



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112136068 B

(45) 授权公告日 2022.05.13

(21) 申请号 201880093599.4

(22) 申请日 2018.05.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112136068 A

(43) 申请公布日 2020.12.25

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.11.18

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2018/020401 2018.05.28

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/229817 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 栗林知宪

(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 13/04 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)
G02B 15/20 (2006.01)

审查员 裴显

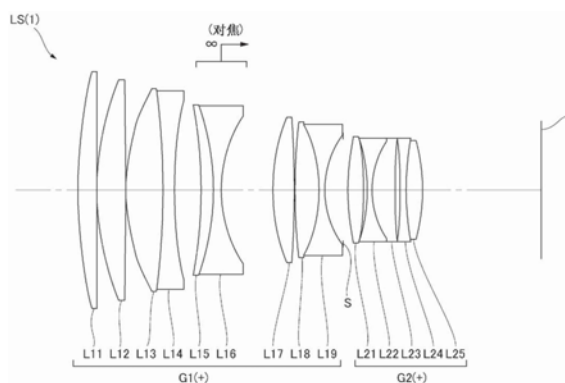
权利要求书2页 说明书20页 附图12页

(54) 发明名称

光学系统以及光学设备

(57) 摘要

本发明提供一种光学系统 (LS), 其中, 具备满足以下条件式的透镜 (L22): $2.0100 < ndLZ + (0.00925 \times v dLZ) < 2.0800$; $28.0 < v dLZ < 40.0$ 其中, $ndLZ$: 透镜的对d线的折射率, $v dLZ$: 透镜的以d线为基准的阿贝数。



1. 一种光学系统,其中,由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组以及具有正的光焦度的第2透镜组构成,或者由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组、具有负的光焦度的第2透镜组以及具有正的光焦度的第3透镜组构成,或者由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组、具有负的光焦度的第2透镜组、具有正的光焦度的第3透镜组、具有正的光焦度的第4透镜组以及具有负的光焦度的第5透镜组构成,并且,具备满足以下条件式的透镜:

$$2.0100 < n_{dLZ} + (0.00925 \times v_{dLZ}) < 2.0800$$

$$28.0 < v_{dLZ} < 38.5$$

其中, n_{dLZ} :所述透镜的对d线的折射率

v_{dLZ} :所述透镜的以d线为基准的阿贝数。

2. 一种光学系统,其中,由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组以及具有正的光焦度的第2透镜组构成,或者由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组、具有负的光焦度的第2透镜组以及具有正的光焦度的第3透镜组构成,或者由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组、具有负的光焦度的第2透镜组、具有正的光焦度的第3透镜组、具有正的光焦度的第4透镜组以及具有负的光焦度的第5透镜组构成,并且,具备满足以下条件式的透镜:

$$1.8690 < n_{dLZ} + (0.00495 \times v_{dLZ}) < 1.9200$$

$$28.0 < v_{dLZ} < 40.0$$

其中, n_{dLZ} :所述透镜的对d线的折射率

v_{dLZ} :所述透镜的以d线为基准的阿贝数。

3. 根据权利要求1或2所述的光学系统,其中,

所述透镜满足以下条件式:

$$\theta_{gFLZ} + (0.00316 \times v_{dLZ}) < 0.7010$$

其中, θ_{gFLZ} :所述透镜的相对部分色散,在设所述透镜的对g线的折射率为 n_{gLZ} ,所述透镜的对F线的折射率为 n_{FLZ} ,所述透镜的对C线的折射率为 n_{CLZ} 时,通过下式被定义,即

$$\theta_{gFLZ} = (n_{gLZ} - n_{FLZ}) / (n_{FLZ} - n_{CLZ})。$$

4. 根据权利要求1或2所述的光学系统,其中,

所述透镜满足以下条件式:

$$35.0 < v_{dLZ} < 40.0。$$

5. 根据权利要求1或2所述的光学系统,其中,

所述透镜满足以下条件式:

$$1.660 < n_{dLZ} < 1.750。$$

6. 根据权利要求1或2所述的光学系统,其中,

所述透镜满足以下条件式:

$$1.670 < n_{dLZ} < 1.710。$$

7. 根据权利要求1或2所述的光学系统,其中,

所述透镜满足以下条件式:

$$36.0 < v_{dLZ} < 38.2。$$

8. 根据权利要求1或2所述的光学系统,其中,

所述透镜为负透镜。

9. 根据权利要求1或2所述的光学系统, 其中,
所述光学系统具备在进行对焦时能够沿着光轴移动的透镜组,
所述透镜包含在所述透镜组中。

10. 根据权利要求1或2所述的光学系统, 其中,
所述透镜为玻璃透镜。

11. 根据权利要求1或2所述的光学系统, 其中,
所述光学系统具有孔径光阑,
所述透镜配置于所述孔径光阑的附近。

12. 根据权利要求1或2所述的光学系统, 其中,
所述透镜为构成接合透镜的透镜。

13. 一种光学设备, 构成为具备权利要求1~12中的任意一项所述的光学系统。

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] 近年来,在数码相机和摄像机等摄像装置中使用的摄像元件正在推进高像素化。设置于使用了这种摄像元件的摄像装置的摄影镜头,优选为如下的镜头:除了球面像差、彗差等基准像差(单一波长的像差)以外,还良好地对色差进行校正,以使得在白色光源下在像的颜色中没有模糊,且具有高分辨率。特别是,优选的是,在色差的校正中,除了一级的消色差以外,还良好地校正二级光谱。作为色差的校正手段,例如公知有使用具有异常色散性的树脂材料的方法(例如,参照专利文献1)。如上所述,伴随近年来的摄像元件的高像素化,期望实现良好地对各像差进行校正的摄影镜头。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2016-194609号公报

发明内容

[0006] 第1方式的光学系统,具备满足以下条件式的透镜:

[0007] $2.0100 < \text{ndLZ} + (0.00925 \times \text{vdLZ}) < 2.0800$

[0008] $28.0 < \text{vdLZ} < 40.0$

[0009] 其中,ndLZ:所述透镜的对d线的折射率

[0010] vdLZ:所述透镜的以d线为基准的阿贝数。

[0011] 第2方式的光学系统,具备满足以下条件式的透镜:

[0012] $1.8500 < \text{ndLZ} + (0.00495 \times \text{vdLZ}) < 1.9200$

[0013] $28.0 < \text{vdLZ} < 40.0$

[0014] 其中,ndLZ:所述透镜的对d线的折射率

[0015] vdLZ:所述透镜的以d线为基准的阿贝数。

[0016] 第3方式的光学设备,构成为具备第1或第2方式的光学系统。

[0017] 第4方式的光学系统的制造方法,该光学系统具备透镜,以满足以下条件式的方式,在镜头镜筒内配置所述透镜:

[0018] $2.0100 < \text{ndLZ} + (0.00925 \times \text{vdLZ}) < 2.0800$

[0019] $28.0 < \text{vdLZ} < 40.0$

[0020] 其中,ndLZ:所述透镜的对d线的折射率

[0021] vdLZ:所述透镜的以d线为基准的阿贝数。

[0022] 第5方式的光学系统的制造方法,该光学系统具备透镜,以满足以下条件式的方式,在镜头镜筒内配置所述透镜:

[0023] $1.8500 < \text{ndLZ} + (0.00495 \times \text{vdLZ}) < 1.9200$

- [0024] $28.0 < \text{vdLZ} < 40.0$
[0025] 其中, ndLZ : 所述透镜的对d线的折射率
[0026] vdLZ : 所述透镜的以d线为基准的阿贝数。

附图说明

- [0027] 图1是第1实施例的光学系统的无限远对焦状态下的镜头结构图。
[0028] 图2(A)是第1实施例的光学系统的无限远对焦时的各像差图,图2(B)是第1实施例的光学系统的近距离对焦时的各像差图。
[0029] 图3是第2实施例的光学系统的无限远对焦状态下的镜头结构图。
[0030] 图4(A)是第2实施例的光学系统的无限远对焦时的各像差图,图4(B)是第2实施例的光学系统的近距离对焦时的各像差图。
[0031] 图5是第3实施例的光学系统的无限远对焦状态下的镜头结构图。
[0032] 图6(A)、图6(B)以及图6(C)分别是第3实施例的光学系统的广角端状态、中间焦距状态、远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。
[0033] 图7(A)、图7(B)以及图7(C)分别是第3实施例的光学系统的广角端状态、中间焦距状态、远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。
[0034] 图8是第4实施例的光学系统的无限远对焦状态下的镜头结构图。
[0035] 图9(A)、图9(B)以及图9(C)分别是第4实施例的光学系统的广角端状态、中间焦距状态、远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。
[0036] 图10(A)、图10(B)以及图10(C)分别是第4实施例的光学系统的广角端状态、中间焦距状态、远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。
[0037] 图11是示出具备本实施方式的光学系统的相机的结构的图。
[0038] 图12是示出本实施方式的光学系统的制造方法的流程图。

具体实施方式

[0039] 以下,参照附图对第1~第2实施方式的光学系统以及光学设备进行说明。首先,根据图11对具备第1~第2实施方式的光学系统的相机(光学设备)进行说明。如图11所示,该相机1是具备本实施方式的光学系统来作为摄影镜头2的数码相机。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,且到达摄像元件3。由此,来自被摄体的光通过该摄像元件3被摄像,作为被摄体图像而记录在未图示的存储器。如此,摄影者能够进行基于相机1的被摄体的摄影。另外,该相机可以是无反光镜相机,也可以是具备快速复原反光镜的单反类型的相机。

[0040] 接着,对光学系统(摄影镜头)的第1实施方式进行说明。如图1所示,作为第1实施方式的光学系统LS的一例的光学系统LS(1),优选具备满足以下条件式(1)和条件式(2)的透镜(L22)。在第1实施方式中,为了与其他的透镜进行区别,有时将满足条件式(1)和条件式(2)的透镜称为特定透镜。

- [0041] $2.0100 < \text{ndLZ} + (0.00925 \times \text{vdLZ}) < 2.0800 \cdots (1)$
[0042] $28.0 < \text{vdLZ} < 40.0 \cdots (2)$
[0043] 其中, ndLZ : 特定透镜的对d线的折射率

[0044] $vdLZ$:特定透镜的以d线为基准的阿贝数

[0045] 根据第1实施方式,能够得到如下的光学系统以及具备该光学系统的光学设备:在色差的校正中,除了一级的消色差以外,还能够良好地对二级光谱进行校正。第1实施方式的光学系统LS也可以是图3所示的光学系统LS(2),也可以是图5所示的光学系统LS(3),也可以是图8所示的光学系统LS(4)。

[0046] 条件式(1)规定特定透镜的材料的折射率与阿贝数的适当关系。通过满足条件式(1),从而能够良好地进行球面像差、彗差等基准像差的校正和初级色差的校正(消色差)。

[0047] 当条件式(1)的对应值超过上限值时,例如匹兹伐和变小,从而难以进行像面弯曲的校正,因此是不优选的。通过将条件式(1)的上限值设定为2.0775,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了进一步可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(1)的上限值设定为2.0750、2.0725、2.0700,进一步设定为2.0680。

[0048] 当条件式(1)的对应值低于下限值时,难以进行以轴向色差为首的各像差的校正,因此是不优选的。通过将条件式(1)的下限值设定为2.0150,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(1)的下限值设定为2.0200、2.0255,进一步设定为2.0300。

[0049] 条件式(2)规定特定透镜的阿贝数的适当范围。通过满足条件式(2),从而能够良好地进行球面像差、彗差等基准像差的校正和初级色差的校正(消色差)。

[0050] 当条件式(2)的对应值超过上限值时,例如,在相比孔径光阑S位于物体侧或像侧的部分组中难以进行轴向色差的校正,因此是不优选的。通过将条件式(2)的上限值设定为39.5,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,将条件式(2)的上限值设定为39.0,进一步设定为38.5。

[0051] 当条件式(2)的对应值超过下限值时,例如,难以进行以轴向色差为首的各像差的校正,因此是不优选的。通过将条件式(2)的下限值设定为28.5,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(2)的下限值设定为29.0,进一步设定为29.5。

[0052] 在第1实施方式的光学系统中,特定透镜优选满足以下条件式(3)。

[0053] $\theta_{gFLZ} + (0.00316 \times vdLZ) < 0.7010 \cdots (3)$

[0054] 其中, θ_{gFLZ} :特定透镜的相对部分色散,在设特定透镜的对g线的折射率为 $ngLZ$ 、特定透镜的对F线的折射率为 $nFLZ$ 、特定透镜的对C线的折射率为 $nCLZ$ 时,通过下式被定义,即

[0055] $\theta_{gFLZ} = (ngLZ - nFLZ) / (nFLZ - nCLZ)$

[0056] 另外,特定透镜的以d线为基准的阿贝数 $vdLZ$ 通过下式被定义,即

[0057] $vdLZ = (ndLZ - 1) / (nFLZ - nCLZ)$

[0058] 条件式(3)适当地规定特定透镜的异常色散性。通过满足条件式(3),从而能够在色差的校正中,除了一级的消色差以外,还能够良好地对二级光谱进行校正。

[0059] 当条件式(3)的对应值超过上限值时,特定透镜的异常色散性变大,因此难以进行色差的校正。通过将条件式(3)的上限值设定为0.7000,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(3)的上限值设定为0.6990、0.6985、0.6980,进一步设定为0.6975。

[0060] 在第1实施方式的光学系统中,特定透镜也可以满足以下条件式(2-1)。

[0061] $35.0 < \nu dLZ < 40.0 \cdots (2-1)$

[0062] 条件式(2-1)是与条件式(2)相同的式,通过满足条件式(2-1),从而能够良好地进行球面像差、彗差等基准像差的校正和初级色差的校正(消色差)。通过将条件式(2-1)的上限值设定为39.5,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(2-1)的上限值设定为39.0、38.5,进一步设定为38.0。另一方面,通过将条件式(2-1)的下限值设定为35.3,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(2-1)的下限值设定为35.5、35.8,进一步设定为36.0。

[0063] 在第1实施方式的光学系统中,特定透镜优选满足以下条件式(4)。

[0064] $1.660 < n dLZ < 1.750 \cdots (4)$

[0065] 条件式(4)规定特定透镜的折射率的适当范围。通过满足条件式(4),从而能够良好地对彗差、色差(轴向色差和倍率色差)等各像差进行校正。

[0066] 当条件式(4)的对应值超过上限值时,难以对彗差、色差(轴向色差和倍率色差)等各像差进行校正,是不优选的。通过将条件式(4)的上限值设定为1.745,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(4)的上限值设定为1.740,进一步设定为1.735。

[0067] 即使条件式(4)的对应值低于下限值,也难以对彗差、色差(轴向色差和倍率色差)等各像差进行校正,是不优选的。通过将条件式(4)的下限值设定为1.662,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(4)的下限值设定为1.664,进一步设定为1.666。

[0068] 在第1实施方式的光学系统中,特定透镜也可以满足以下条件式(4-1)。

[0069] $1.670 < n dLZ < 1.710 \cdots (4-1)$

[0070] 条件式(4-1)是与条件式(4)相同的式,通过满足条件式(4-1),从而能够良好地对彗差、色差(轴向色差和倍率色差)等各像差进行校正。通过将条件式(4-1)的上限值设定为1.708,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(4-1)的上限值设定为1.705、1.703,进一步设定为1.700。另一方面,通过将条件式(4-1)的下限值设定为1.672,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(4-1)的下限值设定为1.675、1.678,进一步设定为1.680。

[0071] 在第1实施方式的光学系统中,特定透镜也可以满足以下条件式(2-2)。

[0072] $36.0 < \nu dLZ < 38.2 \cdots (2-2)$

[0073] 条件式(2-2)是与条件式(2)相同的式,通过满足条件式(2-2),从而能够良好地进行球面像差、彗差等基准像差的校正和初级色差的校正(消色差)。通过将条件式(2-2)的上限值设定为38.1,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(2-2)的上限值为38.0、37.9,进一步设定为37.8。另一方面,通过将条件式(2-2)的下限值设定为36.1,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(2-2)的下限值设定为36.2、36.3,进一步设定为36.4。

[0074] 在第1实施方式的光学系统中,优选的是,特定透镜为负透镜。由此,能够良好地对彗差、色差(轴向色差和倍率色差)等各像差进行校正。

[0075] 第1实施方式的光学系统,优选的是,具备能够在进行对焦时沿着光轴移动的透镜组,特定透镜包含在该透镜组中。由此,能够良好地对彗差、色差(轴向色差和倍率色差)等各像差进行校正。

[0076] 在第1实施方式的光学系统中,优选的是,特定透镜为玻璃透镜。由此,与材料为树脂的情况相比,能够得到耐老化且耐温度变化等环境变化的透镜。

[0077] 第1实施方式的光学系统,优选的是,具备孔径光阑,特定透镜配置于该孔径光阑的附近。由此,能够良好地对彗差、色差(轴向色差和倍率色差)等各像差进行校正。

[0078] 在第1实施方式的光学系统中,优选的是,特定透镜为构成为接合透镜的透镜。由此,能够良好地对彗差、色差(轴向色差和倍率色差)等各像差进行校正。

[0079] 接着,参照图12,对第1实施方式的光学系统LS的制造方法进行概略说明。首先,配置至少一个透镜(步骤ST1)。此时,以该透镜中的至少一个(特定透镜)满足上述的条件式(1)和条件式(2)等的方式,在镜头镜筒内配置各透镜(步骤ST2)。根据这种制造方法,能够制造在色差的校正中,除了一级的消色差以外,还能够良好地对二级光谱进行校正的光学系统。

[0080] 接着,对光学系统(摄影镜头)的第2实施方式进行说明。第2实施方式的光学系统具有与第1实施方式的光学系统LS相同的结构,因此附上与第1实施方式相同的标号来进行说明。如图1所示,作为第2实施方式的光学系统LS的一例的光学系统LS(1)优选具备满足以下的条件式(5)和条件式(2)的透镜(L22)。在第2实施方式中,为了与其他的透镜进行区别,有时将满足条件式(5)和条件式(2)的透镜称为特定透镜。

[0081] $1.8500 < n_{dLZ} + (0.00495 \times v_{dLZ}) < 1.9200 \cdots (5)$

[0082] $28.0 < v_{dLZ} < 40.0 \cdots (2)$

[0083] 其中, n_{dLZ} :特定透镜的对d线的折射率

[0084] v_{dLZ} :特定透镜的以d线为基准的阿贝数

[0085] 根据第2实施方式,能够得到如下的光学系统以及具备该光学系统的光学设备:在色差的校正中,除了一级的消色差以外,还能够良好地对二级光谱进行校正。第2实施方式的光学系统LS可以是图3所示的光学系统LS(2),也可以是图5所示的光学系统LS(3),也可以是图8所示的光学系统LS(4)。

[0086] 条件式(5)规定特定透镜的材料的折射率与阿贝数的适当关系。通过满足条件式(5),从而能够良好地进行球面像差、彗差等基准像差的校正和初级色差的校正(消色差)。

[0087] 当条件式(5)的对应值超过上限值时,例如匹兹伐和变小,从而难以进行像面弯曲的校正,因此是不优选的。通过将条件式(5)的上限值设定为1.9150,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(5)的上限值设定为1.9100、1.9050、1.9010,进一步设定为1.8990。

[0088] 当条件式(5)的对应值低于下限值时,难以进行以轴向色差为首的各像差的校正,因此是不优选的。通过将条件式(5)的下限值设定为1.8550,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(5)的下限值设定为1.8600、1.8650、1.8675,进一步设定为1.8690。

[0089] 条件式(2)是与第1实施方式的条件式(2)相同的式。与第1实施方式同样,通过满足条件式(2),从而能够良好地进行球面像差、彗差等基准像差的校正和初级色差的校正(消色差)。通过将条件式(2)的上限值设定为39.5,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(2)的上限值设定为39.0,进一步设定为38.5。通过将条件式(2)的下限值设定为28.5,从而能够更可靠地得到本实施方式的效果。为了更可靠地得到本实施方式的效果,也可以将条件式(2)的下限值设定为29.0,进一步设定为29.5。

[0090] 在第2实施方式的光学系统中,优选的是,特定透镜与第1实施方式同样,满足上述的条件式(3)或条件式(4)。另外,特定透镜也可以与第1实施方式同样,满足上述的条件式(4-1)、条件式(2-1)、条件式(2-2)。另外,与第1实施方式同样,特定透镜优选为负透镜。特定透镜优选包含在能够在进行对焦时沿着光轴移动的透镜组中。特定透镜优选为玻璃透镜。特定透镜优选配置于孔径光阑的附近。特定透镜优选为构成接合透镜的透镜。

[0091] 接着,对第2实施方式的光学系统LS的制造方法进行概略说明。第2实施方式的光学系统LS的制造方法与在第1实施方式中叙述的制造方法相同,因此与第1实施方式同样参照图12进行说明。首先,配置至少一个透镜(步骤ST1)。此时,以该透镜中的至少一个(特定透镜)满足上述的条件式(5)和条件式(2)等的方式,在镜头镜筒内配置各透镜(步骤ST2)。根据这种制造方法,能够制造在色差的校正中,除了一级的消色差以外,还能够良好地对二级光谱进行校正的光学系统。

[0092] 实施例

[0093] 以下,根据附图对第1~第2实施方式的实施例的光学系统LS进行说明。图1、图3、图5、图8是示出第1~第4实施例的光学系统LS{LS(1)~LS(4)}的结构和光焦度分配的剖视图。在第1~第4实施例的光学系统LS(1)~LS(4)的剖视图中,与“对焦”这样的文字一起通过箭头表示对焦透镜组从无限远向近距离物体进行对焦时的移动方向。在第3~第4实施例的光学系统LS(3)~LS(4)的剖视图中,通过箭头表示从广角端状态(W)向远焦端状态(T)进行变倍时的各透镜组的沿着光轴的移动方向。

[0094] 在这些图1、图3、图5、图8中,通过标号G与数字的组合来表示各透镜组,通过标号L与数字的组合来表示各透镜。此时,为了防止标号、数字的种类以及位数增大而引起复杂化,对每个实施例分别单独使用标号与数字的组合来表示透镜组等。因此,即使在实施例间使用相同的标号与数字的组合,也不意味着是相同的结构。

[0095] 以下示出表1~表4,其中,表1是表示第1实施例中的各参数数据的表,表2是表示第2实施例中的各参数数据的表,表3是表示第3实施例中的各参数数据的表,表4是表示第4实施例中的各参数数据的表。在各实施例中,作为像差特性的计算对象,选择d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)、g线(波长 $\lambda=435.8\text{nm}$)。

[0096] 在[全体参数]的表中,f表示镜头整个系统的焦距,FNO表示F值, 2ω 表示视场角(单位为 $^{\circ}$ (度)), ω 为半视场角),Y表示像高。TL表示在无限远对焦时的光轴上的从透镜最前面到透镜最终面为止的距离加上BF而得到的距离,BF表示无限远对焦时的光轴上的从透镜最终面到像面I为止的距离(后焦距)。另外,在光学系统为变倍光学系统时,这些值分别对于广角端(W)、中间焦距(M)、远焦端(T)的各变倍状态示出。

[0097] 在[透镜参数]的表中,面编号表示沿着光线行进方向的从物体侧起的光学面的顺

序,R表示各光学面的曲率半径(使曲率中心位于像侧的面为正的),D表示从各光学面到下一个光学面(或像面)为止的光轴上的距离、即面间隔,nd表示光学部件的材料的对d线的折射率,vd表示光学部件的材料的以d线为基准的阿贝数, θ_{gF} 表示光学部件的材料的相对部分色散。曲率半径的“ ∞ ”表示平面或开口,(光圈S)表示孔径光阑S。省略空气的折射率 $n_d=1.00000$ 的记载。在光学面为非球面时,对面编号附上*标记,在曲率半径R的栏中示出近轴曲率半径。

[0098] 将光学部件的材料的对g线(波长 $\lambda=435.8\text{nm}$)的折射率设为 n_g ,将光学部件的材料的对F线(波长 $\lambda=486.1\text{nm}$)的折射率设为 n_F ,将光学部件的材料的对C线(波长 $\lambda=656.3\text{nm}$)的折射率设为 n_C 。此时,光学部件的材料的相对部分色散 θ_{gF} 通过下式(A)被定义。

[0099] $\theta_{gF} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C) \cdots (A)$

[0100] 在[非球面数据]的表中,关于[透镜参数]中所示的非球面,通过下式(B)来表示其形状。 $X(y)$ 表示从非球面的顶点处的切面到高度y处的非球面上的位置为止的沿着光轴方向的距离(凹陷量),R表示基准球面的曲率半径(近轴曲率半径), κ 表示圆锥常数, A_i 表示第i次的非球面系数。“E-n”表示“ $\times 10^{-n}$ ”。例如, $1.234\text{E}-05=1.234 \times 10^{-5}$ 。另外,二次非球面系数 A_2 为0,省略其记载。

[0101] $X(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/R^2)^{1/2}\} + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} \cdots (B)$

[0102] 在光学系统不是变倍光学系统时,作为[近距离摄影时可变间隔数据],f表示镜头整个系统的焦距, β 表示摄影倍率。另外,在[近距离摄影时可变间隔数据]的表中,示出与各焦距和摄影倍率对应的、在[透镜参数]中面间隔成为“可变”的面编号处的面间隔。

[0103] 在光学系统为变倍光学系统时,作为[变倍摄影时可变间隔数据],示出与广角端(W)、中间焦距(M)、远焦端(T)的各变倍状态对应的、在[透镜参数]中面间隔成为“可变”的面编号处的面间隔。

[0104] 在[透镜组数据]的表中,示出各透镜组的各自的始面(最靠物体侧的面)和焦距。

[0105] 在[条件式对应值]的表中,示出与各条件式对应的值。

[0106] 以下,在所有的参数值中,对于所记载的焦距f、曲率半径R、面间隔D、其他长度等,在没有特别记载的情况下一般使用“mm”,但是即使对光学系统进行比例放大或比例缩小也能够得到相同的光学性能,因此并不限于此。

[0107] 此处为止的表的说明在所有的实施例中相同,省略以下重复说明。

[0108] (第1实施例)

[0109] 使用图1~图2以及表1对第1实施例进行说明。图1是示出第1~第2实施方式的第1实施例的光学系统的无限远对焦状态下的镜头结构的图。第1实施例的光学系统LS(1)由从物体侧依次排列的相比孔径光阑S配置于物体侧的具有正的光焦度的第1透镜组G1以及相比孔径光阑S配置于像侧的具有正的光焦度的第2透镜组G2构成。孔径光阑S配置于第1透镜组G1与第2透镜组G2之间。在各透镜组标号上附加的符号(+)或(-)表示各透镜组的光焦度,这在以下的所有实施例中相同。

[0110] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L11、双凸形状的正透镜L12、由双凸形状的正透镜L13和双凹形状的负透镜L14构成的接合透镜、由凹面朝向物体侧的正弯月形透镜L15和双凹形状的负透镜L16构成的接合透镜、双凸形状的正透镜L17以及由双凸形状的正透镜L18和双凹形状的负透镜L19构成的接合透镜构成。在本实

施例中,在从无限远物体向近距离(有限距离)物体进行对焦时,由第1透镜组G1的正弯月形透镜L15和负透镜L16构成的接合透镜沿着光轴向像侧移动。

[0111] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的双凸形状的正透镜L21、由双凹形状的负透镜L22和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L23构成的接合透镜以及由双凹形状的负透镜L24和双凸形状的正透镜L25构成的接合透镜构成。在本实施例中,第2透镜组G2的负透镜L22相当于满足条件式(1)、条件式(2)、条件式(5)等的透镜(特定透镜)。在第2透镜组G2的像侧配置有像面I。

[0112] 在以下的表1,记载有第1实施例的光学系统的各参数的值。

[0113] (表1)

[0114] [全体参数]

f	104.24
FNO	1.45
2 ω	23.16
Y	21.60
TL	149.38
BF	38.34

[0116] [透镜参数]

面编号	R	D	nd	vd	$\theta_g F$
物体面	∞				
1	172.7424	6.000	1.59349	67.00	
2	10105.0317	0.100			
3	96.7991	9.232	1.49782	82.57	
4	-1180.8161	0.100			
5	70.5943	12.063	1.49782	82.57	
6	-234.2345	3.500	1.72047	34.71	

[0117]

	7	148.1591	D7(可变)			
	8	-151.5596	4.000	1.65940	26.87	
	9	-80.0677	2.500	1.48749	70.32	
	10	46.2188	D10(可变)			
	11	66.4365	7.132	2.00100	29.13	
	12	-263.8864	0.100			
	13	212.2900	7.650	1.69680	55.52	
	14	-50.0085	1.800	1.72825	28.38	
	15	30.5602	5.900			
[0118]	16	∞	1.600			(光圈 S)
	17	88.4778	5.183	1.59319	67.90	
	18	-95.3813	1.184			
	19	-54.1274	1.600	1.68376	37.58	0.5782
	20	30.8859	7.378	1.79952	42.09	
	21	219.4156	1.710			
	22	-143.5827	1.800	1.65940	26.87	
	23	103.8017	5.209	2.00100	29.13	
	24	-65.2550	BF			
	像面	∞				
[0119]	[近距离摄影时可变间隔数据]					
		无限远对焦状态		近距离对焦状态		
		f=104.24		β=1/30		
[0120]	D7	8.703		11.581		
	D10	16.596		13.719		
[0121]	[透镜组数据]					
	组	始面	焦距			
[0122]	G1	1	255.964			
	G2	17	70.804			
[0123]	[条件式对应值]					
[0124]	条件式 (1)					
[0125]	ndLZ+ (0.00925×vdLZ) =2.0314					

[0126] 条件式(2)、(2-1)、(2-2)

[0127] $vdLZ=37.58$

[0128] 条件式(3)

[0129] $\theta_{gFLZ}+(0.00316 \times vdLZ)=0.6970$

[0130] 条件式(4)、(4-1)

[0131] $ndLZ=1.68376$

[0132] 条件式(5)

[0133] $ndLZ+(0.00495 \times vdLZ)=1.8698$

[0134] 图2(A)是第1实施例的光学系统的无限远对焦时的各像差图。图2(B)是第1实施例的光学系统的近距离(至近距离)对焦时的各像差图。在无限远对焦时的各像差图中,FN0表示F值,Y表示像高。在近距离对焦时的各像差图中,NA表示数值孔径,Y表示像高。另外,在球面像差图中示出与最大口径对应的F值或数值孔径的值,在像散图和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(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$),g表示g线(波长 $\lambda=435.8\text{nm}$)。在像散图中,实线表示弧矢像面,虚线表示子午像面。另外,在以下所示的各实施例的像差图中,也使用与本实施例相同的标号,省略重复的说明。

[0135] 通过各像差图可知,第1实施例的光学系统良好地对各像差进行校正,具有优秀的成像性能。

[0136] (第2实施例)

[0137] 使用图3~图4以及表2对第2实施例进行说明。图3是示出第1~第2实施方式的第2实施例的光学系统的无限远对焦状态下的镜头结构的图。第2实施例的光学系统LS(2)由从物体侧依次排列的相比孔径光阑S配置于物体侧的具有正的光焦度的第1透镜组G1以及相比孔径光阑S配置于像侧的具有正的光焦度的第2透镜组G2构成。孔径光阑S配置于第1透镜组G1与第2透镜组G2之间。

[0138] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L11、凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L12、由双凸形状的正透镜L13和双凹形状的负透镜L14构成的接合透镜、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L15以及由凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L16和双凸形状的正透镜L17构成的接合透镜构成。负弯月形透镜L12的像侧的透镜面为非球面。在本实施例中,第1透镜组G1的负弯月形透镜L16相当于满足条件式(1)、条件式(2)、条件式(5)等的透镜(特定透镜)。第1透镜组G1的由负弯月形透镜L16和正透镜L17构成的接合透镜构成能够向与光轴垂直的方向移动的防抖透镜组(部分组),对由手抖动等引起的成像位置的位移(像面I上的像抖动)进行校正。

[0139] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L21、双凸形状的正透镜L22以及凹面朝向物体侧的正弯月形透镜L23构成。在第2透镜组G2的像侧配置有像面I。正弯月形透镜L23的物体侧透镜面为非球面。在本实施例中,在从无限远物体向近距离(有限距离)物体进行对焦时,第2透镜组G2的全体沿着光轴向物体侧移动。

[0140] 在以下的表2,记载有第2实施例的光学系统的各参数的值。

[0141] (表2)

[0142] [全体参数]

	f	20.60				
[0143]	FNO	2.86				
	2 ω	93.64				
	Y	21.60				
[0144]	TL	106.76				
	BF	38.959				
[0145]	[透镜参数]					
	面编号	R	D	nd	vd	θ gF
	物体面	∞				
	1	35.3881	1.400	1.69680	55.52	
	2	15.8481	6.847			
	3	23.1939	1.400	1.60311	60.69	
	4*	11.5711	7.796			
	5	75.5455	5.704	1.60342	38.03	
	6	-29.3767	1.400	1.69680	55.52	
	7	191.0345	4.167			
	8	26.9558	4.929	1.74950	35.25	
	9	73.8090	4.744			
[0146]	10	37.9905	1.400	1.68376	37.58	0.5782
	11	14.9053	4.287	1.51860	69.89	
	12	-50.9569	5.000			
	13	∞	D13(可变)			(光圈 S)
	14	-18.8348	1.500	1.72825	28.38	
	15	-104.4518	0.150			
	16	78.8823	5.137	1.59319	67.90	
	17	-20.2060	0.220			
	18*	-81.8607	0.150	1.51380	52.90	
	19	-51.5576	2.335	1.60311	60.69	
	20	-34.5733	BF			
	像面	∞				
[0147]	[非球面数据]					

- [0148] 第4面
 [0149] $\kappa = -1.7615$
 [0150] $A4 = 1.59119E-04, A6 = -7.22596E-07, A8 = 2.86248E-09, A10 = -7.75694E-12$
 [0151] 第18面
 [0152] $\kappa 1.0000$
 [0153] $A4 = -2.85329E-05, A6 = -4.17411E-08, A8 = -1.26145E-10, A10 = 0.00000E+00$
 [0154] [近距离摄影时可变间隔数据]

无限远对焦状态

近距离对焦状态

- | | | | |
|--------|-----|-----------|--------------|
| [0155] | | $f=20.60$ | $\beta=1/30$ |
| | D13 | 9.234 | 8.456 |
| | BF | 38.959 | 39.737 |

- [0156] [透镜组数据]

- | | | | |
|--------|----|----|--------|
| | 组 | 始面 | 焦距 |
| [0157] | G1 | 1 | 58.839 |
| | G2 | 14 | 51.129 |

- [0158] [条件式对应值]

- [0159] 条件式 (1)

- [0160] $ndLZ + (0.00925 \times vdLZ) = 2.0314$

- [0161] 条件式 (2)、(2-1)、(2-2)

- [0162] $vdLZ = 37.58$

- [0163] 条件式 (3)

- [0164] $\theta_{gFLZ} + (0.00316 \times vdLZ) = 0.6970$

- [0165] 条件式 (4)、(4-1)

- [0166] $ndLZ = 1.68376$

- [0167] 条件式 (5)

- [0168] $ndLZ + (0.00495 \times vdLZ) = 1.8698$

- [0169] 图4 (A) 是第2实施例的光学系统的无限远对焦时的各像差图。图4 (B) 是第2实施例的光学系统的近距离(至近距离)对焦时的各像差图。通过各像差图可知,第2实施例的光学系统良好地对各像差进行校正,具有优秀的成像性能。

- [0170] (第3实施例)

- [0171] 使用图5~图6以及表3对第3实施例进行说明。图5是示出第1~第2实施方式的第3实施例的光学系统的无限远对焦状态下的镜头结构的图。第3实施例的光学系统LS (3) 由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2以及具有正的光焦度的第3透镜组G3构成。在从广角端状态(W)向远焦端状态(T)进行变倍时,第1~第3透镜组G1~G3分别向由图5的箭头所示的方向移动。孔径光阑S配置于第3透镜组G3内。

- [0172] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的双凸形状的正透镜L11以及由凸面朝向物体

侧的负弯月形透镜L12和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成的接合透镜构成。

[0173] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的由双凹形状的负透镜L21和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L22构成的接合透镜以及双凹形状的负透镜L23构成。

[0174] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸形状的正透镜L31、由双凸形状的正透镜L32和双凹形状的负透镜L33构成的接合透镜、由凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L34和双凸形状的正透镜L35构成的接合透镜、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L36、由凹面朝向物体侧的正弯月形透镜L37和双凹形状的负透镜L38构成的接合透镜以及双凸形状的正透镜L39构成。在第3透镜组G3的像侧配置有像面I。在第3透镜组G3中的正透镜L31与(接合透镜的)正透镜L32之间配置有孔径光阑S。在本实施例中,第3透镜组G3的正弯月形透镜L37相当于满足条件式(1)、条件式(2)、条件式(5)等的透镜。在从无限远物体向近距离(有限距离)物体进行对焦时,由第3透镜组G3的正弯月形透镜L37和负透镜L38构成的接合透镜沿着光轴向像侧移动。

[0175] 在以下的表3中,记载有第3实施例的光学系统的各参数的值。

[0176] (表3)

[0177] [全体参数]

变倍比 4.12

		W	M	T
	f	71.4	100.0	294.0
[0178]	FNO	4.55	4.25	5.88
	2 ω	23.60	16.60	5.65
	Y	14.75	14.75	14.75
	TL	159.81	185.81	220.18
	BF	45.42	39.59	70.55

[0179] [透镜参数]

	面编号	R	D	nd	vd	θ_{gF}
	物体面	∞				
[0180]	1	91.5192	6.167	1.51680	63.88	
	2	-891.1989	0.204			
	3	93.2278	1.500	1.64769	33.73	
	4	46.6019	7.000	1.48749	70.31	
	5	154.0927	D5(可变)			
	6	-213.5954	1.000	1.69680	55.52	
	7	22.9724	3.677	1.80518	25.45	
	8	60.5666	2.652			
	9	-47.0346	1.000	1.77250	49.62	
	10	299.7358	D10(可变)			
	11	48.1577	3.796	1.69680	55.52	
	12	-129.8462	1.000			
	13	∞	1.000			(光圈 S)
[0181]	14	38.7747	4.932	1.69680	55.52	
	15	-51.1476	1.000	1.85026	32.35	
	16	67.2884	8.805			
	17	57.5054	1.000	1.80100	34.92	
	18	17.5096	6.038	1.48749	70.31	
	19	-137.4937	0.200			
	20	26.2266	3.513	1.59270	35.27	
	21	96.5593	D21(可变)			
	22	-139.1808	3.510	1.68376	37.58	0.5782
	23	-15.9128	1.000	1.64000	60.20	
	24	25.6230	D24(可变)			
	25	145.8454	2.143	1.48749	70.31	
	26	-480.8453	BF			
	像面	∞				
[0182]	[变倍摄影时可变间隔数据]					

		W	M	T	W	M	T
		无限远	无限远	无限远	近距离	近距离	近距离
[0183]	D5	2.881	37.560	65.654	2.881	37.560	65.654
	D10	29.543	26.683	2.000	29.543	26.683	2.000
	D21	5.002	5.002	5.002	5.340	5.540	5.891
	D24	15.836	15.836	15.836	15.498	15.298	14.947
[0184]	[透镜组数据]						
[0185]	组	始面		焦距			
	G1	1		147.64			
	G2	6		-31.813			
[0186]	G3	11		38.779			
[0187]	[条件式对应值]						
[0188]	条件式 (1)						
[0189]	$ndLZ + (0.00925 \times vdLZ) = 2.0314$						
[0190]	条件式 (2)、(2-1)、(2-2)						
[0191]	$vdLZ = 37.58$						
[0192]	条件式 (3)						
[0193]	$\theta gFLZ + (0.00316 \times vdLZ) = 0.6970$						
[0194]	条件式 (4)、(4-1)						
[0195]	$ndLZ = 1.68376$						
[0196]	条件式 (5)						
[0197]	$ndLZ + (0.00495 \times vdLZ) = 1.8698$						

[0198] 图6 (A)、图6 (B) 以及图6 (C) 分别是第3实施例的光学系统的广角端状态、中间焦距状态、远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。图7 (A)、图7 (B) 以及图7 (C) 分别是第3实施例的光学系统的广角端状态、中间焦距状态、远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。通过各像差图可知,第3实施例的光学系统良好地对各像差进行校正,具有优秀的成像性能。

[0199] (第4实施例)

[0200] 使用图8~图10以及表4对第4实施例进行说明。图8是示出第1~第2实施方式的第4实施例的光学系统的无限远对焦状态下的镜头结构的图。第4实施例的光学系统LS (4) 由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4以及具有负的光焦度的第5透镜组G5构成。在从广角端状态 (W) 向远焦端状态 (T) 进行变倍时,第1~第5透镜组G1~G5分别向由图8的箭头所示的方向移动。孔径光阑S配置于第3透镜组G3的像侧附近,在进行变倍时,与第3透镜组G3一起沿着光轴移动。

[0201] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的双凸形状的正透镜L11以及由凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L12和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成的接合透镜构成。

[0202] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L23以及由双凹形状的负透镜L24和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L25构成的接合透镜构成。由第2透镜组G2的负透镜L24和正弯月形透镜L25构成的接合透镜构成能够向与光轴垂直的方向移动的防抖透镜组(部分组),对由手抖动等引起的成像位置的位移(像面I上的像抖动)进行校正。

[0203] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸形状的正透镜L31以及由双凸形状的正透镜L32和双凹形状的负透镜L33构成的接合透镜构成。

[0204] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的由双凸形状的正透镜L41和凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42构成的接合透镜构成。在本实施例中,第4透镜组G4的负弯月形透镜L42相当于满足条件式(1)、条件式(2)、条件式(5)等的透镜。在从无限远物体向近距离(有限距离)物体进行对焦时,第4透镜组G4的全体沿着光轴向物体侧移动。

[0205] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凹形状的负透镜L51、凹面朝向物体侧的正弯月形透镜L52、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L53以及双凸形状的正透镜L54构成。在第5透镜组G5的像侧配置有像面I。

[0206] 在以下的表4,记载有第4实施例的光学系统的各参数的值。

[0207] (表4)

[0208] [全体参数]

变倍比 4.12

		W	M	T
	f	71.4	100.0	294.0
[0209]	FNO	4.53	4.79	5.94
	2 ω	33.94	24.01	8.23
	Y	21.60	21.60	21.60
	TL	194.00	212.44	250.39
	BF	39.00	43.11	63.39

[0210] [透镜参数]

	面编号	R	D	nd	vd	θ_{gF}
	物体面	∞				
[0211]	1	513.4816	3.6492	1.48749	70.31	
	2	-517.9588	0.2000			
	3	98.9998	1.7000	1.67270	32.19	
	4	65.9505	8.6798	1.49700	81.73	
	5	1712.5853	D5(可变)			
	6	94.8614	1.0000	1.83400	37.18	
	7	34.2676	6.9195			
	8	-110.6517	1.0000	1.60300	65.44	
	9	-410.7751	0.2000			
	10	45.5941	2.8821	1.84666	23.80	
	11	104.9633	3.7758			
	12	-66.1701	1.0000	1.70000	48.11	
	13	38.5833	3.4528	1.79504	28.69	
	14	151.5709	D14(可变)			

	15	103.7500	3.6986	1.80400	46.60		
	16	-80.2466	0.2000				
	17	40.5201	5.1186	1.49782	82.57		
	18	-65.0491	1.0000	1.85026	32.35		
	19	148.7139	1.5306				
	20	∞	D20(可变)			(光圈 S)	
	21	184.1852	4.4376	1.51680	63.88		
	22	-24.7956	1.0000	1.68376	37.58	0.5782	
[0212]	23	-55.9883	D23(可变)				
	24	-63.6705	1.0000	1.90366	31.27		
	25	109.5875	7.9647				
	26	-397.3710	4.4687	1.71736	29.57		
	27	-31.8750	16.3261				
	28	-22.5609	1.0000	1.80400	46.60		
	29	-135.0912	0.3428				
	30	82.8523	3.4360	1.63980	34.55		
	31	-167.6215	BF				
	像面	∞					
[0213]	[变倍摄影时可变间隔数据]						
		W	M	T	W	M	T
		无限远	无限远	无限远	近距离	近距离	近距离
[0214]	D5	2.000	25.989	75.552	2.000	25.989	75.552
	D14	43.552	33.897	2.000	43.552	33.897	2.000
	D20	21.465	19.956	21.465	20.353	18.579	18.696
	D23	2.000	3.509	2.000	3.112	4.886	4.768
[0215]	[透镜组数据]						
[0216]	组	始面		焦距			
	G1	1		173.77			

	G2	6	-42.42
[0217]	G3	15	50.14
	G4	21	120.95
	G5	24	-57.25

[0218] [条件式对应值]

[0219] 条件式 (1)

[0220] $ndLZ + (0.00925 \times vdLZ) = 2.0314$

[0221] 条件式 (2)、(2-1)、(2-2)

[0222] $vdLZ = 37.58$

[0223] 条件式 (3)

[0224] $\theta_{gFLZ} + (0.00316 \times vdLZ) = 0.6970$

[0225] 条件式 (4)、(4-1)

[0226] $ndLZ = 1.68376$

[0227] 条件式 (5)

[0228] $ndLZ + (0.00495 \times vdLZ) = 1.8698$

[0229] 图9(A)、图9(B)以及图9(C)分别是第4实施例的光学系统的广角端状态、中间焦距状态、远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。图10(A)、图10(B)以及图10(C)分别是第4实施例的光学系统的广角端状态、中间焦距状态、远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。通过各像差图可知,第4实施例的光学系统良好地对各像差进行校正,具有优秀的成像性能。

[0230] 根据上述各实施例,能够实现在色差的校正中,除了一级的消色差以外,还能够良好地对二级光谱进行校正的光学系统。

[0231] 此处,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。

[0232] 另外,能够在不损坏本实施方式的光学系统的光学性能的范围内适当采用以下的内容。

[0233] 对焦透镜组表示被进行对焦时变化的空气间隔分离的、具有至少一个透镜的部分。即,也可以是使单独或多个透镜组、或者部分透镜组沿着光轴方向移动,从而进行从无限远物体向近距离物体的对焦的对焦透镜组。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(使用了超声波电机等的)电机驱动。

[0234] 另外,在第2实施例中,虽然构成为在进行对焦时,第2透镜组G2的全体沿着光轴移动,但是本申请并不限于此,也可以构成为第1透镜组G1的全体沿着光轴移动。

[0235] 在第2实施例和第4实施例中,虽然示出了具有防抖功能的结构,但是本申请并不限于此,也可以是不具有防抖功能的结构。另外,关于不具有防抖功能的其他实施例,也可以是具有防抖功能的结构。

[0236] 透镜面可以由球面或平面形成,也可以由非球面形成。在透镜面为球面或平面时,透镜加工和组装调整变得容易,防止由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,描绘性能的劣化少,因此是优选的。

[0237] 在透镜面为非球面时,非球面可以是基于研磨加工的非球面、通过模具将玻璃形

成为非球面形状的玻璃模铸非球面、在玻璃的表面将树脂形成为非球面形状的复合型非球面中的任意一种。另外,透镜面也可以是衍射面,也可以使透镜为折射率分布型透镜 (GRIN 透镜) 或塑料透镜。

[0238] 在各透镜面上,为了减轻眩光和重影并实现对比度高的光学性能,也可以施加在宽波长区域中具有高透射率的增透膜。由此,减少眩光和重影,能够实现高对比度的高光学性能。

- [0239] 标号说明
- [0240] G1第1透镜组 G2第2透镜组
- [0241] G3第3透镜组 G4第4透镜组
- [0242] G5第5透镜组
- [0243] I像面 S孔径光阑

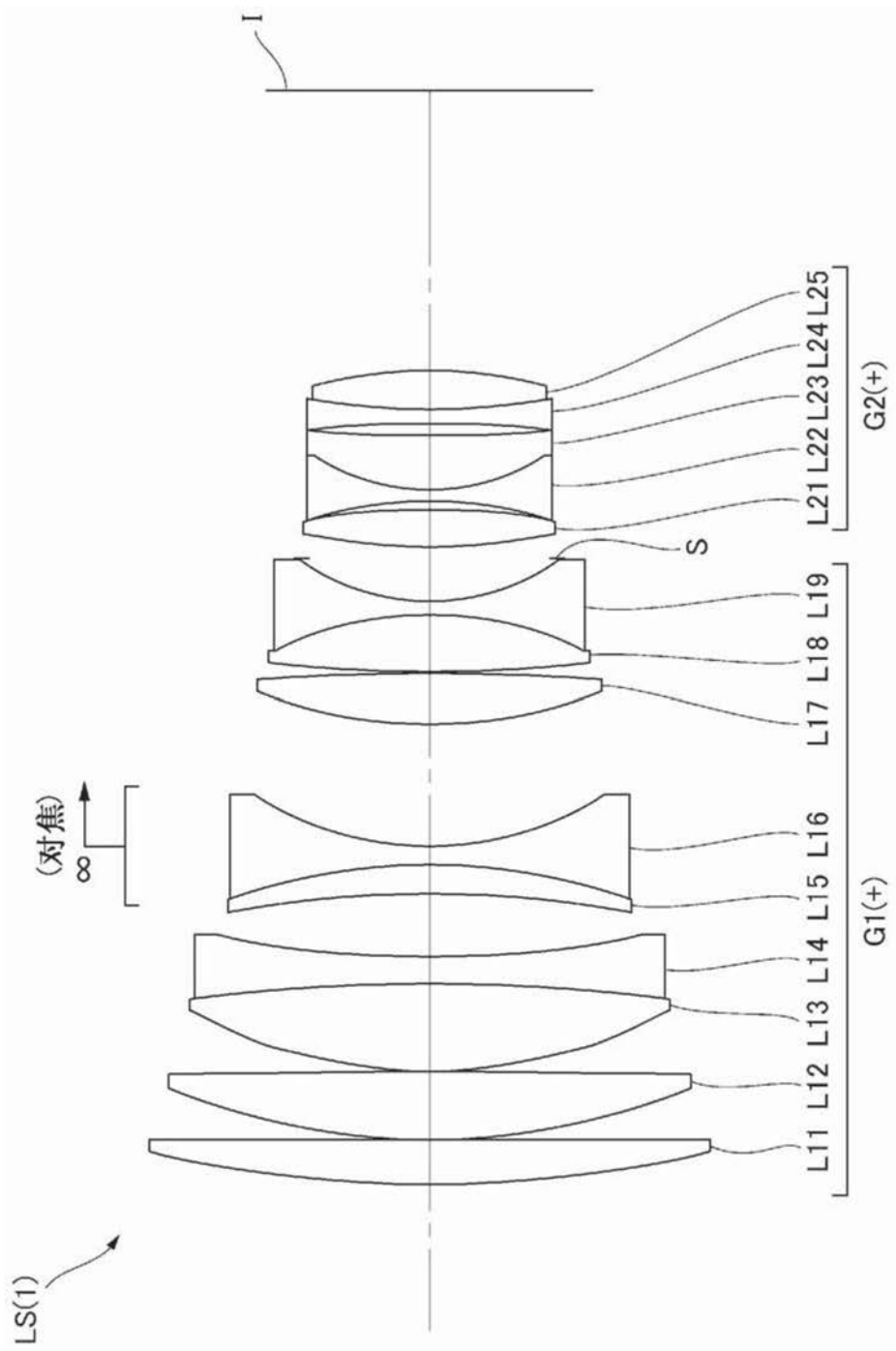


图1

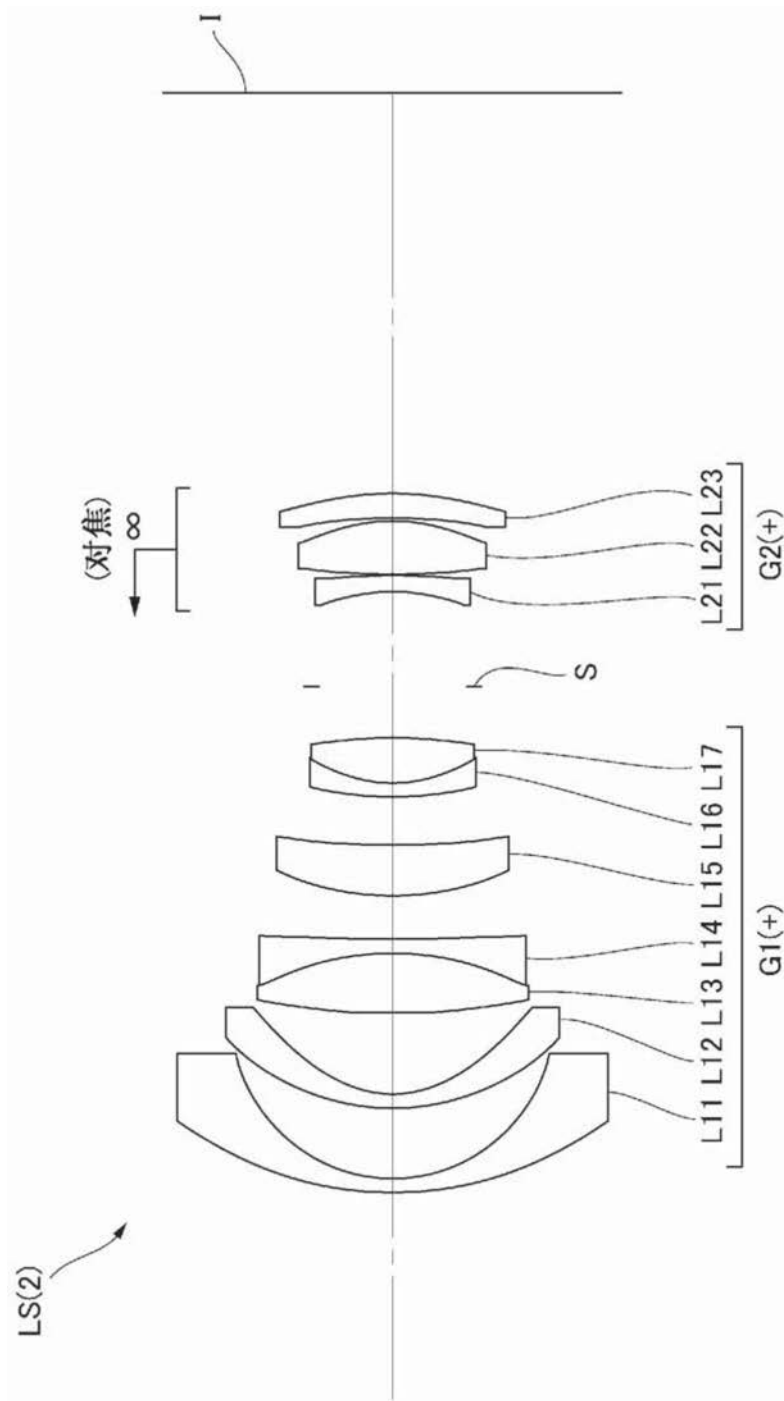


图3

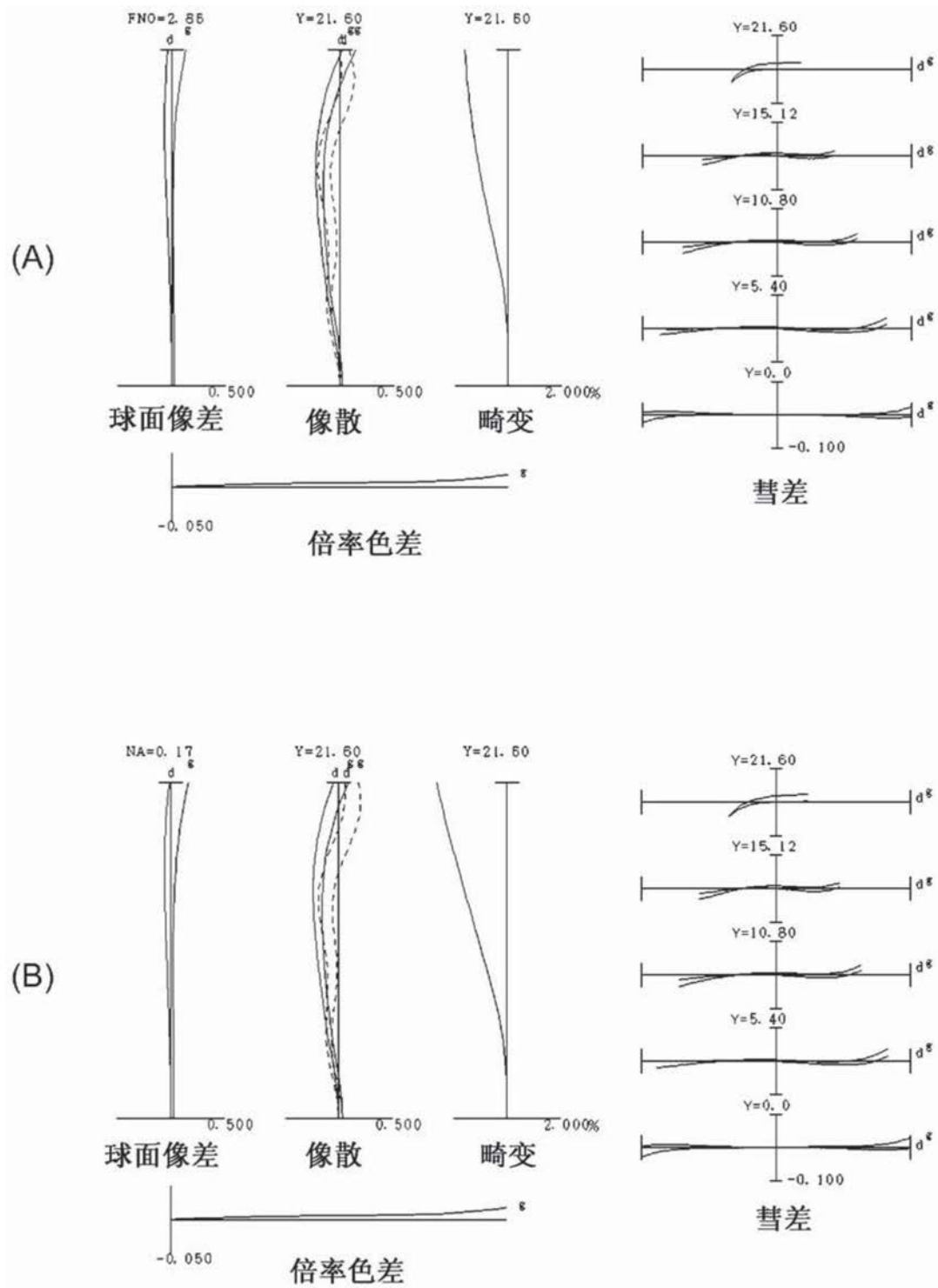


图4

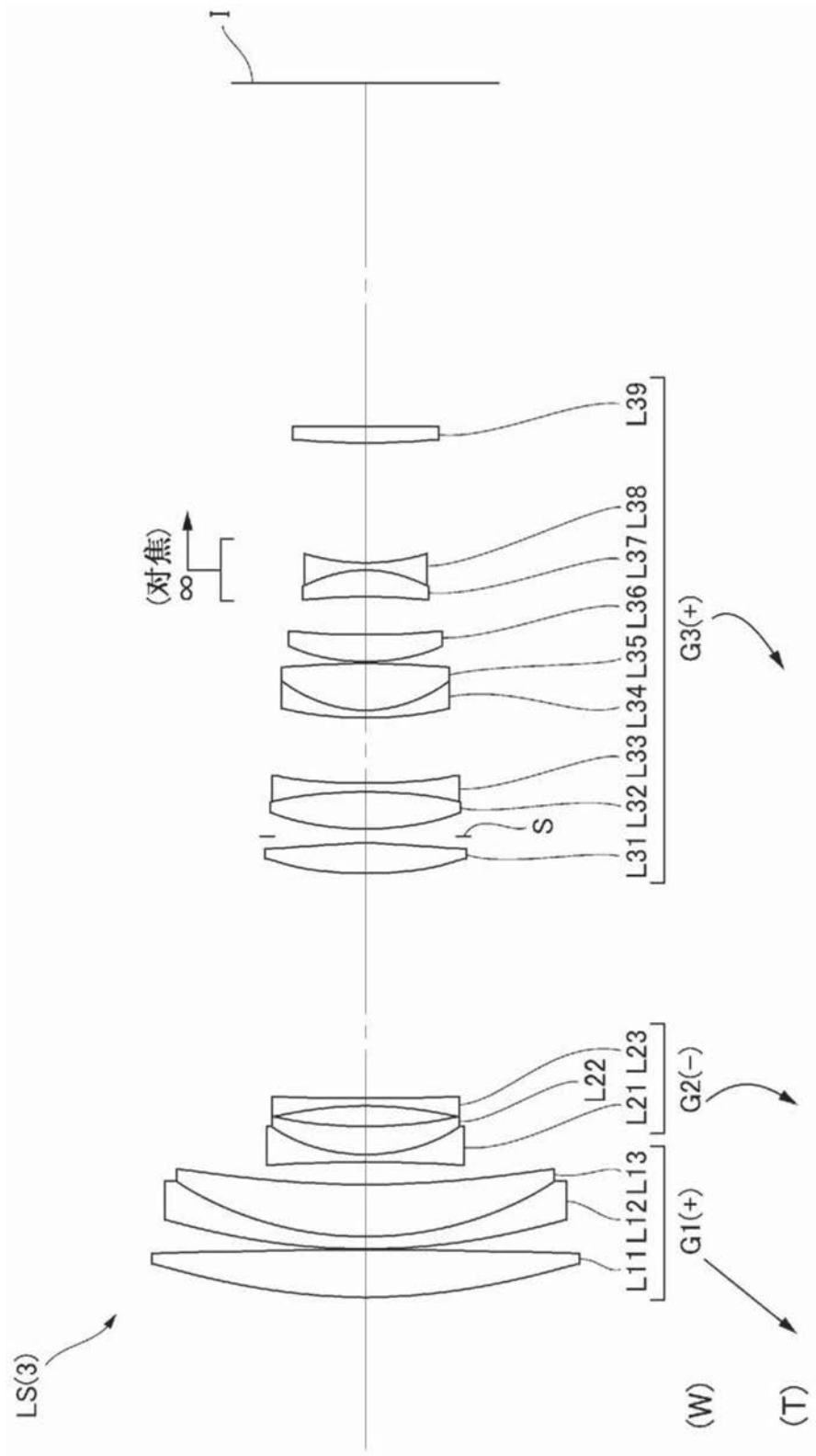


图5

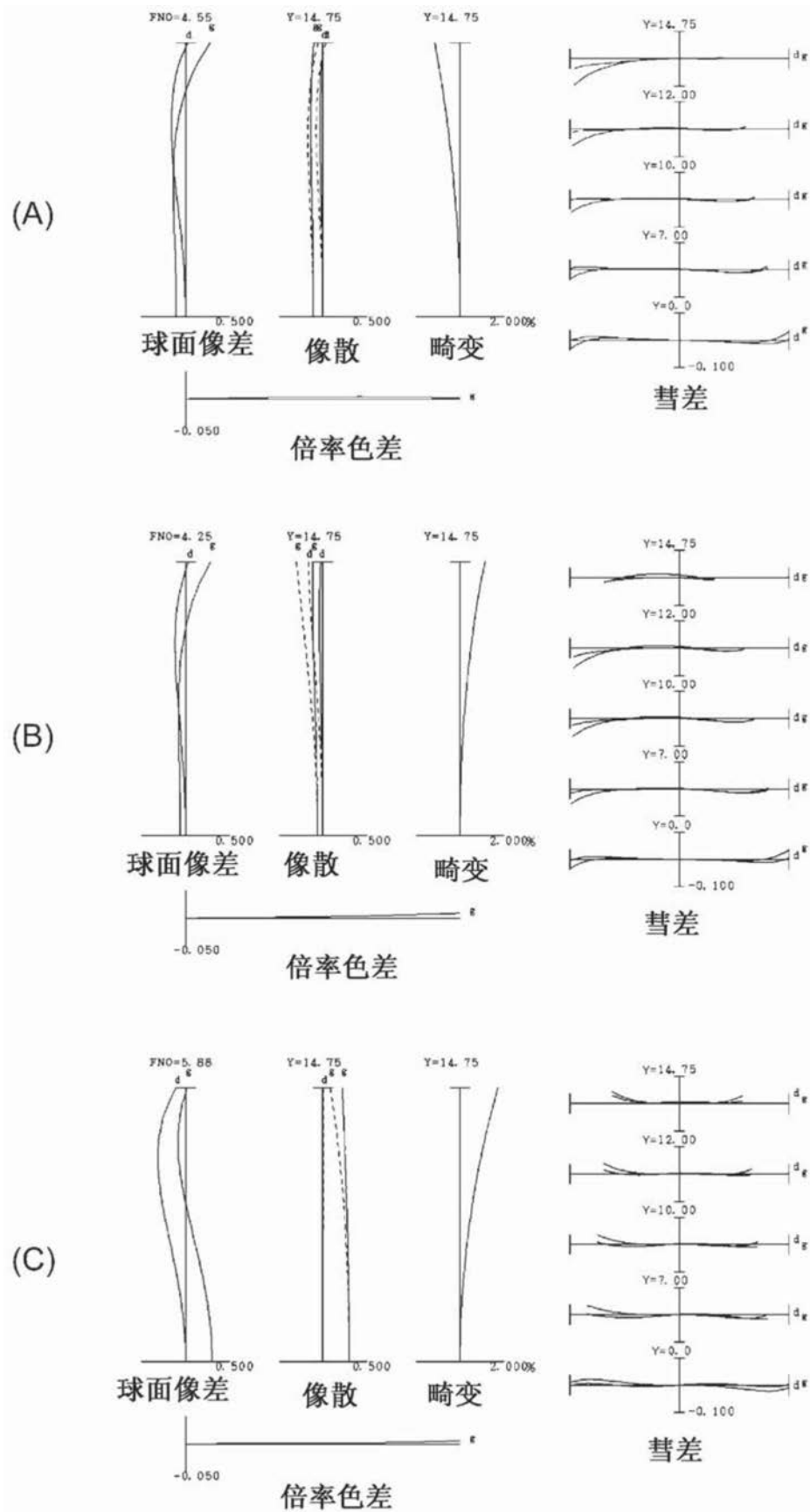


图6

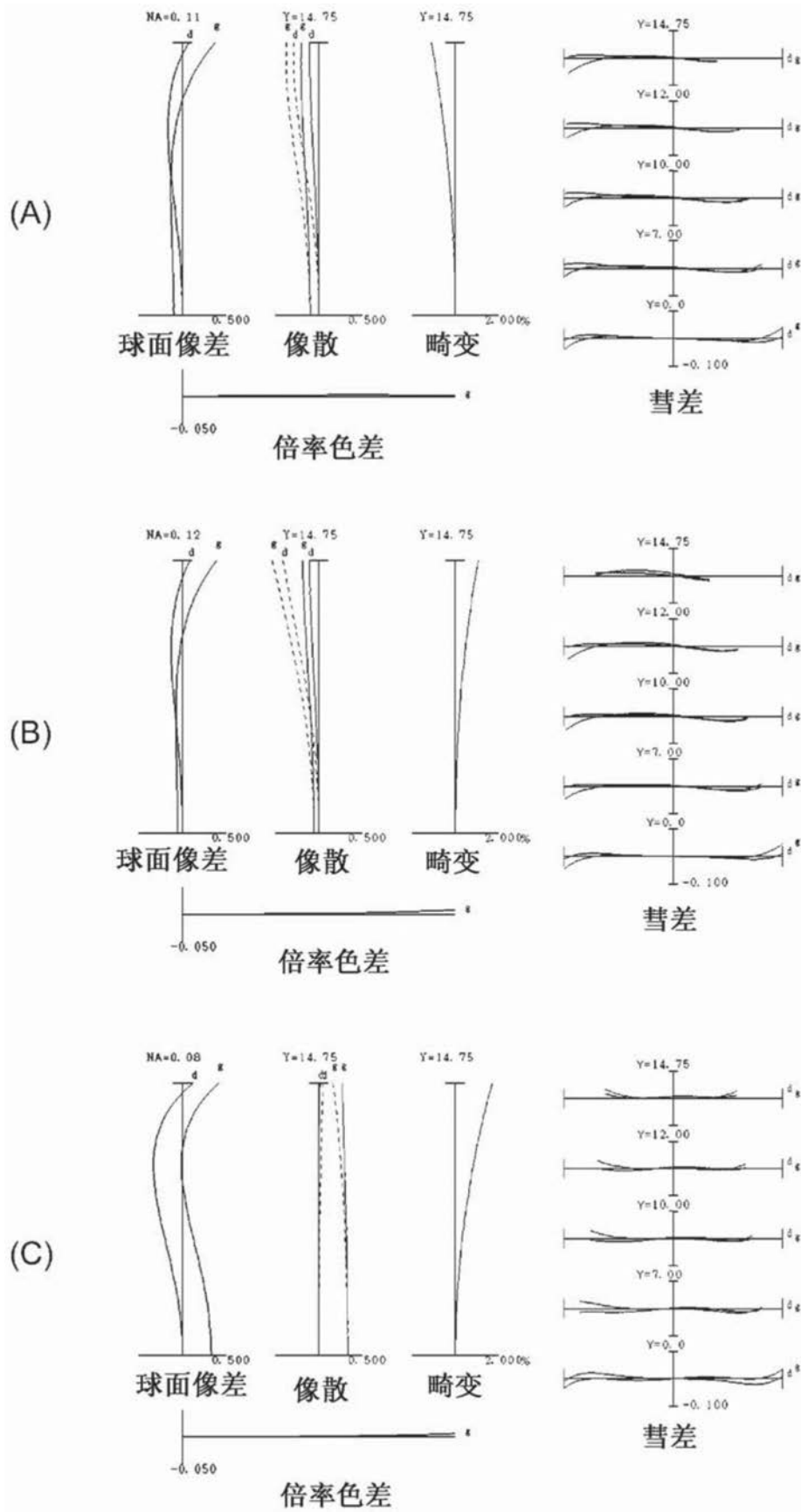


图7

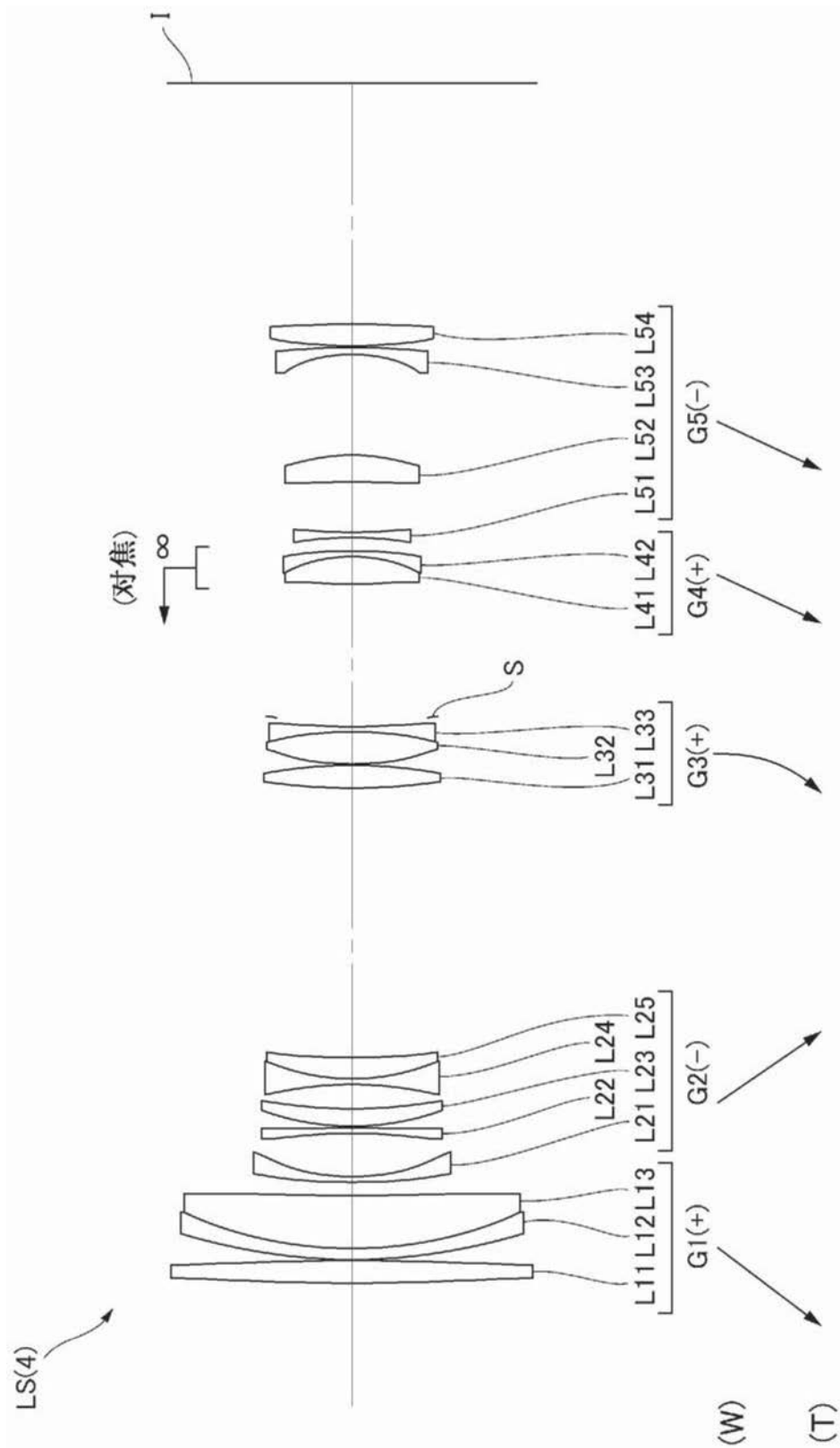


图8

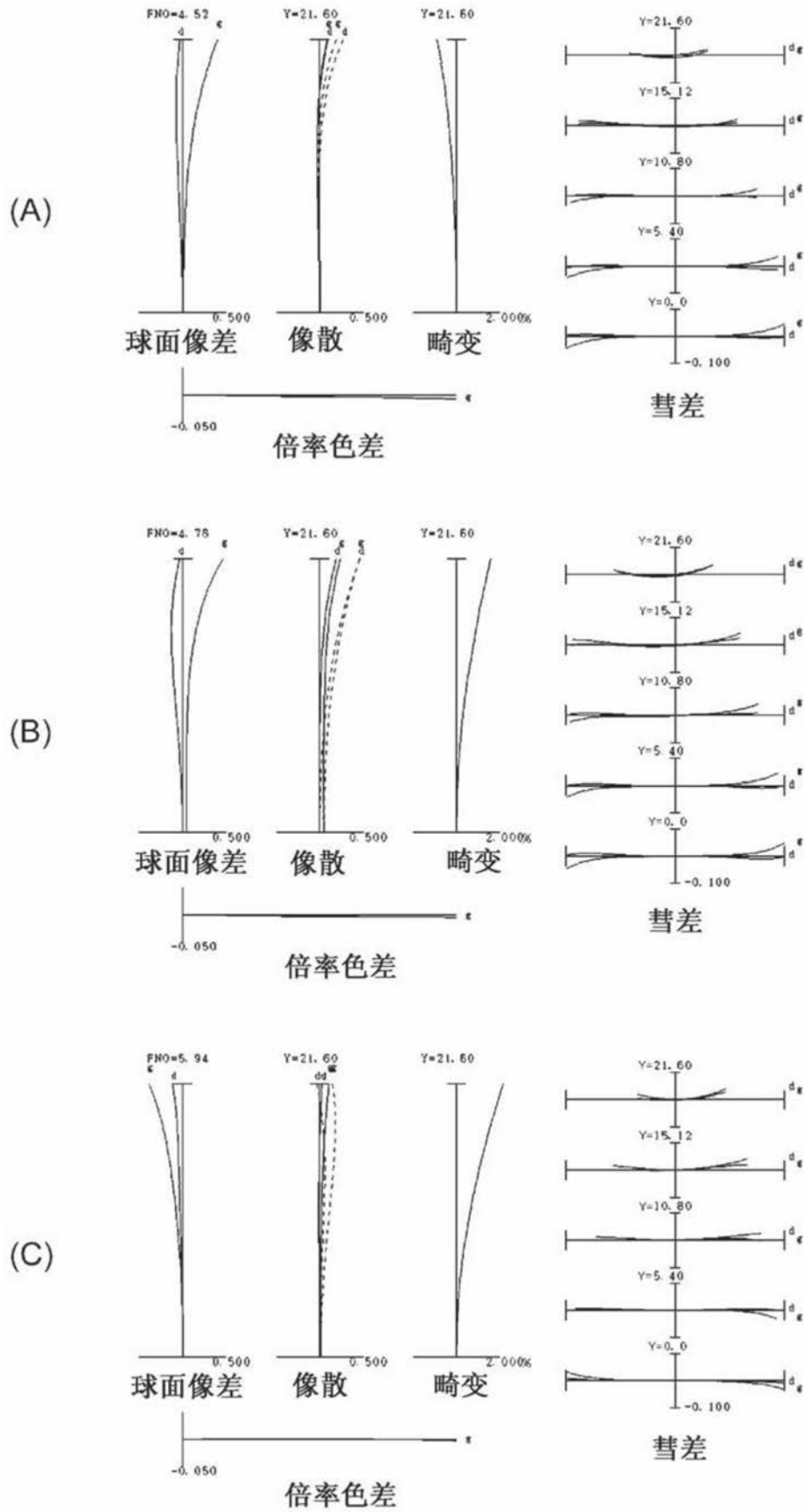


图9

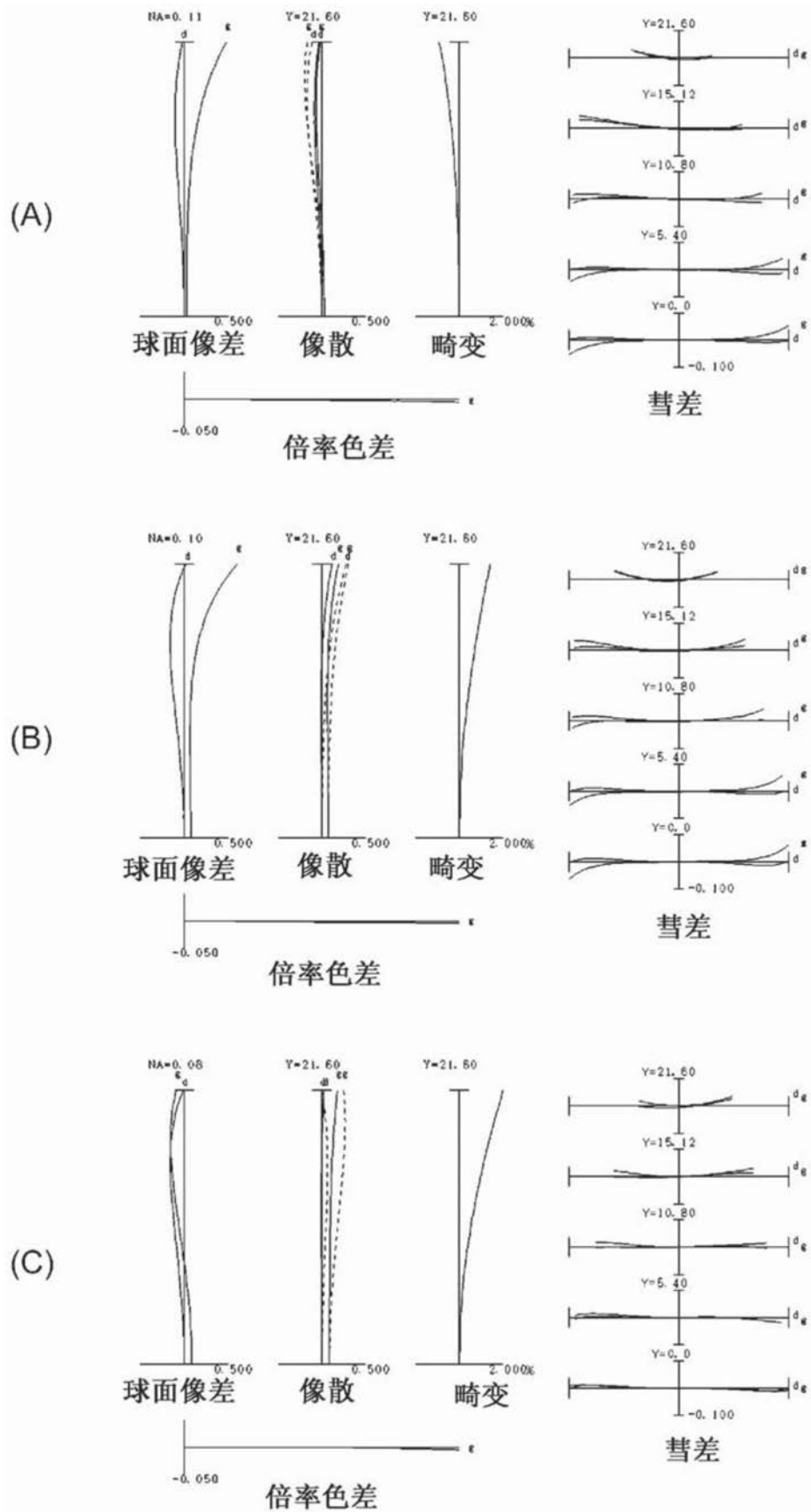


图10

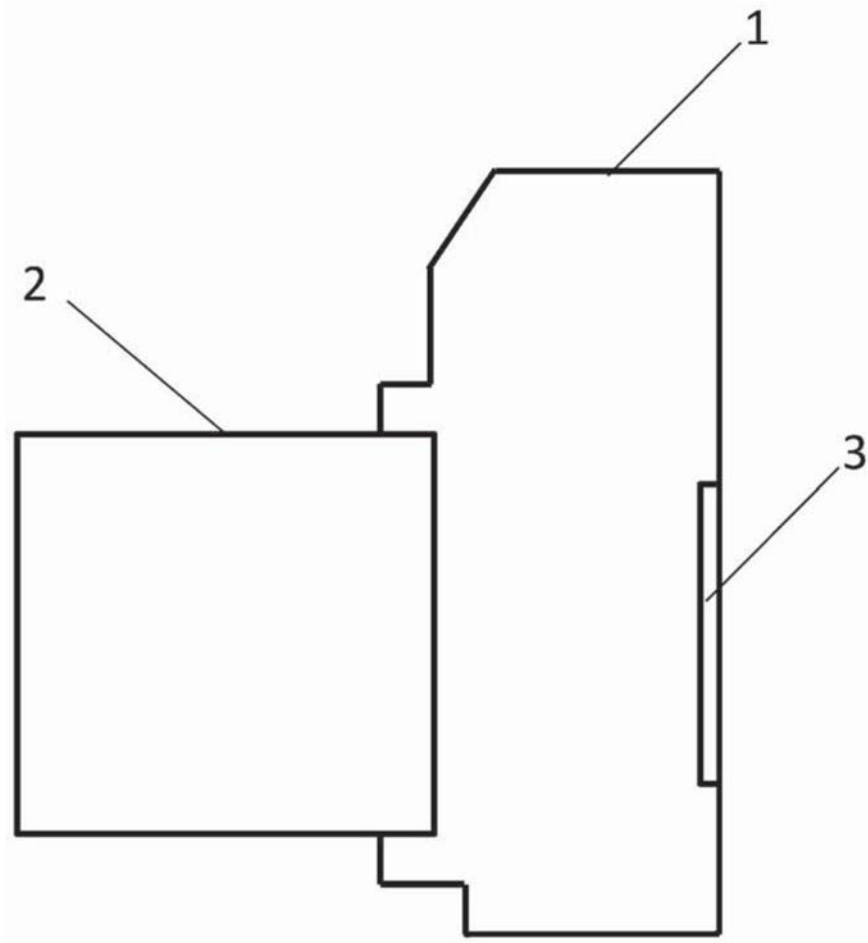


图11

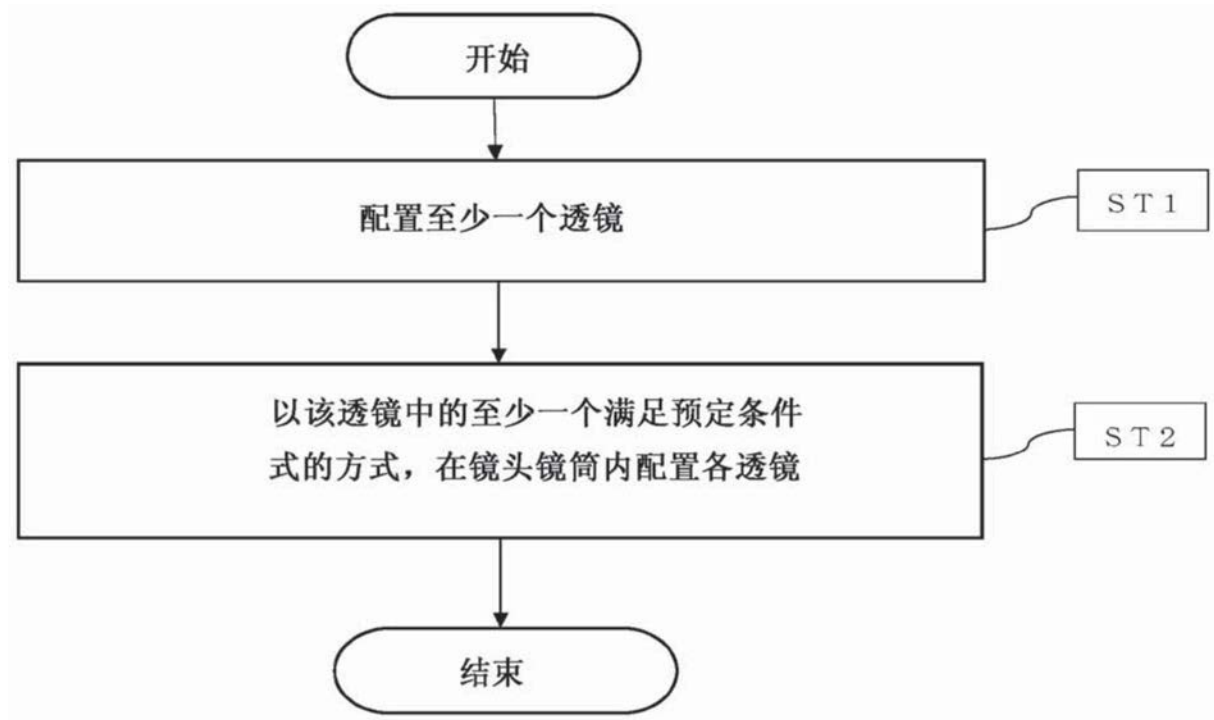


图12