



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119213342 A

(43) 申请公布日 2024. 12. 27

(21) 申请号 202380029361.6

(22) 申请日 2023.03.24

(30) 优先权数据

2022-053866 2022.03.29 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.09.23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/011961 2023.03.24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/190222 JA 2023.10.05

(71) 申请人 株式会社尼康

地址 日本

(72) 发明人 稗田步 渡士妙子

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

专利代理师 季莹 方应星

(51) Int. Cl.

G02B 13/00 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)

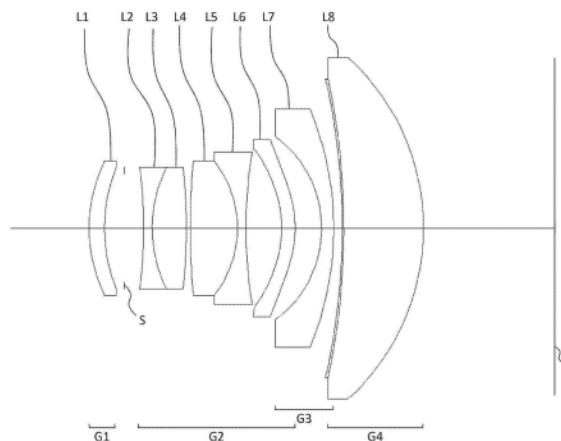
权利要求书5页 说明书32页 附图12页

(54) 发明名称

光学系统、光学设备及光学系统的制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种光学系统,该光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,将该光学系统构成为同时满足以下的条件式: $0.350 < Bf/y < 0.700$ 、 $1.350 < TL/y < 2.000$ 、 $0.050 < Np1 - Nn1 < 0.400$ 其中,Bf为空气换算长度下的后焦距,y为最大像高,TL为从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离,Np1为构成第1接合透镜的正透镜的折射率,Nn1为构成第1接合透镜的负透镜的折射率。



1.一种光学系统,其中,
所述光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,
所述后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,
所述光学系统同时满足以下的条件式:

$$0.350 < Bf/y < 0.700$$

$$1.350 < TL/y < 2.000$$

$$0.050 < Np1-Nn1 < 0.400$$

其中,

Bf:空气换算长度下的后焦距,

y:最大像高,

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离,

Np1:构成所述第1接合透镜的正透镜的折射率,

Nn1:构成所述第1接合透镜的负透镜的折射率。

2.一种光学系统,其中,
所述光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,
所述后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,
所述光学系统同时满足以下的条件式:

$$0.350 < Bf/y < 0.700$$

$$1.350 < TL/y < 2.000$$

$$1.500 < tp1/tn1 < 7.000$$

其中,

Bf:空气换算长度下的后焦距,

y:最大像高,

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离,

tp1:构成所述第1接合透镜的正透镜的中心厚度,

tn1:构成所述第1接合透镜的负透镜的中心厚度。

3.一种光学系统,其中,
所述光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,
所述后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,
所述第1透镜组具有配置在最靠物体侧的正透镜,
所述光学系统同时满足以下的条件式:

$$1.000 < f/y < 1.600$$

$$0.025 < t1/f < 0.080$$

其中,

f:所述光学系统整个系统的焦距,

y:最大像高,

t1:所述最靠物体侧的透镜的中心厚度。

4.根据权利要求1-3中的任意一项所述的光学系统,其中,
所述光学系统满足以下的条件式:

$$3.000 < vdp1 - vdn1 < 30.000$$

其中,

vdp1:构成所述第1接合透镜的正透镜的以d线为基准的阿贝数,

vdn1:构成所述第1接合透镜的负透镜的以d线为基准的阿贝数。

5.根据权利要求1-3中的任意一项所述的光学系统,其中,所述后组由正透镜和负透镜构成,具有与所述第1接合透镜不同的第2接合透镜。

6.根据权利要求5所述的光学系统,其中,所述光学系统满足以下的条件式:

$$1.000 < f/y < 1.380$$

f:所述光学系统整个系统的焦距。

7.根据权利要求5或6所述的光学系统,其中,

在所述第1接合透镜及所述第2接合透镜中,对于配置于物体侧的接合透镜在物体侧配置有负透镜,对于配置于像面侧的接合透镜在像面侧配置有负透镜。

8.根据权利要求5-7中的任意一项所述的光学系统,其中,所述光学系统满足以下的条件式:

$$-0.030 < fc1/fc2 < 1.000$$

其中,

fc1:所述第1接合透镜及所述第2接合透镜中的配置于物体侧的接合透镜的合成焦距,

fc2:所述第1接合透镜及所述第2接合透镜中的配置于像面侧的接合透镜的合成焦距。

9.根据权利要求5-8中的任意一项所述的光学系统,其中,所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.050 < Np2 - Nn2 < 0.400$$

其中,

Np2:构成所述第2接合透镜的正透镜的折射率,

Nn2:构成所述第2接合透镜的负透镜的折射率。

10.根据权利要求5-9中的任意一项所述的光学系统,其中,所述光学系统满足以下的条件式:

$$3.000 < vdp2 - vdn2 < 30.000$$

其中,

vdp2:构成所述第2接合透镜的正透镜的以d线为基准的阿贝数,

vdn2:构成所述第2接合透镜的负透镜的以d线为基准的阿贝数。

11.根据权利要求1-10中的任意一项所述的光学系统,其中,所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.550 < (\sum \Delta Pzi) / \Delta Pz < 1.400$$

其中,

$\sum \Delta Pzi$:由正透镜和负透镜构成且包含于所述后组的至少一个接合透镜各自的、该接合透镜的匹兹伐和与该接合透镜的合成焦距的倒数之和的总和,

ΔPz :所述光学系统整个系统的匹兹伐和与所述光学系统整个系统的焦距的倒数之和。

12. 根据权利要求1-11中的任意一项所述的光学系统,其中,所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.525 < \Sigma D/TL < 0.967$$

其中,

ΣD :从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离,

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离。

13. 根据权利要求1-12中的任意一项所述的光学系统,其中,所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.050 < dL1_St/TL < 0.167$$

其中,

dL1_St:从最靠物体侧的透镜面到孔径光阑为止的距离,

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离。

14. 根据权利要求1-13中的任意一项所述的光学系统,其中,所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.750 < TL/f < 1.600$$

其中,

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离,

f:所述光学系统整个系统的焦距。

15. 根据权利要求1-14中的任意一项所述的光学系统,其中,所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.700 < f1/f < 5.000$$

其中,

f1:所述第1透镜组的焦距,

f:所述光学系统整个系统的焦距。

16. 根据权利要求1-15中的任意一项所述的光学系统,其中,所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.010 < D1/TL < 0.150$$

其中,

D1:从所述第1透镜组的最靠物体侧的透镜面到所述第1透镜组的最靠像面侧的透镜面为止的距离,

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离。

17. 根据权利要求1-16中的任意一项所述的光学系统,其中,所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.025 < t1/\Sigma D < 0.080$$

其中,

t1:最靠物体侧的透镜的中心厚度,

ΣD :从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离。

18. 根据权利要求1-17中的任意一项所述的光学系统,其中,所述光学系统满足以下的条件式:

$$-4.500 < (rR2+rR1)/(rR2-rR1) < -1.500$$

其中,

rR1:最靠像面侧的透镜的物体侧透镜面的曲率半径,

rR2:最靠像面侧的透镜的像面侧透镜面的曲率半径。

19.根据权利要求1-18中的任意一项所述的光学系统,其中,所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.130 < tR/\Sigma D < 0.350$$

其中,

tR:最靠像面侧的透镜的中心厚度,

ΣD :从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离。

20.根据权利要求1-19中的任意一项所述的光学系统,其中,所述后组从物体侧依次具备第2透镜组、具有负的光焦度的第3透镜组以及第4透镜组,所述第3透镜组在最靠物体侧具备相比所述孔径光阑配置于像面侧且凹面朝向物体侧的负弯月形透镜中的、配置于最靠像面侧的负弯月形透镜,所述第4透镜组由正透镜构成。

21.根据权利要求20所述的光学系统,其中,

所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.300 < (-f3)/f < 2.200$$

其中,

f3:所述第3透镜组的焦距,

f:所述光学系统整个系统的焦距。

22.根据权利要求20或21所述的光学系统,其中,

所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.450 < f4/f < 2.300$$

其中,

f4:所述第4透镜组的焦距,

f:所述光学系统整个系统的焦距。

23.根据权利要求20-22中的任意一项所述的光学系统,其中,

所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.286 < (-f3)/f4 < 2.000$$

其中,

f3:所述第3透镜组的焦距,

f4:所述第4透镜组的焦距。

24.根据权利要求20-22中的任意一项所述的光学系统,其中,

所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.300 < f2/f < 2.000$$

其中,

f2:所述第2透镜组的焦距,

f:所述光学系统整个系统的焦距。

25. 根据权利要求20-24中的任意一项所述的光学系统,其中,
所述光学系统满足以下的条件式:

$$1.500 < (r312+r311)/(r312-r311) < 7.000$$

其中,

r311:所述第3透镜组的最靠物体侧的透镜的物体侧透镜面的曲率半径,

r312:所述第3透镜组的最靠物体侧的透镜的像面侧透镜面的曲率半径。

26. 根据权利要求20-25中的任意一项所述的光学系统,其中,
所述光学系统满足以下的条件式:

$$0.400 < dL1_Gr3/\Sigma D < 0.900$$

其中,

dL1_Gr3:从最靠物体侧的透镜面到所述第3透镜组的最靠物体侧的透镜面为止的距离,

ΣD :从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离。

27. 一种光学设备,具备权利要求1-26中的任意一项所述的光学系统。

28. 一种光学系统的制造方法,

该光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,

所述后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,其中,

以所述光学系统同时满足以下的条件式的方式配置各透镜:

$$0.350 < Bf/y < 0.700$$

$$1.350 < TL/y < 2.000$$

$$0.050 < Np1-Nn1 < 0.400$$

其中,

Bf:空气换算长度下的后焦距,

y:最大像高,

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离,

Np1:构成所述第1接合透镜的正透镜的折射率,

Nn1:构成所述第1接合透镜的负透镜的折射率。

光学系统、光学设备及光学系统的制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及光学系统、光学设备及光学系统的制造方法。

背景技术

[0002] 以往,公开有在照片用相机、电子静态相机、摄像机等光学设备上使用的光学系统(例如参照专利文献1)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2017-054078号公报

发明内容

[0006] 本公开的光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,该光学系统同时满足以下的条件式:

$$0.350 < Bf/y < 0.700$$

$$1.350 < TL/y < 2.000$$

$$0.050 < Np1-Nn1 < 0.400$$

其中,

Bf:空气换算长度下的后焦距,

y:最大像高,

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离,

Np1:构成第1接合透镜的正透镜的折射率,

Nn1:构成第1接合透镜的负透镜的折射率。

[0007] 本公开的光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,该光学系统同时满足以下的条件式:

$$0.350 < Bf/y < 0.700$$

$$1.350 < TL/y < 2.000$$

$$1.500 < tp1/tn1 < 7.000$$

其中,

Bf:空气换算长度下的后焦距,

y:最大像高,

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离,

tp1:构成第1接合透镜的正透镜的中心厚度,

tn1:构成第1接合透镜的负透镜的中心厚度。

[0008] 本公开的光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,第1透镜组具有配置在最靠物体侧的正透镜,该光学系统同时满足以下的条件式:

$$1.000 < f/y < 1.600$$

$$0.025 < t1/f < 0.080$$

其中,

f:光学系统整个系统的焦距,

y:最大像高,

t1:最靠物体侧的透镜的中心厚度。

[0009] 本公开的光学系统的制造方法,该光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,以该光学系统同时满足以下的条件式的方式配置各透镜:

$$0.350 < Bf/y < 0.700$$

$$1.350 < TL/y < 2.000$$

$$0.050 < Np1-Nn1 < 0.400$$

其中,

Bf:空气换算长度下的后焦距,

y:最大像高,

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离,

Np1:构成第1接合透镜的正透镜的折射率,

Nn1:构成第1接合透镜的负透镜的折射率。

附图说明

[0010] 图1是无限远物体对焦时的第1实施例的光学系统的剖视图。

[0011] 图2是无限远物体对焦时的第1实施例的光学系统的各像差图。

[0012] 图3是无限远物体对焦时的第2实施例的光学系统的剖视图。

[0013] 图4是无限远物体对焦时的第2实施例的光学系统的各像差图。

[0014] 图5是无限远物体对焦时的第3实施例的光学系统的剖视图。

[0015] 图6是无限远物体对焦时的第3实施例的光学系统的各像差图。

[0016] 图7是无限远物体对焦时的第4实施例的光学系统的剖视图。

[0017] 图8是无限远物体对焦时的第4实施例的光学系统的各像差图。

[0018] 图9是无限远物体对焦时的第5实施例的光学系统的剖视图。

[0019] 图10是无限远物体对焦时的第5实施例的光学系统的各像差图。

[0020] 图11是具备本实施方式的光学系统的相机的示意图。

[0021] 图12是示出本实施方式的光学系统的制造方法的概略的流程图。

具体实施方式

[0022] 以下,对本申请的实施方式的光学系统、光学设备及光学系统的制造方法进行说明。

[0023] 本实施方式的光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,该光学系统同时满足以下的条件式。

[0024] (1) $0.350 < Bf/y < 0.700$

$$(2) 1.350 < TL/y < 2.000$$

$$(3) 0.050 < Np1-Nn1 < 0.400$$

其中,

Bf:空气换算长度下的后焦距

y:最大像高

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离

Np1:构成第1接合透镜的正透镜的折射率

Nn1:构成第1接合透镜的负透镜的折射率

[0025] 本实施方式的光学系统中,后组具有第1接合透镜,从而能够良好地对色差进行校正且将匹兹伐和保持为适当的值,能够良好地对像面弯曲进行校正。

[0026] 条件式(1)规定空气换算长度下的后焦距与最大像高的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(1),从而能够在确保能够在光学系统与像面之间配置必要的滤光器类的适当长度的后焦距的同时,适当地对各像差进行校正。

[0027] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(1)的值超过上限值时,后焦距变得过长,光学系统的全长增大。另外,在光学系统中,当通过缩短后焦距以外的长度来缩短全长时,难以适当地对各像差进行校正。

[0028] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(1)的上限值设定为0.700,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(1)的上限值设定为0.691,进一步设定为0.550。

[0029] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(1)的值低于下限值时,后焦距变得过短,难以在拍摄元件的近前配置滤光器类,从拍摄元件输出的图像信号的质量下降。

[0030] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(1)的下限值设定为0.350,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(1)的下限值设定为0.369,进一步设定为0.400。

[0031] 条件式(2)规定从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离(光学全长)与最大像高的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(2),从而能够在抑制光学系统的全长的增大的同时,抑制拍摄元件中的阴影,并且适当地对各像差进行校正。

[0032] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(2)的值超过上限值时,光学系统全长变长,光学系统变得大型化。

[0033] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(2)的上限值设定为2.000,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(2)的上限值设定为1.843,进一步设定为1.820。

[0034] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(2)的值低于下限值时,光线向拍摄元件的入射角变大而产生阴影,并且难以对各像差进行校正。

[0035] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(2)的下限值设定为1.350,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(2)的下限值设定为1.400,进一步设定为1.600。

[0036] 条件式(3)规定构成第1接合透镜的正透镜的折射率与构成第1接合透镜的负透镜的折射率的差。本实施方式的光学系统通过具有满足条件式(3)的第1接合透镜,从而能够

适当抑制各像差的产生。

[0037] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(3)的值超过上限值时,第1接合透镜的接合面上的光焦度变得过强,各像差产生得大。

[0038] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(3)的上限值设定为0.400,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(3)的上限值设定为0.350,进一步设定为0.300。

[0039] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(3)的值低于下限值时,无法通过第1接合透镜适当地对匹兹伐和进行校正,难以抑制光学系统整个系统中的像面弯曲。

[0040] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(3)的下限值设定为0.050,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(3)的下限值设定为0.060,进一步设定为0.070。

[0041] 在同时满足条件式(1)、条件式(2)、条件式(3)的光学系统中,能够抑制光学系统全长的增大,确保适当长度的后焦距,抑制拍摄元件中的阴影,并且适当地对各像差进行校正。

[0042] 本实施方式的光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,该光学系统同时满足以下的条件式。

- [0043] (1) $0.350 < Bf/y < 0.700$
(2) $1.350 < TL/y < 2.000$
(4) $1.500 < tp1/tn1 < 7.000$

其中,

Bf:空气换算长度下的后焦距

y:最大像高

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离

tp1:构成第1接合透镜的正透镜的中心厚度

tn1:构成第1接合透镜的负透镜的中心厚度

[0044] 条件式(4)规定构成第1接合透镜的正透镜的中心厚度与构成第1接合透镜的负透镜的中心厚度的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(4),从而能够在抑制光学系统全长的增大的同时,适当地对各像差进行校正。

[0045] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(4)的值超过上限值时,构成第1接合透镜的正透镜的光轴上的厚度变得过大,光学系统的全长变大。

[0046] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(4)的上限值设定为7.000,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(4)的上限值设定为6.000,进一步设定为5.000。

[0047] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(4)的值低于下限值时,无法使构成第1接合透镜的正透镜的光焦度足够强,难以进行色差、匹兹伐和等各像差的校正。

[0048] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(4)的下限值设定为1.500,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(4)的下限值设定为1.800,进一步设定为3.000。

[0049] 在同时满足条件式(1)、条件式(2)、条件式(4)的光学系统中,能够抑制光学系统

全长的增大,确保适当长度的后焦距,抑制拍摄元件中的阴影,并且适当地对各像差进行校正。

[0050] 本实施方式的光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,第1透镜组具有配置在最靠物体侧的正透镜,该光学系统同时满足以下的条件式。

[0051] (5) $1.000 < f/y < 1.600$

(6) $0.025 < t1/f < 0.080$

其中,

f:光学系统整个系统的焦距

y:最大像高

t1:最靠物体侧的透镜的中心厚度

[0052] 条件式(5)规定光学系统整个系统的焦距与最大像高的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(5),从而能够在抑制光学系统全长的增大的同时,适当地同时对球面像差和彗差进行校正。

[0053] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(5)的值超过上限值时,光学系统的焦距变得过长,光学系统的全长变大。另外,当想要缩短光学系统的全长时,难以适当地对各像差进行校正。

[0054] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(5)的上限值设定为1.600,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(5)的上限值设定为1.550,进一步设定为1.500。

[0055] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(5)的值低于下限值时,对于最靠物体侧的透镜的轴上光束的偏角与离轴光束的偏角之间的差变大,难以同时对由轴上光束引起的球面像差和由离轴光束引起的彗差进行校正。

[0056] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(5)的下限值设定为1.000,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(5)的下限值设定为1.100,进一步设定为1.200。

[0057] 条件式(6)规定最靠物体侧的透镜的中心厚度与光学系统整个系统的焦距的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(6),从而能够在将出瞳配置在适当的位置的同时,适当地对彗差进行校正。

[0058] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(6)的值超过上限值时,配置于最靠物体侧的正透镜的厚度变得过厚,由于孔径光阑的位置靠近像面,因此难以将出瞳配置在适当的位置。

[0059] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(6)的上限值设定为0.080,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(6)的上限值设定为0.075,进一步设定为0.070。

[0060] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(6)的值低于下限值时,配置于最靠物体侧的正透镜的厚度变得过薄,难以进行彗差的校正。

[0061] 在本实施方式的光学系统中,通过条件式(6)的下限值设定为0.025,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将

条件式(6)的下限值设定为0.030,进一步设定为0.035。

[0062] 在同时满足条件式(5)、条件式(6)的光学系统中,能够在抑制光学系统全长的增大的同时将出瞳配置在适当的位置,能够适当地同时对球面像差和彗差进行校正。

[0063] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选该光学系统满足以下的条件式。

[0064] (7) $3.000 < vdp1 - vdn1 < 30.000$

其中,

vdp1:构成第1接合透镜的正透镜的以d线为基准的阿贝数

vdn1:构成第1接合透镜的负透镜的以d线为基准的阿贝数

[0065] 条件式(7)规定构成第1接合透镜的正透镜及负透镜中的、以d线为基准的阿贝数的差。本实施方式的光学系统通过满足条件式(7),从而能够通过第1接合透镜适当地对色差进行校正。

[0066] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(7)的值超过上限值时,基于第1接合透镜的色差的校正变得过大。

[0067] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(7)的上限值设定为30.000,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(7)的上限值设定为25.000,进一步设定为20.000。

[0068] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(7)的值低于下限值时,基于第1接合透镜的色差的校正变得过小。

[0069] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(7)的下限值设定为3.000,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(7)的下限值设定为4.500,进一步设定为5.000。

[0070] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选的是,后组由正透镜和负透镜构成,具有与第1接合透镜不同的第2接合透镜。

[0071] 在本实施方式的光学系统中,通过具有这样的结构,从而能够适当地对倍率色差进行校正。

[0072] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0073] (8) $1.000 < f/y < 1.380$

f:光学系统整个系统的焦距

[0074] 条件式(8)规定光学系统整个系统的焦距与最大像高的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(8),从而能够在通过第1接合透镜及第2接合透镜适当地对倍率色差进行校正的同时,适当地同时对球面像差和彗差进行校正。

[0075] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(8)的值超过上限值时,无法通过第1接合透镜及第2接合透镜适当地对倍率色差进行校正。

[0076] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(8)的上限值设定为1.380,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(8)的上限值设定为1.330,进一步设定为1.280。

[0077] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(8)的值低于下限值时,对于最靠物体侧的透镜的、轴上光束的偏角与离轴光束的偏角的差变大,难以适当地同时对球面像差和彗差进行校正。

[0078] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(8)的下限值设定为1.000,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(8)的下限值设定为1.100,进一步设定为1.200。

[0079] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选的是,在第1接合透镜及第2接合透镜中,对于配置于物体侧的接合透镜在物体侧配置有负透镜,对于配置于像面侧的接合透镜在像面侧配置有负透镜。

[0080] 在本实施方式的光学系统中,在接合透镜中,通过在轴上光束更粗的物体侧配置负透镜,从而能够有效地对各像差、特别是球面像差进行校正。另外,通过使第1接合透镜与第2接合透镜具有对称形状,从而能够有效地对各像差、特别是彗差进行校正。

[0081] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0082] (9) $-0.030 < fc1/fc2 < 1.000$

其中,

fc1:第1接合透镜及第2接合透镜中的配置于物体侧的接合透镜的合成焦距

fc2:第1接合透镜及第2接合透镜中的配置于像面侧的接合透镜的合成焦距

[0083] 条件式(9)规定第1接合透镜及第2接合透镜中的配置于物体侧的接合透镜的合成焦距与第1接合透镜及第2接合透镜中的配置于像面侧的接合透镜的合成焦距的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(9),从而能够在抑制光学系统全长的增大的同时,抑制球面像差的产生。

[0084] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(9)的值超过上限值时,第1接合透镜及第2接合透镜中的配置于像面侧的接合透镜的光焦度变大,光学系统的全长变得过大。

[0085] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(9)的上限值设定为1.000,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(9)的上限值设定为0.960,进一步设定为0.930。

[0086] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(9)的值低于下限值时,第1接合透镜及第2接合透镜中的配置于像面侧的接合透镜的光焦度变大,产生球面像差。

[0087] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(9)的下限值设定为-0.030,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(9)的下限值设定为-0.020,进一步设定为-0.010。

[0088] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0089] (10) $0.050 < Np2-Nn2 < 0.400$

其中,

Np2:构成第2接合透镜的正透镜的折射率

Nn2:构成第2接合透镜的负透镜的折射率

[0090] 条件式(10)规定构成第2接合透镜的正透镜的折射率与构成第2接合透镜的负透镜的折射率的比。本实施方式的光学系统通过具有满足条件式(10)的第2接合透镜,从而能够适当地对匹兹伐和进行校正。

[0091] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(10)的值超过上限值时,第2接合透镜的接合面上的光焦度变得过强,像差产生得大。

[0092] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(10)的上限值设定为0.400,从而能够

更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(10)的上限值设定为0.350,进一步设定为0.300。

[0093] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(10)的值低于下限值时,无法通过第2接合透镜适当地对匹兹伐和进行校正,产生像面弯曲。

[0094] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(10)的下限值设定为0.050,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(10)的下限值设定为0.060,进一步设定为0.070。

[0095] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0096] (11) $3.000 < vdp2 - vdn2 < 30.000$

其中,

vdp2:构成第2接合透镜的正透镜的以d线为基准的阿贝数

vdn2:构成第2接合透镜的负透镜的以d线为基准的阿贝数

[0097] 条件式(11)规定构成第2接合透镜的正透镜的以d线为基准的阿贝数与构成第2接合透镜的负透镜的以d线为基准的阿贝数的差。本实施方式的光学系统通过满足条件式(11),从而能够通过第2接合透镜适当地对色差进行校正。

[0098] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(11)的值超过上限值时,基于第2接合透镜的色差的校正变得过大。

[0099] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(11)的上限值设定为30.000,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(11)的上限值设定为25.000,进一步设定为20.000。

[0100] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(11)的值低于下限值时,基于第2接合透镜的色差的校正变得过小。

[0101] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(11)的下限值设定为3.000,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(11)的下限值设定为4.500,进一步设定为5.000。

[0102] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0103] (12) $0.550 < (\sum \Delta Pzi) / \Delta Pz < 1.400$

其中,

$\sum \Delta Pzi$:由正透镜和负透镜构成且包含于后组的至少一个接合透镜各自的、该接合透镜的匹兹伐和与该接合透镜的合成焦距的倒数之和的总和

ΔPz :光学系统整个系统的匹兹伐和与光学系统整个系统的焦距的倒数之和

[0104] 条件式(12)规定由正透镜和负透镜构成且包含于后组的至少一个接合透镜各自的、该接合透镜的匹兹伐和与该接合透镜的合成焦距的倒数之和的总和与光学系统整个系统的匹兹伐和与光学系统整个系统的焦距的倒数之和的比。在条件式(12)中,分子表示接合透镜中的匹兹伐和的校正力,分母表示光学系统整个系统中的匹兹伐和的校正力。本实施方式的光学系统通过满足条件式(12),从而能够通过接合透镜适当地对像面弯曲进行校正。

[0105] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(12)的值超过上限值时,基于接合透镜的像面弯曲的校正变得过大。

[0106] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(12)的上限值设定为1.400,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(12)的上限值设定为1.200,进一步设定为1.100。

[0107] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(12)的值低于下限值时,基于接合透镜的像面弯曲的校正变得过小。

[0108] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(12)的下限值设定为0.550,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(12)的下限值设定为0.800,进一步设定为0.950。

[0109] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0110] (13) $0.525 < \Sigma D/TL < 0.967$

其中,

ΣD :从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离

[0111] 条件式(13)规定从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离与从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(13),从而能够在进行各像差的校正所需的透镜的配置的同时,确保适当长度的后焦距。

[0112] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(13)的值超过上限值时,后焦距变得过短,难以在拍摄元件的近前配置滤光器类。

[0113] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(13)的上限值设定为0.967,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(13)的上限值设定为0.850,进一步设定为0.775。

[0114] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(13)的值低于下限值时,难以进行各像差的校正所需的透镜的配置。

[0115] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(13)的下限值设定为0.525,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(13)的下限值设定为0.600,进一步设定为0.675。

[0116] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0117] (14) $0.050 < dL1_St/TL < 0.167$

[0118] 其中,

dL1_St:从最靠物体侧的透镜面到孔径光阑为止的距离

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离

[0119] 条件式(14)规定从最靠物体侧的透镜面到孔径光阑为止的距离与从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(14),从而能够在抑制拍摄元件中的阴影的同时,适当地对球面像差进行校正。

[0120] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(14)的值超过上限值时,出瞳位置靠近像面,在拍摄元件中产生阴影。

[0121] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(14)的上限值设定为0.167,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(14)的上限值设定为0.145,进一步设定为0.130。

[0122] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(14)的值低于下限值时,无法通过孔径光阑前的光学系统充分地对象差进行校正,难以进行球面像差的校正。

[0123] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(14)的下限值设定为0.050,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(14)的下限值设定为0.055,进一步设定为0.070。

[0124] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0125] (15) $0.750 < TL/f < 1.600$

其中,

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离

f:光学系统整个系统的焦距

[0126] 条件式(15)规定从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离与光学系统整个系统的焦距的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(15),从而能够在抑制光学系统全长的增大的同时,抑制拍摄元件中的阴影,并且适当地对各像差进行校正。

[0127] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(15)的值超过上限值时,光学系统的全长变得过大。另外,相对于全长,焦距过短,各组的焦距变短,因此难以进行彗差和球面像差的校正。

[0128] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(15)的上限值设定为1.600,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(15)的上限值设定为1.500,进一步设定为1.450。

[0129] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(15)的值低于下限值时,光学系统的全长变得过小,难以进行用于对各像差进行校正的透镜的适当配置。另外,出瞳位置靠近像面,在拍摄元件中产生阴影。

[0130] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(15)的下限值设定为0.750,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(15)的下限值设定为0.900,进一步设定为1.100。

[0131] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0132] (16) $0.590 < TLs/TL < 1.333$

其中,

TLs:从孔径光阑面到像面为止的距离

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离

[0133] 条件式(16)规定从孔径光阑面到像面为止的距离与从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(16),从而能够在适当地对球面像差进行校正的同时,抑制拍摄元件中的阴影。

[0134] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(16)的上限值设定为1.333,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(16)的上限值设定为1.150,进一步设定为0.950。

[0135] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(16)的值低于下限值时,出瞳位置靠近像面,在拍摄元件中产生阴影。

[0136] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(16)的下限值设定为0.590,从而能够

更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(16)的下限值设定为0.625,进一步设定为0.750。

[0137] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0138] (17) $0.700 < f1/f < 5.000$

其中,

f1:第1透镜组的焦距

f:光学系统整个系统的焦距

[0139] 条件式(17)规定第1透镜组的焦距与光学系统整个系统的焦距的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(17),从而能够在抑制光学系统全长的增大的同时,抑制球面像差、彗差等各像差的产生。

[0140] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(17)的值超过上限值时,第1透镜组的正的光焦度变弱,因此光学系统的全长变得过大。

[0141] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(17)的上限值设定为5.000,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(17)的上限值设定为4.800,进一步设定为4.650。

[0142] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(17)的值低于下限值时,第1透镜组的正的光焦度变得过强,容易产生球面像差、彗差等各像差。

[0143] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(17)的下限值设定为0.700,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(17)的下限值设定为1.000,进一步设定为1.400。

[0144] 另外,在本实施方式的光学系统中,第1透镜组优选具有一个或两个透镜。

[0145] 在本实施方式的光学系统中,在第1透镜组具有三个以上的透镜时,光学系统的全长变大。另外,由于孔径光阑面的位置靠近像面,因此出瞳变短,在拍摄元件中容易产生阴影。

[0146] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0147] (18) $0.010 < D1/TL < 0.150$

其中,

D1:从第1透镜组的最靠物体侧的透镜面到第1透镜组的最靠像面侧的透镜面为止的距离

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离

[0148] 条件式(18)规定从第1透镜组的最靠物体侧的透镜面到第1透镜组的最靠像面侧的透镜面为止的距离与从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(18),从而能够在抑制光学系统全长的增大的同时,适当地对彗差进行校正。

[0149] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(18)的值超过上限值时,第1透镜组的厚度增加,因此光学系统的全长变得过大。

[0150] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(18)的上限值设定为0.150,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(18)的上限值设定为0.130,进一步设定为0.110。

[0151] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(18)的值低于下限值时,第1透镜组的厚度变小,难以进行彗差的校正。

[0152] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(18)的下限值设定为0.010,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(18)的下限值设定为0.020,进一步设定为0.025。

[0153] 另外,本实施方式的光学系统优选由6个以上且9个以下的透镜构成。

[0154] 关于本实施方式的光学系统,在由超过9个的透镜构成时,透镜的总厚度变大,光学系统的全长增大。另外,关于本实施方式的光学系统,在由小于6个的透镜构成时,难以适当地对各像差进行校正。

[0155] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0156] (19) $0.025 < t1/\Sigma D < 0.080$

其中,

t1:最靠物体侧的透镜的中心厚度

ΣD :从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离

[0157] 条件式(19)规定最靠物体侧的透镜的中心厚度与从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(19),从而能够在抑制拍摄元件中的阴影的同时,适当地对彗差进行校正。

[0158] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(19)的值超过上限值时,最靠物体侧的透镜的中心厚度变大而孔径光阑面的位置靠近像面,因此出瞳变短,在拍摄元件中容易产生阴影。

[0159] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(19)的上限值设定为0.080,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(19)的上限值设定为0.070。

[0160] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(19)的值低于下限值时,最靠物体侧的透镜的中心厚度度变小,难以进行彗差的校正。

[0161] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(19)的下限值设定为0.025,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(19)的下限值设定为0.030,进一步设定为0.035。

[0162] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0163] (20) $-4.500 < (rR2+rR1)/(rR2-rR1) < -1.500$

其中,

rR1:最靠像面侧的透镜的物体侧透镜面的曲率半径

rR2:最靠像面侧的透镜的像面侧透镜面的曲率半径

[0164] 条件式(20)规定最靠像面侧的透镜的形状因子。本实施方式的光学系统通过满足条件式(20),从而能够适当地抑制像面弯曲的产生。

[0165] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(20)的值超过上限值时,针对最靠像面侧的透镜的物体侧透镜面的入射角变大,容易产生像面弯曲。

[0166] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(20)的上限值设定为-1.500,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的

是,将条件式(20)的上限值设定为-1.800,进一步设定为-2.000。

[0167] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(20)的值低于下限值时,针对最靠像面侧的透镜的像面侧透镜面的入射角变大,容易产生像面弯曲。

[0168] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(20)的下限值设定为-4.500,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(20)的下限值设定为-4.000,进一步设定为-3.000。

[0169] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

$$[0170] \quad (21) \quad 0.130 < tR / \Sigma D < 0.350$$

其中,

tR:最靠像面侧的透镜的中心厚度

ΣD :从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离

[0171] 条件式(21)规定最靠像面侧的透镜的中心厚度与从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(21),从而能够在抑制光学系统全长的增大的同时,抑制拍摄元件中的阴影。

[0172] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(21)的值超过上限值时,光学系统的全长变得过大。

[0173] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(21)的上限值设定为0.350,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(21)的上限值设定为0.300,进一步设定为0.270。

[0174] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(21)的值低于下限值时,最靠像面侧的透镜的中心厚度变小而正的光焦度变弱,因此出瞳的位置靠近像面,在拍摄元件中容易产生阴影。

[0175] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(21)的下限值设定为0.130,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(21)的下限值设定为0.150,进一步设定为0.180。

[0176] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选的是,后组从物体侧依次具备第2透镜组、具有负的光焦度的第3透镜组以及第4透镜组,第3透镜组在最靠物体侧具备相比孔径光阑配置于像面侧且凹面朝向物体侧的负弯月形透镜中的、配置在最靠像面侧的负弯月形透镜,第4透镜组由正透镜构成。

[0177] 在本实施方式的光学系统中,通过具有这样的结构,从而能够在使出瞳与像面之间的距离变长的同时,良好地对像面弯曲进行校正。

[0178] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

$$[0179] \quad (22) \quad 0.300 < (-f3) / f < 2.200$$

其中,

f3:第3透镜组的焦距

f:光学系统整个系统的焦距

[0180] 条件式(23)规定第3透镜组的焦距与光学系统整个系统的焦距的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(22),从而能够在抑制光学系统全长的增大的同时,适当地对弧矢方向的彗差、像面弯曲等各像差进行校正。

[0181] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(22)的值超过上限值时,光学系统的全长变得过大。另外,难以将出瞳设定在适当的位置。

[0182] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(22)的上限值设定为2.200,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(22)的上限值设定为1.600,进一步设定为1.300。

[0183] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(22)的值低于下限值时,第3透镜组的光焦度变得过大,难以进行弧矢方向的彗差、像面弯曲等各像差的校正。

[0184] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(22)的下限值设定为0.300,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(22)的下限值设定为0.450,进一步设定为0.750。

[0185] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

$$[0186] \quad (23) \quad 0.450 < f_4/f < 2.300$$

[0187] 其中,

[0188] f_4 :第4透镜组的焦距

[0189] f :光学系统整个系统的焦距

[0190] 条件式(23)规定第4透镜组的焦距与光学系统整个系统的焦距的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(23),从而能够在抑制拍摄元件中的阴影的同时,抑制光学系统全长的增大。

[0191] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(23)的值超过上限值时,出瞳的位置靠近像面,在拍摄元件中容易产生阴影。另外,也难以进行匹兹伐和的校正。

[0192] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(23)的上限值设定为2.300,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(23)的上限值设定为1.680,进一步设定为1.500。

[0193] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(23)的值低于下限值时,光学系统的全长变得过大。

[0194] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(23)的下限值设定为0.450,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(23)的下限值设定为0.650,进一步设定为1.000。

[0195] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

$$[0196] \quad (24) \quad 0.286 < (-f_3)/f_4 < 2.000$$

其中,

f_3 :第3透镜组的焦距

f_4 :第4透镜组的焦距

[0197] 条件式(24)规定第3透镜组的焦距与第4透镜组的焦距的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(24),从而能够通过第3透镜组及第4透镜组适当地对像面弯曲、彗差等各像差进行校正。

[0198] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(24)的值超过上限值时,第3透镜组的光焦度变得过强,难以进行像面弯曲、彗差等各像差的校正。

[0199] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(24)的上限值设定为2.000,从而能够

更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(24)的上限值设定为1.500,进一步设定为1.350。

[0200] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(24)的值低于下限值时,第4透镜组的光焦度变得过强,难以进行像面弯曲、彗差等各像差的校正。

[0201] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(24)的下限值设定为0.286,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(24)的下限值设定为0.350,进一步设定为0.600。

[0202] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0203] (25) $0.300 < f_2/f < 2.000$

其中,

f_2 :第2透镜组的焦距

f :光学系统整个系统的焦距

[0204] 条件式(25)规定第2透镜组的焦距与光学系统整个系统的焦距的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式(25),从而能够在良好地对像面弯曲进行校正的同时,良好地校正成彗差不会因为颜色而波动。

[0205] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(25)的值超过上限值时,无法将匹兹伐和保持为适当的值,难以良好地对像面弯曲进行校正。

[0206] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(25)的上限值设定为2.000,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(25)的上限值设定为1.800,进一步设定为1.500。

[0207] 另外,在本实施方式的光学系统中,当条件式(25)的值低于下限值时,难以抑制为不会在每个颜色的彗差上产生偏差。

[0208] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(25)的下限值设定为0.300,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(25)的下限值设定为0.500,进一步设定为0.700。

[0209] 另外,在本实施方式的光学系统中,优选满足以下的条件式。

[0210] (26) $1.500 < (r_{312}+r_{311})/(r_{312}-r_{311}) < 7.000$

其中,

r_{311} :第3透镜组的最靠物体侧的透镜的物体侧透镜面的曲率半径

r_{312} :第3透镜组的最靠物体侧的透镜的像面侧透镜面的曲率半径

[0211] 条件式(26)规定第3透镜组的最靠物体侧的透镜的形状因子。本实施方式的光学系统通过满足条件式(26),能够适当地抑制像面弯曲的产生。

[0212] 在本实施方式的光学系统中,当条件式(26)的值高于上限值、或者低于下限值时,对于离轴光束偏角变得过大,因此容易产生像面弯曲。

[0213] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(26)的上限值设定为7.000,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,将条件式(26)的上限值设定为5.000,进一步设定为3.000。

[0214] 在本实施方式的光学系统中,通过将条件式(26)的下限值设定为1.500,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,

将条件式 (26) 的下限值设定为 1.700, 进一步设定为 2.000。

[0215] 另外, 在本实施方式的光学系统中, 优选满足以下的条件式。

[0216] (27) $0.150 < d3/f < 0.750$

其中,

d3: 从孔径光阑到第3透镜组的最靠物体侧的透镜面为止的距离

f: 光学系统整个系统的焦距

[0217] 条件式 (27) 规定从孔径光阑到第3透镜组的最靠物体侧的透镜面为止的距离与光学系统整个系统的焦距的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式 (27), 从而能够在抑制光学系统全长的增大的同时, 抑制拍摄元件中的阴影。

[0218] 在本实施方式的光学系统中, 当条件式 (27) 的值超过上限值时, 光学系统的全长变得过大。

[0219] 在本实施方式的光学系统中, 通过将条件式 (27) 的上限值设定为 0.750, 从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外, 为了更可靠地得到本实施方式的效果, 优选的是, 将条件式 (27) 的上限值设定为 0.700, 进一步设定为 0.650。

[0220] 另外, 在本实施方式的光学系统中, 当条件式 (27) 的值低于下限值时, 出瞳的位置靠近像面, 在拍摄元件中容易产生阴影。

[0221] 在本实施方式的光学系统中, 通过将条件式 (27) 的下限值设定为 0.150, 从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外, 为了更可靠地得到本实施方式的效果, 优选的是, 将条件式 (27) 的下限值设定为 0.200, 进一步设定为 0.250。

[0222] 另外, 在本实施方式的光学系统中, 优选满足以下的条件式。

[0223] (28) $0.400 < dL1_Gr3/\Sigma D < 0.900$

其中,

dL1_Gr3: 从最靠物体侧的透镜面到所述第3透镜组的最靠物体侧的透镜面为止的距离

ΣD : 从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离

[0224] 条件式 (28) 规定从最靠物体侧的透镜面到所述第3透镜组的最靠物体侧的透镜面为止的距离与从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离的比。本实施方式的光学系统通过满足条件式 (28), 从而能够在抑制光学系统全长的增大的同时, 抑制拍摄元件中的阴影。

[0225] 在本实施方式的光学系统中, 当条件式 (28) 的值超过上限值时, 光学系统的全长变得过大。

[0226] 在本实施方式的光学系统中, 通过将条件式 (28) 的上限值设定为 0.900, 从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外, 为了更可靠地得到本实施方式的效果, 优选的是, 将条件式 (28) 的上限值设定为 0.850, 进一步设定为 0.800。

[0227] 另外, 在本实施方式的光学系统中, 当条件式 (28) 的值低于下限值时, 出瞳的位置靠近像面, 在拍摄元件中容易产生阴影。

[0228] 在本实施方式的光学系统中, 通过将条件式 (28) 的下限值设定为 0.400, 从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。另外, 为了更可靠地得到本实施方式的效果, 优选的是, 将条件式 (28) 的下限值设定为 0.450, 进一步设定为 0.500。

[0229] 根据以上的结构,能够实现小型且具有良好的成像性能的光学系统。

[0230] 本实施方式的光学设备具有上述结构的光学系统。由此,能够实现具有良好的光学性能的光学设备。

[0231] 本实施方式的光学系统的制造方法,该光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,在该光学系统的制造方法中,以该光学系统同时满足以下的条件式的方式配置各透镜。

- [0232] (1) $0.350 < Bf/y < 0.700$
 (2) $1.350 < TL/y < 2.000$
 (3) $0.050 < Np1-Nn1 < 0.400$

其中,

Bf:空气换算长度下的后焦距

y:最大像高

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离

Np1:构成第1接合透镜的正透镜的折射率

Nn1:构成第1接合透镜的负透镜的折射率

[0233] 本实施方式的光学系统的制造方法,该光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,在该光学系统的制造方法中,以该光学系统同时满足以下的条件式的方式配置各透镜。

- [0234] (1) $0.350 < Bf/y < 0.700$
 (2) $1.350 < TL/y < 2.000$
 (4) $1.500 < tp1/tn1 < 7.000$

其中,

Bf:空气换算长度下的后焦距

y:最大像高

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离

tp1:构成第1接合透镜的正透镜的光轴上的厚度

tn1:构成第1接合透镜的负透镜的光轴上的厚度

[0235] 本实施方式的光学系统的制造方法,该光学系统从物体侧依次由第1透镜组、孔径光阑以及后组构成,后组具有由正透镜和负透镜构成的第1接合透镜,在该光学系统的制造方法中,以该光学系统同时满足以下的条件式的方式配置各透镜。

- [0236] (5) $1.000 < f/y < 1.600$
 (6) $0.025 < t1/f < 0.080$

其中,

f:光学系统整个系统的焦距

y:最大像高

t1:配置于最靠物体侧的正透镜的中心厚度

[0237] 通过这种光学系统的制造方法,能够制造具有良好的光学性能的光学系统。

[0238] (数值实施例)

[0239] 以下,根据附图对本申请的实施例进行说明。

[0240] (第1实施例)

[0241] 图1是无限远物体对焦时的第1实施例的光学系统的剖视图。

[0242] 本实施例的光学系统从物体侧依次具备具有正的光焦度的第1透镜组G1、孔径光阑S、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3以及具有正的光焦度的第4透镜组G4。

[0243] 第1透镜组G1由凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L1构成。

[0244] 第2透镜组G2从物体侧依次由以下透镜构成：由双凹形状的负透镜L2和双凸形状的正透镜L3构成的接合正透镜、由双凸形状的正透镜L4和双凹形状的负透镜L5构成的接合正透镜以及凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L6。

[0245] 第3透镜组G3由凹面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L7构成。

[0246] 第4透镜组G4由凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L8构成。正透镜L8是在玻璃制透镜主体的物体侧的面设置树脂层而构成。正透镜L8是树脂层的物体侧的面为非球面的复合型非球面透镜。在后述的[透镜参数]中，面编号14表示树脂层的物体侧的面，面编号15表示树脂层的像侧的面及透镜主体的物体侧的面(树脂层与透镜主体被接合的面)，面编号16表示透镜主体的像侧的面。在本实施方式中，复合型非球面透镜被视为一个非球面透镜。因此，面编号14的面相当于正透镜L8的物体侧透镜面，面编号14及面编号15各自的面间隔之和相当于正透镜L8的中心厚度。

[0247] 在像面I上配置有由CCD或者CMOS等构成的拍摄元件(未图示)。

[0248] 在本实施例的光学系统中，通过使光学系统整体沿着光轴移动来进行对焦。在本实施例的光学系统中，在从对焦于无限远的状态向近距离物体进行对焦时，从像面侧移动到物体侧。

[0249] 在本实施例的光学系统中，第2透镜组G2、第3透镜组以及第4透镜组相当于后组。另外，由负透镜L2和正透镜L3构成的接合正透镜相当于第1接合透镜，由正透镜L4和负透镜L5构成的接合正透镜相当于第2接合透镜。

[0250] 在以下的表1示出本实施例的光学系统的参数的值。在表1的[透镜参数]中，m表示从物体侧起的光学面的顺序，r表示曲率半径，d表示面间隔，n(d)表示对d线(波长587.6nm)的折射率，vd表示对d线的阿贝数。曲率半径 $r=\infty$ 表示平面。另外，在[透镜参数]中，附上“*”的光学面表示为非球面。

[0251] 在[非球面数据]中，m表示与非球面数据对应的光学面，K表示圆锥常数，A4~A18表示非球面系数。

[0252] 在使与光轴垂直方向的高度为y、使从高度y处的各非球面的顶点的切面到各非球面为止的沿着光轴的距离(凹陷量)为S(y)、使基准球面的曲率半径(近轴曲率半径)为r、使圆锥常数为K、使n次非球面系数为An时，非球面通过以下的式(a)表示。另外，在各实施例中，二次非球面系数A2为0。另外，“E-n”表示“ $\times 10^{-n}$ ”。

$$[0253] \quad (a) \quad S(y) = \frac{(y^2/r)}{\{1 + (1 - K \times y^2/r^2)^{1/2}\}} \\ + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} \\ + A12 \times y^{12} + A14 \times y^{14} + A16 \times y^{16} + A18 \times y^{18}$$

[0254] 在表1的[整体参数]中，f表示光学系统整个系统的焦距，F.NO表示光学系统的F值， ω 表示半视场角(度)，Y表示最大像高，TL表示向无限远物体进行对焦时的从最靠物体

侧的透镜面到像面为止的距离。

[0255] 在表1的[后焦距]中,Bf表示光学系统的空气换算长度下的后焦距。

[0256] 记载于表1的焦距f、曲率半径r及其他长度单位为“mm”。但是,即使对光学系统进行比例放大或者比例缩小也能够得到相同的光学性能,因此不限于此。

[0257] 以上叙述的表1的符号在后述的其他实施例的表中也同样使用。

[0258] (表1)

[0259] [透镜参数]

m	r	d	n(d)	vd	
*1)	11.70227	1.270	1.58913	61.1	
2)	13.38340	1.620			
3>	∞	1.590			(孔径光阑)
4)	-37.93400	0.700	1.59270	35.3	
5)	11.35394	2.800	1.88300	40.7	
6)	-46.90284	0.310			
7)	58.38846	3.870	1.81600	46.6	
8)	-8.93495	0.700	1.62004	36.4	
9)	39.69665	2.920			
*10)	-9.52831	1.100	1.58313	59.5	
*11)	-9.47003	2.170			
12)	-9.36192	1.000	1.75520	27.6	
13)	-25.39515	0.710			
*14)	-45.86660	0.100	1.56093	36.6	
15)	-59.69914	6.530	1.88300	40.7	
16)	-18.98009	Bf			

[0260] [非球面数据]

m	1)	10)	11)	14)
K	1.0000	0.2964	1.0000	1.0000
A4	-6.30E-05	-1.07E-04	1.94E-04	4.28E-05
A6	-1.02E-06	1.09E-05	9.62E-06	-3.34E-07
A8	-1.93E-08	-1.04E-07	1.86E-08	1.25E-09
A10		-6.74E-09	-3.79E-09	-3.20E-12
A12		1.76E-10	3.78E-11	3.14E-15
A14		8.59E-14		
A16		-9.66E-14		
A18		1.31E-15		
[0261]	[整体参数]			
f	26.78			
F.No	2.90			
ω	40.30			
Y	21.05			
TL	38.15			
[0262]	[各组焦距数据]			
组	始面		焦距	
G1	1		123.54	
G2	4		20.55	
G3	12		-20.18	
G4	14		31.47	
[0263]	[后焦距]			
	无限远对焦时		近距离物体对焦时	
Bf	10.760		15.873	

[0264] 图2是无限远物体对焦时的第1实施例的光学系统的各像差图。

[0265] 在各像差图中,FNO表示F值,Y表示像高。详细地讲,在球面像差图中示出与最大口径对应的F值的值,在像散图及畸变图中示出像高的最大值,在彗差图中示出各像高的值。d表示d线,g表示g线(波长435.8nm)。在像散图中,实线表示弧矢像面,虚线表示子午像面。在后述的其他实施例的各像差图中,也使用与本实施例的各像差图相同的符号。

[0266] 通过各像差图可知,本实施例的光学系统适当地对各像差进行校正且具有高光学性能。

[0267] (第2实施例)

[0268] 图3是无限远物体对焦时的第2实施例的光学系统的剖视图。

[0269] 本实施例的光学系统从物体侧依次具备具有正的光焦度的第1透镜组G1、孔径光阑S、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3以及具有正的光焦度的第4透镜组G4。

[0270] 第1透镜组G1由凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L1构成。

[0271] 第2透镜组G2从物体侧依次由双凹形状的负透镜L2与双凸形状的正透镜L3的接合正透镜、双凸形状的正透镜L4与双凹形状的负透镜L5的接合正透镜以及凹面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L6构成。

[0272] 第3透镜组G3由凹面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L7构成。

[0273] 第4透镜组G4由凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L8构成。正透镜L8是在玻璃制透镜主体的物体侧的面设置树脂层而构成。正透镜L8是树脂层的物体侧的面为非球面的复合型非球面透镜。在后述的[透镜参数]中,面编号14表示树脂层的物体侧的面,面编号15表示树脂层的像侧的面及透镜主体的物体侧的面(树脂层与透镜主体被接合的面),面编号16表示透镜主体的像侧的面。面编号14的面相当于正透镜L8的物体侧透镜面,面编号14及面编号15各自的面间隔之和相当于正透镜L8的中心厚度。

[0274] 在像面I上配置有由CCD或者CMOS等构成的拍摄元件(未图示)。

[0275] 在本实施例的光学系统中,通过使光学系统整体沿着光轴移动来进行对焦。在本实施例的光学系统中,在从对焦于无限远的状态向近距离物体进行对焦时,从像面侧移动到物体侧。

[0276] 在本实施例的光学系统中,第2透镜组G2、第3透镜组以及第4透镜组相当于后组。另外,负透镜L2与正透镜L3的接合正透镜相当于第1接合透镜,正透镜L4与负透镜L5的接合正透镜相当于第2接合透镜。

[0277] 以下的表2示出本实施例的光学系统的参数的值。

[0278] (表2)

[0279] [透镜参数]

	m	r	d	n(d)	vd
	*1)	10.67194	1.037	1.82098	42.5
	2)	12.50984	1.628		
	3>	∞	1.687		(孔径光阑)
	4)	-60.66908	0.700	1.59270	35.3
	5)	10.07412	2.912	1.88300	40.7
	6)	-113.20557	0.639		
	7)	88.89249	3.144	1.88300	40.7
	8)	-8.19957	0.700	1.71736	29.6
	9)	59.76467	2.873		
	*10)	-12.75253	1.100	1.82098	42.5
	11)	-14.76677	2.007		
	12)	-8.77600	1.100	1.68376	37.6
	13)	-17.99477	0.638		
	*14)	-36.55640	0.100	1.56093	36.6
	15)	-42.98427	5.955	1.84850	43.8
	16)	-17.28034	Bf		
[0280]	[非球面数据]				
	m	1)		10)	14)
	K	1.0000		0.2964	1.0000
	A4	-4.34E-05		-2.20E-04	3.68E-05
	A6	3.34E-08		-4.66E-06	-1.50E-07
	A8	-2.62E-08		2.34E-07	1.39E-10
	A10			-1.44E-08	
	A12			3.40E-10	
	A14			-3.50E-12	
[0281]	[整体参数]				

	f	26.78	
	F.No	2.90	
	ω	40.30	
	Y	21.05	
	TL	36.67	
[0282]	[各组焦距数据]		
	组	始面	焦距
	G1	1	70.54
	G2	4	26.69
	G3	12	-26.33
	G4	14	32.68
[0283]	[后焦距]		
		无限远对焦时	近距离物体对焦时
	Bf	10.454	15.521

[0284] 图4是无限远物体对焦时的第2实施例的光学系统的各像差图。

[0285] 通过各像差图可知,本实施例的光学系统适当地对各像差进行校正且具有高光学性能。

[0286] (第3实施例)

[0287] 图5是无限远物体对焦时的第3实施例的光学系统的剖视图。

[0288] 本实施例的光学系统从物体侧依次具备具有正的光焦度的第1透镜组G1、孔径光阑S、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3以及具有正的光焦度的第4透镜组G4。

[0289] 第1透镜组G1由凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L1构成。

[0290] 第2透镜组G2从物体侧依次由双凹形状的负透镜L2与双凸形状的正透镜L3的接合正透镜、双凸形状的正透镜L4与双凹形状的负透镜L5的接合正透镜以及凹面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L6构成。

[0291] 第3透镜组G3由凹面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L7构成。

[0292] 第4透镜组G4由凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L8构成。正透镜L8是在玻璃制透镜主体的物体侧的面设置树脂层而构成。正透镜L8是树脂层的物体侧的面为非球面的复合型非球面透镜。在后述的[透镜参数]中,面编号14表示树脂层的物体侧的面,面编号15表示树脂层的像侧的面及透镜主体的物体侧的面(树脂层与透镜主体被接合的面),面编号16表示透镜主体的像侧的面。面编号14的面相当于正透镜L8的物体侧透镜面,面编号14及面编号15各自的面间隔之和相当于正透镜L8的中心厚度。

[0293] 在像面I上配置有由CCD或者CMOS等构成的拍摄元件(未图示)。

[0294] 在本实施例的光学系统中,通过使光学系统整体沿着光轴移动来进行对焦。在本实施例的光学系统中,在从对焦于无限远的状态向近距离物体进行对焦时,从像面侧移动

到物体侧。

[0295] 在本实施例的光学系统中,第2透镜组G2、第3透镜组以及第4透镜组相当于后组。另外,负透镜L2与正透镜L3的接合正透镜相当于第1接合透镜,正透镜L4与负透镜L5的接合正透镜相当于第2接合透镜。

[0296] 以下的表3示出本实施例的光学系统的参数的值。

[0297] (表3)

[0298] [透镜参数]

m	r	d	n(d)	vd
*1)	9.53357	1.234	1.84737	43.7
2)	11.38114	1.618		
3>	∞	1.824		(孔径光阑)
4)	-32.65502	0.700	1.59270	35.3
5)	11.50292	2.500	1.85108	40.1
6)	-57.90288	0.554		
7)	162.74756	4.035	1.85108	40.1
8)	-7.11488	0.700	1.70461	29.8
9)	86.79392	3.674		
10)	-6.26321	1.100	1.58286	59.5
11)	-7.61044	2.220		
12)	-9.63075	1.100	1.77002	31.4
13)	-12.85267	0.100		
14)	-35.01849	0.050	1.56093	36.6
15)	-49.83022	4.810	1.88300	40.7
16)	-20.81236	Bf		

[0299] [非球面数据]

m	1)	6)	7)	10)	11)	14)
K	1.0000	1.0000	1.0000	0.7304	0.7541	1.0000
A4	-1.27E-05	1.09E-04	1.24E-05	4.58E-04	4.96E-04	5.10E-05
A6	3.13E-07	1.33E-07	-6.29E-07	1.28E-05	6.00E-06	-1.80E-07
A8	-1.19E-08	-2.59E-08	-6.17E-08	2.27E-08	2.18E-07	2.62E-10
A10				2.87E-09	-8.22E-09	
A12				-1.91E-10	9.94E-11	
A14				3.13E-12	-3.49E-13	

[0300]	[整体参数]		
	f	26.78	
	F.No	2.90	
	ω	40.20	
	Y	21.05	
	TL	36.68	
[0301]	[各组焦距数据]		
	组	始面	焦距
	G1	1	53.05
	G2	4	39.61
	G3	12	-58.60
	G4	14	44.64
[0302]	[后焦距]		
		无限远对焦时	近距离物体对焦时
	Bf	10.455	15.515

[0303] 图6是无限远物体对焦时的第3实施例的光学系统的各像差图。

[0304] 通过各像差图可知,本实施例的光学系统适当地对各像差进行校正且具有高光学性能。

[0305] (第4实施例)

[0306] 图7是无限远物体对焦时的第4实施例的光学系统的剖视图。

[0307] 本实施例的光学系统从物体侧依次具备具有正的光焦度的第1透镜组G1、孔径光阑S、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3以及具有正的光焦度的第4透镜组G4。

[0308] 第1透镜组G1从物体侧依次由凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L1以及凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L2构成。

[0309] 第2透镜组G2从物体侧依次由凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L3与凹面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L4的接合正透镜以及凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L5与双凹形状的负透镜L6的接合负透镜构成。

[0310] 第3透镜组G3由凹面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L7构成。

[0311] 第4透镜组G4由凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L8构成。正透镜L8是在玻璃制透镜主体的物体侧的面设置树脂层而构成。正透镜L8是树脂层的物体侧的面为非球面的复合型非球面透镜。在后述的[透镜参数]中,面编号14表示树脂层的物体侧的面,面编号15表示树脂层的像侧的面及透镜主体的物体侧的面(树脂层与透镜主体被接合的面),面编号16表示透镜主体的像侧的面。面编号14的面相当于正透镜L8的物体侧透镜面,面编号14及面编号15各自的面间隔之和相当于正透镜L8的中心厚度。

[0312] 在像面I上配置有由CCD或者CMOS等构成的拍摄元件(未图示)。

[0313] 在本实施例的光学系统中,通过使光学系统整体沿着光轴移动来进行对焦。在本实施例的光学系统中,在从对焦于无限远的状态向近距离物体进行对焦时,从像面侧移动到物体侧。

[0314] 在本实施例的光学系统中,第2透镜组G2、第3透镜组以及第4透镜组相当于后组。另外,正透镜L3与负透镜L4的接合正透镜相当于第1接合透镜,正透镜L5与负透镜L6的接合负透镜相当于第2接合透镜。

[0315] 以下的表4示出本实施例的光学系统的参数的值。

[0316] (表4)

[0317] [透镜参数]

m	r	d	n(d)	vd
1)	13.45109	1.290	2.00100	29.1
2)	21.21240	0.591		
3)	2035.86690	0.700	1.78472	25.6
4)	48.46055	0.798		
5>	∞	1.622		(孔径光阑)
*6)	-1428.55530	2.259	1.85108	40.1
7)	-9.49007	1.191	1.78472	25.6
8)	-23.19148	0.450		
9)	-59.94728	3.500	1.88300	40.7
10)	-7.48584	0.900	1.59270	35.3
11)	23.19209	5.633		
12)	-7.56291	1.100	1.66382	27.4
13)	-15.31415	0.100		
*14)	-52.50435	0.050	1.56093	36.6
15)	-52.50435	6.616	1.88300	40.7
16)	-17.80787	Bf		

[0318] [非球面数据]

m	6)	14)
K	1.0000	1.0000
A4	-2.16E-04	-1.19E-05
A6	2.74E-06	1.34E-08
A8	-1.55E-07	-1.59E-11
A10		3.48E-13

[0319]	[整体参数]		
	f	25.75	
	F.No	2.90	
	ω	41.70	
	Y	20.70	
	TL	36.46	
[0320]	[各组焦距数据]		
	组	始面	焦距
	G1	1	67.07
	G2	6	25.70
	G3	12	-23.86
	G4	14	28.00
[0321]	[后焦距]		
		无限远对焦时	近距离物体对焦时
	Bf	9.655	14.259

[0322] 图8是无限远物体对焦时的第4实施例的光学系统的各像差图。

[0323] 通过各像差图可知,本实施例的光学系统适当地对各像差进行校正且具有高光学性能。

[0324] (第5实施例)

[0325] 图9是无限远物体对焦时的第5实施例的光学系统的剖视图。

[0326] 本实施例的光学系统从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1透镜组G1、孔径光阑S、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3以及具有正的光焦度的第4透镜组G4。

[0327] 第1透镜组G1从物体侧依次由凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L1以及凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L2构成。

[0328] 第2透镜组G2由双凸形状的正透镜L3与双凹形状的负透镜L4的接合正透镜构成。

[0329] 第3透镜组G3从物体侧依次由凹面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L5以及双凹形状的负透镜L6构成。

[0330] 第4透镜组G4由凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L7构成。正透镜L7是在玻璃制透镜主体的物体侧的面设置树脂层而构成。正透镜L7是树脂层的物体侧的面为非球面的复合型非球面透镜。在后述的[透镜参数]中,面编号13表示树脂层的物体侧的面,面编号14表示树脂层的像侧的面及透镜主体的物体侧的面(树脂层与透镜主体被接合的面),面编号15表示透镜主体的像侧的面。面编号13的面相当于正透镜L7的物体侧透镜面,面编号13及面编号14各自的面间隔之和相当于正透镜L7的中心厚度。

[0331] 在像面I上配置有由CCD或者CMOS等构成的拍摄元件(未图示)。

[0332] 在本实施例的光学系统中,通过使光学系统整体沿着光轴移动来进行对焦。在本实施例的光学系统中,在从对焦于无限远的状态向近距离物体进行对焦时,从像面侧移动

到物体侧。

[0333] 在本实施例的光学系统中,第2透镜组G2、第3透镜组以及第4透镜组相当于后组。另外,正透镜L3与负透镜L4的接合正透镜相当于第1接合透镜。

[0334] 以下的表5示出本实施例的光学系统的参数的值。

[0335] (表5)

[0336] [透镜参数]

m	r	d	n(d)	vd
1)	10.42781	2.079	1.78518	48.0
2)	26.35580	0.555		
3)	89.59998	0.700	1.59270	35.3
4)	16.01165	1.285		
5>	∞	2.266		(孔径光阑)
6)	19.55988	2.668	1.90265	35.7
7)	-21.03161	0.700	1.80809	22.7
8)	29.74775	4.939		
*9)	-14.09688	1.000	1.80610	40.7
10)	-21.74529	0.106		
11)	-42.10327	1.947	1.58313	59.5
*12)	75.75753	1.376		
*13)	-37.52464	0.082	1.56093	36.6
14)	-48.69243	6.896	1.88300	40.7
15)	-18.36826	Bf		

[0337] [非球面数据]

m	9)	12)	13)
K	1.0000	1.0000	1.0000
A4	-6.83E-04	-3.24E-04	1.12E-04
A6	4.71E-06	3.00E-06	-1.06E-06
A8	-4.40E-07	-2.57E-08	2.73E-09
A10	1.09E-08	8.87E-11	
A12	-1.88E-10		

[0338] [整体参数]

	f	31.98	
	F.No	2.90	
	ω	35.00	
	Y	21.70	
	TL	37.16	
[0339]	[各组焦距数据]		
	组	始面	焦距
	G1	1	45.30
	G2	6	39.25
	G3	9	-24.08
	G4	13	32.96
[0340]	[后焦距]		
		无限远对焦时	近距离物体对焦时
	Bf	10.555	18.297
[0341]	图10是无限远物体对焦时的第5实施例的光学系统的各像差图。		
[0342]	通过各像差图可知,本实施例的光学系统适当地对各像差进行校正且具有高光学性能。		
[0343]	根据上述各实施例,能够实现具有良好的光学性能的光学系统。		
[0344]	以下示出各实施例的条件式对应值。		
[0345]	Bf为空气换算长度下的后焦距,y为最大像高,TL为从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离。 N_{p1} 为构成第1接合透镜的正透镜的折射率, N_{n1} 为构成第1接合透镜的负透镜的折射率。 t_{p1} 为构成第1接合透镜的正透镜的中心厚度, t_{n1} 为构成第1接合透镜的负透镜的中心厚度。 t_1 为配置于最靠物体侧的正透镜的中心厚度。 v_{dp1} 为构成第1接合透镜的正透镜的以d线为基准的阿贝数, v_{dn1} 为构成第1接合透镜的负透镜的以d线为基准的阿贝数。F为光学系统整个系统的焦距。 f_{c1} 为第1接合透镜及第2接合透镜中的配置于物体侧的接合透镜的合成焦距, f_{c2} 为第1接合透镜及第2接合透镜中的配置于像面侧的接合透镜的合成焦距。 N_{p2} 为构成第2接合透镜的正透镜的折射率, N_{n2} 为构成第2接合透镜的负透镜的折射率。 v_{dp2} 为构成第2接合透镜的正透镜的以d线为基准的阿贝数, v_{dn2} 为构成第2接合透镜的负透镜的以d线为基准的阿贝数。 $\sum \Delta P_{zi}$ 为由正透镜和负透镜构成且包含于后组的至少一个接合透镜各自的、该接合透镜的匹兹伐和与该接合透镜的合成焦距的倒数之和的总和, ΔP_z 为光学系统整个系统的匹兹伐和与光学系统整个系统的焦距的倒数之和。 $\sum D$ 是从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离。 $dL1_St$ 是从最靠物体侧的透镜面到孔径光阑为止的距离。 TL_s 是从孔径光阑面到像面为止的距离。 f_1 是第1透镜组的焦距, f_2 是第2透镜组的焦距, f_3 是第3透镜组的焦距, f_4 是第4透镜组的焦距。 D_1 是从第1透镜组的最靠物体侧的透镜面到第1透镜组的最靠像面侧的透镜面为止的距离。 $\sum D$ 是从最靠物体侧的透镜面到最靠像面侧的透镜面为止的距离。 rR_1 是最靠像面侧的透镜的物体侧透镜面的曲率		

半径, $rR2$ 是最靠像面侧的透镜的像面侧透镜面的曲率半径。 tR 是最靠物体侧的透镜的中心厚度。 $r311$ 是第3透镜组的最靠物体侧的透镜的物体侧透镜面的曲率半径, $r312$ 是第3透镜组的最靠物体侧的透镜的像面侧透镜面的曲率半径。 $d3$ 是从孔径光阑到第3透镜组的最靠物体侧的透镜面为止的距离。 $dL1_Gr3$ 是从最靠物体侧的透镜面到第3透镜组的最靠物体侧的透镜面为止的距离。

[0346] [条件式对应值]

条件式	实施例	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5
(1) Bf/y		0.511	0.497	0.497	0.466	0.486
(2) TL/y		1.812	1.742	1.742	1.761	1.712
(3) $Np1-Nn1$		0.290	0.290	0.258	0.066	0.095
(4) $tp1/tn1$		4.000	4.160	3.571	1.897	3.811
(5)、(8) f/y		1.272	1.272	1.272	1.244	1.474
(6) $t1/f$		0.047	0.039	0.046	0.050	0.065
(7) $vdp1-vdn1$		5.400	5.400	4.800	14.500	13.000
(8) $fc1/fc2$		0.706	0.678	0.918	-0.019	
(10) $Np2-Nn2$		0.196	0.166	0.146	0.290	
(11) $vdp2-vdn2$		10.200	11.100	10.300	5.400	
(12) $(\Sigma\Delta Pzi)/(\Delta Pz)$		1.062	0.990	0.866	0.880	0.589
(13) $\Sigma D/TL$		0.718	0.715	0.715	0.735	0.716
(14) $dL1_St/TL$		0.076	0.073	0.078	0.093	0.124
(15) TL/f		1.425	1.369	1.369	1.416	1.162
(16) TLs/TL		0.924	0.927	0.922	0.907	0.876
(17) $f1/f$		4.613	2.634	1.981	2.605	1.417
(18) $D1/TL$		0.033	0.028	0.034	0.071	0.090
(19) $t1/\Sigma D$		0.046	0.040	0.047	0.048	0.078
(20) $(rR2+rR1)/(rR2-rR1)$		-2.412	-2.793	-3.930	-2.026	-2.918
(21) $tR/\Sigma D$		0.242	0.231	0.185	0.249	0.262
(22) $(-f3)/f$		0.754	0.983	2.188	0.927	0.753
(23) $f4/f$		1.175	1.220	1.667	1.087	1.031
(24) $(-f3)/f4$		0.641	0.806	1.313	0.852	0.731
(25) $f2/f$		0.767	0.997	1.479	0.998	1.227
(26) $(r312+r311)/(r312-r311)$		2.168	2.904	6.978	2.951	4.686
(27) $d3/f$		0.603	0.589	0.646	0.604	0.331
(28) $dL1_Gr3/\Sigma D$		0.696	0.703	0.769	0.706	0.571

[0347] 上述各实施例示出本发明的一具体例,本发明并不限于此。能够在不损坏本申请实施方式的光学系统的光学性能的范围适当采用以下内容。

[0348] 接着,根据图11对具备本实施方式的光学系统的相机进行说明。

[0349] 图11是具备本实施方式的光学系统的相机的示意图。

[0350] 相机1是具备上述第1实施例的光学系统来作为摄影镜头2的镜头可换式的所谓无反光镜相机。

[0351] 在相机1中,来自未图示的物体(被摄体)的光通过摄影镜头2被聚光并到达拍摄元件3。拍摄元件3将来自被摄体的光转换为图像数据。图像数据显示在电子取景器4。由此,使眼睛位于眼点EP的摄影者能够对被摄体进行观察。

[0352] 另外,当由摄影者按下未图示的释放按钮时,图像数据存储在未图示的存储器。由此,摄影者能够进行基于相机1的被摄体的摄影。

[0353] 在此,作为摄影镜头2搭载于相机1的上述第1实施例的光学系统为具有良好的光学性能的光学系统。因此,相机1能够实现良好的光学性能。另外,即使构成作为摄影镜头2搭载上述第2~第5实施例的光学系统的相机,也能够起到与相机1相同的效果。

[0354] 最后,根据图12对本实施方式的光学系统的制造方法的概略进行说明。图12是示出本实施方式的光学系统的制造方法的概略的流程图。

[0355] 图12所示的本实施方式的光学系统的制造方法包含以下的步骤S11~S13。

[0356] 步骤S11:准备第1透镜组、孔径光阑以及后组。

[0357] 步骤S12:使后组具有第1接合透镜。

[0358] 步骤S13:使光学系统同时满足以下的条件式。

[0359] (1) $0.350 < Bf/y < 0.700$

(2) $1.350 < TL/y < 2.000$

(3) $0.050 < Np1-Nn1 < 0.400$

其中,

Bf:空气换算长度下的后焦距

y:最大像高

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离

Np1:构成第1接合透镜的正透镜的折射率

Nn1:构成第1接合透镜的负透镜的折射率

[0360] 在变形例中,也可以代替图12所示的光学系统的制造方法中的步骤S13而执行以下所示的步骤S23。

[0361] 步骤S23:使光学系统同时满足以下的条件式。

[0362] (1) $0.350 < Bf/y < 0.700$

(2) $1.350 < TL/y < 2.000$

(4) $1.500 < tp1/tn1 < 7.000$

其中,

Bf:空气换算长度下的后焦距

y:最大像高

TL:从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离

tp1:构成第1接合透镜的正透镜的光轴上的厚度

tn1:构成第1接合透镜的负透镜的光轴上的厚度

[0363] 在其他变形例中,也可以代替图12所示的光学系统的制造方法中的步骤S13而执行以下所示的步骤S33。

[0364] 步骤S33:使光学系统同时满足以下的条件式。

[0365] (5) $1.000 < f/y < 1.600$

(6) $0.025 < t1/f < 0.080$

其中,

f:光学系统整个系统的焦距

y:最大像高

t1:配置于最靠物体侧的正透镜的中心厚度

[0366] 根据本实施方式的光学系统的这些制造方法,能够制造具有良好的成像性能的光学系统。

[0367] 虽然作为本实施方式的光学系统的实施例示出了4组结构,但是本实施方式不限于4组结构,还可以成为其他组结构(例如5组结构等)。具体地讲,本实施方式的光学系统也可以具有在实施例的光学系统的最靠物体侧或最靠像面侧增加透镜或光学部件的结构。

[0368] 本实施方式的光学系统也可以具有防抖透镜组,该防抖透镜组通过以具有与光轴垂直方向分量的方式移动来对由手抖产生的像抖动进行校正。防抖透镜组可以是透镜组,也可以是由包含于透镜组的1个以上的透镜成分构成的部分透镜组。

[0369] 在本实施方式的光学系统中,在进行对焦时,也可以是光学系统整体、任意一个透镜组、多个透镜组或者部分透镜组在光轴方向上移动。例如,在从无限远物体向近距离物体进行对焦时,相比孔径光阑配置于物体侧的透镜组与相比孔径光阑配置于像面侧的透镜组也可以分别以不同的量向物体侧移动。

[0370] 在本实施方式的光学系统中,透镜面也可以由球面或者平面形成,也可以由非球面形成。在透镜面为球面或者平面的情况下,透镜加工及组装调整变得容易,防止由加工及组装调整的误差引起的光学性能的劣化,因此是优选的。另外,在透镜面为球面或者平面的情况下,像面偏移时的描绘性能的劣化少,因此是优选的。

[0371] 在透镜面为非球面时,非球面也可以通过玻璃的研磨加工或者使用了具有非球面形状的模具的玻璃模铸来形成,也可以形成在接合于玻璃表面的树脂表面。另外,在本实施方式的光学系统中,透镜面也可以是衍射面,透镜也可以是折射率分布型透镜(GRIN透镜)或者塑料透镜。

[0372] 在本实施方式的光学系统中,孔径光阑虽然优选配置在第1透镜组与第2透镜组之间,但是也可以不设置独立的部件来作为孔径光阑,而是用透镜的框等来代替其作用。

[0373] 应理解为,本领域技术人员能够在不脱离本公开的精神及范围而对本发明施加各种变更、替换以及修改。

[0374] 标号说明

[0375] S 孔径光阑

[0376] I 像面

[0377] 1 相机

[0378] 2 摄影镜头

[0379] 3 拍摄元件

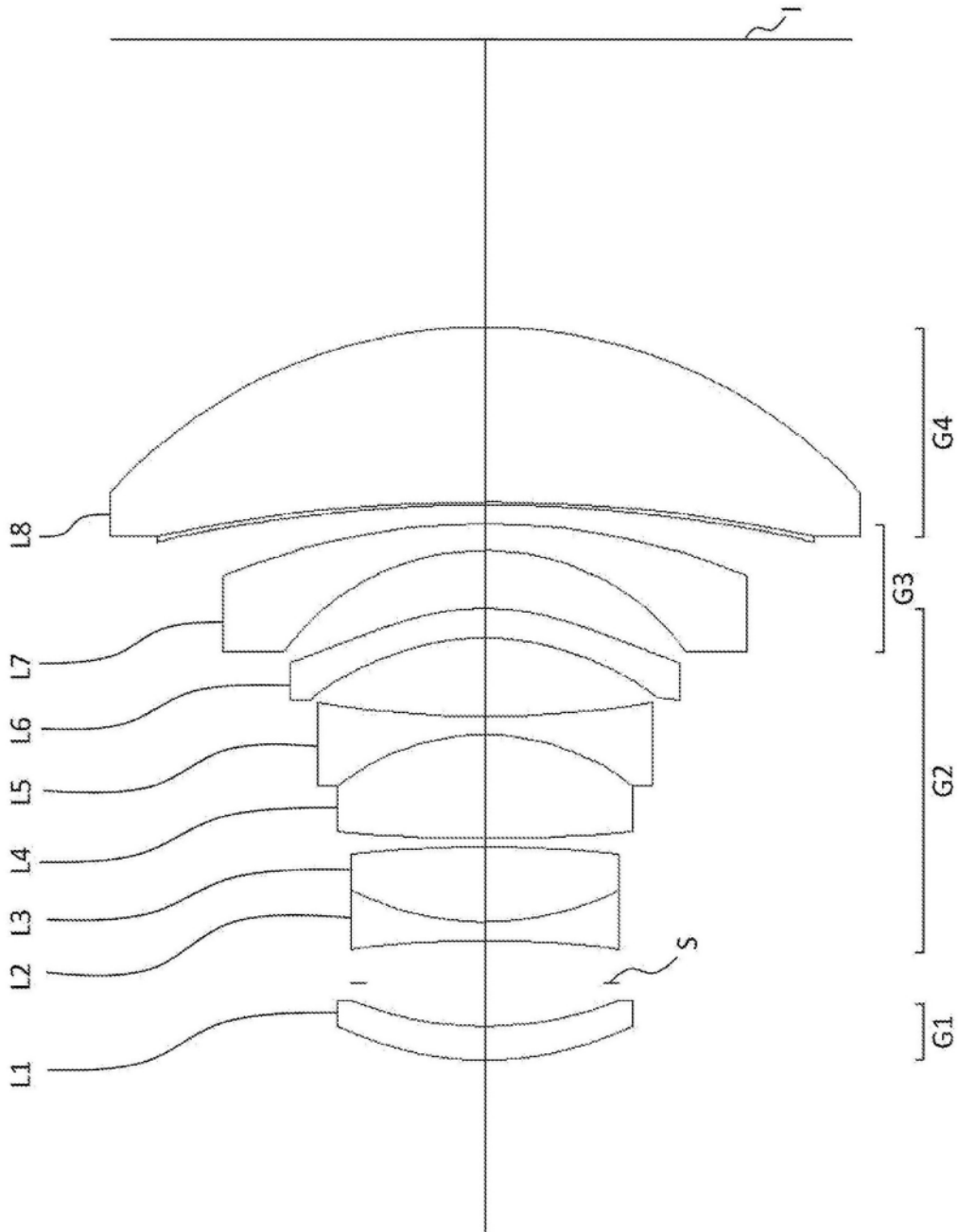


图1

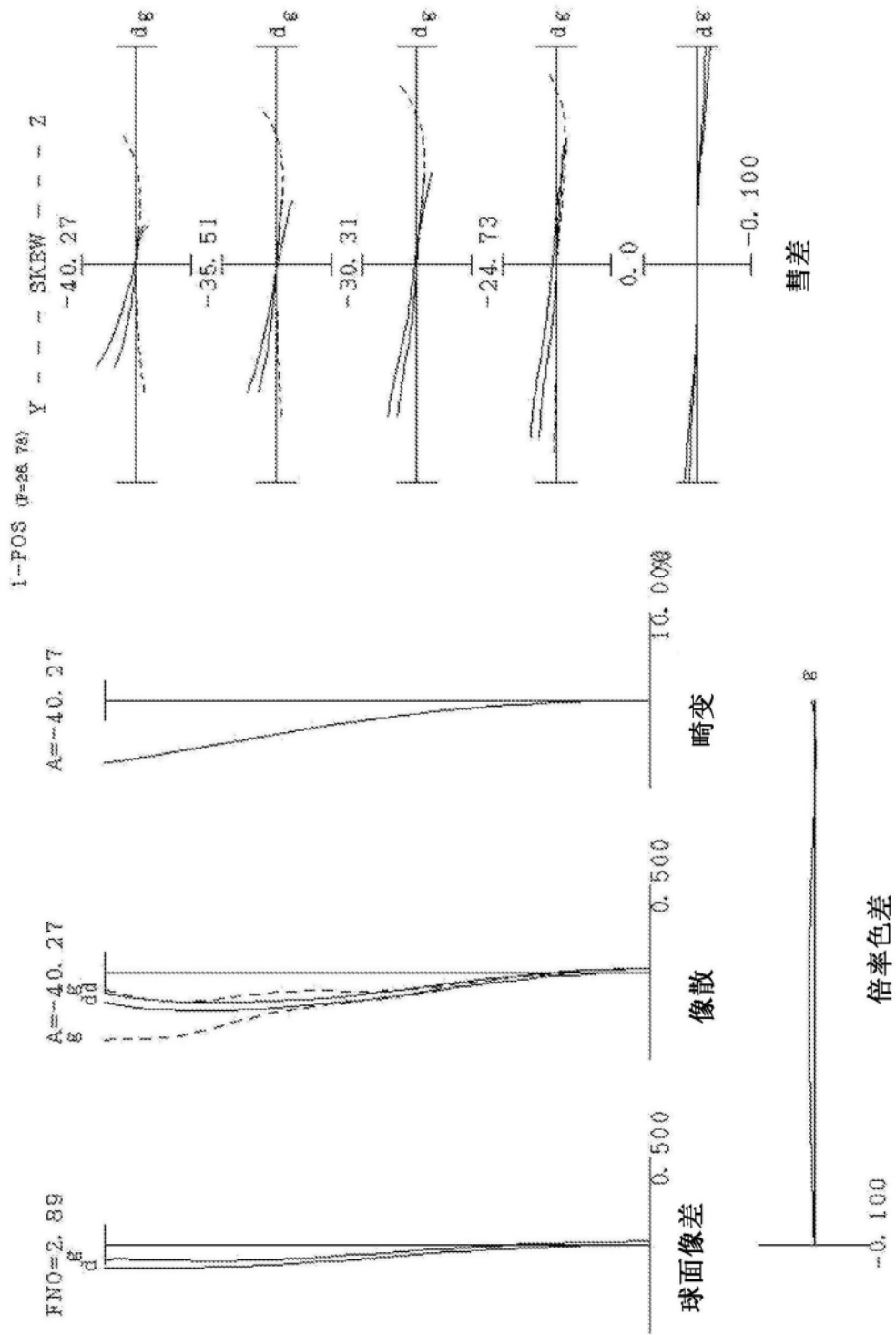


图2

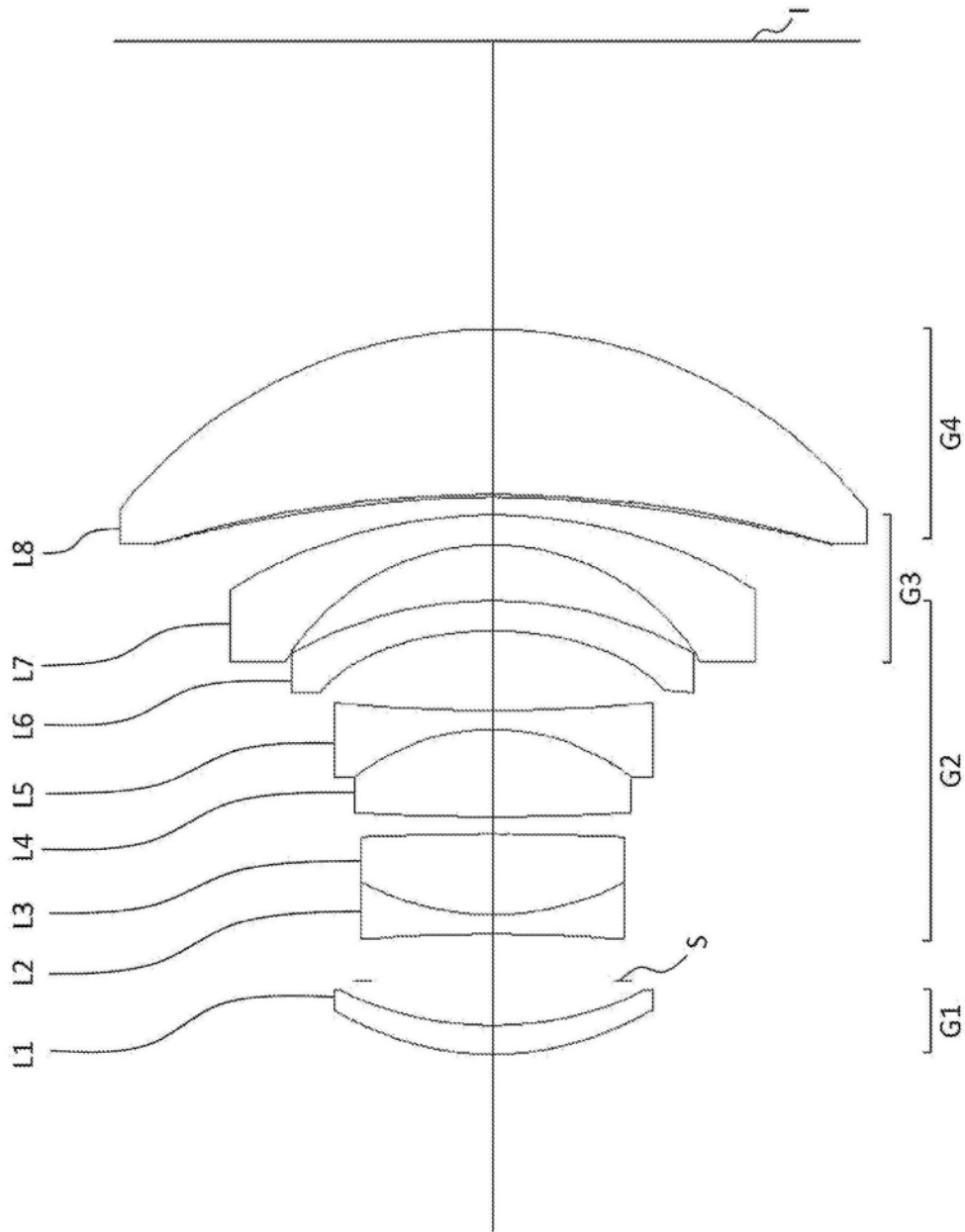


图3

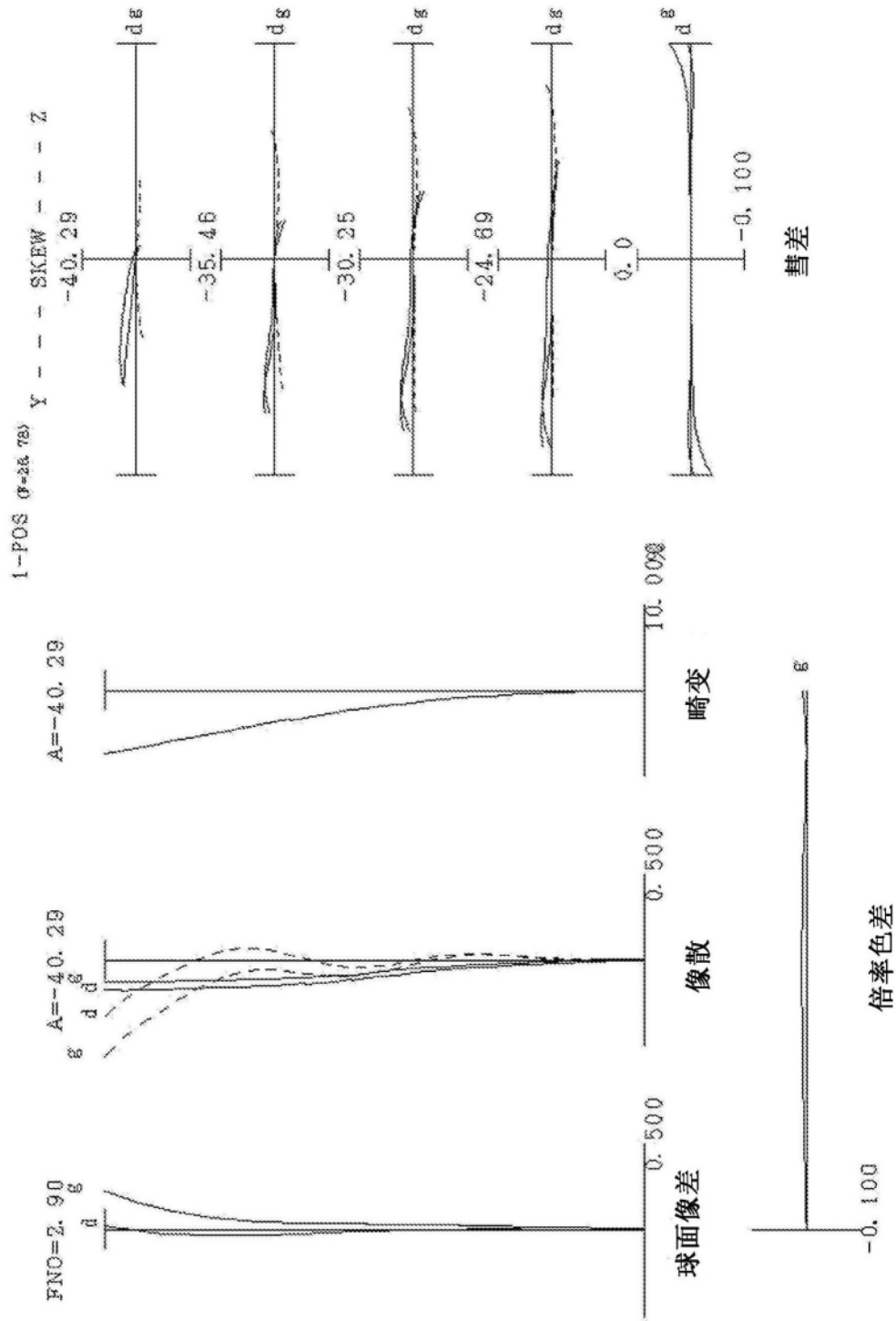


图4

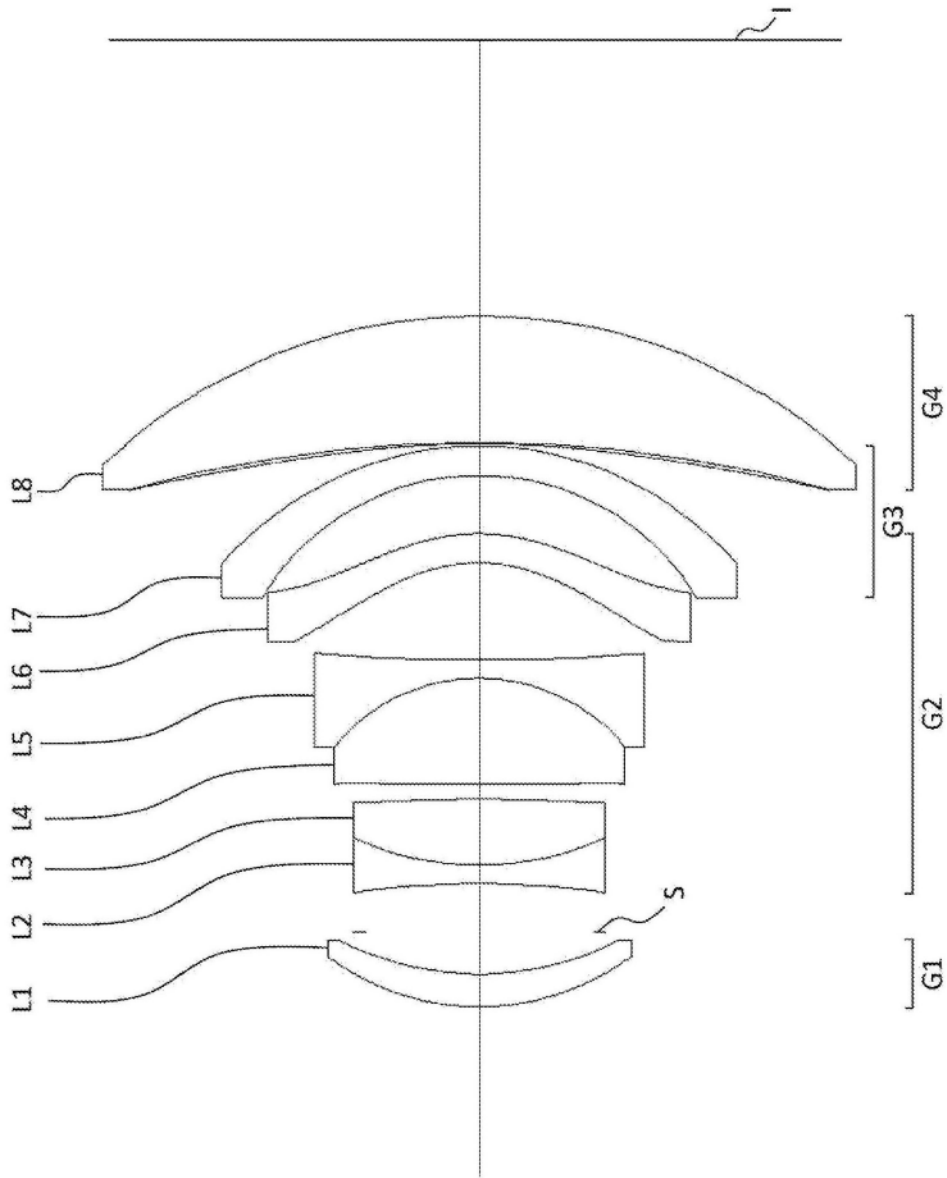


图5

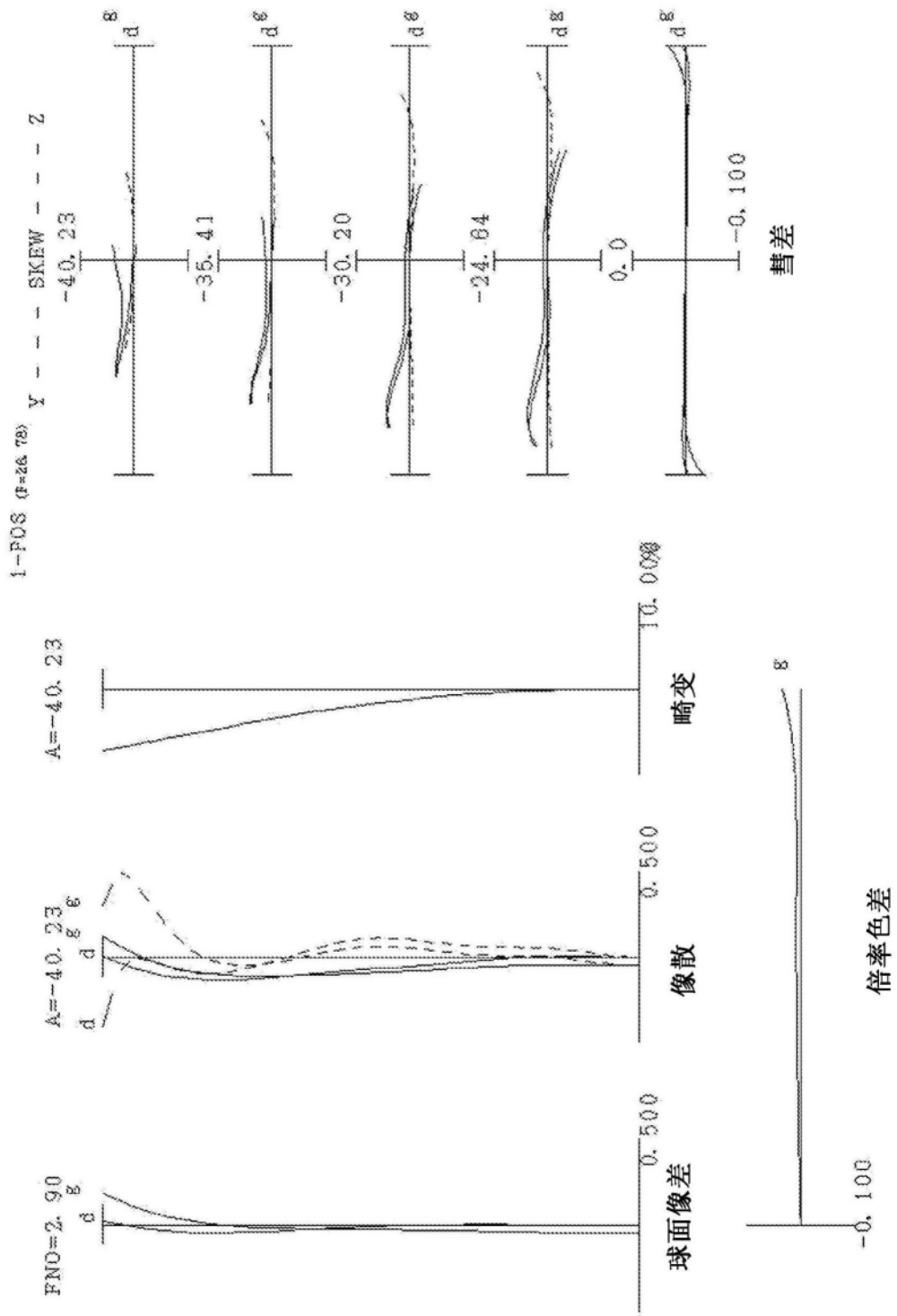


图6

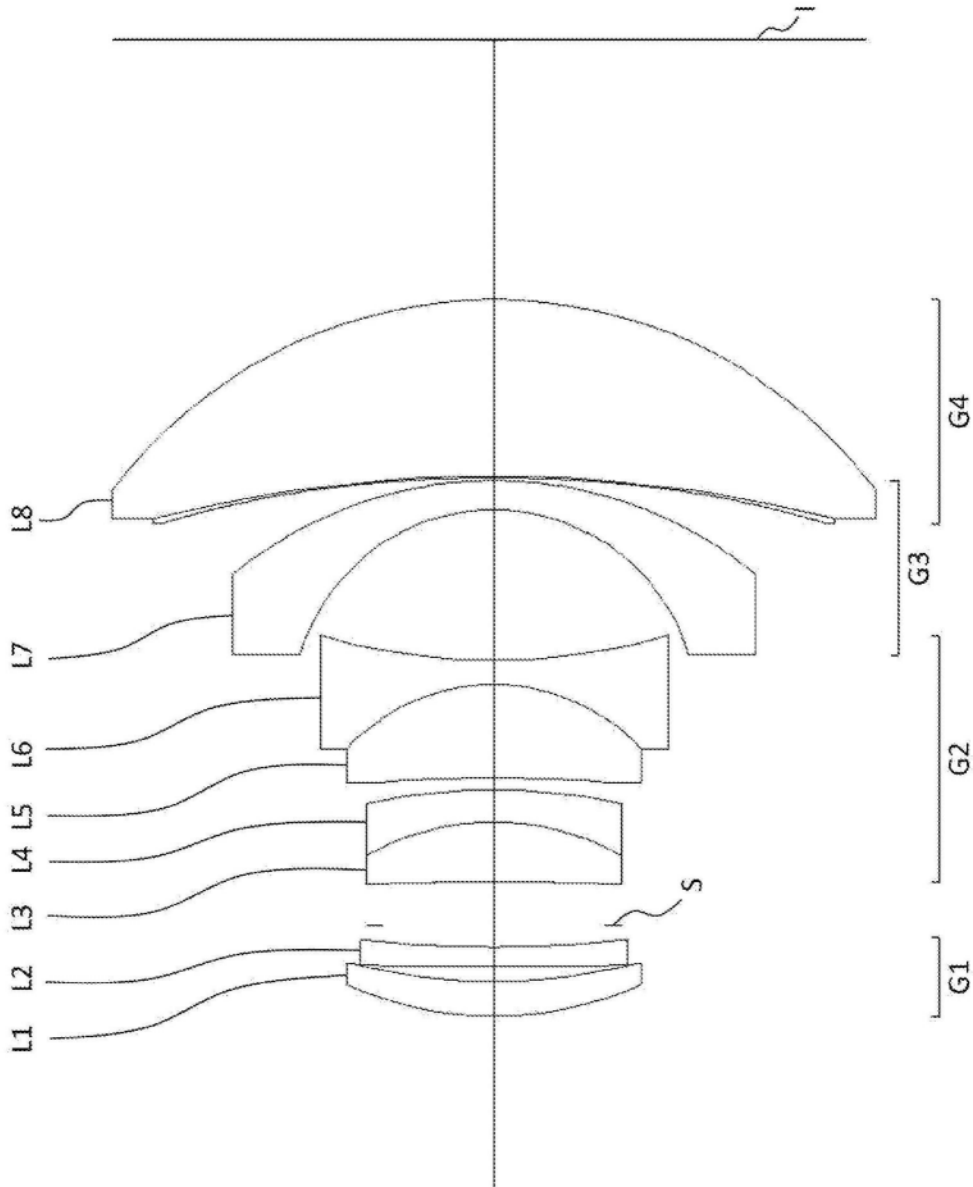


图7

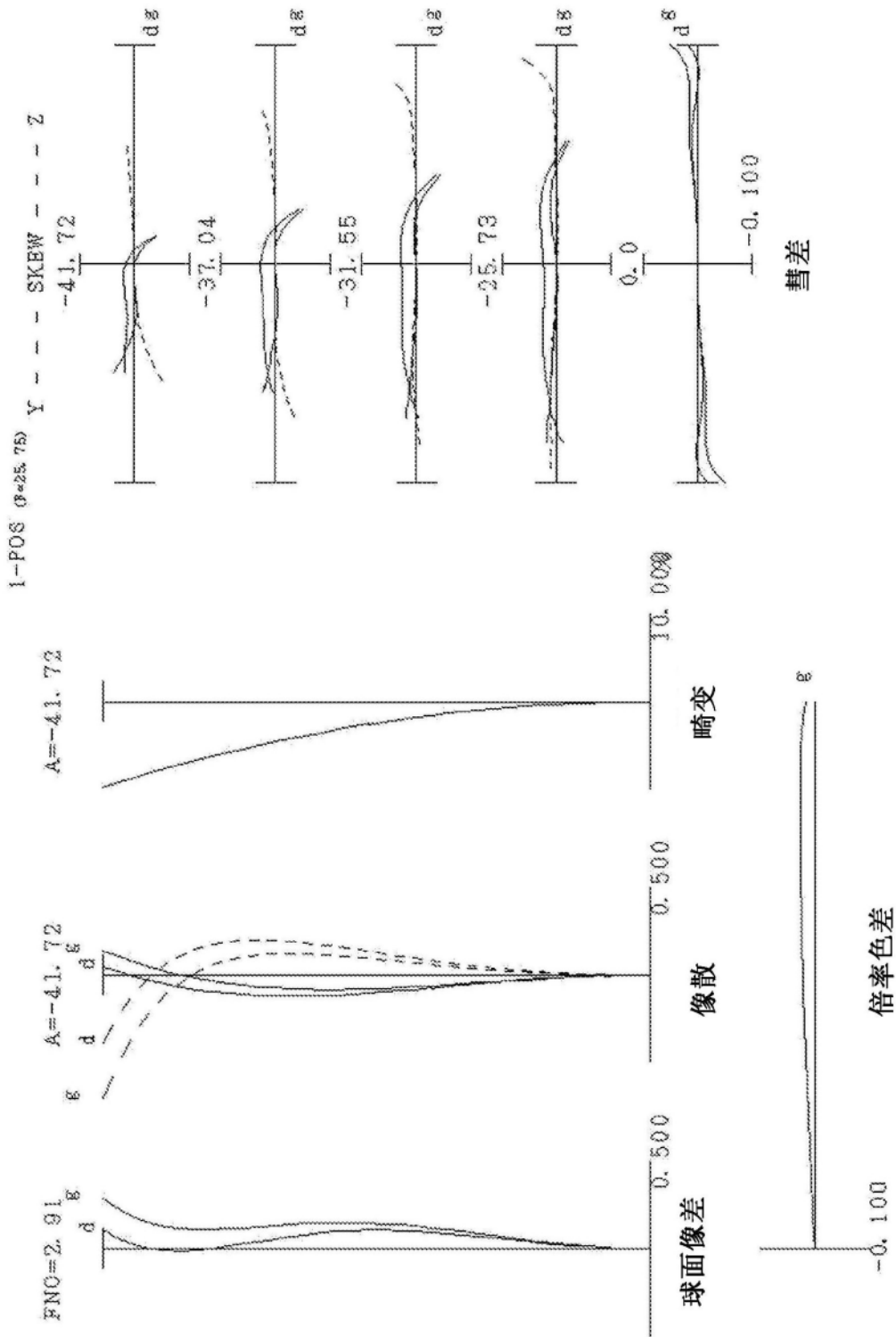


图8

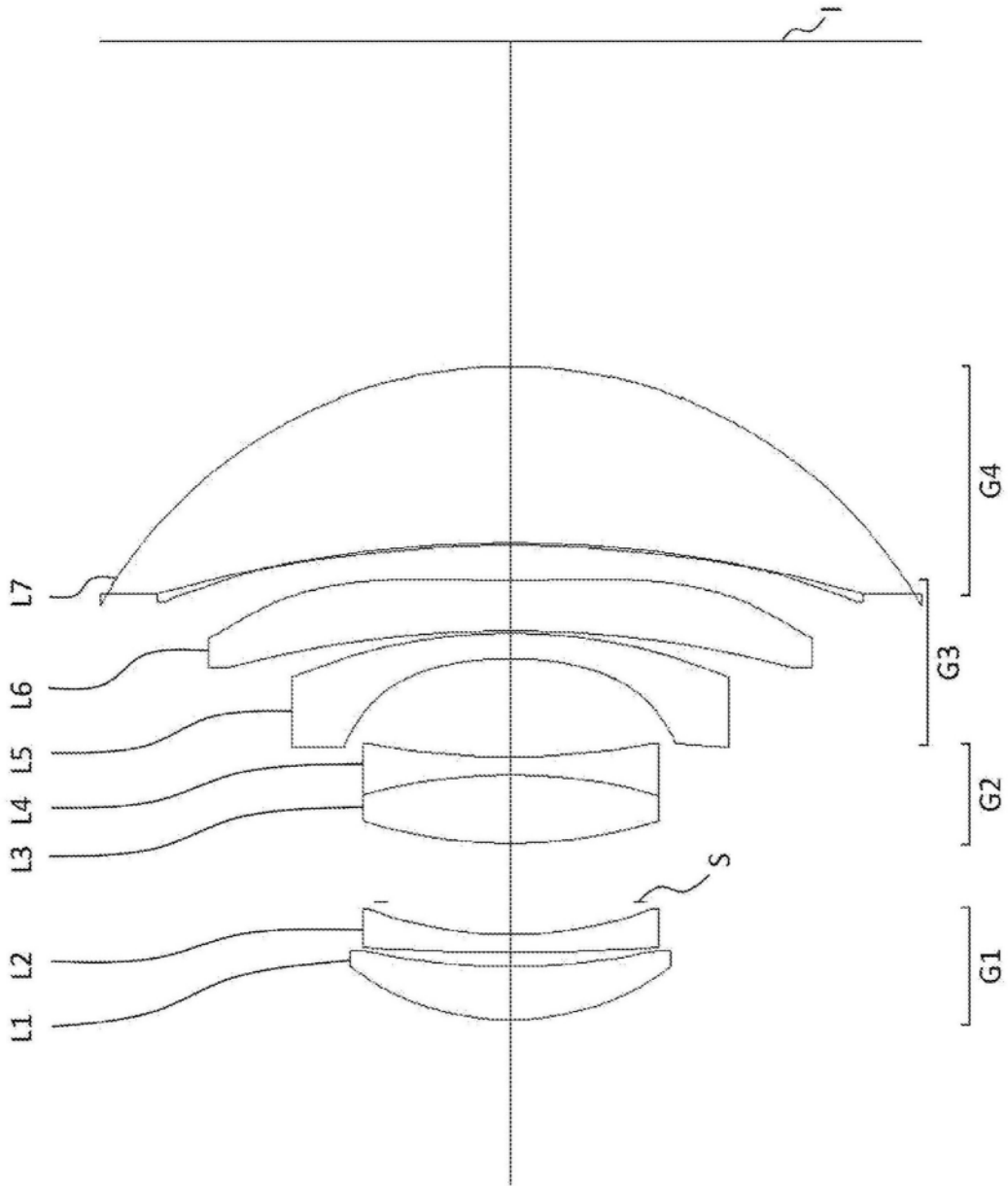


图9

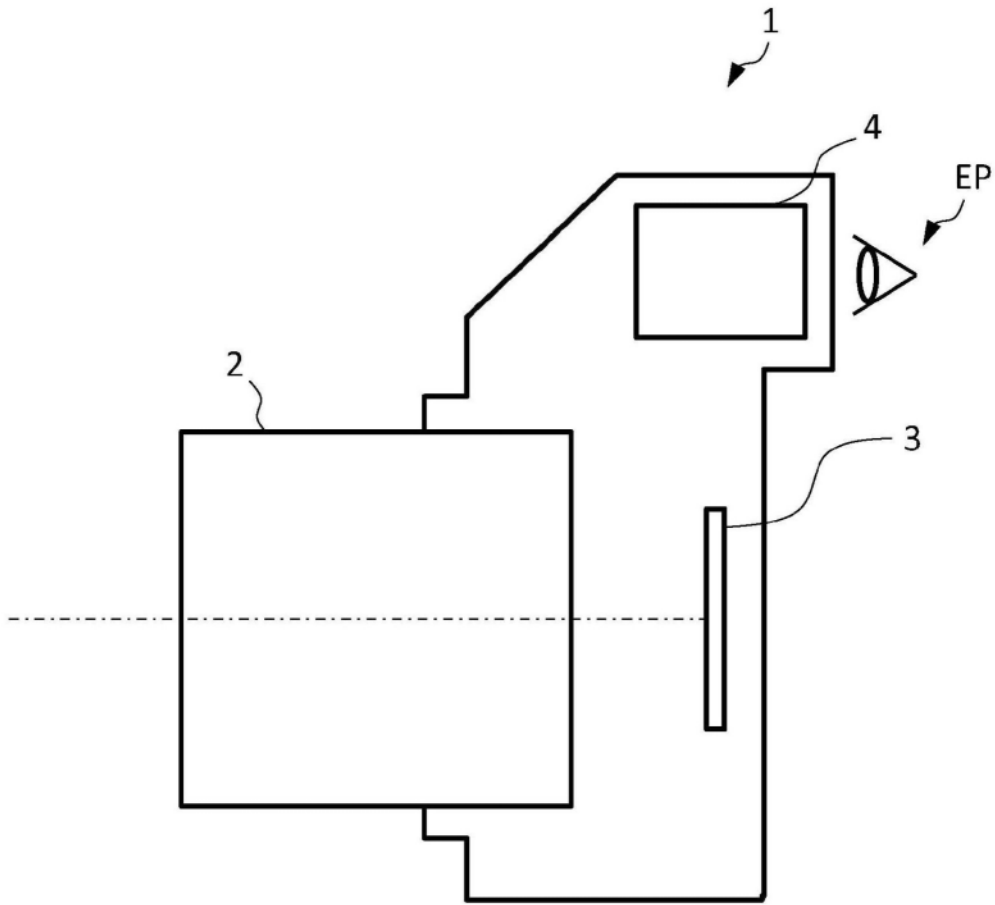


图11

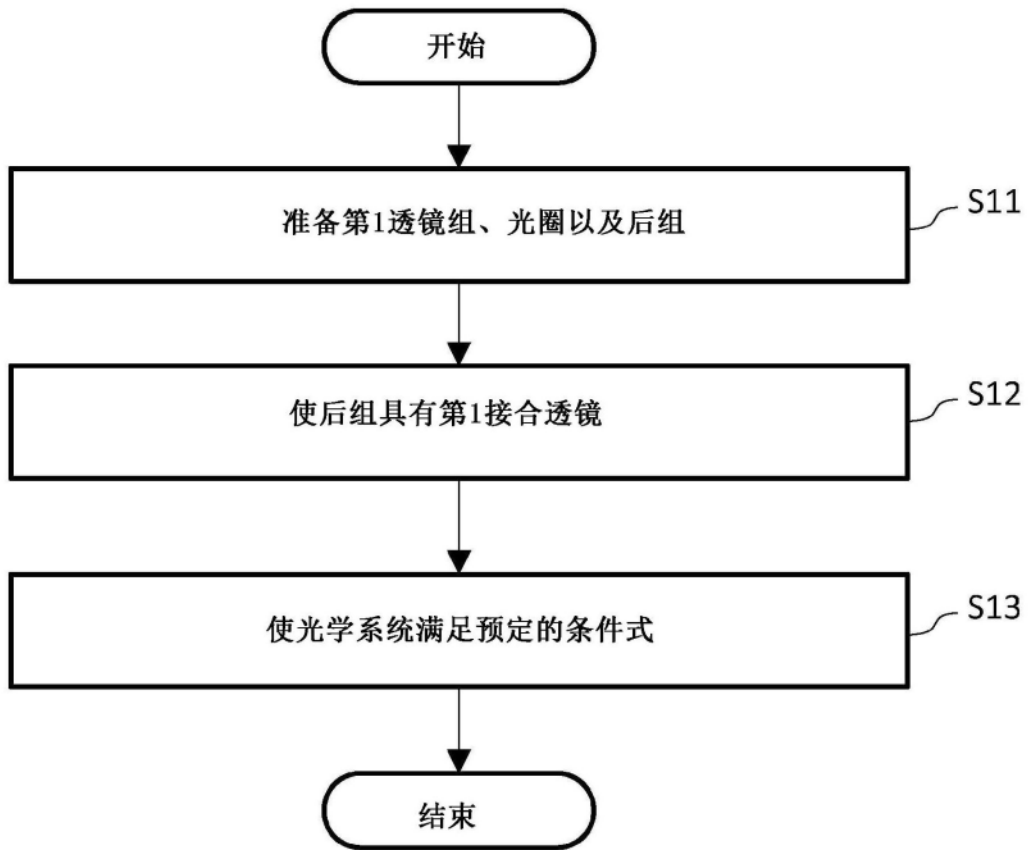


图12