



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101377565 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 06

(21) 申请号 200810214932. 0

(22) 申请日 2008. 08. 29

(30) 优先权数据

2007-224459 2007. 08. 30 JP

(73) 专利权人 株式会社尼康

地址 日本东京

(72) 发明人 小滨昭彦

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 车文 代易宁

(51) Int. Cl.

G02B 13/00 (2006. 01)

G02B 27/00 (2006. 01)

G02B 9/06 (2006. 01)

G02B 13/18 (2006. 01)

G03B 19/12 (2006. 01)

G03B 17/14 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2002341242 A, 2002. 11. 27,

US 2006285227 A1, 2006. 12. 21,

JP 5188286 A, 1993. 07. 30,

JP 61284716 A, 1986. 12. 15,

JP 3234618 B2, 2001. 12. 04,

JP 4301611 A, 1992. 10. 26,

审查员 王娜

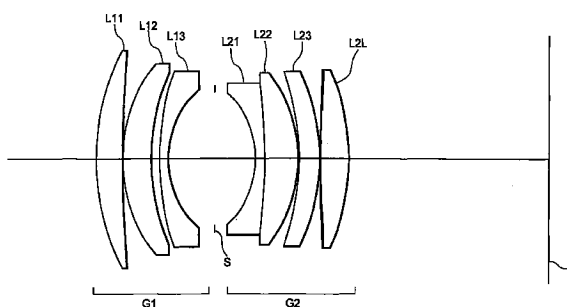
权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 9 页

(54) 发明名称

光学系统和光学设备

(57) 摘要

提供通过极好地校正各种像差,具有大孔径比、长后焦距、高光学性能的光学系统、配备有该光学系统的光学设备、以及用于制造该光学系统的方法。该系统沿着光学系统的光轴按照从物体起的顺序包括,具有正折射能力的第一透镜组(G1),以及具有正折射能力的第二透镜组(G2)。第二透镜组(G2)包括负透镜(L21)、第一正透镜(L22)和第二正透镜(L23),并且光学系统包括由玻璃材料和树脂材料构成的复合型非球面透镜(L2L)。



1. 一种光学系统,沿所述光学系统的光轴按照从物体起的顺序包括:
具有正折射能力的第一透镜组;以及
具有正折射能力的第二透镜组;
所述第二透镜组包括负透镜、第一正透镜和第二正透镜,并且
所述光学系统具有由玻璃材料和树脂材料构成的复合型非球面透镜,
其中所述第二透镜组在所述第二透镜组中的第二正透镜的图像侧仅具有最图像侧透镜,并满足下述条件表达式:

$$0.680 < r_{23b}/r_{2Lb} < 1.000$$

其中 r_{23b} 表示所述第二透镜组中的所述第二正透镜的图像侧表面的曲率半径,而 r_{2Lb} 表示所述最图像侧透镜的图像侧表面的曲率半径。

2. 如权利要求 1 所述的光学系统,其中所述第一透镜组包括第一正透镜和第二正透镜,所述第一透镜组的所述第一正透镜在物体侧表面上的折射能力比在图像侧表面上的折射能力强,所述第一透镜组的所述第二正透镜具有带有与物体面对的凸面的弯月面形状。

3. 如权利要求 2 所述的光学系统,其中,所述第一透镜组具有在所述第一透镜组中的第二正透镜的图像侧的负透镜。

4. 如权利要求 3 所述的光学系统,其中,满足下述条件表达式:

$$0.900 < (-r_{21a})/r_{13b} < 1.100$$

其中, r_{13b} 表示所述第一透镜组中的负透镜的图像侧表面的曲率半径,而 r_{21a} 表示所述第二透镜组中的负透镜的物体侧表面的曲率半径。

5. 如权利要求 1 所述的光学系统,其中,满足下述条件表达式:

$$0.60 < Bf/f < 1.00$$

其中, f 表示所述光学系统的焦距,而 Bf 表示所述光学系统的最图像侧透镜表面和像面之间的距离。

6. 如权利要求 1 所述的光学系统,其中,满足下述条件表达式:

$$1.400 < n_P < 1.800$$

其中, n_P 表示所述复合型非球面透镜的所述树脂材料在波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$ 的 d 线处的折射率。

7. 如权利要求 1 所述的光学系统,其中,满足下述条件表达式:

$$1.550 < n_G$$

其中, n_G 表示所述复合型非球面透镜的所述玻璃材料在波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$ 的 d 线处的折射率。

8. 如权利要求 2 所述的光学系统,其中从所述第一透镜组中的所述第一正透镜的图像侧透镜表面至所述最图像侧透镜的物体侧透镜表面的至少一个透镜表面是复合型非球面。

9. 如权利要求 1 所述的光学系统,其中所述最图像侧透镜是所述复合型非球面透镜。

10. 如权利要求 9 所述的光学系统,其中,满足下述条件表达式:

$$1.700 < n_{2L}$$

其中, n_{2L} 表示所述复合型非球面透镜的所述玻璃材料在波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$ 的 d 线处的折射率。

11. 如权利要求 9 所述的光学系统,其中,满足下述条件表达式:

$$n_{2L}-n_P < 0.400$$

其中, n_{2L} 表示所述复合型非球面透镜的所述玻璃材料在波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$ 的 d 线处的折射率, 而 n_P 表示所述复合型非球面透镜的所述树脂材料在波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$ 的 d 线处的折射率。

12. 如权利要求 1 所述的光学系统, 其中所述最图像侧透镜具有正折射能力。

13. 如权利要求 1 所述的光学系统, 其中满足下述条件表达式:

$$0.300 < (-r_{21a})/f < 0.450$$

其中 r_{21a} 表示所述第二透镜组中的负透镜的物体侧透镜表面的曲率半径, 而 f 表示所述光学系统的焦距。

14. 如权利要求 1 所述的光学系统, 其中所述第一透镜组和所述第二透镜组之间的距离总是固定的。

15. 如权利要求 1 所述的光学系统, 其中, 当对焦在无穷远时, 所述第一透镜组和所述第二透镜组之间的距离是固定的。

16. 如权利要求 1 所述的光学系统, 其中在所述光学系统中只有一个非球面。

17. 如权利要求 1 所述的光学系统, 其中所述第二透镜组中的负透镜和所述第二透镜组中的第一正透镜彼此胶合。

18. 如权利要求 1 所述的光学系统, 其中满足下述条件表达式:

$$-0.050 < n_{22}-n_{21} < 0.050$$

$$16.0 < v_{22}-v_{21} < 40.0$$

其中 n_{21} 表示所述第二透镜组中的负透镜在波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$ 的 d 线处的折射率, n_{22} 表示所述第二透镜组中的第一正透镜在波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$ 的 d 线处的折射率, v_{21} 表示所述第二透镜组中的负透镜的阿贝数, 而 v_{22} 表示所述第二透镜组中的第一正透镜的阿贝数。

19. 如权利要求 1 所述的光学系统, 其中孔径光阑设置在所述第一透镜组和所述第二透镜组之间。

20. 一种用于制造光学系统的方法, 所述光学系统沿所述光学系统的光轴按照从物体起的顺序包括具有正折射能力的第一透镜组和具有正折射能力的第二透镜组, 所述方法包括如下步骤:

在所述光学系统中提供包括玻璃材料和树脂材料的复合型非球面透镜; 以及

在所述第二透镜组中至少设置负透镜、第一正透镜和第二正透镜, 使得所述第二透镜组可以在所述第二正透镜的图像侧仅具有最图像侧透镜, 并满足下述条件表达式:

$$0.680 < r_{23b}/r_{2Lb} < 1.000$$

其中 r_{23b} 表示所述第二透镜组中的所述第二正透镜的图像侧表面的曲率半径, 而 r_{2Lb} 表示所述最图像侧透镜的图像侧表面的曲率半径。

21. 如权利要求 20 所述的方法, 其中所述第一透镜组包括第一正透镜和第二正透镜, 所述第一透镜组的所述第一正透镜在物体侧表面上的折射能力比在图像侧表面上的折射能力强, 所述第一透镜组的所述第二正透镜具有带有与物体面对的凸面的弯月面形状。

22. 如权利要求 20 所述的方法, 还包括如下步骤:

满足下述条件表达式:

$$0.60 < Bf/f < 1.00$$

其中 f 表示所述光学系统的焦距,而 Bf 表示所述光学系统的最图像侧透镜表面和像面之间的距离。

23. 如权利要求 20 所述的方法,还包括如下步骤:

满足下述条件表达式:

$$1.400 < n_P < 1.800$$

其中 n_P 表示所述复合型非球面透镜的所述树脂材料在波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$ 的 d 线处的折射率。

24. 如权利要求 20 所述的方法,其中所述最图像侧透镜是所述复合型非球面透镜。

光学系统和光学设备

[0001] 下述在先申请的公开内容在此引入以供参考：

[0002] 2007 年 8 月 30 提交的日本专利申请 No. 2007-224459。

技术领域

[0003] 本发明涉及用作用于单透镜反光照相机和影印透镜的可互换镜头的光学系统，和使用该光学系统的光学仪器。

背景技术

[0004] 已经提出了将所谓的双高斯型透镜系统用作用于单透镜反光照相机的透镜系统或影印透镜系统的情形，诸如日本已审专利申请公开号 No. 58-057725。

[0005] 然而，在日本已审专利申请公开号 No. 58-057725 中公开的光学系统中，已经极好地校正球面像差、场曲和畸变，但是当完全打开孔径光阑时，尤其是在双高斯型透镜系统中生成的弧矢彗差相当大地存在，以致很难说该光学系统具有足够高的光学性能。

发明内容

[0006] 鉴于上述问题做出了本发明，目的是提供克服上述问题的光学系统。

[0007] 根据本发明的第一方面，提供一种光学系统，其沿光学系统的光轴按照从物体起的顺序包括：具有正折射能力的第一透镜组；以及具有正折射能力的第二透镜组；第二透镜组包括具有负折射能力的 21 透镜、具有正折射能力的 22 透镜和具有正折射能力的 23 透镜，并且光学系统具有由玻璃材料和树脂材料构成的复合型非球面透镜。

[0008] 根据本发明的第二方面，提供一种光学系统，其沿光学系统的光轴按照从物体起的顺序包括：具有正折射能力的第一透镜组；以及具有正折射能力的第二透镜组；第一透镜组包括具有在物体侧表面上的折射能力比图像侧表面上的更强的正折射能力的 11 透镜，以及具有带有面对物体的凸面的正弯月面形状的 12 透镜，并且光学系统具有由玻璃材料和树脂材料构成的复合型非球面透镜。

[0009] 根据本发明的第三方面，提供配备有根据第一方面的光学系统的光学设备。

[0010] 根据本发明的第四方面，提供配备有根据第二方面的光学系统的光学设备。

[0011] 根据本发明的第五方面，提供一种用于通过光学系统形成物体的图像的方法，包括如下步骤：提供该光学系统，其沿光学系统的光轴按照从物体起的顺序包括，具有正折射能力的第一透镜组和具有正折射能力第二透镜组，第二透镜组包括具有负折射能力的 21 透镜、具有正折射能力的 22 透镜和具有正折射能力的 23 透镜，并且光学系统具有由玻璃材料和树脂材料构成的复合型非球面透镜。

[0012] 根据本发明的第六方面，提供一种用于通过光学系统形成物体的图像的方法，包括如下步骤：提供该光学系统，其沿光学系统的光轴按照从物体起的顺序包括，具有正折射能力的第一透镜组和具有正折射能力第二透镜组，第一透镜组包括具有在物体侧表面上的折射能力比图像侧表面更强的正折射能力的 11 透镜，以及具有有面向物体的凸面的正弯

月面形状的 12 透镜,并且光学系统具有由玻璃材料和树脂材料构成的复合型非球面透镜。

[0013] 本发明使得能够提供通过极好地校正各种像差,具有大孔径比、长后焦距、高光学性能的光学系统,以及配备有该光学系统的光学设备。

附图说明

[0014] 图 1 是示出根据例子 1 的光学系统的透镜结构的剖视图。

[0015] 图 2A 和 2B 是示出根据例子 1 的光学系统的各种像差的曲线图,其中,图 2A 示出当对焦无穷远 ($\beta = 0.00$) 时各种像差的曲线图,而图 2B 示出当对焦近物上 ($\beta = -1/30$) 时各种像差的曲线图。

[0016] 图 3 是示出根据例子 2 的光学系统的透镜结构的剖视图。

[0017] 图 4A 和 4B 是示出根据例子 2 的光学系统的各种像差的曲线图,其中,图 4A 示出当对焦无穷远 ($\beta = 0.00$) 时各种像差的曲线图,而图 4B 示出当对焦近物上 ($\beta = -1/30$) 时各种像差的曲线图。

[0018] 图 5 是示出根据例子 3 的光学系统的透镜结构的剖视曲线图。

[0019] 图 6A 和 6B 是示出根据例子 3 的光学系统的各种像差的图,其中,图 6A 示出当对焦无穷远 ($\beta = 0.00$) 时各种像差的曲线图,而图 6B 示出当对焦近物上 ($\beta = -1/30$) 时各种像差的曲线图。

[0020] 图 7 是示出根据例子 4 的光学系统的透镜结构的剖视图。

[0021] 图 8A 和 8B 是示出根据例子 4 的光学系统的各种像差的曲线图,其中,图 8A 示出当对焦无穷远 ($\beta = 0.00$) 时各种像差的曲线图,而图 8B 示出当对焦近物上 ($\beta = -1/30$) 时各种像差的曲线图。

[0022] 图 9 是示出配备有根据例子 1 的光学系统的照相机结构的示意图。

具体实施方式

[0023] 下面将描述根据本实施例的光学系统。

[0024] 根据本实施例的光学系统沿光学系统的光轴按照从物体起的顺序包括,具有正折射能力的第一透镜组,以及具有正折射能力的第二透镜组,第一透镜组包括具有在物体侧表面上的折射能力比图像侧表面更强的正折射能力的 11 透镜,以及具有有面向物体的凸面的正弯月面形状的 12 透镜,第二透镜组包括具有负折射能力的 21 透镜、具有正折射能力的 22 透镜和具有正折射能力的 23 透镜。通过该透镜结构,可以实现所谓的对称、双高斯型折射能力分布,因此能极好地校正畸变以及球面像差和场曲。

[0025] 在不使用非球面透镜的双高斯型光学系统中,通过使 21 透镜的物体侧的曲率更强(使曲率半径更短),校正在光学系统中生成的负球面像差。另一方面,21 透镜的物体侧透镜表面大大地生成弧矢彗差。

[0026] 在本申请的说明中,有关曲率、曲率半径和折射能力的大和小表示其绝对值的大和小。

[0027] 在根据本实施例的光学系统中,通过构造具有由玻璃材料和树脂材料构成的复合型非球面透镜的光学系统,能够有效地校正负球面像差。因此,21 透镜的物体侧表面的曲率能很小,换句话说,曲率半径能够大,因此能同时抑制弧矢彗差。在根据本实施例的非球面

透镜中,为抑制负球面像差的产生,正透镜的正折射能力随着半径从光轴增加而变得较弱。此外,制作由玻璃材料和树脂材料构成的复合型非球面透镜能够比仅由玻璃材料构成的非球面透镜更廉价。因为在仅由玻璃材料构成的非球面透镜的情况下,为了形成非球面,必须采取比球面抛光更耗时的精磨工艺或通过加热至约 500 度并冷却,也同样耗时的玻璃模制工艺。另一方面,在复合型非球面透镜的情况下,在流动性比玻璃材料更大的树脂材料上形成非球面,因此能抑制基于制造时间的制造成本。此外,由于树脂材料比玻璃材料具有更好可塑性,形成非球面比较容易。

[0028] 在根据本实施例的光学系统中,优选满足下述条件表达式 (1) :

[0029] $0.60 < Bf/f < 1.00$ (1)

[0030] 其中, f 表示光学系统的焦距,以及 Bf 表示最图像侧透镜表面和图像平面间沿光轴的距离。

[0031] 条件表达式 (1) 用于实现高光学性能,同时确保适合用于单透镜反光相机和影印透镜的可互换透镜的后焦距。

[0032] 当比率 Bf/f 等于或小于条件表达式 (1) 的下限时,后焦距相对于光学系统的焦距变得比较短,以至难以获得适合用于单透镜反光相机和影印透镜的可互换透镜的光学系统。

[0033] 另一方面,当比率 Bf/f 等于或大于条件表达式 (1) 的上限时,后焦距相对于光学系统的焦距变得相对太长,折射能力分布变得更远离对称型,因此难以校正畸变并且不能实现高光学性能。

[0034] 为了确保本申请的效果,优选将条件表达式 (1) 的上限设置为 0.85。

[0035] 在根据本实施例的光学系统中,优选满足下述条件表达式 (2) :

[0036] $1.400 < nP < 1.800$ (2)

[0037] 其中, nP 表示在波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$ 的 d 线处,复合型非球面透镜的树脂材料的折射率。

[0038] 条件表达式 (2) 用于通过适当地选择复合型非球面透镜的树脂材料的折射率,获得高光学性能。

[0039] 当值 nP 等于或小于条件表达式 (2) 的下限时,换句话说,当复合型非球面透镜的树脂材料的折射率变得太小时,与参考球面的偏差量必需大,以便充分地获得非球面的效果。在热膨胀或吸湿膨胀时易于变化的树脂材料中,与参考球面的偏差量成比例,光轴附近的复合型非球面透镜的树脂材料的厚度变得明显不同于透镜周围的厚度。因此,球面像差和场曲大大地改变,因此不能实现高光学性能。

[0040] 当值 nP 等于或大于条件表达式 (2) 的上限时,换句话说,当复合型非球面透镜的树脂材料的折射率变得极其高时,在热膨胀或吸湿膨胀时易于变化的树脂材料中,材料变得极其易于受温度或湿度影响。因此,球面像差和场曲大大地改变,因此不能实现高光学性能。

[0041] 为了确保本实施例的效果,优选将条件表达式 (2) 的下限设置成 1.450。为了进一步确保本实施例的效果,更优选将条件表达式 (2) 的下限设置成 1.500。

[0042] 在根据本实施例的光学系统中,优选满足下述条件表达式 (3) :

[0043] $1.550 < nG$ (3)

[0044] 其中, n_G 表示 d 线 (波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$) 处的复合型非球面透镜的玻璃材料的折射率。

[0045] 条件表达式 (3) 用于通过适当地设置复合型非球面透镜的玻璃材料的折射率, 获得高光学性能。

[0046] 当值 n_G 等于或小于条件表达式 (3) 的下限时, 当复合型非球面透镜为正时, 过大地产生负球面像差。为校正负球面像差, 2L 透镜的物体侧透镜表面的曲率必需变大 (曲率半径变小)。因此, 从 2L 透镜的物体侧透镜表面过大地产生弧矢彗差, 因此不能获得高光学性能。当复合型非球面透镜为负时, 过大地产生弧矢彗差, 因此不能实现高光学性能。

[0047] 为了确保本实施例的效果, 优选将条件表达式 (3) 的下限设置成 1.580。

[0048] 在根据本实施例的光学系统中, 当假定最图像侧的透镜为 2L 透镜时, 在 1L 透镜的图像侧表面和 2L 透镜的物体侧表面间的至少一个透镜表面优选是复合型非球面透镜的树脂材料表面。

[0049] 树脂材料具有比玻璃材料低的硬度, 当用户易于接触的 1L 透镜的物体侧表面和 2L 透镜的图像侧表面是树脂表面时, 由于树脂材料的低硬度该表面易于被刮擦。当透镜表面被刮擦时, 它变为炫光等的原因, 因此不能确保高光学性能。

[0050] 在根据本实施例的光学系统中, 2L 透镜优选是复合型非球面透镜。

[0051] 在根据本实施例的双高斯型透镜系统中, 通过将 2L 透镜设置成非球面透镜, 能够有效地校正负球面像差。因此, 其为产生弧矢彗差的源的 2L 透镜的物体侧的曲率能够很小 (曲率半径能够很大), 因此能够抑制弧矢彗差的产生, 并且能获得高光学性能。

[0052] 在根据本实施例的光学系统中, 优选满足下述条件表达式 (4) :

$$[0053] \quad 1.700 < n_{2L} \quad (4)$$

[0054] 其中, n_{2L} 是 d 线 (波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$) 处 2L 透镜的玻璃材料的折射率。

[0055] 条件表达式 (4) 用于通过抑制弧矢彗差实现高光学性能。

[0056] 当值 n_{2L} 等于或小于条件表达式 (4) 的下限时, 在 2L 透镜中过大地产生负球面像差。为校正这种负球面像差, 2L 透镜的物体侧表面的曲率必需大 (曲率半径必需小), 因此在 2L 透镜的物体侧表面上过大地生成弧矢彗差, 并且不能获得高光学性能。

[0057] 为了确保本实施例的效果, 优选将条件表达式 (4) 的下限设置成 1.720。

[0058] 在根据本实施例的光学系统中, 优选满足下述条件表达式 (5) :

$$[0059] \quad n_{2L} - n_P < 0.400 \quad (5)$$

[0060] 其中, n_{2L} 是在 d 线 (波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$) 处 2L 透镜的玻璃材料的折射率, 而 n_P 表示在 d 线 (波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$) 处 2L 透镜的树脂材料的折射率。

[0061] 条件表达式 (5) 用于通过抑制在复合型非球面透镜的玻璃材料和树脂材料之间的边界表面上产生的各种像差, 实现高光学性能。

[0062] 当值 $n_{2L} - n_P$ 等于或大于条件表达式 (5) 的上限时, 复合型非球面透镜的玻璃材料和树脂材料之间的边界表面的折射率的差值变大。因此, 在边界表面产生非球面像差、彗差和色差, 因此不能获得高光学性能。

[0063] 为了确保本实施例的效果, 优选将条件表达式 (5) 的上限设置成 0.300。为了确保本实施例的效果, 优选将条件表达式 (5) 的下限设置成 -0.400。当值 $n_{2L} - n_P$ 等于或小于 -0.400 时, 复合型非球面透镜的玻璃材料和树脂材料之间的边界表面的折射率的差值

变大。结果,在边界表面产生球面像差、彗差和色差,因此不能获得高光学性能。

[0064] 在根据本实施例的光学系统中,优选满足下述条件表达式 (6) :

$$[0065] \quad 0.300 < (-r_{21a})/f < 0.450 \quad (6)$$

[0066] 其中, r_{21a} 表示 21 透镜的物体侧透镜表面的曲率半径, f 表示光学系统的焦距。

[0067] 条件表达式 (6) 用于通过有效地抑制具有约 1.4 的 f 数的大孔径比的光学系统中的弧矢彗差,实现高光学性能。

[0068] 当比率 $(-r_{21a})/f$ 等于或小于条件表达式 (6) 的下限时,在 21 透镜的物体侧表面上过大地生成弧矢彗差,因此不能获得高光学性能。

[0069] 另一方面,当比率 $(-r_{21a})/f$ 等于或大于条件表达式 (6) 的上限时,在从无穷远到近物对焦时或在改变放大倍率时,球面像差、场曲和像散的变化变得过大,因此在放大倍率变化的宽范围内或从无穷远到近物的对焦,不能确保高光学性能。

[0070] 为了确保本实施例的效果,优选将条件表达式 (6) 的下限设置成 0.330。为了确保本实施例的效果,优选将条件表达式 (6) 的上限设置成 0.370。

[0071] 在根据本实施例的光学系统中,优选第二透镜组仅具有 23 透镜的图像侧的 2L 透镜,并且 23 透镜具有正折射能力。

[0072] 用该透镜结构,通过抑制光学系统中的透镜元件的数量,能够降低成本,并且通过将正折射能力适当地分布到 23 透镜和 2L 透镜,抑制负球面像差的产生,提供实现具有诸如约 1.4 的 f 数的大孔径比的高光学性能的光学系统。

[0073] 在根据本实施例的光学系统中,第一透镜组优选仅具有在 12 透镜的图像侧的具有负折射能力的 13 透镜。

[0074] 通过这种透镜结构,通过抑制光学系统中的透镜元件的数量,能够降低成本,以及通过将负折射能力分布到 13 透镜和 21 透镜,有效地校正其他透镜上产生的负球面像差,并且提供实现高光学性能的光学系统。

[0075] 在根据本实施例的光学系统中,优选满足下述条件表达式 (7) :

$$[0076] \quad 0.900 < (r_{21a})/r_{13b} < 1.100 \quad (7)$$

[0077] 其中, r_{13b} 表示 13 透镜的图像侧表面的曲率半径, r_{21a} 表示 21 透镜的物体侧表面的曲率半径。

[0078] 条件表达式 (7) 用于通过有效地抑制具有诸如约 1.4 的 f 数的大孔径比的光学系统中的弧矢彗差,实现高光学性能。

[0079] 当比率 $(r_{21a})/r_{13b}$ 等于或大于条件表达式 (7) 的上限时,换句话说,当 13 透镜的图像侧表面的曲率过分大于 21 透镜的物体侧表面的曲率(曲率半径变小)时,在 13 透镜的图像侧表面过大地产生弧矢彗差,因此不能获得高光学性能。

[0080] 另一方面,当比率 $(r_{21a})/r_{13b}$ 等于或小于条件表达式 (7) 的下限时,换句话说,当 21 透镜的物体侧表面的曲率过分大于 13 透镜的图像侧表面的曲率时(曲率半径变小),在 21 透镜的物体侧表面上过大地产生弧矢彗差,因此不能获得高光学性能。

[0081] 为了确保本实施例的效果,优选将条件表达式 (7) 的下限设置成 0.950。为了进一步确保本实施例的效果,更优选将条件表达式 (7) 的下限设置成 0.960。为了确保本实施例的效果,优选将条件表达式 (7) 的上限设置成 1.050。为了进一步确保本实施例的效果,更优选将条件表达式 (7) 的上限设置成 1.040。

[0082] 在根据本实施例的光学系统中,优选满足下述条件表达式 (8):

$$[0083] \quad 0.680 < r_{23b}/r_{2Lb} < 1.000 \quad (8)$$

[0084] 其中, r_{23b} 表示 23 透镜的图像侧表面的曲率半径, r_{2Lb} 表示 2L 透镜的图像侧表面的曲率半径。

[0085] 条件表达式 (8) 用于通过有效地校正负球面像差实现高光学性能。

[0086] 当比率 r_{23b}/r_{2Lb} 等于或小于条件表达式 (8) 的下限时,换句话说,当 23 透镜的图像侧表面的曲率变得过分大于 2L 透镜的图像侧表面的曲率时(曲率半径变得更小),在 23 透镜的图像侧表面上过分地产生负球面像差,因此不能获得高光学性能。

[0087] 另一方面,当比率 r_{23b}/r_{2Lb} 等于或大于条件表达式 (7) 的上限时,换句话说,当 2L 透镜的图像侧表面的曲率变得过分大于 23 透镜的图像侧表面的曲率时(曲率半径变得更小),在 2L 透镜的图像侧表面上过分地产生负球面像差,因此不能获得高光学性能。

[0088] 为了确保本实施例的效果,优选将条件表达式 (8) 的下限设置成 0.710。为了确保本实施例的效果,优选将条件表达式 (8) 的上限设置成 0.960。

[0089] 在根据本实施例的光学系统中,优选第一透镜组和第二透镜组间的距离总是固定的。

[0090] 通过该透镜结构,当从无穷远到近物对焦或改变放大倍率时,变得能够在机体中移动第一透镜组和第二透镜组,因此通过简单机械结构能制造镜头筒。因此,与第一透镜组和第二透镜组不固定的情形相比,能降低制造成本。变得易于抑制第一透镜组和第二透镜组间的互偏心,因此能抑制由于偏心引起的偏心彗差的产生。

[0091] 在根据本实施例的光学系统中,在对焦在无穷远时,优选固定第一透镜组和第二透镜组间的距离。

[0092] 通过这种透镜结构,在从无穷远到近物对焦时,或在改变放大倍率时,能够在机体中移动第一透镜组和第二透镜组,因此能够通过简单的机械结构制作镜头筒。因此,与第一透镜组和第二透镜组不固定的情形相比,能够降低制造成本。变得易于抑制第一透镜组和第二透镜组间的互偏心,因此能抑制由偏心引起的偏心彗差的产生。

[0093] 在根据本实施例的光学系统中,优选在光学系统中仅有一个非球面。

[0094] 包括根据本实施例的复合型非球面透镜的非球面透镜具有比球面透镜高的制作成本。因此,通过制作仅具有一个非球面的光学系统,能够抑制制作成本,同时通过校正像差实现高光学性能。此外,能够避免由于制作误差,诸如在该光学系统中放置两个或更多非球面时,在非球面之间间的偏心引起的光学性能的变差。

[0095] 在根据本实施例的光学系统中,优选 21 透镜与 22 透镜胶合。

[0096] 通过 21 透镜与 22 透镜胶合,能够极好地校正相对于波长的彗差和球面像差的差,因此能获得高光学性能。

[0097] 在根据本实施例的光学系统中,优选满足下述条件表达式 (9) 和 (10):

$$[0098] \quad -0.050 < n_{22} - n_{21} < 0.050 \quad (9)$$

$$[0099] \quad 16.0 < v_{22} - v_{21} < 40.0 \quad (10)$$

[0100] 其中, n_{21} 表示在 d 线(波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$)处 21 透镜的折射率, v_{21} 表示在 d 线(波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$)处 21 透镜的阿贝数。

[0101] 条件表达式 (9) 用于通过校正相对于波长的球面像差的差和相对于波长的彗差

的差来抑制球面像差和彗差的产生,实现高光学性能。

[0102] 当值 $n_{22}-n_{21}$ 等于或小于条件表达式 (9) 的下限时,22 透镜和 21 透镜的折射率的差变得太大,以至于在 21 透镜和 22 透镜之间的边界处产生球面像差和彗差。因此不能确保高光学性能。

[0103] 另一方面,当值 $n_{22}-n_{21}$ 等于或超过条件表达式 (9) 的上限时,22 透镜和 21 透镜的折射率的差变得太大,以至于在 21 透镜和 22 透镜之间的边界处产生球面像差和彗差。因此不能确保高光学性能。

[0104] 为了确保本实施例的效果,优选将条件表达式 (9) 的下限设定为 -0.022 。为了确保本实施例的效果,优选将条件表达式 (9) 的上限设定为 0.022 。

[0105] 条件表达式 (10) 用于通过有效地校正相对于波长的球面像差的差和相对于波长的彗差的差来实现高光学性能。

[0106] 当值 $v_{22}-v_{21}$ 等于或小于条件表达式 (10) 的下限时,换句话说,当 22 透镜和 21 透镜的阿贝数差变得太小时,不能够有效地校正相对于波长的球面像差的差或相对于波长的彗差的差,因此难以获得高光学性能。

[0107] 另一方面,当值 $v_{22}-v_{21}$ 等于或大于条件表达式 (10) 的上限时,换句话说,当 22 透镜和 21 透镜的阿贝数的差值变得太大时,校正相对于波长的球面像差的差值和校正相对于波长的彗差的差值变得太大,因此不能获得高光学性能。

[0108] 为了确保本实施例的效果,优选将条件表达式 (10) 的下限设置成 18.0 。为了确保本实施例的效果,优选将条件表达式 (10) 的上限设置成 30.0 。

[0109] 在根据本实施例的光学系统中,优选孔径光阑设置在第一透镜组和第二透镜组之间。通过这种透镜结构,能够构造所谓的双高斯透镜型光学系统,因此通过有效地校正畸变和横向色差,能够获得高光学性能。

[0110] 参考附图,说明根据本实施例的每一例子的光学系统。

[0111] < 例子 1 >

[0112] 图 1 是根据例子 1 的光学系统的透镜结构的剖视图。

[0113] 根据例子 1 的光学系统沿光学系统的光轴按照从物体起的顺序包括,具有正折射能力的第一透镜组 G1,以及具有正折射能力的第二透镜组 G2。孔径光阑 S 设置在第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间。

[0114] 第一透镜组 G1 沿着光轴按照从物体起的顺序包括,具有面向物体的凸面并且物体侧表面的折射能力强于图像侧表面的折射能力的 11 正凹凸透镜 L11、具有面向物体的凸面并且物体侧表面的折射能力强于图像侧表面的折射能力的 12 正凹凸透镜 L12,以及具有面向图像的凹面的 13 负凹凸透镜 L13。

[0115] 第二透镜组 G2 沿着光轴按照从物体起的顺序包括,由具有面向物体的凹面的 21 负凹凸透镜 L21 与具有面向物体的凹面的 22 正凹凸透镜 L22 构成的胶合透镜、具有面向图像的凸面的 23 正凹凸透镜 L23,以及设置在光学系统的最图像侧的 2L 双凸正透镜 L2L,其是复合型非球面透镜,在树脂材料上形成的非球面的物体侧表面的折射能力弱于图像侧表面的折射能力。从 2L 透镜发出的光线在像面 I 上形成图像。

[0116] 通过沿光轴,将机体中的第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 移向物体,对近物进行对焦。

[0117] 在表 1 中列出了与根据例子 1 的光学系统有关的各种值。

[0118] 在 [透镜数据] 中,最左列“i”表示按照从物体侧的顺序计数的透镜表面编号,第二列“r”表示透镜表面的曲率半径,第三列“d”表示到下一表面的距离,第四列“nd”表示在 d 线 (波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$) 处材料的折射率,以及第五列“vd”表示在 d 线 (波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$) 处材料的阿贝数。在第五列“nd”中,忽略空气的折射率 $nd = 1.000000$ 。在第二列“r”中, $r = \infty$ 表示平面。在第三列“d”中,Bf 表示后焦距。

[0119] 在 [非球面数据] 中,非球面由下述表达式表示:

$$[0120] \quad X(y) = (y^2/r) / [1 + [1 - \kappa (y^2/r^2)]^{1/2}] + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8$$

[0121] 其中, y 表示离光轴的垂直高度, X(y) 表示沿着光轴从非球面的顶点的切平面到离光轴垂直高度为 y 的非球面的距离的垂度量, r 表示参考球面的曲率半径 (近轴曲率半径), κ 表示圆锥系数, A_n 表示第 n 次的非球面系数,“E-n”表示“ $\times 10^{-n}$ ”,例如“1.234E-05”表示“ 1.234×10^{-5} ”,以及通过将“*”加到表面编号的左侧来表示非球面的位置。

[0122] 在 [规格] 中, f 表示光学系统的焦距, FNO 表示 f 数, ω 表示以度表示的半视角, y 表示图像高度,而 TL 表示在对焦无穷远的状态中, 11 透镜的物体侧表面和像面 I 之间的距离。

[0123] 在 [对焦数据] 中,“无穷远”表示当对焦位于无穷远的物体时的情形,“近程”表示对焦近物时的情形, R 表示位于物体和像面 I 之间的摄影距离 (单位 :m), β 表示图像放大倍率,以及 Bf 表示后焦距。

[0124] 在 [用于条件表达式的值] 中,示出了用于各个条件表达式的值。

[0125] 在用于各种值的表中,“mm”通常用于长度单位,诸如焦距、曲率半径和到下一透镜面的距离。然而,通过成比例放大或缩减其尺寸的光学系统,能获得类似的光学性能,因此单位不一定限于“mm”,并且能使用任何其他适当的单位。参考符号的说明在其他例子中也是相同的,因此,省略重复描述。

[0126] 表 1

[0127] [透镜数据]

[0128]	i	r	d	nd	vd
[0129]	1	41.3555	5.0000	1.804000	46.57
[0130]	2	158.7150	0.1000		
[0131]	3	27.3795	5.5000	1.834807	42.71
[0132]	4	36.9003	1.6000		
[0133]	5	45.7517	1.6000	1.698947	30.13
[0134]	6	16.8163	9.3000		
[0135]	7	∞	7.7000	孔径光阑 S	
[0136]	8	-17.2554	1.8000	1.755199	27.51
[0137]	9	-153.0397	6.5000	1.754999	52.32
[0138]	10	-26.6098	0.2000		
[0139]	11	-50.0504	4.0000	1.834807	42.71
[0140]	12	-39.2206	0.1000		
[0141]	13*	169.3173	0.1000	1.552810	37.63

[0142]	14	169.3173	5.5000	1.729157	54.68
[0143]	15	-42.3874	(Bf)		
[0144]	[非球面数据]				
[0145]	表面编号 :13				
[0146]	κ	=	1.0000		
[0147]	A4	=	-2.0184E-06		
[0148]	A6	=	7.7020E-10		
[0149]	A8	=	-9.5209E-13		
[0150]	[规格]				
[0151]	f	=	51.61		
[0152]	FNO	=	1.44		
[0153]	ω	=	23.00		
[0154]	Y	=	21.60		
[0155]	TL	=	87.48		
[0156]	[对焦数据]				
[0157]		无穷远		近程	
[0158]	R	∞		1.64(m)	
[0159]	β	0.0		-1/30	
[0160]	Bf	38.4757		40.1961	
[0161]	[用于条件表达式的值]				
[0162]	(1) :Bf/f	=	0.75		
[0163]	(2) :nP	=	1.553		
[0164]	(3) :nG	=	1.729		
[0165]	(4) :n2L	=	1.729		
[0166]	(5) :n2L-nP	=	0.176		
[0167]	(6) :(-r21a)/f	=	0.334		
[0168]	(7) :(-r21a)/r13b	=	1.026		
[0169]	(8) :r23b/r2Lb	=	0.925		
[0170]	(9) :n22-n21	=	-0.000		
[0171]	(10) :v22-v21	=	24.8		

[0172] 图 2A 和 2B 是示出根据例子 1 的光学系统的各种像差的曲线图,其中,图 2A 示出当对焦在无穷远 ($\beta = 0.00$) 时各种像差的曲线图,图 2B 示出当对焦在近物上时 ($\beta = -1/30$) 各种像差的曲线图。

[0173] 在各个图中,FNO 表示 f 数,A 表示以度为单位的半视角,NA 表示数值孔径,以及 H0 表示物体高度 (单位 :mm)。在各个图中,d 表示在 d 线 (波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$) 处的像差曲线,g 表示在 g 线 (波长 $\lambda = 435.8\text{nm}$) 处的像差曲线,而没有符号的那些表示 d 线的各种像差。在表示像散的图中,实线表示弧矢像面,而虚线表示子午线像面。

[0174] 在表面球面像差的图中,示出了相对于最大孔径或最大数值孔径的 f 数。在表示像散和畸变的图中,示出了图像高度的最大值。在示出了彗差的图中,实线表示相对于每一

物体高度,在 d 线或 g 线的子午线彗差,原点右侧的虚线表示在 d 线处,沿着子午线方向产生的弧矢彗差,而原点左侧的虚线表示在 d 线处,沿着弧矢方向产生的弧矢彗差。

[0175] 有关各种像差曲线图的上述说明与其他例子相同,并且省略重复说明。

[0176] 正如从各个图中清楚地看出的,由于极好地校正各种像差的结果,根据例子 1 的光学系统表现出极好光学性能。

[0177] < 例子 2>

[0178] 图 3 是表示根据例子 2 的光学系统的透镜结构的剖视图。

[0179] 根据例子 2 的光学系统沿着光学系统的光轴按照从物体的方面包括,具有正折射能力的第一透镜组 G1,以及具有正折射能力的第二透镜组 G2。孔径光阑 S 设置在第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间。

[0180] 第一透镜组 G1 沿着光轴按照从物体起的顺序包括,具有面向物体的凸面并且物体侧表面的折射能力强于图像侧表面的折射能力的 11 正凹凸透镜 L11、具有面向物体的凸面并且物体侧表面的折射能力强于图像侧表面的折射能力的 12 正凹凸透镜 L12,以及具有面向图像的凹面的 13 负凹凸透镜 L13。

[0181] 第二透镜组 G2 沿着光轴按照从物体起的顺序包括,由具有面向图像的凸面的 21 负凹凸透镜 L21 与具有面向物体的凹面的 22 正凹凸透镜 L22 胶合构成的胶合透镜、在图像侧表面上具有更强折射能力的 23 双凸正透镜 L23,以及设置在光学系统的最图像侧的 2L 正凹凸透镜 L2L,其是由树脂材料和玻璃材料构成的复合型非球面透镜,具有面向图像的凸面,以及形成在面向物体的树脂材料上的非球面。从 2L 透镜发出的光线在像面上形成图像。

[0182] 通过沿着光轴,将机体中的第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 移向物体,对近物进行对焦。

[0183] 在表 2 中,列出与根据例子 2 的光学系统有关的各种值。

[0184] 表 2

[0185] [透镜数据]

[0186]	i	r	d	nd	vd
[0187]	1	46.6380	5.5000	1.804000	46.57
[0188]	2	345.6367	0.1000		
[0189]	3	29.2487	5.5000	1.834807	42.71
[0190]	4	40.6547	1.8000		
[0191]	5	87.8670	1.6000	1.647689	33.79
[0192]	6	18.7104	9.3000		
[0193]	7	∞	7.7000	孔径光阑 S	
[0194]	8	-18.4227	1.8000	1.805181	25.42
[0195]	9	-486.2010	6.5000	1.804000	46.57
[0196]	10	-29.5127	0.2000		
[0197]	11	1057.3415	4.5000	1.834807	42.71
[0198]	12	-42.1357	0.1000		
[0199]	13*	-149.4499	0.1000	1.552810	37.63

[0200]	14	-149.4499	4.5000	1.772499	49.60
[0201]	15	-56.5247	(Bf)		
[0202]	[非球面数据]				
[0203]	表面编号 :13				
[0204]	$\kappa =$	1.0000			
[0205]	$A4 =$	-2.3336E-06			
[0206]	$A6 =$	1.3285E-09			
[0207]	$A8 =$	-3.9009E-12			
[0208]	[规格]				
[0209]	$f =$	51.60			
[0210]	$FNO =$	1.44			
[0211]	$\omega =$	23.12			
[0212]	$Y =$	21.60			
[0213]	$TL =$	87.71			
[0214]	[对焦数据]				
[0215]		无穷远	近程		
[0216]	R	∞	1.64 (m)		
[0217]	β	0.0	-1/30		
[0218]	Bf	38.5078	40.2277		
[0219]	[用于条件表达式的值]				
[0220]	(1) : $Bf/f =$	0.75			
[0221]	(2) : $nP =$	1.553			
[0222]	(3) : $nG =$	1.773			
[0223]	(4) : $n2L =$	1.773			
[0224]	(5) : $n2L-nP =$	0.220			
[0225]	(6) : $(-r21a)/f =$	0.357			
[0226]	(7) : $(-r21a)/r13b =$	0.985			
[0227]	(8) : $r23b/r2Lb =$	0.745			
[0228]	(9) : $n22-n21 =$	-0.001			
[0229]	(10) : $v22-v21 =$	21.2			

[0230] 图 4A 和 4B 是示出根据例子 2 的光学系统的各种像差的曲线图,其中,图 4A 示出当对焦在无穷远时 ($\beta = 0.00$) 时各种像差的曲线图,图 4B 示出对焦在近物上时 ($\beta = -1/30$) 各种像差的曲线图。

[0231] 正如从各个图中清楚地看出的,由于极好地校正各种像差的结果,根据例子 1 的光学系统具有极好光学性能。

[0232] < 例子 3>

[0233] 图 5 是示出根据例子 3 的光学系统的透镜结构的剖视图。

[0234] 根据例子 3 的光学系统沿着光学系统的光轴按照从物体的顺序包括,具有正折射能力的第一透镜组 G1,以及具有正折射能力的第二透镜组 G2。孔径光阑 S 设置在第一透镜

组 G1 和第二透镜组 G2 间。

[0235] 第一透镜组 G1 沿着光轴按照从物体起的顺序包括,具有面向物体的凸面并且物体侧表面的折射率强于图像侧表面的折射能力的 11 正凹凸透镜 L11、具有面向物体的凸面并且物体侧表面的折射能力强于图像侧表面的折射能力的 12 正凹凸透镜 L12,以及具有面向图像的内凹面的 13 负凹凸透镜 L13。

[0236] 第二透镜组 G2 沿着光轴按照从物体起的顺序包括,由在图像侧表面上具有较大曲率半径的 21 双凹负透镜 L21 与在图像侧表面上具有较小曲率半径的 22 双凸正透镜 L22 胶合构成的胶合透镜、在图像侧表面上具有较强折射能力的 23 双凸正透镜 L23,以及设置在光学系统的最图像侧的 2L 正凹凸透镜 L2L,其是由树脂材料和玻璃材料构成的复合型非球面透镜,具有面向图像的凸面,以及形成在面向物体的树脂材料上的非球面。从 2L 透镜发出的光线在像面 I 上形成图像。

[0237] 通过沿着光轴,将机体中的第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 移向物体,对近物进行对焦。

[0238] 在表 3 中,列出与根据例子 3 的光学系统有关的各种值。

[0239] 表 3

[0240] [透镜数据]

[0241]	i	r	d	nd	vd	
[0242]	1	45.6058	5.5000	1.772499	49.60	
[0243]	2	296.7518	0.1000			
[0244]	3	29.1170	5.5000	1.882997	40.76	
[0245]	4	39.4902	1.6000			
[0246]	5	73.0680	1.6000	1.647689	33.79	
[0247]	6	18.4729	9.3000			
[0248]	7	∞	7.7000	孔径光阑 S		
[0249]	8	-18.3644	1.8000	1.784696	26.29	
[0250]	9	342.0979	6.5000	1.804000	46.57	
[0251]	10	-30.5985	0.2000			
[0252]	11	9394.4860	4.5000	1.834807	42.71	
[0253]	12	-43.3481		0.1000		
[0254]	13*	-123.7741		0.1000	1.552810	37.63
[0255]	14	-123.7741		4.5000	1.772499	49.60
[0256]	15	-48.5167		(Bf)		

[0257] [非球面数据]

[0258] 表面编号 :13

[0259]	K =	1.0000
[0260]	A4 =	-2.7219E-06
[0261]	A6 =	7.4832E-10
[0262]	A8 =	-2.5366E-12

[0263] [规格]

[0264]	$f =$	51.60	
[0265]	$FNO =$	1.44	
[0266]	$\omega =$	23.08	
[0267]	$Y =$	21.60	
[0268]	$TL =$	87.50	
[0269]	[对焦数据]		
[0270]		无穷远	近程
[0271]	R	∞	1.64(m)
[0272]	β	0.0	-1/30
[0273]	Bf	38.5022	40.2221
[0274]	[用于条件表达式的值]		
[0275]	(1) : $Bf/f =$	0.75	
[0276]	(2) : $nP =$	1.553	
[0277]	(3) : $nG =$	1.773	
[0278]	(4) : $n2L =$	1.773	
[0279]	(5) : $n2L-nP =$	0.220	
[0280]	(6) : $(-r21a)/f =$	0.356	
[0281]	(7) : $(-r21a)/r13b =$	0.994	
[0282]	(8) : $r23b/r2Lb =$	0.893	
[0283]	(9) : $n22-n21 =$	0.019	
[0284]	(10) : $v22-v21 =$	20.3	

[0285] 图 6A 和 6B 是示出根据例子 3 的光学系统的各种像差的曲线图,其中,图 6A 示出当对焦在无穷远 ($\beta = 0.00$) 时各种像差的曲线图,而图 6B 示出当对焦在近物上 ($\beta = -1/30$) 时各种像差的曲线图。

[0286] 正如从各个图中清楚地看出的,由于极好地校正各种像差的结果,根据例子 3 的光学系统表现出极好光学性能。

[0287] < 例子 4>

[0288] 图 7 是示出根据例子 4 的光学系统的透镜结构的剖视图。

[0289] 根据例子 4 的光学系统沿着光学系统的光轴按照从物体起的顺序包括,具有正折射能力的第一透镜组 G1,以及具有正折射能力的第二透镜组 G2。孔径光阑 S 设置在第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间。

[0290] 第一透镜组 G1 沿着光轴按照从物体起的顺序包括,具有面向物体的凸面并且物体侧表面的折射能力强于图像侧表面的折射能力的 11 正凹凸透镜 L11、具有面向物体的凸面并且物体侧表面的折射能力强于图像侧表面的折射能力的 12 正凹凸透镜 L12,以及具有面向图像的内凹面的 13 负凹凸透镜 L13。

[0291] 第二透镜组 G2 沿着光轴按照从物体起的顺序包括,由在图像侧表面上具有较大曲率半径的 21 双凹负透镜 L21 与在图像侧表面上具有较小曲率半径的 22 双凸正透镜 L22 胶合构成的胶合透镜、在图像侧表面上具有较强折射能力的 23 双凸正透镜 L23,以及设置在光学系统的最图像侧的 2L 正凹凸透镜 L2L,其是由树脂材料和玻璃材料构成的复合型非

球面透镜,具有面向图像的凸面,以及形成在面向物体的树脂材料上的非球面。从 2L 透镜发出的光线在像面 I 上形成图像。

[0292] 通过沿着光轴,将机体中的第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 移向物体,对近物进行对焦。

[0293] 在表 4 中,列出与根据例子 4 的光学系统有关的各种值。

[0294] 表 4

[0295] [透镜数据]

[0296]	i	r	d	nd	vd
[0297]	1	46.0109	5.5000	1.788001	47.37
[0298]	2	318.6937	0.1000		
[0299]	3	28.5452	5.5000	1.834807	42.71
[0300]	4	39.4106	1.6000		
[0301]	5	76.5401	1.6000	1.647689	33.79
[0302]	6	18.4793	9.3000		
[0303]	7	∞	7.7000	孔径光阑 S	
[0304]	8	-18.4961	1.8000	1.805181	25.42
[0305]	9	31837.2730	6.5000	1.804000	46.57
[0306]	10	-30.3764	0.2000		
[0307]	11	5077.4803	4.5000	1.834807	42.71
[0308]	12	-42.7967	0.1000		
[0309]	13*	-137.6466	0.1000	1.552810	37.63
[0310]	14	-137.6466	4.5000	1.804000	46.57
[0311]	15	-51.5585	(Bf)		

[0312] [非球面数据]

[0313] 表面编号 :13

[0314]	$\kappa =$	1.0000
[0315]	A4 =	-2.3686E-06
[0316]	A6 =	-1.4624E-10
[0317]	A8 =	-4.6597E-14

[0318] [规格]

[0319]	f =	51.60
[0320]	FNO =	1.44
[0321]	$\omega =$	23.09
[0322]	Y =	21.60
[0323]	TL =	87.51

[0324] [对焦数据]

[0325]		无穷远	近程
[0326]	R	∞	1.64 (m)
[0327]	β	0.0	-1/30

[0328] Bf 38.5097 40.2296

[0329] [用于条件表达式的值]

[0330] (1) :Bf/f = 0.75

[0331] (2) :nP = 1.553

[0332] (3) :nG = 1.804

[0333] (4) :n2L = 1.804

[0334] (5) :n2L-nP = 0.251

[0335] (6) :(-r21a)/f = 0.358

[0336] (7) :(-r21a)/r13b = 1.001

[0337] (8) :r23b/r2Lb = 0.830

[0338] (9) :n22-n21 = -0.001

[0339] (10) v22-v21 = 21.2

[0340] 图 8A 和 8B 是示出根据例子 4 的光学系统的各种像差的曲线图,其中,图 8A 示出当对焦在无穷远 ($\beta = 0.00$) 时各种像差的曲线图,而图 8B 示出当对焦在近物上 ($\beta = -1/30$) 时各种像差的曲线图。

[0341] 正如从各个图中清楚地看出的,由于极好地校正各种相差的结果,根据例子 4 的光学系统表现出极好光学性能。

[0342] 如上所述,本实施例通过极好地校正包括弧矢彗差的各种像差、比较低的制造成本和比较易于制造,使得能够提供具有大孔径比、长后焦距、高光学性能的光学系统。

[0343] 然后,说明配备有根据本实施例的光学系统的照相机。尽管说明安装根据例子 1 的光学系统的情形,但通过其他例子也能获得相同的结果。

[0344] 图 9 是示出配备有根据例子 1 的光学系统的照相机结构的示意图。

[0345] 如图 9 所示,照相机是配备有根据例子 1 的光学系统作为摄像镜头 2 的单透镜反光数码相机。在照相机 1 中,从物体(未示出)发出的光由摄像透镜 2 会聚,并通过快速返回反光镜 3,聚焦在聚焦屏 4 上。由五边形屋脊棱镜 5 多次反射聚焦在聚焦屏 4 上的物体图像,并引向目镜 6。因此,拍摄者能通过目镜,将物体图像观察为正像。

[0346] 当拍摄者按压快门释放按钮(未示出)时,能从光路撤回快速返回反光镜 3 和焦平面快门 8,并且来自物体(未示出)的光到达成像器件 7。因此,由成像器件 7 捕捉从物体发出的光并作为物体图像存储在存储器(未示出)中。用这种方式,拍摄者能通过照相机拍摄物体的照片。

[0347] 通过将根据本实施例的例子 1 的光学系统安装在照相机 1 中作为摄像镜头 2,可以实现具有高光学性能的照相机。

[0348] 随便提一下,在不降低光学性能的限制内,可以适当地应用下述描述。

[0349] 尽管将具有两个透镜组结构的光学系统示为本实施例的每个例子,但是本实施例能够应用于其他透镜组结构,诸如三个透镜组结构。

[0350] 将至少一个透镜或至少一个透镜组添加到光学系统的最物体侧或最图像侧的透镜结构可以是可应用的。

[0351] 在每个例子中,为了进行从无穷远物体到近物进行对焦,可以沿着光轴移动透镜组的一部分、单透镜组或多个透镜组。

[0352] 对焦透镜组可以用于自动对焦,并适合于由马达,诸如超声马达驱动。

[0353] 透镜组或透镜组的一部分作为减振透镜组可以沿着垂直于光轴的方向偏移,用于校正由照相机抖动引起的图像模糊。特别优选第二透镜组或第二透镜组的一部分用作减振透镜组。

[0354] 此外,任何透镜表面可以是非球面。通过精磨工艺、通过模具将玻璃材料形成非球面形状的玻璃模制工艺,或将树脂材料在玻璃表面上形成非球面形状的复合型工艺,制作非球面。

[0355] 尽管孔径光阑优选位于第一透镜组和第二透镜组之间,但是可以由不放置部件的透镜框架作为孔径光阑替代该功能。

[0356] 可以将宽波长范围上具有高透射比的防反射涂层应用于每个透镜表面以便降低炫光或重影,因此能获得具有高对比度的高光学性能。

[0357] 为了更好地理解本发明的,本实施例仅示出具体例子。因此,不必说在更广泛的方面,本发明不限于在此所示和所述的具体细节和代表性器件,并且在不背离如由权利要求及其等同无所限定的总的发明原理的精神或范围的情况下,可以做出各种修改。

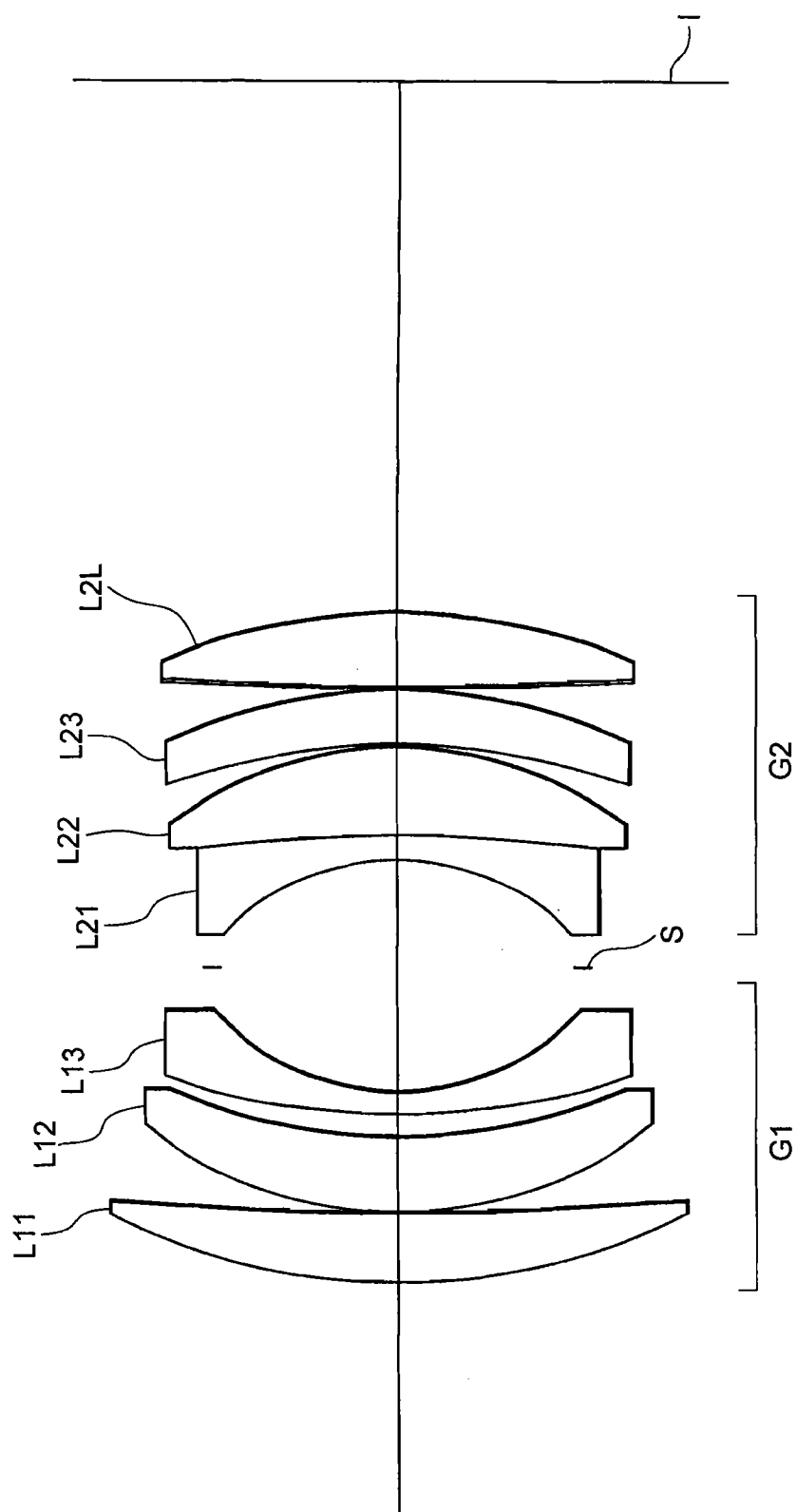


图1

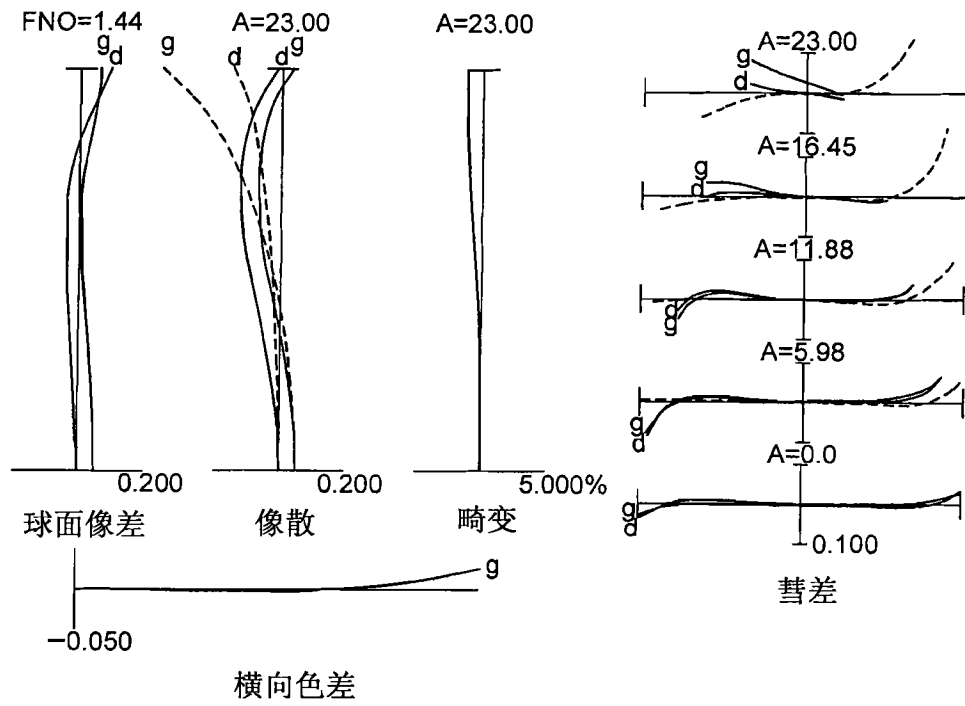


图 2A

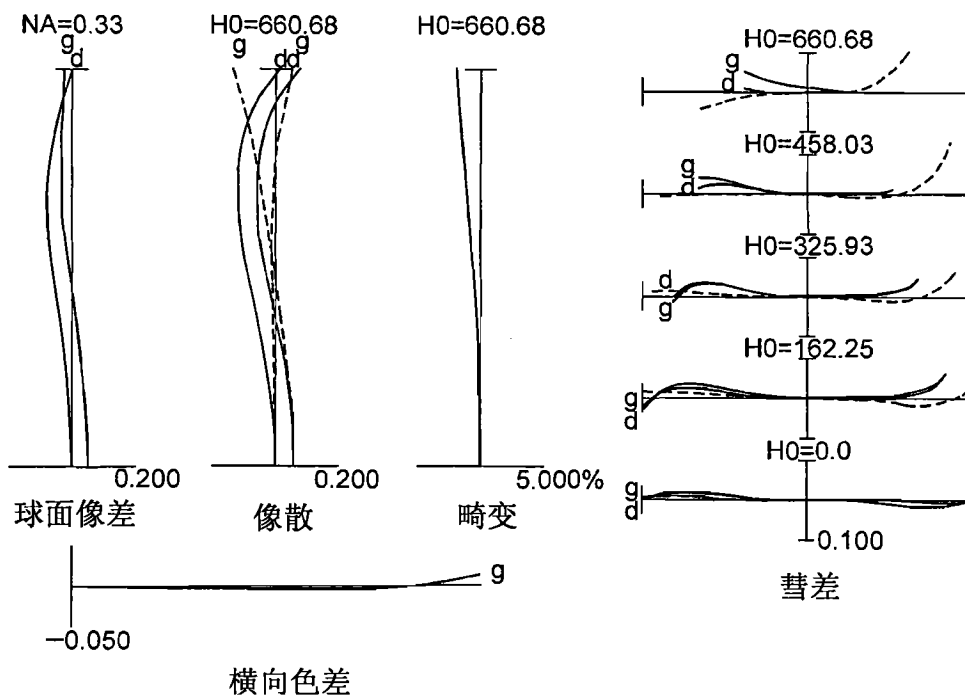


图 2B

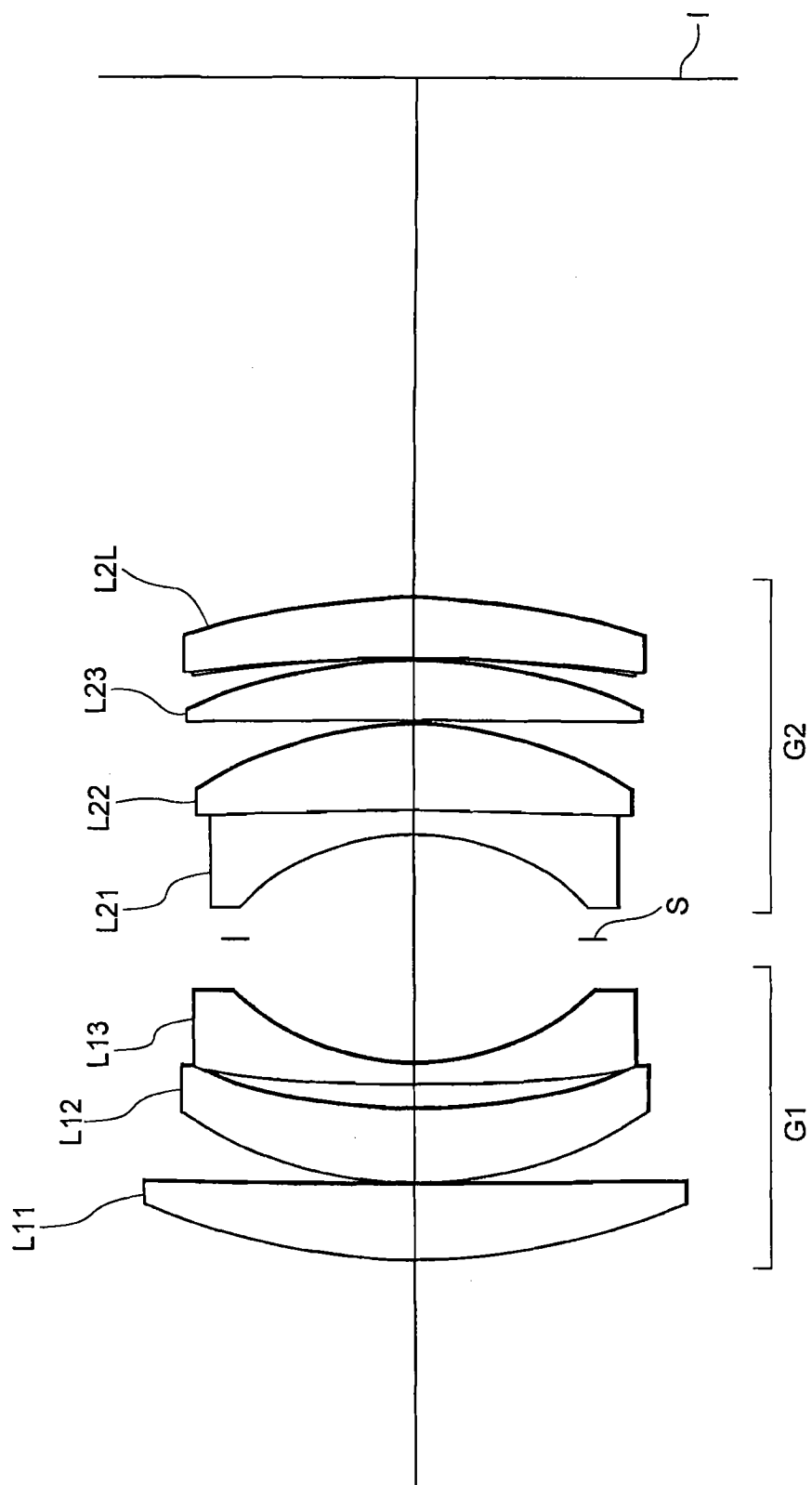


图3

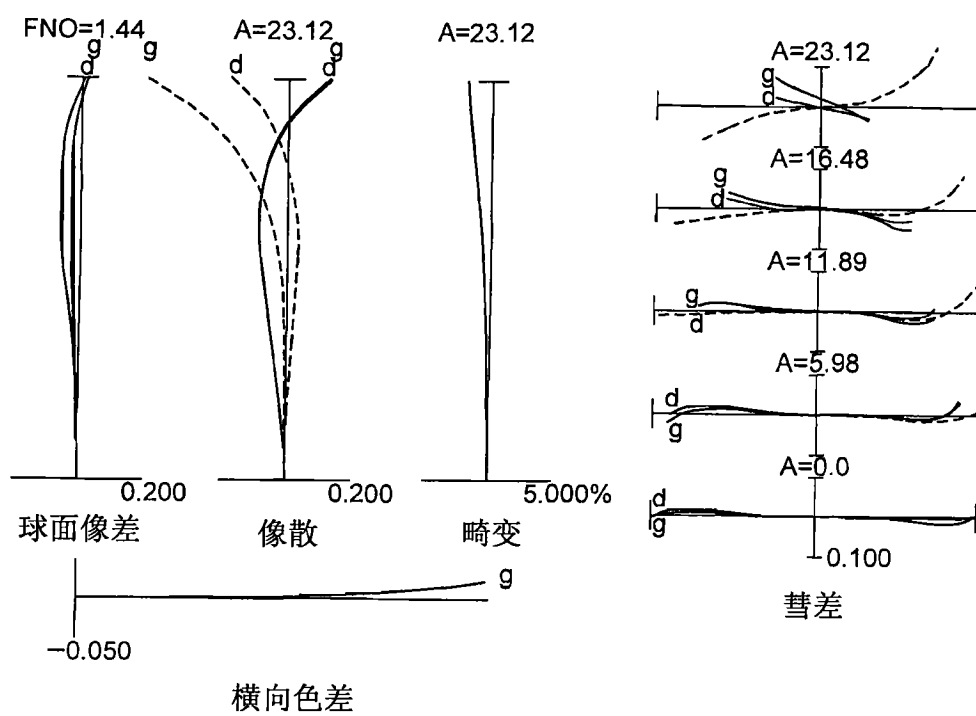


图 4A

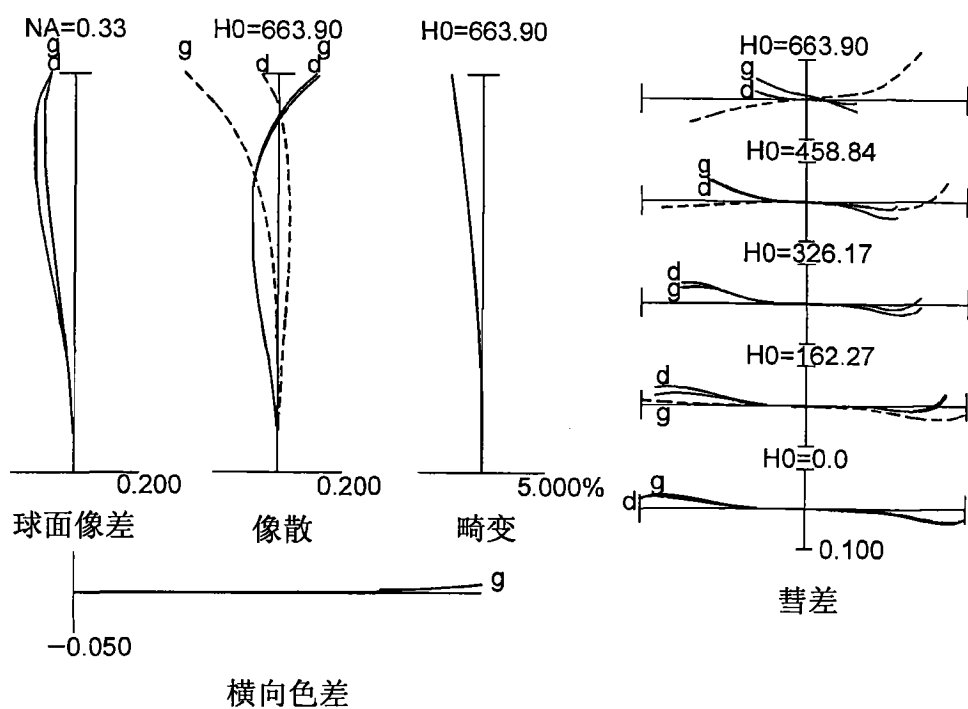


图 4B

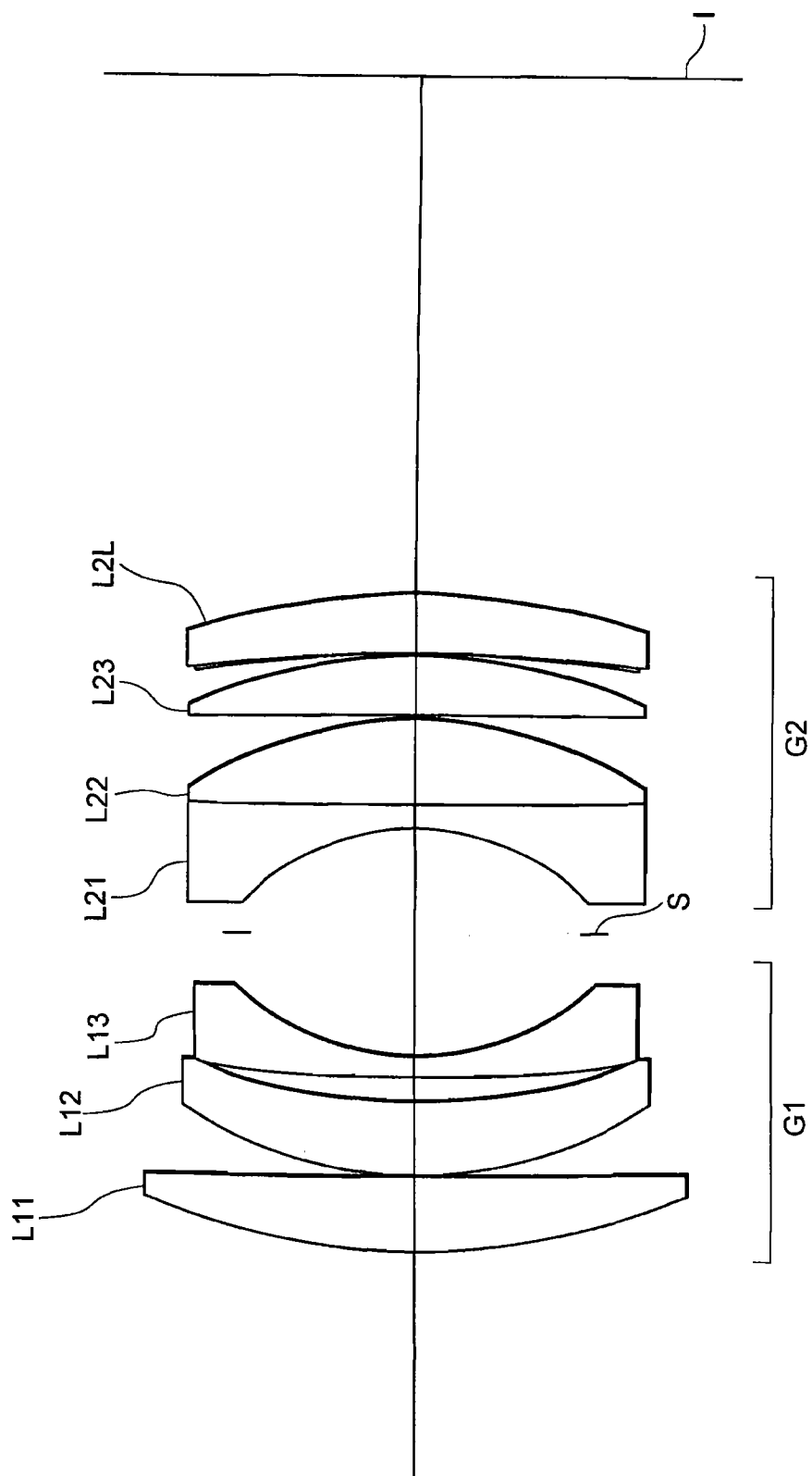


图5

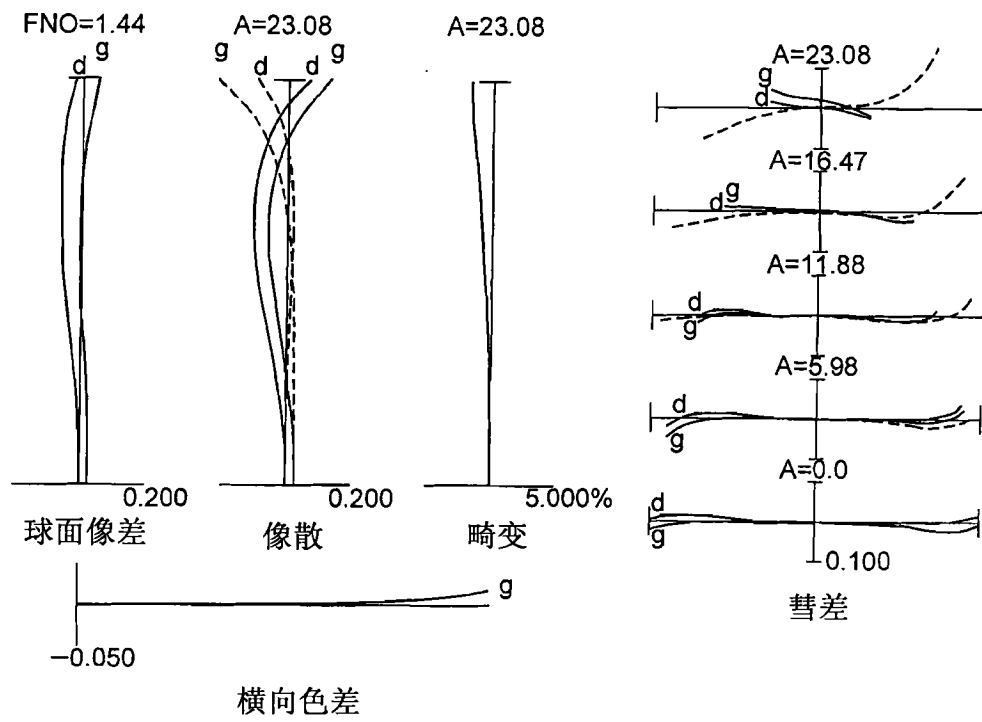


图 6A

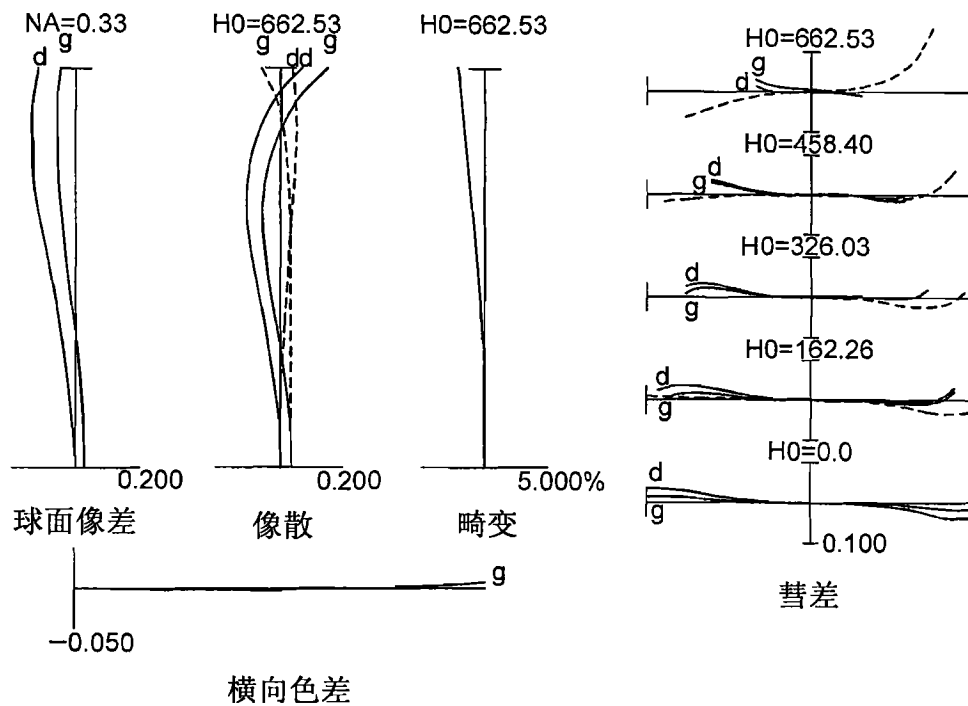
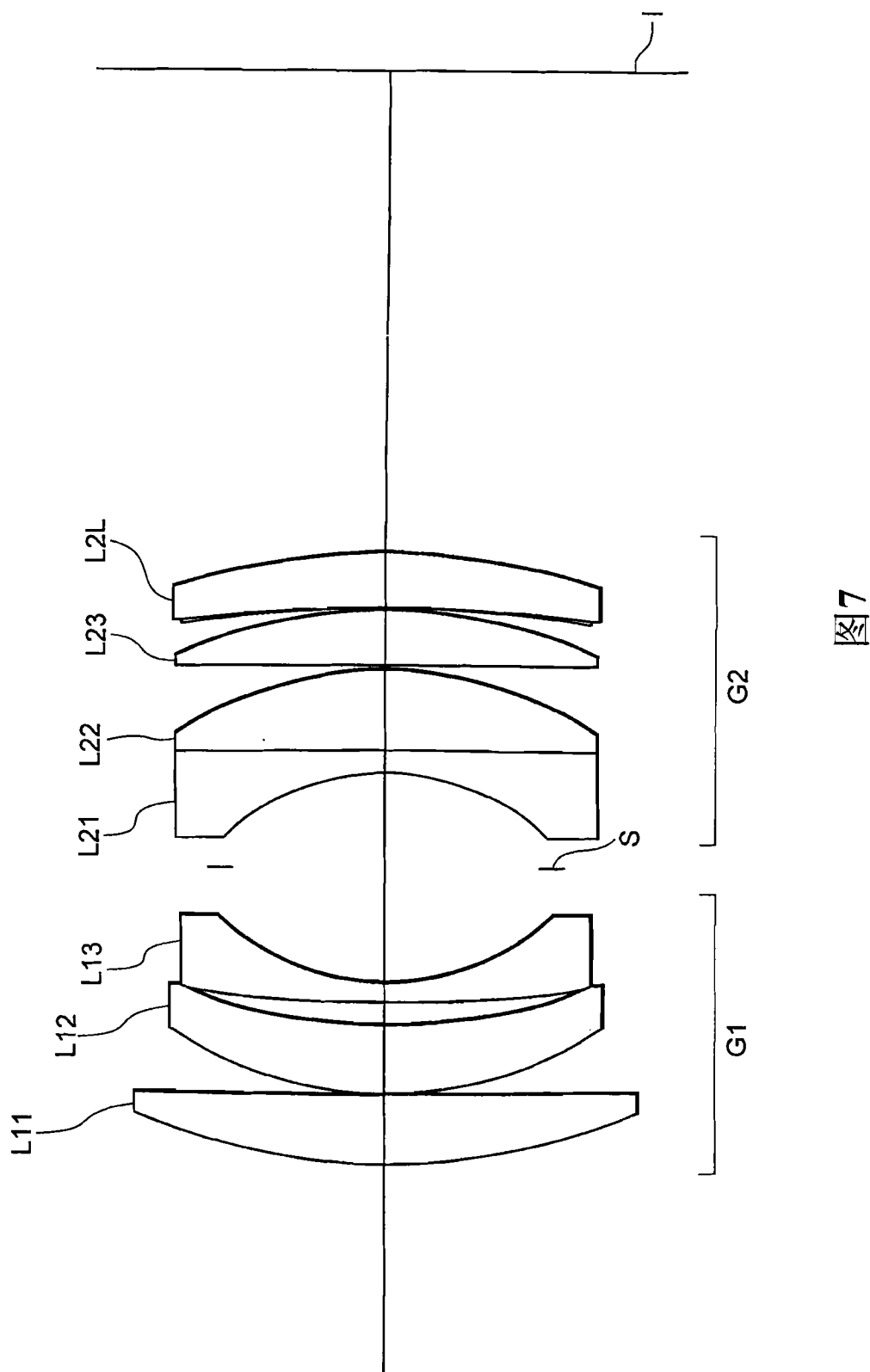


图 6B



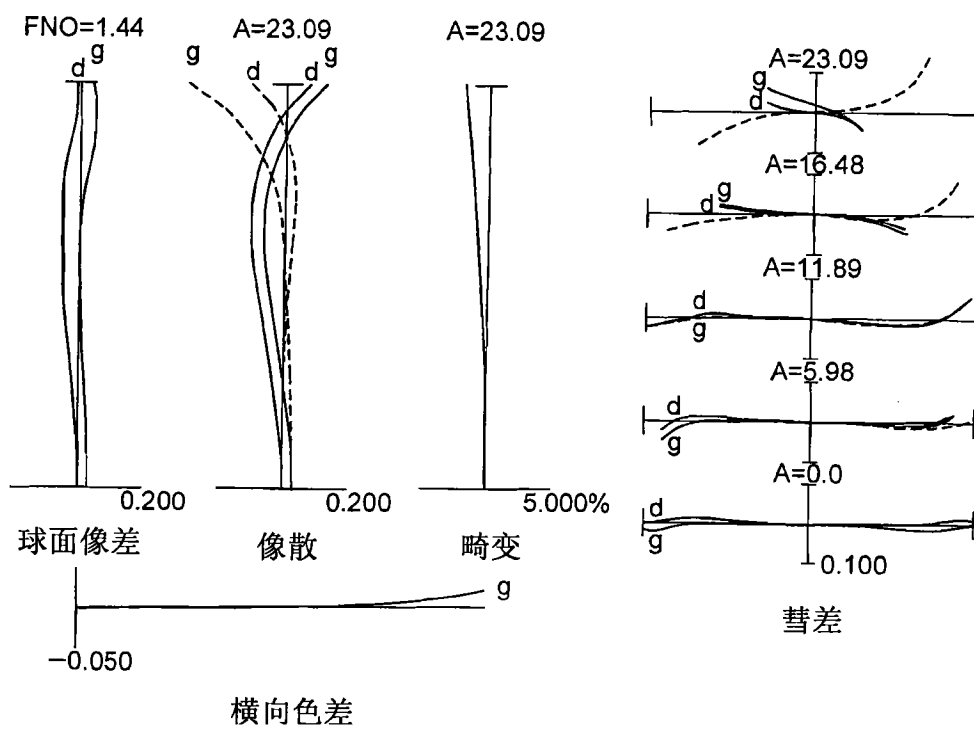


图 8A

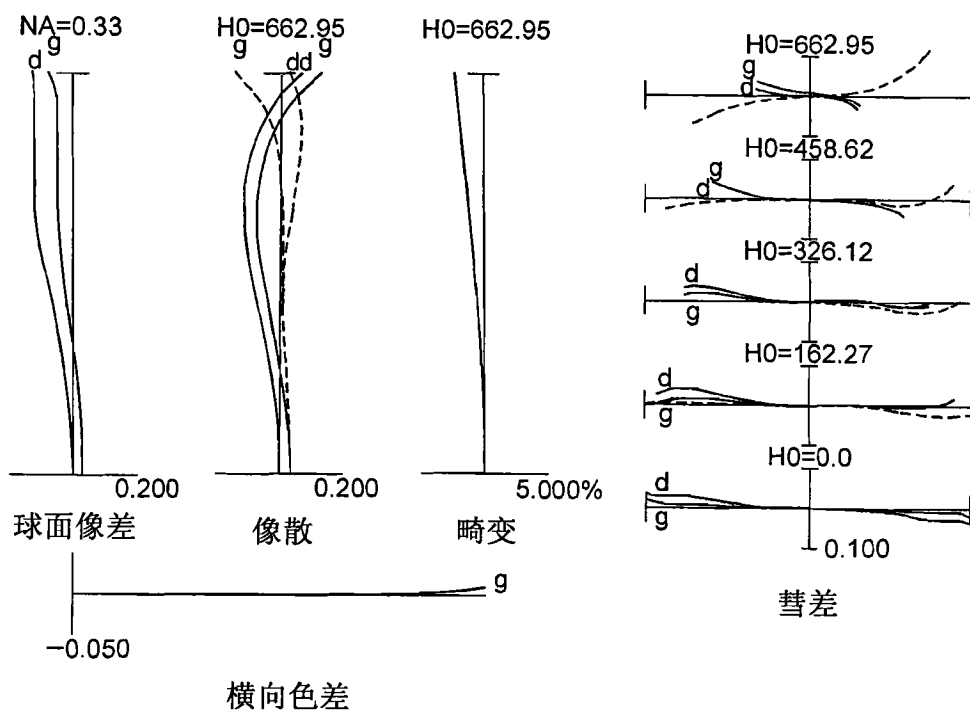


图 8B

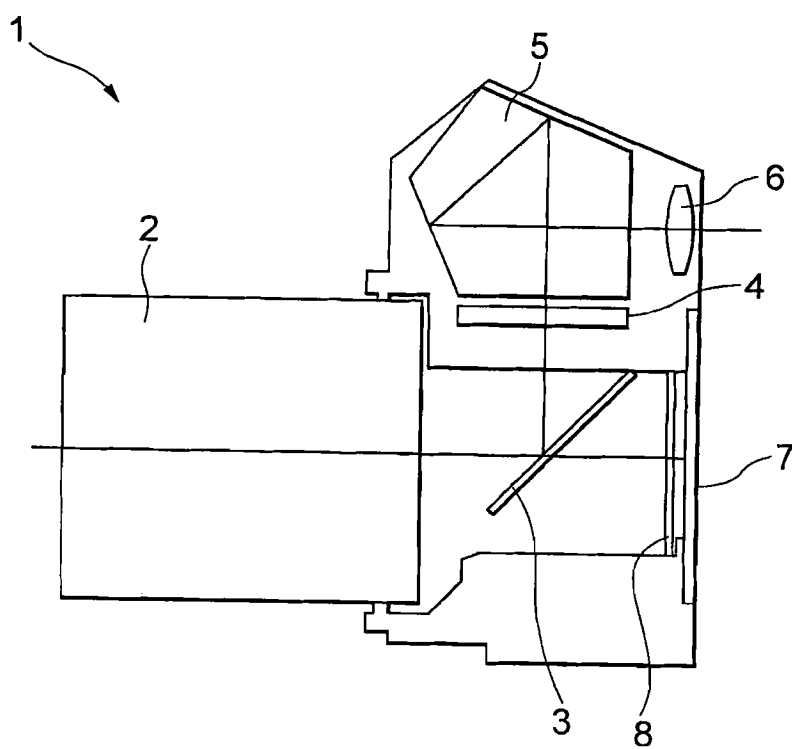


图 9