53	
	15	28.65	-56.3206	2.2485				
[0085]	16	28.62	-31.3990	1.5000	STIL1	1.54814	45.78	
	17	32.03	132.0308	8.0000	TAFD30	1.88300	40.80	
	18	33.97	-45.1046	3.0000				
	19	37.27	122.2481	4.7000	TAFD45	1.95375	32.32	
	20	37.24	-160.7110	1.7000	STIM8	1.59551	39.24	
[0086]	21	36.85	58.4894	5.7902				
	22*	37.05	-79.5321	2.3000	STIL1	1.54814	45.78	
	23	39.58	74.1827	0.5000				
[0087]	24	41.26	56.8279	6.0000	TAFD30	1.88300	40.80	
	25	41.40	2949.8738	14.0824				
	图像							
[0088]	非球面系数							

		R10	R22				
	R	74.4943	-79.5321				
	k	0	0				
[0085]	A	-1.90055E-06	-2.99483E-07				
	B	1.00991E-10	2.41357E-09				
	C	-9.37309E-14	-2.75377E-12				
	D	5.65326E-16	7.35518E-16				
[0086]	透镜间隔						
	OBJ	d5	d18				
[0087]	1.00E+30	19.384	3				
	4106	16.355	6.029				
	706	2.5	19.884				
[0088]	(数值数据4)						
单元	i	EA	R	d	玻璃	nd	vd
[0089]	1	76.73	67.4702	11.0000	PCD51	1.59349	67.00
	2	74.70	193.2837	0.5000			
	3	69.32	74.8550	12.5000	SFPL55	1.43875	94.66
	4	66.28	-550.3944	2.0000	SNBH5	1.65412	39.68
	5	58.92	74.4220	30.4001			
[0089]	2	49.92	56.0347	6.0000	SNPH4	1.89286	20.36
	7	47.83	107.8774	0.5000			
	8	42.65	32.3851	10.0000	SFPL55	1.43875	94.66
	9	39.69	277.8320	2.9974			

	10*	33.46	79.4323	2.0000	SNBH56	1.85478	24.80
	11	28.78	24.1970	6.7447			
	12	27.85	∞	3.5143			
				(孔径光阑)			
	13	27.17	-60.7450	1.5000	SNBH5	1.65412	39.68
	14	27.37	29.2377	8.0000	SYGH51	1.75500	52.32
	15	27.47	-50.9260	1.8825			
	16	27.41	-30.5521	1.5000	STIL1	1.54814	45.78
	17	30.09	210.4584	7.0000	TAFD30	1.88300	40.80
[0090]	18	31.80	-43.0700	3.0000			
	3	19	35.15	-803.3981	6.0000	TAFD45	1.95375
		20	35.51	-47.2877	1.7000	STIM28	1.68893
		21	35.70	77.0121	5.7610		
		22*	35.90	-54.3484	2.3000	LBSL7	1.51633
		23	39.37	140.3451	0.5000		
		24	42.36	61.7179	6.5000	TAFD35	1.91082
		25	42.57	-261.0109	14.4943		

图像

[0091] 非球面系数

	R	R10	R22
	R	79.4323	-54.3484
	k	0	0

[0092]	A	-3.22032E-06	-1.5876E-06
	B	3.14236E-10	1.91273E-09
	C	-5.64278E-13	3.991E-13
	D	1.79148E-15	-5.06168E-15

[0093] 透镜间隔

	OBJ	d5	d18	d25
[0094]	1.00E+30	30.40	3	14.50
	4100	27.87	5.50	14.53
	350	2.5	27.38	18.02

[0095] [表1]

		示例			
		1	2	3	4
	焦距 f	86.5	86.5	100.0	100.0
	Fno	1.24	1.24	1.46	1.45
	第一透镜单元的焦距 f1	380.9	431.3	269.6	261.0
	第二透镜单元的焦距 f2	87.8	86.3	104.1	90.3
	第三透镜单元的焦距 f3	468.3	447.5	820	833.3
	第一透镜单元的厚度 D1	23.5	22.5	25.38	26.0
	第二透镜单元的厚度 D2	56.7	56.0	59.1	51.6
	第三透镜单元的厚度 D3	24.0	27.6	21.0	22.8
[0096]	后焦距 BF	13.5	13.9	14.1	14.5
	Ra1	49.53	45.70	54.13	77.01
	Ra2	-50.06	-68.82	-84.95	-54.35
条件表达式	总透镜长度	135.0	138.3	142.0	148.3
(1)	D3/BF	1.77	1.98	1.49	1.57
(2)	f1/f	4.40	4.99	2.70	2.61
(3)	f2/f	1.02	1.00	1.04	0.90
(4)	f3/f	5.41	5.17	8	8.33
(5)	Nasp	1.855	1.855	1.855	1.855
(6)	(Ra1+Ra2)/(Ra1-Ra2)	-0.005	-0.202	-0.222	0.173
(7)	θgF21	0.639	0.631	0.639	0.639
(8)	θgF22	0.544	0.537	0.534	0.534

[0097] 虽然已经参考示例性实施例描述了本发明，但是应当理解，本公开不限于所公开的示例性实施例。所附权利要求的范围应被赋予最宽泛的解释以涵盖所有这些修改以及等同的结构和功能。

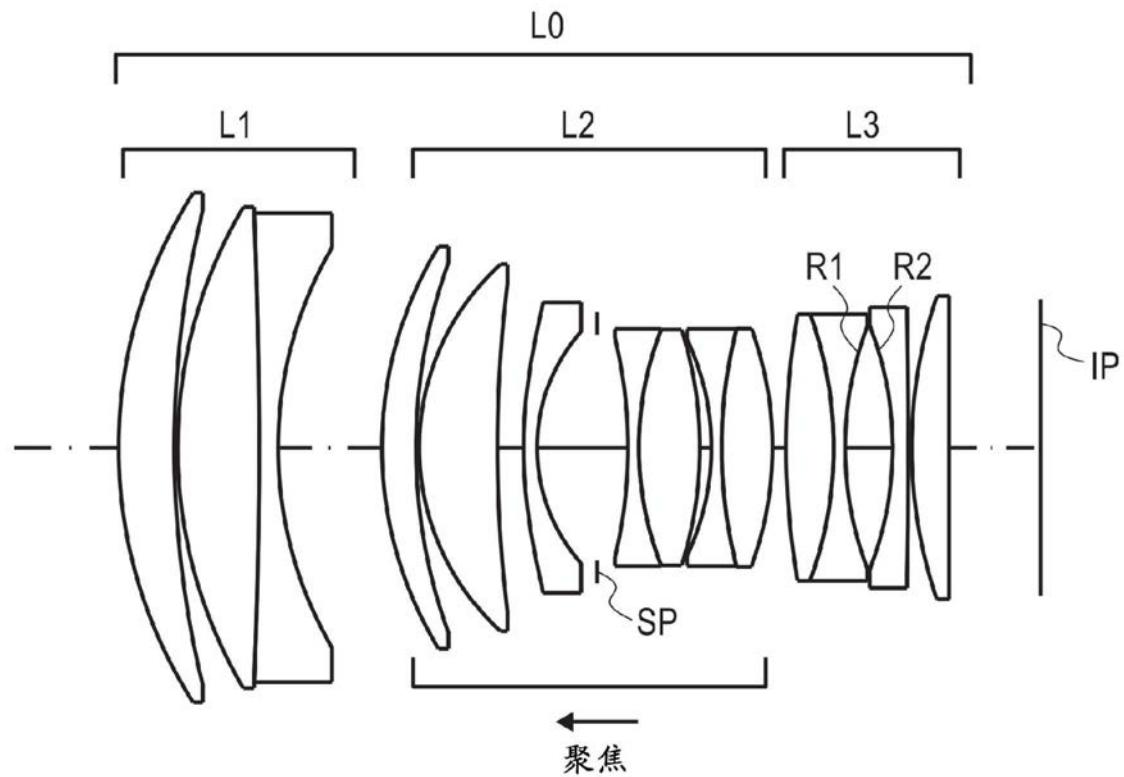


图1A

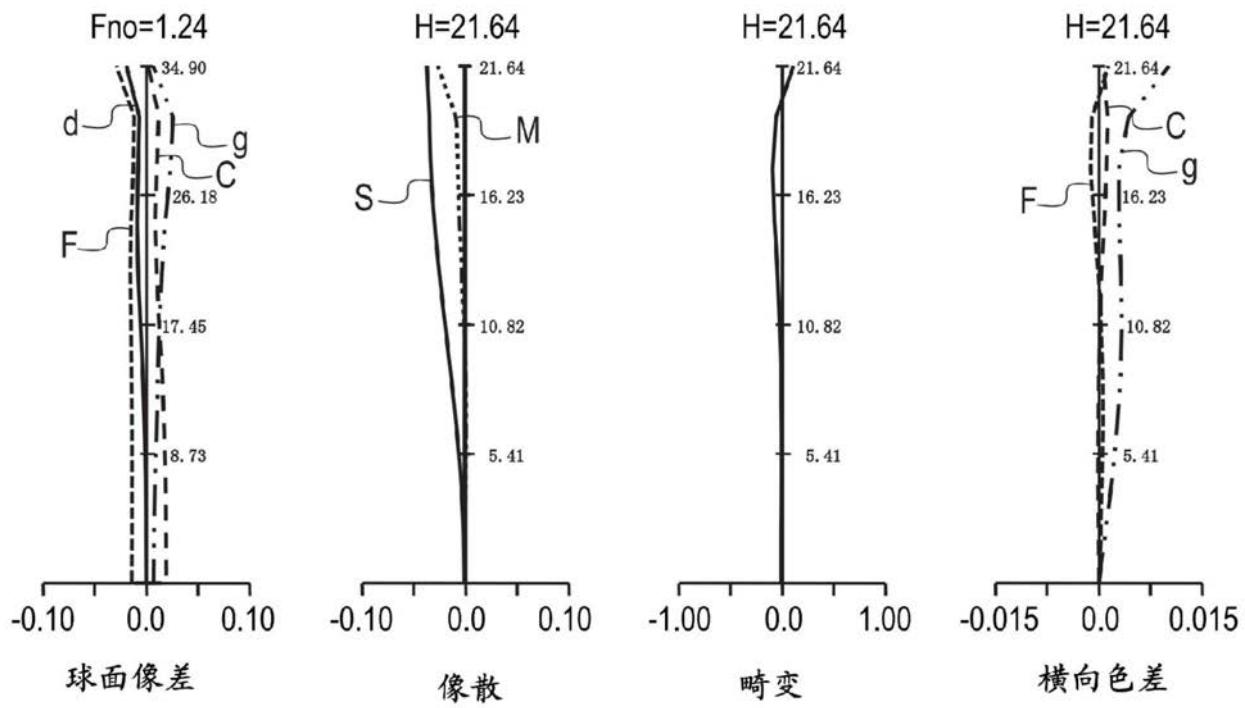


图1B

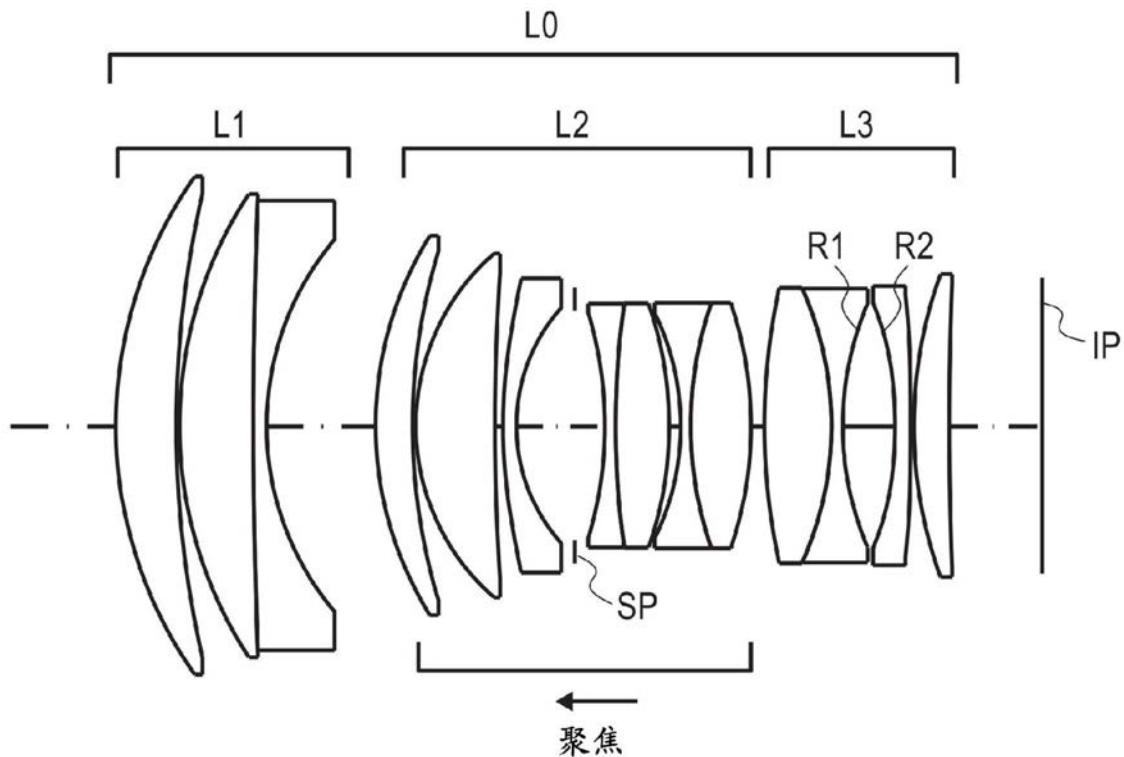


图2A

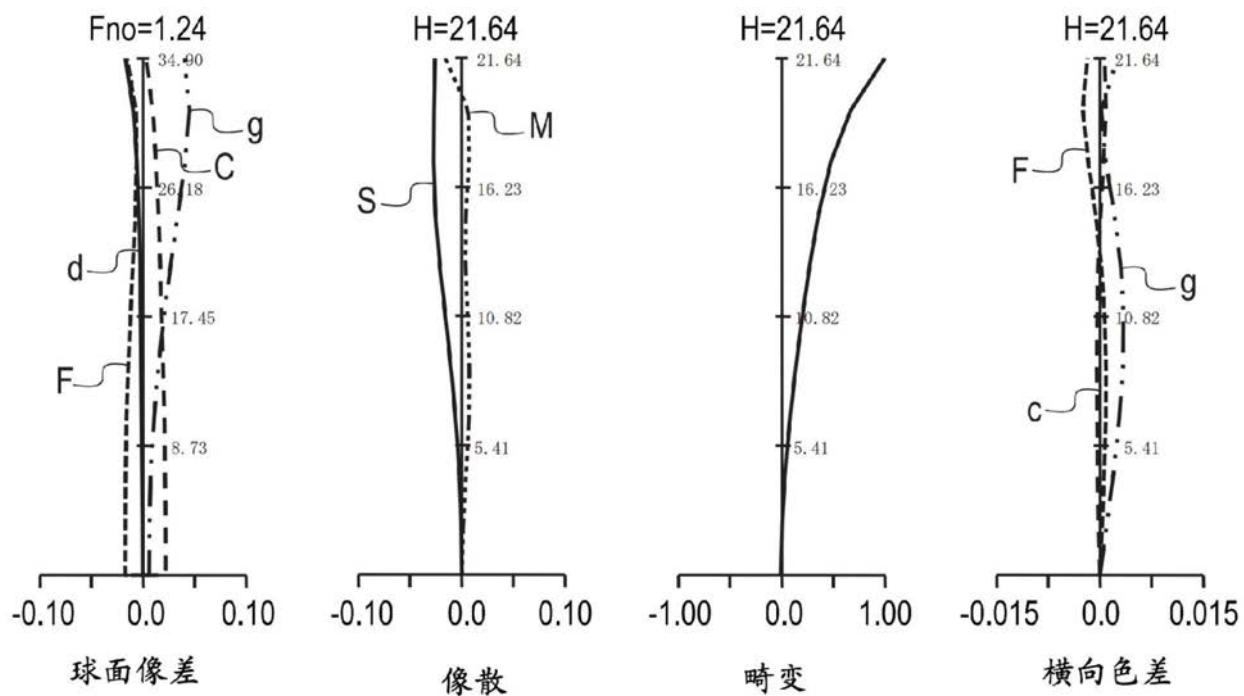


图2B

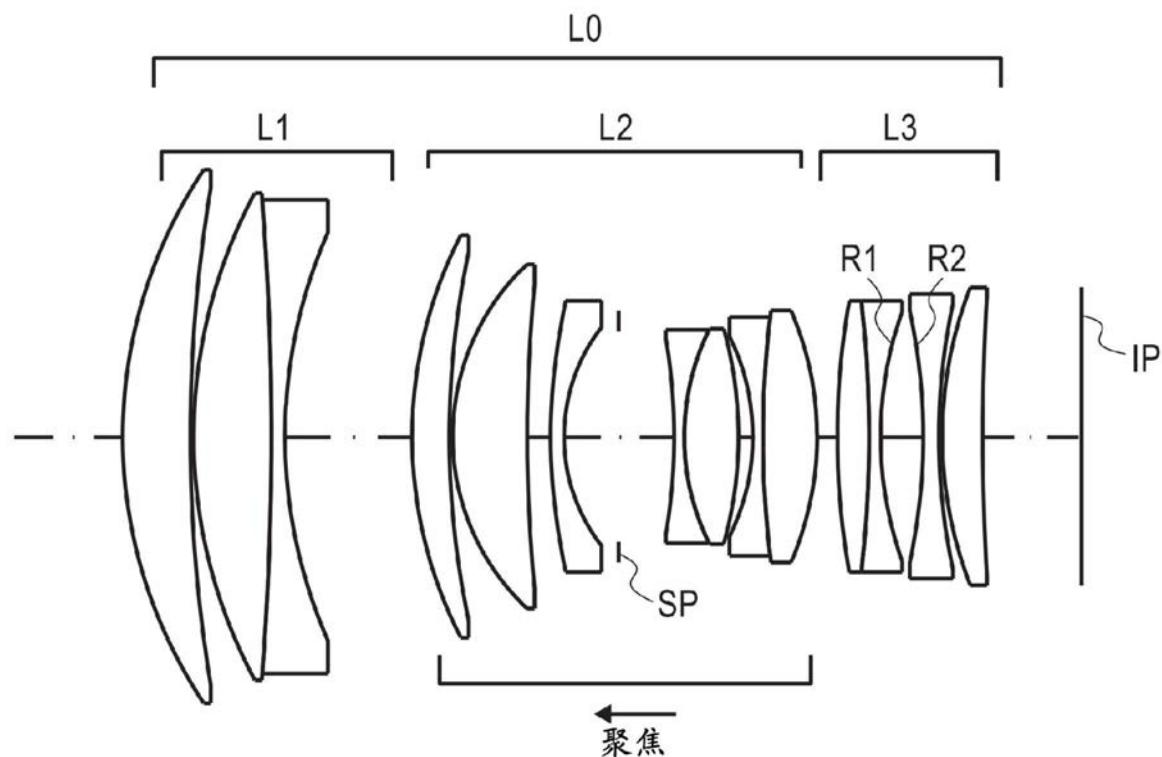


图3A

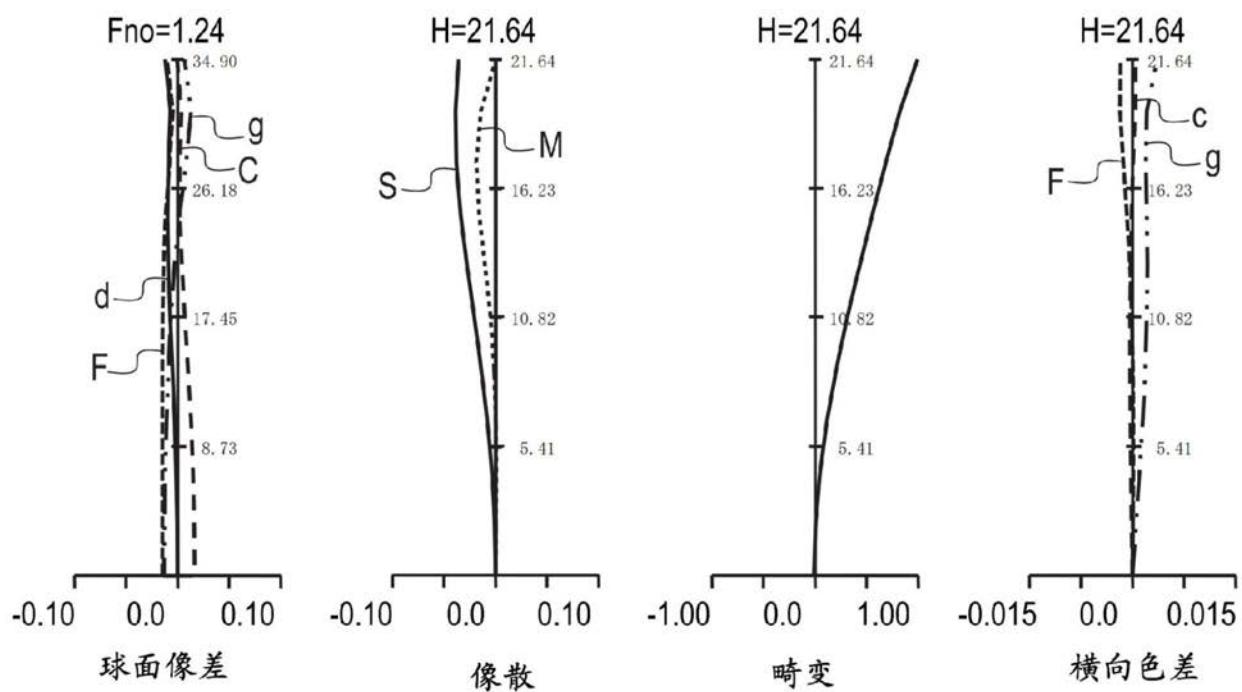


图3B

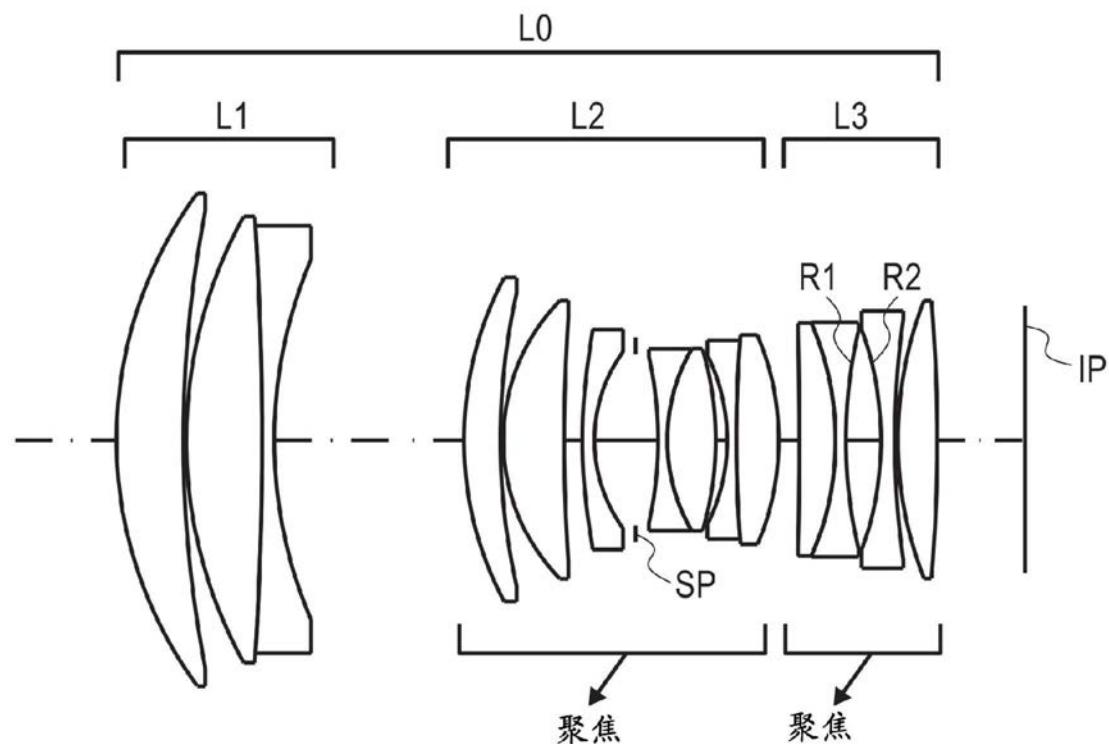


图4A

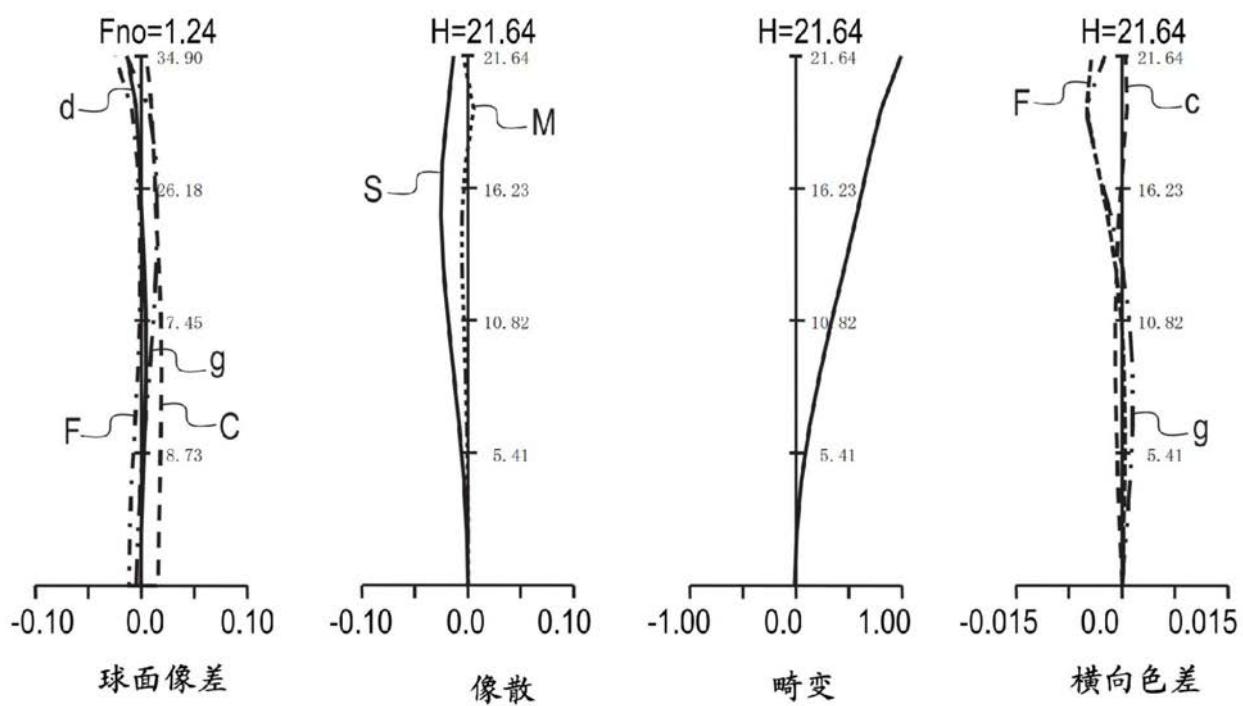


图4B

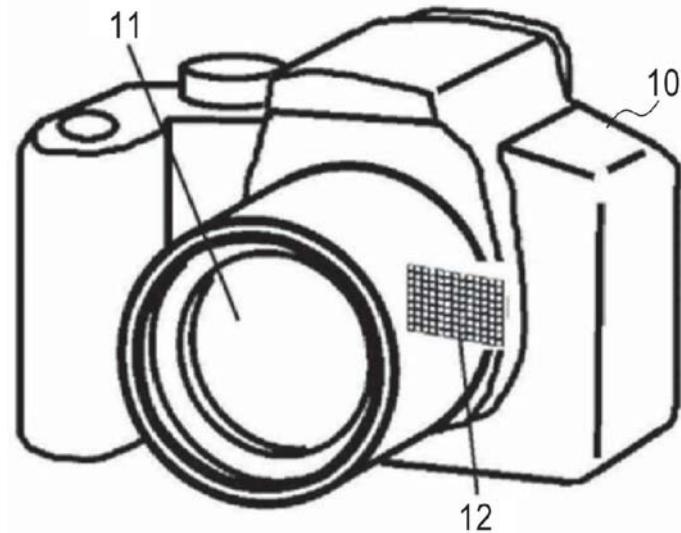


图5