



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104169774 A

(43) 申请公布日 2014. 11. 26

(21) 申请号 201380014648. 8

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

(22) 申请日 2013. 02. 20

代理人 鲁山 孙志湧

(30) 优先权数据

2012-060985 2012. 03. 16 JP

(51) Int. Cl.

G02B 13/04 (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 09. 16

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2013/000932 2013. 02. 20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/136670 JA 2013. 09. 19

(71) 申请人 株式会社尼康

地址 日本东京

(72) 发明人 古井田启吾

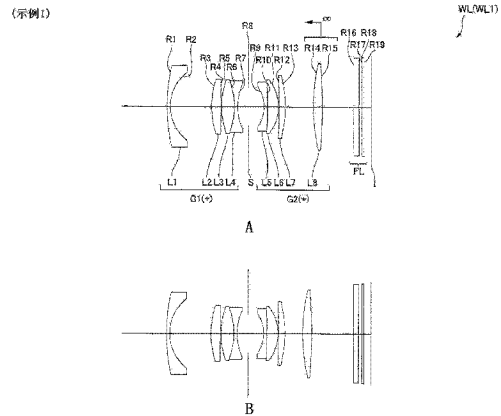
权利要求书2页 说明书15页 附图9页

(54) 发明名称

光学系统、光学设备和用于制造光学系统的方法

(57) 摘要

一种光学系统, 以从物体起的顺序包括: 第一透镜组 (G1)、孔径光阑 (S) 和第二透镜组 (G2), 其中, 第一透镜组 (G1) 以从物体起的顺序包括: 负透镜构件 (L1)、正透镜构件 (L2) 和其像侧表面是面向孔径光阑 (S) 的凹表面的第一透镜构件 (L3, L4), 第二透镜组 (G2) 以从物体起的顺序包括: 其物体侧表面是面向孔径光阑 (S) 的凹表面的第二透镜构件 (L5, L6), 以及最接近像地布置的正透镜构件 (L8), 第一透镜构件 (L3, L4) 和第二透镜构件 (L5, L6) 夹着孔径光阑 (S) 而面向彼此, 并且, 满足下面的条件表达式 (1) 和 (2): $1.5 < f_{G1}/f < 2.6 \dots (1)$ 以及 $2.1 < TL/f < 3.1 \dots (2)$, 其中, f_{G1} 表示第一透镜组 (G1) 的焦距, f 表示光学系统 (WL) 的焦距, 并且 TL 表示在光学系统 (WL) 中最接近物体的光学表面至最接近像的光学表面的、在光轴上的距离。



1. 一种光学系统,以从物体起的顺序包括:

具有正屈光力的第一透镜组;

孔径光阑;以及,

第二透镜组,

所述第一透镜组以从物体起的顺序包括:负透镜构件、正透镜构件和第一透镜构件,所述第一透镜构件的像侧表面是面向所述孔径光阑的凹表面,

所述第二透镜组以从物体起的顺序包括:第二透镜构件,所述第二透镜构件的物体侧表面是面向所述孔径光阑的凹表面;以及,最接近像地设置的正透镜构件,

所述第一透镜构件和所述第二透镜构件夹着所述孔径光阑而面向彼此,并且,

满足下面的条件表达式:

$$1. 5 < fG1/f < 2.6$$

$$2. 1 < TL/f < 3.1$$

其中,

fG1 表示所述第一透镜组的焦距,

f 表示所述光学系统的焦距,并且

TL 表示在所述光学系统中从最接近物体的光学表面至最接近像的光学表面的、在光轴上的距离。

2. 根据权利要求 1 所述的光学系统,其中

满足下面的条件表达式。

$$0.6 < \beta 2R < 0.9$$

其中, $\beta 2R$ 表示在所述第二透镜组中与像最接近地设置的所述正透镜构件的成像放大率。

3. 根据权利要求 1 所述的光学系统,其中

构成所述第一透镜组的所述负透镜构件是具有负弯月形的单透镜,所述负透镜构件的物体侧表面是面向物体的凸表面。

4. 根据权利要求 1 所述的光学系统,其中

构成所述第一透镜组的所述第一透镜构件具有负屈光力。

5. 根据权利要求 1 所述的光学系统,其中

所述第二透镜组具有正屈光力。

6. 根据权利要求 1 所述的光学系统,其中

构成所述第二透镜组的所述第二透镜构件是最接近物体地设置的负透镜和在其像侧上设置的正透镜的胶合透镜,并且,

满足下面的条件表达式。

$$|n21 - n22| < 0.016$$

其中,

n21 表示构成所述第二透镜构件的所述负透镜的光学材料在 d 线处的折射率,并且

n22 表示构成所述第二透镜构件的所述正透镜的光学材料在 d 线处的折射率。

7. 根据权利要求 1 所述的光学系统,其中

构成所述第二透镜组的光学表面的至少一个表面是非球面的。

8. 一种光学设备,包括根据权利要求 1 所述的光学系统。

9. 一种用于制造光学系统的方法,所述光学系统以从物体起的顺序包括:具有正屈光力的第一透镜组;孔径光阑;以及,第二透镜组,

所述第一透镜组以从物体起的顺序包括:负透镜构件、正透镜构件和第一透镜构件,所述第一透镜构件的像侧表面是面向所述孔径光阑的凹表面,

所述第二透镜组以从物体起的顺序包括:第二透镜构件,所述第二透镜构件的物体侧表面是面向所述孔径光阑的凹表面;以及,最接近像地设置的正透镜构件,

所述第一透镜构件和所述第二透镜构件夹着所述孔径光阑而面向彼此,并且

所述方法包括在透镜镜筒中组装每一个透镜,使得满足下面的条件表达式:

$$1. 5 < fG1/f < 2.6$$

$$2. 1 < TL/f < 3.1$$

其中,

fG1 表示所述第一透镜组的焦距,

f 表示所述光学系统的焦距,并且

TL 表示在所述光学系统中从最接近物体的光学表面至最接近像的光学表面的、在光轴上的距离。

光学系统、光学设备和用于制造光学系统的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及具有适合于用于数字相机、胶片摄像机或摄像机等的成像光学系统的广角和大孔径的光学系统。

背景技术

[0002] 近来已经提出了广角镜头（例如，参见专利文件 1），该广角镜头的透镜镜筒可以当不使用相机时收缩到相机内，并且该广角镜头具有紧凑性、广视角和高远心度。

[0003] 现有技术列表

[0004] 专利文件

[0005] 专利文件 1：日本公开专利公布 No. 2010-101979 (A)

发明内容

[0006] 本发明要解决的问题

[0007] 传统广角透镜的 F_{no} 是大约 2.8，但是预期实现更大的孔径。

[0008] 在上述情况下，本发明的目的是提供一种光学系统、一种包括光学系统的光学设备和一种用于制造光学系统的方法，该光学系统具有紧凑性、宽视角、大孔径、高远心度和高性能。

[0009] 用于解决问题的手段

[0010] 为了实现该目的，根据本发明的一种光学系统以从物体起的顺序具有：具有正屈光力的第一透镜组；孔径光阑；以及，第二透镜组，其中，第一透镜组以从物体起的顺序包括：负透镜构件；正透镜构件；和第一透镜构件，其像侧表面是面向孔径光阑的凹表面，第二透镜组以从物体起的顺序包括：第二透镜构件，其物体侧表面是面向孔径光阑的凹表面；以及，最接近像地设置的正透镜构件，第一透镜构件和第二透镜构件夹着孔径光阑而面向彼此，并且，满足下面的条件表达式。透镜构件的每一个可以由单透镜或胶合透镜构成。

[0011] $1.5 < fG1/f < 2.6$

[0012] $2.1 < TL/f < 3.1$

[0013] 其中， $fG1$ 表示第一透镜组的焦距， f 表示光学系统的焦距，并且 TL 表示在光学系统中从最接近物体的光学表面至最接近像的光学表面的、在光轴上的距离。

[0014] 在根据本发明的光学系统中，优选的是，满足下面的条件表达式。

[0015] $0.6 < \beta_{2R} < 0.9$

[0016] 其中， β_{2R} 表示在第二透镜组中与像最接近地设置的正透镜构件的成像放大率。

[0017] 在根据本发明的光学系统中，优选的是，构成第一透镜组的负透镜构件是具有负弯月形的单透镜，其物体侧表面是面向物体的凸表面。

[0018] 在根据本发明的光学系统中，优选的是，构成第一透镜组的第一透镜构件具有负屈光力。

[0019] 在根据本发明的光学系统中，优选的是，第二透镜组具有正屈光力。

[0020] 在根据本发明的光学系统中,优选的是,构成第二透镜组的第二透镜构件是最接近物体地设置的负透镜和在其像侧上设置的正透镜的胶合透镜,并且,满足下面的条件表达式。

$$[0021] \quad |n_{21} - n_{22}| < 0.016$$

[0022] 其中, n_{21} 表示在d线处的构成第二透镜构件的负透镜的光学材料的折射率,并且 n_{22} 表示在d线处的构成第二透镜构件的正透镜的光学材料的折射率。

[0023] 在根据本发明的光学系统中,优选的是,构成第二透镜组的光学表面的至少一个表面是非球面的。

[0024] 根据本发明的一种光学设备具有如上所述的光学系统的任何一种。

[0025] 根据本发明的一种用于制造光学系统的方法是用于制造下述光学系统的方法,该光学系统以从物体起的顺序具有:具有正屈光力的第一透镜组;孔径光阑;以及,第二透镜组,其中,第一透镜组以从物体起的顺序包括:负透镜构件;正透镜构件;和第一透镜构件,其像侧表面是面向孔径光阑的凹表面,第二透镜组以从物体起的顺序包括:第二透镜构件,其物体侧表面是面向孔径光阑的凹表面;以及,最接近像地设置的正透镜构件,第一透镜构件和第二透镜构件夹着孔径光阑而面向彼此,并且在透镜镜筒中组装每一个透镜,使得满足下面的条件表达式。

$$[0026] \quad 1.5 < fG1/f < 2.6$$

$$[0027] \quad 2.1 < TL/f < 3.1$$

[0028] 其中, $fG1$ 表示第一透镜组的焦距, f 表示光学系统的焦距,并且 TL 表示在光学系统中从最接近物体的光学表面至最接近像的光学表面的、在光轴上的距离。

[0029] 本发明的有益效果

[0030] 根据本发明,可以提供一种光学系统、一种包括光学系统的光学设备和一种用于制造光学系统的方法,光学系统具有紧凑性、宽视角、大孔径、高远心度和高性能。

附图说明

[0031] 图1是用于描述根据示例1的光学系统的透镜配置的一组截面图,其中,图1A示出聚焦在无限远处的状态,并且图1B示出当成像放大率 $\beta = -1/20$ 时的状态;

[0032] 图2是根据示例1的光学系统的各种像差的一组图形,其中,图2A是示出在聚焦在无限远时的光学系统的各种像差的一组图形,并且图2B是示出当成像放大率是 $\beta = -1/20$ 时的各种像差的一组图形;

[0033] 图3是用于描述根据示例2的光学系统的透镜配置的一组截面图,其中,图3A示出聚焦在无限远处的状态,并且图3B示出当成像放大率 $\beta = -1/20$ 时的状态;

[0034] 图4是根据示例2的光学系统的各种像差的一组图形,其中,图4A是示出在聚焦在无限远时的光学系统的各种像差的一组图形,并且图4B是示出当成像放大率是 $\beta = -1/20$ 时的各种像差的一组图形;

[0035] 图5是根据示例3的光学系统的透镜配置的一组图形,其中,图5A示出聚焦在无限远的状态,并且图5B示出当成像放大率是 $\beta = -1/20$ 时的状态;

[0036] 图6是是根据示例3的光学系统的各种像差的一组图形,其中,图6A是示出在聚焦在无限远时的光学系统的各种像差的一组图形,并且图6B是示出当成像放大率是 β

= -1/20 时的各种像差的一组图形；

[0037] 图 7 示出包括根据这个实施例的光学系统的数字相机（光学设备）；其中，图 7A 是前视图，并且图 7B 是后视图；

[0038] 图 8 是沿着在图 7A 中的线 A-A' 的截面图；并且

[0039] 图 9 是描述用于制造根据这个实施例的光学系统的方法的流程图。

具体实施方式

[0040] 现在参考附图来描述本发明的实施例。如图 1 中所示，根据这个实施例的光学系统 WL 以从物体起的顺序具有：具有正屈光力的第一透镜组 G1、孔径光阑 S 和第二透镜组 G2，其中，第一透镜组 G1 以从物体起的顺序包括负透镜构件 L1、正透镜构件 L2 和第一透镜构件，其像侧表面是面向孔径光阑 S 的凹表面（对应于在图 1 中的透镜 L3 和 L4 的胶合透镜），第二透镜组 G2 以从物体起的顺序包括：第二透镜构件，其物体侧表面是面向孔径光阑 S 的凹表面（对应于在图 1 中的透镜 L5 和 L6 的胶合透镜）；以及，最接近像地设置的正透镜构件 L8（对应于在图 1 中的透镜 L8），第一透镜构件和第二透镜构件夹着孔径光阑 S 而面向彼此，并且，满足下面的条件表达式 (1) 和 (2)。

[0041] $1.5 < f_{G1}/f < 2.6 \dots (1)$

[0042] $2.1 < TL/f < 3.1 \dots (2)$

[0043] 其中， f_{G1} 表示第一透镜组 G1 的焦距， f 表示光学系统 WL 的焦距，并且 TL 表示在光学系统 WL 中从最接近物体的光学表面至最接近像的光学表面的、在光轴上的距离。

[0044] 根据具有该配置的实施例，可以提供下述光学系统，其透镜镜筒可以当不使用相机时收缩到相机内，并且其仍然具有紧凑性、广视角（大约 65° 的视角）、大孔径（约 $2.0F_{no}$ ）、高远心度和高性能。

[0045] 条件表达式 (1) 指定第一透镜组 G1 的适当的屈光力。通过满足条件表达式 (1)，在保证远心度的同时实现光学系统的紧凑性。如果超过条件表达式 (1) 的上限值，则第一透镜组 G1 的焦距相对于光学系统 WL 的焦距变长，并且后焦距增大，因此，远心度变高，但是大小减小变难，这是不期望的。如果未达到条件表达式 (1) 的下限值，则第一透镜组 G1 的焦距相对于光学系统 WL 的焦距变短，并且后焦距减小，这对于大小减小是有益的，但是变得难以保证远心度。

[0046] 为了展示本实施例的效果，优选的是，条件表达式 (1) 的上限值是 2.3。更优选的是，条件表达式 (1) 的上限值是 1.85。

[0047] 条件表达式 (2) 指定光学系统 WL 的适当的长度以平衡光学系统 WL 的大小减小和像差校正。如果超过条件表达式 (2) 的上限值，则有益的是，校正各种像差，诸如球面像差和像散，但是光学系统 WL 的全长变得太长，并且使得大小减小困难，这是不期望的。如果未达到条件表达式 (2) 的下限值，则光学系统 WL 的全长变短，这对于大小减小有益，但是变得难以校正球面像差、像散和彗差，这是不期望的。

[0048] 为了展示本实施例的效果，优选的是，条件表达式 (2) 的上限值是 3.0。为了展示本实施例的效果，优选的是，条件表达式 (2) 的下限值是 2.6。

[0049] 优选的是，该实施例的光学系统 WL 满足下面的条件表达式 (3)。

[0050] $0.6 < \beta_{2R} < 0.9 \dots (3)$

[0051] 其中, β_{2R} 表示在第二透镜组 G2 中的最接近像地设置的正透镜构件的成像放大率。

[0052] 为了当不使用相机时将透镜筒收缩到相机内使得相机变得紧凑, 优选的是, 通过沿着光轴移动在第二透镜组 G2 中最接近像地设置的正透镜构件 (对应于在图 1 中的透镜 L8) 来执行从在无限远处的物体到在有限距离处的物体的聚焦。

[0053] 条件表达式 (3) 指定在第二透镜组 G2 中的最接近像地设置的正透镜构件的移动距离和像差校正的平衡。如果超过条件表达式 (3) 的上限值, 则有益的是, 校正各种像差, 诸如场曲, 但是用于聚焦的正透镜构件的移动距离增大, 这是不期望的。如果未达到条件表达式 (3) 的下限值, 则用于聚焦的正透镜构件的移动距离减小, 这对于聚焦是有益的, 但是, 彗差的短距离波动在聚焦期间增大, 这是不期望的。场曲的校正也变得困难。

[0054] 为了展示本实施例的效果, 优选的是, 条件表达式 (3) 的上限值是 0.85。为了展示本实施例的效果, 优选的是, 条件表达式 (3) 的下限值是 0.75。

[0055] 在本实施例的光学系统 WL 中, 优选的是, 构成第一透镜组 G1 的负透镜构件 L1 是具有负弯月形的单透镜, 其物体侧表面是面向物体的凸表面。通过该配置, 可以满意地校正诸如场曲的各种像差。

[0056] 在该实施例的光学系统 WL 中, 优选的是, 位于在第一透镜组 G1 中的最接近孔径光阑 S 并且其像侧表面是面向孔径光阑 S 的凹表面的第一透镜构件 (对应于在图 1 中的透镜 L3 和 L4 的胶合透镜) 具有负屈光力。通过该配置, 可以满意地校正畸变和场曲。

[0057] 在该实施例的光学系统 WL 中, 优选的是, 第二透镜组 G2 具有正屈光力。换句话说, 光学系统 WL 以从物体起的顺序具有: 具有正屈光力的第一透镜组 G1; 孔径光阑 S; 以及, 具有正屈光力的第二透镜组 G2。通过该配置, 可以满意地校正相对于视角的在第一透镜组 G1 中的像差 (例如, 畸变、场曲和横色像差) 和在第二透镜组 G2 中的球面像差。

[0058] 在该实施例的光学系统 WL 中, 优选的是, 位于在第二透镜组 G2 中的最接近孔径光阑 S 并且其物体侧表面是面向孔径光阑 S 的凹表面的第二透镜构件是最接近物体地设置的负透镜 (对应于在图 1 中的透镜 L5) 和在其像侧上设置的正透镜 (对应于在图 1 中的透镜 L6) 的胶合透镜, 并且满足下面的条件表达式 (4)。

[0059] $|n_{21} - n_{22}| < 0.016 \dots (4)$

[0060] 其中, n_{21} 表示在 d 线 (波长: 587.6nm) 处的构成第二透镜构件的负透镜的光学材料的折射率, 并且, n_{22} 表示在 d 线 (波长: 587.6nm) 处的构成第二透镜构件的正透镜的光学材料的折射率。

[0061] 条件表达式 (4) 指定在构成作为第二透镜构件的胶合透镜的负透镜和正透镜之间的适当的折射率差。如果满足条件表达式 (4), 则在该胶合透镜内的折射率差变小, 因此, 在减小胶合表面对于各种像差的影响的同时, 可以满意地校正纵色像差和横色像差。如果超过条件表达式 (4) 的上限值, 则在胶合透镜内的折射率差增大, 并且变得难以独立地校正纵色像差和横色像差。

[0062] 在该实施例的光学系统 WL 中, 优选的是, 构成第二透镜组 G2 的光学表面的至少一个表面是非球面的。通过该配置, 可以满意地校正彗差和场曲。

[0063] 图 7 和图 8 示出作为包括这个光学系统 WL 的光学设备的数字照相机 CAM (光学设备) 的配置。在该数字照相机 CAM 中, 如果按下电源按钮 (未示出), 则打开像捕获透镜

(光学系统 WL) 的快门 (未示出), 并且来自物体的光被光学系统 WL 收集, 并且在像平面 I 上设置的图像元件 C (例如, CCD、CMOS) 上形成像 (参见图 1)。在数字照相机 CAM 的后表面上设置的液晶监控器 M 上显示在图像元件 C 上形成的物体图像。用户在观看液晶监控器 M 的同时确定物体图像的构成, 然后按下释放按钮 B1 以使用图像元件 C 来拍摄物体图像, 并且记录和在存储器 (未示出) 中存储图像。

[0064] 在相机 CAM 中, 设置了当物体看起来暗时发射辅助光的辅助光发射单元 EF 和用于设定数字照相机 CAM 的各种透镜的功能按钮 B2。在此, 作为示例示出其中整合了相机 CAM 和光学系统 WL 的紧凑型相机, 但是本发明可以被应用到单镜头反光照相机, 其中, 包括光学系统 WL 的透镜镜筒和相机主体是可装卸的。

[0065] 根据具有上面的配置的相机 CAM, 包括根据这个实施例的光学系统 WL 作为像捕获透镜, 由此, 可以实现下述透镜镜筒, 该透镜镜筒当不使用相机时可以收缩到相机内, 但是仍然具有紧凑性、光视角、大孔径、高远心度和高性能。

[0066] 现在参考图 9 来描述用于制造光学系统 WL 的方法。首先, 以从物体起的顺序在透镜镜筒中组装具有正屈光力的第一透镜组 G1、孔径光阑 S 和第二透镜组 G2 (步骤 ST10)。在这个步骤中, 组装第一透镜组 G1, 使得以从物体起的顺序布置负透镜构件 L1、正透镜构件 L2 和其像侧表面是面向孔径光阑 S 的凹表面的第一透镜构件。组装第二透镜组 G2, 使得以从物体起的顺序布置其物体侧表面是面向孔径光阑 S 的凹表面的第二透镜构件和最接近像地设置的正透镜构件。然后, 将第一透镜构件和第二透镜构件设置得夹着孔径光阑 S 而面向彼此。在透镜镜筒中组装每一个透镜, 使得满足表达式 (1) 和 (2) (步骤 ST 20)。

[0067] $1.5 < fG1/f < 2.6 \dots (1)$

[0068] $2.1 < TL/f < 3.1 \dots (2)$

[0069] 其中, $fG1$ 表示第一透镜组 G1 的焦距, f 表示光学系统 WL 的焦距, 并且 TL 表示在光学系统 WL 中从最接近物体的光学表面至最接近像的光学表面的、在光轴上的距离。

[0070] 图 1 示出根据这个实施例的透镜配置的示例。在光学系统 WL 中, 第一透镜组 G1 被组装和设置在孔径光阑 S 的物体侧上, 使得第一透镜组 G1 整体具有正屈光力, 该第一透镜组 G1 以从物体起的顺序包括: 具有面向物体的凸表面的负弯月形透镜 L1; 双凸正透镜 L2; 以及, 双凸正透镜 L3 和双凹负透镜 L4 的胶合透镜。第二透镜组 G2 被组装和设置在孔径光阑 S 的像侧上, 使得第二透镜组 G2 整体具有正屈光力, 该第二透镜组 G2 以从物体起的顺序包括: 具有面向物体的凹表面的负弯月形透镜 L5 与具有面向像的凸表面的正弯月形透镜 L6 的胶合透镜; 具有面向像的凸表面的正弯月形透镜 L7; 以及, 双凸正透镜 L8。每一个透镜被组装, 使得与条件表达式 (1) 对应的值是 1.6001, 并且与条件表达式 (2) 对应的值是 2.7148。

[0071] 根据用于制造光学系统 WL 的方法, 可以获取光学系统, 该光学系统具有紧凑性、宽视角、大孔径、高远心度和高性能。

[0072] 示例

[0073] 现在参考附图描述该实施例的每一个示例。在下面示出的表格 1 至表格 3 列出了示例 1 至示例 3 的每一个数据。

[0074] 在每一个示例中, 相对于 C 线 (波长: 656.2730nm)、d 线 (波长: 587.5620nm)、F 线 (波长: 486.1330nm) 和 g 线 (波长: 435.8350nm) 来计算像差特性。

[0075] 在每一个表格中的 [透镜数据] 中, 表面编号是在光传播方向上从物体侧起计数的光学表面的序号。R 表示每一个光学表面的曲率半径, D 表示在光轴上从每一个光学表面到下一个光学表面 (或像平面) 的距离, nd 表示在 d 线处的光学部件的材料的折射率, 并且, v_d 表示相对于 d 线的光学部件的材料的阿贝数。物体表面指示物体的表面, (可变) 指示可变表面距离, 在曲率半径中的 “ ∞ ” 指示平面或孔径, (光阑) 指示孔径光阑 S, 并且像平面指示像平面 I。省略空气的折射率 “1.0000”。如果光学表面是非球面的, 则向表面编号附上 *, 并且, 在曲率半径 R 的列中示出近轴曲率半径。

[0076] 在每一个表格中的 [非球面数据] 中, 通过下面的表达式 (a) 指示在 [透镜数据] 中的一种形式的非球面。在此, $X(y)$ 表示在高度 y 处从在非球面的顶点处的切平面至的非球面上的位置在光轴方向上的距离, r 表示参考球面的曲率半径 (近轴曲率半径), κ 表示锥形系数, A_i 表示第 i 阶的非球面系数, 并且 “E-n” 指示 “ $\times 10^{-n}$ ”。例如, $1.234E-05 = 1.234 \times 10^{-5}$ 。

[0077] $X(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/r^2)^{1/2}\} + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} \dots$ (a)

[0078] 在每一个表格中的 [各种数据] 中, f 表示光学系统的焦距, FNO 表示 F 数, ω 表示半视角 (最大入射角, 单位: $^\circ$), Y 表示像高度, TL 表示光学系统的全长, BF 表示从最接近像地设置的光学部件的像侧表面至近轴像平面的距离, 并且 BF (空气转换) 表示被转换为空气的从最后的光学表面至近轴像平面的距离。

[0079] 在每一个表格中的 [可变距离数据] 中, 分别示出在聚焦在无限远处 (成像放大率 $\beta = 0.00$) 的状态和成像放大率 $\beta = -1/20$ 的状态中的可变距离 D_i 。 D_i 表示在第 i 表面和第 i+1 表面之间的可变距离。

[0080] 在每一个表格中的 [透镜组数据] 中, G 表示组编号, “组的第一表面” 指示在每一个组中最接近物体的表面的表面编号, 并且 “组焦距” 指示每一个组的焦距。

[0081] 在每一个表格中的 [条件表达式] 中, 示出与每一个条件表达式 (1) 至 (4) 对应的值。

[0082] 在以下的所有数据值中, 除非具体指示, 否则 “mm” 通常用作焦距 f、曲率半径 R、表面距离 D 和其他长度的单位, 但是单位不限于 “mm”, 并且可以使用另一个适当的单位, 因为即使成比例地扩展或成比例地收缩光学系统, 也获得等同的光学性能。

[0083] 对表格的说明对于所有的示例相同, 并且因此在以下被省略。

[0084] (示例 1)

[0085] 将参考图 1、图 2 和表格 1 来描述示例 1。如图 1 所示, 根据示例 1 的光学系统 WL(WL1) 以从物体起的顺序包括具有正屈光力的第一透镜组 G1、孔径光阑 S、具有正屈光力的第二透镜组 G2 和滤波器组 FL。

[0086] 第一透镜组 G1 以从物体起的顺序包括具有面向物体的凸表面的负弯月形透镜 L1、双凸正透镜 L2、双凸正透镜 L3 和双凹负透镜 L4 的胶合透镜。

[0087] 第二透镜组 G2 以从物体起的顺序包括具有面向物体的凹表面的负弯月形透镜 L5 和具有面向像的凸表面的正弯月形透镜 L6 的胶合透镜、具有面向像的凸表面的正弯月形透镜 L7 和双凸正透镜 L8。正弯月形透镜 L7 的像侧透镜表面是非球面的。

[0088] 滤波器组 FL 由低通滤波器、红外截止滤波器等构成, 以截止超过在像平面 I 上设置的固态图像元件 (例如, CCD、CMOS) 的临界分辨率的空间频率。

[0089] 在根据这个示例的光学系统 WL1 中,优选的是,通过沿着光轴来移动在第二透镜组 G2 中最接近像地设置的双凸正透镜 L8 来执行从在无限远处的物体向具有成像放大率 $\beta = -1/20$ 等的、在有限距离处的物体的聚焦。

[0090] 表格 1 示出示例 1 的每一个数据值。在表格 1 中的表面编号 1 至 19 分别对应于具有在图 1 中所示的曲率半径 R1 至 R19 的每一个光学表面。在示例 1 中,表面 13 是非球面的。

[0091] (表格 1)

[0092] [透镜数据]

[0093]

表面编号	R	D	nd	vd
物体表面	∞			
1	2.44963	0.04352	1.5168	64.12
2	0.58892	0.56579		
3	1.15776	0.13057	1.8160	46.63
4	-23.93710	0.00870		
5	1.11120	0.17409	1.8160	46.63
6	-0.98386	0.04352	1.6034	38.02
7	0.72683	0.15233		

[0094]

8 (光阑 S)	∞	0.21326		
9	-0.45306	0.04352	1.7283	28.46
10	-8.79337	0.15233	1.7130	53.89
11	-0.58572	0.00870		
12	-10.99350	0.08705	1.6935	53.31
*13 (非球面)	-1.42342	D13 (可变)		
14	2.61136	0.12186	1.5168	64.12
15	-7.82505	D15 (可变)		
16	∞	0.06920	1.5168	64.20
17	∞	0.04352		
18	∞	0.03047	1.5168	64.20
19	∞	BF		
像平面	∞			

[0095] [非球面数据]

[0096] 表面 13

[0097] $\kappa = -13.767, A4 = -3.58049E-01, A6 = 1.89486E+00, A8 = -1.61600E+00, A10 = 0.00000E+00$

[0098] [可变数据]

[0099]

f 1.00

FNO 2.08

ω 32.78

Y 0.63

TL 2.71

[0100] BF 0.097

BF
(空气转换) 0.73

[0101] [可变距离数据]

[0102]

	无限远	$\beta = -1/20$
D13	0.37924	0.24167
D15	0.43221	0.56978
BF	0.09749	0.09749

[0103] [透镜组数据]

[0104]

组编号	组的第一表面	组焦距
G1	1	1.60013
G2	9	1.57647

[0105] [条件表达式]

[0106] 条件表达式 (1) $fG1/f = 1.6001$ [0107] 条件表达式 (2) $TL/f = 2.7148$ [0108] 条件表达式 (3) $\beta_{2R} = 0.8161$ [0109] 条件表达式 (4) $|n_{21} - n_{22}| = 0.0153$

[0110] 如表格 1 所示,根据这个示例的光学系统 WL1 满足条件表达式 (1) 至 (4)。

[0111] 图 2 是示出根据示例 1 的光学系统 WL1 的各种像差 (球面像差、像散、畸变、彗差和横色像差) 的一组图形,其中,图 2A 是示出在聚焦在无限远 (成像放大率 $\beta = 0.00$) 时的各种像差的一组图形,并且图 2B 是示出在成像放大率 $\beta = -1/20$ 的状态中的各种像差的一组图形。

[0112] 在示出像差的每一个图形中, FNO 表示 F 数, NA 表示数值孔径, A 表示相对于每一个像高度的半视角 (单位: $^{\circ}$), 并且 H0 表示物体高度。d 表示在 d 线处的像差, g 表示在 g 线处的像差, C 表示在 C 线处的像差, 并且 F 表示在 F 线处的像差。如果未指示 d、g、C 或 F, 则这意味着在 d 线处的像差。在示出像散的图形中, 实线指示弧矢像平面, 并且虚线指示子午像平面。

[0113] 对示出像差的图形的说明与对于其他示例的相同, 其中, 省略该说明。

[0114] 如示出像差的每一个图形阐明, 在示例 1 中, 满意地校正各种像差, 显示了良好的光学性能。

[0115] (示例 2)

[0116] 将参考图 3、图 4 和表格 2 来描述示例 2。如图 3 所示, 根据示例 2 的光学系统 WL(WL2) 以从物体起的顺序包括具有正屈光力的第一透镜组 G1、孔径光阑 S、具有正屈光力的第二透镜组 G2 和滤波器组 FL。

[0117] 第一透镜组 G1 以从物体起的顺序包括具有面向物体的凸表面的负弯月形透镜 L1 以及双凸正透镜 L2 和双凹负透镜 L3 的胶合透镜。负弯月形透镜 L1 的像侧透镜表面是非球面的。

[0118] 第二透镜组 G2 以从物体起的顺序包括双凹负透镜 L4 和双凸正透镜 L5 的胶合透

镜、具有面向像的凸表面的正弯月形透镜 L6 和双凸正透镜 L7。正弯月形透镜 L6 的像侧透镜表面是非球面的。

[0119] 滤波器组 FL 由低通滤波器、红外截止滤波器等构成，以截止超过在像平面 I 上设置的固态图像元件（例如，CCD、CMOS）的临界分辨率的空间频率。

[0120] 在根据这个示例的光学系统 WL2 中，优选的是，通过沿着光轴来移动在第二透镜组 G2 中最接近像地设置的双凸正透镜 L7 来执行从在无限远处的物体向具有成像放大率 $\beta = -1/20$ 等的、在有限距离处的物体的聚焦。

[0121] 表格 2 示出示例 2 的每一个数据值。在表格 2 中的表面编号 1 至 17 对应于具有在图 3 中所示的曲率半径 R1 至 R17 的每一个光学表面。在示例 2 中，表面 2 和表面 11 是非球面的。

[0122] （表格 2）

[0123] [透镜数据]

[0124]

表面编号	R	D	nd	vd
物体表面	∞			
1	1.92781	0.03505	1.5891	61.18
*2 (非球面)	0.51359	0.55021		
3	0.89544	0.21469	1.8160	46.62
4	-1.10698	0.05915	1.5814	40.98
5	3.28604	0.16649		
6 (光阑 S)	∞	0.30689		
7	-0.58130	0.05039	1.8052	25.45
8	6.64190	0.14459	1.8160	46.62
9	-0.85816	0.00438		
10	-4.65103	0.09639	1.7725	49.62
*11 (非球面)	-1.11529	D11 (可变)		
12	3.50511	0.08763	1.7550	52.32

[0125]

13	-68.47650	D13 (可变)		
14	∞	0.06966	1.5168	64.20
15	∞	0.04381		
16	∞	0.03067	1.5168	64.20
17	∞	BF		
像平面	∞			
[0126]	[非球面数据]			
[0127]	表面 2			
[0128]	$\kappa = 0.6856, A4 = 4.91075E-02, A6 = 4.93583E-04, A8 = 1.12870E+00, A10 = 0.00000E+00$			
[0129]	表面 11			
[0130]	$\kappa = -1.1035, A4 = 8.72058E-02, A6 = 3.93067E-01, A8 = 8.22753E-01, A10 = 0.00000E+00$			
[0131]	[各种数据]			
[0132]				
	f		1.00	
	FNO		2.07	
	ω		32.97	
	Y		0.64	
	TL		2.92	
	BF		0.031	
	BF		0.90	
	(空气转换)			
[0133]	[可变距离数据]			
[0134]				
		无限远	$\beta=-1/20$	
	D13	0.43967	0.30645	
	D15	0.67088	0.80411	
	B F	0.03067	0.03067	

[0135] [透镜组数据]

[0136]

组编号	组的第一表面	组焦距
G1	1	1.84043
G2	7	1.73724

[0137] [条件表达式]

[0138] 条件表达式 (1) $fG1/f = 1.8404$

[0139] 条件表达式 (2) $TL/f = 2.9183$

[0140] 条件表达式 (3) $\beta_{2R} = 0.8056$

[0141] 条件表达式 (4) $|n_{21}-n_{22}| = 0.0108$

[0142] 如表格 2 所示,根据这个示例的光学系统 WL2 满足条件表达式 (1) 至 (4)。

[0143] 图 4 是示出根据示例 2 的光学系统 WL2 的各种像差 (球面像差、像散、畸变、彗差和横色像差) 的一组图形,其中,图 4A 是示出在聚焦在无限远 (成像放大率 $\beta = 0.00$) 时的各种像差的一组图形,并且图 4B 是示出在成像放大率 $\beta = -1/20$ 的状态中的各种像差的一组图形。

[0144] 如示出像差的每一个图形阐明,在示例 2 中,满意地校正各种像差,显示了良好的光学性能。

[0145] (示例 3)

[0146] 将参考图 5、图 6 和表格 3 来描述示例 3。如图 5 所示,根据示例 3 的光学系统 WL(WL3) 以从物体起的顺序包括具有正屈光力的第一透镜组 G1、孔径光阑 S、具有正屈光力的第二透镜组 G2 和滤波器组 FL。

[0147] 第一透镜组 G1 以从物体起的顺序包括具有面向物体的凸表面的负弯月形透镜 L1、双凸正透镜 L2 和具有面向物体的凸表面的负弯月形透镜 L3。负弯月形透镜 L1 的物体侧和像侧透镜表面是非球面的。

[0148] 第二透镜组 G2 以从物体起的顺序包括具有面向物体的凹表面的负弯月形透镜 L4 和具有面向像的凹表面的正弯月形透镜 L5 的胶合透镜、具有面向像的凸表面的正弯月形透镜 L6 和具有面向物体的凸表面的正弯月形透镜 L7。正弯月形透镜 L6 的像侧透镜表面是非球面的。

[0149] 滤波器组 FL 由低通滤波器、红外截止滤波器等构成,以截止超过在像平面 I 上设置的固态图像元件 (例如, CCD、CMOS) 的临界分辨率的空间频率。

[0150] 在根据这个示例的光学系统 WL3 中,优选的是,通过沿着光轴来移动在第二透镜组 G2 中最接近像地设置的双凸正透镜 L7 来执行从在无限远处的物体向具有成像放大率 $\beta = -1/20$ 等的、在有限距离处的物体的聚焦。

[0151] 表格 3 示出示例 3 的每一个数据值。在表格 3 中的表面编号 1 至 18 分别对应于具有在图 5 中所示的曲率半径 R1 至 R18 的每一个光学表面。在示例 3 中,表面 1、表面 2 和表面 12 是非球面的。

[0152] (表格 3)

[0153] [透镜数据]

[0154]

表面编号	R	D	nd	vd
物体表面	∞			
*1 (非球面)	2.4622	0.0435	1.58913	61.18
*2 (非球面)	0.5160	0.5357		
3	0.8814	0.1957	1.77250	49.60
4	-4.0282	0.0043		
5	1.1956	0.0696	1.80810	22.76
6	1.0179	0.1913		
7 (光阑 S)	∞	0.2913		
8	-0.5339	0.0348	1.84666	23.80
9	-38.5119	0.1348	1.83481	42.73
10	-0.7044	0.0043		
11	-3.0029	0.0870	1.83481	42.73
*12 (非球面)	-1.1129	D12 (可变)		
13	3.4782	0.0870	1.75450	52.32
14	86.9562	D14 (可变)		
15	∞	0.0691	1.51680	64.20
16	∞	0.0435		
17	∞	0.0304	1.51680	64.20
18	∞	BF		

[0155]

像平面 ∞

[0156] [非球面数据]

[0157] 表面 1

[0158] $\kappa = -0.0919, A4 = -6.92790E-02, A6 = 0.00000E+00, A8 = 0.00000E+00, A10 = 0.00000E+00$

[0159] 表面 2

[0160] $\kappa = 0.4555, A4 = 1.51191E-01, A6 = 3.57304E-01, A8 = 0.00000E+00, A10 = 0.00000E+00$

[0161] 表面 11

[0162] $\kappa = -5.9869, A4 = -3.53602E-01, A6 = 1.32700E+00, A8 = 0.00000E+00, A10 = 0.00000E+00$

[0163] [可变数据]

[0164]

f	1.00
FNO	2.07
ω	32.97
Y	0.63
TL	2.86
BF	0.031
BF (空气转换)	0.93

[0165] [可变距离数据]

[0166]

	无限远	$\beta = -1/20$
D12	0.39689	0.25791
D14	0.69734	0.83633
BF	0.03070	0.03070

[0167] [透镜组数据]

[0168]

组编号	组的第一表面	组焦距
G1	1	1.81297
G2	8	1.78301

[0169] [条件表达式]

[0170] 条件表达式 (1) $fG1/f = 1.8130$

[0171] 条件表达式 (2) $TL/f = 2.8640$

[0172] 条件表达式 (3) $\beta 2R = 0.8148$

[0173] 条件表达式 (4) $|n_{21}-n_{22}| = 0.0119$

[0174] 如表格 3 所示,根据这个示例的光学系统 WL3 满足条件表达式 (1) 至 (4)。

[0175] 图 6 是示出根据示例 3 的光学系统 WL3 的各种像差 (球面像差、像散、畸变、彗差和横色像差) 的一组图形,其中,图 6A 是示出在聚焦在无限远 (成像放大率 $\beta = 0.00$) 时的各种像差的一组图形,并且图 6B 是示出在成像放大率 $\beta = -1/20$ 的状态中的各种像差的一组图形。

[0176] 如示出像差的每一个图形阐明,在示例 3 中,满意地校正各种像差,显示了良好的光学性能。

[0177] 根据如上所述的每一个示例,可以实现下述光学系统:该光学系统的透镜镜筒可以当不使用相机时收缩到相机内,但是仍然具有紧凑性、大约 65° 的视角、大约 2.0 的 F_{no} 和高远心度。

[0178] 已经使用实施例的配置要求描述了本发明,但是不必说,本发明不限于该说明。

[0179] 数字和字符的说明

[0180] W1 (WL1 至 WL3) 光学系统

[0181] CAM 数字相机 (光学设备)

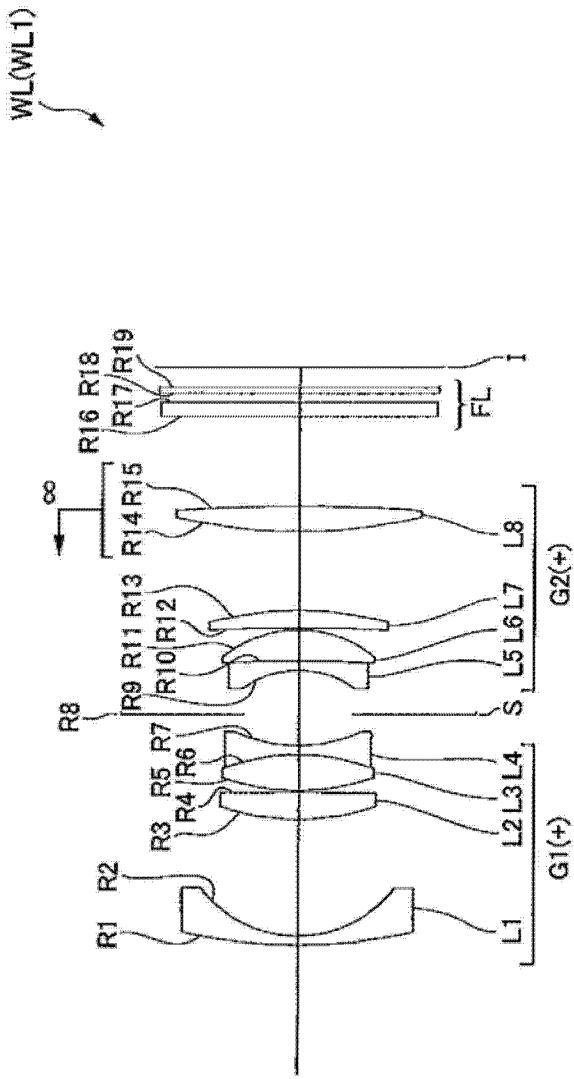
[0182] G1 第一透镜组

[0183] G2 第二透镜组

[0184] S 孔径光阑

[0185] FL 滤波器组

[0186] I 像平面



(示例1)

图 1A

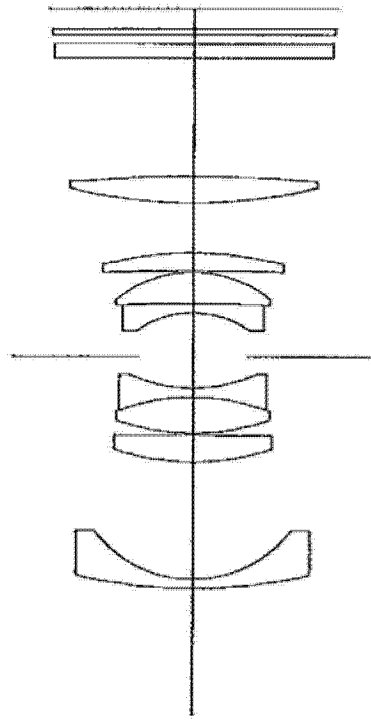


图 1B

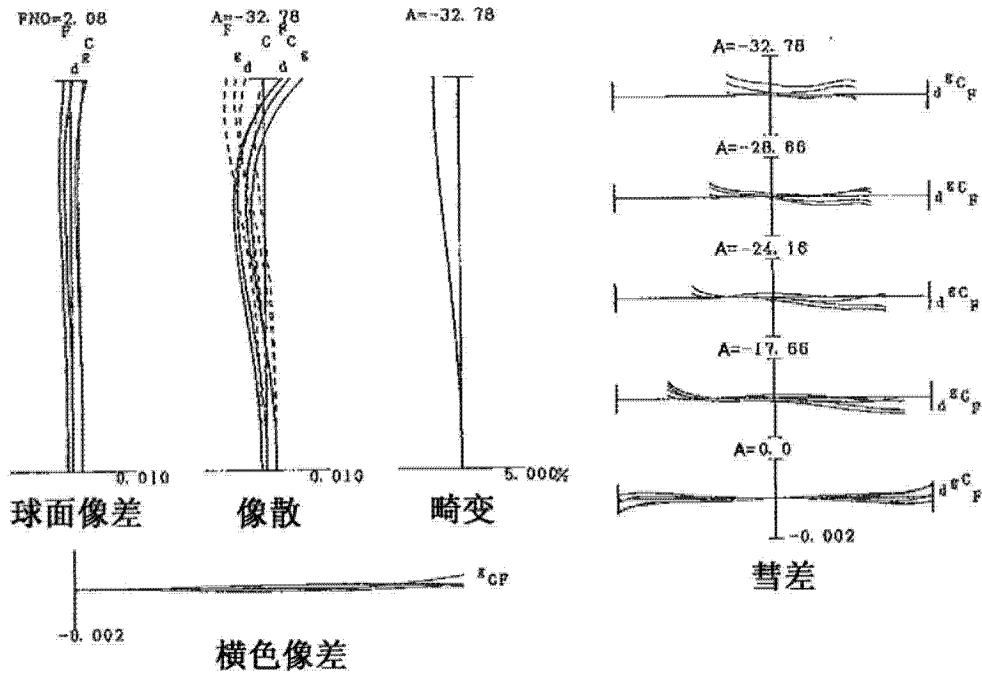


图 2A

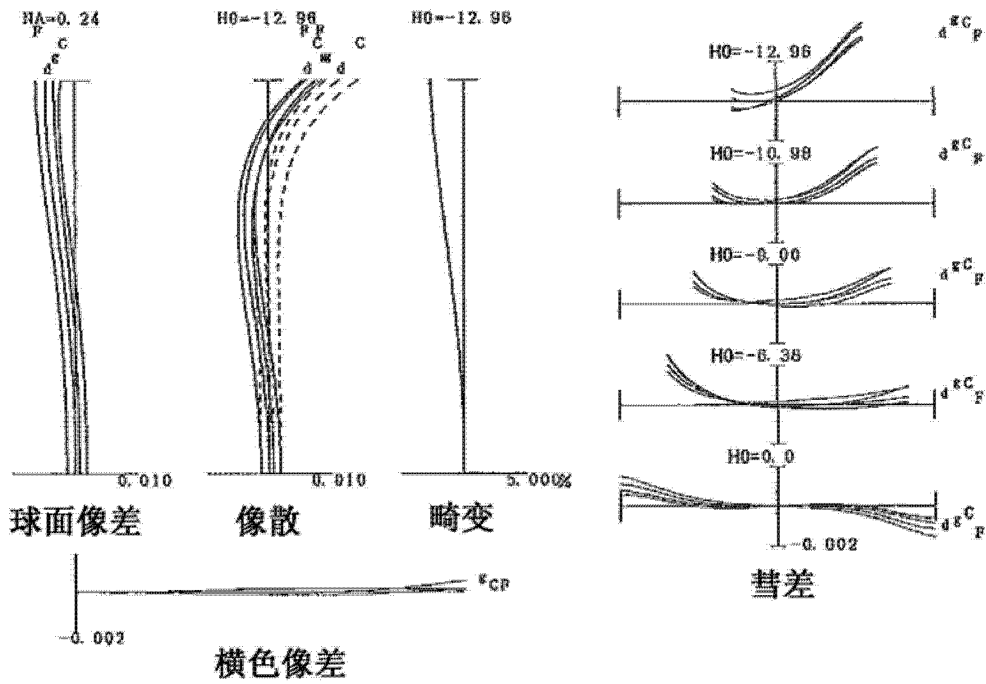
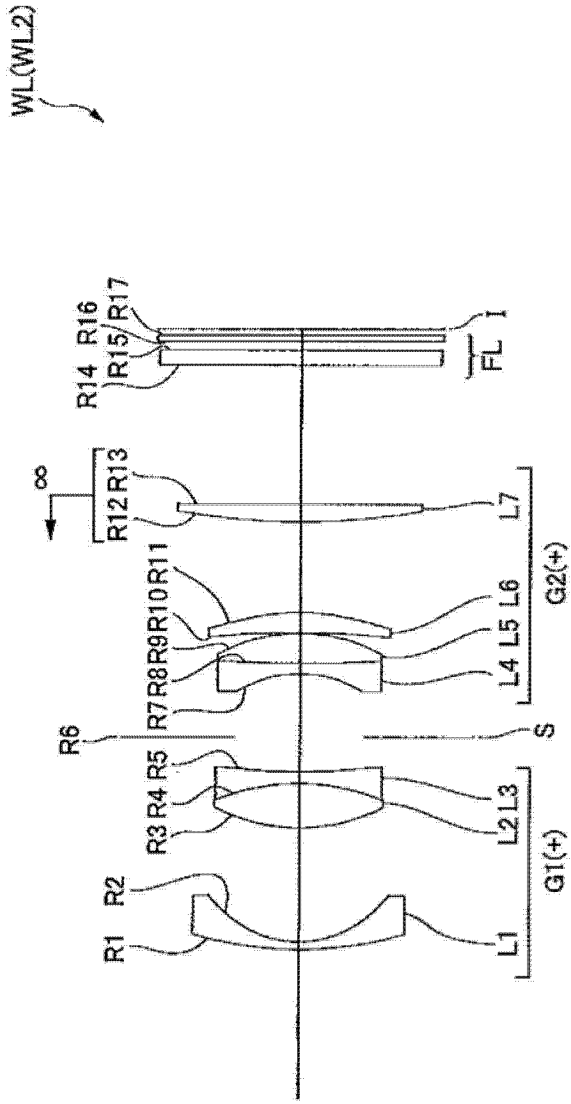


图 2B



(示例2)

图 3A

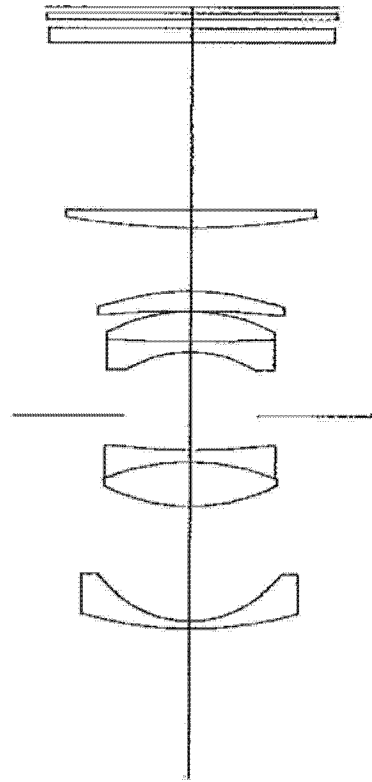


图 3B

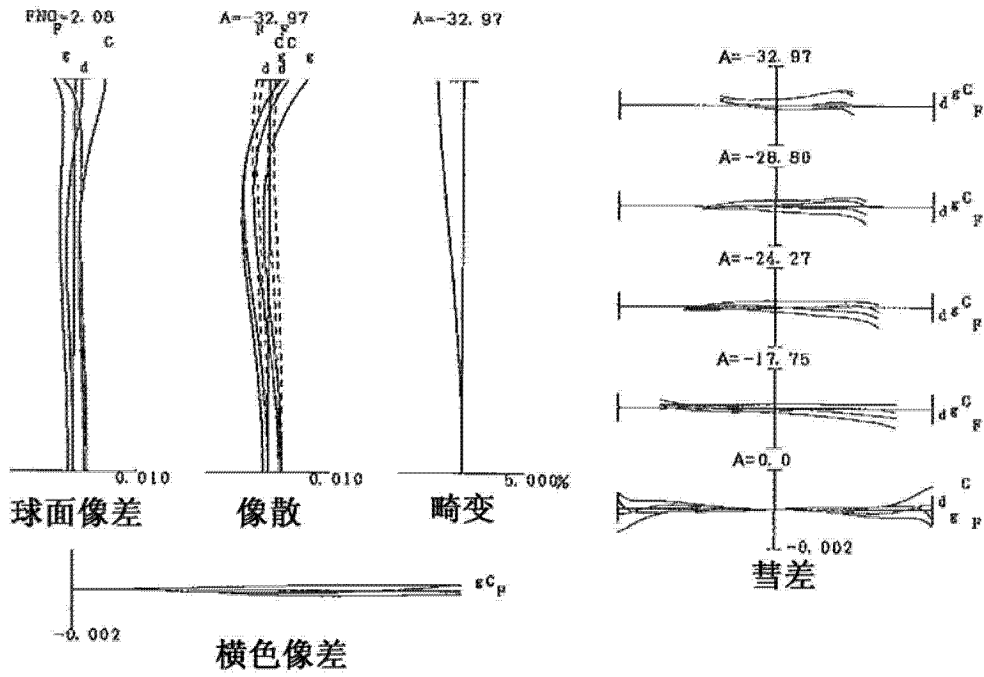


图 4A

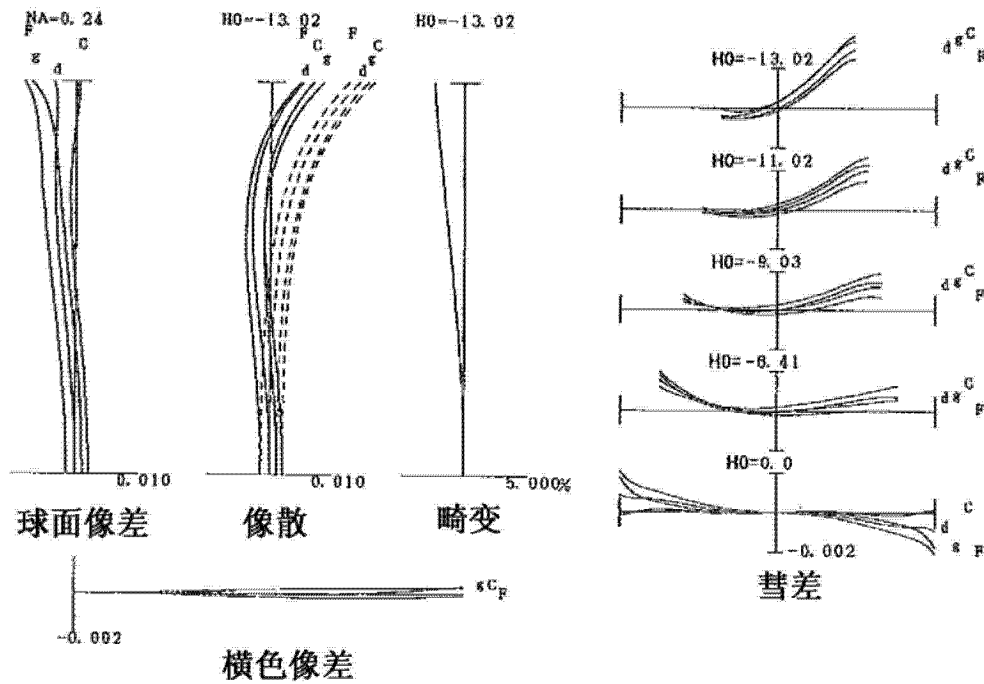
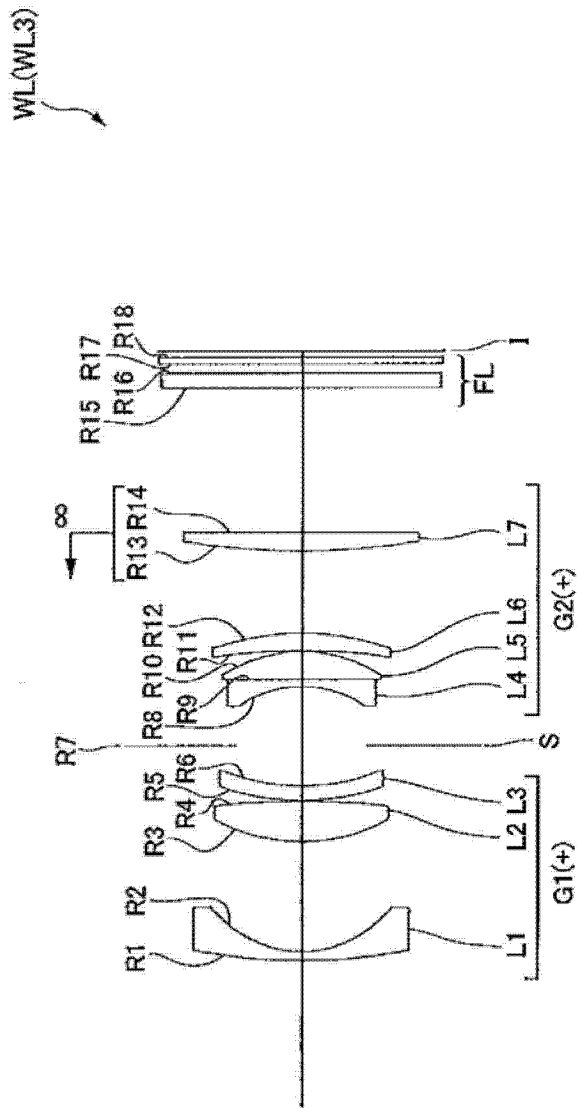


图 4B



(示例3)

图 5A

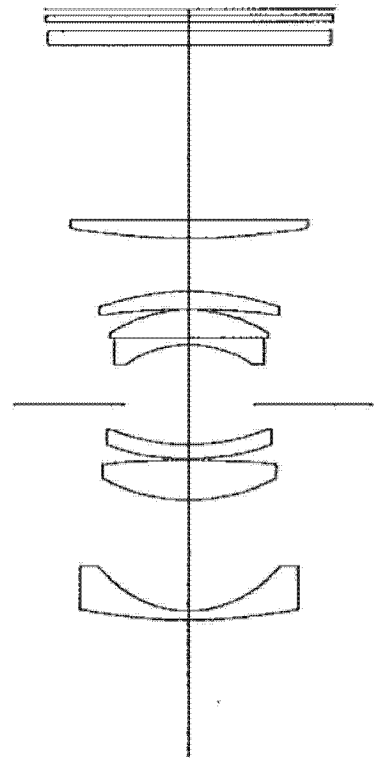


图 5B

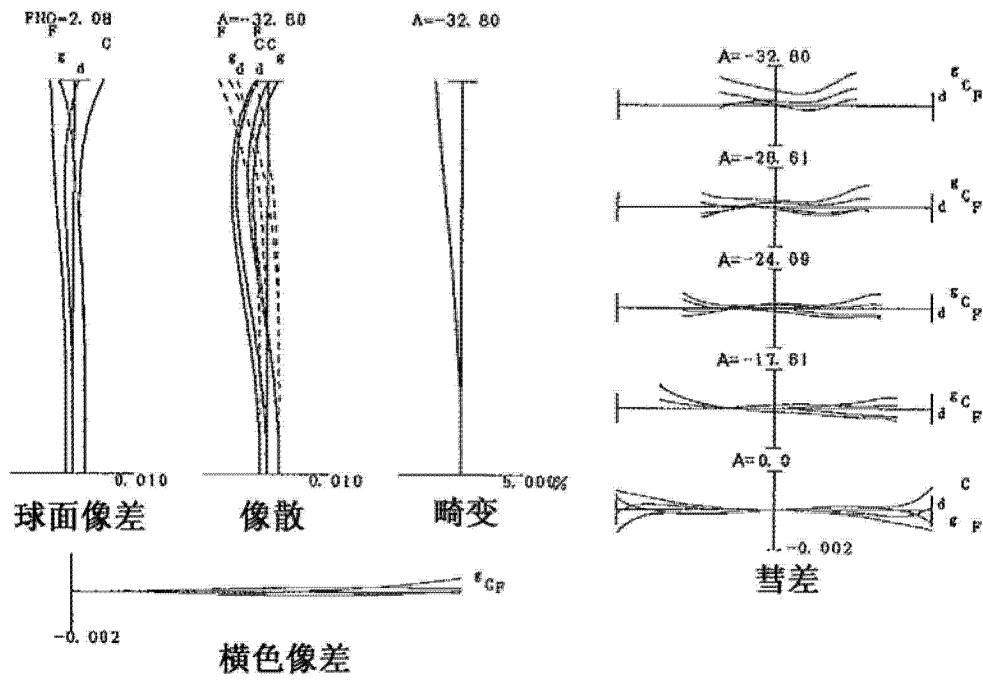


图 6A

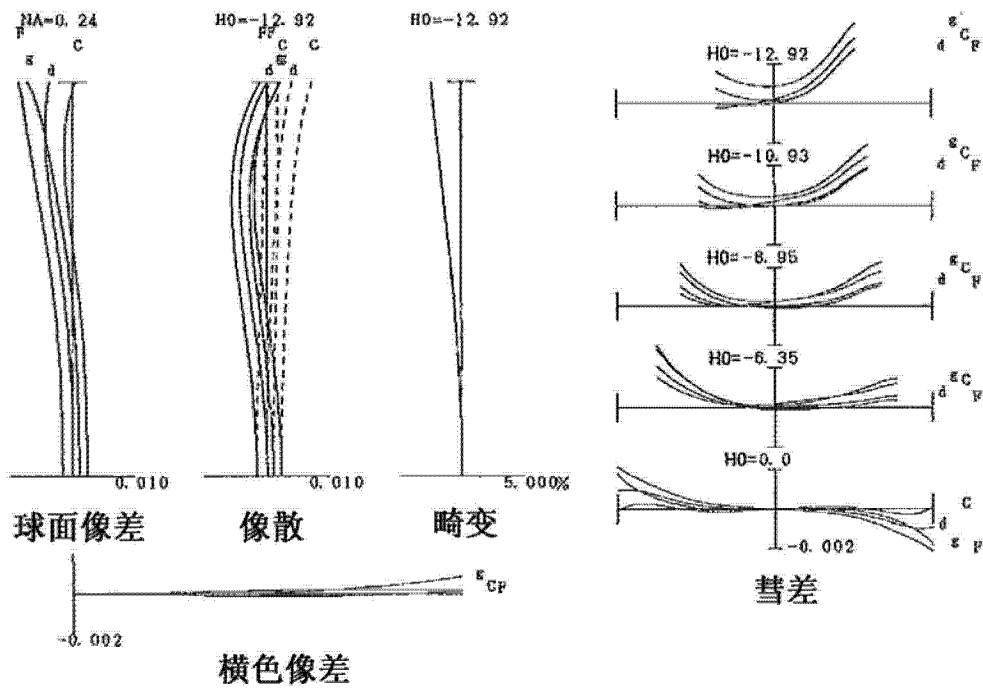


图 6B

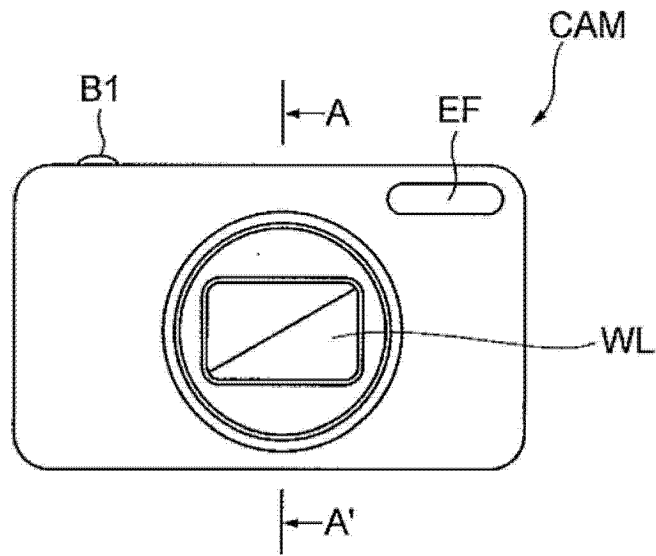


图 7A

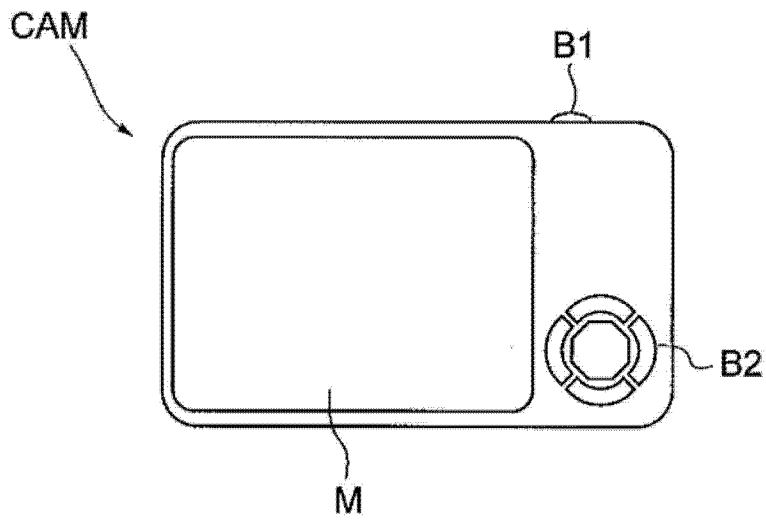


图 7B

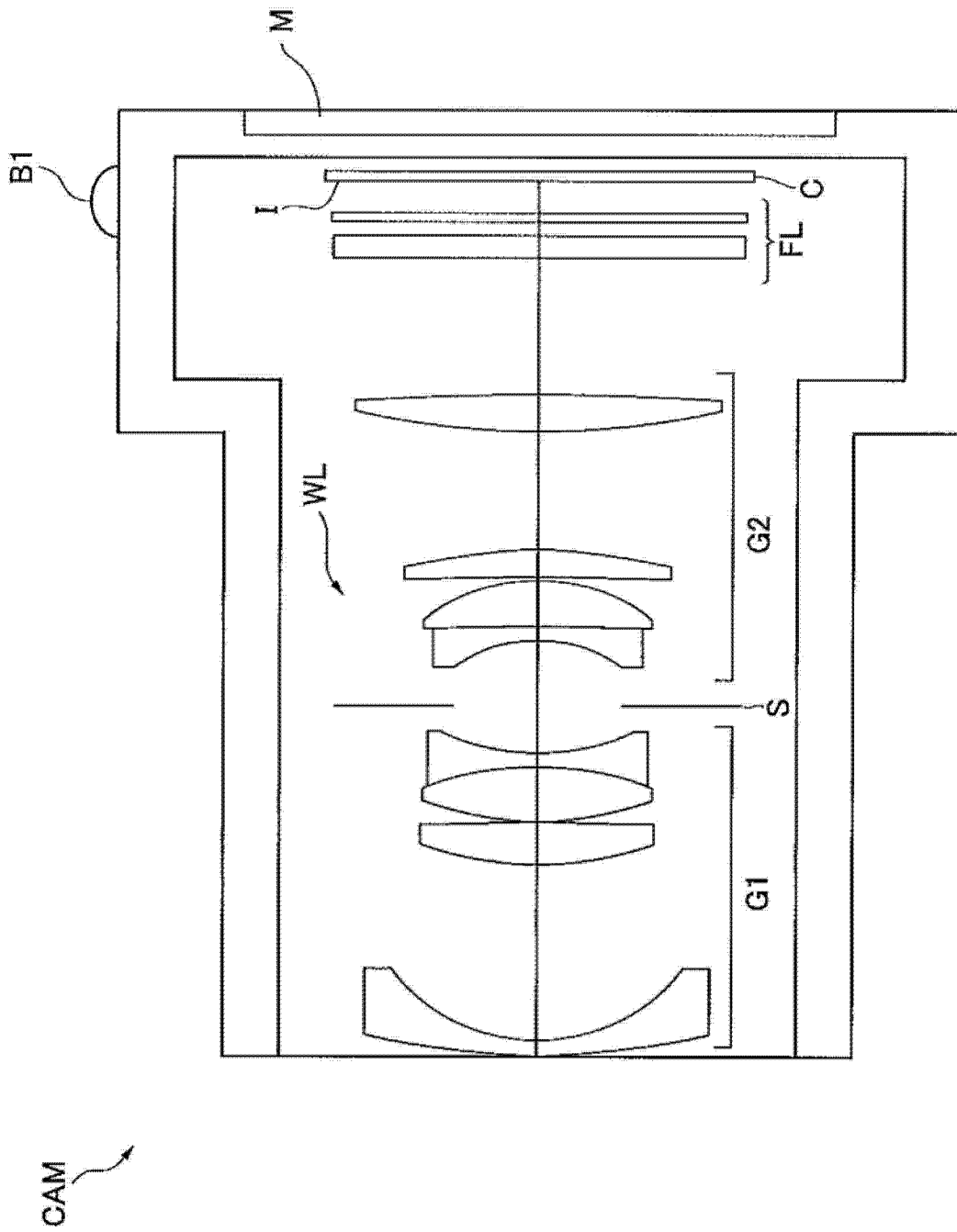


图 8

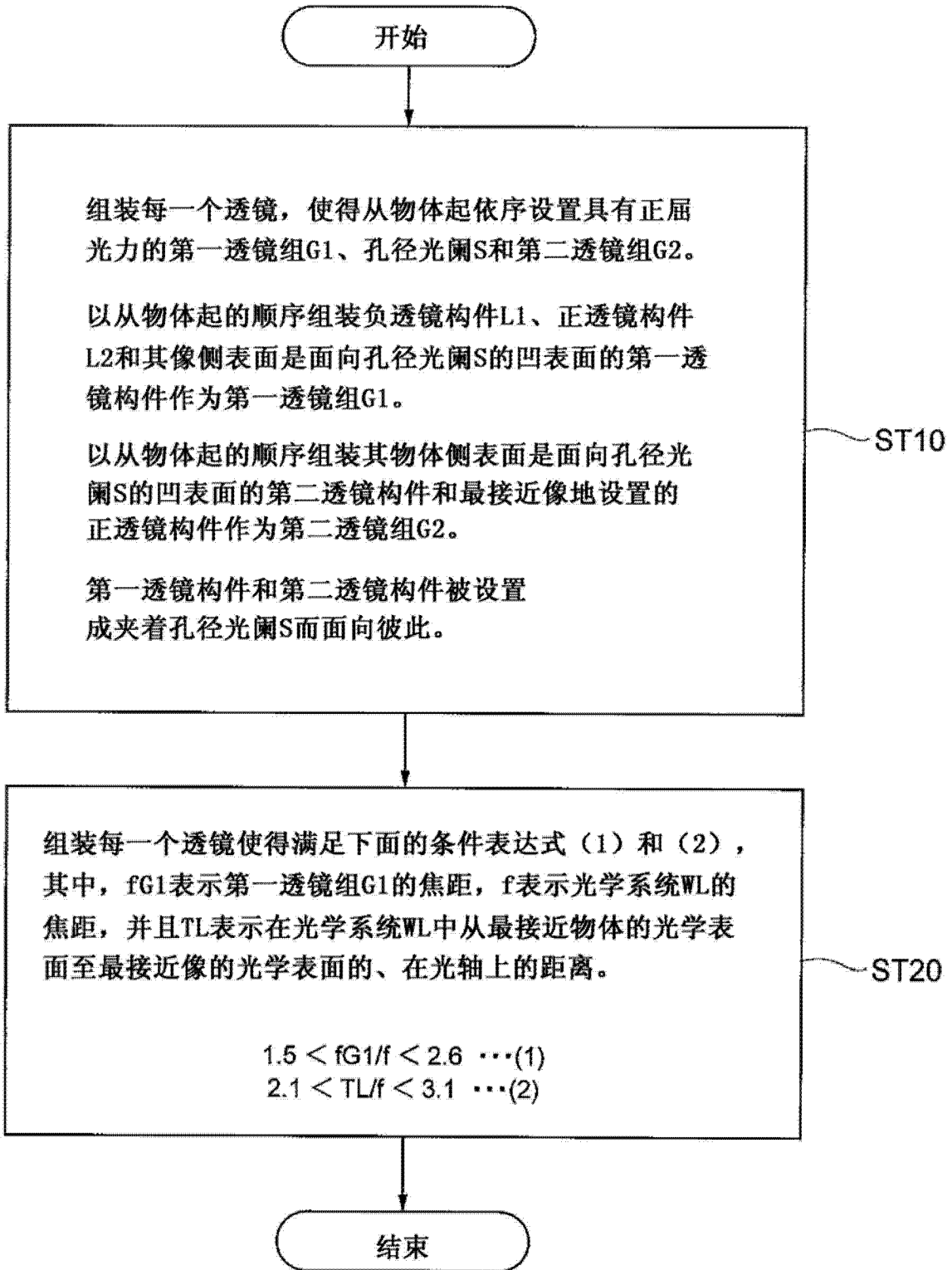


图 9