



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106597647 B

(45)授权公告日 2020.05.19

(21)申请号 201610887856.4

G02B 13/18(2006.01)

(22)申请日 2016.10.11

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106597647 A

(43)申请公布日 2017.04.26

CN 104620149 A, 2015.05.13,

JP 2008129403 A, 2008.06.05,

JP 2011065138 A, 2011.03.31,

JP 2014215294 A, 2014.11.17,

CN 104755982 A, 2015.07.01,

CN 101750724 A, 2010.06.23,

JP 2011002503 A, 2011.01.06,

JP 2011107188 A, 2011.06.02,

JP 2013003288 A, 2013.01.07,

US 2013120852 A1, 2013.05.16,

JP 2013050674 A, 2013.03.14,

JP 2012226042 A, 2012.11.15,

JP 2011095488 A, 2011.05.12,

(30)优先权数据

2015-203191 2015.10.14 JP

(73)专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京都大田区下丸子3-30-2

(72)发明人 江口阳介

(74)专利代理机构 北京怡丰知识产权代理有限公司 11293

代理人 迟军

审查员 胡瑞

(51)Int.Cl.

G02B 13/06(2006.01)

G02B 13/00(2006.01)

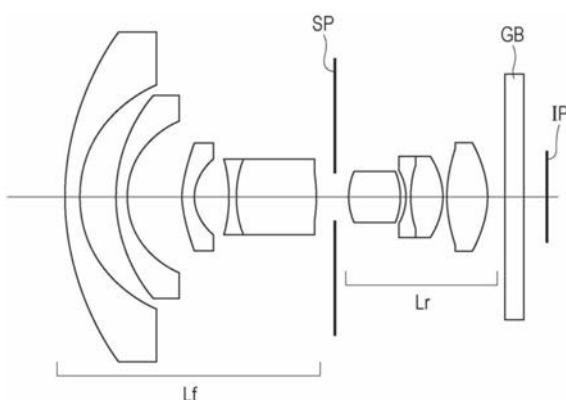
权利要求书2页 说明书20页 附图14页

(54)发明名称

光学系统和包括该光学系统的摄像装置

(57)摘要

本发明提供一种光学系统和包括该光学系统的摄像装置。所述光学系统的至少一个实施例从物侧到像侧依次包括：包括多个透镜的前单元、孔径光阑、以及具有正屈光力的后单元。在至少一个实施例中，正透镜和三个或更多个负透镜被配设在所述前单元中，并且适当地设置所述前单元中包括的负透镜的材料、所述前单元的焦距、以及整个光学系统的焦距。



1. 一种光学系统,所述光学系统从物侧到像侧依次包括:  
包括多个透镜的前单元;  
孔径光阑;以及  
具有正屈光力的后单元,  
其中,所述前单元包括正透镜和三个或更多个负透镜,并且  
其中,所述光学系统满足以下条件表达式:

$$\begin{aligned}\theta gF + 0.00163 \times vd &> 0.665, \\ vd &< 20.00, \\ -0.30 < f/ff &< 0.25, \\ 2.00 < (GnR1+GnR2) / (GnR1-GnR2) &< 8.00, \text{ 以及} \\ 18.09 \leq TD/f &< 45.00,\end{aligned}$$

其中,  $vd$  和  $\theta gF$  分别代表所述前单元中包括的负透镜当中的、具有最小阿贝数的负透镜  $Gn$  的材料的阿贝数和部分色散比,  $ff$  代表所述前单元的焦距,  $f$  代表所述光学系统的焦距,  $GnR1$  代表负透镜  $Gn$  的物侧透镜面的曲率半径, 并且  $GnR2$  代表负透镜  $Gn$  的像侧透镜面的曲率半径, 并且  $TD$  代表从所述前单元的最靠近物侧的透镜面至所述后单元的最靠近像侧的透镜面在光轴上的距离。

2. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,满足以下条件表达式:

$$\begin{aligned}-25.00 < fn/f &< -4.00, \\ \text{其中, } fn &\text{ 代表负透镜 } Gn \text{ 的焦距。}\end{aligned}$$

3. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,满足以下条件表达式:

$$1.20 < vna/vpa < 5.00,$$

其中,  $vna$  代表所述前单元中包括的所有负透镜的材料的阿贝数的平均值, 并且  $vpa$  代表所述前单元中包括的所有正透镜的材料的阿贝数的平均值。

4. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,满足以下条件表达式:

$$0.00 \leq |(R1+R2)| / (R1-R2) \leq 1.00,$$

其中,  $R1$  代表所述后单元中包括的透镜当中的、最靠近物侧的透镜的物侧透镜面的曲率半径, 并且  $R2$  代表所述后单元中包括的透镜当中的、最靠近像侧的透镜的像侧透镜面的曲率半径。

5. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述前单元由七个或更少个透镜构成。

6. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述后单元由五个或更少个透镜构成。

7. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,满足以下条件表达式:

$$\theta gF + 0.00163 \times vd > 0.675.$$

8. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,满足以下条件表达式:

$$1.55 < Y80/f < 1.8,$$

其中,  $Y80$  代表半视角为  $80^\circ$  时的像高, 并且  $f$  代表整个光学系统的焦距。

9. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述光学系统是固定焦距透镜系统。

10. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述光学系统是泛焦光学系统。

11. 一种摄像装置,所述摄像装置包括:

根据权利要求1至10中任一项所述的光学系统;以及

摄像元件,其被构造为接收由所述光学系统形成的像。

12. 根据权利要求11所述的摄像装置,其中,满足以下条件表达式:

$85^\circ < \omega_{\max} < 120^\circ$ ; 并且

$1.55 < Y_{80}/f < 1.80$ ,

其中,  $\omega_{\max}$  代表所述光学系统的最大半视角,并且  $Y_{80}$  代表半视角为  $80^\circ$  时的像高。

13. 根据权利要求11所述的摄像装置,其中,满足以下条件表达式:

$0.20 < f^2 / (Y_{80} \times F_{no}) < 2.50$ ,

其中,  $Y_{80}$  代表半视角为  $80^\circ$  时的像高,  $f$  代表所述光学系统的焦距,并且  $F_{no}$  代表所述光学系统在物距的无穷远处的全孔径F数。

## 光学系统和包括该光学系统的摄像装置

### 技术领域

[0001] 本公开涉及一种包括鱼眼镜头的光学系统以及包括该光学系统的摄像装置,适用于例如,诸如数字静态相机、视频摄像机、监视摄像机或广播摄像机等的使用摄像元件的摄像装置,或者诸如使用卤化银胶片的相机等的摄像装置。

### 背景技术

[0002] 近年来,使用固态摄像元件的摄像装置,诸如监视摄像机和视频摄像机等,已经被高度功能化并且在整体上小型化。要求在这些装置中使用的光学系统具有紧凑的大小和高的光学性能。此外,要求光学系统具有广的视角,以使由单个摄像装置以广范围进行摄影成为可能。

[0003] 作为使得具有约180度全视角的区域能够被印记(imprinted)在特定大小的像圈内的光学系统,已知有鱼眼镜头。日本特开2006-17837号公报公开了一种鱼眼镜头,其中,正透镜和三个或更多个负透镜配设在孔径光阑的物侧,以提高光学性能。

[0004] 由于配设在孔径光阑的物侧的负透镜具有强屈光力来扩大鱼眼镜头中的视角,所以往往发生轴向色像差和横向色像差。要求针对轴向色像差和横向色像差正确地校正称为鱼眼镜头的光学系统。

[0005] 在日本特开2006-17837号公报中公开的光学系统中,配设在孔径光阑的物侧的负透镜的材料未被正确地设置,并且孔径光阑的物侧的前单元的屈光力也未被正确地设置。因此,往往残留轴向色像差和横向色像差。

### 发明内容

[0006] 根据本公开的方面的一种光学系统,从物侧到像侧依次包括:包括多个透镜的前单元、孔径光阑以及具有正屈光力的后单元。所述前单元包括正透镜和三个或更多个负透镜。所述光学系统满足以下条件表达式:

[0007]  $\theta gF + 0.00163 \times vd > 0.665$ ;

[0008]  $vd < 30.00$ ; 并且

[0009]  $-0.30 < f/ff < 0.25$ ,

[0010] 其中,  $vd$  和  $\theta gF$  分别代表所述前单元中包括的负透镜当中的、具有最小阿贝数的负透镜的材料的阿贝数和部分色散比,  $ff$  代表所述前单元的焦距, 并且  $f$  代表所述光学系统的焦距。

[0011] 根据本公开的其他方面,在此讨论了一个或更多个附加光学系统、一个或更多个摄像装置、以及一个或更多个相同用途的方法。通过以下参照附图对示例性实施例的描述,本发明的进一步特征将变得显而易见。

### 附图说明

[0012] 图1是根据第一实施例的光学系统的镜头截面图。

- [0013] 图2是根据第一实施例的光学系统的像差图。
- [0014] 图3是根据第二实施例的光学系统的镜头截面图。
- [0015] 图4是根据第二实施例的光学系统的像差图。
- [0016] 图5是根据第三实施例的光学系统的镜头截面图。
- [0017] 图6是根据第三实施例的光学系统的像差图。
- [0018] 图7是根据第四实施例的光学系统的镜头截面图。
- [0019] 图8是根据第四实施例的光学系统的像差图。
- [0020] 图9是根据第五实施例的光学系统的镜头截面图。
- [0021] 图10是根据第五实施例的光学系统的像差图。
- [0022] 图11是根据第六实施例的光学系统的镜头截面图。
- [0023] 图12是根据第六实施例的光学系统的像差图。
- [0024] 图13是根据本公开的摄像装置的至少一个实施例的主要部分的示意图。
- [0025] 图14示出了投影方法的特性。
- [0026] 图15示出了横向色像差的校正的原理。
- [0027] 图16示出了用于透镜的材料的阿贝数与部分色散比之间的关系。

### 具体实施方式

[0028] 下面,将参照附图详细描述根据本公开的光学系统以及包括光学系统的摄像装置的至少一个实施例。根据本公开的光学系统的至少一个实施例从物侧到像侧依次包括具有多个透镜的前单元、孔径光阑以及具有正屈光力的后单元。

[0029] 图1是根据第一实施例的光学系统的镜头截面图。图2是第一实施例的光学系统的像差图。第一实施例的光学系统具有90.20°的半视角和约2.00的F数。图3是根据第二实施例的光学系统的镜头截面图。图4是第二实施例的光学系统的像差图。第二实施例的光学系统具有90.20°的半视角和约2.00的F数。图5是根据第三实施例的光学系统的镜头截面图。图6是第三实施例的光学系统的像差图。第三实施例的光学系统具有100.00°的半视角和约2.00的F数。

[0030] 图7是根据第四实施例的光学系统的镜头截面图。图8是第四实施例的光学系统的像差图。第四实施例的光学系统具有93.20°的半视角和约2.80的F数。图9是根据第五实施例的光学系统的镜头截面图。图10是第五实施例的光学系统的像差图。第五实施例的光学系统具有97.00°的半视角和约2.40的F数。图11是根据第六实施例的光学系统的镜头截面图。图12是第六实施例的光学系统的像差图。第六实施例的光学系统具有90.20°的半视角和约2.00的F数。

[0031] 图13是包括本公开的光学系统的监视摄像机(摄像装置)的至少一个实施例的主要部分的示意图。各个实施例的光学系统是在诸如数字静态相机、视频摄像机、监视摄像机或广播摄像机等的摄像装置中使用的摄影镜头系统。在各个镜头截面图中,左侧是物侧,右侧是像侧。在各个镜头截面图中,Lf表示前单元,Lr表示后单元。SP代表孔径光阑。

[0032] GB表示与光学滤光器、面板、低通滤波器或红外截止滤光器相对应的光学块,IP代表像面。当本公开的光学系统的至少一个实施例被用作视频摄像机或监视摄像机的摄像光学系统时,像面IP对应于诸如CCD传感器或CMOS传感器等的固态摄像元件(光电转换元件)。

当本公开的光学系统的至少一个实施例被用作卤化银胶片相机的摄像光学系统时,像面IP对应于胶片面。

[0033] 在各个球面像差图中,Fno表示F数并且示出了针对g线(波长435.8nm)、F线(波长486.1nm)、C线(波长656.3nm)和d线(波长587.6nm)的球面像差。在各个像散图中,S表示矢状像面,M表示子午像面。针对d线示出了畸变像差。在各个色像差图中,示出了针对g线、F线、C线和d线的横向色像差,并且 $\omega$ 表示摄像半视角。畸变(distortion)像差被示出为稍后要描述的立体投影法中的畸变量。

[0034] 本公开的光学系统的至少一个实施例具有约180°的视角,并且意图被主要用作鱼眼镜头。如上所述,作为鱼眼镜头的投影方法,已知有正交投影法、等立体角(equisolid angle)投影法、等距投影法和立体投影法。在此,当在投影面上的像高被指定为Y,整个光学系统的焦距被指定为f,并且半视角被指定为 $\omega$ 时,投影方法由以下的表达式来表达:

- [0035] (A) 正交投影法:  $Y = f \times \sin \omega$
- [0036] (B) 等立体角投影法:  $Y = 2f \times \sin(\omega/2)$
- [0037] (C) 等距投影法:  $Y = f \times \omega$
- [0038] (D) 立体投影法:  $Y = 2f \times \tan(\omega/2)$

[0039] 图14示意性示出了在投影方法中当90°的半视角的像高为1时半视角与像高之间的关系。在(A)正交投影法中,在图像区域的中心附近不那么强烈地压缩像,但在图像区域的周边强烈地压缩像。与此相对,在(D)立体投影法中,在图像区域的中心附近强烈地压缩像,但在图像区域的周边不那么强烈地压缩像。在立体投影法中,由于像的变形程度在周边区域低,所以像差的影响也在周边区域中显目。由于这个原因,还要求为立体投影法提供的光学系统在周边区域具有高的光学性能。

[0040] 还要求监视摄像机拍摄清晰的周边图像,并且当鱼眼镜头被应用到监视摄像机时,经常使用立体投影法。本公开的光学系统的至少一个实施例意图被主要用在鱼眼镜头中。为了在立体投影法中获得高的光学性能,要求针对畸变像差和球面像差正确地校正光学系统。

[0041] 在本公开的光学系统的至少一个实施例中,正透镜和至少三个负透镜被配设在前单元Lf中。为了实现广视角,轴外(off-axis)光束需要被前单元Lf中的配设在物侧的负透镜大幅折射。为了大幅折射光束,有必要增大负透镜的屈光力。在此,当轴外光束被少数负透镜大幅折射时,各个负透镜的屈光力过度增大,并且发生很多畸变像差、场曲和像散。此外,难以以均衡的方式来校正横向色像差和轴向色像差。

[0042] 在本公开的至少一个实施例中,负屈光力被配设在前单元Lf中的至少三个负透镜分担。这能够减小前单元Lf中包括的负透镜的屈光力,并且能够有效地抑制畸变像差、场曲、像散等等的发生。此外,能够以均衡的方式来校正横向色像差和轴向色像差。

[0043] 各实施例中的光学系统满足以下的条件表达式:

[0044]  $\theta gF + 0.00163 \times vd > 0.665 \quad (1)$

[0045]  $vd < 30.00 \quad (2)$

[0046]  $-0.30 < f/fF < 0.25 \quad (3)$ 。

[0047] 其中,vd代表前单元Lf中包括的负透镜当中的、具有最小阿贝(Abbe)数的负透镜Gn的材料的阿贝数, $\theta gF$ 代表部分色散比,fF代表前单元Lf的焦距,并且f代表整个光学系统

的焦距。

[0048] 在此,阿贝数vd和部分色散比 $\theta_{gF}$ 是如下表达的值:

[0049]  $vd = (Nd - 1) / (NF - NC)$

[0050]  $\theta_{gF} = (Ng - Nf) / (NF - NC)$ 。

[0051] 其中,Ng、NF、NC和Nd分别表示针对g线(波长435.8nm)、F线(波长486.1nm)、C线(波长656.3nm)和d线(波长587.6nm)的材料的折射率。

[0052] 将参照图15描述校正横向色像差的原理。在本公开的光学系统的至少一个实施例中,通过针对前单元Lf中包括的负透镜使用具有高色散(低阿贝数)和高异常色散的材料,来校正横向色像差。图15示意性例示了光学系统中的光路,所述光学系统具有包括在前单元Lf中的并且具有高色散和高异常色散的负透镜、孔径光阑以及具有正屈光力的后单元。

[0053] 一般而言,在诸如鱼眼镜头等的逆焦(retrofocus)型的超广角镜头中,在像面上的像高较大的区域中并且在g线位于比d线远离光轴的位置处成像。如图15中所示,通过针对前单元Lf中包括的负透镜使用具有高色散和高异常色散的材料,能够使在g线的像形成位置向光轴更近地移位。因此,能够正确地校正在g线的横向色像差。

[0054] 图16示出了用于透镜的材料的分布。在图16中,垂直线示出了部分色散比 $\theta_{gF}$ ,并且水平轴示出了阿贝数vd。由虚线所示的直线是法线。用于透镜的大多数材料在法线附近分布。在位于远离法线的位置处分布的材料具有异常色散。如图16中所示,具有异常色散的材料集中在低色散区域和高色散区域。

[0055] 因为难以正确地校正横向色像差,所以不优选使用不满足条件表达式(1)和(2)的材料作为负透镜Gn的材料。

[0056] 条件表达式(3)限定前单元Lf的焦距ff与整个光学系统的焦距f的比。当值小于条件表达式(3)的下限值时,前单元Lf的负屈光力变得太强,并且孔径光阑附近的边缘光线的发散效果太大。结果,有必要增大后单元Lr中的在孔径光阑附近配设的正透镜的屈光力,这使得难以正确地校正在后单元Lr中发生的球面像差。此外,如果通过增大后单元Lr中包括的正透镜的数量来分散正屈光力以校正球面像差,则透镜的数量增大,这增大了光学系统的总大小。

[0057] 当值大于条件表达式(3)的上限值时,前单元Lf的正屈光力变得太强,孔径光阑附近的边缘光线的会聚效果变得太大。结果,进入后单元Lr的光束的高度变得太小,并且难以正确地校正在前单元Lr中发生的诸如轴向色像差等的像差。

[0058] 在各个实施例中,如上所述,各要素被适当地设置为满足条件表达式(1)至(3)。因此,能够获得具有高光学性能的紧凑广角镜头。

[0059] 在各个实施例中,条件表达式(1)至(3)的数值范围优选地设置如下:

[0060]  $\theta_{gF} + 0.00163 \times vd > 0.675$  (1a)

[0061]  $vd < 25.00$  (2a)

[0062]  $-0.25 < f/ff < 0.22$  (3a)。

[0063] 条件表达式(1)至(3)的数值范围更优选地设置如下:

[0064]  $\theta_{gF} + 0.00163 \times vd > 0.685$  (1b)

[0065]  $vd < 20.00$  (2b)

[0066]  $-0.20 < f/ff < 0.20$  (3b)。

[0067] 此外,在各实施例中,优选地满足以下条件表达式中的至少一个:

[0068]  $-25.00 < f_n/f < -2.00$  (4)

[0069]  $1.20 < (GnR1+GnR2) / (GnR1-GnR2) < 8.00$  (5)

[0070]  $1.20 < vna/vpa < 5.00$  (6)

[0071]  $0.00 \leq |(R1+R2)| / (R1-R2) \leq 1.00$  (7)

[0072]  $7.00 < TD/f < 45.00$  (8)。

[0073] 在此,  $f_n$  代表负透镜  $Gn$  的焦距,  $GnR1$  代表负透镜  $Gn$  的物侧透镜面的曲率半径, 并且  $GnR2$  代表负透镜  $Gn$  的像侧透镜面的曲率半径。此外,  $vna$  代表前单元  $Lf$  中包括的所有负透镜的材料的阿贝数的平均值, 并且  $vpa$  代表前单元  $Lf$  中包括的所有正透镜的材料的阿贝数的平均值。更进一步地,  $R1$  代表后单元  $Lr$  的最靠近物侧的透镜面的曲率半径,  $R2$  代表后单元  $Lr$  的最靠近像侧的透镜面的曲率半径, 并且  $TD$  代表从前单元  $Lf$  的最靠近物侧的透镜面至后单元  $Lr$  的最靠近像侧的透镜面在光轴上的距离。

[0074] 条件表达式 (4) 限定负透镜  $Gn$  的焦距  $f_n$  与整个光学系统的焦距  $f$  的比。当值小于条件表达式 (4) 的下限值时, 负透镜  $Gn$  的屈光力变得太弱。结果, 难以正确地校正横向色像差。当值大于条件表达式 (4) 的上限值时, 负透镜  $Gn$  的屈光力变得太强。结果, 难以正确地校正畸变像差、场曲和像散, 并且发生许多轴向色像差。

[0075] 条件表达式 (5) 限定负透镜  $Gn$  的形状。条件表达式 (5) 示出了负透镜  $Gn$  具有凸向物侧的弯月形状。当值小于条件表达式 (5) 的下限值时, 负透镜  $Gn$  的物侧透镜面的曲率半径变得太大。结果, 在周边像高处成像的光束的折射角变得太大, 并且发生许多畸变像差、场曲和像散。当值大于条件表达式 (5) 的上限值时, 负透镜  $Gn$  的物侧透镜面的曲率半径过于接近像侧透镜面的曲率半径。结果, 负透镜  $Gn$  的负屈光力变得太弱, 难以实现足够广的视角。

[0076] 条件表达式 (6) 限定前单元  $Lf$  中包括的所有负透镜的材料的阿贝数的平均值  $vna$ 、与前单元  $Lf$  中包括的所有正透镜的材料的阿贝数的平均值  $vpa$  的比。当值大于条件表达式 6 的上限值或小于条件表达式 6 的下限值时, 前单元  $Lf$  中的 C 线和 F 线的消色差 (achromatic) 效果降低, 并且难以正确地校正色像差。

[0077] 条件表达式 (7) 限定后单元  $Lr$  的最靠近物侧的透镜面的曲率半径  $R1$  和后单元  $Lr$  的最靠近像侧的透镜面的曲率半径  $R2$ 。条件表达式 (7) 示出了后单元  $Lr$  的最靠近物侧的透镜面和后单元  $Lr$  的最靠近像侧的透镜面二者都是凸面。通过由凸面来形成后单元  $Lr$  的最靠近物侧的透镜面, 能够降低穿过后单元  $Lr$  的轴上 (on-axis) 边缘光线的高度。因此, 能够缩短后单元  $Lr$  中包括的透镜的有效直径, 并且结果, 减小透镜系统的总大小。

[0078] 通过由凸面来形成后单元  $Lr$  的最靠近像侧的透镜面, 能够提高远心性 (telecentricity)。当本公开的光学系统的至少一个实施例被用在包括摄像元件的摄像装置中时, 优选的是, 光束应当从垂直方向进入摄像元件的光接收面。如果对光接收面的光束的入射角增大, 则尤其在周边像高处光量减少, 并且周边光量比变得太低。在本公开的至少一个实施例中, 通过由凸面来形成后单元  $Lr$  的最靠近像侧的透镜面以增强远心性, 从而防止周边光量比的降低。当值大于条件表达式 (7) 的上限值或小于条件表达式 (7) 的下限值时, 难以在实现整个透镜系统的小型化的同时抑制周边光量比的降低。

[0079] 条件表达式 (8) 限定整个光学系统的总体透镜长度  $TD$  与整个光学系统的焦距  $f$  的比。为了使总体透镜长度  $TD$  缩短为小于条件表达式 (8) 的下限值, 有必要增大透镜面的屈光

力。当增大透镜面的屈光力时,发生各种像差,并且这劣化了光学系统的光学性能。当总体透镜长度TD增大为大于条件表达式(8)的上限值时,光学系统的总大小增大。

[0080] 条件表达式(4)至(8)的数值范围优选地设置如下:

[0081]  $-20.00 < f_n/f < -3.00$  (4a)

[0082]  $1.50 < (GnR1+GnR2) / (GnR1-GnR2) < 7.00$  (5a)

[0083]  $1.30 < v_{na}/v_{pa} < 4.00$  (6a)

[0084]  $0.03 \leq |(R1+R2)| / (R1-R2) \leq 0.80$  (7a)

[0085]  $10.00 < TD/f < 40.00$  (8a)。

[0086] 条件表达式(4)至(8)的数值范围更优选地设置如下:

[0087]  $-15.00 < f_n/f < -4.00$  (4b)

[0088]  $2.00 < (GnR1+GnR2) / (GnR1-GnR2) < 6.00$  (5b)

[0089]  $1.40 < v_{na}/v_{pa} < 3.00$  (6b)

[0090]  $0.05 \leq |(R1+R2)| / (R1-R2) \leq 0.75$  (7b)

[0091]  $12.00 < TD/f < 35.00$  (8b)。

[0092] 前单元Lf优选地由七个或更少的透镜组成。在各个实施例中,光学系统具有约180°的视角,前单元Lf中包括的各个透镜的有效直径往往较大,并且各个透镜的重量也往往较大。通过组成七个或更少的透镜的前单元Lf,能够有效减小前单元Lf的总重量。后单元Lr优选地由五个或更少的透镜组成。这能够有效地实现整个透镜系统的小型化和轻量化。

[0093] 在各个实施例中,至少两个非球面透镜优选地配设在光学系统中。通过正确地使用非球面透镜,能够良好地校正场曲、像散和球面像差。尤其是,凸向像侧的非球面透镜优选地配设在后单元Lr的最靠近像侧的所在侧。这能够使得对摄像元件的入射光角度接近远心状态,并且能够抑制周边光量比的降低。

[0094] 当本公开的光学系统的至少一个实施例被应用到包括接收由光学系统形成的像的摄像元件的摄像装置中时,优选地满足以下条件表达式:

[0095]  $85^\circ < \omega_{max} < 120^\circ$  (9)

[0096]  $1.55 < Y80/f < 1.80$  (10)

[0097]  $0.20 < f^2 / (Y80 \times Fno) < 2.50$  (11)。

[0098] 在此,  $\omega_{max}$  代表最大半视角,  $Y80$  代表在视角为80°时摄像元件上的像高,  $f$  代表整个光学系统的焦距, 并且  $Fno$  代表光学系统在无穷远处的全孔径F数。

[0099] 当最大半视角  $\omega_{max}$  减小为小于条件表达式(9)的下限值时,无法实现足够广的视角。当最大半视角  $\omega_{max}$  增大为大于条件表达式(9)的上限值时,各个视角的信息量减少,这使分辨率劣化。

[0100] 条件表达式(10)限定具有80°的半视角的光束成像处的像高的移位。如上所述,在立体投影法中,由焦距和半视角来确定像高。在此,当在立体投影法中经由光学系统使被摄体的像形成在成像面上时,发生畸变像差,并且像高移位。当值小于条件表达式(10)的下限值时,具有80°的半视角的光束成像处的像高过低于理想像高,并且光轴附近的信息被过度压缩。这可能会劣化图像质量。当值大于条件表达式(10)的上限值时,具有80°的半视角的光束成像处的像高过高于理想像高,并且周边区域的信息被过度压缩。这可能会劣化图像质量。

[0101] 条件表达式(11)限定泛焦(pan-focus)光学系统的超焦距(hyperfocal distance)。在泛焦光学系统中,在从半超焦距至无穷远处的范围中的所有被摄体距离在景深内。最近对焦距离是超焦距sh的1/2。在此,超焦距sh由 $sh = f^2 / (\epsilon \times Fno)$ 来表达,其中,  $\epsilon$ 代表容许弥散圆(circle of confusion)的直径。容许弥散圆的直径 $\epsilon$ 与像素间距p成正比,并且由 $\epsilon \propto p$ 来表达。此外,当像素均匀地布置在摄像元件中时,由于像素间距p与像高Y成正比,所以超焦距sh与 $f^2 / (Y \times Fno)$ 成正比。

[0102] 当值小于条件表达式(11)的下限值时,无穷远处的全光圈F数Fno变得过大,并且难以确保足够的亮度。而且,整个光学系统的焦距f变得过短,并且发生许多像差。当值大于条件表达式(11)的上限值时,最近对焦距离增大,并且摄影区域变窄。

[0103] 在各个实施例中,条件表达式(9)至(11)的数值范围优选地设置如下:

[0104]  $87^\circ < \omega_{max} < 115^\circ$  (9a)

[0105]  $1.59 < Y80/f < 1.77$  (10a)

[0106]  $0.25 < f^2 / (Y80 \times Fno) < 2.00$  (11a)。

[0107] 条件表达式(9)至(11)的数值范围更优选地设置如下:

[0108]  $89^\circ < \omega_{max} < 110^\circ$  (9b)

[0109]  $1.63 < Y80/f < 1.73$  (10b)

[0110]  $0.30 < f^2 / (Y80 \times Fno) < 1.50$  (11b)。

[0111] 接下来,将描述各实施例中的镜头构造。在第一实施例和第二实施例的光学系统中,前单元Lf由从物侧到像侧依次布置的、各自具有凸向物侧的弯月形状的三个负透镜、以及双凹负透镜和双凸正透镜的接合透镜构成。通过由非球面形成从物侧起的第三个负透镜的两个面,来良好地校正场曲。从物侧起的第二个负透镜对应于前单元Lf中包括的负透镜当中的、具有最小阿贝数的负透镜Gn。

[0112] 后单元Lr由从物侧到像侧依次布置的、双凸正透镜、双凹负透镜和双凸正透镜的接合透镜、以及双凸正透镜构成。通过由非球面形成最靠近像侧的正透镜的两个面,场曲和球面像差被良好地校正。

[0113] 在第三实施例的光学系统中,前单元Lf由从物侧到像侧依次布置的、各自具有凸向物侧的弯月形状的三个负透镜、双凹负透镜、以及凸向物侧的弯月负透镜和双凸正透镜的接合透镜构成。通过由非球面形成从物侧起的第三个负透镜的两个面,场曲被良好地校正。从物侧起的第五个负透镜对应于负透镜Gn。后单元Lr由从物侧到像侧依次布置的、双凸正透镜、双凸正透镜和双凹负透镜的接合透镜、以及双凸正透镜构成。通过由非球面形成后单元Lr中的最靠近物侧的正透镜的两个面和后单元Lr中的最靠近像侧的正透镜的两个面,场曲和球面像差被良好地校正。

[0114] 在第四实施例的光学系统中,前单元Lf的构造与第三实施例的相同。后单元Lr由从物侧到像侧依次布置的、双凸正透镜、凸向像侧的弯月正透镜和双凹负透镜的接合透镜、双凸正透镜、以及双凸正透镜构成。通过由非球面形成最靠近物侧的正透镜的两个面和最靠近像侧的正透镜的两个面,场曲和球面像差被良好地校正。在根据第五实施例的光学系统中,前单元Lf和后单元Lr的构造与第三实施例中所采用的相同。

[0115] 在根据第六实施例的光学系统中,前单元Lf由从物侧到像侧依次布置的、各自凸向物侧的两个弯月负透镜、双凹负透镜以及双凸正透镜构成。通过由非球面形成从物侧起

的第三个负透镜的两个面,场曲被良好地校正。从物侧起的第二个负透镜对应于负透镜Gn。后单元Lr的构造与第一实施例和第二实施例中采用的相同。

[0116] 接下来,将示出与本公开的第一实施例至第六实施例相对应的第一至第六数值实施例中的透镜数据。在各个数值实施例中,i代表从物侧起光学面的顺序,ri代表第i个光学面(第i个面)的曲率半径,di代表第i个面与第(i+1)个面之间的距离,并且ndi和vd i分别代表针对d线的第i个光学元件的材料的折射率和阿贝数。

[0117] 当K代表离心率(eccentricity)时,A4、A6、A8和A10各自代表非球面系数,并且x代表在距光轴高度h处、在光轴方向上从面顶点的位移量,由以下表达式表达非球面形状:

[0118]  $x = (h^2/r) / [1 + [1 - (1+K) (h/r)^2]^{1/2}] + A4h^4 + A6h^6 + A8h^8 + A10h^{10}$

[0119] 其中,r代表近轴曲率半径。此外,|e-Z|是指 $|10^{-Z}|$ 。在各实施例中,也示出了与负透镜Gn相对应的透镜的部分色散比θgF和焦距fn。

[0120] 在各个实施例中,后焦点(BF)是指从透镜系统的最靠近像侧的面至由等效空气长度表达的像面的距离。表中示出了数值实施例对上述条件表达式的对应关系。

[0121] 第一数值实施例

单位 mm

面数据

[0122]	面编号	r	d	nd	vd	θgF	fn
	1	24.640	1.25	1.77250	49.6		

2	10.334	3.08									
3	13.519	1.00	1.95906	17.5	0.6598	-16.79					
4	7.083	4.69									
5*	8.181	1.00	1.76802	49.2							
6*	3.330	3.00									
7	-13.041	0.60	1.59522	67.7							
8	8.521	6.87	2.00069	25.5							
9	-15.485	1.65									
10(光阑)	$\infty$	1.10									
11	5.634	4.46	1.49700	81.5							
12	-5.636	0.51									
13	-4.287	0.40	1.85478	24.8							
14	10.208	2.72	1.49700	81.5							
[0123]	15	-6.064	0.33								
	16*	9.089	3.52	1.55332	71.7						
	17*	-7.138	1.46								
	18	$\infty$	1.60	1.51630	64.1						
	19	$\infty$	2.00								
像面 $\infty$											
非球面数据											
第五面											
K=-1.74182e+000		A6=-5.36705e-005		A8=1.23192e-006							
A10=-3.06369e-009											
第六面											
K=-1.16929e+000		A4= 1.39638e-003		A6=-1.20156e-004							
A8=-1.51135e-006		A10=2.35477e-007									
第十六面											
K=-1.89973e+000		A4=-6.45750e-004		A6= 2.02657e-005							

A8=-1.14090e-006      A10=1.46887e-008

### 第十七面

K =-7.98305e-001      A4= 7.08293e-004      A6=-1.49882e-005

### 各种数据

焦距      2.00

F 数      2.00

[0124] 半视角      90.20

像高      4.00

总体镜头长度      36.18

BF      4.51

### 镜头单元数据

单元	开始面	焦距
----	-----	----

前单元	1	-15.00
-----	---	--------

后单元	11	8.00
-----	----	------

[0125] 第二数值实施例

单位 mm

### 面数据

面编号	r	d	nd	vd	θgF	fn
1	25.739	1.25	1.77250	49.6		
2	11.637	3.01				
3	14.589	1.00	1.95906	17.5	0.6598	-23.55
4	8.566	4.89				
5*	8.545	1.00	1.76802	49.2		
6*	3.330	5.07				
7	-8.737	0.60	1.59522	67.7		
8	10.806	5.67	2.00069	25.5		
9	-14.548	1.87				

10(光阑)	$\infty$	1.10		
11	5.558	4.86	1.49700	81.5
12	-5.560	0.54		
13	-4.083	0.40	1.85478	24.8
14	11.045	2.71	1.49700	81.5
15	-6.148	1.24		
16*	9.090	3.98	1.55332	71.7
17*	-7.140	1.46		
18	$\infty$	1.60	1.51630	64.1
19	$\infty$	2.00		

像面  $\infty$ 

非球面数据

第五面

[0127]  $K = 3.37697e-001$        $A_6 = -6.93664e-005$        $A_8 = 1.99836e-006$

 $A_{10} = -2.02822e-008$ 

第六面

 $K = -1.03997e+000$        $A_4 = 1.46726e-003$        $A_6 = -9.52085e-005$  $A_8 = -1.69641e-006$        $A_{10} = 2.26511e-007$ 

第十六面

 $K = -1.06802e+000$        $A_4 = -7.50562e-004$        $A_6 = 2.07296e-005$  $A_8 = -1.04976e-006$        $A_{10} = 1.28819e-008$ 

第十七面

 $K = -6.65735e-001$        $A_4 = 6.16060e-004$        $A_6 = -1.49996e-005$ 

各种数据

焦距      2.00

F 数      2.00

半视角      90.20

像高      4.00

总体镜头长度 39.19

BF 4.51

[0128] 镜头单元数据

单元	开始面	焦距
前单元	1	-12.00
后单元	11	8.97

[0129] 第三数值实施例

单位 mm

面数据

面编号	r	d	nd	vd	θgF	fn
1	25.195	1.20	1.80400	46.6		
2	11.653	5.00				
3	14.557	0.70	2.00100	29.1		
4	6.859	4.19				
5*	20.501	0.50	1.80610	40.7		
6*	5.716	3.99				
7	-73.177	0.45	1.59522	67.7		
8	9.142	0.86				
9	13.936	0.45	2.10205	16.8	0.6721	-15.13
10	7.462	10.57	2.00069	25.5		
11	-13.962	4.64				
12(光阑)	∞	2.56				
13*	6.320	1.94	1.49710	81.6		
14*	-17.197	0.09				
15	66.768	1.39	1.49700	81.5		
16	-5.178	0.45	1.84666	23.8		
17	16.143	2.64				

18*	13.935	3.54	1.55332	71.7
19*	-5.438	1.20		
20	$\infty$	1.50	1.51630	64.1
21	$\infty$	2.24		
像面 $\infty$				
非球面数据				
第五面				
K=2.00114e+000		A4=-1.01987e-004		A6=-5.72800e-006
A8=-7.90180e-008		A10=2.62920e-009		
第六面				
K =-7.26641e-002		A4=-3.63561e-004		A6=-2.44288e-005
A 8=-2.31468e-007		A10=-2.01264e-009		
第十三面				
K =-3.51840e+000		A4= 2.29819e-003		A6= 3.07570e-004
[0131]	A8=-3.86576e-005	A10=3.46968e-006		
	第十四面			
K = 4.84763e+000		A4= 1.34834e-003		A6= 2.43191e-004
第十八面				
K=-3.04798e+000		A4=-6.21861e-004		A6= 2.90573e-005
A8= 1.09122e-006		A10=-4.37169e-008		
第十九面				
K =-3.38885e+000		A4=-1.03947e-003		A6= 4.88982e-005
A8= 2.37243e-007				
各种数据				
焦距		2.00		
F 数		2.00		
半视角		100.00		
像高		4.76		

总体镜头长度 45.16

BF 4.43

[0132] 镜头单元数据

单元	开始面	焦距
前单元	1	15.03
后单元	13	9.14

[0133] 第四数值实施例

单位 mm

面数据

面编号	r	d	nd	vd	θgF	fn
1	30.469	1.20	1.83481	42.7		
2	9.786	5.68				
3*	24.865	0.70	1.88202	37.2		
4*	7.378	4.35				
5	80.368	0.50	1.80400	46.6		
6	11.041	6.90				
7	-27.683	0.45	1.71300	53.9		
8	13.140	0.63				
9	16.036	0.45	1.95906	17.5	0.6598	-28.20
10	9.928	3.91	2.00069	25.5		
11	-16.600	10.80				
12(光阑)	∞	0.47				
13*	20.010	1.14	1.49710	81.6		
14*	-20.005	0.50				
15	-14.518	1.06	1.48749	70.2		
16	-4.427	0.45	2.00100	29.1		
17	85.011	0.55				

18	14.918	2.34	1.49700	81.5		
19	-75.490	0.59				
20*	14.013	2.34	1.55332	71.7		
21*	-4.798	9.98				
像面 $\infty$						
非球面数据						
第三面						
K = 9.26595e-001		A4= 1.74251e-004		A6=-9.19603e-008		
A8=-6.18843e-009						
第四面						
K = -1.55179e+000		A4= 3.15057e-004		A6= 6.87929e-006		
第十三面						
K = 1.16740e+000		A4= 1.89852e-004		A6= 4.36520e-004		
A8=-2.12647e-005		A10=8.21093e-007				
[0135] 第十四面						
K = -2.35943e+000		A4= 6.47874e-004		A6= 5.69574e-004		
第二十面						
K = -1.60281e+000		A4=-1.12845e-003		A6= 6.14929e-006		
A8= 8.93187e-007		A10=-4.26931e-008				
第二十一面						
K = -1.83970e+000		A4=-1.11349e-003		A6=-9.48115e-006		
A8= 2.37243e-007						
各种数据						
焦距		1.50				
F 数		2.80				
半视角		93.20				
像高		3.15				
总体镜头长度		55.00				

BF 9.98

## 镜头单元数据

[0136]	单元	开始面	焦距
	前单元	1	-78.27
	后单元	13	8.24

[0137] 第五数值实施例

单位 mm

## 面数据

	面编号	r	d	nd	vd	$\theta gF$	fn
	1	25.144	1.20	1.80400	46.6		
	2	11.653	5.21				
	3	13.855	0.70	1.91082	35.3		
	4	6.859	4.19				
	5	73.515	0.50	1.73800	32.3		
	6	5.907	2.74				
	7	-19.819	0.45	1.59522	67.7		
[0138]	8	9.142	1.38				
	9	14.767	0.45	1.95906	17.5	0.6598	-16.22
	10	7.462	4.52	2.00069	25.5		
	11	-13.220	6.79				
	12(光阑)	$\infty$	1.40				
	13*	6.320	1.45	1.49710	81.6		
	14*	-13.855	0.10				
	15	66.768	1.14	1.48749	70.2		
	16	-5.178	0.45	1.85478	24.8		
	17	23.099	3.69				
	18*	13.935	3.98	1.55332	71.7		

19*	-4.756	1.20			
20	$\infty$	1.50	1.51630	64.1	
21	$\infty$	2.28			
像面 $\infty$					
非球面数据					
第十三面					
K = -4.32378e-001	A4= 2.29819e-003	A6= 3.07570e-004			
A8= 4.46609e-005	A10=-7.05731e-006				
第十四面					
K = 2.72506e+000	A4= 3.06342e-003	A6= 5.10637e-004			
第十八面					
K=-3.04798e+000	A4=-6.21861e-004	A6= 2.90573e-005			
A8= 1.09122e-006	A10=-3.89032e-008				
[0139] 第十九面					
K =-3.38885e+000	A4=-1.43938e-003	A6= 5.31066e-005			
A8= 2.37243e-007					
各种数据					
焦距	2.02				
F 数	2.40				
半视角	97.00				
像高	4.36				
总体镜头长度	40.34				
BF	2.28				
镜头单元数据					
单元	开始面	焦距			
前单元	1	471.79			
后单元	13	8.23			
[0140] 第六数值实施例					

单位 mm

面数据

面编号	r	d	nd	vd	θgF	fn
1	32.507	1.25	1.48749	70.2		
2	10.511	3.06				
3	15.428	1.00	1.95906	17.5	0.6598	-15.37
4	7.299	5.53				
5*	-30.857	1.00	1.72903	54.0		
6*	3.923	1.59				
7	9.089	13.77	2.00069	25.5		
8	-30.300	1.45				
9(光阑)	∞	1.10				
10	6.330	5.69	1.49700	81.5		
[0141]	11	-6.332	0.41			
	12	-4.591	0.40	1.85478	24.8	
	13	37.865	2.66	1.49700	81.5	
	14	-6.205	0.30			
	15*	10.007	3.12	1.55332	71.7	
	16*	-7.135	1.46			
	17	∞	1.60	1.51630	64.1	
	18	∞	2.00			

像面 ∞

非球面数据

第五面

$$K = 3.99706e+000 \quad A6 = 7.54242e-007 \quad A8 = -4.06321e-007$$

$$A10 = 9.99311e-009$$

第六面

$K = -3.19199e+000$      $A4 = 2.82797e-003$      $A6 = -9.13900e-005$

$A8 = -4.23232e-007$      $A10 = 7.13283e-008$

第十五面

$K = 1.04119e+000$      $A4 = -1.28724e-003$      $A6 = 5.41024e-005$

$A8 = -3.15358e-006$      $A10 = 4.81716e-008$

第十六面

$K = 5.22651e-002$      $A4 = 1.16275e-003$      $A6 = -1.42289e-005$

各种数据

[0142]

焦距	2.00
F 数	2.00
半视角	90.20
像高	4.00
总体镜头长度	42.33
BF	4.51

镜头单元数据

单元	开始面	焦距
前单元	1	-15.00
后单元	10	8.00

[0143]

表

	第一实施例	第二实施例	第三实施例	第四实施例	第五实施例	第六实施例
条件表达式(1)	0.688	0.688	0.699	0.688	0.688	0.688
条件表达式(2)	17.5	17.5	16.8	17.5	17.5	17.5
条件表达式(3)	-0.13	-0.17	0.13	-0.07	0.004	-0.13
条件表达式(4)	-8.39	-11.77	-7.56	-4.70	-8.03	-7.68
条件表达式(5)	3.20	3.84	3.31	4.25	3.04	2.80
条件表达式(6)	1.80	1.80	1.80	1.77	1.78	1.86

[0144]

[0145]	条件表达式(7)	0.12	0.12	0.08	0.15	0.14	0.06
	条件表达式(8)	18.09	19.59	22.57	28.38	19.98	21.16
	条件表达式(9)	90.20	90.20	100.00	91.60	97.00	90.20
	条件表达式(10)	1.70	1.70	1.69	1.69	1.67	1.72
	条件表达式(11)	0.59	0.59	0.59	1.27	0.50	0.58

[0146] 接下来,将参照图13描述使用本公开的光学系统的至少一个实施例作为摄像光学系统的监视摄像机(摄像装置)的实施例。在图13中,附图标记20表示监视摄像机主体。摄影光学系统21由根据上述的第一至第六实施例的任何光学系统来构造。诸如CCD传感器或CMOS传感器等的固态摄像元件22(光电转换元件)内置在监视摄像机主体20中并且接收由摄影光学系统21形成的被摄体像。

[0147] 通过由此将本公开的光学系统的至少一个实施例应用到诸如监视摄像机等的摄像装置中,能够获得具有高光学性能的紧凑广角摄像装置。

[0148] 虽然参照示例性实施例对本发明进行了描述,但是应当理解,本发明不限于所公开的示例性实施例。应当对所附权利要求的范围给予最宽的解释,以使其涵盖所有这些变型例以及等同的结构和功能。

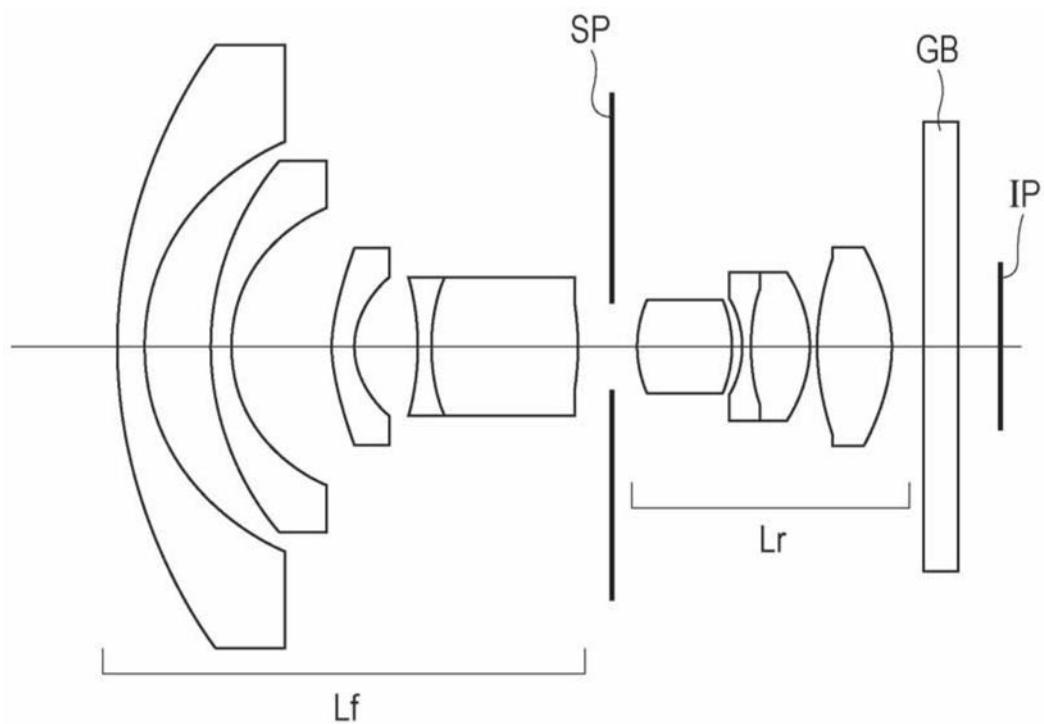


图1

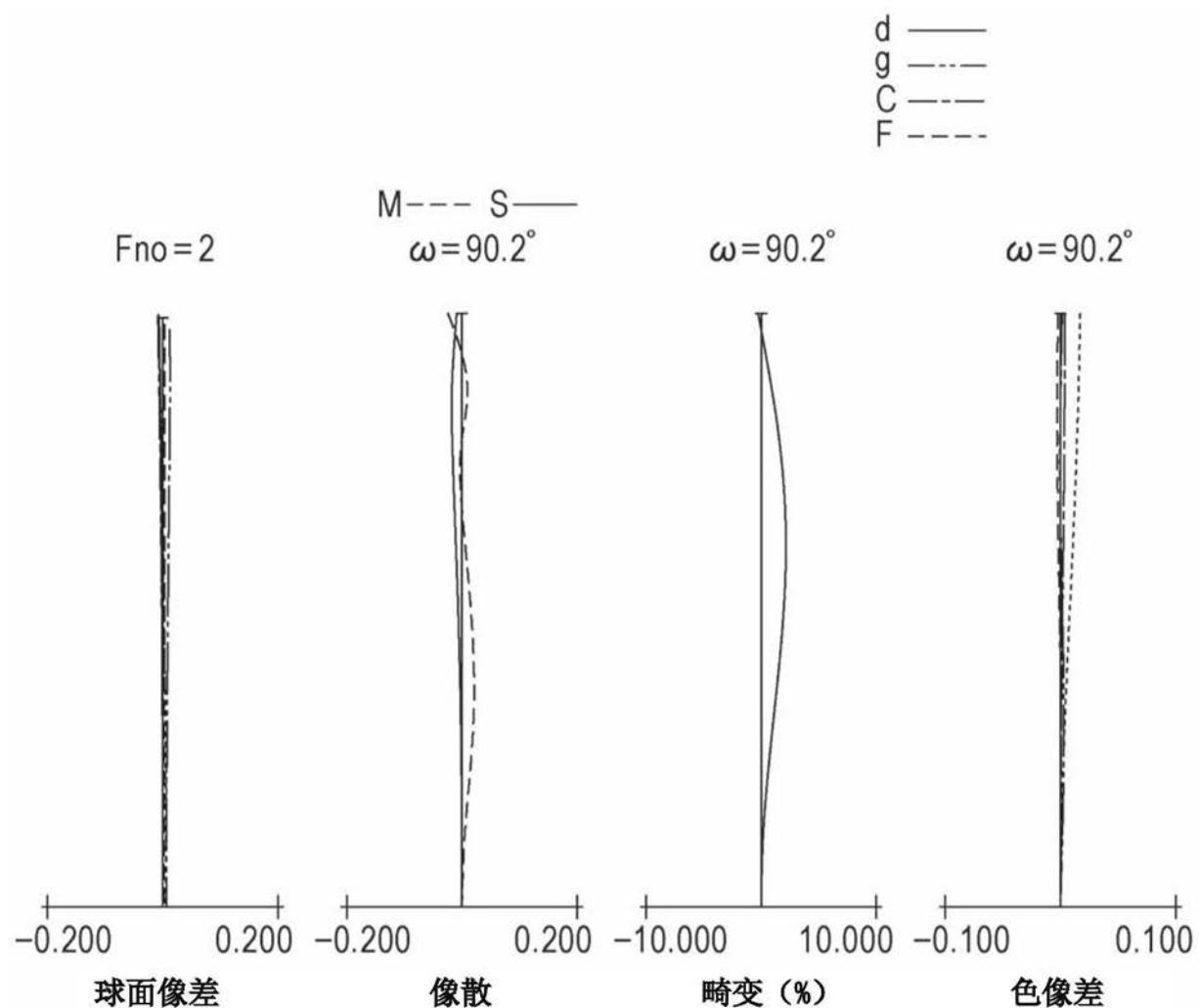


图2

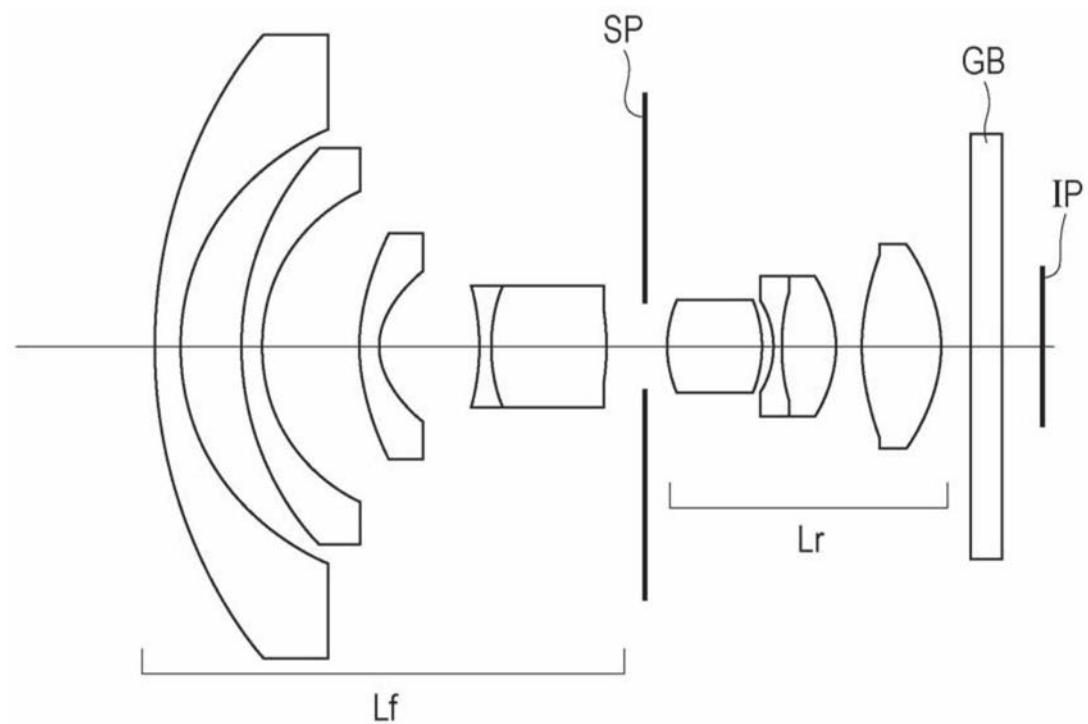


图3

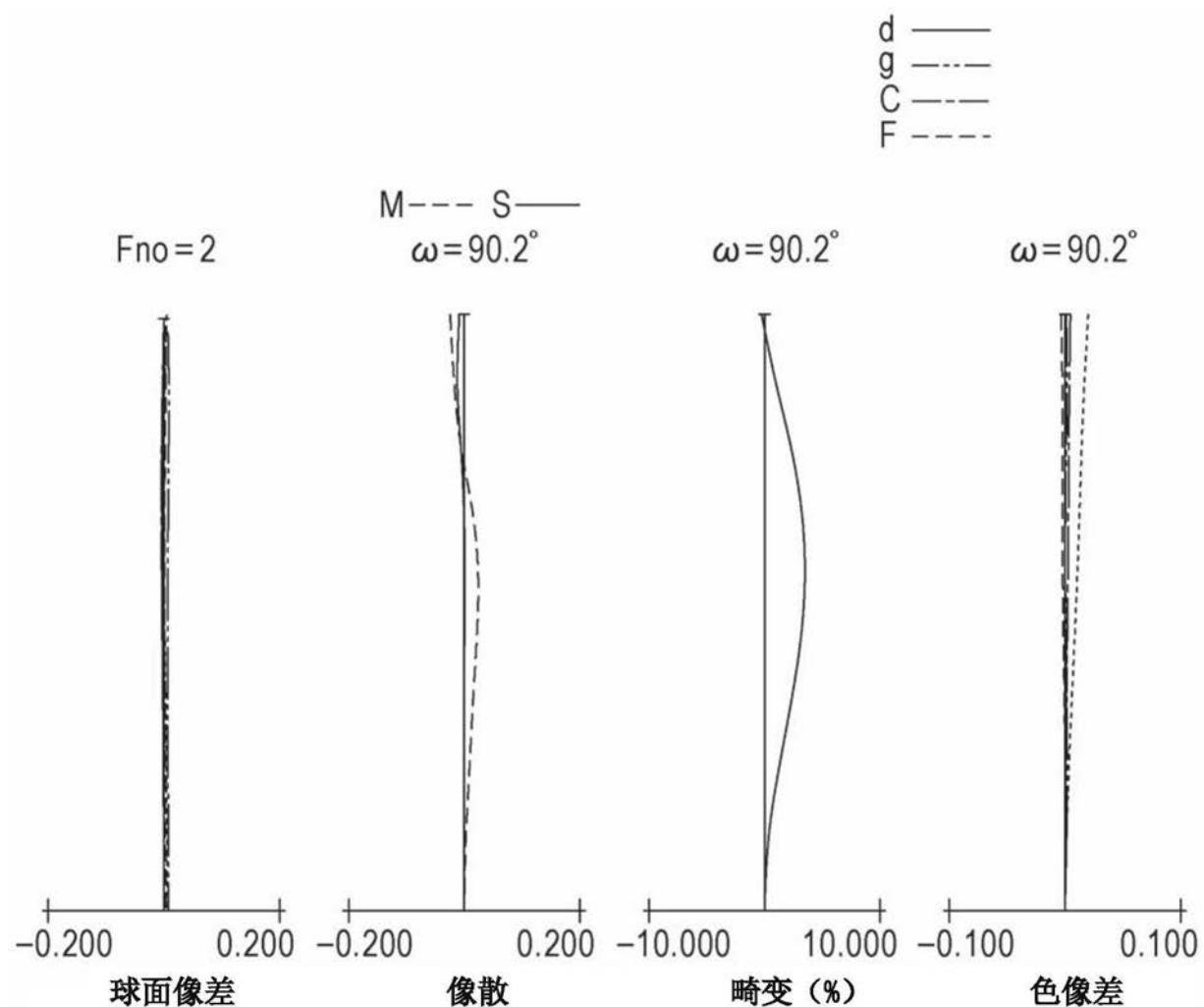


图4

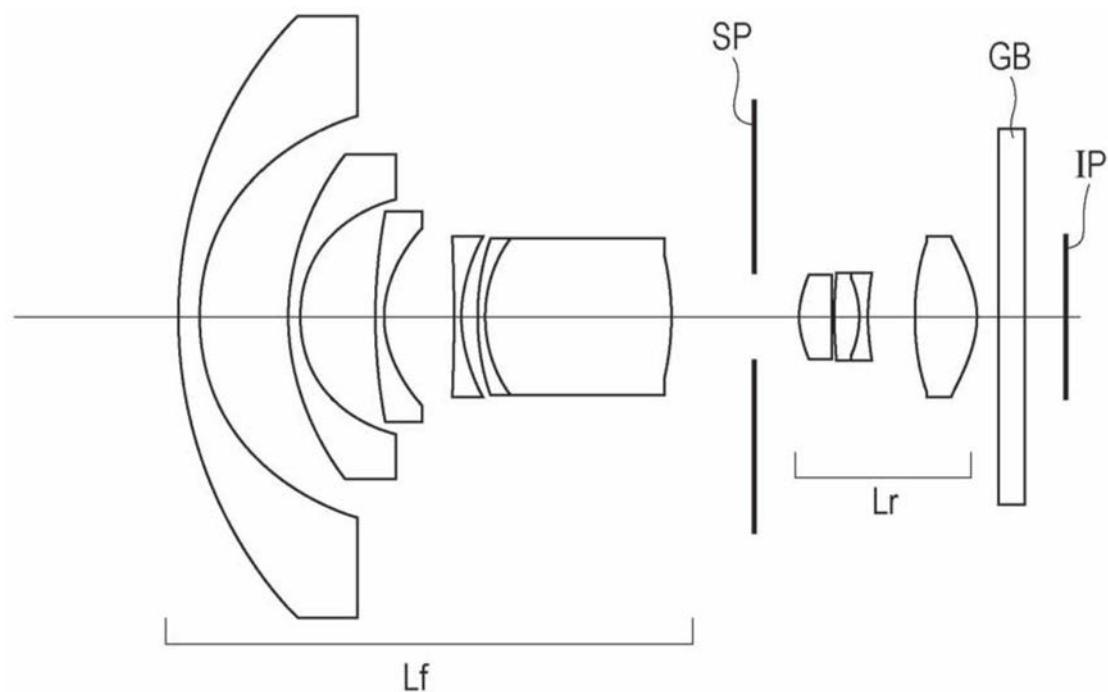


图5

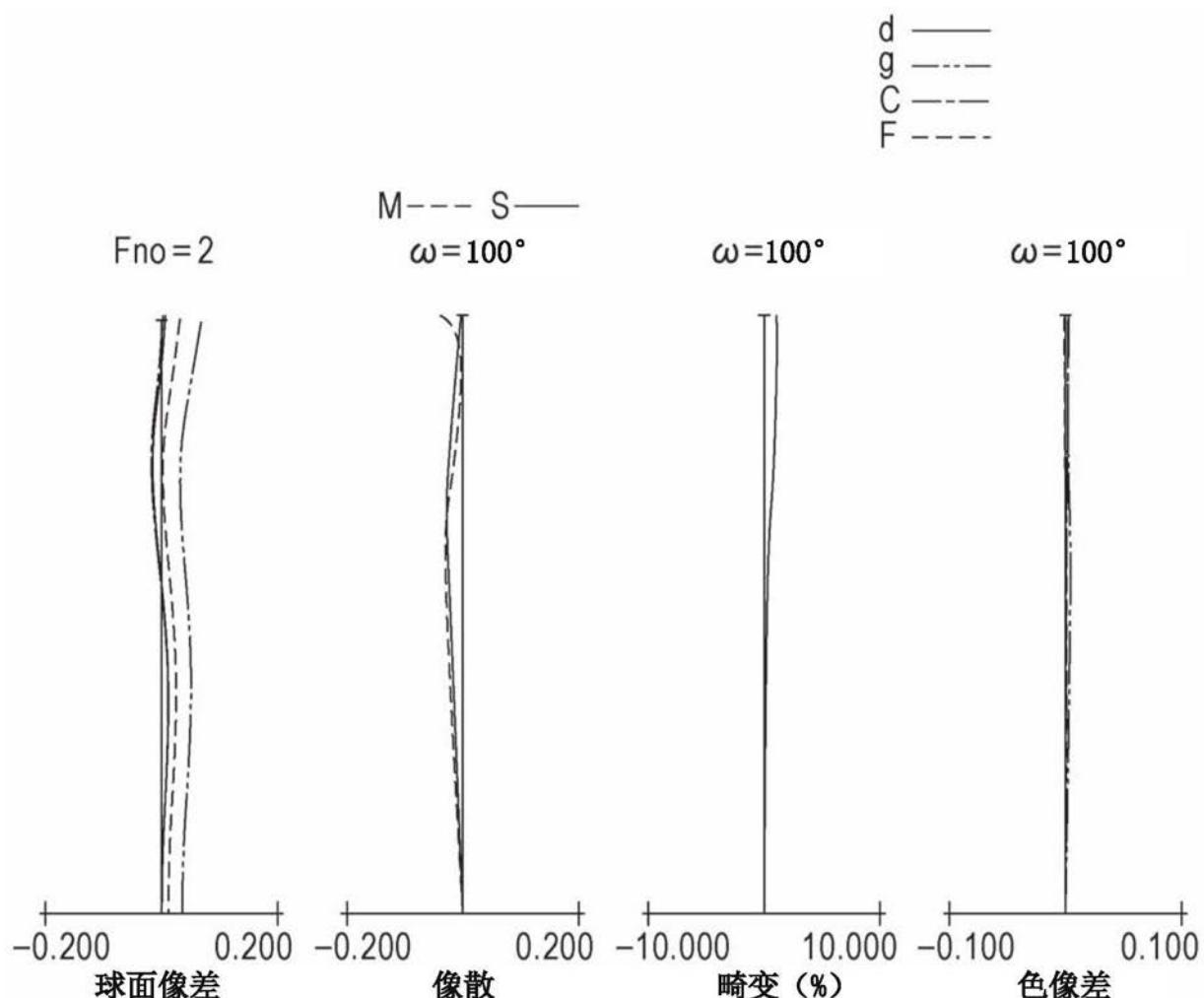


图6

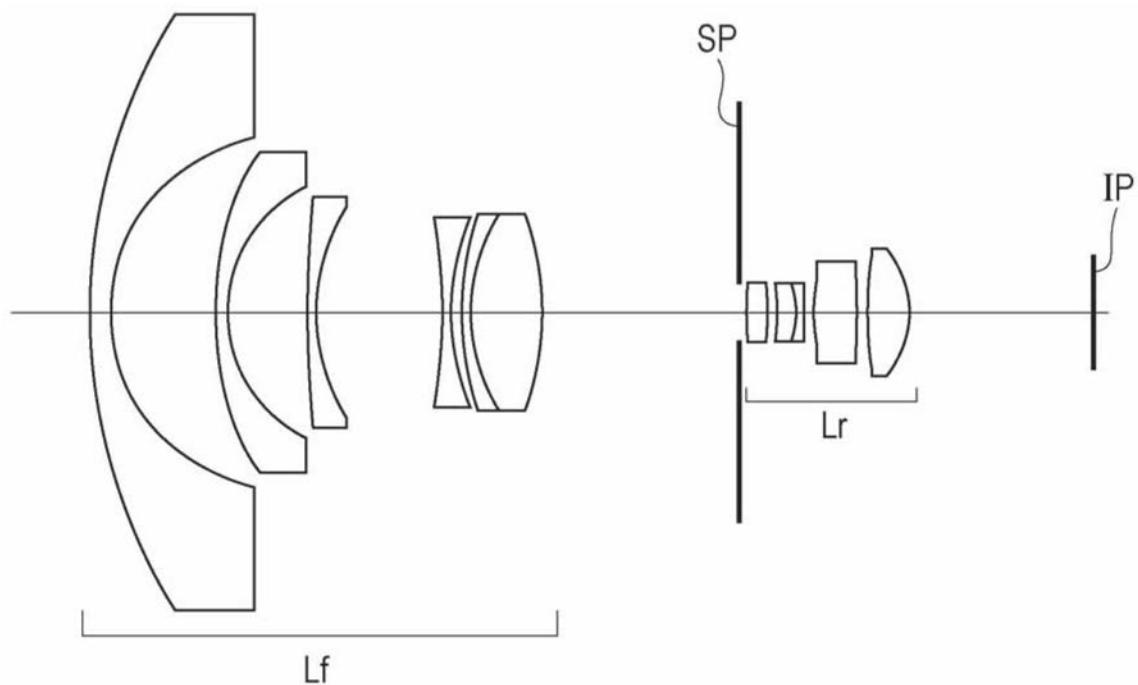


图7

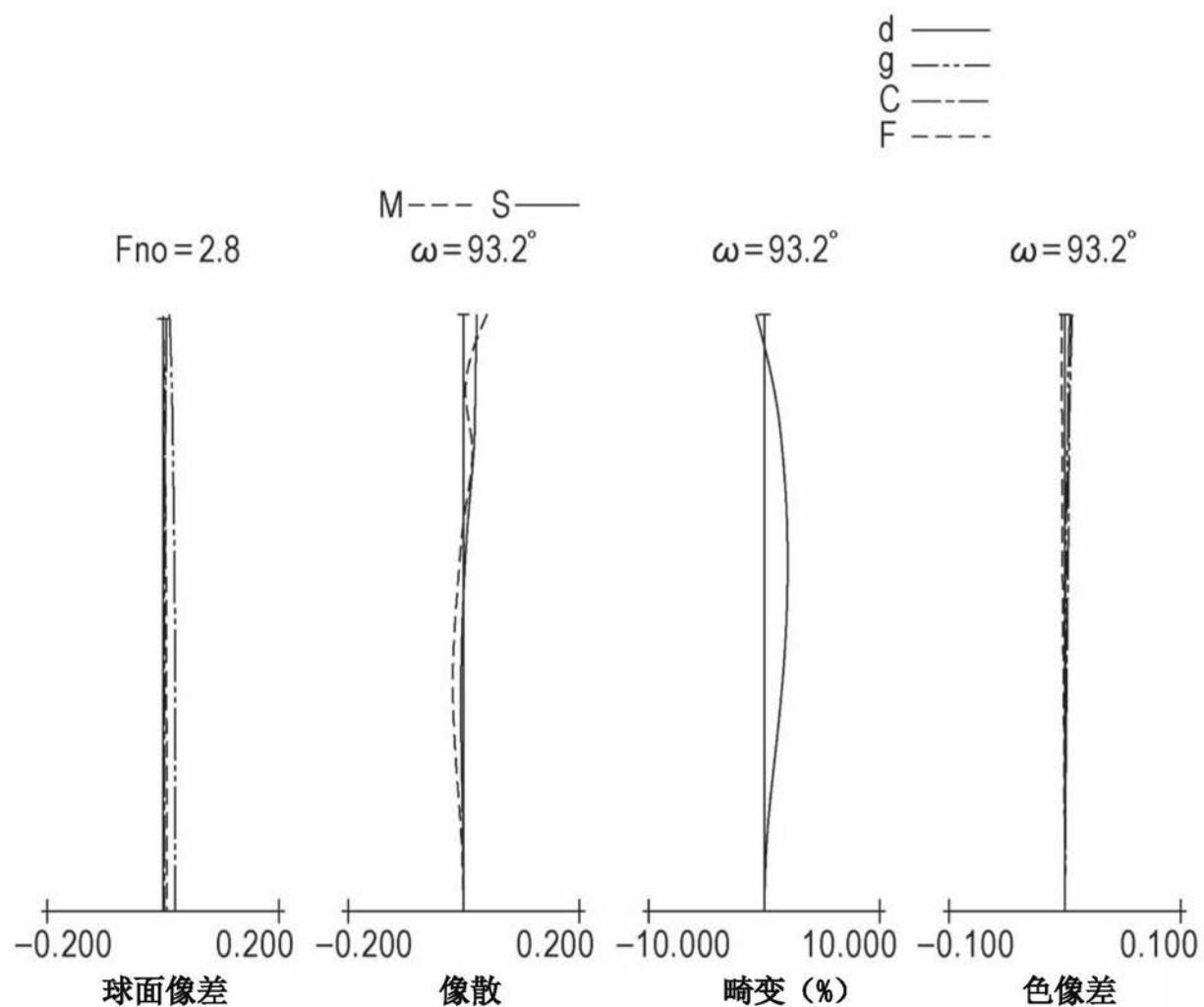


图8

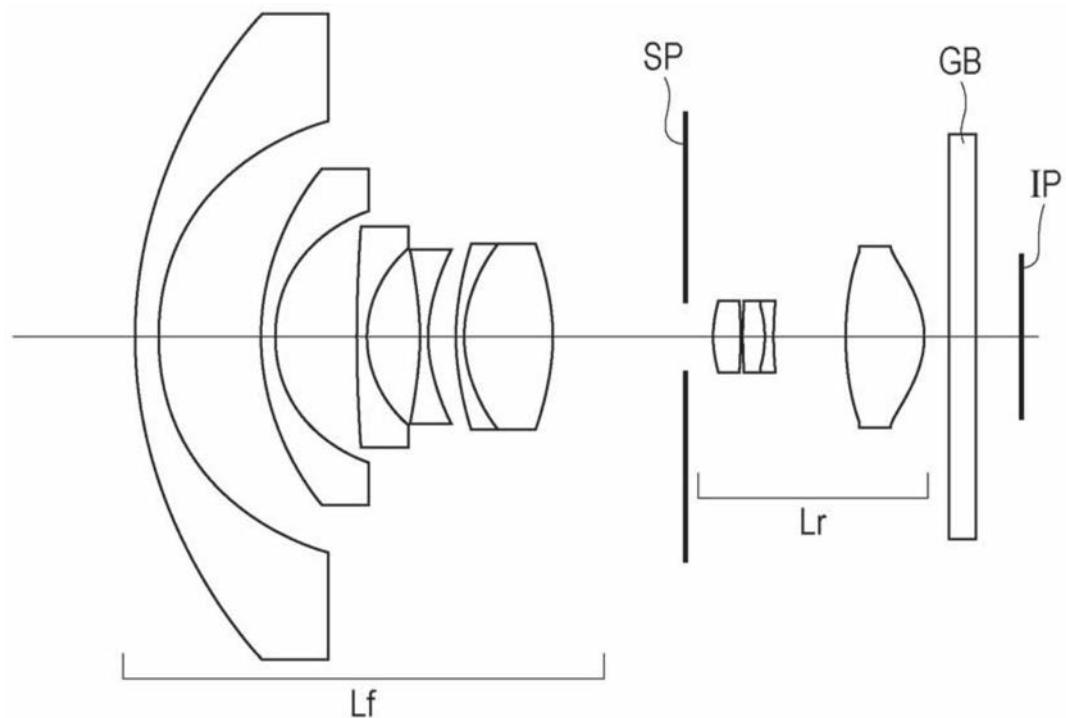


图9

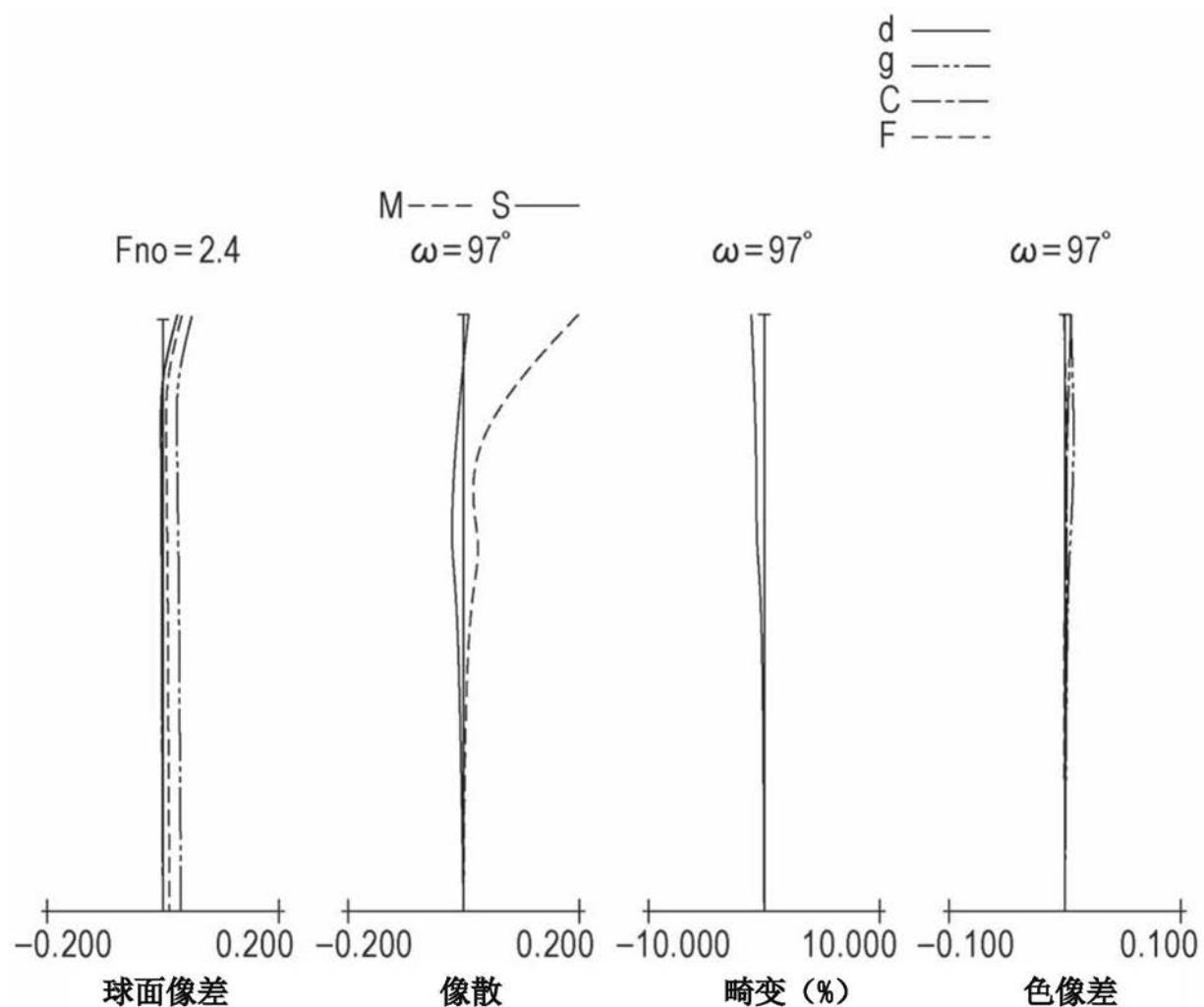


图10

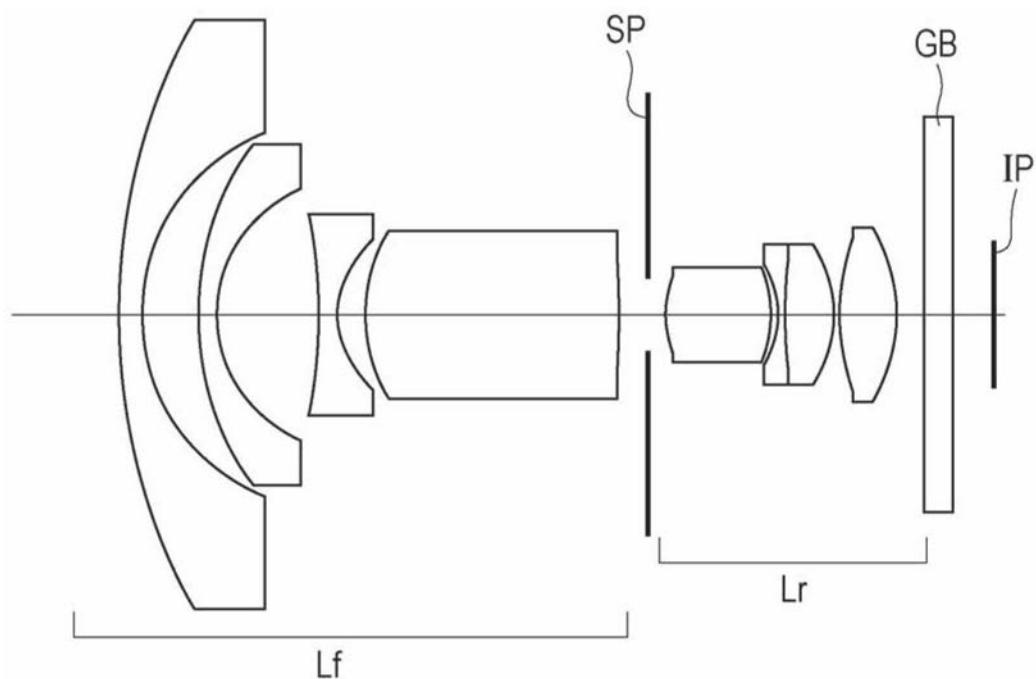


图11

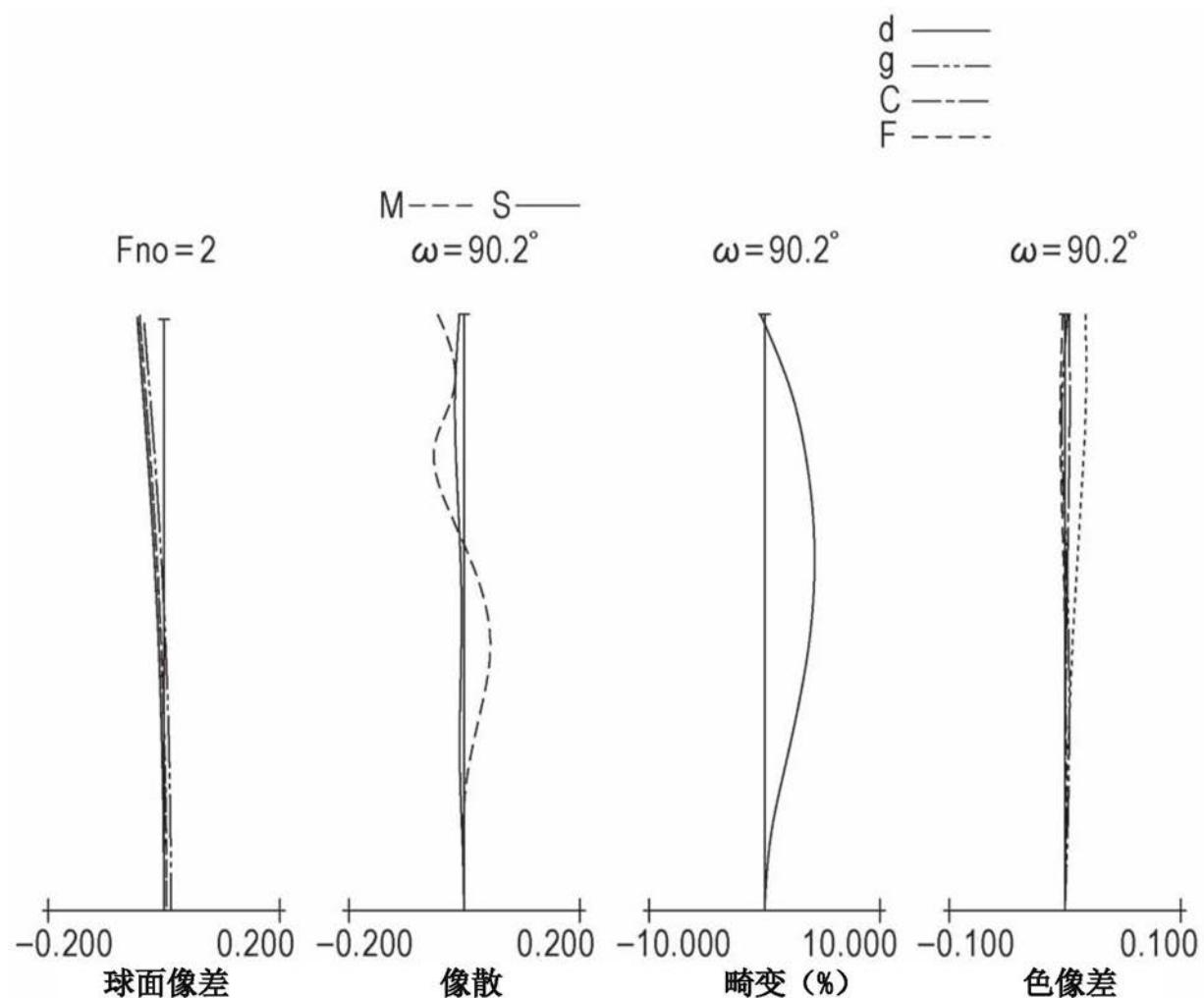


图12

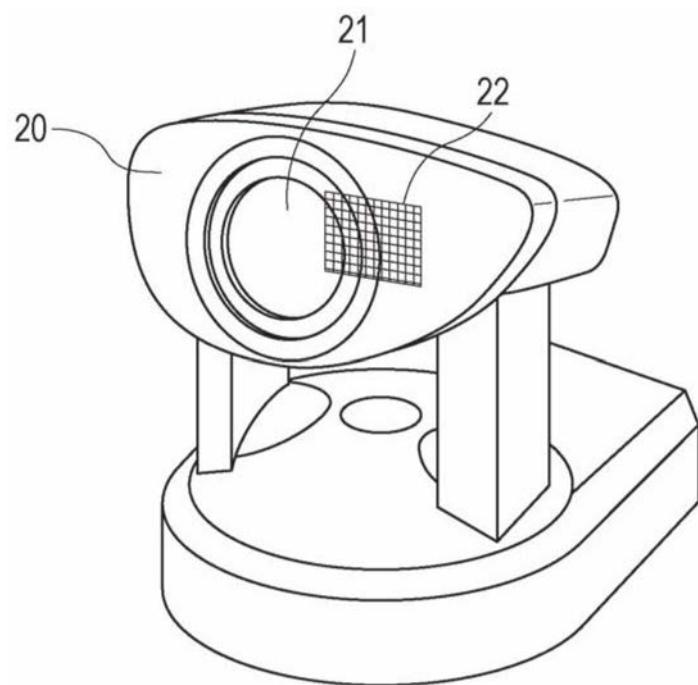


图13

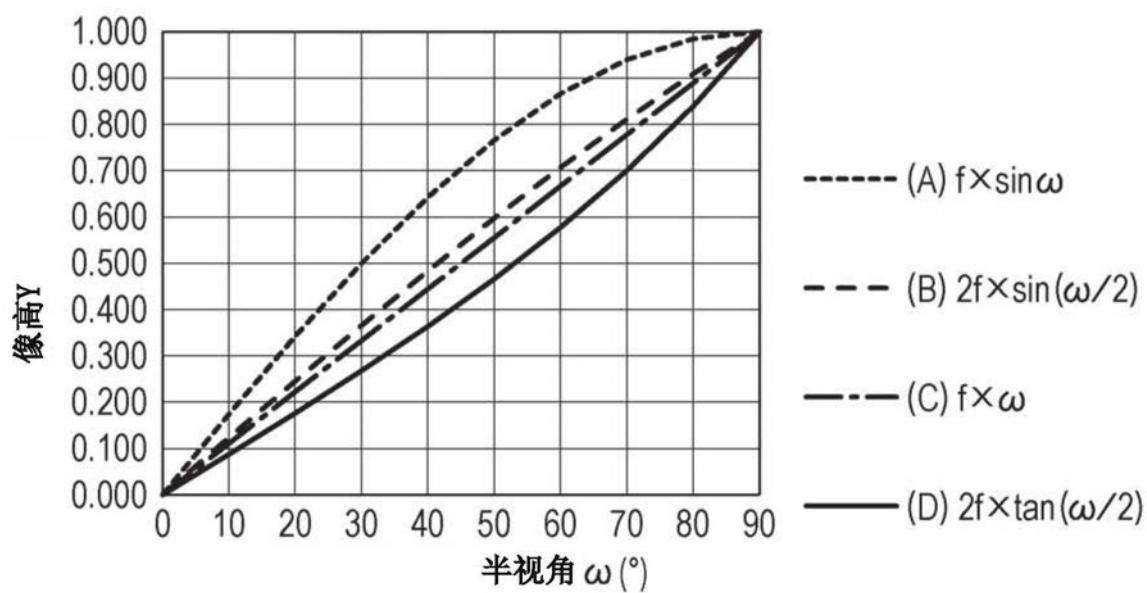


图14

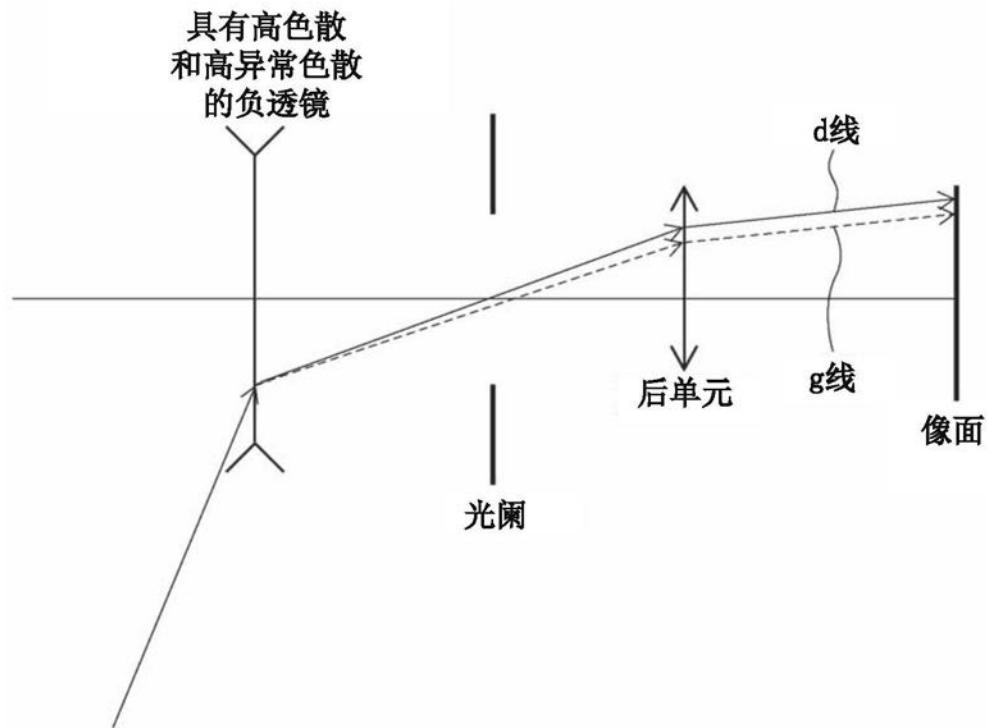


图15

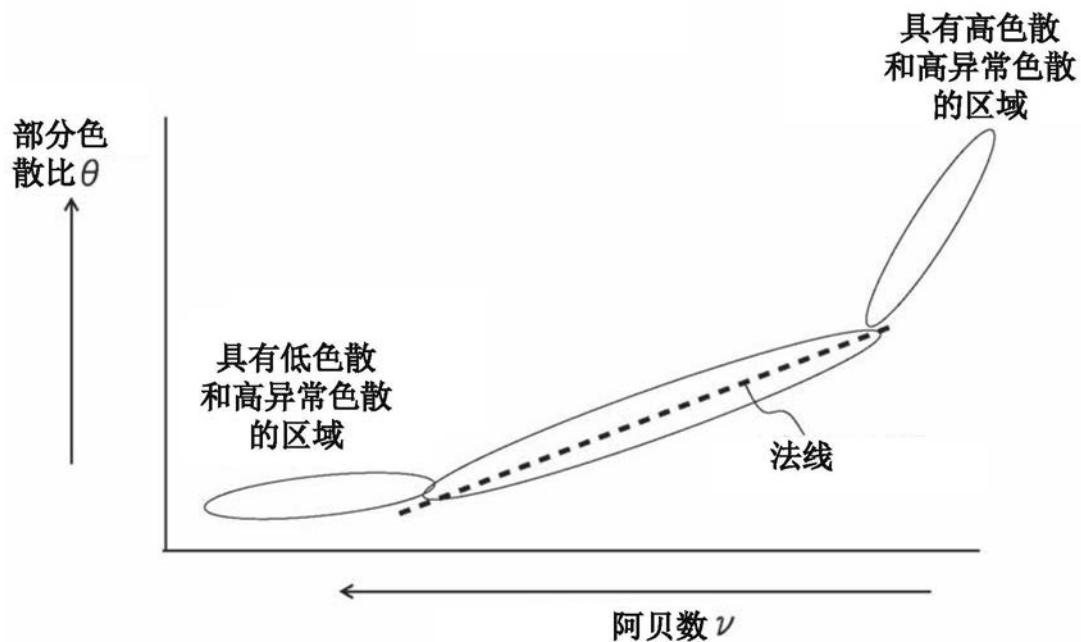


图16