



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106597646 B

(45) 授权公告日 2021.01.19

(21) 申请号 201610886406.3

(22) 申请日 2016.10.11

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106597646 A

(43) 申请公布日 2017.04.26

(30) 优先权数据

2015-203190 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

(51) Int.Cl.

G02B 13/06 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1685268 A, 2005.10.19

CN 102681142 A, 2012.09.19

CN 103885161 A, 2014.06.25

US 2015146085 A1, 2015.05.28

CN 104076492 A, 2014.10.01

CN 103698875 A, 2014.04.02

CN 102338926 A, 2012.02.01

CN 101510002 A, 2009.08.19

CN 102508353 A, 2012.06.20

US 2015097995 A1, 2015.04.09

CN 203930185 U, 2014.11.05

US 2014293441 A1, 2014.10.02

US 2013194465 A1, 2013.08.01

贾文质等.“有虚前焦面和负聚光镜的目镜”.《应用光学》.1982, (第1期),

审查员 胡瑞

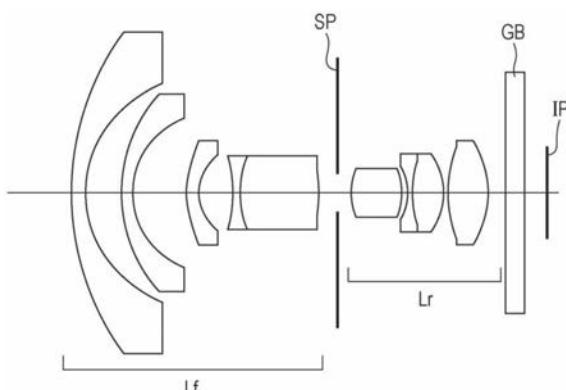
权利要求书1页 说明书17页 附图11页

(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。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、孔径光阑和具有正屈光力的后单元。在至少一个实施例中，从最靠近物侧的前单元的一侧连续地布置四个负透镜，并且，适当地设置前单元的焦距和后单元的焦距。



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,前单元包括从最靠近物侧的一侧连续地布置的四个负透镜,并且,满足如下条件式:

$$\begin{aligned} -0.90 < fr/ff < 0.02, \\ 1.63 < Y80/f < 1.80, \\ 1.10 < (G2R1+G2R2) / (G2R1-G2R2) < 5.00, \end{aligned}$$

其中,ff表示前单元的焦距,fr表示后单元的焦距,Y80表示在80°的半视角处的像高,f表示光学系统的焦距,以及G2R1和G2R2分别表示前单元中包括的所述多个透镜当中的、从物侧起的第二透镜的物侧透镜面的曲率半径和像侧透镜面的曲率半径。

2. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,满足如下条件式:
1.20 < (G1R1+G1R2) / (G1R1-G1R2) < 4.50,
其中,G1R1和G1R2分别表示前单元中包括的所述多个透镜当中的最靠近物侧配置的透镜的、物侧透镜面的曲率半径和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,满足如下条件式:
1.00 < (G3R1+G3R2) / (G3R1-G3R2) < 3.20,
其中,G3R1和G3R2分别表示前单元中包括的所述多个透镜当中的、从物侧起的第三透镜的物侧透镜面的曲率半径和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,满足如下条件式:
0.00 ≤ |(R1+R2)| / (R1-R2) ≤ 1.00,
其中,R1表示后单元中最靠近物侧的透镜的物侧透镜面的曲率半径,R2表示后单元中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,满足如下条件式:
7.00 < TD/f < 45.00,
其中,TD表示从前单元中最靠近物侧的透镜面到后单元中最靠近像侧的透镜面的光轴上的距离。

6. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,前单元由七个或更少的透镜组成。
7. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,后单元由五个或更少的透镜组成。
8. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,满足如下条件式:

$$0.20 < f^2 / (Y80 \times Fno) < 2.50,$$

其中,Fno表示光学系统在无穷远处的全孔径F数。

9. 一种摄像装置,所述摄像装置包括:

根据权利要求1所述的光学系统;以及

摄像元件,其被构造为接收由光学系统形成的像。

10. 根据权利要求9所述的摄像装置,其中,满足如下条件式:

$$85^\circ < \omega_{max} < 120^\circ,$$

其中, ω_{max} 表示光学系统的最大半视角。

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透镜的光学系统和包括该光学系统的摄像装置，并且适合用于例如使用摄像元件的摄像装置，例如，数字静止照相机、摄像机、监视照相机或广播照相机，或者，适合用于例如使用卤化银胶片的照相机的摄像装置。

背景技术

[0002] 近年来，使用固态摄像元件的摄像装置，例如，监视照相机或摄像机，已经被高度功能化并且尺寸整体上缩小。这些装置中使用的光学系统要求具有紧凑的尺寸和高的光学性能。此外，光学系统要求具有宽的视角，以能够通过单个摄像装置在宽的范围中进行摄影。

[0003] 鱼眼透镜被称为这样的光学系统，其允许在特定尺寸的图像圈内印记具有大约180度的总视角的区域。日本特开2006-17837号公报公开了这样一种鱼眼透镜，其中，从鱼眼透镜的最靠近物侧的一侧连续地布置三个负透镜，以提高分辨率。

[0004] 作为鱼眼透镜的投影方法，已知正交投影方法、等立体角投影方法、等距投影方法和立体投影方法。在这些投影方法当中的立体投影方法中，光轴附近的像被强烈压缩，压缩效果朝向周边减弱。因此，例如，畸变像差和球面像差显眼。由于这种原因，要求提供用于立体投影方法的光学系统以针对诸如畸变像差和球面像差等各种像差而被适当地校正。

[0005] 由于在日本特开2006-17837号公报的光学系统中，在孔径光阑的物侧的前单元和孔径光阑的像侧的后单元中，光焦度布置 (power arrangement) 是不适合的，所以，在通过立体投影方法摄像时例如畸变像差和球面像差等容易残存。

发明内容

[0006] 根据本公开的一个方面的光学系统从物侧到像侧依次包括具有多个透镜的前单元、孔径光阑和具有正屈光力 (refractive power) 的后单元。前单元包括从最靠近物侧的一侧连续地布置的四个负透镜，并且，满足如下条件式：

[0007] $-0.90 < fr/ff < 0.75$ ，

[0008] 其中，ff表示前单元的焦距，并且，fr表示后单元的焦距。

[0009] 根据本公开的其他方面，一种或多种附加光学系统、一种或多种摄像装置以及与其一起使用的一种或多种方法在此被讨论。根据下面参照附图对示例性实施例的描述，本公开的另外的特征将变得清楚。

附图说明

[0010] 图1是根据第一实施例的光学系统的透镜截面图。

[0011] 图2是根据第一实施例的光学系统的像差图。

[0012] 图3是根据第二实施例的光学系统的透镜截面图。

[0013] 图4是根据第二实施例的光学系统的像差图。

- [0014] 图5是根据第三实施例的光学系统的透镜截面图。
- [0015] 图6是根据第三实施例的光学系统的像差图。
- [0016] 图7是根据第四实施例的光学系统的透镜截面图。
- [0017] 图8是根据第四实施例的光学系统的像差图。
- [0018] 图9是根据第五实施例的光学系统的透镜截面图。
- [0019] 图10是根据第五实施例的光学系统的像差图。
- [0020] 图11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。
- [0021] 图12示出投影方法的特性。

具体实施方式

[0022] 下面将参照附图详细地描述根据本公开的光学系统和包括该光学系统的摄像装置的至少一个实施例。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、孔径光阑和具有正屈光力的后单元。

[0023] 图1是根据第一实施例的光学系统的透镜截面图。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透镜截面图。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透镜截面图。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。

[0024] 图7是根据第四实施例的光学系统的透镜截面图。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透镜截面图。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。

[0025] 图11是包括根据本公开的至少一个实施例的光学系统的监视照相机(摄像装置)的主要部分的示意图。各个实施例的光学系统是在例如数字静止照相机、摄像机、监视照相机或广播照相机等的摄像装置中使用的摄影透镜系统(image-taking lens system)。在各个透镜截面图中,左侧是物侧,右侧是像侧。在各个透镜截面图中,Lf表示前单元,Lr表示后单元,SP表示孔径光阑。

[0026] GB表示与滤光器、面板、低通滤波器或红外截止滤波器对应的光学块,IP表示像平面。在本公开的光学系统的至少一个实施例用作摄像机或监视照相机的摄像光学系统时,像平面IP对应于诸如CCD传感器或CMOS传感器的固态摄像元件(光电转换元件)。在本公开的光学系统的至少一个实施例用作卤化银胶片照相机的摄像光学系统时,像平面IP对应于胶片面。

[0027] 在各个球面像差图中,Fno表示F数,并且,示出d线(波长587.6nm)和g线(波长435.8nm)的球面像差。在各个像散图中,S表示弧矢像平面,M表示子午像平面。针对d线示出畸变像差。在各个色像差图中,示出d线和g线的横向色像差,并且,ω表示摄像半视角。畸变像差被示出为稍后描述的立体投影方法中的畸变量。

[0028] 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,意图主要用作鱼眼透镜。作为鱼眼透镜的投影方法,如上所述,已知正交投影方法、等立体角投影方法、等距

投影方法和立体投影方法。这里,当投影平面上的像高被表示为Y,整个光学系统的焦距被表示为f,并且,半视角被表示为 ω 时,投影方法由下式表达:

- [0029] (A) 正交投影方法: $Y=f \times \sin \omega$
- [0030] (B) 等立体角投影方法: $Y=2f \times \sin(\omega/2)$
- [0031] (C) 等距投影方法: $Y=f \times \omega$
- [0032] (D) 立体投影方法: $Y=2f \times \tan(\omega/2)$

[0033] 图12示意性地示出在所述投影方法中在90°的半视角处的像高是1时的半视角与像高之间的关系。在(A)正交投影方法中,像在图像区域的中心附近没有被如此强烈地压缩,但是,在图像区域的周边被强烈地压缩。相反,在(D)立体投影方法中,像在图像区域的中心附近被强烈地压缩,但是,在图像区域的周边没有被如此强烈地压缩。在立体投影方法中,由于在周边区域中像的变形度低,所以在周边区域中像差的影响也显眼。由于这种原因,提供用于立体投影方法的光学系统也被要求在周边区域中具有高的光学性能。

[0034] 监视照相机也被要求对周边图像进行清晰摄影,并且,在鱼眼透镜被应用于监视照相机时,通常使用立体投影方法。本公开的光学系统的至少一个实施例意图主要用于鱼眼透镜。为了在立体投影方法中获得高的光学性能,光学系统也被要求针对畸变像差和球面像差被适当地校正。

[0035] 因此,在本公开的光学系统的至少一个实施例中,从前单元Lf的最靠近物侧的一侧连续地布置四个负透镜。为了实现宽的视角,离轴光束需要被配置在前单元Lf的物侧的负透镜极大地折射。为了极大地折射该光束,增大负透镜的屈光力是必要的。这里,在离轴光束通过小数量的负透镜极大地折射时,各个负透镜的屈光力过度增大,出现很多的畸变像差、场弯曲和像散。

[0036] 在本公开的至少一个实施例中,该负屈光力由从前单元Lf的最靠近物侧的一侧被连续地布置的四个负透镜分担。这可以减少前单元Lf中包括的负透镜的屈光力,并且可以有效地抑制畸变像差、场弯曲、像散等的发生。

- [0037] 各个实施例的光学系统满足如下条件式:

$$-0.90 < fr/ff < 0.75 \quad (1)$$

[0039] 其中,ff表示前单元Lf的焦距,fr表示后单元Lr的焦距。

[0040] 条件式(1)定义前单元Lf的焦距ff和后单元Lr的焦距fr之比。在该值小于条件式(1)的下限值时,前单元Lf的负屈光力变得太强,并且,在孔径光阑附近的边缘光线的发散作用变得太大。结果是,有必要增大孔径光阑附近的后单元Lr中配置的正透镜的屈光力,并且,这样使得难以适当地校正在后单元Lr中发生的球面像差。此外,如果通过增加后单元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,则透镜的数量增加,并且这增大了光学系统的总尺寸。

[0041] 在该值大于条件式(1)的上限值时,前单元Lf的正屈光力变得太强,并且,在孔径光阑附近的边缘光线的会聚作用变得太大。结果是,进入后单元Lr的光束的高度变得太小,并且,难以适当地校正在前单元Lf中发生的诸如轴向色像差等的像差。

[0042] 在各个实施例中,如上所述,所述元件被适当地设置为满足条件式(1)。因此,可以获得具有高的光学性能的紧凑的广角变焦透镜。

- [0043] 在各个实施例中,条件式(1)的数值范围被优选地设置为如下:

[0044] $-0.85 < fr/ff < 0.70$ (1a)。

[0045] 条件式(1)的数值范围被更优选地设置为如下：

[0046] $-0.80 < fr/ff < 0.65$ (1b)。

[0047] 在各个实施例中,进一步优选的是满足如下条件式中的至少一个：

[0048] $1.20 < (G1R1+G1R2) / (G1R1-G1R2) < 4.50$ (2)

[0049] $1.10 < (G2R1+G2R2) / (G2R1-G2R2) < 5.00$ (3)

[0050] $1.00 < (G3R1+G3R2) / (G3R1-G3R2) < 3.20$ (4)

[0051] $0.00 \leq |(R1+R2)| / (R1-R2) \leq 1.00$ (5)

[0052] $7.00 < TD/f < 45.00$ (6)。

[0053] 这里, $G1R1$ 和 $G1R2$ 分别表示前单元 L_f 中的最靠近物侧配置的透镜的物侧透镜面和像侧透镜面的曲率半径。 $G2R1$ 和 $G2R2$ 分别表示前单元 L_f 中的从物侧起的第二透镜的物侧透镜面和像侧透镜面的曲率半径。 $G3R1$ 和 $G3R2$ 分别表示前单元 L_f 中的从物侧起的第三透镜的物侧透镜面和像侧透镜面的曲率半径。此外, $R1$ 表示后单元 L_r 的最靠近物侧的透镜面的曲率半径, $R2$ 表示后单元 L_r 的最靠近像侧的透镜面的曲率半径, TD 表示从前单元 L_f 的最靠近物侧的透镜面到后单元 L_r 的最靠近像侧的透镜面的光轴上的距离, f 表示整个光学系统的焦距。

[0054] 条件式(2)定义配置在前单元 L_f 的最靠近物侧的一侧的负透镜 $G1$ 的形状。条件式(2)示出配置在前单元 L_f 的最靠近物侧的一侧的负透镜 G 具有向物侧凸起的弯月形状。当该值小于条件式(2)的下限值时,负透镜 $G1$ 的物侧透镜面的曲率半径变得太大。结果是,在周边像高处形成像的光束的折射角变得太大,并且出现很多的畸变像差、场弯曲和像散。当该值大于条件式(2)的上限值时,负透镜 $G1$ 的物侧透镜面的曲率半径太接近像侧透镜面的曲率半径。结果是,负透镜 $G1$ 的负屈光力变得太弱,并且,难以实现充分宽的视角。

[0055] 条件式(3)定义前单元 L_f 中的从物侧起的第二负透镜 $G2$ 的形状。条件式(3)示出负透镜 $G2$ 具有向物侧凸起的弯月形状。当该值小于条件式(3)的下限值时,负透镜 $G2$ 的物侧透镜面的曲率半径变得太大。结果是,在周边像高处形成像的光束的折射角变得太大,并且,出现很多的畸变像差、场弯曲和像散。当该值大于条件式(3)的上限值时,负透镜 $G2$ 的物侧透镜面的曲率半径太接近像侧透镜面的曲率半径。结果是,负透镜 $G2$ 的负屈光力变得太弱,并且,难以实现充分宽的视角。

[0056] 条件式(4)定义前单元 L_f 中的从物侧起的第三负透镜 $G3$ 的形状。条件式(3)示出负透镜 $G3$ 具有向物侧凸起的弯月形状。当该值小于条件式(4)的下限值时,负透镜 $G3$ 的物侧透镜面的曲率半径变得太大。结果是,在周边像高处形成像的光束的折射角变得太大,并且,出现很多的畸变像差、场弯曲和像散。当该值大于条件式(4)的上限值时,负透镜 $G3$ 的物侧透镜面的曲率半径太接近像侧透镜面的曲率半径。结果是,负透镜 $G3$ 的负屈光力变得太弱,并且,难以实现充分宽的视角。

[0057] 条件式(5)定义后单元 L_r 的最靠近物侧的透镜面的曲率半径 $R1$ 和后单元 L_r 的最靠近像侧的透镜面的曲率半径 $R2$ 。条件式(5)示出后单元 L_r 的最靠近物侧的透镜面和后单元 L_r 的最靠近像侧的透镜面都是凸面。通过由凸面形成后单元 L_r 的最靠近物侧的透镜面,可以减少通过后单元 L_r 的轴上边缘光线的高度。因此,可以缩短后单元 L_r 中包括的透镜的有效直径,从而减小透镜系统的总尺寸。

[0058] 通过由凸面形成后单元L_r的最靠近像侧的透镜面,可以增强远心性(telecentricity)。在本公开的光学系统的至少一个实施例被用于包括摄像元件的摄像装置中时,优选的是,光束应该从垂直方向进入摄像元件的光接收面。如果光束入射在光接收面上的角度增大,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,通过由凸面形成后单元L_r的最靠近像侧的透镜面来防止周边光量比的减少,以增强远心性。在该值大于条件式(5)的上限值或者小于其下限值时,难以在实现整个透镜系统的尺寸减小的同时抑制周边光量比的减少。

[0059] 条件式(6)定义整个光学系统的总透镜长度TD和整个光学系统的焦距f之比。在总透镜长度TD减少使得该值变成小于条件式(6)的下限值时,增大透镜面的屈光力。在增大透镜面的屈光力时,出现各种像差,并且,这降低光学系统的光学性能。在总透镜长度TD增大使得该值变成大于条件式(6)的上限值时,光学系统的总尺寸增大。

[0060] 条件式(2)至条件式(6)的数值范围被优选地设置为如下:

[0061] $1.40 < (G1R1+G1R2) / (G1R1-G1R2) < 4.00$ (2a)

[0062] $1.30 < (G2R1+G2R2) / (G2R1-G2R2) < 4.50$ (3a)

[0063] $1.05 < (G3R1+G3R2) / (G3R1-G3R2) < 3.00$ (4a)

[0064] $0.03 \leq |(R1+R2)| / (R1-R2) \leq 0.80$ (5a)

[0065] $10.00 < TD/f < 40.00$ (6a)。

[0066] 条件式(2)至条件式(6)的数值范围被更优选地设置为如下:

[0067] $1.60 < (G1R1+G1R2) / (G1R1-G1R2) < 3.50$ (2b)

[0068] $1.50 < (G2R1+G2R2) / (G2R1-G2R2) < 4.00$ (3b)

[0069] $1.10 < (G3R1+G3R2) / (G3R1-G3R2) < 2.80$ (4b)

[0070] $0.05 \leq |(R1+R2)| / (R1-R2) \leq 0.75$ (5b)

[0071] $12.00 < TD/f < 35.00$ (6b)。

[0072] 前单元L_f优选地由七个或更少的透镜构成。在各个实施例中,光学系统具有约180°的视角,前单元L_f中包括的各个透镜的有效直径容易大,并且,各个透镜的重量也容易大。通过由七个或更少的透镜构成前单元L_f,可以有效地减少前单元L_f的总重量。后单元L_r优选地由五个或更少的透镜构成。这可以有效地实现整个透镜系统的尺寸减少和重量减少。

[0073] 在各个实施例中,至少两个非球面透镜被优选地配置在光学系统中。通过适当地使用非球面透镜,可以很好地校正场弯曲、像散和球面像差。尤其是,向像侧凸起的非球面透镜被优选地配置在后单元L_r的最靠近像侧的一侧。这可以使摄像元件上的光入射角靠近远心条件,并且,可以抑制周边光量比的减少。

[0074] 在本公开的光学系统的至少一个实施例被应用于包括接收由光学系统形成的像的摄像元件的摄像装置时,优选地满足如下条件式:

[0075] $85^\circ < \omega_{max} < 120^\circ$ (7)

[0076] $1.55 < Y80/f < 1.80$ (8)

[0077] $0.20 < f^2 / (Y80 \times Fno) < 2.50$ (9)。

[0078] 这里, ω_{max} 表示光学系统的最大半视角, $Y80$ 表示在80°的视角处的摄像元件的像高, f 表示整个光学系统的焦距, Fno 表示光学系统在无穷远处的全孔径F数。

[0079] 在最大半视角 ω_{\max} 小于条件式(7)的下限值时,无法实现充分宽的视角。在最大半视角 ω_{\max} 大于条件式(7)的上限值时,在各个视角处的信息量减少,并且,这降低了分辨率。

[0080] 条件式(8)定义在具有80°的半视角的光束形成像的像高的偏移。在立体投影方法中,如上所述,像高由焦距和半视角确定。这里,当在立体投影方法中经由光学系统在成像面上形成被摄体的像时,出现畸变像差,并且,像高偏移。当该值小于条件式(8)的下限值时,在具有80°的半视角的光束形成像的像高比理想的像高低很多,并且,光轴附近的信息被过度压缩。这可能会降低图像质量。当该值大于条件式(8)的上限值时,在具有80°的半视角的光束形成像的像高比理想的像高高很多,并且,周边区域中的信息被过度压缩。这可能会降低图像质量。

[0081] 条件式(9)定义泛焦光学系统的超焦距。在泛焦光学系统中,在从半超焦距到无穷远处的范围中的所有的被摄体距离都在景深内。最近的聚焦距离是超焦距sh的1/2。这里,超焦距sh由 $sh = f^2 / (\epsilon \times Fno)$ 表达,其中, ϵ 表示可容许的模糊圈的直径。可容许的模糊圈的直径 ϵ 与像素间距p成比例,并且,由 $\epsilon \propto p$ 表达。此外,在像素被均匀地布置在摄像元件中时,由于像素间距p与像高Y成比例,所以超焦距sh与 $f^2 / (Y \times Fno)$ 成比例。

[0082] 在该值小于条件式(9)的下限值时,在无穷远处的全孔径F数Fno变得太大,并且,难以确保充分的亮度。而且,整个光学系统的焦距f变得太短,并且,出现很多像差。在该值大于条件式(9)的上限值时,最近的聚焦距离增大,并且,摄影区域变窄。

[0083] 在各个实施例中,条件式(7)至条件式(9)的数值范围被优选地设置为如下:

[0084] $87^\circ < \omega_{\max} < 115^\circ$ (7a)

[0085] $1.59 < Y80/f < 1.77$ (8a)

[0086] $0.25 < f^2 / (Y80 \times Fno) < 2.00$ (9a)。

[0087] 条件式(7)至条件式(9)的数值范围被更优选地设置为如下:

[0088] $89^\circ < \omega_{\max} < 110^\circ$ (7b)

[0089] $1.63 < Y80/f < 1.73$ (8b)

[0090] $0.30 < f^2 / (Y80 \times Fno) < 1.50$ (9b)。

[0091] 接下来,将描述实施例中的透镜结构。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、各个具有向物侧凸起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胶合透镜组成。通过由非球形面形成从物侧起的第三负透镜的两个面,很好地校正场弯曲。后单元Lr由从物侧到像侧依次地布置的双凸正透镜、双凹负透镜和双凸正透镜的胶合透镜以及双凸正透镜组成。通过由非球形面形成最靠近像侧的正透镜的两个面,很好地校正场弯曲和球面像差。

[0092] 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个具有向物侧凸起的弯月形状的三个负透镜、双凹负透镜以及向物侧凸起的弯月形负透镜和双凸正透镜的胶合透镜组成。通过由非球形面形成从物侧起的第三负透镜的两个面,很好地校正场弯曲。后单元Lr由从物侧到像侧依次地布置的双凸正透镜、双凸正透镜和双凹负透镜的胶合透镜以及双凸正透镜组成。通过由非球形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,很好地校正场弯曲和球面像差。

[0093] 在第四实施例的光学系统中,前单元Lf的结构与第三实施例的结构相同。后单元

Lr由从物侧到像侧依次布置的双凸正透镜、向像侧凸起的弯月形正透镜和双凹负透镜的胶合透镜、双凸正透镜以及双凸正透镜组成。通过由非球形面形成后单元Lr中的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,很好地校正场弯曲和球面像差。在第五实施例的光学系统中,前单元Lf和后单元Lr的结构与第三实施例中采用的结构相同。

[0094] 接下来,将示出与本公开的第一实施例至第五实施例对应的第一数值实施例至第五数值实施例中的透镜数据。在各个数值实施例中,i表示从物侧起的光学面的顺序,ri表示第i光学面(第i面)的曲率半径,di表示第i面与第(i+1)面之间的距离,并且,ndi和vd i分别表示第i光学构件的材料对于d线的折射率和阿贝数。

[0095] 在K表示离心率,A4,A6,A8和A10均表示非球形面系数,x表示在离光轴的高度h处在光轴方向上离面顶点的位移量时,非球形面由下式表达:

$$[0096] x = (h^2/r) / [1 + [1 - (1+K) (h/r)^2]^{1/2}] + A4h^4 + A6h^6 + A8h^8 + A10h^{10}$$

[0097] 其中,r表示旁轴曲率半径。此外,|e-Z|是指 $|10^{-Z}|$ 。

[0098] 在各个实施例中,后焦距(BF)是指由等效空气长度表达的从透镜系统的最靠近像侧的面到像平面的距离。表1示出数值实施例与上述条件式的对应关系。

[0099] 第一数值实施例

[0100] 单位mm

[0101] 面数据

面编号	r	d	nd	vd
1	24.640	1.25	1.77250	49.6
2	10.334	3.08		
3	13.519	1.00	1.95906	17.5
4	7.083	4.69		
5*	8.181	1.00	1.76802	49.2
6*	3.330	3.00		
[0102]	7	-13.041	0.60	1.59522
	8	8.521	6.87	2.00069
9	-15.485	1.65		
10(光阑)	∞	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
15	-6.064	0.33		

16*	9.089	3.52	1.55332	71.7
17*	-7.138	1.46		
[0103]	18	∞	1.60	1.51630
	19	∞	2.00	
像平面 ∞				
[0104]	非球形面数据			
[0105]	第五面			
[0106]	$K=-1.74182e+000$	$A6=-5.36705e-005$	$A8=1.23192e-006$	
[0107]	$A10=-3.06369e-009$			
[0108]	第六面			
[0109]	$K=-1.16929e+000$	$A4=1.39638e-003$	$A6=-1.20156e-004$	
[0110]	$A8=-1.51135e-006$	$A10=2.35477e-007$		
[0111]	第十六面			
[0112]	$K=-1.89973e+000$	$A4=-6.45750e-004$	$A6=2.02657e-005$	
[0113]	$A8=-1.14090e-006$	$A10=1.46887e-008$		
[0114]	第十七面			
[0115]	$K=-7.98305e-001$	$A4=7.08293e-004$	$A6=-1.49882e-005$	
[0116]	各种数据			
	焦距	2.00		
	F 数	2.00		
[0117]	半视角	90.20		
	像高	4.00		
	总透镜长度	36.18		
	BF	4.51		
[0118]	透镜单元数据			
[0119]	单元	起始面	焦距	
[0120]	前单元	1	-15.00	
[0121]	后单元	11	8.00	
[0122]	第二数值实施例			
[0123]	单位mm			
[0124]	面数据			

面编号	r	d	nd	vd
1	25.739	1.25	1.77250	49.6
2	11.637	3.01		
3	14.589	1.00	1.95906	17.5
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		
[0125]	10(光阑)	∞	1.10	
	11	5.558	4.86	1.49700
	12	-5.560	0.54	
	13	-4.083	0.40	1.85478
	14	11.045	2.71	1.49700
	15	-6.148	1.24	
	16*	9.090	3.98	1.55332
	17*	-7.140	1.46	
	18	∞	1.60	1.51630
	19	∞	2.00	

像平面 ∞

[0126] 非球形面数据

[0127] 第五面

[0128] $K=3.37697e-001$ $A6=-6.93664e-005$ $A8=1.99836e-006$ [0129] $A10=-2.02822e-008$

[0130] 第六面

[0131] $K=-1.03997e+000$ $A4=1.46726e-003$ $A6=-9.52085e-005$ [0132] $A8=-1.69641e-006$ $A10=2.26511e-007$

[0133] 第十六面

[0134] $K=-1.06802e+000$ $A4=-7.50562e-004$ $A6=2.07296e-005$ [0135] $A8=-1.04976e-006$ $A10=1.28819e-008$

[0136] 第十七面

[0137] $K = -6.65735e-001$ $A4 = 6.16060e-004$ $A6 = -1.49996e-005$

[0138] 各种数据

焦距	2.00
F 数	2.00
半视角	90.20
像高	4.00
总透镜长度	39.19
BF	4.51

[0140] 透镜单元数据

[0141] 单元 起始面 焦距

[0142] 前单元 1 -12.00

[0143] 后单元 11 8.97

[0144] 第三数值实施例

[0145] 单位mm

[0146] 面数据

面编号	r	d	nd	vd
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
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
[0148]	14*	-17.197	0.09	
	15	66.768	1.39	1.49700
	16	-5.178	0.45	1.84666
	17	16.143	2.64	23.8
	18*	13.935	3.54	1.55332
	19*	-5.438	1.20	71.7
	20	∞	1.50	1.51630
	21	∞	2.24	64.1

像平面 ∞

[0149]	非球形面数据		
[0150]	第五面		
[0151]	$K=2.00114e+000$	$A4=-1.01987e-004$	$A6=-5.72800e-006$
[0152]	$A8=-7.90180e-008$	$A10=2.62920e-009$	
[0153]	第六面		
[0154]	$K=-7.26641e-002$	$A4=-3.63561e-004$	$A6=-2.44288e-005$
[0155]	$A8=-2.31468e-007$	$A10=-2.01264e-009$	
[0156]	第十三面		
[0157]	$K=-3.51840e+000$	$A4=2.29819e-003$	$A6=3.07570e-004$
[0158]	$A8=-3.86576e-005$	$A10=3.46968e-006$	
[0159]	第十四面		
[0160]	$K=4.84763e+000$	$A4=1.34834e-003$	$A6=2.43191e-004$
[0161]	第十八面		
[0162]	$K=-3.04798e+000$	$A4=-6.21861e-004$	$A6=2.90573e-005$
[0163]	$A8=1.09122e-006$	$A10=-4.37169e-008$	
[0164]	第十九面		

[0165] $K = -3.38885e+000$ $A4 = -1.03947e-003$ $A6 = 4.88982e-005$

[0166] $A8 = 2.37243e-007$

[0167] 各种数据

焦距 2.00

F 数 2.00

半视角 100.00

[0168] 像高 4.76

总透镜长度 45.16

BF 4.43

[0169] 透镜单元数据

[0170] 单元 起始面 焦距

[0171] 前单元 1 15.03

[0172] 后单元 13 9.14

[0173] 第四数值实施例

[0174] 单位mm

[0175] 面数据

面编号	r	d	nd	vd
-----	---	---	----	----

1	30.469	1.20	1.83481	42.7
---	--------	------	---------	------

2	9.786	5.68		
---	-------	------	--	--

[0176]	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
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
[0177]	14*	-20.005	0.50	
	15	-14.518	1.06	1.48749
	16	-4.427	0.45	2.00100
	17	85.011	0.55	
	18	14.918	2.34	1.49700
	19	-75.490	0.59	
	20*	14.013	2.34	1.55332
	21*	-4.798	9.98	
	像平面	∞		
[0178]	非球形面数据			
[0179]	第三面			
[0180]	$K=9.26595e-001$	$A4=1.74251e-004$	$A6=-9.19603e-008$	
[0181]	$A8=-6.18843e-009$			
[0182]	第四面			
[0183]	$K=-1.55179e+000$	$A4=3.15057e-004$	$A6=6.87929e-006$	
[0184]	第十三面			
[0185]	$K=1.16740e+000$	$A4=1.89852e-004$	$A6=4.36520e-004$	
[0186]	$A8=-2.12647e-005$	$A10=8.21093e-007$		
[0187]	第十四面			
[0188]	$K=-2.35943e+000$	$A4=6.47874e-004$	$A6=5.69574e-004$	
[0189]	第二十面			
[0190]	$K=-1.60281e+000$	$A4=-1.12845e-003$	$A6=6.14929e-006$	
[0191]	$A8=8.93187e-007$	$A10=-4.26931e-008$		
[0192]	第二十一面			
[0193]	$K=-1.83970e+000$	$A4=-1.11349e-003$	$A6=-9.48115e-006$	
[0194]	$A8=2.37243e-007$			
[0195]	各种数据			

	焦距	1.50			
	F 数	2.80			
[0196]	半视角	93.20			
	像高	3.15			
	总透镜长度	55.00			
	BF	9.98			
[0197]	透镜单元数据				
[0198]	单元	起始面	焦距		
[0199]	前单元	1	-78.27		
[0200]	后单元	13	8.24		
[0201]	第五数值实施例				
[0202]	单位mm				
[0203]	面数据				
	面编号	r	d	nd	vd
	1	25.144	1.20	1.80400	46.6
	2	11.653	5.21		
	3	13.855	0.70	1.91082	35.3
[0204]	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
	8	9.142	1.38		

9	14.767	0.45	1.95906	17.5
10	7.462	4.52	2.00069	25.5
11	-13.220	6.79		
12(光阑)	∞	1.40		
13*	6.320	1.45	1.49710	81.6
14*	-13.855	0.10		
[0205] 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	∞	1.50	1.51630	64.1
21	∞	2.28		
像平面	∞			
[0206]	非球形面数据			
[0207]	第十三面			
[0208]	$K = -4.32378e-001$	$A4 = 2.29819e-003$	$A6 = 3.07570e-004$	
[0209]	$A8 = 4.46609e-005$	$A10 = -7.05731e-006$		
[0210]	第十四面			
[0211]	$K = 2.72506e+000$	$A4 = 3.06342e-003$	$A6 = 5.10637e-004$	
[0212]	第十八面			
[0213]	$K = -3.04798e+000$	$A4 = -6.21861e-004$	$A6 = 2.90573e-005$	
[0214]	$A8 = 1.09122e-006$	$A10 = -3.89032e-008$		
[0215]	第十九面			
[0216]	$K = -3.38885e+000$	$A4 = -1.43938e-003$	$A6 = 5.31066e-005$	
[0217]	$A8 = 2.37243e-007$			
[0218]	各种数据			
[0219]	焦距	2.02		

F 数	2.40
半视角	97.00
[0220] 像高	4.36
总透镜长度	40.34
BF	2.28
[0221] 透镜单元数据	
[0222] 单元 起始面 焦距	
[0223] 前单元 1 471.79	
[0224] 后单元 13 8.23	
[0225] 表1	

	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
条件式 (1)	-0.53	-0.75	0.61	-0.11	0.02
条件式 (2)	2.44	2.65	2.72	1.95	2.73
条件式 (3)	3.20	3.84	2.78	1.84	2.96
条件式 (4)	2.37	2.28	1.77	1.32	1.17
条件式 (5)	0.12	0.12	0.08	0.61	0.14
条件式 (6)	18.09	19.59	22.57	30.01	19.98
条件式 (7)	90.20	90.20	100.00	93.20	97.00
条件式 (8)	1.70	1.70	1.69	1.70	1.67
条件式 (9)	0.59	0.59	0.59	0.32	0.50

[0227] 接下来,将参照图11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照相机(摄像装置)的实施例。在图11中,附图标记20表示监视照相机主体。摄影光学系统21由根据上述的第一实施例至第五实施例的光学系统中的任何一种构成。固态摄像元件22(光电转换元件),例如,CCD传感器或CMOS传感器,被内置在监视照相机主体20中,并且,接收由摄影光学系统21形成的被摄体像。

[0228] 通过将本公开的光学系统的至少一个实施例如此应用于如监视照相机的摄像装

置,可以获得具有高的光学性能的紧凑的广角摄像装置。

[0229] 虽然针对示例性实施例描述了本公开,但是,应该理解,本公开不限于公开的示例性实施例。下述权利要求的范围应当被赋予最宽的解释,以便涵盖所有这类修改以及等同的结构和功能。

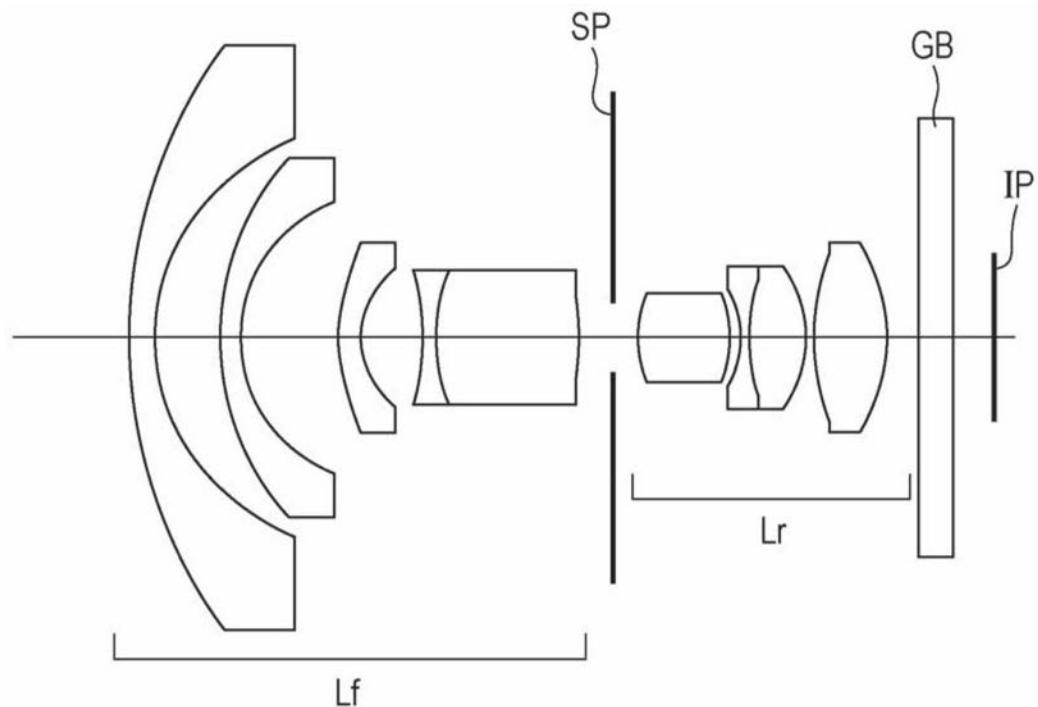


图1

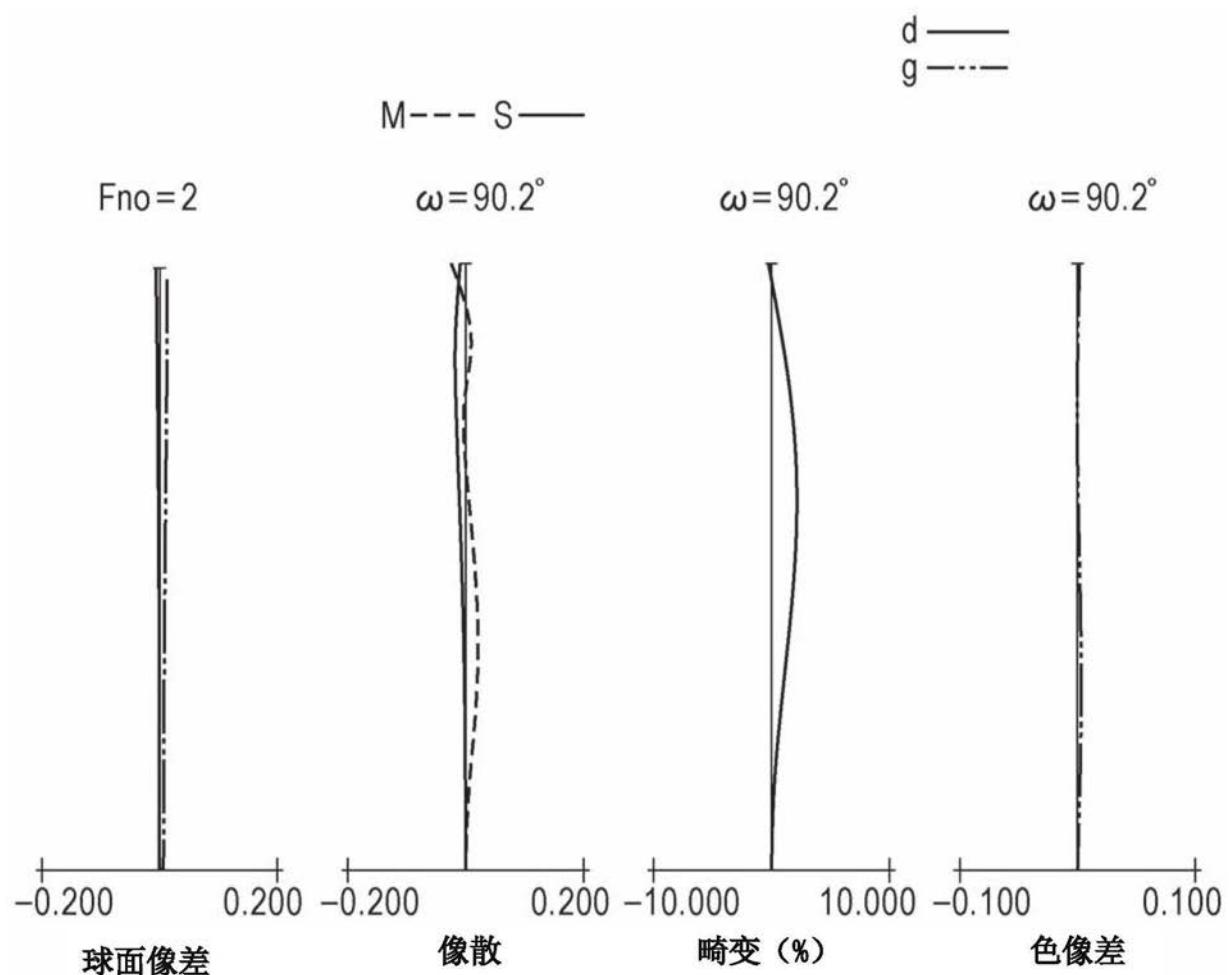


图2

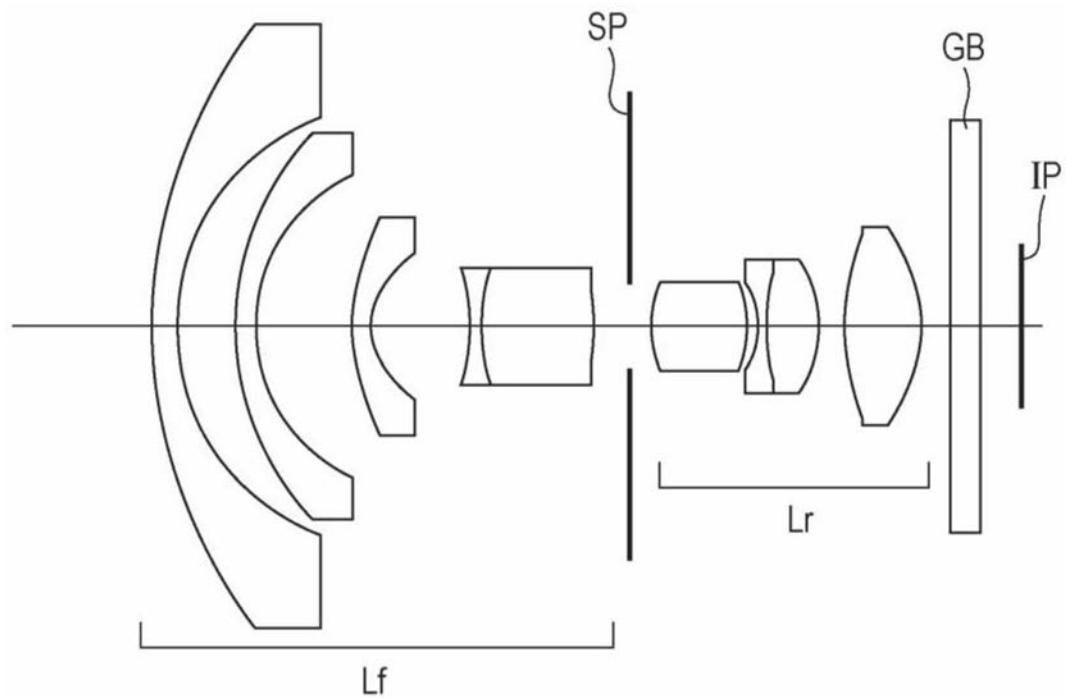


图3

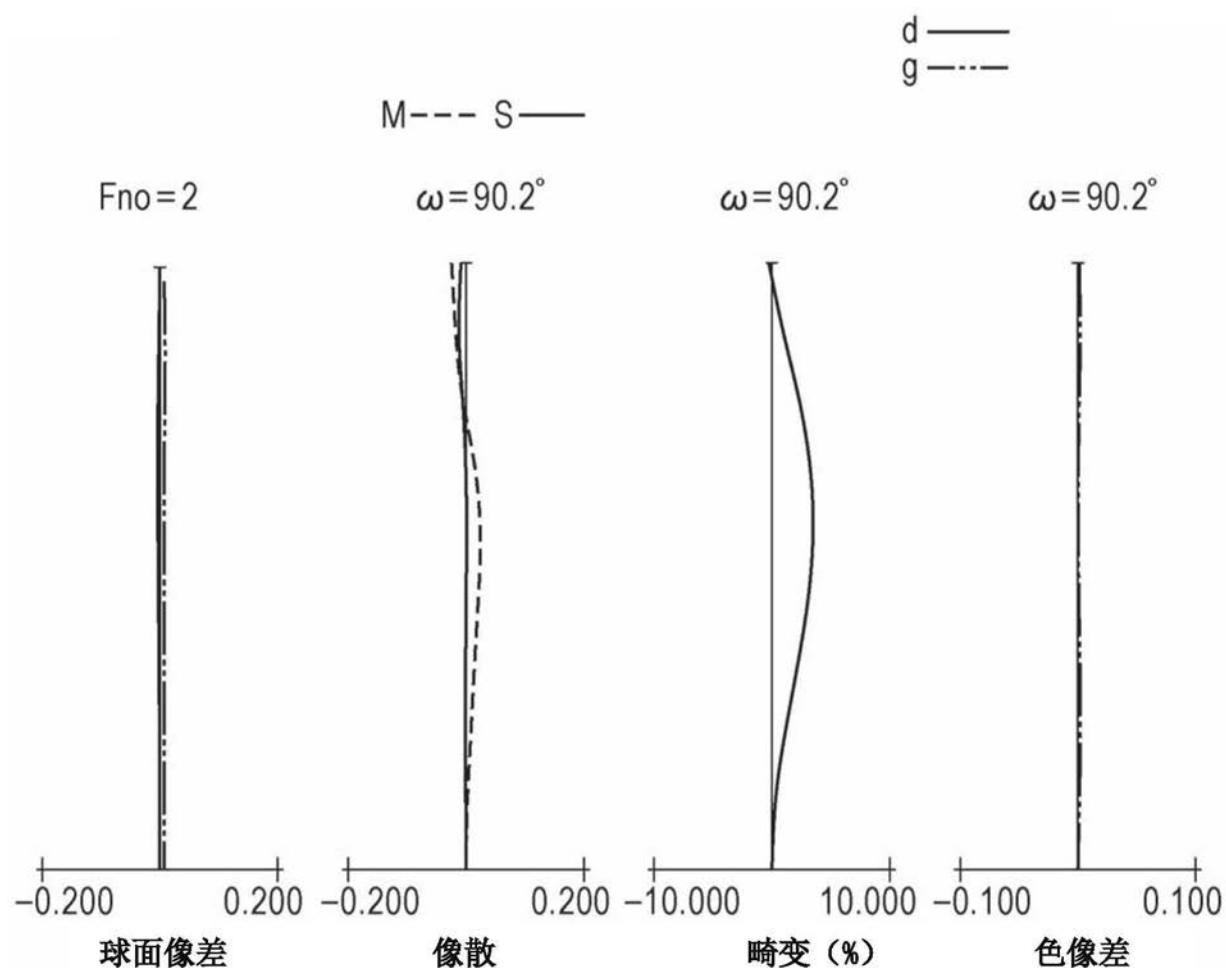


图4

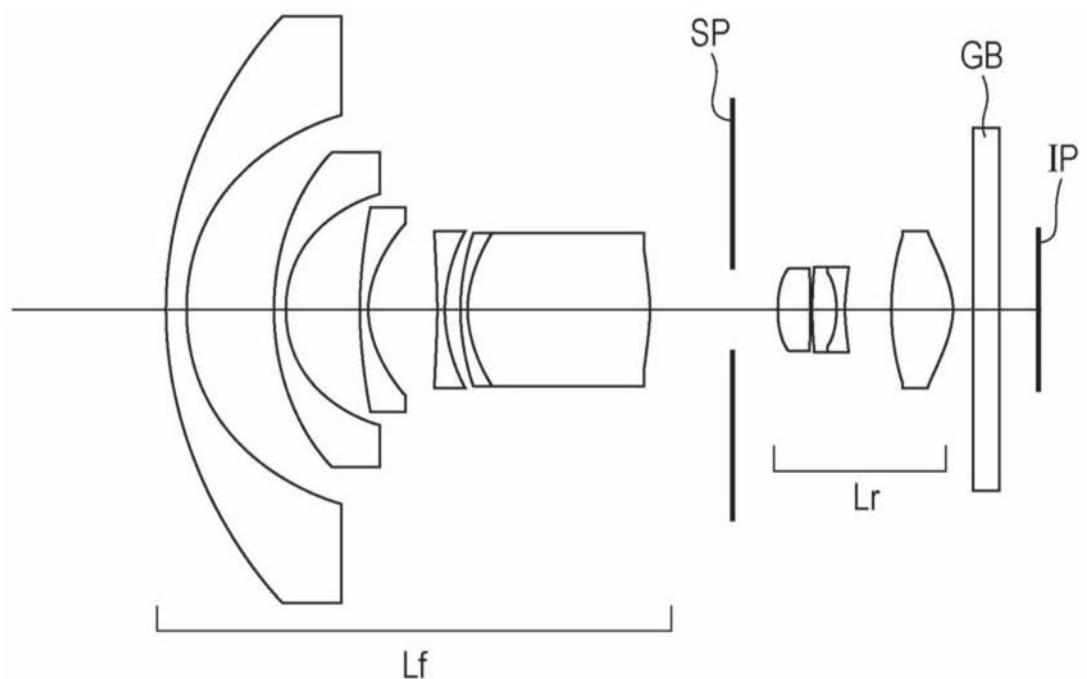


图5

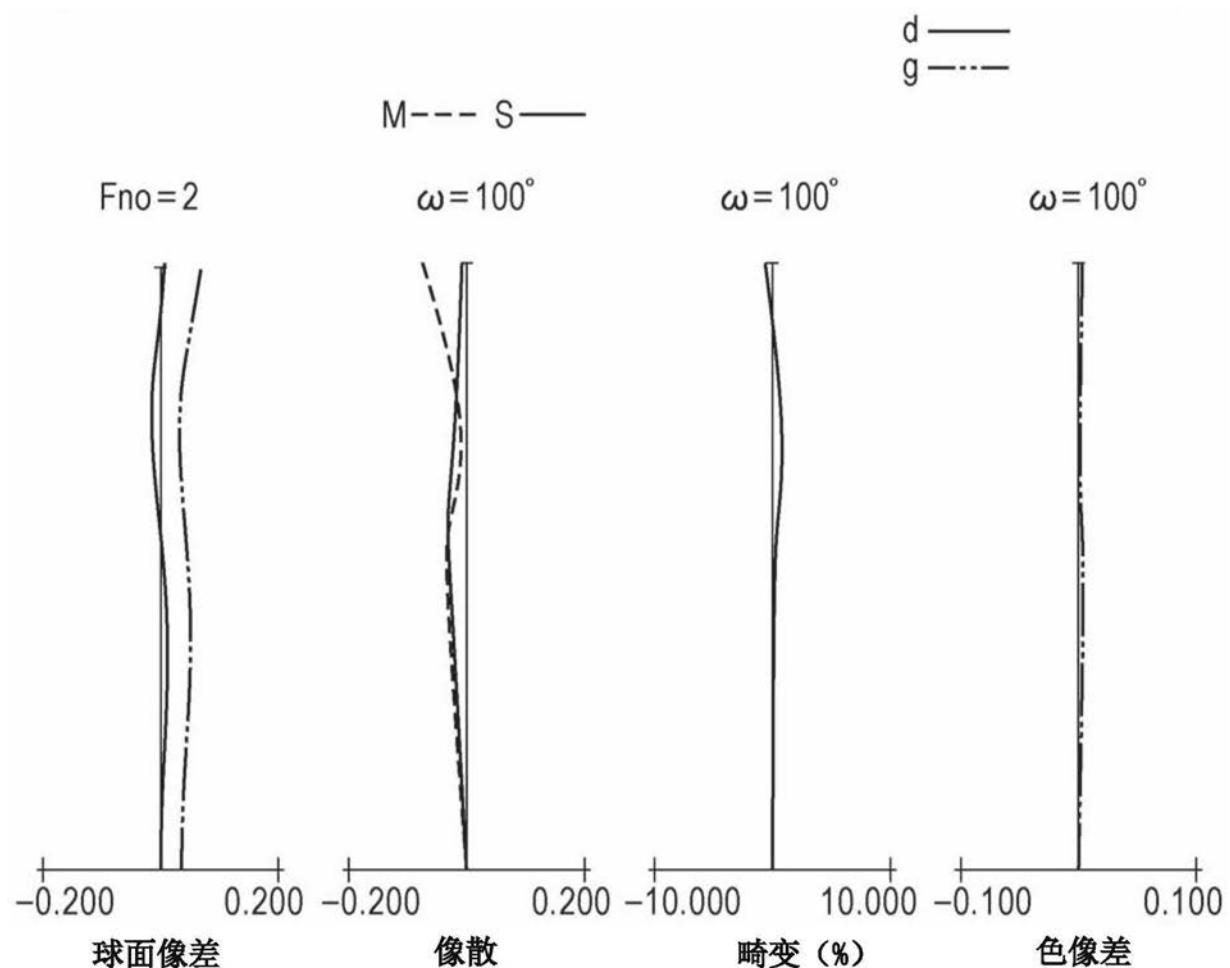


图6

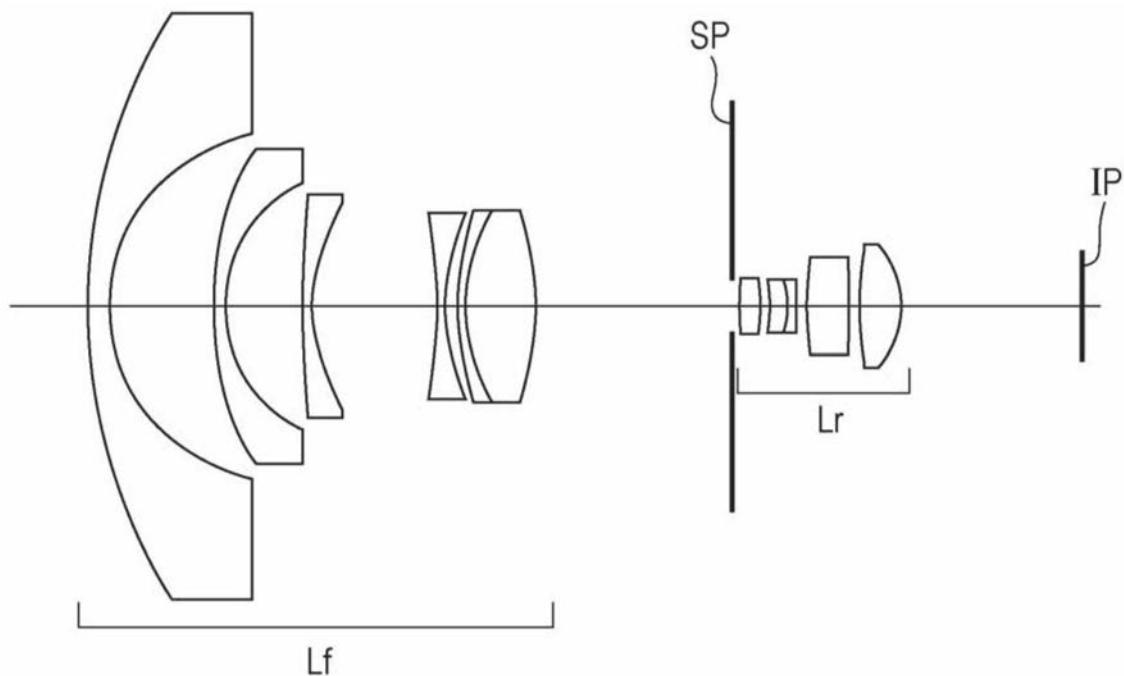


图7

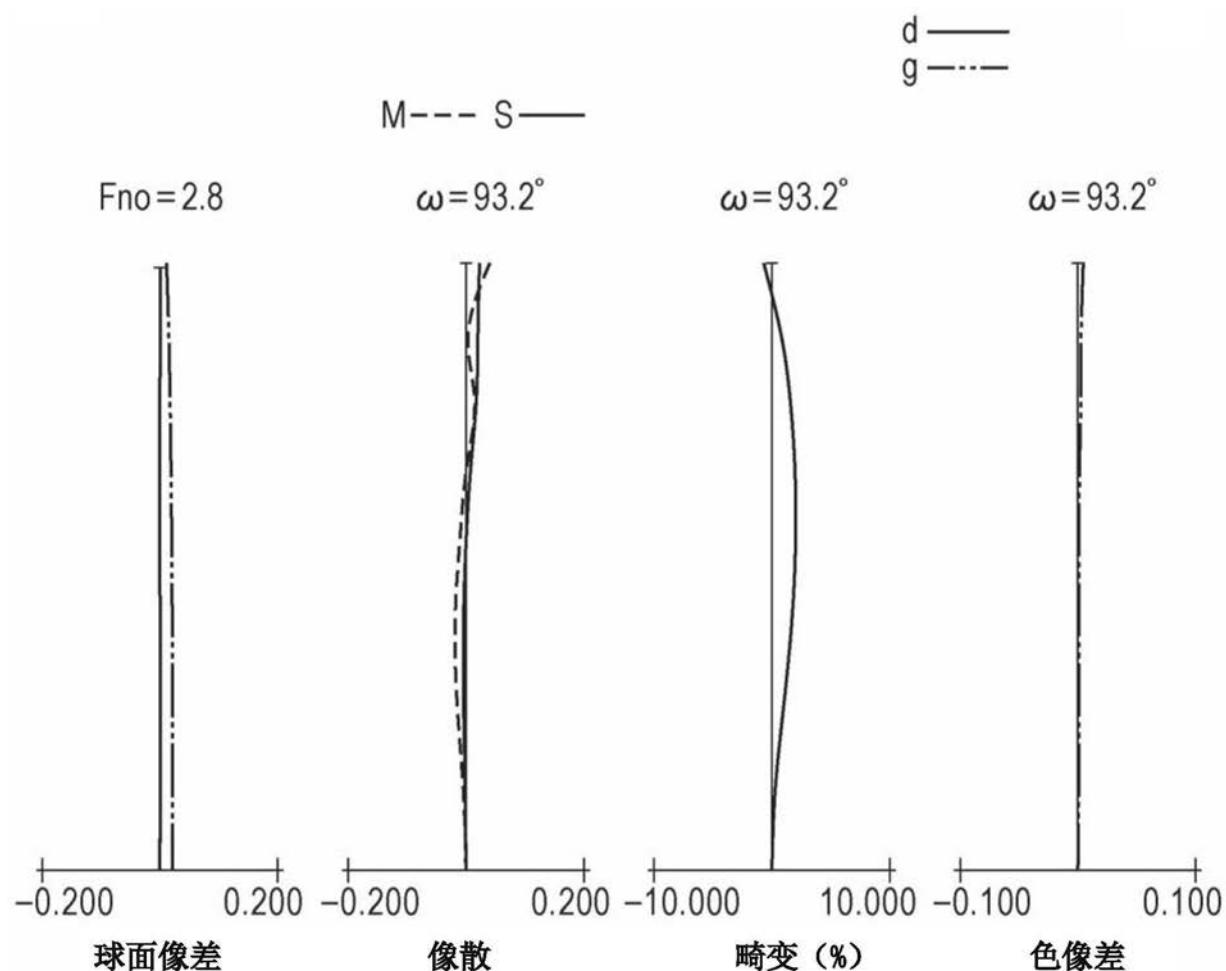


图8

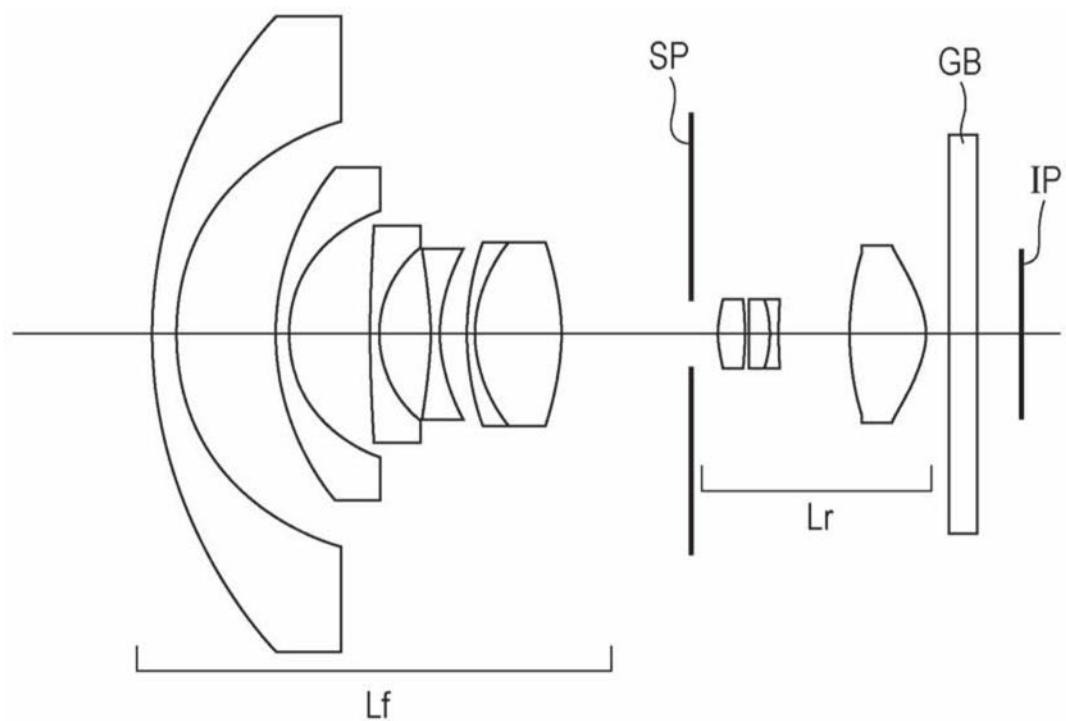


图9

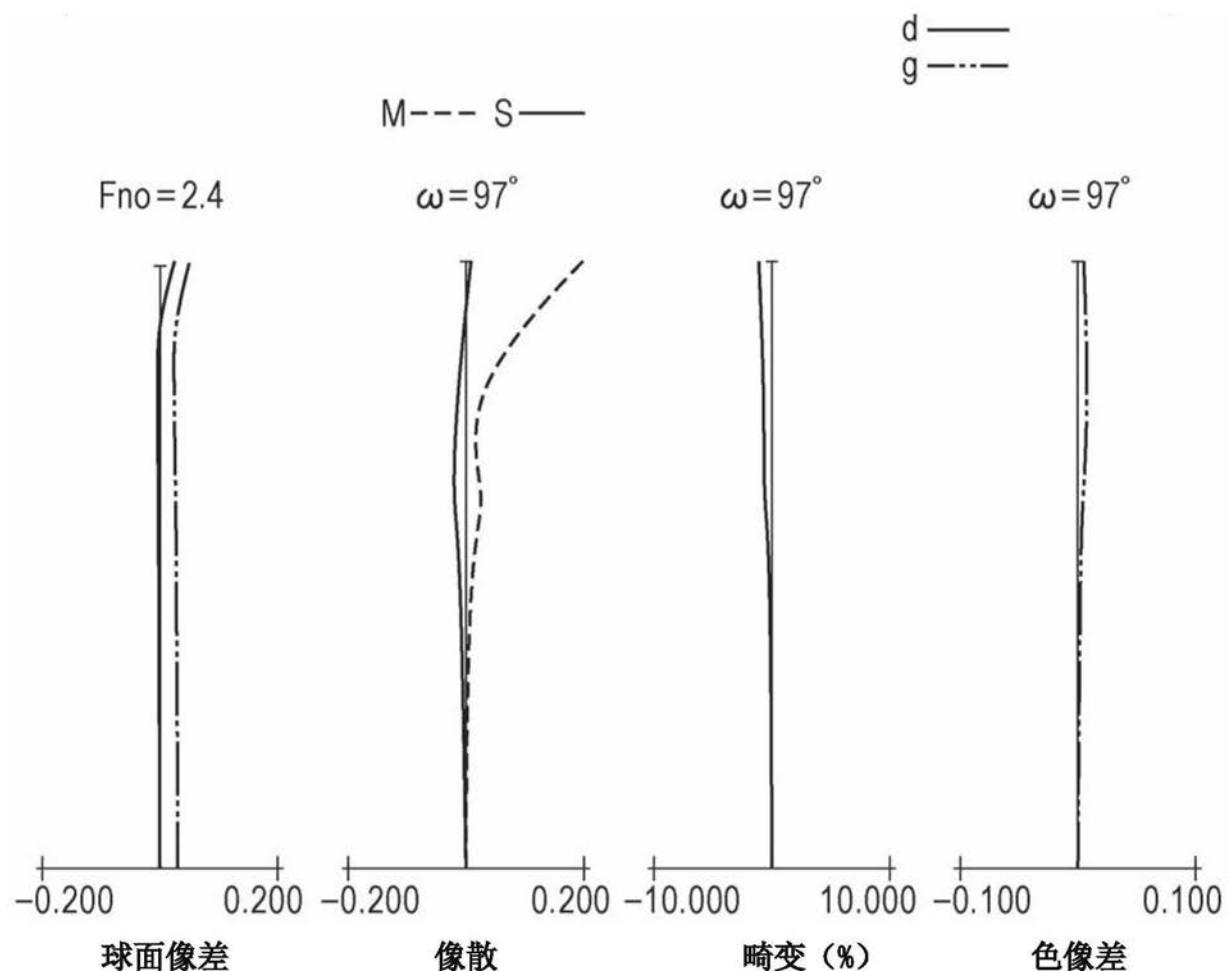


图10

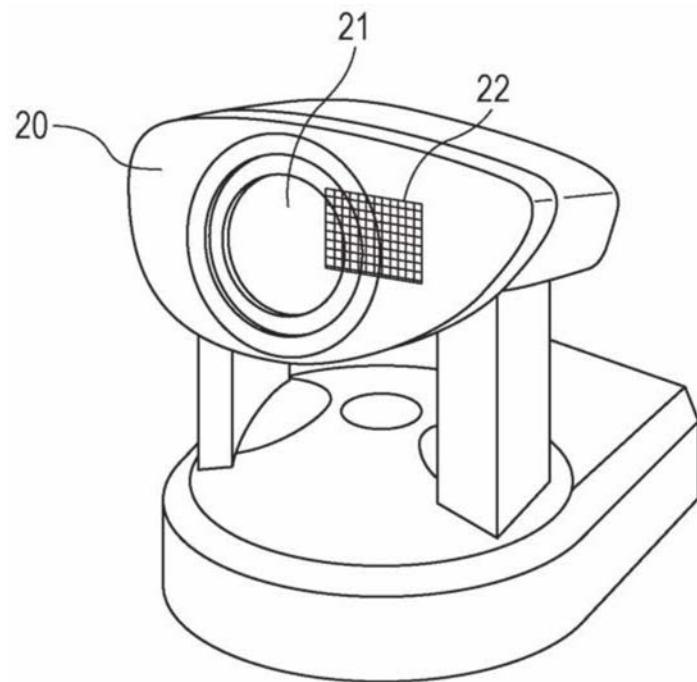


图11

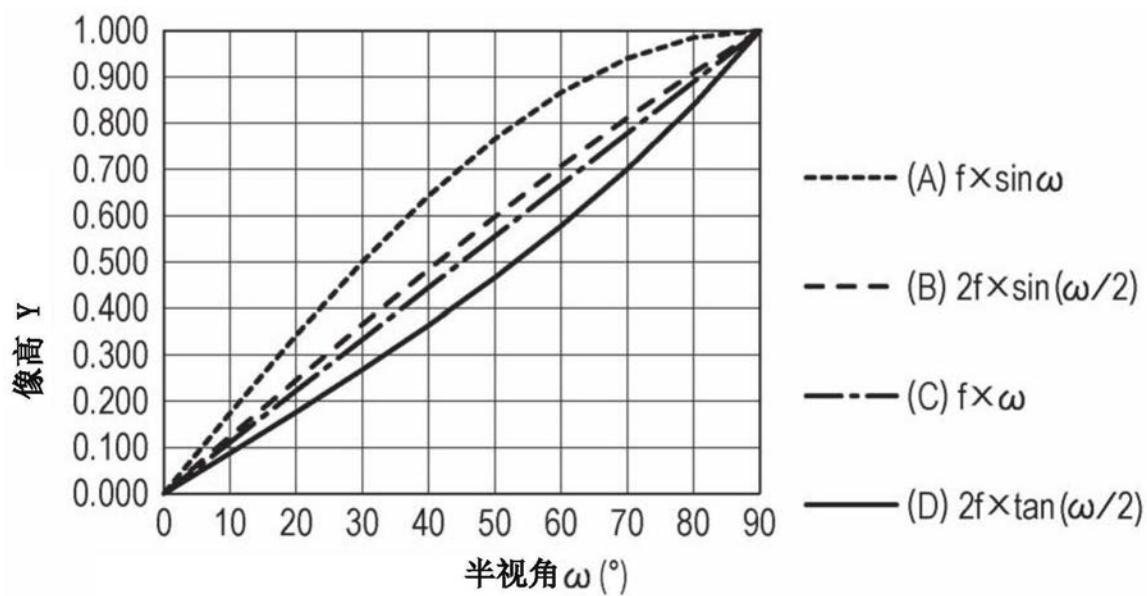


图12