



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116804790 A

(43) 申请公布日 2023. 09. 26

(21) 申请号 202310272366.3

(22) 申请日 2023.03.20

(30) 优先权数据

2022-046855 2022.03.23 JP

(71) 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 森丈大

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所

有限公司 11038

专利代理师 汪晶晶

(51) Int. Cl.

G02B 13/00 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)

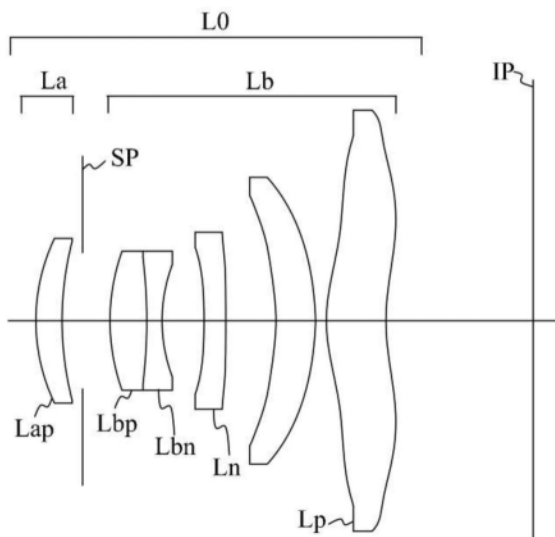
权利要求书2页 说明书22页 附图9页

(54) 发明名称

光学系统及具有该光学系统的图像拾取装置

(57) 摘要

本公开涉及光学系统及具有该光学系统的图像拾取装置。光学系统从物侧到像侧依次由前单元、孔径光阑和作为整体具有正折光力的后单元构成。后单元包括最靠近像侧部署并且具有正折光力的最终透镜。满足关于透镜之间的空间关系及透镜的折光力的多个不等式。



1. 一种光学系统,从物侧到像侧依次由前单元、孔径光阑和作为整体具有正折光力的后单元构成,

其中所述后单元包括最靠近像平面部署并且具有正折光力的最终透镜,以及其中满足以下不等式:

$$0.5 < \text{TTL} / \Phi_i < 1.4$$

$$1.64 < \text{PNdave} < 2.00$$

$$2.0 < \Phi_p / s_k < 4.0$$

其中TTL为从所述光学系统中最靠近物体部署的透镜的物侧透镜表面到像平面的光轴上距离, Φ_i 为像圈的直径,PNdave为所述光学系统中包括的所有正透镜的针对d线的折射率的平均值, Φ_p 为最终透镜的像侧透镜表面的有效直径,并且 s_k 为从最终透镜的像侧透镜表面到像平面的光轴上距离的空气转换长度。

2. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,满足以下不等式:

$$0.1 < f / |f_a| < 1.5$$

其中 f_a 为所述前单元的焦距,并且 f 为所述光学系统的焦距。

3. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,满足以下不等式:

$$0.6 < f_p / f < 6.0$$

其中 f_p 为所述最终透镜的焦距,并且 f 为所述光学系统的焦距。

4. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,满足以下不等式:

$$0.1 < s_k / f < 0.7$$

其中 f 为所述光学系统的焦距。

5. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,满足以下不等式:

$$0.6 < \text{SPIP} / \text{TTL} < 1.0$$

其中SPIP为从孔径光阑到像平面的光轴上距离。

6. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述后单元包括至少四个透镜。

7. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述后单元包括部署在最终透镜的物侧的负透镜。

8. 根据权利要求7所述的光学系统,其中,满足以下不等式:

$$0.0 < (R_1 + R_2) / (R_2 - R_1) < 50.0$$

其中 R_1 为所述负透镜的物侧透镜表面的近轴曲率半径,并且 R_2 为所述负透镜的像侧透镜表面的近轴曲率半径。

9. 根据权利要求7所述的光学系统,其中,满足以下不等式:

$$1.500 < N_{dn} < 4.1945 / v_{dn} + 1.520$$

其中 N_{dn} 为所述负透镜的针对d线的折射率,并且 v_{dn} 为所述负透镜的基于d线的阿贝数。

10. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,满足以下不等式:

$$0.10 < f_b / |f_a| < 10.00$$

其中 f_a 为所述前单元的焦距,并且 f_b 为所述后单元的焦距。

11. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述前单元包括正透镜,并且满足以下不等式:

$$1.60 < N_{dap} < 2.00$$

其中 N_{dap} 为所述正透镜的针对d线的折射率。

12. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述后单元包括正透镜,并且满足以下不等式:

$$1.60 < N_{dbp} < 2.00$$

其中 N_{dbp} 为所述正透镜的针对d线的折射率。

13. 根据权利要求12所述的光学系统,其中,所述后单元包括负透镜,并且满足以下不等式:

$$0.0 < N_{dbp} - N_{dbn} < 0.4$$

其中 N_{dbn} 为所述负透镜的针对d线的折射率。

14. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,满足以下不等式:

$$1.0 < \Phi_p / \Phi_a < 4.0$$

其中 Φ_a 为所述前单元中具有最大有效直径的透镜的有效直径。

15. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述光学系统由5个以上且8个以下透镜构成。

16. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述前单元由单个正透镜构成。

17. 一种图像拾取装置,包括:

根据权利要求1至16中的任一项所述的光学系统;以及
图像传感器,被配置为接收由所述光学系统形成的图像。

光学系统及具有该光学系统的图像拾取装置

技术领域

[0001] 本公开的一个方面涉及一种光学系统,其适用于数字视频相机、数字静态相机、广播相机、基于胶片的相机、监视相机等。

背景技术

[0002] 与图像拾取装置一起使用的光学系统通常需要具有紧凑的配置和高光学性能,因为图像传感器需要较小并且具有较多数量的像素。

[0003] 日本专利公开No. (JP)2020-115174公开了一种光学系统,其从物侧到像侧依次由具有正折光力的第一透镜、具有负折光力的第二透镜、第三透镜、第四透镜、第五透镜和第六透镜构成。

[0004] JP 2020-115174中公开的光学系统通过望远型光焦度布置减少了总长度,并通过使用多个非球面透镜校正了畸变和场曲。由于在JP 2020-115174中公开的光学系统具有大的整体珀兹伐和(Petzval sum)并且轴外光束具有大的入射角,因此尝试将该光学系统应用到具有大图像传感器的图像拾取装置在场曲的不充分校正和周边光量的劣化方面面临问题。

[0005] 为了实现具有紧凑配置和高光学性能的光学系统,重要的是在最靠近像平面的一侧部署具有正折光力的大直径透镜并且适当地设定各个透镜的折射率和(折光)力布置。

发明内容

[0006] 实施例的一个方面提供了一种可以具有紧凑配置和高光学性能的光学系统,以及一种具有该光学系统的图像拾取装置。

[0007] 根据本公开的一个方面的光学系统从物侧到像侧依次由前单元、孔径光阑和作为整体具有正折光力的后单元构成。后单元包括最靠近像平面部署并具有正折光力的最终透镜。满足以下不等式:

$$[0008] \quad 0.5 < \text{TTL} / \Phi_i < 1.4$$

$$[0009] \quad 1.64 < \text{PNdave} < 2.00$$

$$[0010] \quad 2.0 < \Phi_p / \text{sk} < 4.0$$

[0011] 其中TTL为从光学系统中最靠近物体部署的透镜的物侧透镜表面到像平面的光轴上距离, Φ_i 为像圈的直径,PNdave为光学系统中包括的所有正透镜的针对d线的折射率的平均值, Φ_p 为最终透镜的像侧透镜表面的有效直径,并且sk为从最终透镜的像侧透镜表面到像平面的光轴上距离的空气转换长度。具有上述光学系统的图像拾取装置也构成本公开的另一方面。

[0012] 本公开的其它特征将从以下参考附图对实施例的描述中变得清楚。

附图说明

[0013] 图1是根据示例1的光学系统的截面图。

- [0014] 图2是根据示例1的光学系统在无限远处对焦状态下的像差图。
- [0015] 图3是根据示例2的光学系统的截面图。
- [0016] 图4是根据示例2的光学系统在无限远处对焦状态下的像差图。
- [0017] 图5是根据示例3的光学系统的截面图。
- [0018] 图6是根据示例3的光学系统在无限远处对焦状态下的像差图。
- [0019] 图7是根据示例4的光学系统的截面图。
- [0020] 图8是根据示例4的光学系统在无限远处对焦状态下的像差图。
- [0021] 图9是根据示例5的光学系统的截面图。
- [0022] 图10是根据示例5的光学系统在无限远处对焦状态下的像差图。
- [0023] 图11是根据示例6的光学系统的截面图。
- [0024] 图12是根据示例6的光学系统在无限远处对焦状态下的像差图。
- [0025] 图13是根据示例7的光学系统的截面图。
- [0026] 图14是根据示例7的光学系统在无限远处对焦状态下的像差图。
- [0027] 图15是图像拾取装置的示意图。

具体实施方式

[0028] 现在参考附图,将给出根据本公开的示例的光学系统和具有该光学系统的图像拾取装置的描述。

[0029] 图1、图3、图5、图7、图9、图11和图13分别是根据示例1至示例7的光学系统L0在无限远处对焦状态下的截面图。根据各个示例的光学系统L0是与诸如数字视频相机、数字静态相机、广播相机、基于胶片的相机和监视相机之类的图像拾取装置一起使用的光学系统。

[0030] 在各个透镜截面图中,左侧是物侧,右侧是像(平面)侧。根据各个示例的光学系统L0包括多个透镜单元。

[0031] 在各个透镜截面图中, L_a 表示前单元, L_b 表示后单元,并且 L_p 表示后单元 L_b 中包括的透镜当中最靠近像平面部署并具有正折光力的透镜(最终透镜)。

[0032] SP表示孔径光阑(光圈)。IP表示(近轴)像平面,在将根据各个示例的光学系统L0用作数字静态相机或数字视频相机的成像光学系统的情况下,诸如CCD传感器或CMOS传感器之类的固态图像传感器(光电转换元件)被使用。在将根据各个示例的光学系统L0用作基于胶片的相机的成像光学系统的情况下,与胶片平面对应的光敏平面被放置在像平面IP上。在这个示例中,“前单元 L_a ”和“后单元 L_b ”中的每一个可以包括一个或多个透镜。

[0033] 图2、图4、图6、图8、图10、图12和图14分别是根据示例1至示例7的光学系统L0在无限远处对焦状态下的像差图。

[0034] 在球面像差图中, F_{no} 表示F数,其指示针对d线(波长587.56nm)和g线(波长435.84nm)的球面像差量。在像散图中, dS 表示弧矢像平面上的像散量, dM 表示子午像平面上的像散量。畸变图例示了针对d线的畸变量。横向色差图例示了针对g线的横向色差量。 ω 是成像半视角($^\circ$)。

[0035] 现在将描述根据各个示例的光学系统L0的特性配置。

[0036] 根据各个示例的光学系统L0是从物侧到像侧依次由前单元 L_a 、孔径光阑SP和作为整体具有正折光力的后单元 L_b 构成的光学系统。后单元 L_b 包括最靠近像平面部署并具有正

折光力的最终透镜L_p。

[0037] 一般而言,在透镜部署在像平面IP附近的情况下,入射在透镜上的轴外光束的高度增加,并且用于折射轴外光束的光焦度增加。在根据各个示例的光学系统L₀中,后单元L_b具有正折光力。最终透镜L_p是具有正折光力的大直径透镜,在后单元L_b中最靠近像平面部署,并且被配置为适当折射轴外光束,以校正枕形(pincushion type)畸变,并且抑制轴外光束在像平面上的入射角。

[0038] 根据各个示例的光学系统L₀满足以下不等式(1):

$$[0039] \quad 0.5 < \text{TTL}/\Phi_i < 1.4 \quad (1)$$

[0040] 其中TTL是从光学系统L₀中最靠近物体部署的透镜的物侧透镜表面到像平面IP的光轴上距离(透镜总长度)。即,它是通过将后焦距加上光学系统L₀中从最靠近物体的透镜表面到最靠近像平面的透镜表面的光轴上距离而获得的长度。 Φ_i 是像圈(image circle)的直径。

[0041] 不等式(1)定义了透镜总长度与像圈直径的比率。在TTL/ Φ_i 的值高于不等式(1)的上限的情况下,透镜总长度变长。在像圈的直径变大并且TTL/ Φ_i 的值低于不等式(1)的下限的情况下,变得难以同时校正场曲和畸变。

[0042] 在这个示例中,像圈被定义为具有如下半径的圆圈,该半径是在无限远处对焦状态下到达像平面IP的光束当中到达距离光轴最远位置的光束距离光轴的高度。像圈的直径对应于光学系统L₀的图像高度的两倍。在轴外光束与轴上光束的像平面照度之比小于20%的情况下,可以认为轴外光束没有到达像平面IP。像圈的直径 Φ_i 可以被表达为 $\Phi_i = 2 \times f \times \tan \omega$

[0043] 其中f是光学系统L₀的焦距, ω 是半视角(°)。

[0044] 在光学系统L₀是变焦透镜的情况下,TTL是从广角端处最靠近物体的透镜的物侧透镜表面到像平面IP的距离, Φ_i 是广角端处像圈的直径。

[0045] 根据各个示例的光学系统L₀满足以下不等式(2):

$$[0046] \quad 1.64 < \text{PN}_{\text{dave}} < 2.00 \quad (2)$$

[0047] 其中 PN_{dave} 是光学系统L₀中包括的所有正透镜的针对d线(波长587.56nm)的折射率的平均值(平均折射率)。

[0048] 不等式(2)定义了光学系统L₀中包括的所有正透镜的平均折射率。在折射率高于不等式(2)的上限的情况下,色散增加,并且变得难以校正纵向色差。在折射率低于不等式(2)的下限的情况下,整个光学系统L₀的珀兹伐和变大并且变得难以校正场曲。

[0049] 根据各个示例的光学系统L₀满足以下不等式(3):

$$[0050] \quad 2.0 < \Phi_p/s_k < 4.0 \quad (3)$$

[0051] 其中 Φ_p 是最终透镜L_p的像侧透镜表面的有效直径。 s_k 是从最终透镜L_p的像侧透镜表面到像平面IP的光轴上距离的空气转换长度(后焦距)。

[0052] 不等式(3)定义了最终透镜L_p的像侧透镜表面的有效直径与后焦距之间的比率。在最终透镜L_p的有效直径增加并且 Φ_p/s_k 的值高于不等式(3)的上限的情况下,光学系统L₀在径向方向上变大。在最终透镜L_p的有效直径减小并且 Φ_p/s_k 的值低于不等式(3)的下限的情况下,进入最终透镜L_p的轴外光束的入射高度变低并且对轴外光束的折射影响减少。因此,变得难以校正枕形畸变和抑制在像平面上的入射角。

[0053] 在这个示例中,透镜的有效直径是半径为穿过透镜表面和距离光轴最远位置的光线距离光轴的高度的圆圈的直径。有效直径由刻在机械构件中的圆圈(诸如透镜表面上的压环或嵌缝爪(caulking claw))来限定。在没有部署机械构件的情况下,直径可以由连接通过抛光或模制形成的表面上的最外周部分的圆圈来限定。在光学系统L0为变焦透镜的情况下,sk为变焦透镜在广角端处的后焦距, Φ_p 为在广角端处最终透镜Lp的像侧透镜表面的有效直径。

[0054] 不等式(1)至(3)可以用下面的不等式(1a)至(3a)代替:

$$[0055] \quad 0.9 < TTL / \Phi_i < 1.38 \quad (1a)$$

$$[0056] \quad 1.64 < PN_{dave} < 1.85 \quad (2a)$$

$$[0057] \quad 2.2 < \Phi_p / sk < 3.5 \quad (3a)$$

[0058] 不等式(1)到(3)可以用下面的不等式(1b)至(3b)代替:

$$[0059] \quad 0.95 < TTL / \Phi_i < 1.37 \quad (1b)$$

$$[0060] \quad 1.641 < PN_{dave} < 1.792 \quad (2b)$$

$$[0061] \quad 2.4 < \Phi_p / sk < 3.2 \quad (3b)$$

[0062] 现在将给出根据各个示例的光学系统L0可以满足的条件和配置的描述。根据各个示例的光学系统L0可以满足不等式(4)至(14)中的一个或多个以及下述配置。

[0063] 根据各个示例的光学系统L0可以满足以下不等式(4):

$$[0064] \quad 0.1 < f / |fa| < 1.5 \quad (4)$$

[0065] 其中fa是前单元La的焦距,并且f是光学系统L0的焦距。

[0066] 不等式(4)定义了前单元La的焦距与光学系统L0的焦距之间的比率。在前单元La的折光力增加并且 $f / |fa|$ 的值高于不等式(4)的上限的情况下,枕形畸变增加并且变得难以校正场曲和畸变两者。在前单元La的折光力减小并且 $f / |fa|$ 的值低于不等式(4)的下限的情况下,光学系统变得接近在像侧是远心的光学系统,出瞳的位置变得更远离像平面IP,并且透镜总长度变长。在光学系统L0是变焦透镜的情况下,f是变焦透镜在广角端处的焦距。

[0067] 根据各个示例的光学系统L0可以满足以下不等式(5):

$$[0068] \quad 0.6 < fp / f < 6.0 \quad (5)$$

[0069] 其中fp是最终透镜Lp的焦距。

[0070] 不等式(5)定义了最终透镜Lp的焦距与光学系统L0的焦距的比率。在最终透镜Lp的折光力变弱并且 fp / f 的值高于不等式(5)的上限的情况下,变得难以校正枕形畸变和抑制在像平面上的入射角。在最终透镜Lp的折光力变强并且 fp / f 的值低于不等式(5)的下限的情况下,光学系统变得更接近在像侧是远心的光学系统,并且透镜总长度变长。

[0071] 根据各个示例的光学系统L0可以满足以下不等式(6):

$$[0072] \quad 0.1 < sk / f < 0.7 \quad (6)$$

[0073] 不等式(6)定义了后焦距和光学系统L0的焦距之间的比率。在后焦距变长并且 sk / f 的值高于不等式(6)的上限的情况下,透镜总长度变长。在后焦距变短并且该值低于不等式(6)的下限的情况下,部署在像侧的最终透镜Lp的有效直径变大并且光学系统L0在径向方向上变大。

[0074] 根据各个示例的光学系统L0可以满足以下不等式(7):

[0075] $0.6 < \text{SPIP}/\text{TTL} < 1.0$ (7)

[0076] 其中SPIP是从孔径光阑SP到像平面IP的光轴上距离。

[0077] 不等式(7)定义了孔径光阑SP的位置与光学系统L0的透镜总长度的比率。在孔径光阑SP的位置变得更靠近物体并且SPIP/TTL的值高于不等式(7)的上限的情况下,倾向于发生偏向晕影(biased vignetting),并且模糊形状变得不规则。在孔径光阑SP的位置变得更靠近像平面并且SPIP/TTL的值低于不等式(7)的下限的情况下,出瞳接近像平面IP并且变得难以抑制轴外光束在像平面上的入射角。在光学系统L0为变焦透镜的情况下,SPIP是从变焦透镜在广角端处的孔径光阑SP到像平面IP的距离。

[0078] 在根据各个示例的光学系统L0中,后单元Lb可以包括至少四个透镜。由此,可以校正纵向和横向色差。

[0079] 在根据各个示例的光学系统L0中,后单元Lb可以包括部署在最终透镜Lp的物侧的负透镜Ln(第一负透镜),以便校正横向色差和场曲。

[0080] 根据各个示例的光学系统L0可以满足以下不等式(8):

[0081] $0.0 < (R1+R2)/(R2-R1) < 50.0$ (8)

[0082] 其中R1为第一负透镜的物侧透镜表面的近轴曲率半径,并且R2为第一负透镜的像侧透镜表面的近轴曲率半径。

[0083] 不等式(8)定义了负透镜Ln的形状。在R1和R2的值变得更接近彼此并且 $(R1+R2)/(R2-R1)$ 的值高于不等式(8)的上限的情况下,负透镜Ln的折光力变弱并且变得不足以校正横向色差。在 $(R1+R2)/(R2-R1)$ 的值低于不等式(8)的下限的情况下,负透镜Ln的像侧透镜表面的曲率半径变小,变得难以同时校正场曲和畸变。

[0084] 根据各个示例的光学系统L0可以满足以下不等式(9):

[0085] $1.500 < \text{Ndn} < 4.1945/\text{vdn}+1.520$ (9)

[0086] 其中Ndn是负透镜Ln的针对d线的折射率,并且vdn是负透镜Ln的基于d线的阿贝数。

[0087] 不等式(9)定义了负透镜Ln的折射率。在负透镜Ln的折射率高于不等式(9)的上限的情况下,整个光学系统L0的珀兹伐和变得更大并且变得难以校正场曲。在负透镜Ln的折射率低于不等式(9)的下限的情况下,不能选择具有大色散的材料并且变得不足以校正横向色差。

[0088] 根据各个示例的光学系统L0可以满足以下不等式(10):

[0089] $0.10 < \text{fb}/|\text{fa}| < 10.00$ (10)

[0090] 其中fb是后单元Lb的焦距。

[0091] 不等式(10)定义了前单元La的焦距与后单元Lb的焦距的比率。在后单元Lb的正折光力变弱并且 $\text{fb}/|\text{fa}|$ 的值变得高于不等式(10)的上限的情况下,变得难以校正枕形畸变和抑制在像平面上的入射角。在该值低于不等式(10)的下限,后单元Lb的折光力变强并且 $\text{fb}/|\text{fa}|$ 的值变得低于不等式(10)的下限的情况下,光学系统变得更接近在像侧是远心的光学系统并且透镜总长度变长。

[0092] 在根据各个示例的光学系统L0中,前单元La可以包括正透镜Lap(第一正透镜),并且可以满足以下不等式(11):

[0093] $1.60 < \text{Ndap} < 2.00$ (11)

[0094] 其中 N_{dap} 是正透镜 Lap 的针对 d 线的折射率。

[0095] 不等式(11)定义了正透镜 Lap 的折射率。在正透镜 Lap 的折射率高于不等式(11)的上限的情况下,色散变大,并且变得难以校正纵向色差。在正透镜 Lap 的折射率低于不等式(11)的下限的情况下,整个光学系统 $L0$ 的珀兹伐和变大并且变得难以校正场曲。

[0096] 在根据各个示例的光学系统 $L0$ 中,后单元 Lb 可以包括正透镜 Lbp (第二正透镜),并且可以满足以下不等式(12):

$$[0097] \quad 1.60 < N_{dbp} < 2.00 \quad (12)$$

[0098] 其中 N_{dbp} 是正透镜 Lbp 的针对 d 线的折射率。

[0099] 不等式(12)定义了正透镜 Lbp 的折射率。在正透镜 Lbp 的折射率高于不等式(12)的上限的情况下,色散增加并且变得难以校正纵向色差。在正透镜 Lbp 的折射率低于不等式(12)的下限的情况下,整个光学系统 $L0$ 的珀兹伐和变大并且变得难以校正场曲。

[0100] 在根据各个示例的光学系统 $L0$ 中,后单元 Lb 可以包括负透镜 Lbn (第二负透镜),并且可以满足以下不等式(13):

$$[0101] \quad 0.00 < N_{dbp} - N_{dbn} < 0.40 \quad (13)$$

[0102] 其中 N_{dbn} 是负透镜 Lbn 的针对 d 线的折射率。

[0103] 不等式(13)定义了正透镜 Lbp 和负透镜 Lbn 之间的折射率差。在选择具有大折射率差的材料并且 $N_{dbp} - N_{dbn}$ 的值高于不等式(13)的上限的情况下,消色差变得困难并且校正纵向色差变得不充分。选择具有小折射率差的材料,并且 $N_{dbp} - N_{dbn}$ 的值低于不等式(13)的下限,整个光学系统 $L0$ 的珀兹伐和变大并且变得难以校正场曲。

[0104] 根据各个示例的光学系统 $L0$ 可以满足以下不等式(14):

$$[0105] \quad 1.0 < \Phi_p / \Phi_a < 4.0 \quad (14)$$

[0106] 其中 Φ_a 是前单元 La 中具有最大有效直径的透镜的有效直径。

[0107] 不等式(14)定义了前单元 La 的有效直径与最靠近像平面部署的最终透镜 Lp 的有效直径的比率。在最终透镜 Lp 的有效直径变大并且 Φ_p / Φ_a 的值高于不等式(14)的上限的情况下,光学系统 $L0$ 在径向方向上变大。在最终透镜 Lp 的有效直径变小并且 Φ_p / Φ_a 的值低于不等式(14)的下限的情况下,变得难以校正枕形畸变和抑制在像平面上的入射角。

[0108] 根据各个示例的光学系统 $L0$ 可以包括多个透镜。多个透镜可以由5个以上且8个以下透镜组成,以实现高光学性能和小型化两者。

[0109] 不等式(4)至(14)可以用下面的不等式(4a)至(14a)代替:

$$[0110] \quad 0.15 < f / |f_a| < 1.40 \quad (4a)$$

$$[0111] \quad 0.7 < f_p / f < 5.0 \quad (5a)$$

$$[0112] \quad 0.2 < s_k / f < 0.6 \quad (6a)$$

$$[0113] \quad 0.70 < S_{PIP} / TTL < 0.95 \quad (7a)$$

$$[0114] \quad 0.5 < (R_1 + R_2) / (R_2 - R_1) < 25.0 \quad (8a)$$

$$[0115] \quad 1.510 < N_{dn} < 4.1945 / v_{dn} + 1.500 \quad (9a)$$

$$[0116] \quad 0.15 < f_b / |f_a| < 8.50 \quad (10a)$$

$$[0117] \quad 1.61 < N_{dap} < 1.95 \quad (11a)$$

$$[0118] \quad 1.70 < N_{dbp} < 1.95 \quad (12a)$$

$$[0119] \quad 0.00 < N_{dbp} - N_{dbn} < 0.30 \quad (13a)$$

[0120] $1.2 < \Phi_p / \Phi_a < 3.0$ (14a)

[0121] 不等式(4)至(14)可以用下面的不等式(4b)至(14b)代替:

[0122] $0.19 < f / |f_a| < 1.30$ (4b)

[0123] $0.9 < f_p / f < 4.2$ (5b)

[0124] $0.3 < s_k / f < 0.5$ (6b)

[0125] $0.76 < S_{PIP} / TTL < 0.91$ (7b)

[0126] $1.0 < (R_1 + R_2) / (R_2 - R_1) < 13.0$ (8b)

[0127] $1.520 < N_{dn} < 4.1945 / v_{dn} + 1.470$ (9b)

[0128] $0.19 < f_b / |f_a| < 7.50$ (10b)

[0129] $1.615 < N_{dap} < 1.920$ (11b)

[0130] $1.75 < N_{dbp} < 1.91$ (12b)

[0131] $0.015 < N_{dbp} - N_{dbn} < 0.262$ (13b)

[0132] $1.5 < \Phi_p / \Phi_a < 2.7$ (14b)

[0133] 在根据各个示例的光学系统L0中,诸如盖玻片或IR截止滤光器之类的光学元件可以部署在最终透镜L_p与像平面IP之间。透镜的折光力表示光轴附近(近轴位置)的折光力。

[0134] 将给出根据各个示例的光学系统L0的详细描述。

[0135] 根据示例1的光学系统L0从物侧到像侧依次由前单元La、孔径光阑SP和作为整体具有正折光力的后单元Lb构成。前单元La包括单个正透镜。后单元Lb从物侧到像侧依次包括正透镜与负透镜的胶合透镜、负透镜、正透镜和正透镜。

[0136] 根据示例2的光学系统L0从物侧到像侧依次由前单元La、孔径光阑SP和作为整体具有正折光力的后单元Lb构成。前单元La从物侧到像侧依次包括正透镜和负透镜。后单元Lb从物侧到像侧依次包括负透镜与正透镜的胶合透镜、负透镜、负透镜和正透镜。

[0137] 根据示例3的光学系统L0从物侧到像侧依次由前单元La、孔径光阑SP和作为整体具有正折光力的后单元Lb构成。前单元La包括单个正透镜。后单元Lb从物侧到像侧依次包括负透镜与正透镜的胶合透镜、负透镜、负透镜和正透镜。

[0138] 根据示例4的光学系统L0从物侧到像侧依次由前单元La、孔径光阑SP和作为整体具有正折光力的后单元Lb构成。前单元La包括单个正透镜。后单元Lb从物侧到像侧依次包括负透镜与正透镜的胶合透镜、负透镜、负透镜、负透镜和正透镜。

[0139] 根据示例5的光学系统L0从物侧到像侧依次由前单元La、孔径光阑SP和作为整体具有正折光力的后单元Lb构成。前单元La从物侧到像侧依次包括负透镜和正透镜。后单元Lb从物侧到像侧依次包括正透镜与负透镜的胶合透镜、负透镜、正透镜和正透镜。

[0140] 根据示例6的光学系统L0从物侧到像侧依次由前单元La、孔径光阑SP和作为整体具有正折光力的后单元Lb构成。前单元La从物侧到像侧依次包括负透镜与正透镜的胶合透镜。后单元Lb从物侧到像侧依次包括正透镜与负透镜的胶合透镜、负透镜、正透镜和正透镜。

[0141] 根据示例7的光学系统L0从物侧到像侧依次由前单元La、孔径光阑SP和作为整体具有正折光力的后单元Lb构成。前单元La从物侧到像侧依次包括负透镜和正透镜。后单元Lb从物侧到像侧依次包括正透镜、正透镜与负透镜的胶合透镜、负透镜、正透镜和正透镜。

[0142] 下面将例示与示例1至示例7对应的数值示例1至数值示例7。

[0143] 在各个数值示例的表面数据中, r 表示各个光学表面的曲率半径, 并且 d (mm) 表示第 m 个表面与第 $m+1$ 个表面之间的轴上距离 (光轴上的距离), 其中 m 是从光入射侧算起的表面编号。 n_d 表示各个光学元件针对 d 线的折射率, 并且 v_d 表示光学构件的阿贝数。阿贝数 v_d 表达如下:

$$[0144] \quad v_d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

[0145] 其中 N_d 、 N_F 和 N_C 分别是光学元件的基于夫琅和费线中的 d 线 (587.6nm)、 F 线 (486.1nm) 和 C 线 (656.3nm) 的折射率。

[0146] 在各个数值示例中, d 、焦距 (mm)、 F 数和半视角 (度) 中的每一个都具有在根据各个示例的光学系统 L_0 聚焦在无限远处的物体 (无限远物体) 上的情况下的值。“后焦距 (BF)” 是以空气等效长度表示的从最终透镜表面 (最靠近像平面的透镜表面) 到近轴像平面的光轴上距离。“透镜总长度” 是光学系统 L_0 的从最前表面 (最靠近物体的透镜表面) 到最终表面的在光轴上距离加上后焦距而获得的长度。

[0147] 在光学表面为非球面的情况下, 星号 * 附在表面编号的右侧。非球面形状表达如下:

$$[0148] \quad X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + A3 \times |H|^3 + A4 \times |H|^4 + A5 \times |H|^5 + A6 \times |H|^6 + A7 \times |H|^7 + A8 \times |H|^8 + A9 \times |H|^9 + A10 \times |H|^{10} + A11 \times |H|^{11} + A12 \times |H|^{12} + A13 \times |H|^{13} + A14 \times |H|^{14}$$

[0149] 其中 X 是在光轴方向上距表面顶点的位移量, H 是在垂直于光轴的方向上距光轴的高度, R 是近轴曲率半径, K 是圆锥常数, $A3$ 至 $A15$ 是相应阶的非球面系数。“ $e \pm XX$ ” 表示 “ $\times 10^{\pm XX}$ ”。

[0150] 数值示例1

[0151] 单位: 毫米

[0152] 表面数据

| | 表面编号 | r | d | nd | vd | 有效直径 |
|--------|---|----------|------|---------|------|-------|
| | 1 | 6.260 | 0.86 | 1.72916 | 54.7 | 4.80 |
| | 2 | 10.445 | 0.67 | | | 4.58 |
| | 3 (光阑) | ∞ | 0.90 | | | 4.47 |
| | 4 | 6.769 | 1.21 | 1.90043 | 37.4 | 4.14 |
| | 5 | -17.277 | 0.50 | 1.74077 | 27.8 | 3.80 |
| [0153] | 6 | 5.222 | 1.38 | | | 3.35 |
| | 7* | -17.501 | 0.71 | 1.63560 | 23.9 | 4.36 |
| | 8* | -102.984 | 1.65 | | | 5.27 |
| | 9* | -6.645 | 1.30 | 1.63560 | 23.9 | 7.43 |
| | 10* | -6.698 | 0.36 | | | 8.53 |
| | 11* | 5.559 | 1.95 | 1.53500 | 56.0 | 12.13 |
| | 12* | 7.159 | (可变) | | | 12.62 |
| | 像平面 | ∞ | | | | |
| [0154] | 非球面数据 | | | | | |
| [0155] | 第7表面 | | | | | |
| [0156] | $K=0.00000e+00A4=-1.07563e-02A6=-1.05029e-02A8=-6.35129e-04$ | | | | | |
| [0157] | $A3=4.83637e-03A5=1.12736e-02A7=4.29894e-03$ | | | | | |
| [0158] | 第8表面 | | | | | |
| [0159] | $K=0.00000e+00A4=7.30840e-03A6=-4.56636e-04A8=-9.60399e-05$ | | | | | |
| [0160] | $A3=-2.56213e-03A5=-4.86845e-03A7=7.05515e-04$ | | | | | |
| [0161] | 第9表面 | | | | | |
| [0162] | $K=1.46022e+00A4=3.50415e-02A6=2.52119e-04A8=-1.67257e-04$ | | | | | |
| [0163] | $A10=2.35759e-06A3=-1.55185e-02A5=-1.27191e-02A7=8.24290e-04$ | | | | | |
| [0164] | 第10表面 | | | | | |
| [0165] | $K=-1.25577e+00A4=1.62098e-02A6=1.87296e-03A8=5.42303e-06$ | | | | | |
| [0166] | $A10=-2.12988e-08A3=-3.98973e-03A5=-8.68766e-03A7=-1.76229e-04$ | | | | | |
| [0167] | 第11表面 | | | | | |
| [0168] | $K=-1.44696e+01A4=7.50341e-03A6=1.22100e-03A8=-8.39694e-05$ | | | | | |
| [0169] | $A10=-4.58570e-07A3=3.44333e-03A5=-6.75667e-03A7=1.70998e-04$ | | | | | |
| [0170] | $A9=1.04779e-05$ | | | | | |
| [0171] | 第12表面 | | | | | |
| [0172] | $K=-1.20114e+01A4=-8.25372e-03A6=-4.77190e-03A8=-2.89053e-04$ | | | | | |
| [0173] | $A10=-1.08364e-06A3=2.30350e-03A5=7.76429e-03A7=1.58451e-03$ | | | | | |

[0174] $A9=2.76387e-05$

[0175] 各种数据

[0176] **焦距: 13.82**

F 数: 2.88

半视角 (°): 29.72

[0177] **图像高度: 7.89**

透镜总长度: 16.32

后焦距: 4.83

d12: 4.83

[0178] 单透镜数据

| 透镜 | 起始表面 | 焦距 |
|----|------|--------|
| 1 | 1 | 19.72 |
| 2 | 4 | 5.53 |
| 3 | 5 | -5.36 |
| 4 | 7 | -33.28 |
| 5 | 9 | 154.89 |
| 6 | 11 | 32.60 |

[0179] 数值示例2单位:毫米表面数据

| 表面编号 | r | d | nd | vd | 有效直径 |
|--------|----------|------|---------|------|------|
| 1 | 8.535 | 1.78 | 1.72916 | 54.7 | 8.35 |
| 2 | 54.576 | 1.59 | | | 7.97 |
| 3 | 1116.973 | 0.50 | 1.76182 | 26.5 | 6.96 |
| 4 | 15.804 | 1.18 | | | 6.63 |
| 5 (光阑) | ∞ | 1.00 | | | 6.34 |
| 6 | -16.891 | 0.50 | 1.63980 | 34.5 | 6.09 |
| 7 | 5.764 | 2.04 | 1.90043 | 37.4 | 5.98 |
| 8 | -19.006 | 0.33 | | | 6.27 |

| | | | | | | |
|--------|--|---------------|-------------|----------------|-------------|--------------|
| | 9* | 9.018 | 0.55 | 1.61550 | 25.8 | 6.74 |
| | 10* | 6.674 | 2.94 | 7.04 | | |
| | 11* | -4.712 | 1.80 | 1.67070 | 19.3 | 7.95 |
| [0180] | 12* | -6.144 | 0.16 | 9.79 | | |
| | 13* | 8.031 | 1.93 | 1.53110 | 56.0 | 12.23 |
| | 14* | 10.796 | (可变) | | | 13.08 |
| | 像平面 | ∞ | | | | |
| [0181] | 非球面数据 | | | | | |
| [0182] | 第9表面 | | | | | |
| [0183] | $K=0.00000e+00A4=-1.84389e-03A6=-1.16302e-04A8=4.41572e-06$ | | | | | |
| [0184] | $A10=1.25231e-07A12=-7.95831e-09$ | | | | | |
| [0185] | 第10表面 | | | | | |
| [0186] | $K=0.00000e+00A4=-1.02522e-03A6=-1.31968e-04A8=8.52375e-06$ | | | | | |
| [0187] | $A10=-9.50218e-08A12=-2.02084e-09$ | | | | | |
| [0188] | 第11表面 | | | | | |
| [0189] | $K=0.00000e+00A4=5.16315e-03A6=-3.54315e-04A8=2.68121e-05$ | | | | | |
| [0190] | $A10=-1.19044e-06A12=2.36728e-08$ | | | | | |
| [0191] | 第12表面 | | | | | |
| [0192] | $K=0.00000e+00A4=1.70854e-03A6=-8.20838e-05A8=4.87853e-06$ | | | | | |
| [0193] | $A10=-1.77527e-07A12=2.49283e-09$ | | | | | |
| [0194] | 第13表面 | | | | | |
| [0195] | $K=-9.97557e+00A4=-1.35719e-03A6=1.42774e-05A8=8.19110e-07$ | | | | | |
| [0196] | $A10=-4.84714e-08A12=9.59127e-10A14=-6.48919e-12$ | | | | | |
| [0197] | 第14表面 | | | | | |
| [0198] | $K=-2.08501e+01A4=-9.41503e-04A6=-1.72682e-05A8=1.41035e-06$ | | | | | |
| [0199] | $A10=-4.48295e-08A12=6.50318e-10A14=-3.78611e-12$ | | | | | |
| [0200] | 各种数据 | | | | | |
| | 焦距: | 17.20 | | | | |
| | F 数: | 2.06 | | | | |
| | 半视角 (°): | 24.65 | | | | |
| [0201] | 图像高度: | 7.89 | | | | |
| | 透镜总长度: | 21.52 | | | | |
| | 后焦距: | 5.22 | | | | |
| | d14: | 5.22 | | | | |

[0202] 单透镜数据

| | 透镜 | 起始表面 | 焦距 |
|--------|----|------|--------|
| | 1 | 1 | 13.65 |
| | 2 | 3 | -21.05 |
| [0203] | 3 | 6 | -6.66 |
| | 4 | 7 | 5.11 |
| | 5 | 9 | -45.81 |
| | 6 | 11 | -60.86 |
| | 7 | 13 | 47.55 |

[0204] 数值示例3

[0205] 单位:毫米

[0206] 表面数据

| | 表面编号 | r | d | nd | vd | 有效直径 |
|--------|--------|----------|------|---------|------|-------|
| | 1 | 4.707 | 1.13 | 1.61800 | 63.4 | 5.68 |
| | 2 | 9.145 | 1.07 | | | 4.97 |
| | 3 (光阑) | ∞ | 0.88 | | | 3.73 |
| | 4 | -13.939 | 0.40 | 1.60342 | 38.0 | 3.47 |
| | 5 | 4.094 | 1.49 | 1.85150 | 40.8 | 3.37 |
| [0207] | 6 | -10.702 | 0.16 | | | 3.89 |
| | 7* | -20.317 | 0.92 | 1.63560 | 23.9 | 4.05 |
| | 8* | 16.176 | 2.24 | | | 4.80 |
| | 9* | -2.684 | 1.11 | 1.67070 | 19.3 | 5.38 |
| | 10* | -4.213 | 0.07 | | | 7.49 |
| | 11 | 144.002 | 2.21 | 1.90366 | 31.3 | 11.56 |
| | 12 | -15.708 | (可变) | | | 12.19 |
| | 像平面 | ∞ | | | | |

[0208] 非球面数据

[0209] 第7表面

[0210] $K=0.00000e+00A4=-4.18307e-03A6=1.49689e-03A8=-8.47348e-04$ [0211] $A10=2.67501e-04A12=-3.97751e-05A14=2.16051e-06$

[0212] 第8表面

- [0213] $K=0.00000e+00A4=-2.16772e-03A6=5.73321e-04A8=-1.35772e-04$
 [0214] $A10=2.41817e-05A12=-1.37987e-06A14=-9.50059e-09$
 [0215] 第9表面
 [0216] $K=-4.70448e+00A4=-2.76003e-02A6=5.61591e-03A8=-1.38408e-03$
 [0217] $A10=2.30576e-04A12=-2.32076e-05A14=9.79590e-07$
 [0218] 第10表面
 [0219] $K=0.00000e+00A4=1.27980e-03A6=5.55638e-05A8=-5.37022e-06$
 [0220] $A10=9.26509e-07A12=-6.95746e-08A14=2.53834e-09$
 [0221] 各种数据

焦距: 12.64

F 数: 2.91

半视角 (°): 31.97

- [0222] **图像高度: 7.89**

透镜总长度: 15.87

后焦距: 4.19

d12: 4.19

- [0223] 单透镜数据

| 透镜 | 起始表面 | 焦距 |
|----------|------|--------|
| 1 | 1 | 14.30 |
| 2 | 4 | -5.20 |
| [0224] 3 | 5 | 3.65 |
| 4 | 7 | -14.03 |
| 5 | 9 | -15.58 |
| 6 | 11 | 15.78 |

- [0225] 数值示例4

- [0226] 单位:毫米

- [0227] 表面数据

| | 表面编号 | r | d | nd | vd | 有效直径 |
|--------|---|----------|------|---------|------|-------|
| | 1 | 4.508 | 1.10 | 1.69680 | 55.5 | 5.41 |
| | 2 | 10.717 | 1.00 | | | 4.80 |
| | 3 (光阑) | ∞ | 1.02 | | | 3.90 |
| | 4 | -13.463 | 0.40 | 1.69895 | 30.1 | 3.43 |
| | 5 | 4.776 | 1.39 | 1.83481 | 42.7 | 3.91 |
| | 6 | -9.237 | 0.16 | | | 4.36 |
| [0228] | 7* | -16.299 | 0.43 | 1.53110 | 55.9 | 4.46 |
| | 8* | -187.887 | 1.34 | | | 4.77 |
| | 9 | -2.854 | 0.86 | 1.92286 | 20.9 | 4.91 |
| | 10 | -4.834 | 0.42 | | | 6.52 |
| | 11* | -4.029 | 0.55 | 1.53110 | 55.9 | 6.64 |
| | 12* | -5.433 | 0.15 | | | 8.35 |
| | 13 | 132.002 | 2.50 | 2.00100 | 29.1 | 12.25 |
| | 14 | -13.257 | (可变) | | | 12.81 |
| | 像平面 | ∞ | | | | |
| [0229] | 非球面数据 | | | | | |
| [0230] | 第7表面 | | | | | |
| [0231] | $K=0.00000e+00A4=-8.03294e-03A6=6.42603e-04A8=-1.71864e-05$ | | | | | |
| [0232] | $A10=-2.18210e-05A12=5.95829e-06A14=-3.26994e-07$ | | | | | |
| [0233] | 第8表面 | | | | | |
| [0234] | $K=0.00000e+00A4=-9.37478e-03A6=5.54245e-04A8=-6.69460e-05$ | | | | | |
| [0235] | $A10=-6.99311e-06A12=1.91513e-06A14=-4.31530e-08$ | | | | | |
| [0236] | 第11表面 | | | | | |
| [0237] | $K=0.00000e+00A4=2.04929e-03A6=2.43258e-04A8=-7.52984e-05$ | | | | | |
| [0238] | $A10=7.10962e-06A12=-4.53349e-07A14=1.70146e-08$ | | | | | |
| [0239] | 第12表面 | | | | | |
| [0240] | $K=0.00000e+00A4=2.56257e-03A6=2.07946e-04A8=-4.35551e-05$ | | | | | |
| [0241] | $A10=3.28693e-06A12=-1.10371e-07A14=1.45867e-09$ | | | | | |
| [0242] | 各种数据 | | | | | |

| | | |
|--------|-----------------|--------------|
| | 焦距: | 12.94 |
| | F 数: | 2.80 |
| | 半视角 (°): | 31.36 |
| [0243] | 图像高度: | 7.89 |
| | 透镜总长度: | 15.50 |
| | 后焦距: | 4.19 |
| | d14: | 4.19 |

[0244] 单透镜数据

| | 透镜 | 起始表面 | 焦距 |
|--------|-----------|-------------|---------------|
| | 1 | 1 | 10.41 |
| [0245] | 2 | 4 | -5.00 |
| | 3 | 5 | 3.95 |
| | 4 | 7 | -33.63 |
| | 5 | 9 | -9.55 |
| [0246] | 6 | 11 | -33.93 |
| | 7 | 13 | 12.14 |

[0247] 数值示例5

[0248] 单位:毫米

[0249] 表面数据

| | 表面编号 | r | d | nd | vd | 有效直径 |
|--------|---|----------|------|---------|------|-------|
| | 1 | -11.704 | 0.29 | 1.59270 | 35.3 | 5.34 |
| | 2 | 4.905 | 0.08 | | | 4.65 |
| | 3 | 5.130 | 1.22 | 1.91082 | 35.2 | 4.63 |
| | 4 | -29.778 | 0.32 | | | 4.26 |
| | 5 (光阑) | ∞ | 0.92 | | | 4.17 |
| | 6 | 5.703 | 1.26 | 1.87070 | 40.7 | 3.92 |
| [0250] | 7 | -8.099 | 0.18 | 1.76182 | 26.5 | 3.61 |
| | 8 | 5.381 | 0.68 | | | 3.38 |
| | 9* | -21.874 | 0.63 | 1.53500 | 56.0 | 3.81 |
| | 10* | -135.199 | 1.97 | | | 4.63 |
| | 11* | -5.817 | 1.59 | 1.53500 | 56.0 | 8.06 |
| | 12* | -5.050 | 0.18 | | | 8.94 |
| | 13* | 6.415 | 1.77 | 1.53500 | 56.0 | 11.65 |
| | 14* | 8.812 | (可变) | | | 12.22 |
| | 像平面 | ∞ | | | | |
| [0251] | 非球面数据 | | | | | |
| [0252] | 第9表面 | | | | | |
| [0253] | $K=0.00000e+00A4=-2.23331e-02A6=-1.37107e-02A8=-4.99539e-04$ | | | | | |
| [0254] | $A3=1.02926e-02A5=2.10970e-02A7=4.33469e-03$ | | | | | |
| [0255] | 第10表面 | | | | | |
| [0256] | $K=0.00000e+00A4=-1.34981e-02A6=-8.17785e-03A8=-2.49052e-04$ | | | | | |
| [0257] | $A3=1.01369e-02A5=1.34718e-02A7=2.44157e-03$ | | | | | |
| [0258] | 第11表面 | | | | | |
| [0259] | $K=-3.44235e+01A4=-1.31612e-02A6=-6.61143e-03A8=-1.37858e-04$ | | | | | |
| [0260] | $A10=6.72689e-07A3=3.65090e-04A5=1.47395e-02A7=1.44729e-03$ | | | | | |
| [0261] | 第12表面 | | | | | |
| [0262] | $K=-3.08794e+00A4=-4.69366e-02A6=-9.52789e-03A8=-1.71551e-04$ | | | | | |
| [0263] | $A10=7.65261e-07A3=4.54234e-02A5=2.71741e-02A7=1.88545e-03$ | | | | | |
| [0264] | 第13表面 | | | | | |
| [0265] | $K=-4.72297e+01A4=-3.62984e-02A6=-3.40402e-03A8=-8.43606e-05$ | | | | | |
| [0266] | $A10=-2.63594e-07A3=5.57242e-02A5=1.28857e-02A7=6.48527e-04$ | | | | | |
| [0267] | $A9=6.89276e-06$ | | | | | |

[0268] 第14表面

[0269] $K = -1.98741e+01A4 = -2.10859e-02A6 = -5.43361e-03A8 = -2.11629e-04$

[0270] $A10 = -6.17168e-07A3 = 1.69037e-02A5 = 1.31038e-02A7 = 1.38770e-03$

[0271] $A9 = 1.76760e-05$ 各种数据

焦距: 10.39

F 数: 2.55

半视角 (°): 37.20

[0272] **图像高度: 7.89**

透镜总长度: 15.65

后焦距: 4.54

d14: 4.54

[0273] 单透镜数据

| 透镜 | 起始表面 | 焦距 |
|----------|------|--------|
| 1 | 1 | -5.79 |
| 2 | 3 | 4.89 |
| 3 | 6 | 4.01 |
| [0274] 4 | 7 | -4.22 |
| 5 | 9 | -48.87 |
| 6 | 11 | 41.54 |
| 7 | 13 | 35.08 |

[0275] 数值示例6

[0276] 单位:毫米

[0277] 表面数据

| 表面编号 | r | d | nd | vd | 有效直径 |
|----------|--------|------|---------|------|------|
| [0278] 1 | -9.182 | 0.26 | 1.59270 | 35.3 | 5.05 |
| 2 | 7.573 | 1.16 | 1.91082 | 35.2 | 4.55 |

| | | | | | |
|--------|---------------|------------------|-------------|----------------|--------------|
| | 3 | -15.973 | 0.36 | | 4.19 |
| | 4 (光阑) | ∞ | 0.95 | | 3.70 |
| | 5 | 5.201 | 1.28 | 1.87070 | 40.7 |
| | 6 | -11.975 | 0.18 | 1.76182 | 26.5 |
| | 7 | 4.561 | 0.76 | | 3.42 |
| | 8* | -85.757 | 0.61 | 1.53500 | 56.0 |
| [0279] | 9* | -3646.869 | 1.98 | | 4.79 |
| | 10* | -4.133 | 1.32 | 1.53500 | 56.0 |
| | 11* | -3.726 | 0.08 | | 8.68 |
| | 12* | 6.434 | 1.79 | 1.53500 | 56.0 |
| | 13* | 8.046 | (可变) | | 11.95 |

像平面 ∞

[0280] 非球面数据

[0281] 第8表面

[0282] $K=0.00000e+00A4=-2.15591e-02A6=-1.45344e-02A8=-6.45412e-04$

[0283] $A3=7.31285e-03A5=2.05408e-02A7=4.98873e-03$

[0284] 第9表面

[0285] $K=0.00000e+00A4=-1.38627e-02A6=-7.94143e-03A8=-2.15749e-04$

[0286] $A3=6.84598e-03A5=1.26489e-02A7=2.30518e-03$

[0287] 第10表面

[0288] $K=-1.83110e+01A4=-1.28739e-02A6=-6.60464e-03A8=-1.38472e-04$

[0289] $A10=5.89377e-07A3=-4.50600e-03A5=1.51074e-02A7=1.45049e-03$

[0290] 第11表面

[0291] $K=-4.49148e+00A4=-4.78510e-02A6=-9.42635e-03A8=-1.74438e-04$

[0292] $A10=6.95369e-07A3=3.87383e-02A5=2.75181e-02A7=1.89210e-03$

[0293] 第12表面

[0294] $K=-5.38183e+01A4=-3.59530e-02A6=-3.36121e-03A8=-8.55245e-05$

[0295] $A10=-2.45687e-07A3=5.16366e-02A5=1.29027e-02A7=6.49569e-04$

[0296] $A9=6.80215e-06$

[0297] 第13表面

[0298] $K=-2.25124e+01A4=-2.20658e-02A6=-5.43967e-03A8=-2.11458e-04$

[0299] $A10=-6.20841e-07A3=1.55469e-02A5=1.34176e-02A7=1.38383e-03$

[0300] $A9=1.77223e-05$

[0301] 各种数据

| | | |
|--------|-----------------|--------------|
| | 焦距: | 10.39 |
| | F 数: | 2.86 |
| | 半视角 (°): | 37.20 |
| [0302] | 图像高度: | 7.89 |
| | 透镜总长度: | 15.55 |
| | 后焦距: | 4.83 |
| | d13: | 4.83 |

[0303] 单透镜数据

| 透镜 | 起始表面 | 焦距 |
|------------|-------------|----------------|
| 1 | 1 | -6.96 |
| 2 | 2 | 5.78 |
| 3 | 5 | 4.31 |
| 4 | 6 | -4.31 |
| 5 | 8 | -164.16 |
| 6 1 | 0 | 33.15 |
| 7 | 12 | 43.30 |

[0304] 数值示例7单位:毫米表面数据

| 表面编号 | r | d | nd | vd | 有效直径 |
|------------|---|------|---------|------|-------|
| 1* | -3586.364 | 0.50 | 1.58313 | 59.4 | 4.98 |
| 2* | 3.305 | 0.40 | | | 4.07 |
| 3 | 6.805 | 1.15 | 1.72916 | 54.7 | 3.97 |
| 4 | -20.438 | 0.41 | | | 3.51 |
| 5 (光阑) | ∞ | 0.92 | | | 3.45 |
| 6 | 6.513 | 1.36 | 1.75500 | 52.3 | 4.01 |
| 7 | -6.331 | 0.11 | | | 4.25 |
| 8 | -8.195 | 1.51 | 1.65844 | 50.9 | 4.27 |
| 9 | -3.404 | 0.50 | 1.73800 | 32.3 | 4.52 |
| 10 | 13.112 | 1.15 | | | 5.05 |
| 11* | -10.477 | 0.56 | 1.53500 | 56.0 | 5.24 |
| 12* | -12.314 | 0.82 | | | 6.05 |
| 13* | -4.165 | 1.53 | 1.53500 | 56.0 | 7.58 |
| 14* | -4.049 | 0.18 | | | 8.44 |
| 15* | 4.151 | 1.87 | 1.53500 | 56.0 | 12.30 |
| [0305] 16* | 4.590 | (可变) | | | 12.86 |
| 像平面 | ∞ | | | | |
| [0306] | 非球面数据 | | | | |
| [0307] | 第1表面 | | | | |
| [0308] | $K=0.00000e+00A4=-1.58804e-02A6=2.24199e-03A8=1.83096e-04$ | | | | |
| [0309] | $A3=-3.16093e-03A5=4.71244e-03A7=-1.32163e-03$ | | | | |
| [0310] | 第2表面 | | | | |
| [0311] | $K=4.72161e-01A4=-1.76482e-02A6=1.39866e-03A8=-9.37739e-05$ | | | | |
| [0312] | $A3=-5.29217e-03A5=3.59190e-03A7=-4.59994e-04$ | | | | |
| [0313] | 第11表面 | | | | |
| [0314] | $K=0.00000e+00A4=-1.05979e-02A6=-2.78920e-04A8=1.32419e-04$ | | | | |
| [0315] | $A10=-5.02271e-06$ | | | | |
| [0316] | 第12表面 | | | | |
| [0317] | $K=0.00000e+00A4=-5.08433e-03A6=-3.11798e-04A8=1.12668e-04$ | | | | |
| [0318] | $A10=-4.13907e-06$ | | | | |
| [0319] | 第13表面 | | | | |
| [0320] | $K=-1.22936e+01A4=9.88450e-03A6=2.44515e-03A8=8.11852e-05$ | | | | |

- [0321] $A10 = -7.20367e-07A3 = -8.89814e-03A5 = -5.23719e-03A7 = -6.59829e-04$
- [0322] 第14表面
- [0323] $K = -1.34110e+00A4 = -1.16917e-04A6 = -1.54999e-03A8 = -3.18547e-05$
- [0324] $A10 = -6.97583e-08A3 = -3.16936e-03A5 = 3.22415e-03A7 = 3.73888e-04$
- [0325] 第15表面
- [0326] $K = -1.12242e+00A4 = -2.35753e-02A6 = -4.14295e-03A8 = -1.53627e-04$
- [0327] $A10 = -4.33086e-07A3 = 4.45348e-03A5 = 1.17935e-02A7 = 1.01655e-03$
- [0328] $A9 = 1.26550e-05$
- [0329] 第16表面
- [0330] $K = -6.08828e-01A4 = -1.82200e-02A6 = -1.43596e-03A8 = -3.10115e-05$
- [0331] $A10 = -5.37345e-08A3 = 5.03772e-03A5 = 6.01578e-03A7 = 2.59656e-04$
- [0332] $A9 = 2.01631e-06$
- [0333] 各种数据

焦距: 8.79

F 数: 2.88

- [0334] **半视角 (°): 41.92**

图像高度: 7.89

透镜总长度: 17.05

后焦距: 4.07

- [0335]

d16: 4.07

- [0336] 单透镜数据

| | 透镜 | 起始表面 | 焦距 |
|--------|-----------|-------------|----------------|
| | 1 | 1 | -5.66 |
| | 2 | 3 | 7.13 |
| | 3 | 6 | 4.46 |
| [0337] | 4 | 8 | 7.86 |
| | 5 | 9 | -3.62 |
| | 6 | 11 | -147.00 |
| | 7 | 13 | 48.53 |
| | 8 | 15 | 32.60 |

- [0338] 下面的表1总结了各个数值示例中的各种值。“Ex.”表示示例(Example),并且各个括号表示对应的不等式。

- [0339] 表1

| | Ex.1 | Ex.2 | Ex.3 | Ex.4 | Ex.5 | Ex.6 | Ex.7 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| (1) | 1.034 | 1.364 | 1.006 | 0.982 | 0.991 | 0.985 | 1.081 |
| (2) | 1.700 | 1.748 | 1.791 | 1.844 | 1.713 | 1.677 | 1.643 |
| (3) | 2.615 | 2.503 | 2.909 | 3.054 | 2.690 | 2.475 | 3.160 |
| (4) | 0.701 | 0.626 | 0.884 | 1.243 | 0.418 | 0.377 | 0.194 |
| (5) | 2.359 | 2.765 | 1.248 | 0.938 | 3.375 | 4.166 | 3.711 |
| (6) | 0.349 | 0.304 | 0.332 | 0.324 | 0.437 | 0.465 | 0.463 |
| [0340] (7) | 0.906 | 0.766 | 0.861 | 0.864 | 0.878 | 0.886 | 0.856 |
| (8) | 1.409 | 7.583 | 4.512 | 6.738 | 1.386 | 1.048 | 12.408 |
| (9) | 1.636 | 1.671 | 1.671 | 1.531 | 1.535 | 1.535 | 1.535 |
| (10) | 1.894 | 0.953 | 1.955 | 7.465 | 0.607 | 0.525 | 0.192 |
| (11) | 1.729 | 1.729 | 1.618 | 1.697 | 1.911 | 1.911 | 1.729 |
| (12) | 1.900 | 1.900 | 1.852 | 1.835 | 1.871 | 1.871 | 1.755 |
| (13) | 0.160 | 0.261 | 0.248 | 0.136 | 0.109 | 0.109 | 0.017 |
| (14) | 2.630 | 1.567 | 2.146 | 2.366 | 1.901 | 1.919 | 2.583 |

[0341] 图像拾取装置

[0342] 现在参考图15,现在将给出使用根据本公开的光学系统L0作为成像光学系统的数字静态相机10(图像拾取装置)的示例的描述。在图15中,附图标记13表示相机主体,并且附图标记11表示成像光学系统,其包括示例1至示例7中描述的光学系统L0之一。附图标记12表示固态图像传感器(光电转换元件),诸如CCD传感器或CMOS传感器,其内置于相机主体13中并且接收并光电转换由成像光学系统11形成的光学图像。相机主体13可以是具有快转镜(quick turn mirror)的所谓的单透镜反光相机(single-lens reflex camera),或者是没有快转镜的所谓的无反光镜相机(mirrorless camera)。

[0343] 将本公开的光学系统L0应用于诸如数字静态相机之类的图像拾取装置可以提供具有紧凑透镜的图像拾取装置。

[0344] 虽然已经参考实施例描述了本公开,但是应该理解的是,本公开不限于所公开的实施例。所附权利要求的范围应被给予最广泛的解释,以便涵盖所有此类修改以及等同的结构和功能。

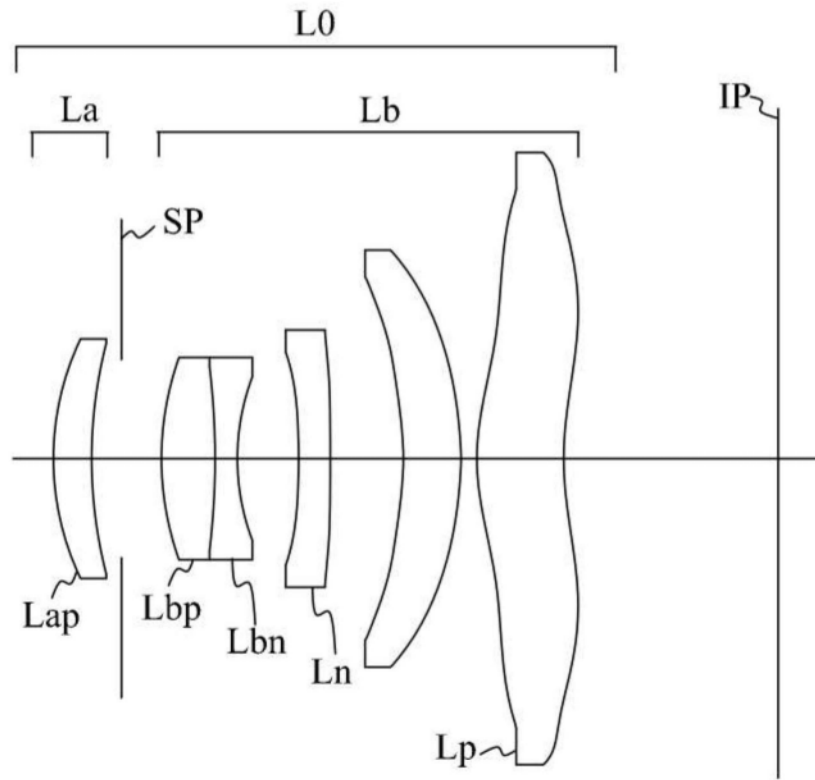


图1

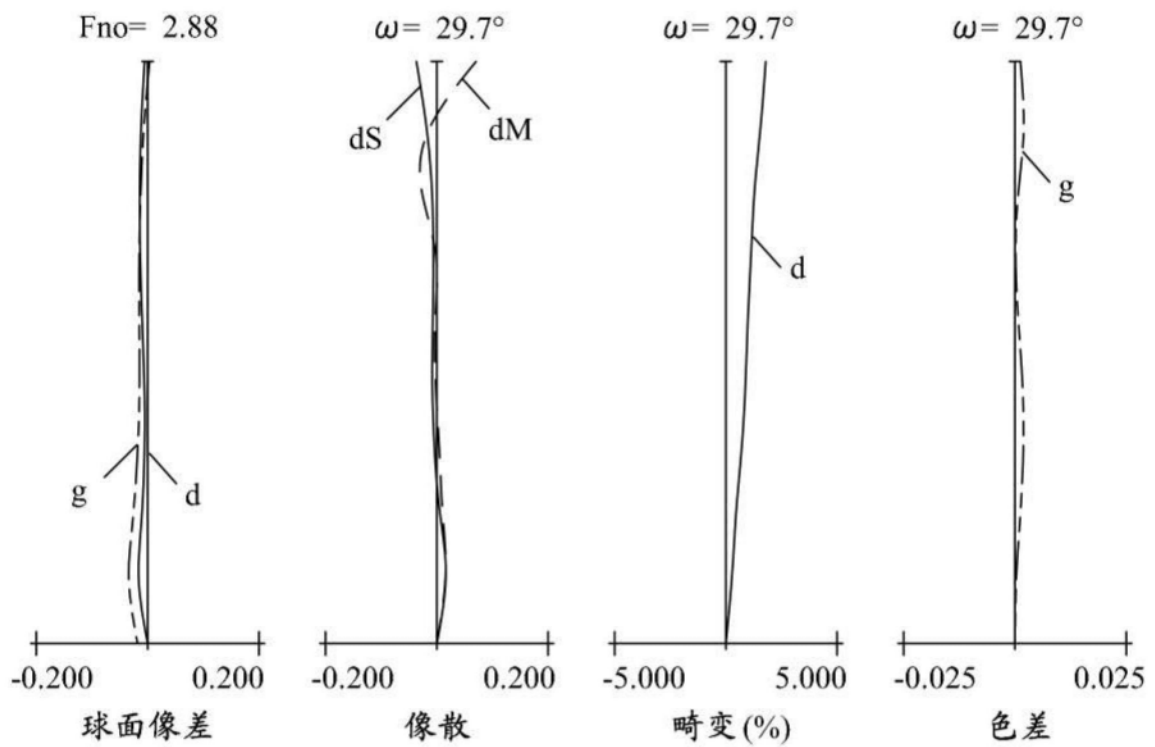


图2

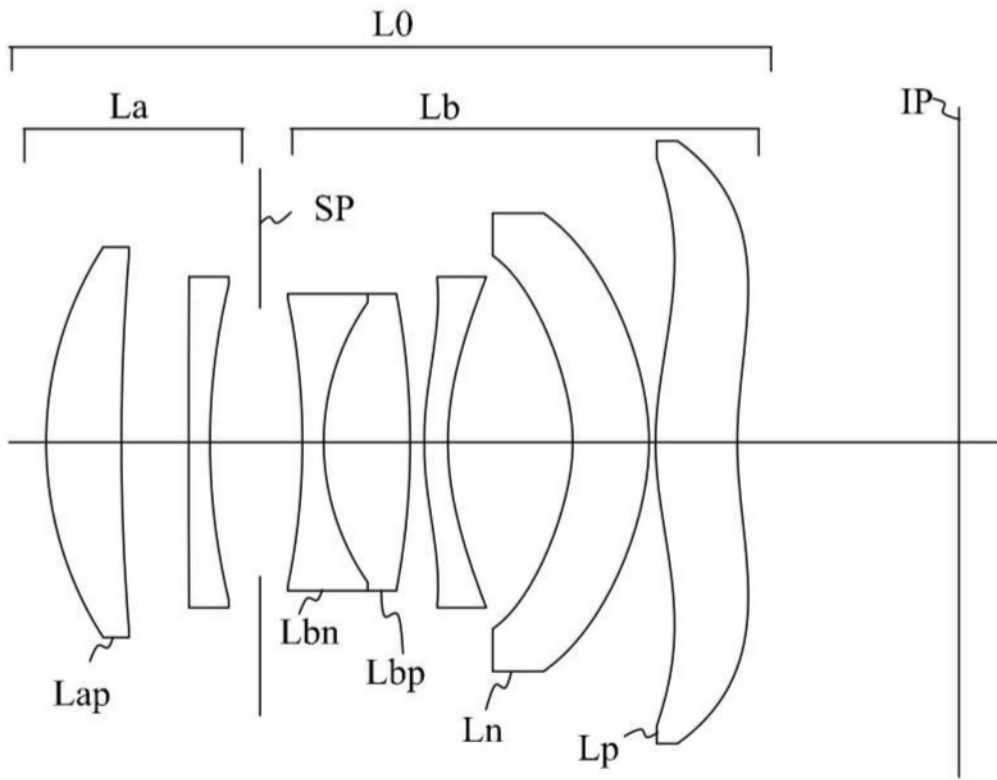


图3

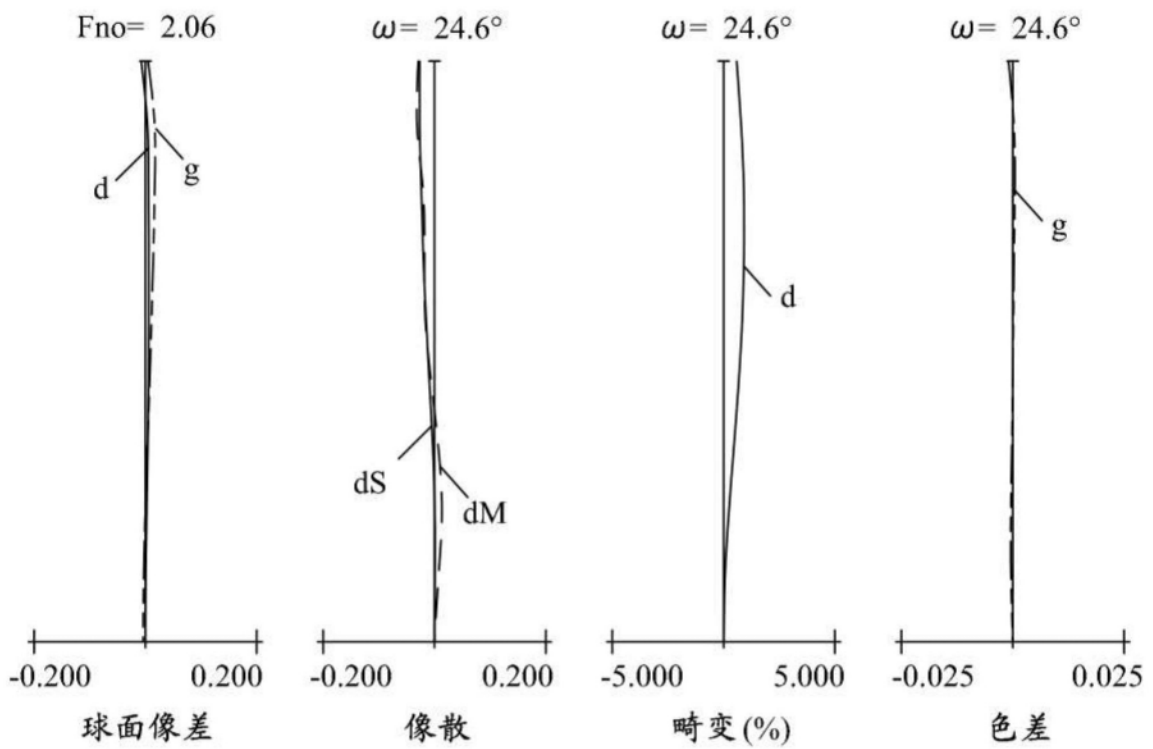


图4

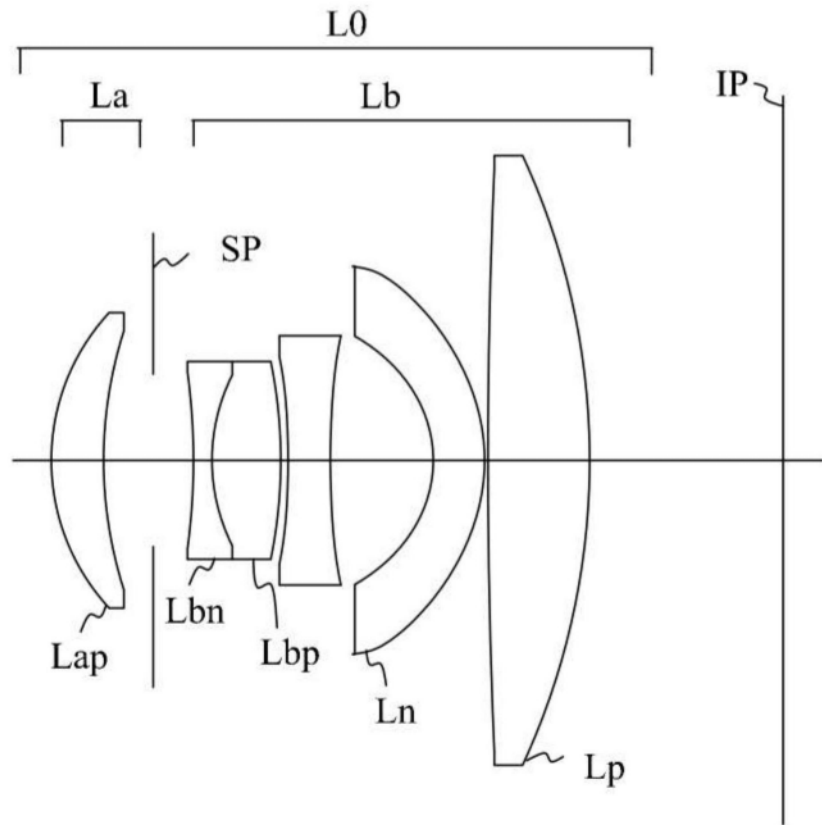


图5

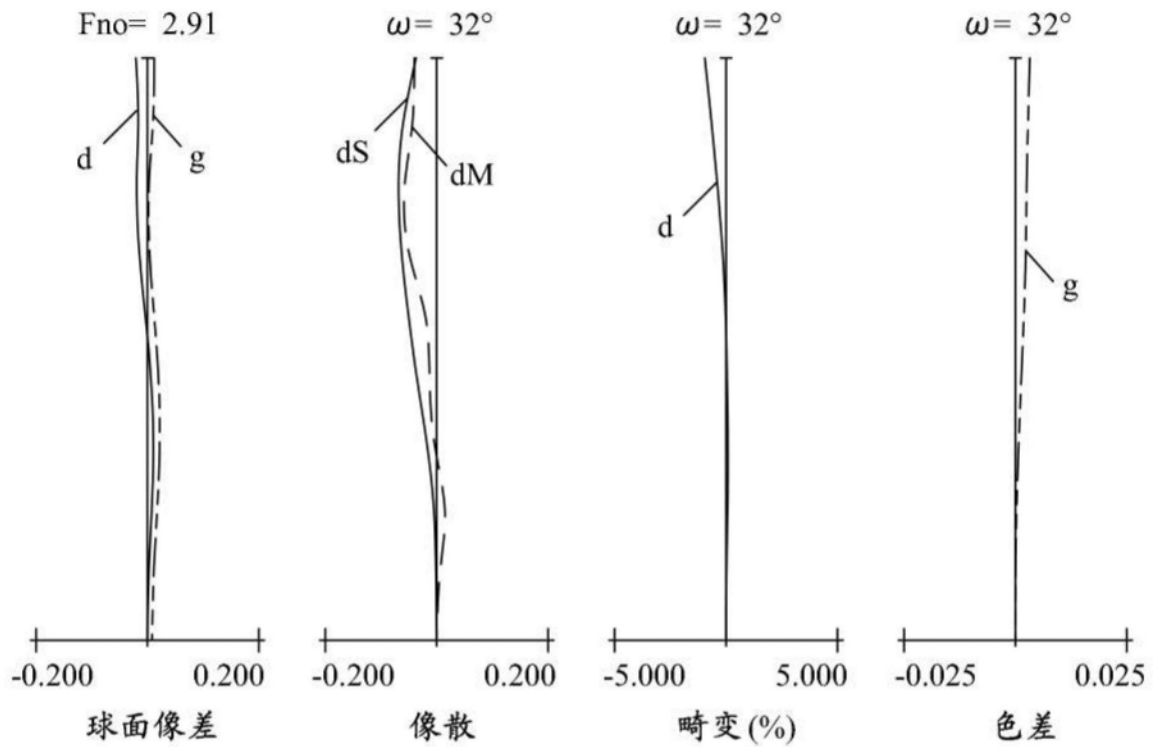


图6

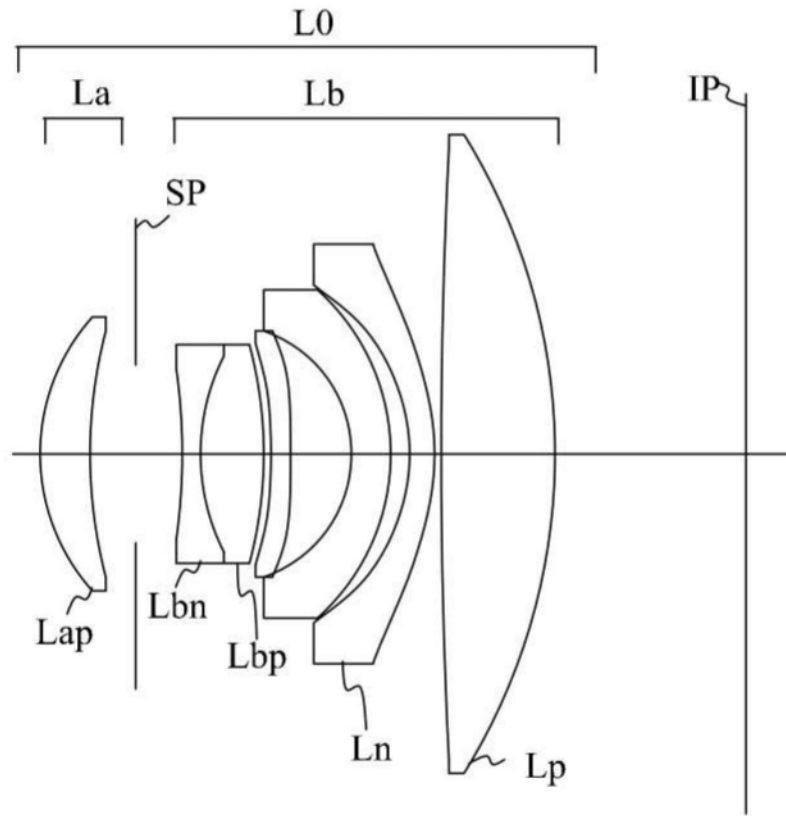


图7

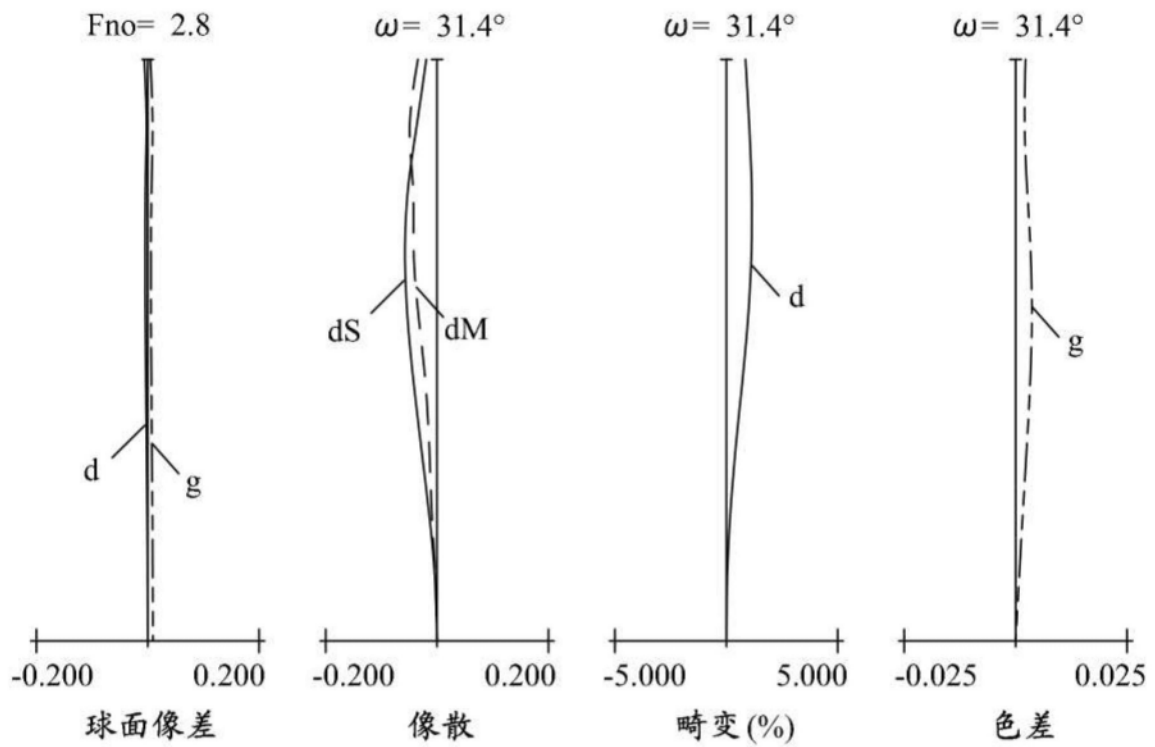


图8

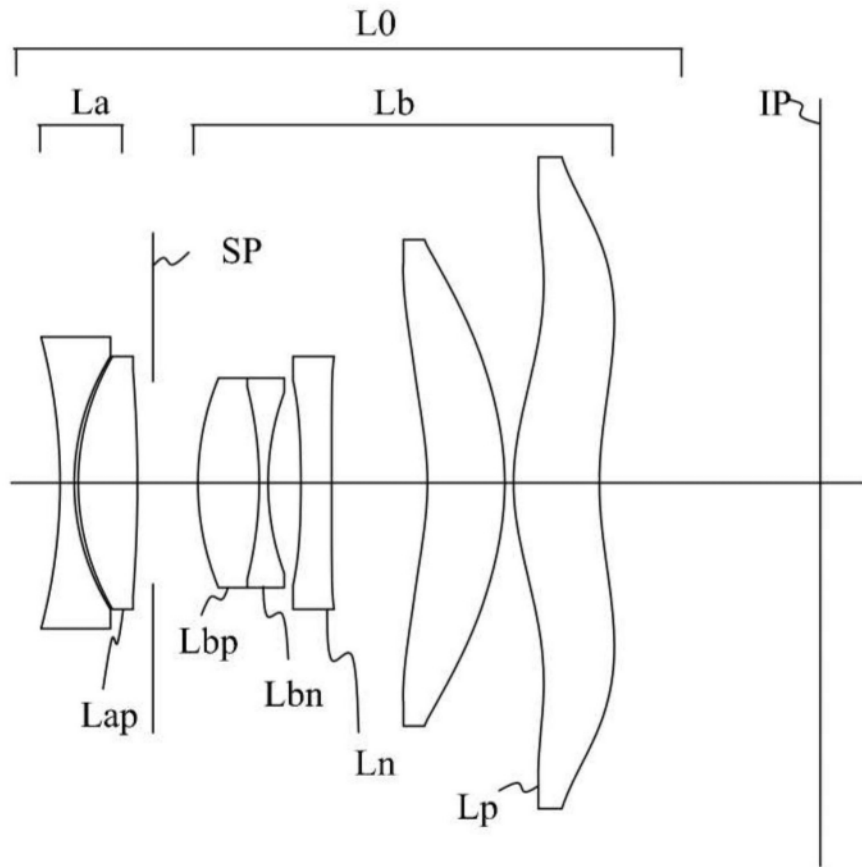


图9

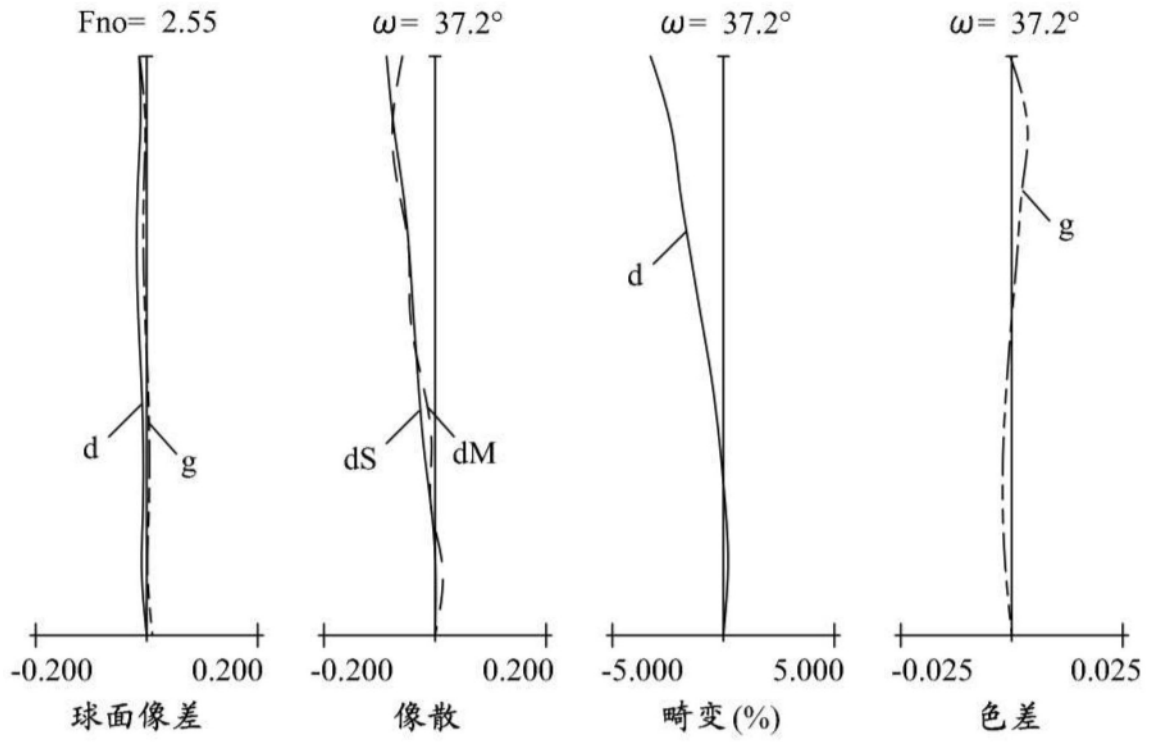


图10

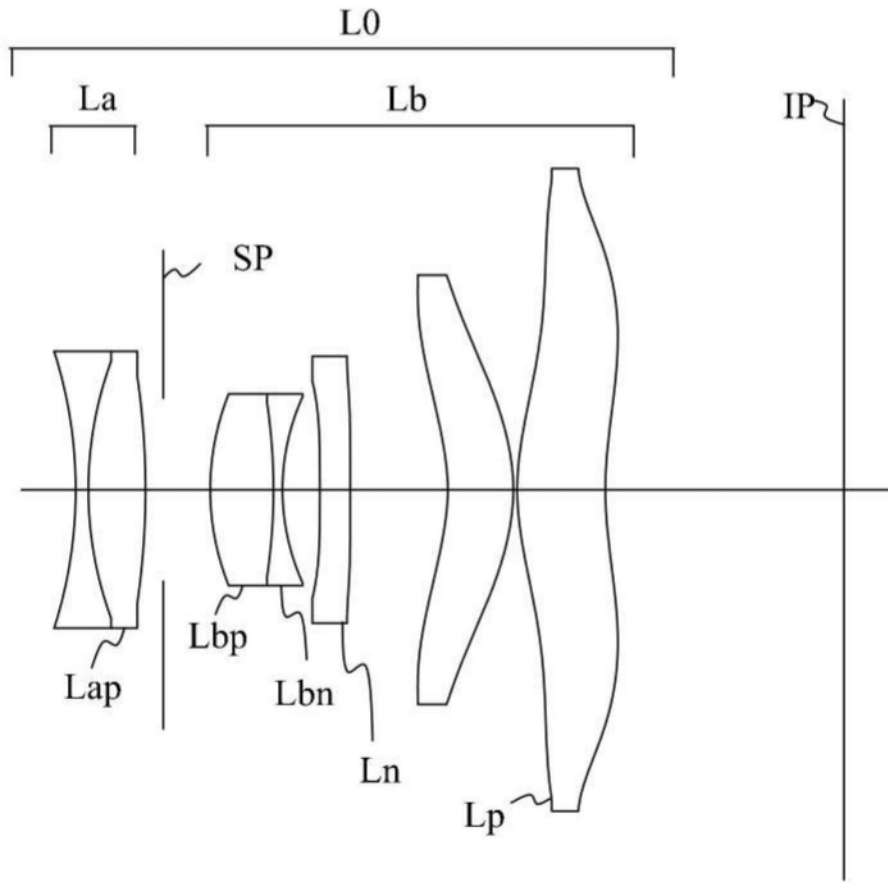


图11

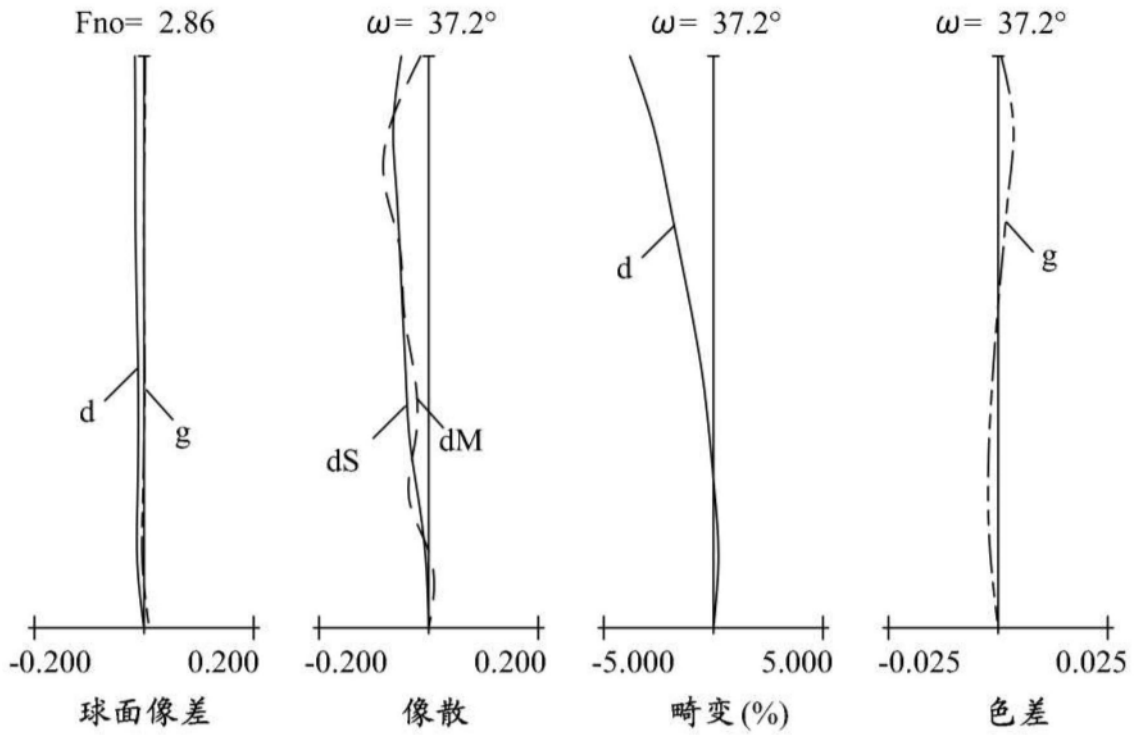


图12

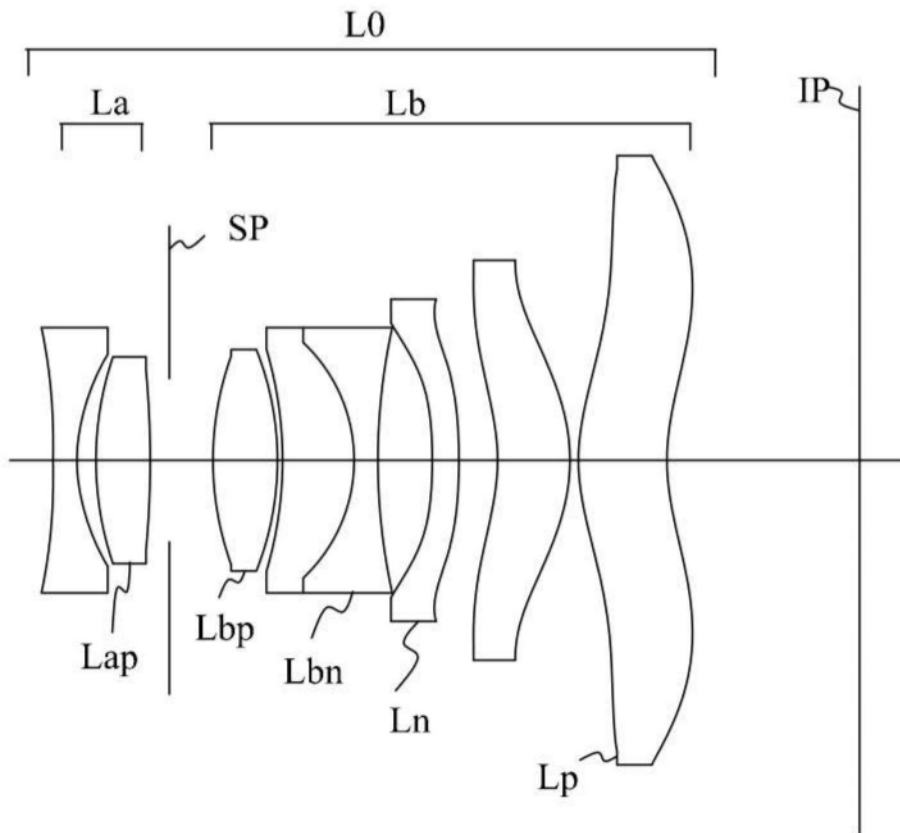


图13

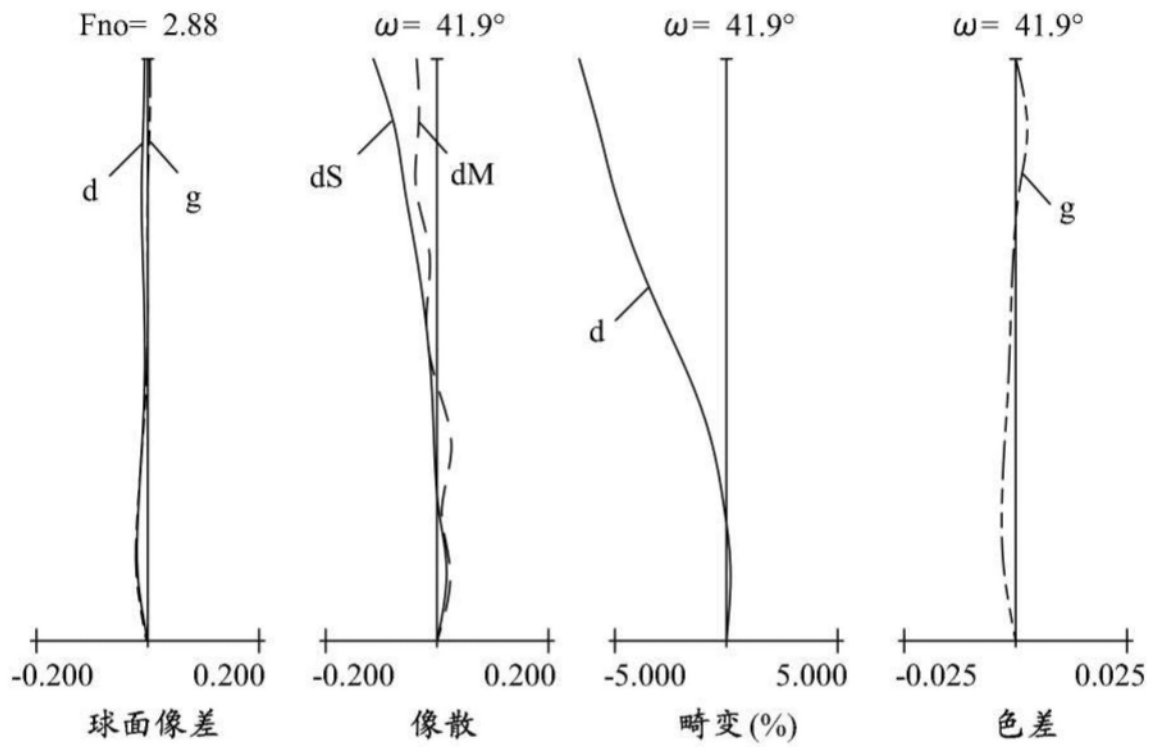


图14

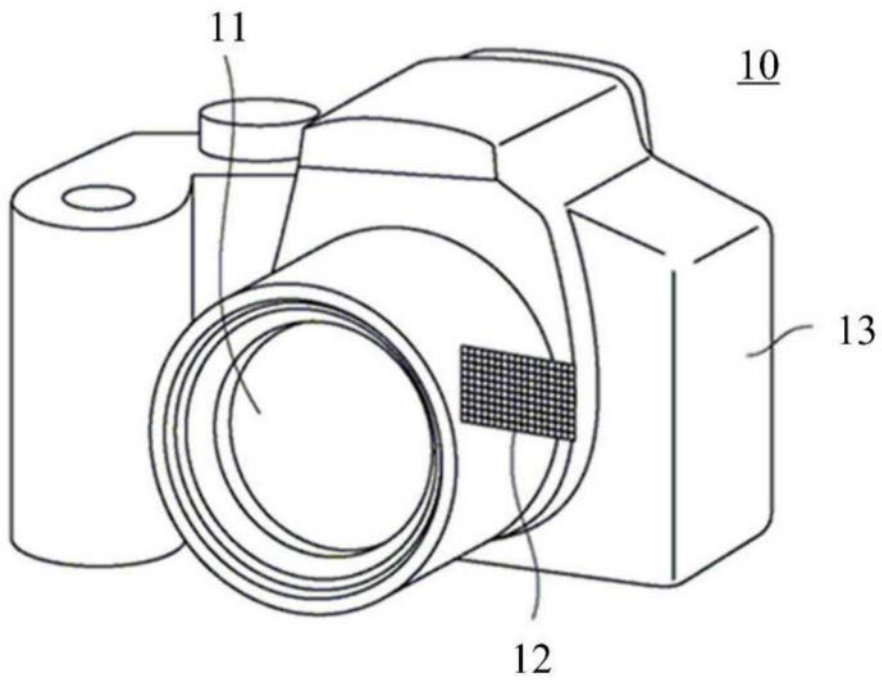


图15