



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112166360 B

(45) 授权公告日 2022.12.16

(21) 申请号 201880093788.1

(22) 申请日 2018.05.29

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112166360 A

(43) 申请公布日 2021.01.01

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2020.11.25

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2018/020552 2018.05.29

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02019/229849 JA 2019.12.05

(73) 专利权人 株式会社尼康  
地址 日本东京

(72) 发明人 坪野谷启介 原田壮基 武俊典

(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)

审查员 裴显

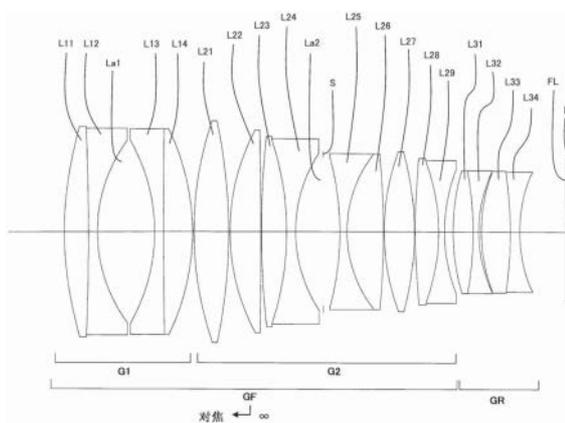
权利要求书3页 说明书26页 附图9页

## (54) 发明名称

光学系统以及光学设备

## (57) 摘要

本发明提供光学系统、光学设备以及光学系统的制造方法,从物体侧依次由前组和后组构成,所述前组具有正的光焦度,在进行对焦时,前组沿着光轴移动,且满足预定的条件式,从而具有能够良好地对各像差进行校正的良好的光学性能,适合使用于高像素化的拍摄元件。



1. 一种光学系统,其中,  
从物体侧依次由前组和后组构成,所述前组具有正的光焦度,所述后组具有正的光焦度,

所述前组从物体侧依次由具有负的光焦度的第1透镜组和具有正的光焦度的第2透镜组构成,

在进行对焦时,所述前组沿着光轴移动,  
配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面为向物体侧凸起的面,  
且满足以下的条件式:

$$1.26 \leq fF/f < 1.50$$

$$-0.10 < f/fR < 0.30$$

其中,

$fF$ :所述前组的焦距

$f$ :所述光学系统的整个系统的焦距

$fR$ :所述后组的焦距。

2. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,  
所述前组具备两个凸形状的空气透镜,  
所述空气透镜中的光轴上的距离最长的空气透镜满足以下的条件式:

$$-1.00 < (r2L1+r1L1) / (r2L1-r1L1) < 3.00$$

其中,

$r1L1$ :所述光轴上的距离最长的空气透镜的物体侧透镜面的曲率半径

$r2L1$ :所述光轴上的距离最长的空气透镜的像侧透镜面的曲率半径。

3. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,  
所述前组具备两个凸形状的空气透镜,  
所述空气透镜中的光轴上的距离第二长的空气透镜满足以下的条件式:

$$-2.00 < (r2L2+r1L2) / (r2L2-r1L2) < 2.00$$

其中,

$r1L2$ :所述光轴上的距离第二长的空气透镜的物体侧透镜面的曲率半径

$r2L2$ :所述光轴上的距离第二长的空气透镜的像侧透镜面的曲率半径。

4. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,  
所述前组具备至少一个满足以下条件式的负透镜:

$$\theta_{gFLn} + 0.0021 \times v_{dLn} < 0.670$$

其中,

$v_{dLn}$ :所述负透镜的对d线的阿贝数

$\theta_{gFLn}$ :所述负透镜的基于g线和F线的相对部分色散。

5. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,  
满足以下的条件式:

$$1.50 < rc/bfa < 4.50$$

其中,

$rc$ :配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面的曲率半径

bfa:从配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离。

6.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

满足以下的条件式:

$$0.80 < rA/TLA < 2.50$$

其中,

rA:所述前组的配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面的曲率半径TLA:无限远物体对焦状态下的从所述前组的配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离。

7.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

满足以下的条件式:

$$1.20 < rB/TLB < 3.00$$

其中,

rB:所述后组的配置于最靠物体侧的透镜的物体侧透镜面的曲率半径

TLB:无限远物体对焦状态下的从所述后组的配置于最靠物体侧的透镜的物体侧透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离。

8.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

满足以下的条件式:

$$25.00\text{mm} < Pex < 70.00\text{mm}$$

其中,

Pex:从最大像高时的出瞳位置到像点为止的距离。

9.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

所述第1透镜组由两个负透镜以及至少一个正透镜构成,

且满足以下的条件式:

$$4.00 < -f1/f < 10.00$$

其中,

f1:所述第1透镜组的焦距

f:所述光学系统的整个系统的焦距。

10.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

所述第1透镜组由两个负透镜以及至少一个正透镜构成,

且满足以下的条件式:

$$1.00 < f2/f < 2.00$$

其中,

f2:所述第2透镜组的焦距

f:所述光学系统的整个系统的焦距。

11.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

满足以下的条件式:

$$30.00^\circ < 2\omega < 50.00^\circ$$

其中,

$2\omega$ :所述光学系统的视场角。

12. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,  
满足以下的条件式:

$$0.20 < bfa/f < 0.40$$

其中,

bfa:从配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离

f:所述光学系统的整个系统的焦距。

13. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,  
满足以下的条件式:

$$FNo < 1.50$$

其中,

Fno:F值。

14. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,  
所述前组具备孔径光阑。

15. 根据权利要求9或10所述的光学系统,其中,  
所述第2透镜组具备孔径光阑。

16. 根据权利要求9或10所述的光学系统,其中,  
所述第2透镜组由六个以上的透镜构成。

17. 根据权利要求9或10所述的光学系统,其中,  
所述第2透镜组具备三个以上的负透镜。

18. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,  
所述后组由两个以上的透镜构成。

19. 一种光学设备,具备权利要求1所述的光学系统。

## 光学系统以及光学设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光学系统、光学设备以及光学系统的制造方法。

### 背景技术

[0002] 以往,在大口径的摄影镜头中,公知有通过在双高斯结构中增加透镜来对各像差进行校正的技术(例如,参照专利文献1。)。但是,伴随近年来的拍摄元件的高像素化,期望能够进一步良好地对各像差进行校正的大口径的摄影镜头。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开平11-211978号公报

### 发明内容

[0006] 本发明的第1方式是一种光学系统,其中,

[0007] 从物体侧依次由前组和后组构成,所述前组具有正的光焦度,

[0008] 在进行对焦时,所述前组沿着光轴移动,

[0009] 且满足以下的条件式:

[0010]  $0.90 < fF/f < 1.50$

[0011] 其中,

[0012]  $fF$ :所述前组的焦距

[0013]  $f$ :所述光学系统的整个系统的焦距。

[0014] 另外,本发明的第2方式是一种光学系统的制造方法,

[0015] 该光学系统从物体侧依次由前组和后组构成,所述前组具有正的光焦度,

[0016] 该光学系统以在进行对焦时所述前组沿着光轴移动的方式构成,并以满足以下的条件式的方式构成:

[0017]  $0.90 < fF/f < 1.50$

[0018] 其中,

[0019]  $fF$ :所述前组的焦距

[0020]  $f$ :所述光学系统的整个系统的焦距。

### 附图说明

[0021] 图1是第1实施例的光学系统的剖视图。

[0022] 图2A及图2B分别是第1实施例的光学系统的无限远物体对焦时和近距离物体对焦时的各像差图。

[0023] 图3是第2实施例的光学系统的剖视图。

[0024] 图4A及图4B分别是第2实施例的光学系统的无限远物体对焦时和近距离物体对焦时的各像差图。

[0025] 图5是第3实施例的光学系统的剖视图。

[0026] 图6A及图6B分别是第3实施例的光学系统的无限远物体对焦时和近距离物体对焦时的各像差图。

[0027] 图7是第4实施例的光学系统的剖视图。

[0028] 图8A及图8B分别是第4实施例的光学系统的无限远物体对焦时和近距离物体对焦时的各像差图。

[0029] 图9是示出具备光学系统的相机结构的图。

[0030] 图10是示出光学系统的制造方法的概略的流程图。

### 具体实施方式

[0031] 以下,对本发明的实施方式的光学系统、光学设备以及光学系统的制造方法进行说明。

[0032] 本实施方式的光学系统构成为,从物体侧依次由前组和后组构成,所述前组具有正的光焦度,在进行对焦时,所述前组沿着光轴移动,且满足以下的条件式(1)。

[0033] (1)  $0.90 < fF/f < 1.50$

[0034] 其中,

[0035]  $fF$ :所述前组的焦距

[0036]  $f$ :所述光学系统的整个系统的焦距

[0037] 本实施方式的光学系统通过从物体侧依次由前组和后组构成,所述前组具有正的光焦度,在进行对焦时,所述前组沿着光轴移动的结构,从而能够抑制从无限远物体向近距离物体进行对焦时的各像差的变动,特别是能够良好地对球面像差和像面弯曲进行校正。

[0038] 上述条件式(1)是规定前组的焦距与光学系统的整个系统的焦距的比的条件式。本实施方式的光学系统通过满足条件式(1),从而能够良好地对以球面像差和像面弯曲为首的各像差进行校正。

[0039] 当本实施方式的光学系统的条件式(1)的对应值超过上限值时,前组的光焦度变弱,无法充分地对象面弯曲进行校正。另外,通过将条件式(1)的上限值设定为1.48,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,使条件式(1)的上限值为1.46、1.45、1.43、1.42,进一步为1.40。

[0040] 另一方面,当本实施方式的光学系统的条件式(1)的对应值低于下限值时,前组的光焦度变强,无法充分地对象面像差进行校正。另外,通过将条件式(1)的下限值设定为0.95,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,使条件式(1)的下限值为1.00、1.03、1.05、1.08、1.10、1.13、1.15、1.18,进一步为1.20。

[0041] 通过以上的结构,能够实现具有能够良好地对各像差进行校正的良好的光学性能、且适合使用于高像素化的拍摄元件的光学系统。

[0042] 另外,本实施方式的光学系统,优选的是,所述前组具有至少两个凸形状的空气透镜,所述空气透镜中的光轴上的距离最长的空气透镜满足以下的条件式。

[0043] (2)  $-1.00 < (r2L1+r1L1) / (r2L1-r1L1) < 3.00$

[0044] 其中,

[0045] r1L1:所述光轴上的距离最长的空气透镜的物体侧透镜面的曲率半径

[0046] r2L1:所述光轴上的距离最长的空气透镜的像侧透镜面的曲率半径

[0047] 上述条件式(2)是用于规定所述空气透镜中的光轴上的距离最长的空气透镜的形状因子的条件式。通过满足条件式(2),从而能够良好地对各像差进行校正,能够得到良好的光学性能。

[0048] 另外,空气透镜是指通过相邻的透镜与透镜之间的空气部分形成的透镜。

[0049] 当本实施方式的光学系统的条件式(2)的对应值超过上限值时,该空气透镜的形状成为对周边光束不利的形状,因此难以进行畸变和像面弯曲的校正。另外,通过将条件式(2)的上限值设定为2.90,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,使条件式(2)的上限值为2.80、2.70、2.60、2.50、2.40、2.30,进一步为2.20。

[0050] 另一方面,当本实施方式的光学系统的条件式(2)的对应值低于下限值时,容易产生高阶球面像差,以球面像差为首,难以进行各像差的校正。另外,通过将条件式(2)的下限值设定为-0.08,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,使条件式(2)的下限值为-0.05、-0.03、-0.01、0.01,进一步为0.02。

[0051] 另外,本实施方式的光学系统,优选的是,所述前组具有至少两个凸形状的空气透镜,所述空气透镜中的光轴上的距离第二长的空气透镜满足以下的条件式(3)。

[0052] (3)  $-2.00 < (r2L2+r1L2) / (r2L2-r1L2) < 2.00$

[0053] 其中,

[0054] r1L2:所述光轴上的距离第二长的空气透镜的物体侧透镜面的曲率半径

[0055] r2L2:所述光轴上的距离第二长的空气透镜的像侧透镜面的曲率半径

[0056] 上述条件式(3)是用于规定所述空气透镜中的光轴上的距离第二长的空气透镜的形状因子的条件式。通过满足条件式(3),从而能够良好地对各像差进行校正,得到良好的光学性能。

[0057] 当本实施方式的光学系统的条件式(3)的对应值超过上限值时,该空气透镜的形状成为对周边光束不利的形状,因此难以进行畸变和像面弯曲的校正。另外,通过将条件式(3)的上限值设定为1.90,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,使条件式(3)的上限值为1.80、1.70、1.60、1.50、1.40、1.30、1.20,进一步为1.10。

[0058] 另一方面,当本实施方式的光学系统的条件式(3)的对应值低于下限值时,容易产生高阶球面像差,以球面像差为首,难以进行各像差的校正。另外,通过将条件式(3)的下限值设定为-1.90,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,使条件式(3)的下限值为-1.80、-1.70、-1.60、-1.50、-1.30、-1.20,进一步为-1.10。

[0059] 另外,本实施方式的光学系统,优选的是,所述前组具有至少一个满足以下的条件式的负透镜。

[0060] (4)  $\theta_{gFLn} + 0.0021 \times v_{dLn} < 0.670$

[0061] 其中,

[0062] vdLn:所述负透镜的对d线的阿贝数

[0063]  $\theta_{gFLn}$ :所述负透镜的基于g线和F线的相对部分色散

[0064] 此处,在设对C线(波长656.3nm)的折射率为nC,对d线(波长587.6nm)的折射率为nd,对F线(波长486.1nm)的折射率为nF,对g线(波长435.8nm)的折射率为ng时,阿贝数vdLn和相对部分色散 $\theta_{gFLn}$ 分别通过下式来表示。

[0065]  $vdLn = (nd - 1) / (nF - nC)$

[0066]  $\theta_{gFLn} = (ng - nF) / (nF - nC)$

[0067] 上述条件式(4)是规定在所述前组具有的负透镜中使用的硝材的条件式。通过具有满足条件式(4)的负透镜,从而除了初级消色差以外,还能够充分地二级光谱进行校正。

[0068] 当本实施方式的光学系统的条件式(4)的对应值超过上限值时,所述负透镜的异常色散性变大,难以进行二级光谱的校正。另外,通过将条件式(4)的上限值设定为0.668,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,使条件式(4)的上限值为0.667、0.666、0.665、0.664、0.663、0.662,进一步为0.661。

[0069] 另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,条件式(4)进一步满足 $0.200 < \theta_{gFLn} + 0.0021 \times vdLn$ 。当条件式(4)的对应值低于该下限值时,所述负透镜的异常色散性变小,难以进行二级光谱的校正。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,使条件式(4)的下限值为0.250、0.300、0.350,进一步为0.400。

[0070] 另外,本实施方式的光学系统,优选的是,配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面为向物体侧凸起的面。由此,能够在数值孔径大的光学系统中良好地对球面像差和像面弯曲进行校正。

[0071] 另外,本实施方式的光学系统,优选的是,满足以下的条件式(5)。

[0072] (5)  $1.50 < rc/bfa < 4.50$

[0073] 其中,

[0074] rc:配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面的曲率半径

[0075] bfa:从配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离

[0076] 上述条件式(5)是规定配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面的曲率半径与从配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离的比的条件式。通过满足条件式(5),从而能够良好地对球面像差和像面弯曲进行校正。

[0077] 当本实施方式的光学系统的条件式(5)的对应值超过上限值时,轴上光线相对于法线的入射角变大,难以进行球面像差的校正。另外,通过将条件式(5)的上限值设定为4.30,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,使条件式(5)的上限值为4.00、3.80、3.60、3.50、3.40、3.35、3.30,进一步为3.25。

[0078] 另一方面,当本实施方式的光学系统的条件式(5)的对应值低于下限值时,配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面的曲率变强,难以进行像面弯曲的校正。另外,通过将条件式(5)的下限值设定为1.70,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,使条件式(5)的下限值为1.80、1.90、2.00、2.20、2.40、2.50,进一步为2.60。

[0079] 另外,本实施方式的光学系统优选满足以下的条件式(6)。

[0080] (6)  $0.80 < rA/TLA < 2.50$

[0081] 其中,

[0082] rA:所述前组的配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面的曲率半径TLA:无限远物体对焦状态下的从所述前组的配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离

[0083] 上述条件式(6)是规定前组的配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面的曲率半径与无限远物体对焦状态下的从所述前组的配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离的比的条件式。通过满足条件式(6),从而能够良好地对球面像差和像面弯曲进行校正。

[0084] 当本实施方式的光学系统的条件式(6)的对应值超过上限值时,轴上光线相对于法线的入射角变大,难以进行球面像差的校正。另外,通过将条件式(6)的上限值设定为2.40,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,使条件式(6)的上限值为2.30、2.20、2.10、2.00、1.90,进一步为1.80。

[0085] 另一方面,当本实施方式的光学系统的条件式(6)的对应值低于下限值时,所述前组的配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面的曲率变强、或者主光线高度变低,难以进行像面弯曲的校正。另外,通过将条件式(6)的下限值设定为0.85,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,使条件式(6)的下限值为0.90、0.95、1.00、1.05,进一步为1.10。

[0086] 另外,本实施方式的光学系统优选满足以下的条件式(7)。

[0087] (7)  $1.20 < rB/TLB < 3.00$

[0088] 其中,

[0089] rB:所述后组的配置于最靠物体侧的透镜的物体侧透镜面的曲率半径

[0090] TLB:无限远物体对焦状态下的从所述后组的配置于最靠物体侧的透镜的物体侧透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离

[0091] 上述条件式(7)是规定后组的配置于最靠物体侧的透镜的物体侧透镜面的曲率半径与无限远物体对焦状态下的从所述后组的配置于最靠物体侧的透镜的物体侧透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离的比的条件式。通过满足条件式(7),从而能够良好地对球面像差和像面弯曲进行校正。

[0092] 当本实施方式的光学系统的条件式(7)的对应值超过上限值时,轴上光线相对于法线的入射角变大,难以进行球面像差的校正。另外,通过将条件式(7)的上限值设定为2.90,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,使条件式(7)的上限值为2.80、2.70、2.60,进一步为2.55。

[0093] 另一方面,当本实施方式的光学系统的条件式(7)的对应值低于下限值时,所述后组的配置于最靠物体侧的透镜的物体侧透镜面的曲率变强、或者主光线高度变低,难以进行像面弯曲的校正。另外,通过将条件式(7)的下限值设定为1.25,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,使条件式(7)的

下限值为1.30、1.35、1.40、1.45,进一步为1.50。

[0094] 另外,本实施方式的光学系统优选满足以下的条件式(8)。

[0095] (8)  $-0.10 < f/fR < 0.30$

[0096] 其中,

[0097]  $f$ :所述光学系统的整个系统的焦距

[0098]  $fR$ :所述后组的焦距

[0099] 上述条件式(8)是规定光学系统的整个系统的焦距与后组的焦距的比的条件式。本实施方式的光学系统通过满足条件式(8),从而能够良好地对以球面像差为首的各像差进行校正。另外,后组可以具有正的光焦度,也可以具有负的光焦度。

[0100] 当本实施方式的光学系统的条件式(8)的对应值超过上限值时,除了后组的像差校正能力不足以外,当想要满足出瞳、周边光量时,需要增大光学系统的径向尺寸,是不优选的。另外,通过将条件式(8)的上限值设定为0.29,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,使条件式(8)的上限值为0.28、0.27、0.26,进一步为0.25。

[0101] 另一方面,当本实施方式的光学系统的条件式(8)的对应值低于下限值时,前组的光焦度变大,难以进行球面像差的校正。另外,通过将条件式(8)的下限值设定为-0.05,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,使条件式(8)的下限值为-0.01、0.01、0.05、0.08、0.10、0.13、0.15,进一步为0.16。

[0102] 另外,本实施方式的光学系统优选满足以下的条件式(9)。

[0103] (9)  $25.00 < Pex < 70.00$

[0104] 其中,

[0105]  $Pex$ :从最大像高时的出瞳位置到像点为止的距离

[0106] 上述条件式(9)是规定适当的出瞳位置的条件式。本实施方式的光学系统通过满足条件式(9),从而能够变得小型且能够得到良好的光学性能。

[0107] 当本实施方式的光学系统的条件式(9)的对应值超过上限值时,后镜片变得大型化,并且周边光量变少,是不优选的。另外,通过将条件式(9)的上限值设定为65.00,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,使条件式(9)的上限值为60.00、55.00,进一步为50.00。

[0108] 另一方面,当本实施方式的光学系统的条件式(9)的对应值低于下限值时,针对传感器的入射角度变窄,从而与传感器的匹配性变差。另外,通过将条件式(9)的下限值设定为28.00,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,使条件式(9)的下限值为30.00、33.00,进一步为35.00。

[0109] 另外,本实施方式的光学系统,优选的是,所述前组从物体侧依次具备第1透镜组以及第2透镜组,所述第1透镜组由两个负透镜以及至少一个正透镜构成,且满足以下的条件式(10)。

[0110] (10)  $4.00 < -f1/f < 10.00$

[0111] 其中,

[0112]  $f1$ :所述第1透镜组的焦距

[0113]  $f$ :所述光学系统的整个系统的焦距

[0114] 本实施方式的光学系统通过具有前组具备第1透镜组以及第2透镜组,且所述第1透镜组由两个负透镜以及至少一个正透镜构成的结构,从而能够良好地对像面弯曲和彗差进行校正。另外,使第2透镜组起到主透镜的作用,且成为对称性良好的光学系统,从而能够良好地对彗差、畸变以及球面像差进行校正。

[0115] 上述条件式(10)是规定第1透镜组的焦距与光学系统的整个系统的焦距的比的条件式。通过满足条件式(10),从而能够变得小型且能够得到良好的光学性能。

[0116] 当本实施方式的光学系统的条件式(10)的对应值超过上限值时,第1透镜组的光焦度变弱,导致匹兹伐和的增大,难以进行像面弯曲的校正。另外,通过将条件式(10)的上限值设定为9.90,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,使条件式(10)的上限值为9.80、9.70、9.60、9.50、9.40、9.30、9.25、9.20、9.15,进一步为9.10。

[0117] 另一方面,当本实施方式的光学系统的条件式(10)的对应值低于下限值时,入射到第2透镜组的光线高度变高,第2透镜组的直径尺寸变得大型化。另外,难以进行球面像差的校正。另外,通过将条件式(10)的下限值设定为4.10,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,使条件式(10)的下限值为4.20、4.30、4.40、4.50、4.60、4.65、4.70、4.75、4.80,进一步为4.85。

[0118] 另外,本实施方式的光学系统,优选的是,所述前组从物体侧依次具备第1透镜组以及第2透镜组,所述第1透镜组由两个负透镜以及至少一个正透镜构成,且满足以下的条件式(11)。

[0119] (11)  $1.00 < f_2/f < 2.00$

[0120] 其中,

[0121]  $f_2$ :所述第2透镜组的焦距

[0122]  $f$ :所述光学系统的整个系统的焦距

[0123] 本实施方式的光学系统通过具有前组具备第1透镜组以及第2透镜组,且所述第1透镜组由两个负透镜以及至少一个正透镜构成的结构,从而能够良好地对像面弯曲和彗差进行校正。另外,使第2透镜组起到主透镜的作用,且成为对称性良好的光学系统,从而能够良好地对彗差、畸变以及球面像差进行校正。

[0124] 上述条件式(11)是规定第2透镜组的焦距与光学系统的整个系统的焦距的比的条件式。通过满足条件式(11),从而能够变得小型且能够得到良好的光学性能。

[0125] 当本实施方式的光学系统的条件式(11)的对应值超过上限值时,起到主透镜作用的第2透镜组的负荷变大,难以良好地对球面像差进行校正。另外,通过将条件式(11)的上限值设定为1.90,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,使条件式(11)的上限值为1.80、1.70、1.65、1.60、1.55、1.54,进一步为1.52。

[0126] 另一方面,当本实施方式的光学系统的条件式(11)的对应值低于下限值时,光学系统的全长变长,导致光学系统的大型化。另外,后组的负荷变大,难以进行像面弯曲的校正。另外,通过将条件式(11)的下限值设定为1.03,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,使条件式(11)的下限值为1.05、1.08、1.10、1.12、1.14,进一步为1.15。

[0127] 另外,本实施方式的光学系统优选满足以下的条件式(12)。

[0128] (12)  $30.00^\circ < 2\omega < 50.00^\circ$

[0129] 其中,

[0130]  $2\omega$ :所述光学系统的视场角

[0131] 上述条件式(12)是规定视场角的最佳值的条件式。本实施方式的光学系统,通过满足该条件式(12),从而能够满足光学系统整体的小型化和良好的光学性能。

[0132] 为了可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,使条件式(12)的上限值为 $49.50^\circ$ 。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,使条件式(12)的上限值为 $49.00^\circ$ 、 $48.50^\circ$ 、 $48.00^\circ$ 、 $47.50^\circ$ ,进一步为 $47.00^\circ$ 。

[0133] 为了可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,使条件式(12)的下限值为 $33.00^\circ$ 。另外,为了更可靠地得到本实施方式的效果,优选的是,使条件式(12)的下限值为 $35.00^\circ$ 、 $36.00^\circ$ 、 $37.00^\circ$ 、 $38.00^\circ$ ,进一步为 $39.00^\circ$ 。

[0134] 另外,本实施方式的光学系统优选满足以下的条件式(13)。

[0135] (13)  $0.20 < \text{bfa}/f < 0.40$

[0136] 其中,

[0137] bfa:从配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离

[0138] f:所述光学系统的整个系统的焦距

[0139] 上述条件式(13)是规定从配置于最靠像侧的透镜的像侧透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离与光学系统的整个系统的焦距的比的比的条件式。通过满足条件式(13),从而能够满足光学系统整体的小型化和良好的光学性能。

[0140] 当本实施方式的光学系统的条件式(13)的对应值超过上限值时,由于大的数值孔径而光学系统整体在径向上变大,难以进行像面弯曲的校正。另外,通过将条件式(13)的上限值设定为0.39,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,使条件式(13)的上限值为0.38、0.37、0.36、0.35,进一步为0.34。

[0141] 另一方面,当本实施方式的光学系统的条件式(13)的对应值低于下限值时,由于周边光束而最终透镜组的直径变大,为了小型化而在光学系统的整个系统的后侧需要强的负光焦度,特别是难以进行球面像差的校正。另外,通过将条件式(13)的下限值设定为0.21,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,使条件式(13)的下限值为0.22、0.23、0.24、0.25,进一步为0.26。

[0142] 另外,本实施方式的光学系统优选满足以下的条件式(14)。

[0143] (14)  $\text{FNo} < 1.50$

[0144] 其中,

[0145] FNo:F值

[0146] 上述条件式(14)是规定最佳的F值的条件。通过满足条件式(5),从而能够实现具有良好的光学性能的大口径的光学系统。另外,通过将条件式(14)的上限值设定为1.40,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,使条件式(14)的上限值为1.30、1.20、1.10、1.05,进一步为1.00。

[0147] 另外,本实施方式的光学系统,优选的是,所述前组具有孔径光阑。由此,容易确保

光圈前后的光学系统的对称性,能够良好地对畸变等具有对称性的像差进行校正。

[0148] 另外,本实施方式的光学系统,优选的是,所述第2透镜组具有孔径光阑。由此,容易确保光圈前后的光学系统的对称性,能够良好地对畸变等具有对称性的像差进行校正。

[0149] 另外,本实施方式的光学系统,优选的是,所述第2透镜组由六个以上的透镜构成。由此,能够抑制各透镜的光焦度,特别是能够良好地对球面像差进行校正。

[0150] 另外,本实施方式的光学系统,优选的是,所述第2透镜组具备三个以上的负透镜。由此,能够良好地对色差进行校正。

[0151] 另外,本实施方式的光学系统,优选的是,所述后组由两个以上的透镜构成。由此,以像面弯曲为首,能够良好地对各像差进行校正。

[0152] 本实施方式的光学设备具备上述结构的光学系统。由此,能够实现具有能够良好地对各像差进行校正的良好的光学性能、且适合使用于高像素化的拍摄元件的光学设备。

[0153] 关于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前组和后组构成,所述前组具有正的光焦度,该光学系统以在进行对焦时所述前组沿着光轴移动的方式构成,并以满足以下的条件式(1)的方式构成。

[0154] (1)  $0.90 < fF/f < 1.50$

[0155] 其中,

[0156]  $fF$ :所述前组的焦距

[0157]  $f$ :所述光学系统的整个系统的焦距

[0158] 由此,能够制造能够良好地对各像差进行校正、且适合使用于高像素化的拍摄元件的光学系统。

[0159] 以下,根据附图对本实施方式的数值实施例的光学系统进行说明。

[0160] (第1实施例)

[0161] 图1是第1实施例的光学系统的无限远物体对焦时的剖视图。

[0162] 本实施例的光学系统从物体侧依次由具有正的光焦度的前组GF以及具有正的光焦度的后组GR构成。

[0163] 前组GF从物体侧依次由具有负的光焦度的第1透镜组G1以及具有正的光焦度的第2透镜组G2构成。

[0164] 第1透镜组G1从物体侧依次由将双凸形状的正透镜L11与双凹形状的负透镜L12接合而成的接合负透镜以及将双凹形状的负透镜L13与双凸形状的正透镜L14接合而成的接合负透镜构成。

[0165] 通过负透镜L12的像侧透镜面和负透镜L13的物体侧透镜面,形成双凸形状的空气透镜La1。

[0166] 第2透镜组G2从物体侧依次由双凸形状的正透镜L21、双凸形状的正透镜L22、将双凸形状的正透镜L23与双凹形状的负透镜L24接合而成的接合负透镜、孔径光阑S、将双凹形状的负透镜L25与双凸形状的正透镜L26接合而成的接合负透镜、双凸形状的正透镜L27以及将双凸形状的正透镜L28与双凹形状的负透镜L29接合而成的接合负透镜构成。

[0167] 通过负透镜L24的像侧透镜面和负透镜L25的物体侧透镜面,形成包含孔径光阑S的双凸形状的空气透镜La2。

[0168] 后组GR从物体侧依次由将双凸形状的正透镜L31与双凹形状的负透镜L32接合而

成的接合负透镜以及将双凸形状的正透镜L33与双凹形状的负透镜L34接合而成的接合正透镜构成。

[0169] 在后组GR与像面I之间,配置有由低通滤光片等构成的滤光片组FL。

[0170] 在像面I上配置有由CCD或CMOS等构成的拍摄元件(省略图示)。

[0171] 在本实施例的光学系统中,通过使前组GF沿着光轴向物体侧移动来进行从无限远物体向近距离物体的对焦。

[0172] 在以下的表1,示出本实施例的光学系统的参数的值。

[0173] 在表1中,f表示焦距,BF表示后焦距、即从最靠像侧的透镜面到像面I为止的光轴上的距离。

[0174] 在[面数据]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(第n面(n为整数)与第n+1面之间的间隔),nd表示对d线(波长587.6nm)的折射率,vd表示对d线(波长587.6nm)的阿贝数, $\theta_{gF}$ 表示基于g线和F线的相对部分色散。另外, $\theta_{gF}$ 仅对满足条件式(4)的透镜示出。另外,OP表示物体面,Dn(n为整数)表示可变的间隔,S表示孔径光阑,I表示像面。另外,曲率半径 $r = \infty$ 表示平面。省略空气的折射率 $n_d = 1.00000$ 的记载。另外,在透镜面为非球面时对面编号附上“\*”并在曲率半径r的栏示出近轴曲率半径。

[0175] 在[非球面数据]中,对于[面数据]中示出的非球面,示出通过下式表示了其形状时的非球面系数和圆锥常数。

$$[0176] \quad x = (h^2/r) / [1 + \{1 - (1 + \kappa) \cdot (h/r)^2\}^{1/2}] + A_4h^4 + A_6h^6 + A_8h^8 + A_{10}h^{10} + A_{12}h^{12} + A_{14}h^{14}$$

[0177] 此处,使h为与光轴垂直的方向的高度,使x为从高度h处的非球面的顶点的切面到该非球面为止的沿着光轴方向的距离、即凹陷量,使 $\kappa$ 为圆锥常数,使A4、A6、A8、A10、A12、A14为非球面系数,使r为基准球面的曲率半径、即近轴曲率半径。另外,“E-n”(n:整数)表示“ $\times 10^{-n}$ ”,例如“1.234E-05”表示“ $1.234 \times 10^{-5}$ ”。2次非球面系数A2为0,省略记载。

[0178] 在[各种数据]中,f表示光学系统的整个系统的焦距,FNo表示F值, $2\omega$ 表示视场角(单位为“°”),Ymax表示最大像高,TL表示本实施例的光学系统的全长、即从第1面到像面I为止的光轴上的距离,BF(空气换算长度)表示对滤光片组FL的厚度进行空气换算后的BF。

[0179] 在[可变间隔数据]中,f表示光学系统的整个系统的焦距, $\beta$ 表示至近摄影倍率,Dn(n为整数)表示第n面与第n+1面之间的可变间隔。另外,无限远表示向无限远物体的对焦时,近距离表示向近距离物体的对焦时。

[0180] 在[透镜组数据]中示出各透镜组的始面编号ST和焦距f。

[0181] 在[条件式对应值]中分别示出各条件式的对应值。

[0182] 此处,对于记载于表1的焦距f、曲率半径r以及其他的长度单位,一般使用“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,因此并不限定于此。

[0183] 另外,以上所述的表1的符号,在后述的各实施例的表中也同样使用。

[0184] (表1)第1实施例

[0185] [面数据]

	m	r	d	nd	vd	$\theta_{gF}$
	OP	$\infty$				
	*1)	108.488	7.65	1.902650	35.77	
	2)	-848.550	2.80	1.552981	55.07	0.54467
	3)	50.252	18.12			
[0186]	4)	-60.720	2.80	1.612660	44.46	0.56396
	5)	2497.500	9.15	1.593190	67.90	
	6)	-77.239	0.40			
	7)	113.763	10.95	1.848500	43.79	
	8)	-178.060	0.40			
	9)	70.659	9.74	1.593190	67.90	
	10)	-1968.500	0.20			

	11)	289.687	8.00	1.593190	67.90	
	12)	-97.087	2.80	1.738000	32.33	0.58997
	13)	47.074	8.70			
	14)(S)	$\infty$	5.29			
	15)	-95.230	2.20	1.612660	44.46	0.56396
	16)	41.204	11.55	1.497820	82.57	
	17)	-273.092	0.20			
	18)	76.173	9.50	1.883000	40.69	
	19)	-101.575	0.20			
	*20)	176.128	7.45	1.953750	32.33	
[0187]	21)	-67.221	1.80	1.738000	32.33	0.58997
	22)	55.510	D22			
	23)	71.413	6.35	1.883000	40.69	
	24)	-115.025	1.81	1.698950	30.13	
	25)	46.943	0.80			
	26)	55.281	9.11	1.883000	40.69	
	27)	-144.041	3.00	1.765538	46.76	
	*28)	52.858	14.50			
	29)	$\infty$	1.60	1.516800	64.14	
	30)	$\infty$	1.00			
	I	$\infty$				
[0188]	[非球面数据]					
[0189]	m:1					
[0190]	$\kappa=0.0000$					
[0191]	A4=-3.82177E-07,A6=-6.06486E-11,A8=-3.80172E-15,					
[0192]	A10=-1.32266E-18					
[0193]	m:20					
[0194]	$\kappa=0.0000$					
[0195]	A4=-1.15028E-06,A6=-4.51771E-10,A8=2.72670E-13,					
[0196]	A10=-7.66812E-17					
[0197]	m:28					
[0198]	$\kappa=0.0000$					
[0199]	A4=3.18645E-06,A6=-1.14718E-08,A8=7.74567E-11,					

[0200]	A10=-2.24225E-13,A12=3.34790E-16,A14=-1.70470E-19		
[0201]	[各种数据]		
	f	59.62	
	FNo	0.98	
	2ω	39.96	
[0202]	Ymax	21.70	
	TL	160.74	
	BF	17.10	
	BF(空气换算长度)	16.55	
[0203]	[可变间隔数据]		
		无限远	近距离
	f	59.62	
[0204]	β		-0.194
	D22	2.68	21.29
[0205]	[透镜组数据]		
		ST	f
	GF	1	75.60
[0206]	GR	23	294.37
	G1	1	-289.87
	G2	7	69.07
[0207]	[条件式对应值]		
[0208]	(1) fF/f=1.27		
[0209]	(2) (r2L1+r1L1)/(r2L1-r1L1)=0.09		
[0210]	(3) (r2L2+r1L2)/(r2L2-r1L2)=0.34		
[0211]	(4) θgFLn+0.0021×vdLn=0.657		
[0212]	(4) θgFLn+0.0021×vdLn=0.658		
[0213]	(4) θgFLn+0.0021×vdLn=0.660		
[0214]	(5) rc/bfa=3.19		
[0215]	(6) rA/TLA=1.79		
[0216]	(7) rB/TLB=2.52		
[0217]	(8) f/fR=0.20		
[0218]	(9) Pex=43.85		
[0219]	(10) -f1/f=4.86		
[0220]	(11) f2/f=1.16		
[0221]	(12) 2ω=39.96°		

[0222] (13)  $bfa/f=0.28$

[0223] (14)  $FNo=0.98$

[0224] 图2A和图2B分别是第1实施例的光学系统的无限远物体对焦时和近距离物体对焦时的各像差图。

[0225] 在各像差图中,  $FNo$ 表示F值,  $Y$ 表示像高,  $NA$ 表示数值孔径。另外, 在球面像差图中示出与最大口径对应的F值 $FNo$ 或数值孔径 $NA$ 的值, 在像散图和畸变图中示出像高 $Y$ 的最大值, 在彗差图中示出各像高的值。另外, 在各像差图中,  $C$ 表示C线(波长656.3nm)下的像差曲线,  $d$ 表示d线(波长587.6nm)下的像差曲线,  $F$ 表示F线(波长486.1nm)下的像差曲线,  $g$ 表示g线(波长435.8nm)下的像差曲线, 未记载的表示d线下的像差曲线。在像散图中, 实线表示弧矢像面, 虚线表示子午像面。彗差图表示各像高 $Y$ 下的彗差。另外, 在后述的各实施例的像差图中, 也使用与本实施例相同的符号。

[0226] 通过各像差图可知, 本实施例的光学系统从无限远物体对焦时到近距离物体对焦时良好地对各像差进行校正且具有优秀的成像性能。

[0227] (第2实施例)

[0228] 图3是第2实施例的光学系统的无限远物体对焦时的剖视图。

[0229] 本实施例的光学系统从物体侧依次由具有正的光焦度的前组GF以及具有正的光焦度的后组GR构成。

[0230] 前组GF从物体侧依次由具有负的光焦度的第1透镜组G1以及具有正的光焦度的第2透镜组G2构成。

[0231] 第1透镜组G1从物体侧依次由将双凸形状的正透镜L11与双凹形状的负透镜L12接合而成的接合负透镜以及将双凹形状的负透镜L13与双凸形状的正透镜L14接合而成的接合负透镜构成。

[0232] 通过负透镜L12的像侧透镜面和负透镜L13的物体侧透镜面, 形成双凸形状的空气透镜La1。

[0233] 第2透镜组G2从物体侧依次由双凸形状的正透镜L21、将双凸形状的正透镜L22与双凹形状的负透镜L23接合而成的接合负透镜、孔径光阑S、将双凹形状的负透镜L24与双凸形状的正透镜L25接合而成的接合负透镜、双凸形状的正透镜L26以及将双凸形状的正透镜L27与双凹形状的负透镜L28接合而成的接合负透镜构成。

[0234] 通过负透镜L23的像侧透镜面和负透镜L24的物体侧透镜面, 形成包含孔径光阑S的双凸形状的空气透镜La2。

[0235] 后组GR从物体侧依次由将双凸形状的正透镜L31与双凹形状的负透镜L32接合而成的接合负透镜以及将双凸形状的正透镜L33与双凹形状的负透镜L34接合而成的接合正透镜构成。

[0236] 在后组GR与像面I之间, 配置有由低通滤光片等构成的滤光片组FL。

[0237] 在像面I上配置有由CCD或CMOS等构成的拍摄元件(省略图示)。

[0238] 在本实施例的光学系统中, 通过使前组GF沿着光轴向物体侧移动来进行从无限远物体向近距离物体的对焦。

[0239] 在以下的表2示出本实施例的光学系统的参数的值。

[0240] (表2) 第2实施例

[0241]	[面数据]	m	r	d	nd	vd	$\theta_{gF}$
	OP		$\infty$				
	*1)	84.843		8.88	1.902650	35.77	
	2)	-1742.595		2.80	1.552981	55.07	0.54467
	3)	44.232		17.70			
	4)	-63.458		4.49	1.612660	44.46	0.56396
	5)	160.451		12.00	1.593190	67.90	
[0242]	6)	-77.097		0.40			
	7)	80.675		12.00	1.848500	43.79	
	8)	-225.566		0.40			
	9)	77.209		12.00	1.593190	67.90	
	10)	-117.176		2.80	1.737999	32.33	0.58997
	11)	53.947		7.63			
	12)(S)	$\infty$		5.60			

	13)	-84.000	2.20	1.720467	34.71	0.58340
	14)	41.872	11.15	1.497820	82.57	
	15)	-285.714	0.20			
	16)	73.142	10.14	1.883000	40.69	
	17)	-93.038	0.20			
	*18)	165.947	6.59	1.953750	32.33	
	19)	-83.716	1.80	1.672999	38.26	0.57570
	20)	55.556	D20			
[0243]	21)	71.429	6.52	1.883000	40.69	
	22)	-112.325	1.80	1.698950	30.13	
	23)	46.100	0.89			
	24)	55.249	9.74	1.883000	40.69	
	25)	-250.769	2.97	1.765538	46.75	
	*26)	53.058	14.52			
	27)	$\infty$	1.60	1.516800	64.14	
	28)	$\infty$	1.00			

## I

[0244] [非球面数据]

[0245] m:1

[0246]  $\kappa=0.0000$ [0247]  $A4=-3.12694E-07, A6=-5.48964E-11, A8=-1.79711E-14,$ [0248]  $A10=-1.73223E-18$ 

[0249] m:18

[0250]  $\kappa=0.0000$ [0251]  $A4=-1.26938E-06, A6=-4.97145E-10, A8=2.93406E-13,$ [0252]  $A10=-1.78209E-16$ 

[0253] m:26

[0254]  $\kappa=0.0000$ [0255]  $A4=2.60259E-06, A6=-6.63089E-09, A8=6.98584E-11,$ [0256]  $A10=-2.75672E-13, A12=5.74140E-16, A14=-4.50780E-19$ 

[0257] [各种数据]

	f	58.93	
	FNo	0.98	
	2 $\omega$	40.39	
[0258]	Ymax	21.70	
	TL	160.71	
	BF	17.12	
	BF(空气换算长度)	16.57	
[0259]	[可变间隔数据]		
		无限远	近距离
[0260]	f	58.93	
	$\beta$		-0.188
	D20	2.70	20.39
[0261]	[透镜组数据]		
		ST	f
	GF	1	74.42
[0262]	GR	21	335.84
	G1	1	-504.22
	G2	7	71.19
[0263]	[条件式对应值]		
[0264]	(1) $fF/f=1.26$		
[0265]	(2) $(r2L1+r1L1)/(r2L1-r1L1)=0.18$		
[0266]	(3) $(r2L2+r1L2)/(r2L2-r1L2)=0.22$		
[0267]	(4) $\theta_{gFLn}+0.0021 \times vdLn=0.656$		
[0268]	(4) $\theta_{gFLn}+0.0021 \times vdLn=0.657$		
[0269]	(4) $\theta_{gFLn}+0.0021 \times vdLn=0.658$		
[0270]	(4) $\theta_{gFLn}+0.0021 \times vdLn=0.660$		
[0271]	(5) $rc/bfa=3.20$		
[0272]	(6) $rA/TLA=1.76$		
[0273]	(7) $rB/TLB=2.48$		
[0274]	(8) $f/fR=0.18$		
[0275]	(9) $Pex=44.85$		
[0276]	(10) $-f1/f=8.56$		
[0277]	(11) $f2/f=1.21$		
[0278]	(12) $2\omega=40.39^\circ$		
[0279]	(13) $bfa/f=0.28$		

[0280] (14)  $F_{No}=0.98$

[0281] 图4A和图4B分别是第2实施例的光学系统的无限远物体对焦时和近距离物体对焦时的各像差图。

[0282] 通过各像差图可知,本实施例的光学系统从无限远物体对焦时到近距离物体对焦时良好地对各像差进行校正且具有优秀的成像性能。

[0283] (第3实施例)

[0284] 图5是第3实施例的光学系统的无限远物体对焦时的剖视图。

[0285] 本实施例的光学系统从物体侧依次由具有正的光焦度的前组GF以及具有正的光焦度的后组GR构成。

[0286] 前组GF从物体侧依次由具有负的光焦度的第1透镜组G1以及具有正的光焦度的第2透镜组G2构成。

[0287] 第1透镜组G1从物体侧依次由将双凸形状的正透镜L11与双凹形状的负透镜L12接合而成的接合负透镜以及将双凹形状的负透镜L13与双凸形状的正透镜L14接合而成的接合正透镜构成。

[0288] 通过负透镜L12的像侧透镜面和负透镜L13的物体侧透镜面,形成双凸形状的空气透镜La1。

[0289] 第2透镜组G2从物体侧依次由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L21、双凸形状的正透镜L21、将双凸形状的正透镜L23与双凹形状的负透镜L24接合而成的接合负透镜、将双凸形状的正透镜L25与双凹形状的负透镜L26接合而成的接合正透镜、孔径光阑S、将双凹形状的负透镜L27与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L28接合而成的接合负透镜、双凸形状的正透镜L29、双凸形状的正透镜L210以及凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L211构成。

[0290] 通过负透镜L26的像侧透镜面和负透镜L27的物体侧透镜面,形成包含孔径光阑S的双凸形状的空气透镜La2。

[0291] 后组GR从物体侧依次由将双凸形状的正透镜L31与双凹形状的负透镜L32接合而成的接合正透镜以及将双凸形状的正透镜L33与双凹形状的负透镜L34接合而成的接合正透镜构成。

[0292] 在后组GR与像面I之间,配置有由低通滤光片等构成的滤光片组FL。

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

[0294] 在本实施例的光学系统中,通过使前组GF沿着光轴向物体侧移动来进行从无限远物体向近距离物体的对焦。

[0295] 在以下的表3示出本实施例的光学系统的参数的值。

[0296] (表3) 第3实施例

[0297] [面数据]

	m	r	d	nd	vd	θgF
	OP	∞				
	*1)	185.899	9.54	1.953750	32.33	
	2)	-137.785	1.80	1.612660	44.46	0.56396
	3)	57.357	17.16			
	4)	-61.400	9.43	1.755200	27.57	
	5)	3320.945	12.00	1.883000	40.69	
	6)	-79.440	0.20			
	7)	86.368	9.31	1.922860	20.88	
	8)	282.514	2.62			
	9)	164.628	8.52	1.883000	40.69	
	10)	-433.246	0.20			
[0298]	11)	178.385	12.00	1.593190	67.90	
	12)	-109.726	1.80	1.755200	27.57	
	13)	58.133	3.31			
	14)	91.870	12.00	1.497820	82.57	
	15)	-98.193	1.80	1.755200	27.57	
	16)	906.006	1.50			
	17)(S)	∞	4.71			
	18)	-172.200	1.80	1.755200	27.57	
	19)	46.351	12.00	1.497820	82.57	
	20)	405.680	0.20	1.000000		
	21)	82.227	11.14	1.755000	52.34	
	22)	-138.448	0.20			
	*23)	87.956	7.41	1.922860	20.88	
	24)	-256.167	0.20			

	25)	225.911	1.80	1.672999	38.26	0.57570
	26)	46.387	D23			
	27)	49.877	7.98	1.883000	40.69	0.56730
	28)	-185.543	1.80	1.698950	30.13	0.60210
	29)	37.894	1.69			
[0299]	30)	52.649	7.35	1.883000	40.69	0.56730
	31)	-136.958	5.47	1.806100	40.97	0.56880
	*32)	47.095	13.12			
	33)	$\infty$	1.60	1.516800	64.14	0.53574
	34)	$\infty$	1.00			

## I

[0300] [非球面数据]

[0301] m:1

[0302]  $\kappa=0.0000$ [0303]  $A4=-4.46166E-07, A6=-5.12059E-11, A8=-5.73749E-16,$ [0304]  $A10=-7.59667E-19$ 

[0305] m:23

[0306]  $\kappa=0.0000$ [0307]  $A4=-6.70053E-07, A6=-1.40564E-10, A8=-2.88155E-14,$ [0308]  $A10=5.19675E-17$ 

[0309] m:32

[0310]  $\kappa=0.0000$ [0311]  $A4=2.53486E-06, A6=-6.25069E-09, A8=5.60707E-11,$ [0312]  $A10=-1.82993E-13, A12=3.28690E-16, A14=-2.06450E-19$ 

[0313] [各种数据]

f 56.61

[0314] FNo 0.87

2 $\omega$  42.76

Ymax 21.70

TL 185.01

[0315] BF 15.72

BF(空气换算长度) 15.17

[0316] [可变间隔数据]

		无限远	近距离
[0317]	f	56.61	
	$\beta$		-0.199
	D20	2.36	24.15
[0318]	[透镜组数据]		
		ST	f
	GF	1	78.66
[0319]	GR	27	242.22
	G1	1	-512.59
	G2	7	85.35

[0320] [条件式对应值]

[0321] (1)  $f_F/f = 1.39$

[0322] (2)  $(r_{2L1} + r_{1L1}) / (r_{2L1} - r_{1L1}) = 0.03$

[0323] (3)  $(r_{2L2} + r_{1L2}) / (r_{2L2} - r_{1L2}) = -0.68$

[0324] (4)  $\theta_{gFLn} + 0.0021 \times vd_{Ln} = 0.656$

[0325] (4)  $\theta_{gFLn} + 0.0021 \times vd_{Ln} = 0.657$

[0326] (5)  $rc/bfa = 3.10$

[0327] (6)  $r_A/TLA = 1.47$

[0328] (7)  $r_B/TLB = 1.71$

[0329] (8)  $f/f_R = 0.23$

[0330] (9)  $P_{ex} = 40.21$

[0331] (10)  $-f_1/f = 9.05$

[0332] (11)  $f_2/f = 1.51$

[0333] (12)  $2\omega = 42.76^\circ$

[0334] (13)  $bfa/f = 0.27$

[0335] (14)  $FNo = 0.87$

[0336] 图6A和图6B分别是第3实施例的光学系统的无限远物体对焦时和近距离物体对焦时的各像差图。

[0337] 通过各像差图可知,本实施例的光学系统从无限远物体对焦时到近距离物体对焦时良好地对各像差进行校正且具有优秀的成像性能。

[0338] (第4实施例)

[0339] 图7是第4实施例的光学系统的无限远物体对焦时的剖视图。

[0340] 本实施例的光学系统从物体侧依次由具有正的光焦度的前组GF以及具有正的光焦度的后组GR构成。

[0341] 前组GF从物体侧依次由具有负的光焦度的第1透镜组G1以及具有正的光焦度的第2透镜组G2构成。

[0342] 第1透镜组G1从物体侧依次由凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L11以及将双凸形

状的正透镜L12与双凹形状的负透镜L13接合而成的接合正透镜构成。

[0343] 第2透镜组G2从物体侧依次由双凸形状的正透镜L21、双凸形状的正透镜L22、将双凹形状的负透镜L23与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L24接合而成的接合负透镜、孔径光阑S、将双凹形状的负透镜L25与双凸形状的正透镜L26接合而成的接合正透镜、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L27以及将双凸形状的正透镜L28与双凹形状的负透镜L29接合而成的接合负透镜构成。

[0344] 通过第1透镜组G1的负透镜L13的像侧透镜面和第2透镜组G2的正透镜L21的物体侧透镜面,形成凸面朝向物体侧的空气透镜La1。

[0345] 通过第2透镜组G2的正弯月形透镜L24的像侧透镜面和负透镜L25的物体侧透镜面,形成包含孔径光阑S的双凸形状的空气透镜La2。

[0346] 后组GR从物体侧依次由将双凸形状的正透镜L31与双凹形状的负透镜L32接合而成的接合正透镜以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L33构成。

[0347] 在后组GR与像面I之间,配置有由低通滤光片等构成的滤光片组FL。

[0348] 在像面I上配置有由CCD或CMOS等构成的拍摄元件(省略图示)。

[0349] 在本实施例的光学系统中,通过使前组GF沿着光轴向物体侧移动来进行从无限远物体向近距离物体的对焦。

[0350] 在以下的表4示出本实施例的光学系统的参数的值。

[0351] (表4) 第4实施例

[0352] [面数据]

	m	r	d	nd	vd	$\theta_{gF}$
	OP	$\infty$				
	1)	321.297	2.20	1.743531	49.46	0.55310
[0353]	*2)	141.100	0.20			
	3)	81.476	7.45	2.000690	25.46	
	4)	-533.967	2.00	1.575010	41.51	
	5)	41.890	23.21			

	6)	114.722	10.00	1.755000	52.34
	7)	-102.377	0.20		
	8)	363.127	10.00	1.433848	95.23
	9)	-63.288	0.20		
	10)	-81.853	2.00	1.728250	28.38
	11)	40.229	10.00	1.497820	82.57
	12)	387.084	2.07		
	13)(S)	$\infty$	7.39		
	14)	-57.411	1.80	1.698950	30.13
	15)	288.324	10.00	1.816000	46.59
	16)	-54.150	0.20		
[0354]	*17)	72.170	3.37	1.883000	40.66
	18)	153.608	0.20		
	19)	74.349	9.64	2.000690	25.46
	20)	-82.672	1.80	1.688930	31.16
	21)	36.393	D21		
	22)	45.019	10.76	1.816000	46.59
	23)	-93.154	1.80	1.647690	33.73
	24)	34.053	2.68		
	25)	47.420	5.62	1.851350	40.10
	*26)	48.720	15.00		
	27)	$\infty$	1.50	1.516800	64.14
	28)	$\infty$	1.00		

## I

[0355] [非球面数据]

[0356] m:2

[0357]  $\kappa=0.0000$ 

[0358] A4=1.16114E-06,A6=2.95643E-10,A8=-6.37189E-14,

[0359] A10=1.41668E-16

[0360] m:17

[0361]  $\kappa=0.0000$ 

[0362] A4=-6.16353E-07,A6=-4.48845E-11,A8=-3.85019E-13,

[0363]	A10=2.55435E-16		
[0364]	m:26		
[0365]	$\kappa=0.0000$		
[0366]	A4=3.59886E-06,A6=-1.74814E-08,A8=1.46565E-10,		
[0367]	A10=-5.81529E-13,A12=1.21940E-15,A14=-1.02110E-18		
[0368]	[各种数据]		
	f	51.60	
	FNo	0.98	
	2 $\omega$	46.48	
[0369]	Ymax	21.70	
	TL	145.01	
	BF	17.50	
	BF(空气换算长度)	16.95	
[0370]	[可变间隔数据]		
		无限远	近距离
	f	51.60	
[0371]	$\beta$		-0.159
	D20	2.72	18.14
[0372]	[透镜组数据]		
		ST	f
	GF	1	70.85
[0373]	GR	22	218.68
	G1	1	-337.62
	G2	6	63.59
[0374]	[条件式对应值]		
[0375]	(1) $fF/f=1.37$		
[0376]	(2) $(r2L1+r1L1)/(r2L1-r1L1)=2.15$		
[0377]	(3) $(r2L2+r1L2)/(r2L2-r1L2)=-0.74$		
[0378]	(4) $\theta_{gFLn}+0.0021 \times vdLn=0.657$		
[0379]	(5) $rc/bfa=2.87$		
[0380]	(6) $rA/TLA=1.12$		
[0381]	(7) $rB/TLB=1.51$		
[0382]	(8) $f/fR=0.24$		
[0383]	(9) $P_{ex}=40.00$		
[0384]	(10) $-f1/f=6.54$		

[0385] (11)  $f_2/f=1.23$

[0386] (12)  $2\omega=46.48^\circ$

[0387] (13)  $bfa/f=0.33$

[0388] (14)  $FNo=0.98$

[0389] 图8A和图8B分别是第4实施例的光学系统的无限远物体对焦时和近距离物体对焦时的各像差图。

[0390] 通过各像差图可知,本实施例的光学系统从无限远物体对焦时到近距离物体对焦时良好地对各像差进行校正且具有优秀的成像性能。

[0391] 根据上述各实施例,能够实现具有能够良好地对各像差进行校正的良好的光学性能、且适合使用于高像素化的拍摄元件的光学系统。

[0392] 另外,上述各实施例示出本申请发明的一具体例,本申请发明并不限于此。能够在不损坏本实施方式的光学系统的光学性能的范围适当采用以下的内容。

[0393] 虽然作为本实施方式的光学系统的数值实施例示出了2组结构,但是本实施方式并不限于此,还能够构成其他组结构(例如,3组等)的光学系统。具体地讲,也可以是在上述各实施例的光学系统的最靠物体侧或最靠像侧增加透镜或透镜组的结构。或者,也可以在相邻的透镜组与透镜组之间增加透镜或透镜组。另外,虽然示出了前组为2组结构,但是本申请并不限于此,还可以成为其他组结构(例如,3组等)。具体地讲,也可以是在上述各实施例的前组的最靠物体侧或最像侧、第1透镜组与第2透镜组之间增加透镜或透镜组的结构。另外,也可以是在上述各实施例的后组的物体侧或像侧增加透镜或透镜组的结构。

[0394] 另外,在上述各实施例中,使前组为对焦透镜组。该对焦透镜组还能够应用于自动对焦,也适合于自动对焦用的电机,例如超声波电机、步进电机、VCM电机等的驱动。

[0395] 另外,在上述各实施例的光学系统中,也可以是通过使任意一个透镜组整体或其一部分作为防抖组以包含对于光轴垂直方向的分量的方式移动、或者向包含光轴的面内方向旋转移动(摆动)来进行防抖的结构。

[0396] 另外,关于上述各实施例的光学系统的孔径光阑,也可以是不设置作为孔径光阑的部件而用透镜框来代替其作用的结构。

[0397] 另外,构成上述各实施例的光学系统的透镜的透镜面可以是球面或平面,或者也可以是非球面。在透镜面为球面或平面时,透镜加工和组装调整变得容易,能够防止由透镜加工和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,即使在像面偏移的情况下,描绘性能的劣化也少,因此是优选的。在透镜面为非球面时,可以是基于研磨加工的非球面、通过模具将玻璃成型为非球面形状的玻璃模铸非球面、或将设置在玻璃表面的树脂形成为非球面形状的复合型非球面中的任意一个。另外,透镜面也可以是衍射面,也可以是使透镜为折射率分布型透镜(GRIN透镜)或者塑料透镜。

[0398] 另外,也可以在构成上述各实施例的光学系统的透镜的透镜面施加在宽波长区域中具有高透射率的增透膜。由此,能够减轻眩光和重影并实现高对比度的高光学性能。

[0399] 接着,根据图9对具备本实施方式的光学系统的相机进行说明。

[0400] 图9是示出具备本实施方式的光学系统的相机结构的图。

[0401] 如图9所示,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的镜头可换式的无反光镜相机。



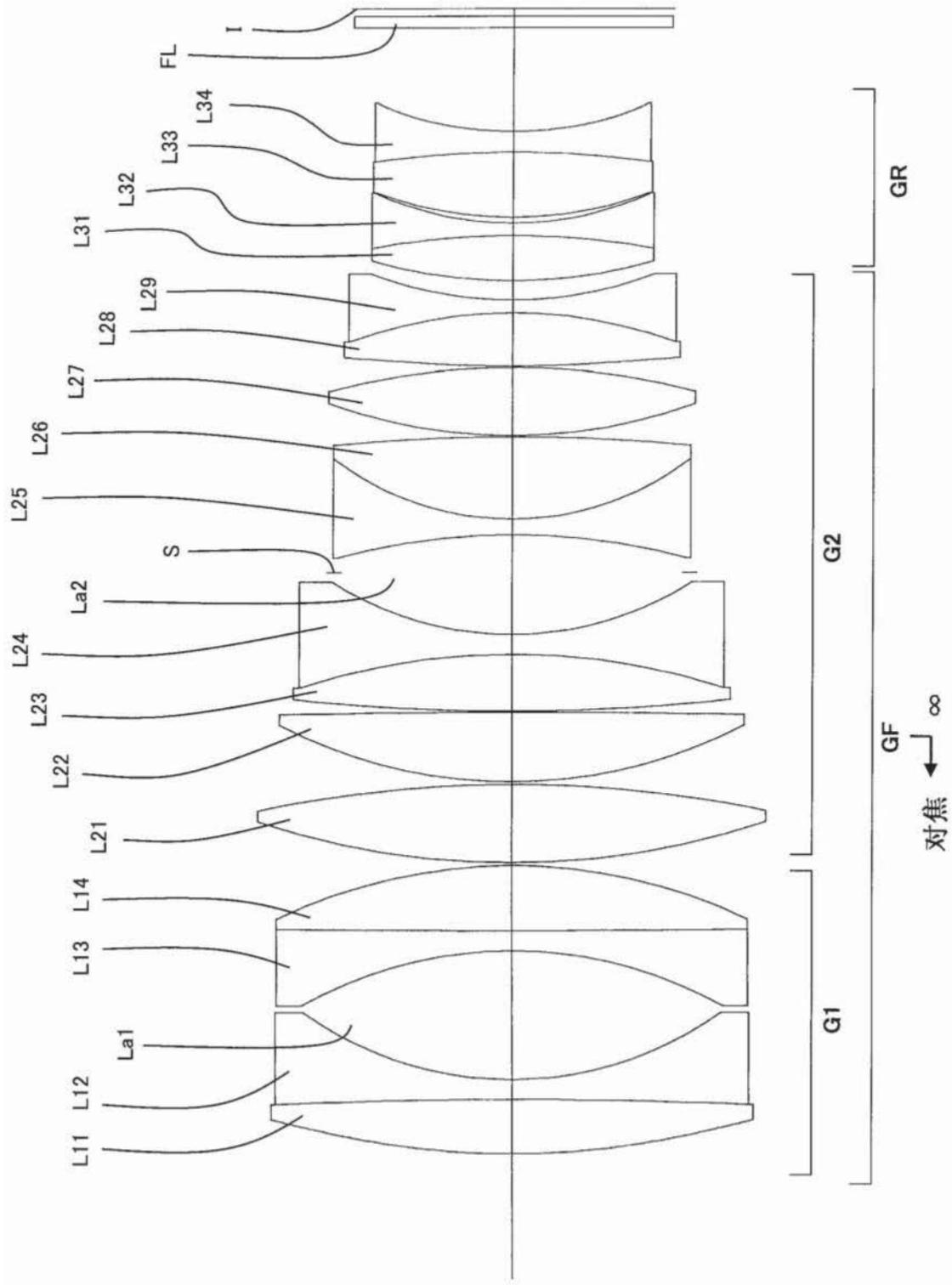


图1

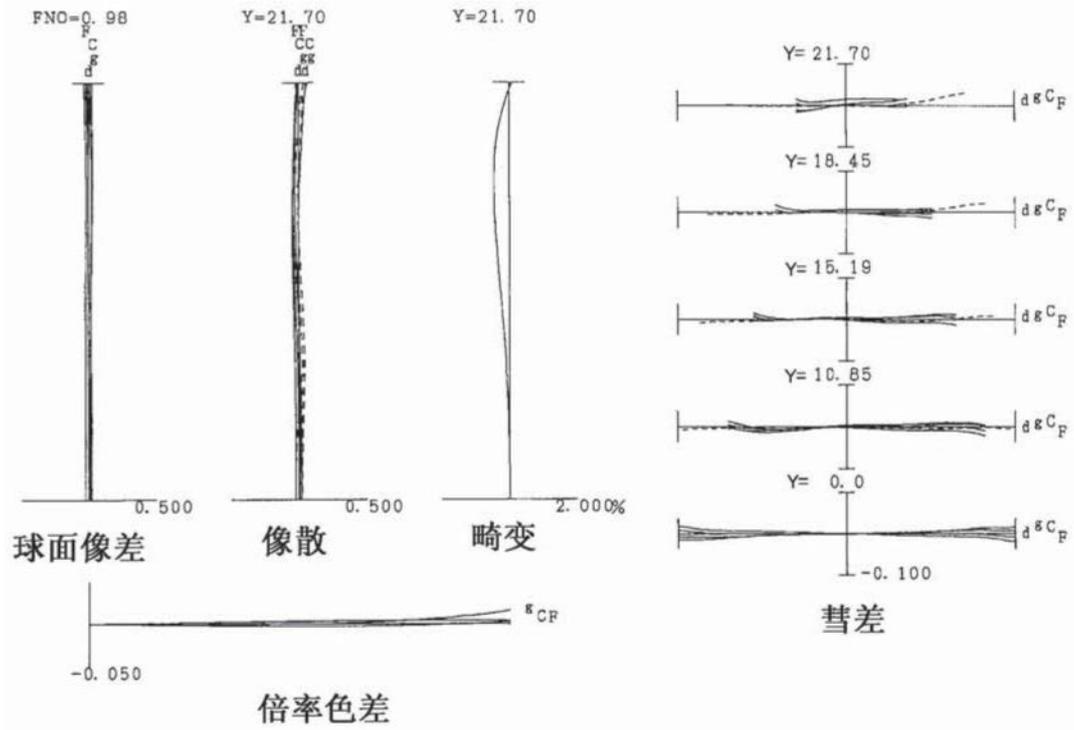


图2A

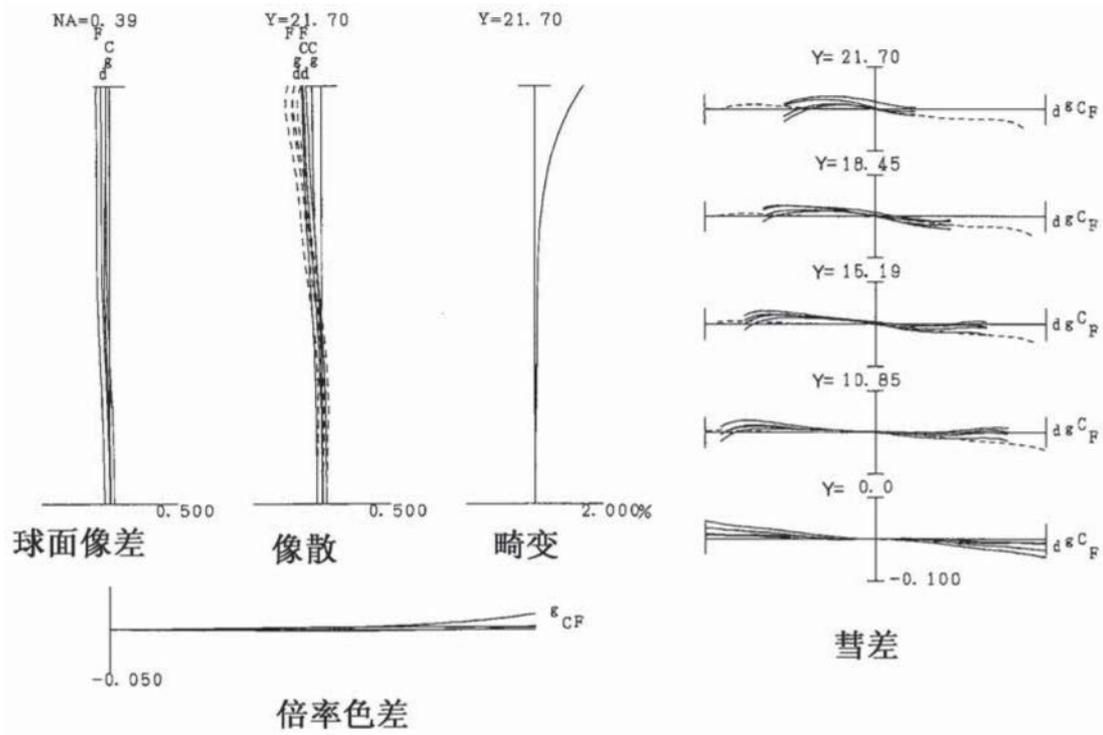


图2B

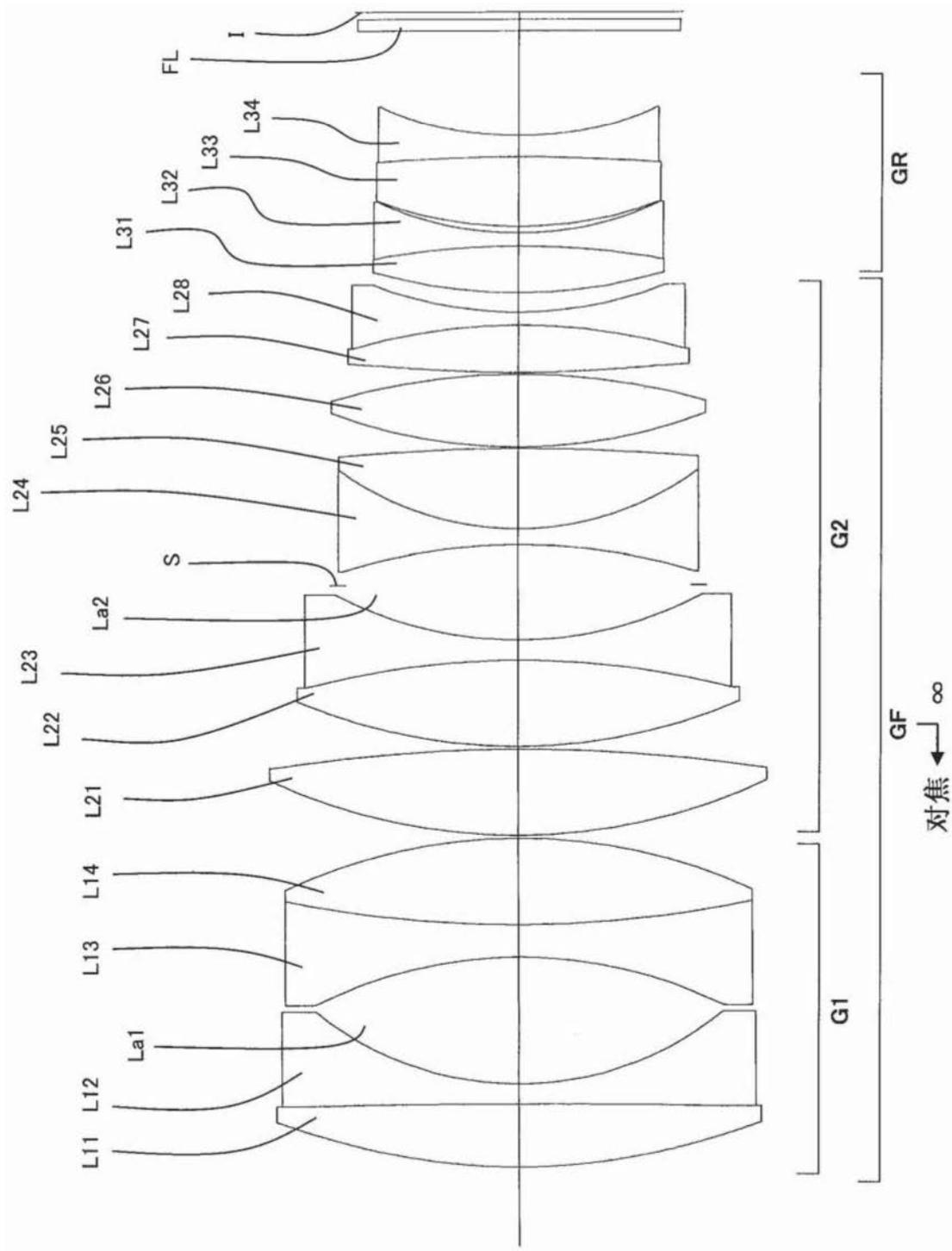


图3

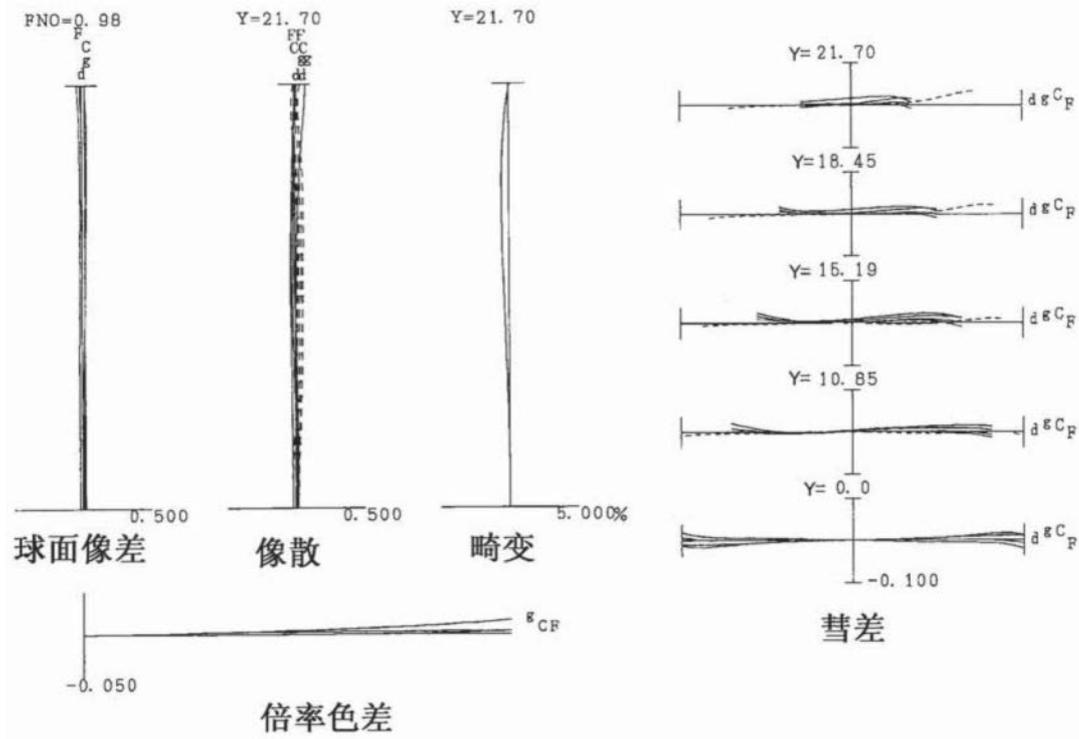


图4A

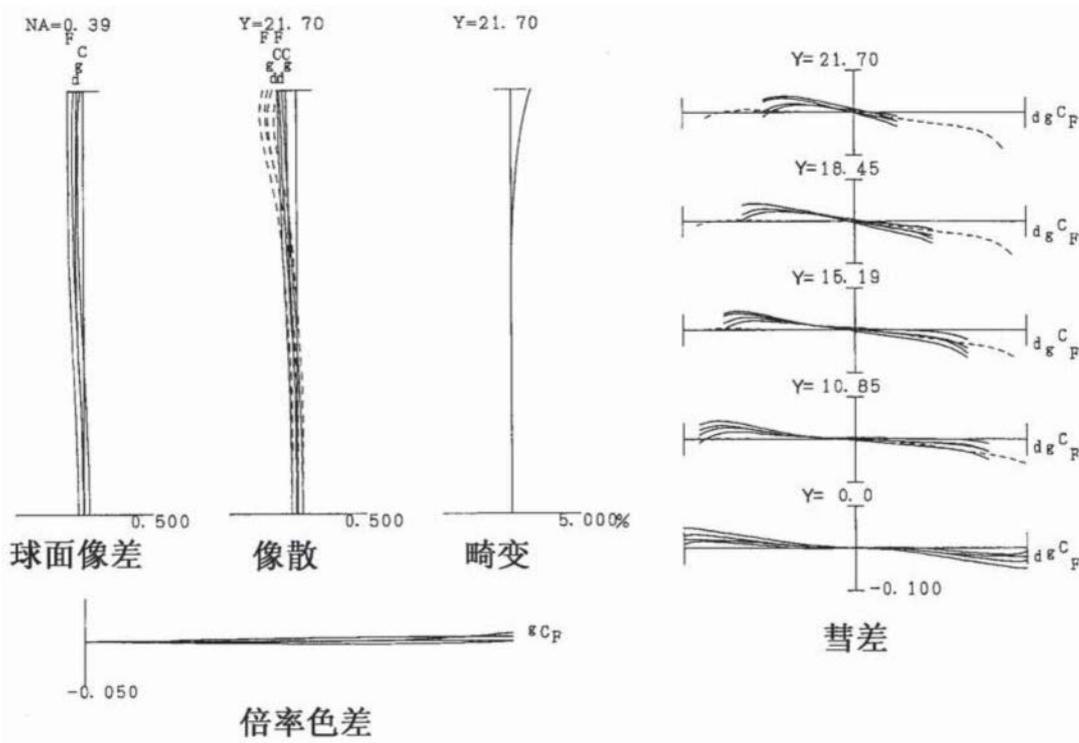


图4B

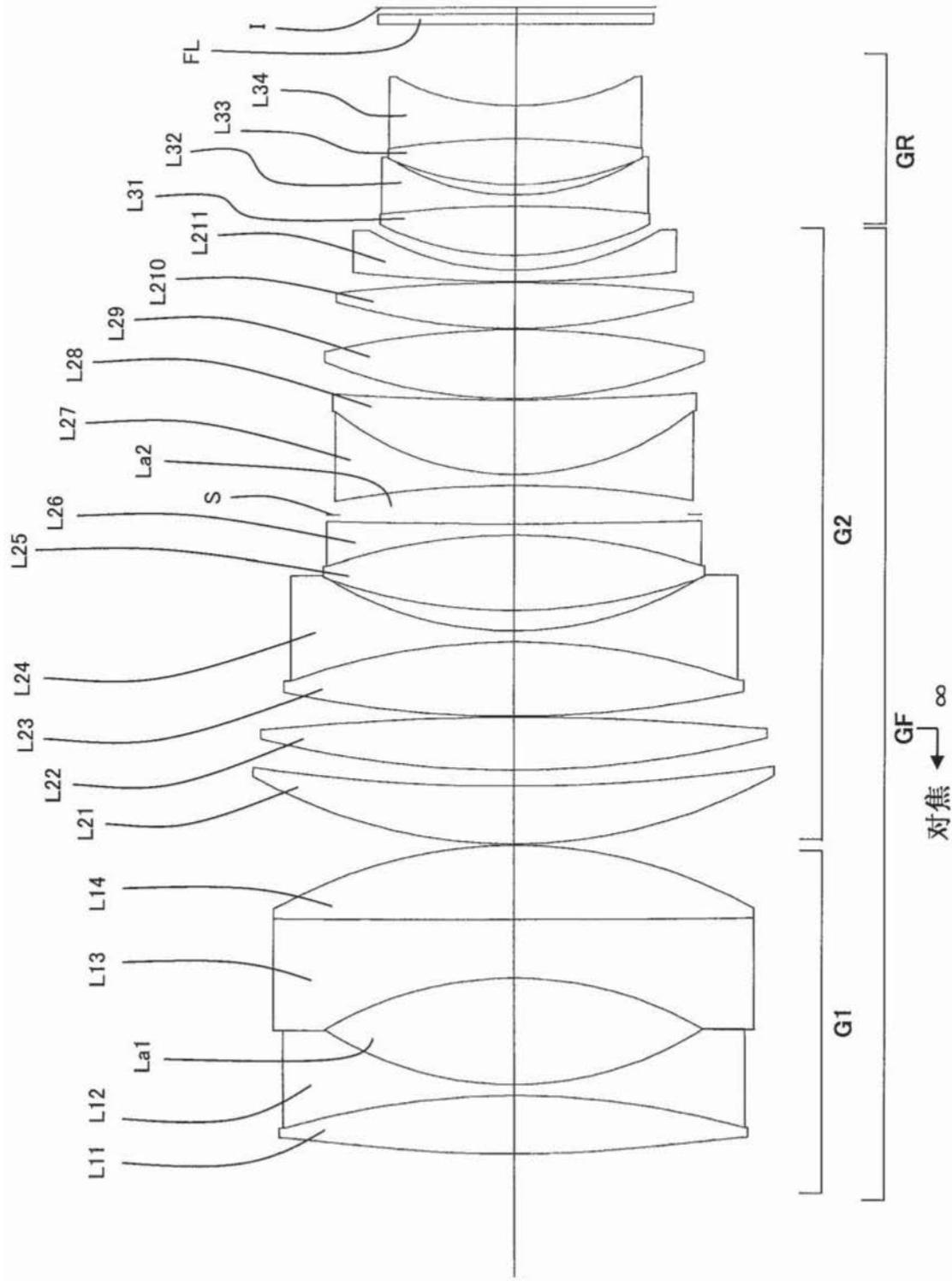


图5

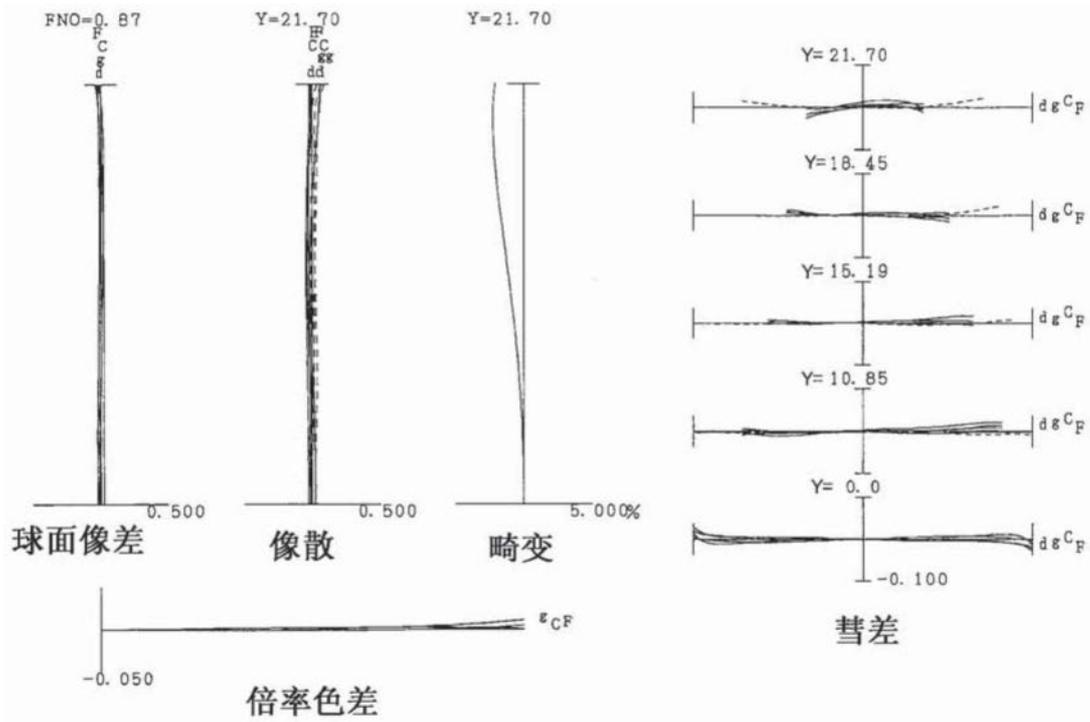


图6A

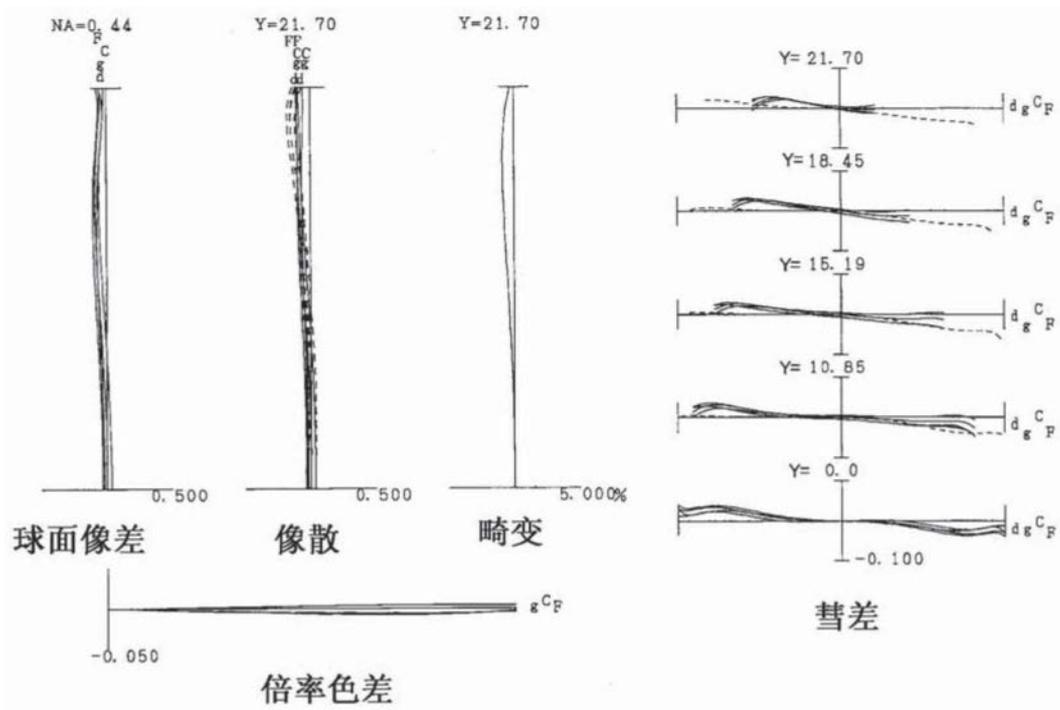


图6B

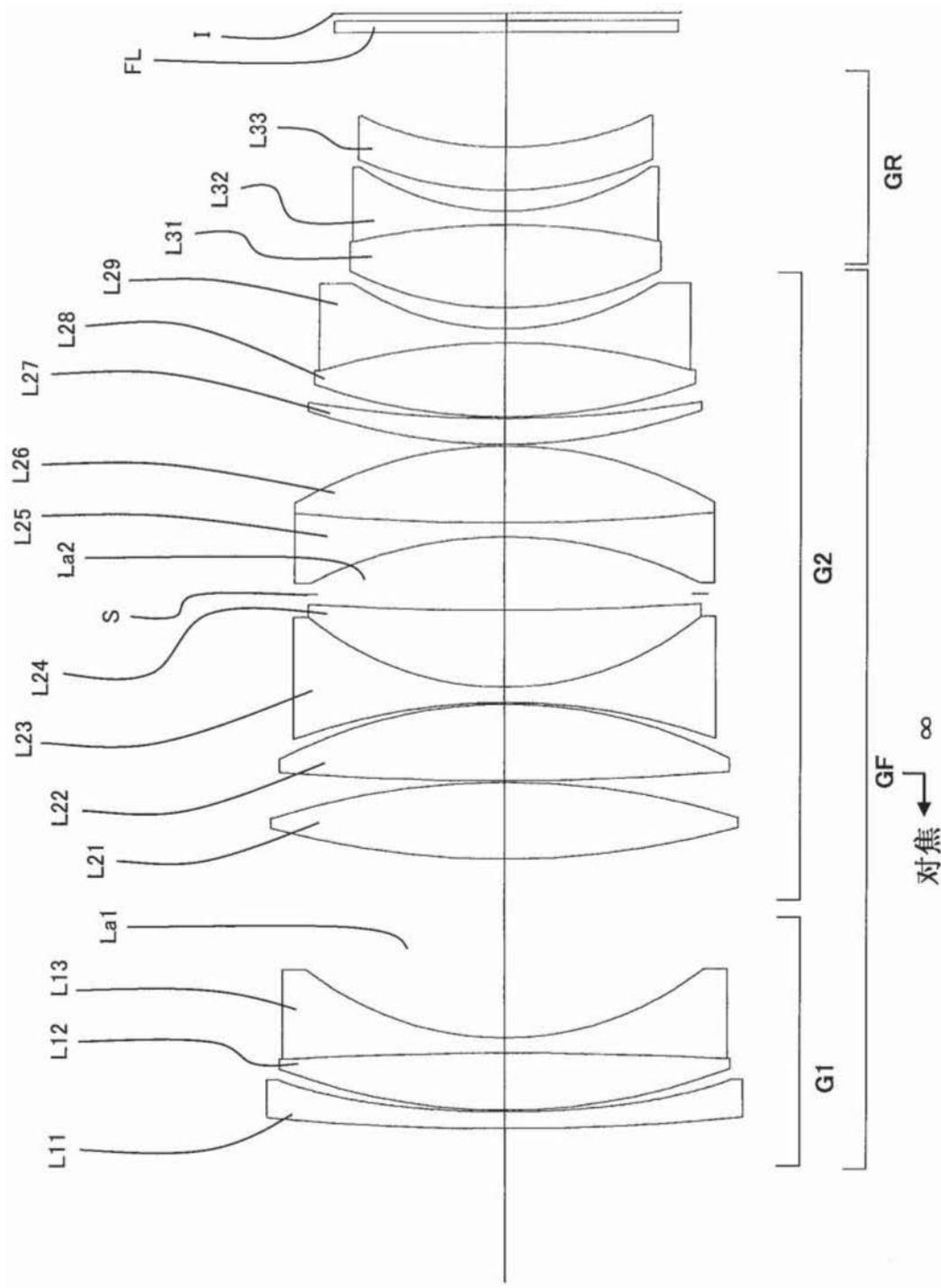


图7

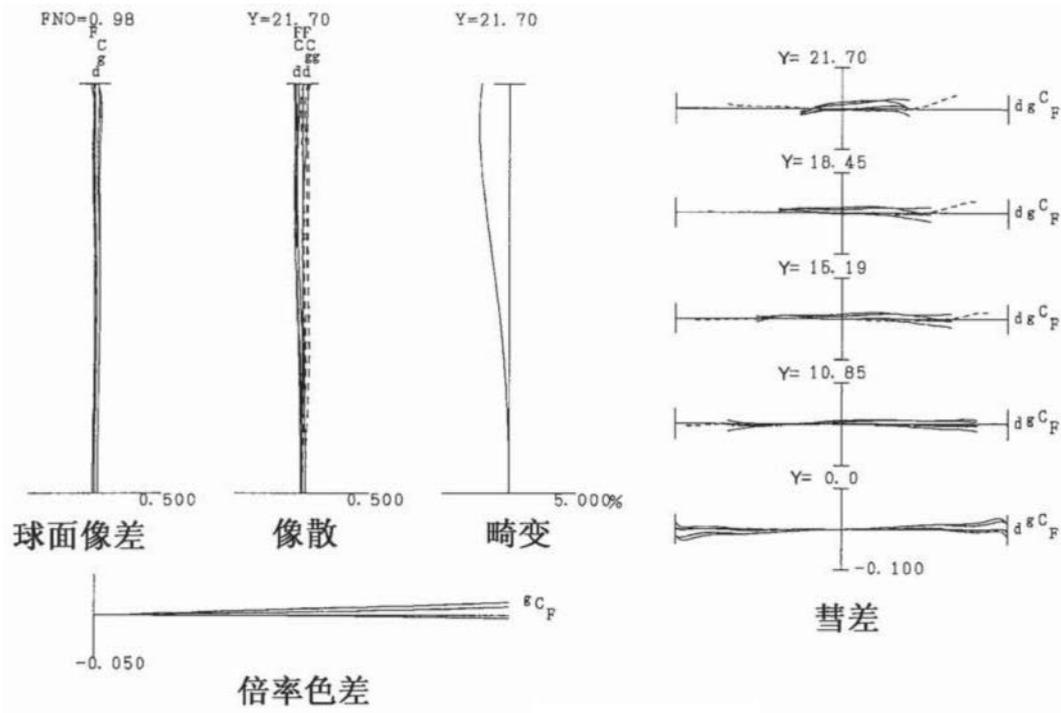


图8A

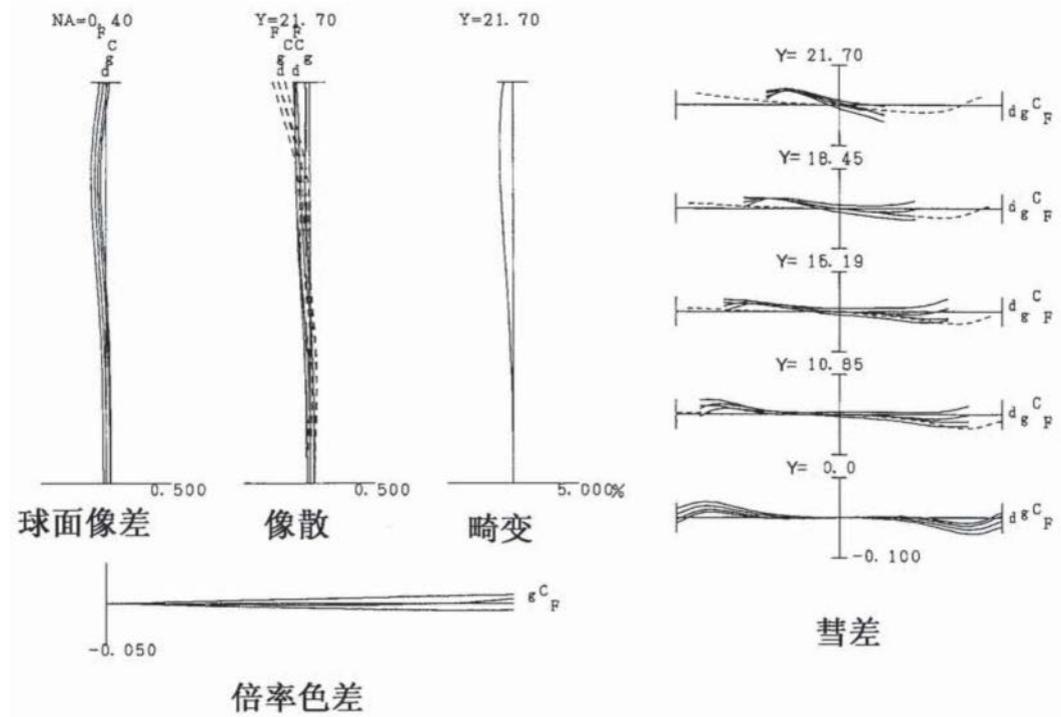


图8B

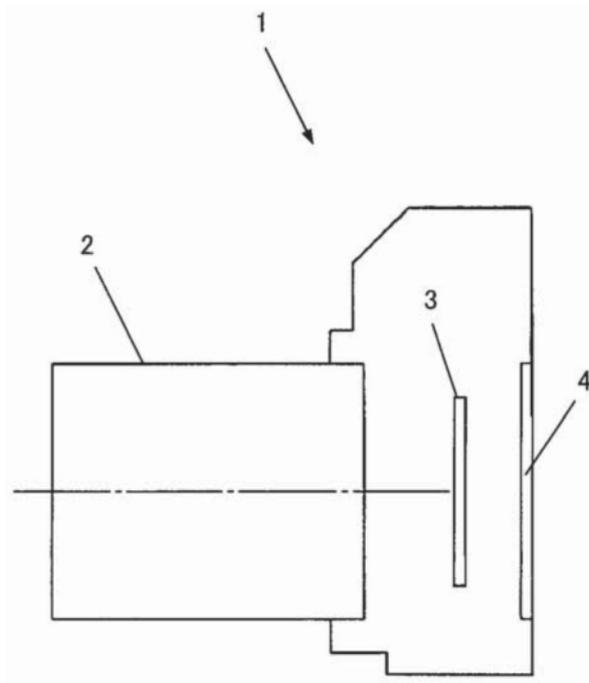


图9

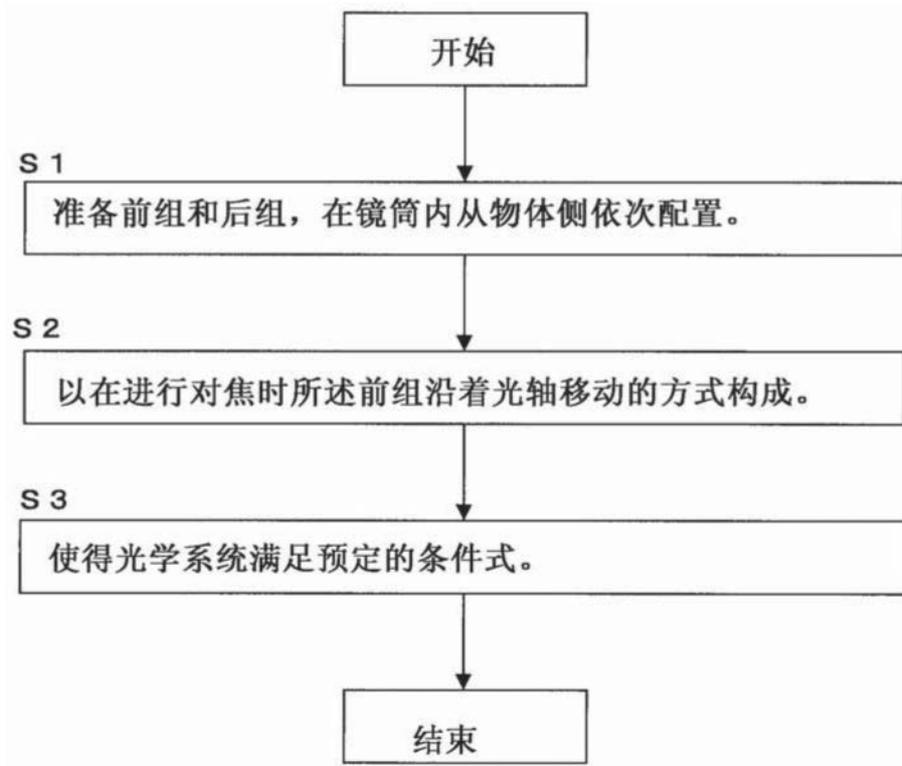


图10