



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110488455 B

(45) 授权公告日 2022.04.26

(21) 申请号 201910381951.0

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2019.05.09

G02B 13/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G02B 13/02 (2006.01)

申请公布号 CN 110488455 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2019.11.22

US 5982544 A, 1999.11.09

(30) 优先权数据

US 2012229921 A1, 2012.09.13

2018-093366 2018.05.14 JP

JP 2012189679 A, 2012.10.04

(73) 专利权人 佳能株式会社

CN 102959450 A, 2013.03.06

地址 日本东京

CN 101162289 A, 2008.04.16

(72) 发明人 横山贵嘉

CN 107450165 A, 2017.12.08

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038

CN 1967308 A, 2007.05.23

代理人 汪晶晶

CN 102129113 A, 2011.07.20

CN 102890336 A, 2013.01.23

JP 2012022105 A, 2012.02.02

审查员 陈翊杭

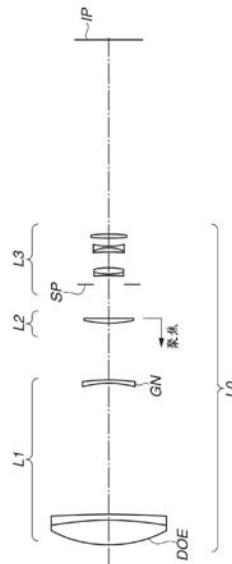
权利要求书2页 说明书15页 附图10页

(54) 发明名称

光学系统和包括光学系统的成像装置

(57) 摘要

本公开涉及光学系统和包括光学系统的成像装置。一种光学系统，包括从物侧到像侧依次布置的具有正折光力的第一透镜单元、在聚焦期间移动的具有正折光力的第二透镜单元，以及具有负折光力的第三透镜单元。在聚焦期间，光学系统的光轴上的相邻透镜单元之间的距离改变。第一透镜单元由从物侧到像侧依次布置的衍射光学元件和负透镜组成。负透镜具有弯月形状，其中凹表面面向物侧。



1. 一种光学系统，其特征在于，包括由以下透镜单元组成的一组透镜单元：从物侧到像侧依次布置的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，以及具有负折光力的第三透镜单元，其中：

在聚焦期间，第二透镜单元移动，以使得在光学系统的光轴上的相邻透镜单元之间的距离改变，以及

第一透镜单元由从物侧到像侧依次布置的衍射光学元件和负透镜组成，负透镜具有弯月形状，其中凹表面面向物侧。

2. 如权利要求1所述的光学系统，其中满足以下条件表达式：

$$-0.55 < f_3/f < -0.06,$$

其中 f_3 是第三透镜单元的焦距，并且 f 是光学系统的焦距。

3. 如权利要求1所述的光学系统，其中满足以下条件表达式：

$$0.50 < f_1/f < 1.00,$$

其中 f_1 是第一透镜单元的焦距，并且 f 是光学系统的焦距。

4. 如权利要求1所述的光学系统，其中满足以下条件表达式：

$$0.40 < L/f < 0.70,$$

其中 L 是光学系统的总长度，并且 f 是光学系统的焦距。

5. 如权利要求1所述的光学系统，其中满足以下条件表达式：

$$0.18 < f_2/f < 0.75,$$

其中 f_2 是第二透镜单元的焦距，并且 f 是光学系统的焦距。

6. 如权利要求1所述的光学系统，其中满足以下条件表达式：

$$-1.00 < f_n/f < -0.15,$$

其中 f_n 是负透镜的焦距，并且 f 是光学系统的焦距。

7. 如权利要求1所述的光学系统，其中满足以下条件表达式：

$$27.0 < v_n < 41.0,$$

其中 v_n 是负透镜相对于d线的阿贝数。

8. 如权利要求1所述的光学系统，其中满足以下条件表达式：

$$20.0 < f_{doe}/f < 40.0,$$

其中 f_{doe} 是衍射光学元件的衍射表面的焦距，并且 f 是光学系统的焦距。

9. 如权利要求1所述的光学系统，其中满足以下条件表达式：

$$0.10 < s_{kd}/f < 0.40,$$

其中 s_{kd} 是光学系统的后焦距，并且 f 是光学系统的焦距。

10. 如权利要求1至9中任一项所述的光学系统，其中第二透镜单元由一个正透镜组成。

11. 一种成像装置，其特征在于，包括：

光学系统，以及

成像设备，被配置为光电转换由光学系统形成的光学图像，

其中光学系统包括由以下透镜单元组成的一组透镜单元：从物侧到像侧依次布置的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，以及具有负折光力的第三透镜单元，

其中，在聚焦期间，第二透镜单元移动，并且每个在光轴上的相邻透镜单元之间的距离

改变,以及

其中第一透镜单元由从物侧到像侧依次布置的衍射光学元件和负透镜组成,负透镜具有弯月形状,其中凹表面面向物侧。

光学系统和包括光学系统的成像装置

技术领域

[0001] 本发明涉及适用于数字摄像机、数字静态相机、广播相机、卤化银胶片相机、监视相机和其它成像装置的光学系统。

背景技术

[0002] 已知使用衍射光学元件作为光学系统的一部分使得可以校正色差。

[0003] 美国专利申请公开No.2012/0229921讨论了使用衍射光学元件作为望远透镜的光学系统,其包括具有正焦度的第一透镜单元、在聚集中移动的第二透镜单元以及第三透镜单元。在美国专利申请公开No.2012/0229921中讨论的光学系统中,衍射光学元件部署在第一透镜单元中。在美国专利申请公开No.2012/0229921中讨论的光学系统是通过第二透镜单元执行聚焦的所谓内对焦(inner focus)类型。

发明内容

[0004] 在内对焦光学系统中,通过聚焦组的光束(light flux)的高度取决于聚焦组的位置而较大的改变。因此,容易改变内对焦光学系统的光学性能。另外,当在光学系统包括少量透镜以便减小光学系统的尺寸和重量的情况下增强第一透镜单元的正焦度时,变得难以充分校正在第一透镜单元中发生的像差。因而,变得难以实现优异的光学性能。

[0005] 美国专利申请公开No.2012/0229921中讨论的光学系统不足以在由物距造成的光学性能改变的减小与光学系统的小型化和重量减小之间实现良好的平衡。

[0006] 本发明针对小尺寸和重量轻的光学系统,该光学系统具有在聚焦时改变较小的优异光学性能,并针对包括光学系统的成像装置。

[0007] 根据本发明的一方面,一种光学系统包括从物侧到像侧依次布置的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,以及具有负折光力的第三透镜单元。在聚焦期间,第二透镜单元移动,使得光学系统的光轴上的相邻透镜单元之间的距离改变。第一透镜单元由从物侧到像侧依次配设的衍射光学元件和负透镜组成,负透镜具有弯月形状,其中凹表面面向物侧。

[0008] 参考附图,根据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

[0009] 图1是例示根据第一示例性实施例的光学系统的横截面视图。

[0010] 图2A和图2B是例示根据第一示例性实施例的光学系统的像差的图。

[0011] 图3是例示根据第二示例性实施例的光学系统的横截面视图。

[0012] 图4A和图4B是例示根据第二示例性实施例的光学系统的像差的图。

[0013] 图5是例示根据第三示例性实施例的光学系统的横截面视图。

[0014] 图6A和图6B是例示根据第三示例性实施例的光学系统的像差的图。

[0015] 图7是例示根据第四示例性实施例的光学系统的横截面视图。

- [0016] 图8A和图8B是例示根据第四示例性实施例的光学系统的像差的图。
- [0017] 图9是例示根据第五示例性实施例的光学系统的横截面视图。
- [0018] 图10A和图10B是例示根据第五示例性实施例的光学系统的像差的图。
- [0019] 图11是例示成像装置的示意图。

具体实施方式

[0020] 下面参考附图描述根据本发明的光学系统和包括光学系统的成像装置的示例性实施例。下面描述的本发明的每个实施例可以单独实现，或者在必要的的情况下或者在单个实施例中组合来自各个实施例的元件或特征是有益的情况下作为本发明的多个实施例或其特征的组合实现。

[0021] 根据每个示例性实施例的光学系统包括具有正焦度(即，光焦度)的第一透镜单元和第二透镜单元，以及具有负焦度的第三透镜单元。三个透镜单元从物侧到像侧依次布置。当执行聚焦时，移动第二透镜单元，并改变光轴上相邻透镜单元之间的距离。每个透镜单元可以包括一个或多个透镜。每个透镜单元可以包括孔径光阑。

[0022] 图1、图3、图5、图7和图9分别例示了根据第一示例性实施例至第五示例性实施例的、聚焦在无限远处物体上的光学系统的横截面视图。根据每个示例性实施例的光学系统用于诸如摄像机、数码相机、卤化银胶片相机和电视相机之类的成像装置中。

[0023] 在每个透镜横截面视图中，左侧与物侧对应，而右侧与像侧对应。根据每个示例性实施例的光学系统L0包括第一透镜单元L1、第二透镜单元L2和第三透镜单元L3。根据每个示例性实施例的光学系统L0中的第一透镜单元L1包括具有正焦度的衍射光学元件DOE和负透镜GN。衍射光学元件DOE和负透镜GN从物侧到像侧依次布置。负透镜GN具有弯月形状，其中负透镜GN的凹表面面向物侧。衍射光学元件DOE是包括衍射表面的光学元件。衍射光学元件DOE可以在单个透镜的透镜表面上或在胶合透镜的胶合表面上具有衍射表面。另外，衍射光学元件DOE可以是透镜单元，其中各自设有衍射表面的两个透镜有间隙地相邻部署，使得衍射表面彼此面对。

[0024] 进入衍射光学元件DOE的衍射表面的光通过光衍射效应会聚。

[0025] 另外，在每个透镜横截面视图中，光学系统L0包括孔径光阑SP和成像平面IP。在根据每个示例性实施例的光学系统L0中，孔径光阑SP在第三透镜单元L3的最远的物侧提供。在根据每个示例性实施例的光学系统L0用作摄像机或数码相机的成像光学系统的情况下，诸如电荷耦合器件(CCD)传感器和互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器之类的固态成像设备(即，光电转换设备)部署在成像平面IP上。在根据每个示例性实施例的光学系统L0用于卤化银胶片相机的成像光学系统的情况下，在成像平面IP上部署胶片。包括面板(face plate)、低通滤波器和红外截止滤光器的未示出的光学块可以部署在成像平面IP的物侧上。

[0026] 在每个透镜横截面视图中示出的箭头指示第二透镜单元L2在从无限远到短距离的聚焦中的移动方向。在根据每个示例性实施例的光学系统L0中，第二透镜单元L2在从无限远到短距离的聚焦中向物侧移动。

[0027] 图2A和图2B、图4A和图4B、图6A和图6B、图8A和图8B以及图10A和图10B分别是例示根据第一示例性实施例至第五示例性实施例的光学系统L0的像差的图。图2A、图4A、图6A、

图8A和图10B是例示当聚焦在无限远处的物体上时发生的像差的图。图2B、图4B、图6B、图8B和图10B是例示当聚焦在有限距离处的物体上时发生的像差的图(图2B中为6m,图4B中为5m,图6B中为7m,图8B中为6m,图10B中为5m)。在每个像差图中的球面像差图中,Fno表示F数并指示相对于d线(即,波长为587.6nm)和g线(即,波长为435.8nm)的球面像差量。在每个像差图中的像散图中, ΔS 表示弧矢成像平面上的像散量, ΔM 表示子午成像平面上的像散量。每个像差图中的畸变像差(%)图例示了相对于d线的畸变像差量。每个像差图中的色差图例示了相对于g线的色差量。在上述图中, ω 表示成像半场角($^{\circ}$)。

[0028] 接下来,描述根据每个示例性实施例的光学系统L0中的特征配置。

[0029] 根据每个示例性实施例的光学系统L0采用望远型焦度布置,其由包括具有正复合焦度的第一透镜单元L1和第二透镜单元L2的前组以及包括具有负焦度的第三透镜L3单元的后组构成。以这种方式,光学系统L0减小了透镜的总长度。

[0030] 在根据每个示例性实施例的光学系统L0中,前组的焦度由第一透镜单元L1和第二透镜单元L2共享。共享减弱了第一透镜单元L1的正焦度,其旁轴边缘光线的高度高,并且具有球面像差、彗形像差、轴上色差和其它像差大幅发生的趋势,并且因此,特别能够校正高阶像差。共享还可以降低由偏心(decentration)引起的光学性能的可变性,因此可以降低制造难度。

[0031] 此外,当在由第二透镜单元L2执行聚焦的情况下移动第二透镜单元L2时,可以改变通过第二透镜单元L2的光束的高度,因为由第一透镜单元L1会聚的光束进入第二透镜单元L2。因而,取决于物距,光学性能可能会较大改变。

[0032] 相反,如上所述,在根据每个示例性实施例的光学系统L0中,第一透镜单元L1的正焦度会被相对减弱。因此,从第一透镜单元L1发射的光束(即,轴上光束)的角度变得相对平缓。此外,在根据每个示例性实施例的光学系统L0中,第一透镜单元L1包括具有正焦度的衍射光学元件DOE和具有弯月形状的负透镜GN,弯月形状中凹表面指向物侧。将具有负焦度的透镜(即,负透镜GN)部署在第一透镜单元L1中最远的像侧使得可以使从第一透镜单元L1发射的光束的角度更平缓。因此,当第二透镜单元L2在聚焦中移动时,进入第二透镜单元L2的光束的高度的变化减小。因此,可以实现高光学性能。

[0033] 在第二透镜单元L2具有正焦度的情况下,第二透镜单元L2不能校正在第一透镜单元L1中发生的轴上色差和倍率色差。因而,在根据每个示例性实施例的光学系统L0中,衍射光学元件DOE部署在最远的物侧的位置处,在该位置旁轴边缘光线的高度和旁轴主光线的高度在光学系统中变为最高。由于衍射光学元件DOE的衍射表面具有负色散,因此向衍射表面提供正焦度使得可以校正在第一透镜单元L1中发生的轴上色差和倍率色差。另外,向衍射表面提供正焦度使得可以减小第一透镜单元L1中的正透镜的焦度,并且减小在第一透镜单元L1中发生的球面像差和彗形像差。

[0034] 衍射光学元件DOE能够通过改变衍射光栅的周期来实现非球面效应。因而,能够在减少第一透镜单元L1中的正透镜的数量的同时实现高光学性能。因此,光学系统L0的轻重量和高性能都能够实现。

[0035] 但是,在衍射光学元件DOE的衍射表面上的非球面效应增加以主要通过衍射表面校正在第一透镜单元L1中的正透镜中发生的球面像差的情况下,颜色球面像差(chromatic spherical aberration)发生,并且变得难以实现优异的光学性能。这是因为衍射光学元件

DOE的衍射表面上的色散的绝对值大(在通过相对于d线的阿贝数转换的情况下,vd=-3.453)。

[0036] 因而,部署在衍射光学元件DOE的像侧的负透镜GN形成为其中凹表面指向物侧的弯月形状,并且在第一透镜单元L1中的正透镜中发生的球面像差由衍射光学元件DOE的衍射表面和负透镜GN校正,因此实现了优异的光学性能。由于第一透镜单元L1中的焦度布置形成望远配置,因此能够减小透镜的总长度。

[0037] 如果负透镜GN形成为其中凹表面指向像侧的弯月形状,那么球面像差校正效果变小,因此变得难以充分地减小颜色球面像差。另外,如果负透镜GN形成为双凹形状,那么需要增加第一透镜单元L1中的正透镜的焦度,因此实现优异的光学性能变得困难。

[0038] 利用上述配置,根据每个示例性实施例的光学系统L0能够具有小尺寸、轻重量,以及在聚焦时变化很小的优异的光学性能。

[0039] 接下来,描述根据每个示例性实施例的光学系统L0要满足的优选配置。

[0040] 根据每个示例性实施例的光学系统L0优选地满足以下条件表达式(1):

$$-0.55 < f_3/f < -0.06, \quad (1)$$

[0042] 其中f是光学系统L0的焦距,并且f3是第三透镜单元L3的焦距。

[0043] 条件表达式(1)涉及第三透镜单元L3的焦度,并且指定在减小光学系统L0尺寸的同时实现优异光学性能的条件。

[0044] 如果第三透镜单元L3的负焦度增加(即,焦度的绝对值增加)超过条件表达式(1)的上限,那么非对称望远焦度布置的趋势显著增强,并且诸如像场弯曲(field curvature)和畸变像差之类的离轴像差增加,这不是优选的。

[0045] 如果第三透镜单元L3的负焦度减小(即,焦度的绝对值减小)超过条件表达式(1)的下限,那么望远焦度布置的趋势减弱,这使得难以充分减小光学系统L0的尺寸。

[0046] 条件表达式(1)的范围优选地被设置为以下条件表达式(1a)的范围,并且更优选地被设置为以下条件表达式(1b)的范围:

$$-0.52 < f_3/f < -0.08, \quad (1a)$$

$$-0.48 < f_3/f < -0.10. \quad (1b)$$

[0049] 另外,根据每个示例性实施例的光学系统L0优选地满足以下条件表达式(2):

$$0.50 < f_1/f < 1.00, \quad (2)$$

[0051] 其中f1是第一透镜单元L1的焦距。

[0052] 条件表达式(2)涉及第一透镜单元L1的焦度,并且指定在减小光学系统L0尺寸的同时实现高光学性能的条件。

[0053] 如果第一透镜单元L1的焦度变得小到超过条件表达式(2)的上限,那么望远焦度布置的趋势减弱,这使得难以充分地减小光学系统L0的尺寸。

[0054] 如果第一透镜单元L1的焦度变得大到超过条件表达式(2)的下限,那么在第一透镜单元L1中发生的球面像差、彗形像差、轴上色差和倍率色差过度增加。因此,变得难以通过第二透镜单元L2和第三透镜单元L3校正像差,并且难以实现优异的光学性能。另外,由于第一透镜单元L1的入射光束的强烈会聚,当第二透镜单元L2在聚焦中移动时,变得难以校正光学性能的改变。

[0055] 条件表达式(2)的范围优选地被设置为以下条件表达式(2a)的范围,并且更优选

地被设置为以下条件表达式(2b)的范围:

[0056] $0.55 < f_1/f < 0.98$, (2a)

[0057] $0.58 < f_1/f < 0.95$. (2b)

[0058] 另外,根据每个示例性实施例的光学系统L0优选地满足以下条件表达式(3):

[0059] $0.40 < L/f < 0.70$, (3)

[0060] 其中L是光学系统L0的总长度。

[0061] 条件表达式(3)涉及光学系统L0的望远比。

[0062] 如果光学系统L0的总长度变得与整个系统的焦距相比长到超过条件表达式(3)的上限,那么变得难以减小光学系统L0的尺寸。

[0063] 如果光学系统L0的总长度变得太短以至于超过条件表达式(3)的下限,那么在第一透镜单元L1中的正透镜中发生的球面像差、彗形像差、轴上色差和倍率色差变得过大。为了令人满意地校正像差,需要增加第一透镜单元L1中的透镜数量,这使得难以在减小光学系统尺寸和使其轻重量的同时实现足够高的光学性能。

[0064] 条件表达式(3)的范围优选地被设置为以下条件表达式(3a)的范围,并且更优选地被设置为以下条件表达式(3b)的范围:

[0065] $0.44 < L/f < 0.68$, (3a)

[0066] $0.48 < L/f < 0.65$. (3b)

[0067] 另外,根据每个示例性实施例的光学系统L0优选地满足以下条件表达式(4):

[0068] $0.18 < f_2/f < 0.75$, (4)

[0069] 其中f2是第二透镜单元L2的焦距。

[0070] 条件表达式(4)涉及第二透镜单元L2的焦度,并且指定在减小光学系统L0尺寸的同时减小聚焦中光学性能的改变的条件。

[0071] 如果第二透镜单元L2的焦度变得小到超过条件表达式(4)的上限,那么第二透镜单元在聚焦中的移动长度变得过大,因此光学系统L0尺寸增加,这不是优选的。

[0072] 如果第二透镜单元L2的焦度变得大到超过条件表达式(4)的下限,那么第二透镜单元L2中发生的像差增加。因此,即使当到第二透镜单元L2的光束的入射角变得平缓时,聚焦时光学性能的改变也变大,这使得难以实现优异的光学性能。

[0073] 条件表达式(4)的范围优选地被设置为以下条件表达式(4a)的范围,并且更优选地被设置为以下条件表达式(4b)的范围:

[0074] $0.20 < f_2/f < 0.70$, (4a)

[0075] $0.25 < f_2/f < 0.65$. (4b)

[0076] 另外,根据每个示例性实施例的光学系统L0优选地满足以下条件表达式(5):

[0077] $-1.00 < f_n/f < -0.15$, (5)

[0078] 其中fn是第一透镜单元L1的负透镜GN的焦距。

[0079] 条件表达式(5)指定在减小聚焦中的像差波动的同时进一步减小光学系统L0尺寸的条件。

[0080] 如果负透镜GN的负焦度变得大到(即,焦度的绝对值变大)以至于超过条件表达式(5)的上限,那么高阶球面像差和高阶彗形像差在负透镜GN中发生,这使得难以实现高光学性能。

[0081] 如果负透镜GN的负焦度变得小到(即, 焦度的绝对值变小)以至于超过条件表达式(5)的下限, 那么变得难以减小聚集中光学性能的改变。另外, 由于由第一透镜单元L1中的望远布置引起的总长度减小的效果减小, 因此变得难以减小透镜的总长度。

[0082] 条件表达式(5)的范围优选地被设置为以下条件表达式(5a)的范围, 并且更优选地被设置为以下条件表达式(5b)的范围:

[0083] $-0.95 < f_n/f < -0.18$, (5a)

[0084] $-0.92 < f_n/f < -0.20$. (5b)

[0085] 另外, 根据每个示例性实施例的光学系统L0优选地满足以下条件表达式(6):

[0086] $27.0 < v_n < 41.0$, (6)

[0087] 其中 v_n 是负透镜GN的相对于d线的阿贝数。

[0088] 条件表达式(6)涉及在负透镜GN中发生的色差。在根据每个示例性实施例的光学系统L0中, 第一透镜单元L1仅包括衍射光学元件DOE和负透镜GN。此外, 第二透镜单元L2具有正焦度。在这样的配置中, 与第二透镜单元具有负焦度的配置相比, 前组中的负焦度分量小。因而, 衍射光学元件DOE和负透镜GN需要具有适当的色差, 以便校正在前组中的第一透镜单元L1中发生的轴上色差和倍率色差。

[0089] 如果负透镜GN的阿贝数变得大到超过条件表达式(6)的上限, 那么向衍射光学元件DOE分派的色差校正增加, 因此高阶颜色球面像差容易发生。因此, 变得难以实现高光学性能。

[0090] 如果负透镜GN的阿贝数变得小到超过条件表达式(6)的下限, 那么在负透镜GN中发生的高阶色差增加并且变得难以抑制聚集中光学性能的改变, 这不是优选的。

[0091] 条件表达式(6)的范围优选地被设置为以下条件表达式(6a)的范围, 并且更优选地被设置为以下条件表达式(6b)的范围:

[0092] $27.5 < v_n < 38.0$, (6a)

[0093] $28.0 < v_n < 35.0$. (6b)

[0094] 另外, 根据每个示例性实施例的光学系统L0优选地满足以下条件表达式(7):

[0095] $20.0 < f_{doe}/f < 40.0$, (7)

[0096] 其中 f_{doe} 是衍射光学元件DOE的衍射表面根据衍射效应的焦距。

[0097] 条件表达式(7)涉及衍射光学元件DOE根据衍射的焦度, 并指定实现优异光学性能的条件。

[0098] 描述了衍射光学元件DOE的衍射表面根据衍射效应的焦距 f_{doe} 。通过以下表达式(A)提供在距光轴高度为H的位置处的衍射表面的相位 $\Phi(H)$:

[0099] $\Phi(H) = (2\pi \times m/\lambda_0) \times (C_2 \times H^2 + C_4 \times H^4 + \dots + C_{2n} \times H^{2n})$, (A)

其中 m 是衍射级, λ_0 是参考波长, 并且 C_{2n} 是相位系数(n 是一或更大的整数)。

[0100] 另外, 衍射表面上的参考波长 λ_0 处的旁轴一阶衍射光($m=1$)的光焦度 φ_D 由 $\varphi_D = -2C_2$ 表达。因此, 仅通过衍射光学元件DOE的衍射光学单元的衍射分量的焦距 f_{doe} 由以下表达式(B)提供:

[0101] $f_{doe} = 1/\varphi_D = -1/(2 \times C_2)$. (B)

[0102] 如果衍射表面的焦度变得小到超过条件表达式(7)的上限, 那么变得难以校正轴

上色差和倍率色差。

[0103] 如果衍射表面的焦度变得大到超过条件表达式(7)的下限,那么轴上色差和倍率色差被过度校正,这不是优选的。另外,在衍射表面上提供用于校正球面像差的非球面效应的情况下,颜色球面像差过度发生,这不是优选的。

[0104] 条件表达式(7)的范围优选地被设置为以下条件表达式(7a)的范围,并且更优选地被设置为以下条件表达式(7b)的范围:

[0105] $22.0 < f_{doe}/f < 36.0$, (7a)

[0106] $25.0 < f_{doe}/f < 33.0$. (7b)

[0107] 另外,根据每个示例性实施例的光学系统L0优选地满足以下条件表达式(8):

[0108] $0.10 < skd/f < 0.40$, (8)

[0109] 其中skd是光学系统L0的后焦距。

[0110] 条件表达式(8)涉及光学系统L0的后焦距。如果具有正焦度的前组(即,第一透镜单元L1和第二透镜单元L2)和具有负焦度的后组(即,第三透镜单元L3)相邻地布置,那么前组和后组的焦度增加,因此透镜的总长度能够通过像侧主点位置向物侧的移动减小。

[0111] 如果skd/f的值变得大到超过条件表达式(8)的下限,那么前组(即,第一透镜单元L1和第二透镜单元L2)与后组(即,第三透镜单元)之间的距离增加,并且每个透镜单元的焦度也减小。因此,难以减小透镜的总长度。

[0112] 如果skd/f的值变得小到超过条件表达式(8)的上限,那么每个组的焦度变得过高,因此难以实现高光学性能。

[0113] 条件表达式(8)的范围优选地被设置为以下条件表达式(8a)的范围,并且更优选地被设置为以下条件表达式(8b)的范围:

[0114] $0.12 < skd/f < 0.35$, (8a)

[0115] $0.14 < skd/f < 0.30$. (8b)

[0116] 接下来,描述根据每个示例性实施例的光学系统L0中的详细配置。

[0117] 描述根据每个示例性实施例的衍射光学元件DOE的配置。在第一示例性实施例、第二示例性实施例、第三示例性实施例和第五示例性实施例中,衍射光学元件DOE包括双凸透镜和负透镜。负透镜胶合在双凸透镜的像侧,并且具有弯月形状,其中弯月形状的凹表面指向物侧。衍射光学元件DOE的衍射表面在其胶合表面上提供。在第四示例性实施例中,衍射光学元件DOE包括在像侧具有衍射表面的双凸透镜。

[0118] 描述第二透镜单元L2。在每个示例性实施例中,第二透镜单元L2仅包括一个正透镜。由于第二透镜单元L2仅包括一个正透镜,因此第二透镜单元L2的重量减小。因此,能够高速执行聚焦。

[0119] 描述第三透镜单元L3。在根据每个示例性实施例的光学系统L0中,可以通过垂直于光轴移动第三透镜单元L3中包括的透镜的一部分来实现图像稳定。在每个示例性实施例中,通过垂直于光轴移动第三透镜单元L3中包括的胶合透镜来执行图像稳定。胶合透镜包括双凹透镜和具有弯月形状的正透镜,其中凸表面指向像侧。

[0120] 下面描述分别与第一示例性实施例至第五示例性实施例对应的第一数值示例至第五数值示例。

[0121] 在每个数值示例的表面数据中,r表示每个光学表面的曲率半径,并且以毫米(mm)

为单位的d表示第m个表面与第(m+1)个表面之间的轴上间距(即,光轴上的距离),其中m是从光入射侧计数的表面编号。另外,nd表示每个光学构件相对于d线的折射率,并且vd表示每个光学构件的阿贝数。

[0122] 在每个数值示例中,轴上间距d、以毫米(mm)为单位的焦距、F数和以度($^{\circ}$)为单位的半场角都是当根据每个示例性实施例的光学系统聚焦在无限远处的物体上时的值。后焦距BF是从最后的透镜表面到成像平面的距离。透镜的总长度(即,光学系统L0的总长度L)是通过将后焦距与从第一透镜表面到最后的透镜表面的距离相加而获得的值。

[0123] 在根据每个数值示例的表面数据中,用作衍射表面的光学表面在表面编号之后添加(衍射)。

[0124] [第一数值示例]

[0125] 单位mm

[0126] 表面数据

[0127]

表面编号	r	d	nd	vd	有效孔径
1	78.602	15.51	1.48749	70.2	71.34
2(衍射)	-209.211	3.50	1.83481	42.7	70.04
3	-738.700	83.55			68.93
4	-59.111	2.00	1.90366	31.3	32.54
5	-125.999	(可变)			32.74
6	91.988	3.13	1.54072	47.2	30.00
7	-1133.476	(可变)			29.66
8(光圈)	无限远	5.53			19.19
9	-100.065	1.00	1.90043	37.4	17.53
10	39.579	3.92	1.51742	52.4	17.34
11	-39.790	10.22			17.35
12	-66.970	2.16	2.00100	29.1	17.75
13	-26.838	1.32	1.77250	49.6	17.97
14	53.830	4.67			18.37
15	62.566	2.77	1.59270	35.3	20.69
16	-142.343	123.14			20.94

[0128] 成像平面无限远

[0129] 衍射表面数据

[0130] 第二表面(衍射表面)

[0131] $C_2 = -3.29884e-005, C_4 = 4.36686e-009, C_6 = -7.88819e-013, C_8 = -7.31492e-016, C_{10} = 3.22851e-019$

[0132] 各种数据

[0133]	焦距	585.00				
	F 数	8.20				
	半场角 (°)	2.12				
	像高	21.64				
	透镜总长度	319.25				
	BF	123.14				
		聚焦到无限远处的物体	聚焦到距离为 6m 处的物体			
	d5	35.74				
	d7	21.10				
	入射光瞳的位置	673.19				
	出射光瞳的位置	-29.25				
	前主点位置	-987.42				
	后主点位置	-461.86				

[0134] 透镜单元数据

透镜单元	起始表面	焦距	透镜结构长度	前主点位置	后主点位置
L1	1	464.67	104.56	-355.11	-257.25
L2	6	157.49	3.13	0.15	-1.88
L3	8	-92.36	31.58	1.89	-27.40

[0136] [第二数值示例]

[0137] 单位mm

[0138] 表面数据

表面编号	r	d	nd	vd	有效孔径
1	70.844	9.01	1.48749	70.2	47.56
2(衍射)	-303.177	3.00	1.80610	33.3	46.64
3	-738.700	47.54			46.06
4	-65.330	2.00	1.90366	31.3	29.87
5	-83.586	(可变)			29.98
6	65.692	2.44	1.51633	64.1	24.99
7	135.525	(可变)			24.48
8(光圈)	无限远	5.53			17.07
9	-344.288	1.00	1.95375	32.3	15.19
10	31.093	3.35	1.51742	52.4	14.88

11	-62.419	11.45			14.92
12	-58.776	2.19	2.00100	29.1	16.58
13	-23.279	1.32	1.77250	49.6	16.83
14	45.467	4.23			17.37
15	53.077	2.81	1.64769	33.8	19.96
16	-153.513	101.37			20.25

[0141] 成像平面无限远

[0142] 衍射表面数据

[0143] 第二表面(衍射表面)

[0144] C2=-4.67285e-005,C4=1.06360e-008,C6=-2.54280e-012,C8=-1.35285e-014,C10=1.20444e-017

[0145] 各种数据

焦距	390.00	
F 数	8.20	
半场角 (°)	3.18	
像高	21.64	
透镜总长度	239.25	
BF	101.37	
[0146]	聚焦到无限远处的物体	聚焦到距离为 5m 处的物体
d5	26.47	18.35
d7	15.55	23.67
入射光瞳的位置	282.61	
出射光瞳的位置	-29.47	
前主点位置	-489.88	
后主点位置	-288.63	

[0147] 透镜单元数据

透镜单元	起始表面	焦距	透镜结构长度	前主点位置	后主点位置
L1	1	193.96	61.55	-27.92	-74.23
L2	6	244.01	2.44	-1.50	-3.09
L3	8	-70.85	31.86	4.14	-25.56

[0149] [第三数值示例]

[0150] 单位mm

[0151] 表面数据

表面编号	r	d	nd	vd	有效孔径
1	113.931	13.16	1.48749	70.2	70.91
2(衍射)	-176.722	3.50	1.80400	46.6	70.06

[0153]	3	-331.361	96.70			69.53
	4	-87.176	2.00	1.95375	32.3	35.42
	5	-192.131	(可变)			35.52
	6	158.595	2.81	1.51633	64.1	29.71
	7	-347.032	(可变)			29.46
	8(光圈)	无限远	5.53			19.29
	9	-76.700	1.00	1.88300	40.8	18.02
	10	44.414	4.13	1.51742	52.4	17.96
	11	-33.981	34.47			18.11
	12	-73.377	2.12	2.00069	25.5	18.67
	13	-29.742	1.32	1.77250	49.6	18.85
	14	56.213	2.00			19.18
	15	59.880	2.57	1.58144	40.8	20.07
	16	-238.984	127.73			20.29

[0154] 成像平面无限远

[0155] 衍射表面数据

[0156] 第二表面(衍射表面)

[0157] C2=-2.22456e-005,C4=1.67106e-009,C6=6.28781e-013,C8=-1.09699e-015,C10=3.78650e-019

[0158] 各种数据

[0159]	焦距	780.00				
	F 数	11.00				
	半场角 (°)	1.59				
	像高	21.64				
	透镜总长度	389.25				
	BF	127.73				
		聚焦到无限远处的物体	聚焦到距离为 7m 处的物体			
	d5	75.53	59.45			
	d7	14.68	30.77			
	入射光瞳的位置	892.94				
	出射光瞳的位置	-41.29				
	前主点位置	-1926.54				
	后主点位置	-652.27				

[0160] 透镜单元数据

[0161]	透镜单元	起始表面	焦距	透镜结构长度	前主点位置	后主点位置
	L1	1	488.71	115.36	-300.36	-253.34
	L2	6	211.21	2.81	0.58	-1.27
[0162]	L3	8	-84.82	53.14	20.32	-24.90

[0163] [第四数值示例]

[0164] 单位mm

[0165] 表面数据

[0166]

表面编号	r	d	nd	vd	有效孔径
1	82.611	10.67	1.48749	70.2	55.03
2(衍射)	-382.988	49.69			53.93
3	-80.743	2.00	1.80610	33.3	34.06
4	-492.100	(可变)			33.98
5	211.302	2.51	1.51742	52.4	32.02
6	-1159.477	(可变)			31.81
7(光圈)	无限远	5.53			19.14
8	-4485.184	1.00	1.90043	37.4	18.09
9	43.868	3.53	1.51742	52.4	17.90
10	-65.315	31.59			17.86
11	-78.086	2.04	2.00100	29.1	18.62
12	-32.066	1.32	1.77250	49.6	18.79
13	62.309	2.97			19.11
14	-65.732	2.51	1.59270	35.3	20.37
15	-257.055	134.40			20.57

[0167] 成像平面无限远

[0168] 衍射表面数据

[0169] 第二表面(衍射表面)

[0170] $C_2 = -2.71139e-005, C_4 = -5.97321e-009, C_6 = 1.52580e-011, C_8 = -2.83014e-014, C_{10} = 1.67271e-017$

[0171] 各种数据

[0172]

焦距	585.00	
F 数	10.99	
半场角 (°)	2.12	
像高	21.64	
透镜总长度	334.87	
BF	134.40	
	聚焦到无限远处的物体	聚焦到距离为 6m 处的物体
d4	46.96	26.32
d6	38.13	58.77
入射光瞳的位置	477.43	
出射光瞳的位置	-41.60	

[0173]

前主点位置	-881.96
后主点位置	-450.59

[0174] 透镜单元数据

透镜 单元	起始表面	焦距	透镜结构长 度	前主点位置	后主点位置
[0175]	L1	1	464.67	62.37	-212.97
	L2	5	345.64	2.51	0.26
	L3	7	-139.92	50.49	25.77

[0176] [第五数值示例]

[0177] 单位mm

[0178] 表面数据

表面编号	r	d	nd	vd	有效孔径
1	65.475	10.66	1.48749	70.2	47.56
2(衍射)	-105.351	2.50	1.67790	55.3	46.66
3	-269.692	50.88			45.96
4	-62.366	1.40	1.72825	28.5	25.46
5	-535.670	(可变)			25.35
6	127.047	1.62	1.51742	52.4	24.14
7	12888.359	(可变)			24.00
8(光圈)	无限远	3.69			18.95
9	-163.699	1.10	1.69680	55.5	18.21
10	36.526	3.26	1.51742	52.4	18.00
11	-59.263	25.51			17.96
12	-345.769	2.54	1.80610	33.3	19.32
13	-35.434	1.10	1.77250	49.6	19.43
14	62.052	13.52			19.66
15	77.810	2.12	1.57501	41.5	24.95
16	1643.939	92.99			25.08

[0180] 成像平面无限远

[0181] 衍射表面数据

[0182] 第二表面(衍射表面)

[0183] C2=-4.19396e-005,C4=3.13194e-009,C6=2.06084e-011,C8=-6.06674e-014,C10=4.52640e-017

[0184] 各种数据

[0185]	焦距	390.00		
	F 数	8.20		
	半场角 (°)	3.18		
	像高	21.64		
	透镜总长度	250.00		
	BF	92.99		
		聚焦到无限远处的物体	聚焦到距离为 5m 处的物体	
	d5	27.12		11.75
	d7	10.01		25.37
	入射光瞳的位置	296.21		
	出射光瞳的位置	-51.13		
	前主点位置	-369.19		
	后主点位置	-297.01		

[0186] 透镜单元数据

透镜单元	起始表面	焦距	透镜结构长度	前主点位置	后主点位置
L1	1	359.56	65.44	-215.08	-172.39
L2	6	247.97	1.62	-0.01	-1.08
L3	8	-169.97	52.84	11.45	-40.40

[0188] 表1总结了数值示例中的各种值。

[0189] [表1]

	第一数值示例	第二数值示例	第三数值示例	第四数值示例	第五数值示例
条件表达式 (1)	-0.16	-0.18	-0.11	-0.24	-0.44
条件表达式 (2)	0.79	0.61	0.63	0.79	0.92
条件表达式 (3)	0.55	0.61	0.50	0.57	0.64
条件表达式 (4)	0.27	0.63	0.27	0.59	0.64
条件表达式 (5)	-0.21	-0.90	-0.22	-0.21	-0.25
条件表达式 (6)	31.30	31.30	32.30	33.30	28.50
条件表达式 (7)	25.90	27.40	28.80	31.50	30.60
条件表达式 (8)	0.21	0.26	0.16	0.23	0.24

[0191] [成像装置]

[0192] 接下来,参考图11描述使用根据任何示例性实施例的光学系统作为成像光学系统的数字静态相机(即,成像装置)的示例性实施例。在图11中,例示了相机主体10和包括在第一示例性实施例至第五示例性实施例中的任何一个中描述的光学系统的成像光学系统11。作为CCD传感器、CMOS传感器等的固态成像设备(即,光电转换设备)12结合在相机主体10中。固态成像设备12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10可以是包括即时返回镜的所谓单透镜反射(reflex)相机,或者不包括即时返回镜的所谓无反射镜(mirrorless)相机。

[0193] 如上所述,根据任何示例性实施例的光学系统应用于诸如数字静态相机的成像设备,这使得可以实现在聚焦时优异的光学性能改变不多的小尺寸和轻重量成像装置。

[0194] 虽然上面已经描述了本发明的示例性实施例和数值示例,但是本发明不限于示例性实施例和数值示例,并且可以在本发明的范围内进行各种组合、修改和更换。

[0195] 虽然已经参考示例性实施例描述了本发明,但是应该理解的是,本发明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广泛的解释,以涵盖所有这些修改以及等同的结构和功能。

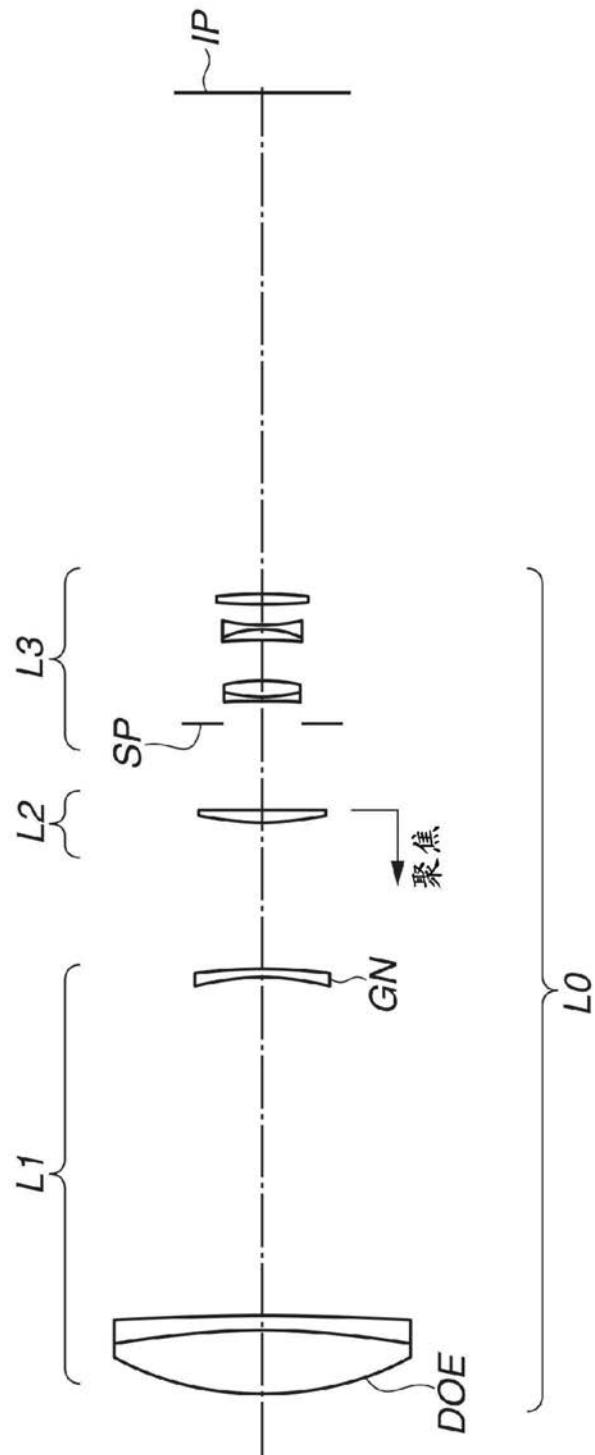


图1

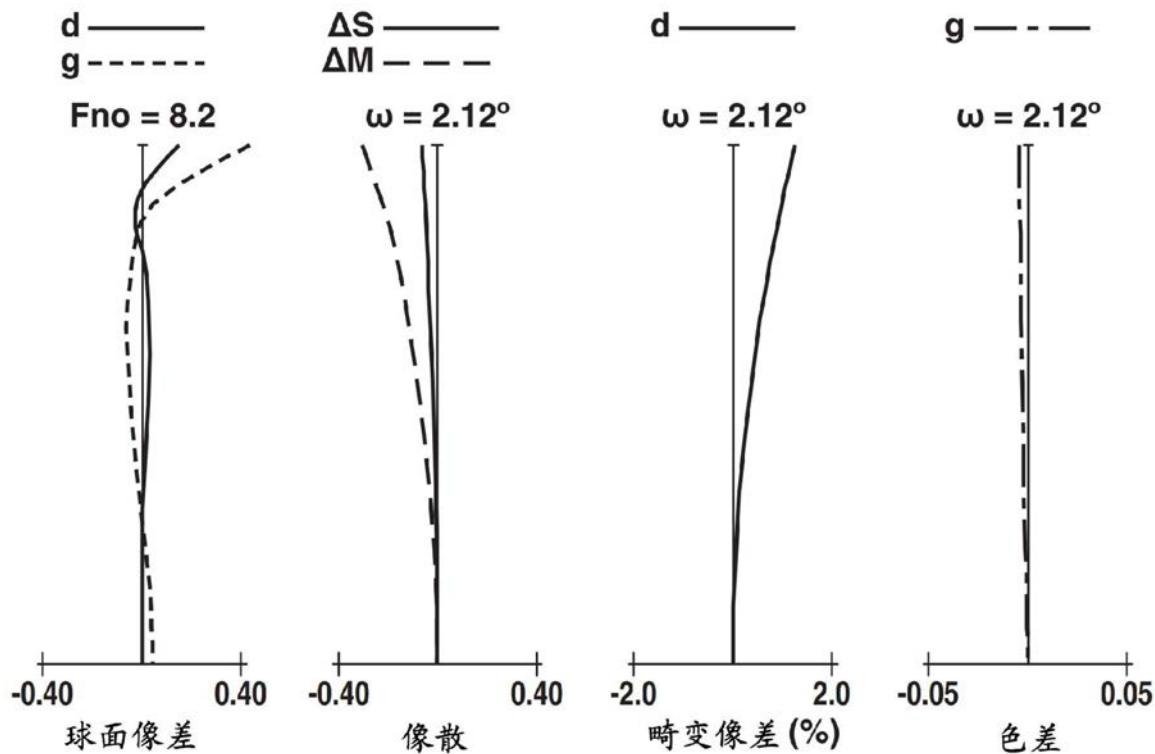


图2A

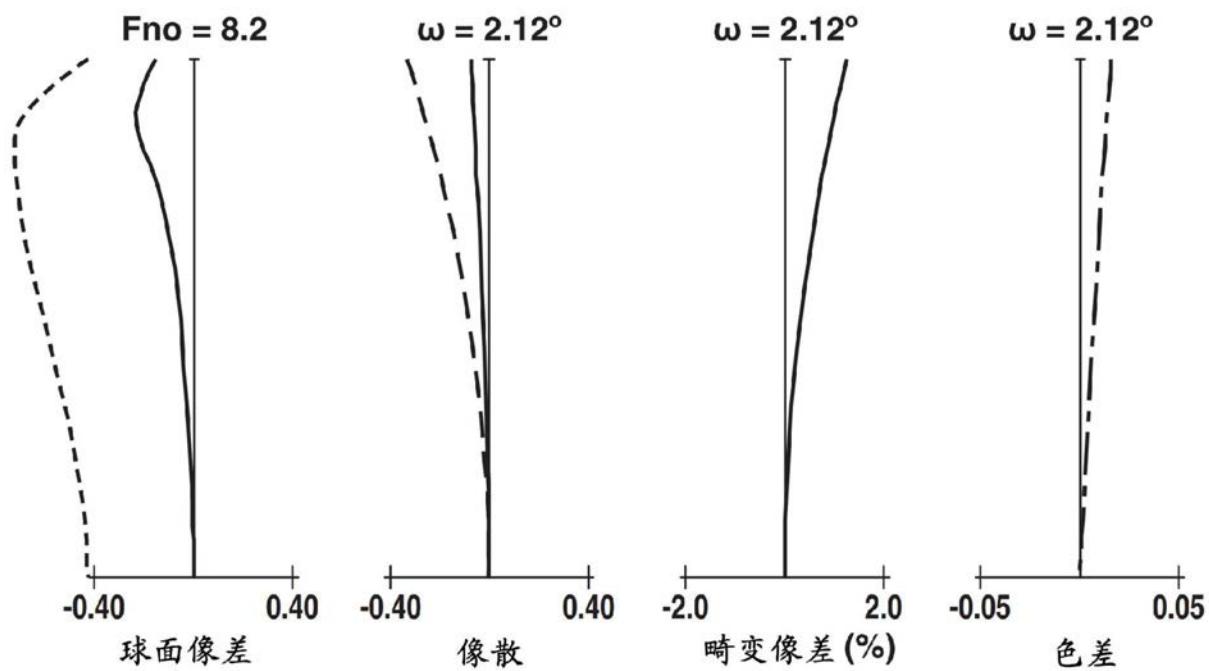


图2B

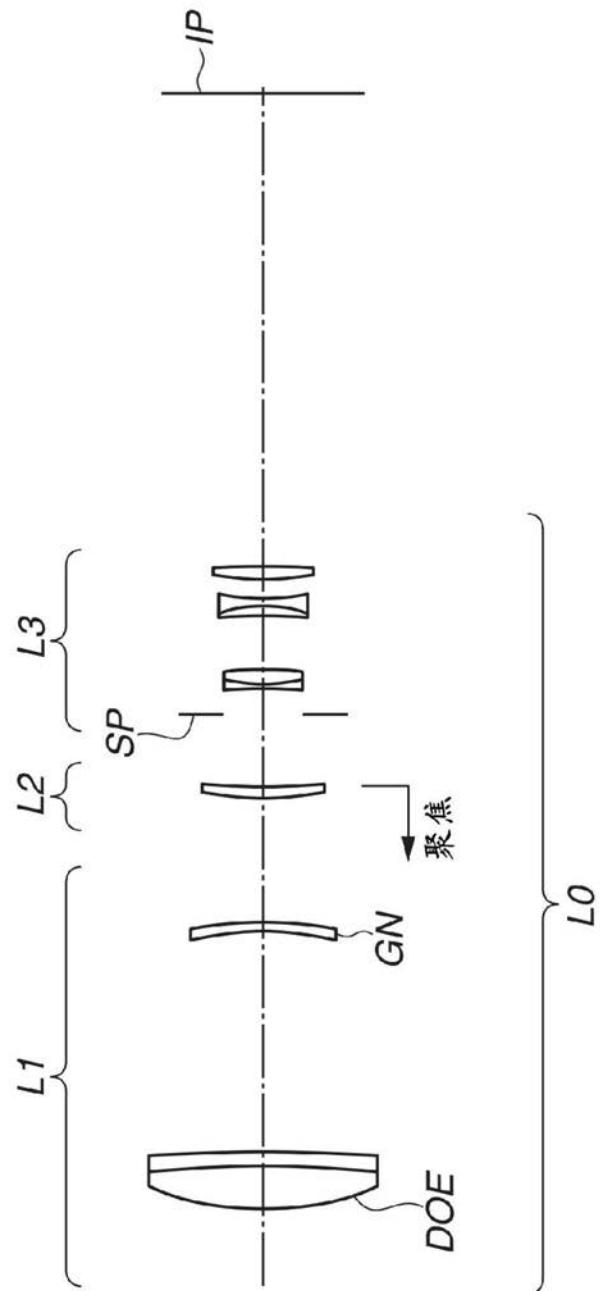


图3

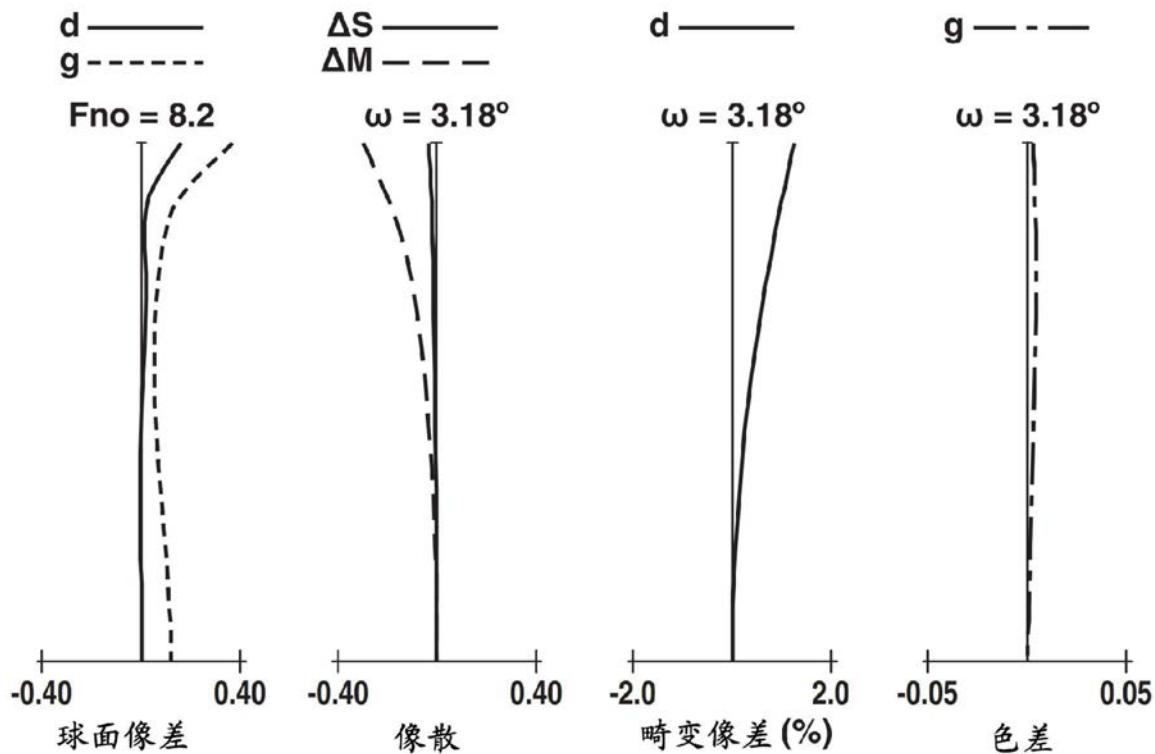


图4A

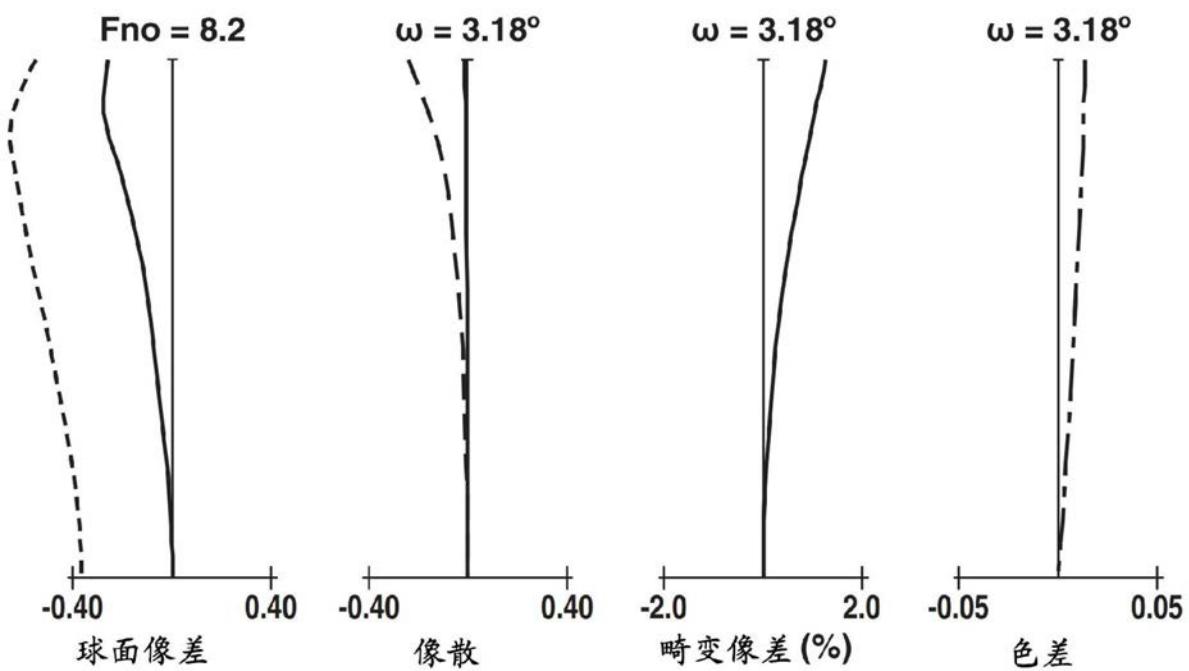


图4B

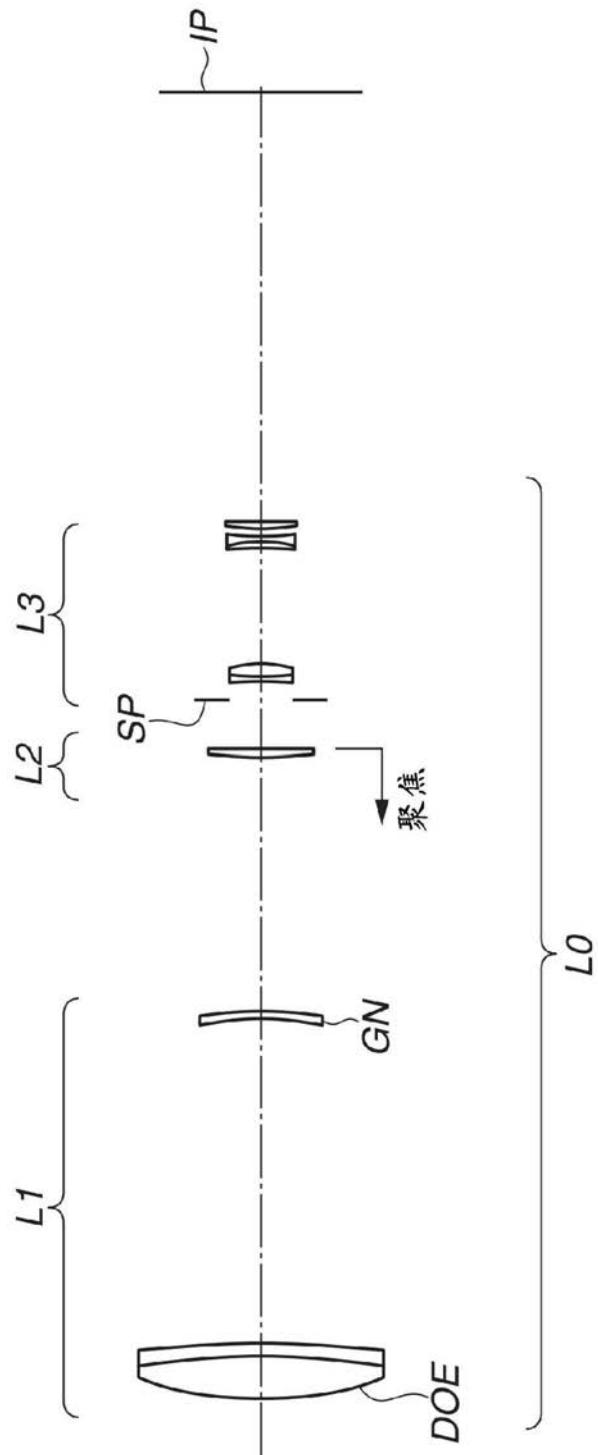


图5

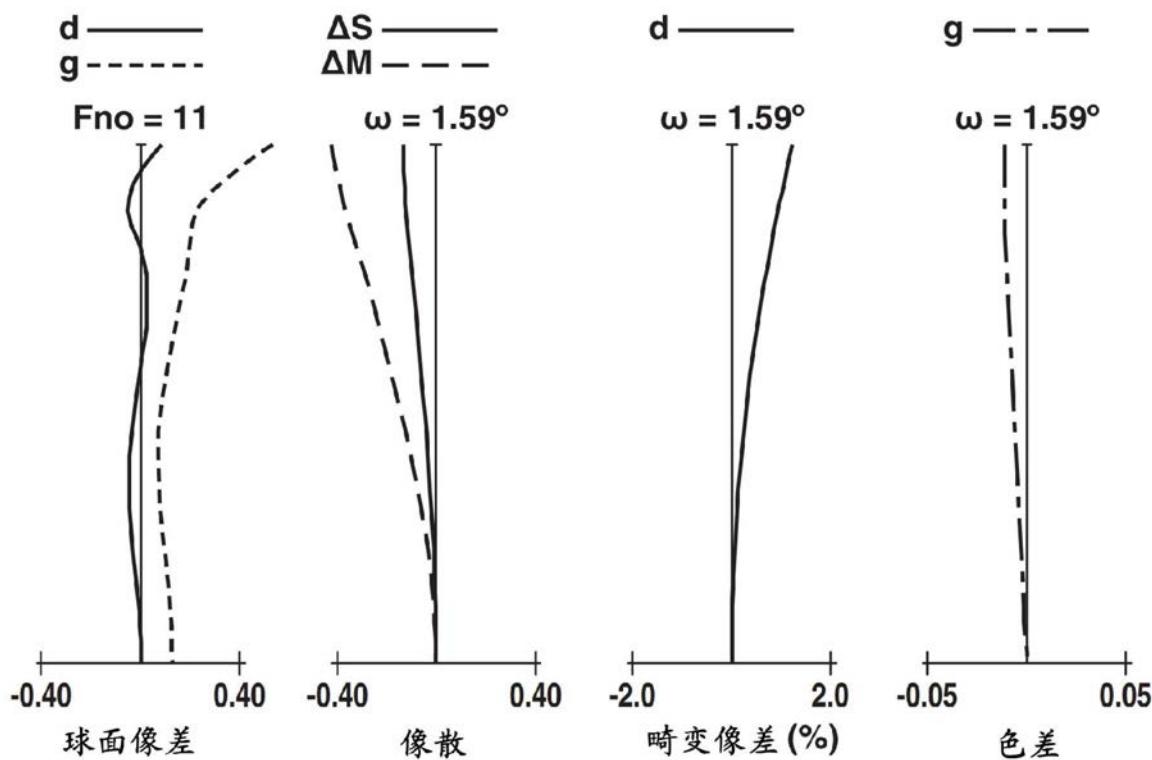


图6A

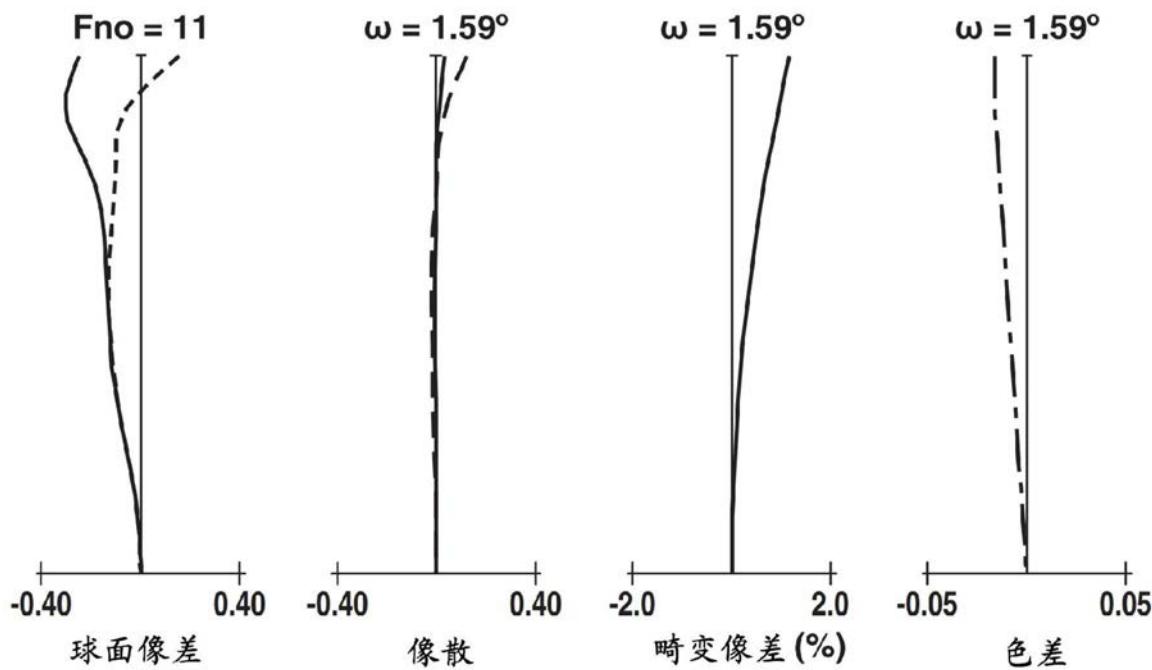


图6B

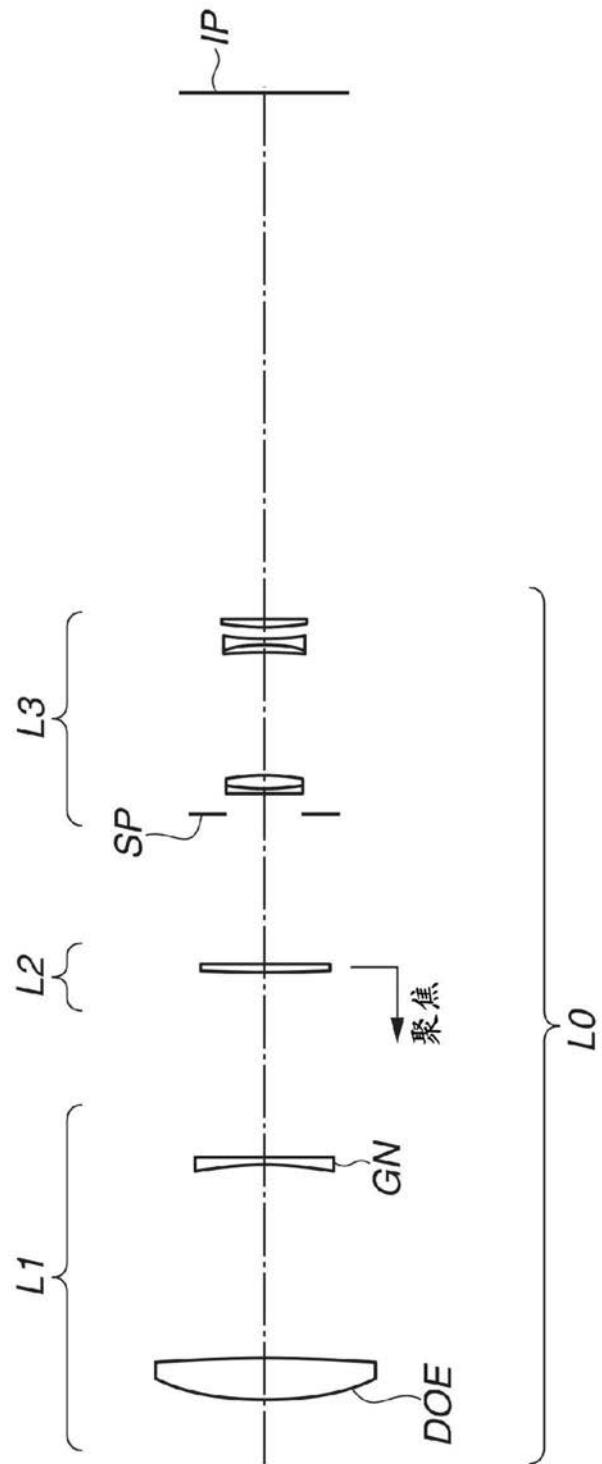


图7

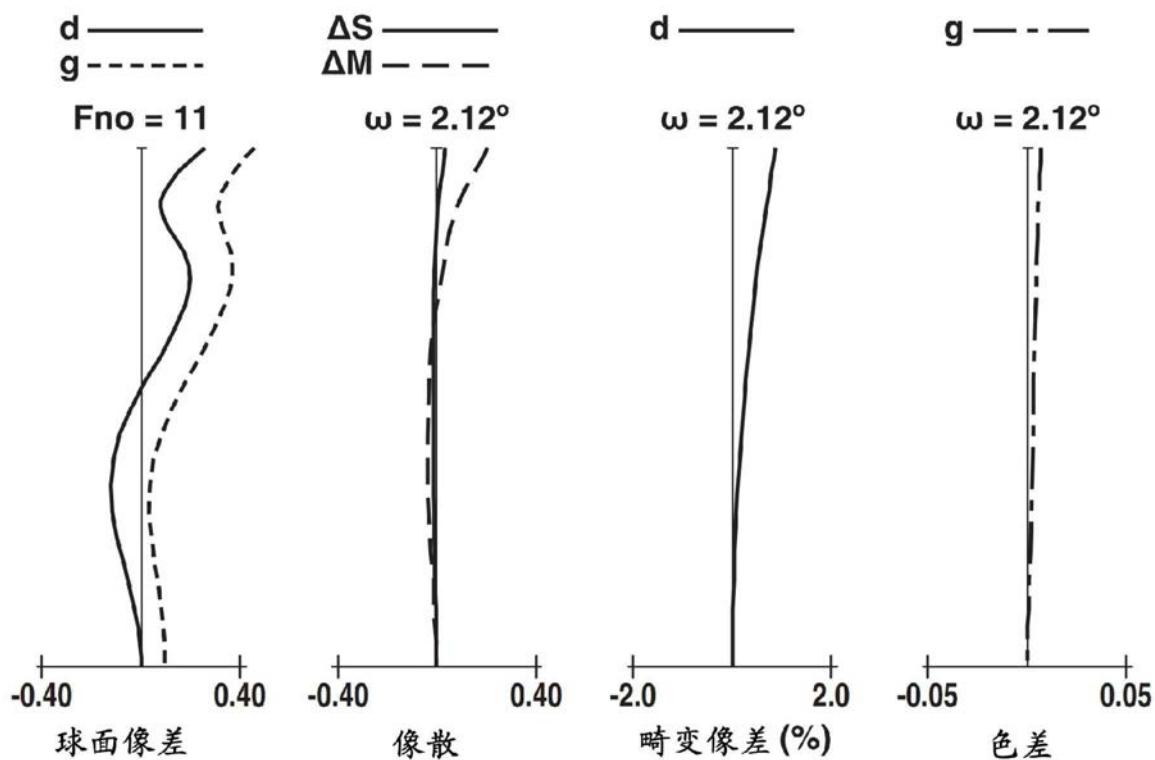


图8A

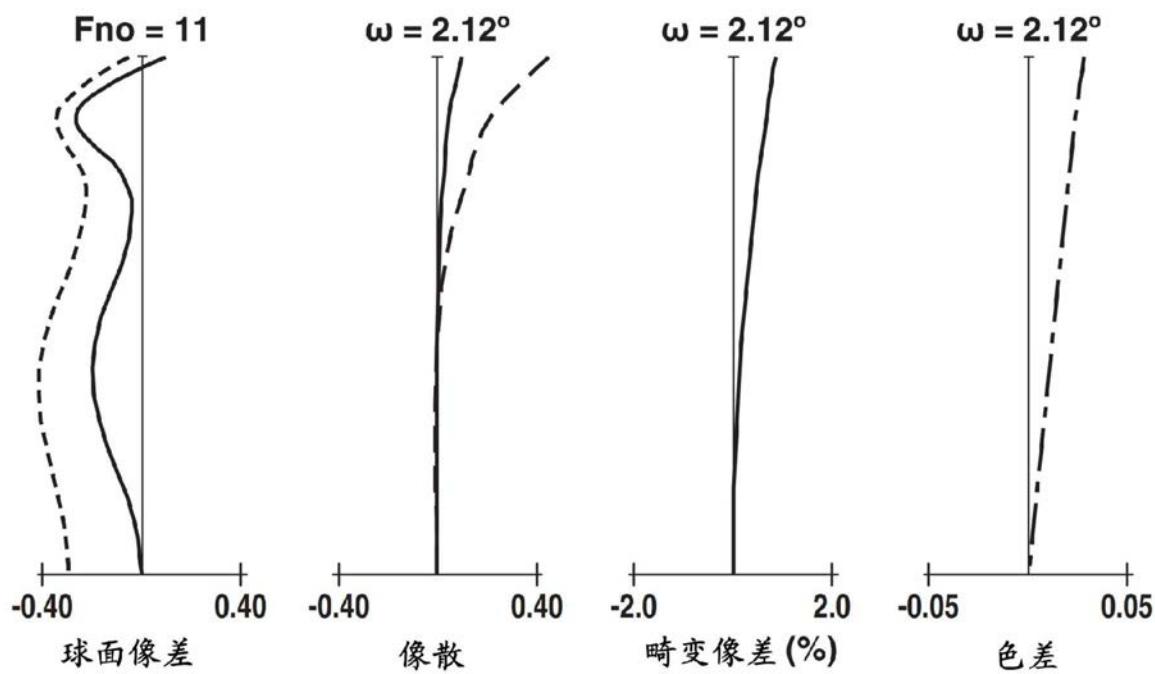


图8B

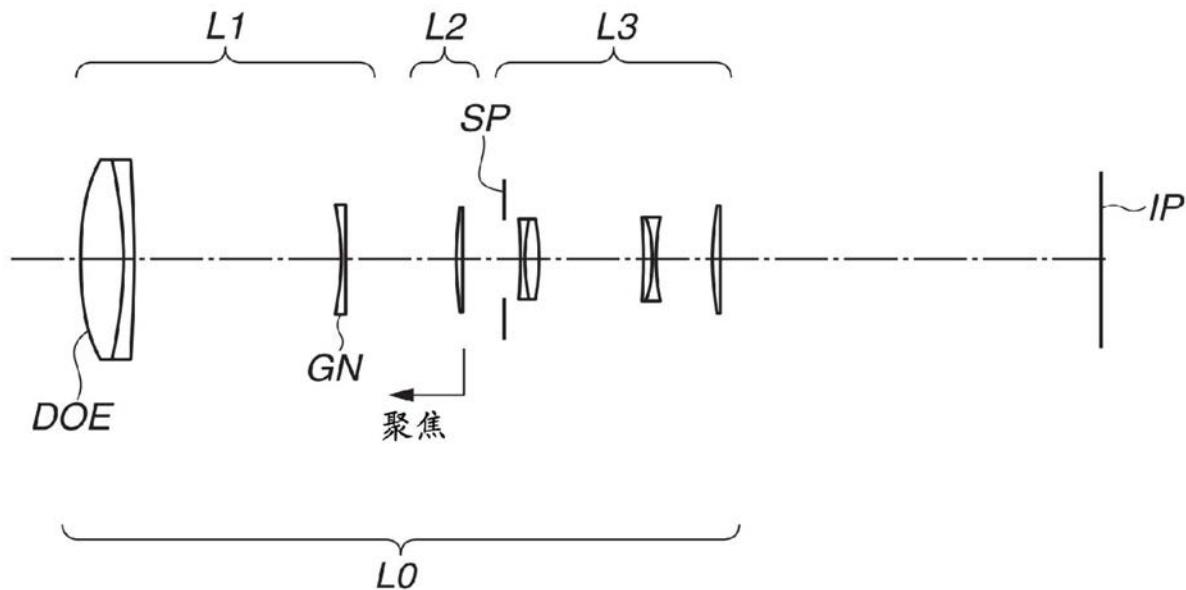


图9

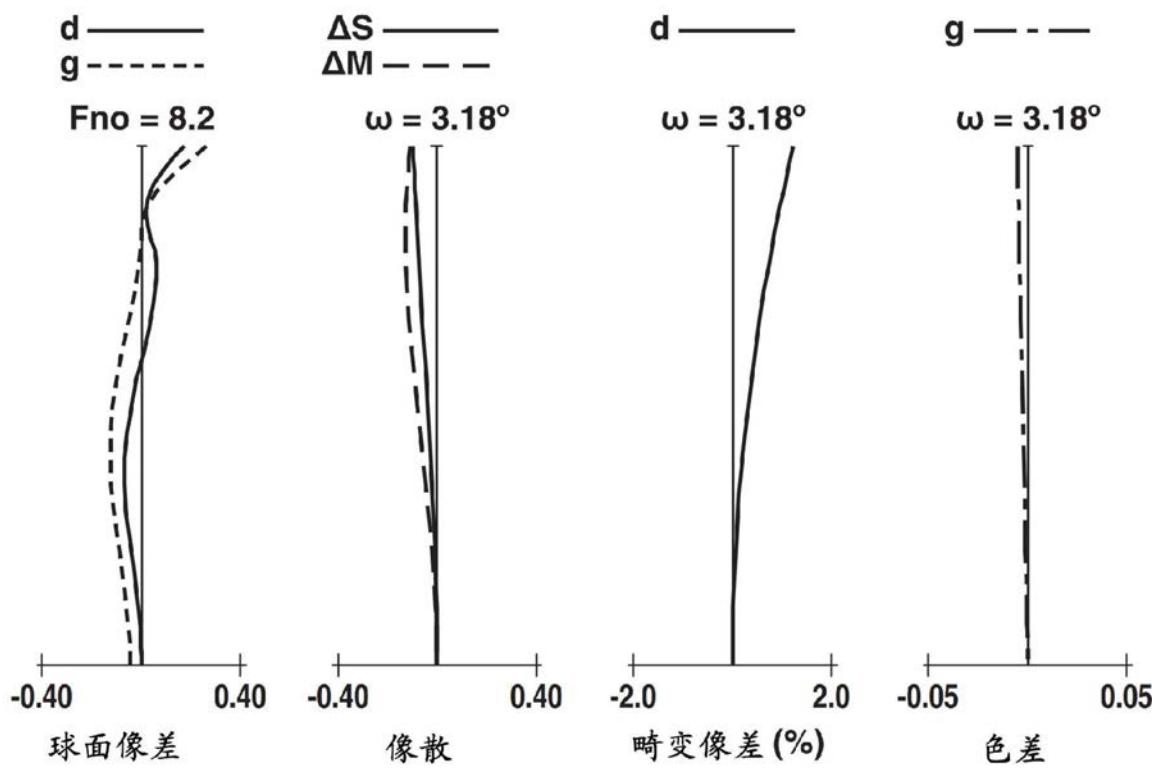


图10A

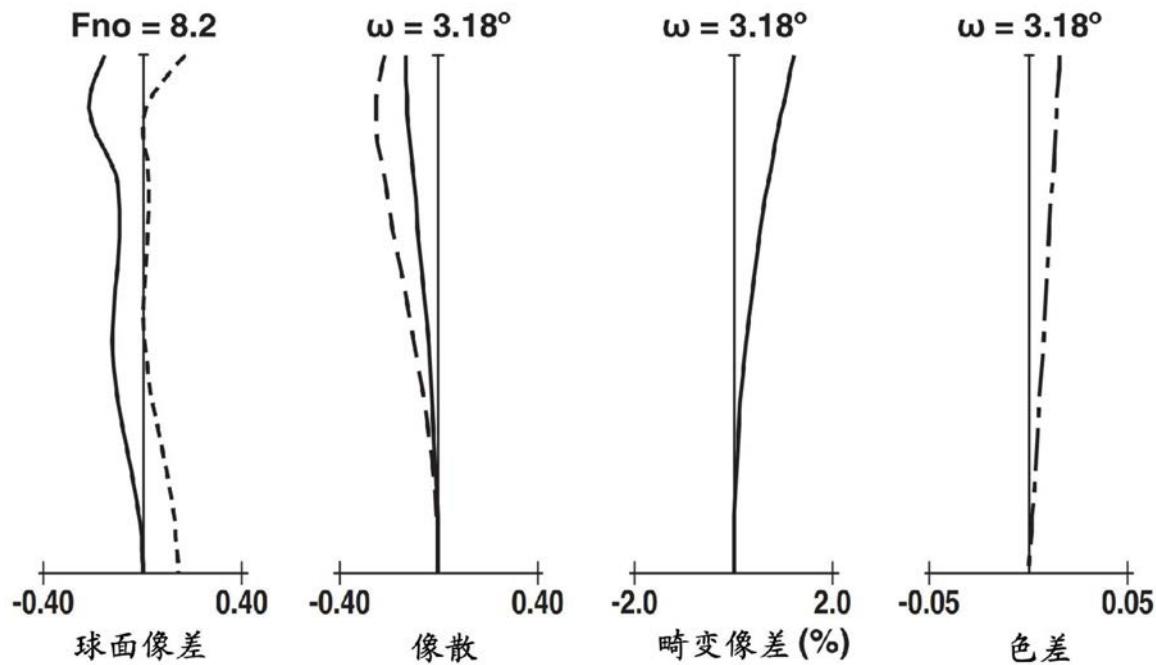


图10B

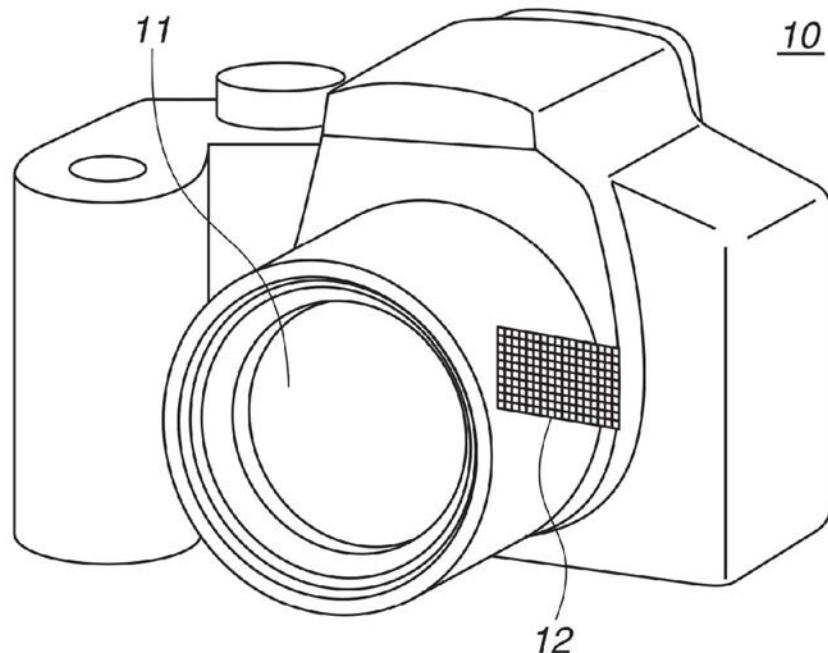


图11