



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106556924 B

(45)授权公告日 2019.11.19

(21)申请号 201610834001.5

(22)申请日 2016.09.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106556924 A

(43)申请公布日 2017.04.05

(30)优先权数据

2015-186576 2015.09.24 JP

(73)专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 须藤健太

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 程连贞

(51)Int.Cl.

G02B 15/173(2006.01)

(56)对比文件

CN 1648712 A, 2005.08.03, 说明书全文.

JP 2013120326 A, 2013.06.17, 说明书全
文.

CN 101206302 A, 2008.06.25, 说明书全文.

US 2012113527 A1, 2012.05.10, 说明书全
文.

JP 2013117656 A, 2013.06.13, 说明书全
文.

CN 1603881 A, 2005.04.06, 说明书全文.

CN 101251637 A, 2008.08.27, 说明书全文.

审查员 欧阳姣

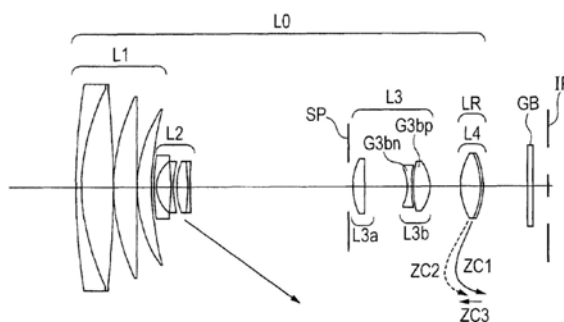
权利要求书2页 说明书27页 附图14页

(54)发明名称

变焦透镜和包括它的图像拾取装置

(57)摘要

本发明涉及变焦透镜和包括它的图像拾取装置。变焦透镜从物侧到像侧依次包括具有正折光力的第一透镜单元、具有负折光力的第二透镜单元、具有正折光力的第三透镜单元、包含一个或多个透镜单元的后透镜组和孔径光阑。在变焦期间,第一透镜单元不移动,第二透镜单元和后透镜组的透镜单元中的至少一个移动。在该变焦透镜中,第三透镜单元的配置和孔径光阑的位置被适当地设定。



1. 一种变焦透镜,从物侧到像侧依次包括具有正折光力的第一透镜单元、具有负折光力的第二透镜单元、具有正折光力的第三透镜单元和包含一个或两个透镜单元的后透镜组,其特征在于,

在变焦期间,第一透镜单元不移动,后透镜组的透镜单元中的至少一个和第二透镜单元移动,并且,透镜单元中的相邻的透镜单元之间的间隔在变焦期间改变,

孔径光阑被配置于第二透镜单元与第三透镜单元之间,

第三透镜单元在第三透镜单元内以最大的空气间隔由具有正折光力的第一透镜子单元和具有负折光力并且位于第一透镜子单元的像侧的第二透镜子单元构成,

第二透镜子单元从物侧到像侧依次由负透镜G3bn和正透镜G3bp构成,并且,满足以下条件:

$$-2.0 < R3bn1/f3 < -0.1$$

$$0.15 < D3ab/Dsi < 0.30,$$

这里,R3bn1是负透镜G3bn的物侧表面的曲率半径,f3是第三透镜单元的焦距,D3ab是第一透镜子单元与第二透镜子单元之间的空气间隔,Dsi是组合空气中的反焦距与广角端处的从孔径光阑到最接近像侧的透镜表面的距离的距离。

2. 根据权利要求1所述的变焦透镜,其中,满足以下条件:

$$0.2 < f3a/f3 < 1.0$$

这里,f3a是第一透镜子单元的焦距。

3. 根据权利要求1所述的变焦透镜,其中,满足以下条件:

$$-2.2 < f3b/f3 < -0.2$$

这里,f3b是第二透镜子单元的焦距。

4. 根据权利要求1所述的变焦透镜,其中,满足以下条件:

$$0.1 < f1/f_t < 1.0$$

这里,f1是第一透镜单元的焦距,并且,f_t是望远端处的变焦透镜的焦距。

5. 根据权利要求1所述的变焦透镜,其中,满足以下条件:

$$0.5 < (\beta_{2t}/\beta_{2w}) / (f_t/f_w) < 10.0$$

这里, β_{2t} 是望远端处的第二透镜单元的横向倍率, β_{2w} 是广角端处的第二透镜单元的横向倍率,f_w是广角端处的变焦透镜的焦距,f_t是望远端处的变焦透镜的焦距。

6. 根据权利要求1所述的变焦透镜,其中,

后透镜组由具有正折光力的第四透镜单元构成。

7. 根据权利要求6所述的变焦透镜,其中,满足以下条件:

$$1.0 < f3/f4 < 3.0$$

这里,f4是第四透镜单元的焦距。

8. 根据权利要求6所述的变焦透镜,其中,

第四透镜单元由通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜构成。

9. 根据权利要求1所述的变焦透镜,其中,

后透镜组从物侧到像侧依次由具有正折光力的第四透镜单元和具有负折光力的第五透镜单元构成,以及,

对于变焦,第四透镜单元移动,并且,第五透镜单元不移动。

10. 根据权利要求9所述的变焦透镜, 其中, 满足以下条件:

$$1.0 < f_3/f_4 < 3.0$$

这里, f_4 是第四透镜单元的焦距。

11. 根据权利要求9所述的变焦透镜, 其中,

第四透镜单元由通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜构成。

12. 一种图像拾取装置, 包括:

根据权利要求1~11中的任一项所述的变焦透镜; 和

被配置为接收通过变焦透镜形成的图像的图像拾取器件。

变焦透镜和包括它的图像拾取装置

技术领域

[0001] 本发明涉及有利地适用于诸如摄像机、电子静物照相机、广播照相机或监视照相机的使用图像拾取元件的图像拾取装置或者适用于使用卤化银胶片的图像拾取装置的变焦透镜和包括它的图像拾取装置。

背景技术

[0002] 近年来,希望用作图像拾取装置中的图像拾取光学系统的变焦透镜具有小的透镜总长、高的变焦比和高的分辨力。作为满足这些需求的变焦透镜,具有在最接近物侧的位置处具有正折光力的透镜单元的正引导型变焦透镜是已知的。

[0003] 日本专利申请公开No.2011-145565公开了从物侧到像侧依次由分别具有正折光力、负折光力、正折光力和正折光力的第一到第四透镜单元组成的四元件变焦透镜。对于变焦,第二透镜单元和第四透镜单元移动,而第一透镜单元不移动。对于聚焦,第四透镜单元移动。

[0004] 日本专利申请公开No.2012-88603公开了从物侧到像侧依次由分别具有正折光力、负折光力、正折光力和正折光力的第一到第四透镜单元构成的四元件变焦透镜。对于变焦,第二透镜单元、第三透镜单元和第四透镜单元移动。对于聚焦,第四透镜单元移动。日本专利申请公开No.2007-212926公开了从物侧到像侧依次由分别具有正折光力、负折光力、正折光力、正折光力和负折光力的第一到第五透镜单元构成的五元件变焦透镜。对于变焦,第二透镜单元和第四透镜单元移动,第一透镜单元不移动。对于聚焦,第四透镜单元移动。

[0005] 增大正引导型变焦透镜的变焦比一般是容易的。但是,当变焦比增大时,像差变化在从广角端到中间变焦位置的范围中增大。

[0006] 为了获得提供高变焦比和高光学性能的变焦透镜,适当地确定各透镜单元、或者尤其是第三透镜单元的折光力和配置是重要的。

发明内容

[0007] 本发明的变焦透镜从物侧到像侧依次包括具有正折光力的第一透镜单元、具有负折光力的第二透镜单元、具有正折光力的第三透镜单元、以及包含一个或更多个透镜单元的后透镜组。在变焦期间,第一透镜单元不移动,第二透镜单元和后透镜组的透镜单元中的至少一个移动,并且,透镜单元中的相邻的透镜单元之间的间隔在变焦期间改变。孔径光阑被配置于第二透镜单元与第三透镜单元之间。第三透镜单元在第三透镜单元内以最大的空气间隔由具有正折光力的第一透镜子单元和具有负折光力并且位于第一透镜子单元的像侧的第二透镜子单元构成。第二透镜子单元从物侧到像侧依次由负透镜G3bn和正透镜G3bp构成。变焦透镜满足以下条件:

[0008] $-2.0 < R_{3bn1}/f_3 < -0.1$

[0009] $0.15 < D_{3ab}/D_{si} < 0.30$

[0010] 这里, R_{3bn1} 是负透镜G3bn的物侧表面的曲率半径, f_3 是第三透镜单元的焦距,

D3ab是第一透镜子单元与第二透镜子单元之间的空气间隔,Dsi是组合空气中的反焦距与广角端处的从孔径光阑到最接近像侧的透镜表面的距离的距离。

[0011] 参照附图阅读示例性实施例的以下说明,本发明的其它特征将变得清晰。

附图说明

- [0012] 图1是根据实施例1的变焦透镜在广角端处聚焦于无限远物体时的断面图。
- [0013] 图2A是示出实施例1的变焦透镜的广角端处的纵向像差的示图。
- [0014] 图2B是示出实施例1的变焦透镜的第一中间焦距处的纵向像差的示图。
- [0015] 图2C是示出实施例1的变焦透镜的第二中间焦距处的纵向像差的示图。
- [0016] 图2D是示出实施例1的变焦透镜的望远端处的纵向像差的示图。
- [0017] 图3是根据实施例2的变焦透镜在广角端处聚焦于无限远物体时的断面图。
- [0018] 图4A是示出实施例2的变焦透镜的广角端处的纵向像差的示图。
- [0019] 图4B是示出实施例2的变焦透镜的第一中间焦距处的纵向像差的示图。
- [0020] 图4C是示出实施例2的变焦透镜的第二中间焦距处的纵向像差的示图。
- [0021] 图4D是示出实施例2的变焦透镜的望远端处的纵向像差的示图。
- [0022] 图5是根据实施例3的变焦透镜在广角端处聚焦于无限远物体时的断面图。
- [0023] 图6A是示出实施例3的变焦透镜的广角端处的纵向像差的示图。
- [0024] 图6B是示出实施例3的变焦透镜的第一中间焦距处的纵向像差的示图。
- [0025] 图6C是示出实施例3的变焦透镜的第二中间焦距处的纵向像差的示图。
- [0026] 图6D是示出实施例3的变焦透镜的望远端处的纵向像差的示图。
- [0027] 图7是根据实施例4的变焦透镜在广角端处聚焦于无限远物体时的断面图。
- [0028] 图8A是示出实施例4的变焦透镜的广角端处的纵向像差的示图。
- [0029] 图8B是示出实施例4的变焦透镜的第一中间焦距处的纵向像差的示图。
- [0030] 图8C是示出实施例4的变焦透镜的第二中间焦距处的纵向像差的示图。
- [0031] 图8D是示出实施例4的变焦透镜的望远端处的纵向像差的示图。
- [0032] 图9是根据实施例5的变焦透镜在广角端处聚焦于无限远物体时的断面图。
- [0033] 图10A是示出实施例5的变焦透镜的广角端处的纵向像差的示图。
- [0034] 图10B是示出实施例5的变焦透镜的第一中间焦距处的纵向像差的示图。
- [0035] 图10C是示出实施例5的变焦透镜的第二中间焦距处的纵向像差的示图。
- [0036] 图10D是示出实施例5的变焦透镜的望远端处的纵向像差的示图。
- [0037] 图11A是示意性地示出穿过本发明的变焦透镜的第三透镜单元的旁轴光线的示图。
- [0038] 图11B是示意性地示出穿过本发明的变焦透镜的第三透镜单元的旁轴光线的示图。
- [0039] 图12是示出包含本发明的变焦透镜的图像拾取装置的示图。

具体实施方式

- [0040] 现在将根据附图详细描述本发明的优选实施例。
- [0041] 以下,将描述本发明的变焦透镜和包括它的图像拾取装置。本发明的变焦透镜从

物侧到像侧依次包括具有正折光力的第一透镜单元、具有负折光力的第二透镜单元、具有正折光力的第三透镜单元和包含一个或更多个透镜单元的后透镜组。

[0042] 对于变焦,第一透镜单元不移动,第二透镜单元和后透镜组的透镜单元中的至少一个移动,由此,透镜单元中的相邻的透镜单元之间的间隔在变焦期间改变。孔径光阑被配置于第二透镜单元与第三透镜单元之间。第三透镜单元在第三透镜单元内以最大的空气间隔由具有正折光力的第一透镜子单元和具有负折光力并且位于第一透镜子单元的像侧的第二透镜子单元构成。第二透镜子单元从物侧到像侧依次包含负透镜G3bn和正透镜G3bp。

[0043] 图1是根据本发明的实施例1的变焦透镜的广角端(焦距 $f=4.52\text{mm}$)处的断面图。图2A~2D分别是示出根据本发明的实施例1的变焦透镜中的广角端、第一中间焦距(焦距 $f=9.01\text{mm}$)、第二中间焦距(焦距 $f=37.69\text{mm}$)和望远端(焦距 $f=180.02\text{mm}$)处的像差的示图。实施例1的变焦透镜具有39.85的变焦比和1.65~4.60的 f 数。

[0044] 图3是根据本发明的实施例2的变焦透镜的广角端(焦距 $f=4.40\text{mm}$)处的断面图。图4A~4D分别是示出根据本发明的实施例2的变焦透镜中的广角端、第一中间焦距(焦距 $f=9.06\text{mm}$)、第二中间焦距(焦距 $f=37.93\text{mm}$)和望远端(焦距 $f=140.95\text{mm}$)处的像差的示图。实施例2的变焦透镜具有32.01的变焦比和1.65~4.90的 f 数。

[0045] 图5是根据本发明的实施例3的变焦透镜的广角端(焦距 $f=4.00\text{mm}$)处的断面图。图6A~6D分别是示出根据本发明的实施例3的变焦透镜中的广角端、第一中间焦距(焦距 $f=9.71\text{mm}$)、第二中间焦距(焦距 $f=42.23\text{mm}$)和望远端(焦距 $f=155.31\text{mm}$)处的像差的示图。实施例3的变焦透镜具有38.80的变焦比和1.65~4.90的 f 数。

[0046] 图7是根据本发明的实施例4的变焦透镜的广角端(焦距 $f=4.63\text{mm}$)处的断面图。图8A~8D分别是示出根据本发明的实施例4的变焦透镜中的广角端、第一中间焦距(焦距 $f=9.27\text{mm}$)、第二中间焦距(焦距 $f=38.37\text{mm}$)和望远端(焦距 $f=179.82\text{mm}$)处的像差的示图。实施例4的变焦透镜具有38.80的变焦比和1.65~4.60的 f 数。

[0047] 图9是根据本发明的实施例5的变焦透镜的广角端(焦距 $f=4.64\text{mm}$)处的断面图。图10A~10D分别是示出根据本发明的实施例5的变焦透镜中的广角端、第一中间焦距(焦距 $f=9.33\text{mm}$)、第二中间焦距(焦距 $f=39.14\text{mm}$)和望远端(焦距 $f=179.99\text{mm}$)处的像差的示图。实施例5的变焦透镜具有38.80的变焦比和1.65~4.60的 f 数。图11A和图11B是示意性地示出穿过本发明的变焦透镜的第三透镜单元的旁轴光线的示图。图12是示出本发明的图像拾取装置的主要部分的示意图。

[0048] 本发明的变焦透镜用于诸如数字照相机、摄像机或卤化银胶片照相机的图像拾取装置中。在变焦透镜的断面图中,左侧是前方(物侧或放大侧),右侧是后方(像侧或缩小侧)。在变焦透镜的断面图中,各透镜单元由 L_i 表示,这里,“ i ”是从物侧到像侧的透镜单元的序号。“LR”表示由一个或更多个透镜单元构成的后透镜组。

[0049] 下面,将描述实施例1~5的变焦透镜的特性。在实施例的变焦透镜的断面图中,“L1”表示具有正折光力的第一透镜单元,“L2”表示具有负折光力的第二透镜单元,“L3”表示具有正折光力的第三透镜单元。第三透镜单元L3由具有正折光力且位于物侧的第一透镜子单元L3a和具有负折光力且位于像侧的第二透镜子单元L3b构成。第一透镜子单元L3a和第二透镜子单元L3b在其间具有作为第三透镜单元L3内的最大空气间隔的空气间隔。“LR”表示后透镜组。

[0050] “L4”表示具有正折光力的第四透镜单元,“L5”表示具有负折光力的第五透镜单元。“SP”表示用作确定最大孔径的孔径光阑的f数确定部件(以下,f数确定部件被称为“孔径光阑”)。

[0051] “GB”表示诸如滤光片、面板、晶体低通滤波器或红外截止滤波器等的光学块。“IP”表示像面。当变焦透镜被用作用于摄像机或数字静物照相机的图像拾取光学系统时,诸如CCD传感器或CMOS传感器的固态图像拾取元件(光电转换元件)的图像拾取表面被放在像面IP上。当变焦透镜被用作用于卤化银胶片照相机的图像拾取光学系统时,与胶片面相当的感光表面位于像面IP处。断面图中的箭头表示从广角端到望远端变焦时的透镜单元的移动轨迹。

[0052] 各实施例的变焦透镜使用后聚焦,这里,聚焦由在光轴上移动的第四透镜单元L4提供。对于第四透镜单元L4,实曲线ZC1代表用于校正由在无限远物体上聚焦时的变焦导致的像面变化的第四透镜单元L4的移动轨迹,点曲线ZC2代表用于校正由在近距离物体上聚焦时的变焦导致的像面变化的第四透镜单元L4的移动轨迹。当聚焦在望远端处从无限远物体变为近距离物体时,如箭头ZC3所示,第四透镜单元L4向物侧移动。

[0053] 在实施例中,广角端和望远端指的是变焦透镜单元可在机械光轴上移动的变焦范围的可用端部。另外,中间焦距1指的是更接近广角端的中间焦距,中间焦距2指的是更接近望远端的中间焦距。在示出球面像差的各像差图的一部分中,实线“d”表示d线(波长587.6nm),二点链线“g”表示g线(波长435.8nm)。在示出像散的一部分中,虚线“M”表示d线处的子午像面,实线“S”表示d线处的弧矢像面。示出畸变的一部分中的实线代表d线。在示出横向色差的一部分中,二点链线代表g线。“Fno”表示f数,“ ω ”表示半视角(度)。

[0054] 用于获得高变焦比的已知的常规的变焦透镜包括包含分别具有正折光力、负折光力、正折光力和正折光力的四个透镜单元的四元件变焦透镜和包含分别具有正折光力、负折光力、正折光力、正折光力和负折光力的五个透镜单元的五元件变焦透镜。具有这种配置的变焦透镜通过沿光轴移动具有负折光力的第二透镜单元L2而使得具有正折光力的第一透镜单元L1不移动来执行变焦。然后,具有正折光力的第四透镜单元L4沿光轴移动,以补偿由变焦导致的像面变化。

[0055] 当在具有以上的变焦配置的变焦透镜中瞄准高变焦比时,具有负折光力的第二透镜单元L2必须针对变焦移动较长的距离。然后,第二透镜单元L2与第三透镜单元L3之间的距离增大。作为结果,在从广角端到更接近广角端的中间焦距1的变焦范围中,入射于第三透镜单元L3上的光束的直径增加,这从而增大在第三透镜单元L3内导致的像差的量。

[0056] 第三透镜单元L3的折光力和透镜配置在从广角端到更接近广角端的中间焦距1的变焦范围中大大影响变焦透镜的光学性能。换句话说,为了在整个变焦范围上表现高的光学性能,适当地设定第三透镜单元L3的折光力和透镜配置是重要的。

[0057] 图11A和图11B是示意性地示出穿过构成具有上述的变焦配置的变焦透镜的第三透镜单元L3的第一透镜子单元L3a和第二透镜子单元L3b的旁轴光线的示图,图11A示出广角端,图11B示出更接近广角端的中间焦距1。在各图中,实线代表轴上边缘光线,虚线代表轴外主光线。轴上边缘光线和入射到第二透镜子单元L3b的轴外主光线的从光轴的高度分别由“h”和“h-”表示。如图11A和图11B所示,第二透镜子单元L3b上的入射高度h和入射高度h-从第一透镜子单元L3a上的入射高度改变。

[0058] 本发明利用入射高度的这些变化,以在从广角端到更接近广角端的中间焦距1的变焦范围中减少像差变化。在本发明的变焦透镜中,第三透镜单元L3具有:具有正折光力且位于第三透镜单元L3内的最大空气间隔的物侧的第一透镜子单元L3a和具有负折光力且位于最大空气间隔的像侧的第二透镜子单元L3b。

[0059] 当第一透镜子单元L3a和第二透镜子单元L3b由此相互分开时,在从广角端到更接近广角端的中间焦距1的变焦范围中,与当这些子单元相互接近时相比,入射于具有负折光力的第二透镜子单元L3b的光线的入射高度h和入射高度h-可更多地改变。因此,与在具有正折光力的第一透镜子单元L3a处出现的像差变化相比,在具有负折光力的第二透镜子单元L3b处出现的像差大大改变。

[0060] 因此,对于趋于通过具有正折光力的第三透镜单元L3被不充分地校正的球面像差和像场弯曲,像差变化减少。另外,在从广角端到中间焦距1的变焦范围中,其中第二透镜子单元L3b从物侧到像侧依次具有负透镜G3bn和正透镜G3bp的第三透镜单元L3的配置允许减小像散和球面像差变化以及有利于校正轴向色差。

[0061] 本发明的变焦透镜满足以下的条件:

[0062] $-2.0 < R_{3bn1}/f_3 < -0.1 \cdots (1)$

[0063] $0.15 < D_{3ab}/D_{si} < 0.30 \cdots (2)$

[0064] 这里, R_{3bn1} 是负透镜G3bn的物侧表面的曲率半径, f_3 是第三透镜单元L3的焦距, D_{3ab} 是第一透镜子单元L3a与第二透镜子单元L3b之间的空气间隔, D_{si} 是组合空气中的反焦距与广角端处的从孔径光阑SP到最接近像侧的透镜表面的距离的距离。

[0065] 下面,将描述以上的条件的技术含义。条件(1)和(2)被限定,以获得在整个变焦范围上提供高的光学性能的变焦透镜。条件(1)限定负透镜G3bn的物侧表面的曲率半径与第三透镜单元L3的焦距的适当的比率。如果条件(1)的比率超过在其中限定的上限,那么负透镜G3bn的物侧凹形表面的曲率太陡(即,凹形表面的曲率的半径太小)。这意味着,相对于第三透镜单元L3的正折光力,第二透镜子单元L3b的负折光力太强(负折光力的绝对值太大)。

[0066] 然后,具有负折光力的第二透镜子单元L3b必须大大扩散通过具有正折光力的第一透镜子单元L3a会聚的光线。这增加从广角端到中间焦距1的变焦范围内的像差变化,从而在中间焦距1处导致球面像差和像场弯曲的过量校正。

[0067] 如果条件(1)的比率低于在其中限定的下限,那么负透镜G3bn的物侧凹形表面的曲率太温和(即,凹形表面的曲率的半径太大)。这意味着,相对于第三透镜单元L3的正折光力,第二透镜子单元L3b的负折光力太弱(负折光力的绝对值太小)。然后,具有负折光力的第二透镜子单元L3b不能充分地扩散通过具有正折光力的第一透镜子单元L3a会聚的光线。这跨着从广角端到中间焦距1的变焦范围增加像差变化,从而导致中间焦距1处的球面像差和像场弯曲的校正不足。

[0068] 条件(2)限定第一透镜子单元L3a与第二透镜子单元L3b之间的空气间隔与广角端处的从孔径光阑SP到像面的距离的适当的比率。如果在最后透镜表面与像面之间存在光学块(平面平行板),那么光学块的长度被转换成空气中的长度。如果条件(2)的比率超过在其中限定的上限,那么第四透镜单元L4为变焦而移动的量(行程)受到限制。因此,第四透镜单元L4的折光力必须增加以能够校正由变焦导致的像面变化。这导致变焦期间的各种像差的变化增加。

[0069] 如果条件 (2) 的比率低于在其中限定的下限,那么,在从广角端到中间焦距1的变焦范围中,轴上边缘光线的入射高度和轴外主光线的入射高度不在第一透镜子单元L3a与第二透镜子单元L3b之间大大改变。这使得第三透镜单元L3难以校正球面像差和像场弯曲。另外,孔径光阑SP与像面之间的距离变得太长,从而增加整个透镜系统的尺寸。

[0070] 在各实施例中,优选地,条件 (1) 和 (2) 中的数值可被设定如下:

[0071] $-1.50 < R3bn1/f3 < -0.15 \dots (1a)$

[0072] $0.15 < D3ab/Dsi < 0.25 \dots (2a)。$

[0073] 更优选地,条件 (1a) 和 (2a) 中的数值可被设定如下:

[0074] $-1.2 < R3bn1/f3 < -0.2 \dots (1b)$

[0075] $0.15 < D3ab/Dsi < 0.23 \dots (2b)。$

[0076] 根据以上的实施例的变焦透镜可提供高的变焦比,以及在整个变焦范围上提供高的光学性能。

[0077] 更优选地,各实施例的变焦透镜可满足以下条件中的至少一个:

[0078] $0.2 < f3a/f3 < 1.0 \dots (3)$

[0079] $-2.2 < f3b/f3 < -0.2 \dots (4)$

[0080] $0.1 < f1/ft < 1.0 \dots (5)$

[0081] $0.5 < (\beta2t/\beta2w) / (ft/fw) < 10.0 \dots (6)$

[0082] $1.0 < f3/f4 < 3.0 \dots (7)$

[0083] 这里,f3a是第一透镜子单元L3a的焦距,f3b是第二透镜子单元L3b的焦距,f1是第一透镜单元L1的焦距,ft是望远端处的整个系统的焦距, $\beta2t$ 是望远端处的第二透镜单元L2的横向倍率, $\beta2w$ 是广角端处的第二透镜单元L2的横向倍率,fw是广角端处的整个系统的焦距,f4是第四透镜单元L4的焦距。

[0084] 下面,将描述以上的条件的技术含义。条件 (3) 限定第一透镜子单元L3a的焦距与第三透镜单元L3的焦距的适当的比率。对轴上边缘光线和轴外主光线以大的入射高度入射的第三透镜单元L3,适当地设定第一透镜子单元L3a的焦距即其正折光力。具有这种适当的焦距的第一透镜子单元L3a使得会聚光线能够以适当的角度和高度入射到第二透镜子单元L3b,使得可以有利地校正球面像差和像场弯曲。

[0085] 如果条件 (3) 的比率超过在其中限定的上限,那么,相对于第三透镜单元L3的焦距,第一透镜子单元L3a的焦距太大。这意味着,相对于第三透镜单元L3的正折光力,第一透镜子单元L3a的正折光力太弱。这弱化由具有正折光力的第一透镜子单元L3a产生的光会聚效果,这导致在从广角端到中间焦距1的变焦范围中过量校正球面像差和像场弯曲。作为结果,妨碍这种变焦透镜在整个变焦范围上表现高的光学性能。

[0086] 如果条件 (3) 的比率低于在其中限定的下限,那么相对于第三透镜单元L3的焦距,第一透镜子单元L3a的焦距太小。这意味着,相对于第三透镜单元L3的正折光力,第一透镜子单元L3a的正折光力太强。这强化由具有正折光力的第一透镜子单元L3a产生的光会聚效果,这在从广角端到中间焦距1的变焦范围中导致球面像差和像场弯曲的校正不足。作为结果,妨碍这种变焦透镜在整个变焦范围上表现高的光学性能。

[0087] 在各实施例中,鉴于像差校正,更优选条件 (3) 中的数值可被设定如下:

[0088] $0.3 < f3a/f3 < 0.8 \dots (3a)。$

[0089] 更优选地,条件(3a)中的数值可被设定如下:

[0090] $0.4 < f_{3a}/f_3 < 0.6 \cdots (3b)$ 。

[0091] 条件(4)限定第二透镜子单元L3b的焦距与第三透镜单元L3的焦距的适当的比率。对轴上边缘光线和轴外主光线以大的入射高度入射的第三透镜单元L3,适当地设定第二透镜子单元L3b的焦距即其负折光力。具有这种适当的焦距的第二透镜子单元L3b可有利地扩散从第一透镜子单元L3a发射的会聚光线,使得球面像差和像场弯曲可被有利地校正。

[0092] 如果条件(4)的比率超过在其中限定的上限,那么,相对于第三透镜单元L3的焦距,第二透镜子单元L3b的负焦距太小(绝对值)。这意味着,相对于第三透镜单元L3的正折光力,第二透镜子单元L3b的负折光力太强(或者绝对值太大)。这在从广角端到中间焦距1的变焦范围中导致球面像差和像场弯曲的过量校正。作为结果,妨碍这种变焦透镜在整个变焦范围上表现高的光学性能。

[0093] 如果条件(4)的比率低于在其中限定的下限,那么,相对于第三透镜单元L3的焦距,第二透镜子单元L3b的负焦距太大(绝对值)。这意味着,相对于第三透镜单元L3的正折光力,第二透镜子单元L3b的负折光力太弱。或者,相对于第三透镜单元L3的正折光力的绝对值,第二透镜子单元L3b的负折光力的绝对值太小。这在从广角端到中间焦距1的变焦范围中导致球面像差和像场弯曲的校正不足。作为结果,妨碍这种变焦透镜在整个变焦范围上表现高的光学性能。

[0094] 在各实施例中,鉴于像差校正,更优选条件(4)中的数值可被设定如下:

[0095] $-1.4 < f_{3b}/f_3 < -0.4 \cdots (4a)$ 。

[0096] 更优选地,条件(4a)中的数值可被设定如下:

[0097] $-1.1 < f_{3b}/f_3 < -0.6 \cdots (4b)$ 。

[0098] 条件(5)限定第一透镜单元L1的焦距与望远端处的整个系统的焦距的适当的比率。当望远端处的变焦透镜的焦距增加而广角端处的其焦距不变时,变焦透镜可提供高的变焦比。但是,为了在望远端处表现高的光学性能,必须在入射束的直径最大的第一透镜单元L1中减小各种像差。第一透镜单元L1的焦距与广角端处的整个系统的焦距的适当的比率促使有利地校正球面像差和色差。

[0099] 如果条件(5)的比率超过在其中限定的上限,那么,相对于广角端处的整个系统的焦距,第一透镜单元L1的焦距太大,或者其正折光力太弱。这意味着,整个透镜系统的焦距太大,这导致整个透镜系统的尺寸增加。如果条件(5)的比率低于在其中限定的下限,那么,相对于广角端处的整个系统的焦距,第一透镜单元L1的焦距太小,或者其正折光力太强。然后,不能有利地在望远端处校正球面像差和色差。

[0100] 在各实施例中,鉴于像差校正,更优选条件(5)中的数值可被设定如下:

[0101] $0.15 < f_1/f_t < 0.70 \cdots (5a)$ 。

[0102] 更优选地,条件(5a)中的数值可被设定如下:

[0103] $0.2 < f_1/f_t < 0.4 \cdots (5b)$ 。

[0104] 条件(6)限定第二透镜单元L2的倍率比(第二透镜单元L2的望远横向倍率与广角横向倍率的比率)与由整个系统的望远焦距与广角焦距的比率代表的整个系统的变焦率的适当的比率。第二透镜单元L2的倍率比大大影响设置在第二透镜单元L2的像侧的透镜单元即第三透镜单元L3和第四透镜单元L4的折光力和用于变焦的移动量。第二透镜单元L2的适

当的倍率比由此允许减小透镜总长、减小前透镜的有效直径并且在整个变焦范围上实现高的光学性能。

[0105] 如果条件 (6) 的比率超出在其中限定的上限,那么,相对于整个系统的变焦比,第二透镜单元L2的倍率比太大。换句话说,第二透镜单元L2对变焦的过大部分负责。这因此要求第二透镜单元L2具有较高的折光力或者为了变焦移动较长的距离。增加第二透镜单元L2的折光力使得难以减小整个变焦范围中的像差变化。增加第二透镜单元L2为了变焦而移动的量使得必须过度加宽第一透镜表面与孔径光阑SP之间的间隔,这因此增加透镜总长和前透镜的有效直径。

[0106] 如果条件 (6) 的比率低于在其中限定的下限,那么,相对于整个系统的变焦比,第二透镜单元L2的倍率比太小。换句话说,第二透镜单元L2对变焦的过小部分负责。然后,第三透镜单元L3和第四透镜单元L4的正折光力必须过度增加,使得第三透镜单元L3和第四透镜单元L4可对变焦的较大部分负责。它们的正折光力的过度增加妨碍球面像差和像场弯曲的校正。

[0107] 在各实施例中,鉴于像差校正,更优选条件 (6) 中的数值可被设定如下:

[0108] $0.7 < (\beta_{2t}/\beta_{2w}) / (f_t/f_w) < 8.5 \cdots (6a)$ 。

[0109] 更优选地,条件 (6a) 中的数值可被设定如下:

[0110] $1.0 < (\beta_{2t}/\beta_{2w}) / (f_t/f_w) < 7.0 \cdots (6b)$ 。

[0111] 条件 (7) 限定第三透镜单元L3的焦距与第四透镜单元L4的焦距的适当的比率。当在为了校正由变焦导致的像面变化而移动的第四透镜单元L4的焦距与设置在第四透镜单元L4的物侧的第三透镜单元L3的焦距之间保持适当的比率时,像差变化在整个变焦范围中减小。

[0112] 如果条件 (7) 的比率低于在其中限定的下限,那么,相对于第四透镜单元L4的焦距,第三透镜单元L3的焦距太小。换句话说,相对于第四透镜单元L4的折光力,第三透镜单元L3的折光力过强。当第三透镜单元L3的正折光力太强时,在从广角端到中间焦距1的变焦范围中,球面像差和像场弯曲的变化增加。这增加第四透镜单元L4的用于校正这些像差的负担。因此,第四透镜单元L4不能在以上的变焦范围与变焦范围的剩余部分之间保持像差变化校正的有利的平衡。

[0113] 如果条件 (7) 的比率超过在其中限定的上限,那么相对于第三透镜单元L3的焦距,第四透镜单元L4的焦距太小。换句话说,相对于第三透镜单元L3的折光力,第四透镜单元L4的折光力太强。为了校正由变焦导致的像面变化而移动的第四透镜单元L4的正折光力的增加使得整个变焦范围中的像差变化增大。并且,第三透镜单元L3的正折光力的减小增加第四透镜单元L4的有效直径。

[0114] 在各实施例中,鉴于像差校正,更优选条件 (7) 中的数值可被设定如下:

[0115] $1.2 < f_3/f_4 < 2.9 \cdots (7a)$ 。

[0116] 更优选地,条件 (7a) 中的数值可被设定如下:

[0117] $1.4 < f_3/f_4 < 2.8 \cdots (7b)$ 。

[0118] 在各实施例中,透镜单元如上面描述的那样配置,获得高变焦比并且在整个变焦范围上获得高的光学性能。在各实施例中,第四透镜单元L4可优选为通过接合正透镜和负透镜形成的具有正折光力的接合透镜。该配置使得能够减少当第四透镜单元L4校正由变焦

导致的像面变化时出现的色差的变化,并因此有助于高的光学性能。

[0119] 在各实施例中,第三透镜单元L3可优选由至少一个正透镜和至少一个负透镜构成,并且,这些透镜中的至少一个可优选在两侧具有非球面。这促使有利地校正广角端处的球面像差和慧形像差,从而提供高的光学性能。

[0120] 下面,描述实施例1~5的变焦透镜的配置。图1所示的实施例1的变焦透镜L0从物侧到像侧依次由具有正折光力的第一透镜单元L1、具有负折光力的第二透镜单元L2、具有正折光力的第三透镜单元L3和后透镜组LR构成。后透镜组LR由具有正折光力的第四透镜单元L4构成。通过向像侧移动的第二透镜单元L2执行从广角端到望远端的变焦。

[0121] 第四透镜单元L4沿向物侧凸出的轨迹移动,以校正由变焦导致的像面变化。第一透镜单元L1、孔径光阑SP和第三透镜单元L3不针对变焦移动。

[0122] 通过使用以下进一步给出的数值数据组描述变焦透镜的特性。在实施例1中,第一透镜单元L1与第1~第7透镜表面对应,并且,其最接近物侧的透镜是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。第二透镜单元L2与第8~第14透镜表面对应,并且,其最接近像侧的透镜是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。孔径光阑SP与第15表面对应。第三透镜单元L3与第16~第21透镜表面对应。第四透镜单元L4与第22~第24透镜表面对应,并且,是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。

[0123] 现在描述在从广角端到中间焦距1的变焦期间的实施例1的第三透镜单元L3的透镜表面的像差系数变化值。以下给出的数值数据1表示与球面像差和像散有关的系数,即,三次球面像差系数I(球面像差)、三次像散系数III(像散)、五次球面像差系数 I^{\wedge} (子午球面像差)和五次像散系数 III^{\wedge} (子午像散)。数值数据1示出源自从广角端到中间焦距1的变焦的第三透镜单元L3的各透镜表面的像差系数变化值。

[0124] 在数值数据1中,与其它透镜表面相比,第18透镜表面和第19透镜表面的三次和五次球面像差系数以及三次和五次像散系数的变化值负性地大。第19透镜表面和第20透镜表面的像差系数变化值相互抵消,原因是它们是符号相反、绝对值接近的值。因此,是第18透镜表面主导第三透镜单元L3的像差系数的变化。第18透镜表面是构成第二透镜子单元L3b的负透镜G3bn的物侧表面并且是面向物侧的凹形表面。

[0125] 因此,在从广角端到中间焦距1的变焦期间,第18透镜表面的三次和五次球面像差系数以及三次和五次像散系数由此负性地变化,以由此抑制整个透镜系统的球面像差系数和像散系数的正变化。这防止整个透镜系统对于中间焦距1处的球面像差和像散被校正得被太不足,并因此允许有利地校正这些像差。如以下给出的表1中所示,实施例1的变焦透镜满足所有的条件(1)~(7),并且可因此提供高的变焦比并且在整个变焦范围上提供高的光学性能。

[0126] 图3所示的实施例2的变焦透镜L0具有与实施例1相同的透镜配置,诸如透镜单元的数量、透镜单元的折光力的符号和变焦期间的透镜单元的移动轨迹。聚焦机制也与实施例1相同。

[0127] 在实施例2中,第一透镜单元L1与第1~第7透镜表面对应,并且,其最接近物侧的透镜是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。第二透镜单元L2与第8~第14透镜表面对应,并且,其最接近像侧的透镜是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。孔径光阑SP与第15表面对应。第三透镜单元L3与第16~第20透镜表面对应,并且,其最接近像侧的透镜

是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。第四透镜单元L4与第21～第23透镜表面对应,并且,是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。

[0128] 现在描述源自从广角端到中间焦距1的变焦的实施例2的第三透镜单元L3的透镜表面的像差系数变化值。以下给出的数值数据2表示与球面像差和像散有关的系数,即,三次球面像差系数I(球面像差)、三次像散系数III(像散)、五次球面像差系数 I^{\wedge} (子午球面像差)和五次像散系数 III^{\wedge} (子午像散)。数值数据2示出在从广角端到中间焦距1的变焦期间的第三透镜单元L3的各透镜表面的像差系数变化值。

[0129] 在数值数据2中,第18透镜表面与其它透镜表面相比,其五次球面像差系数的变化值负性地大。第18透镜表面是构成第二透镜子单元L3b的负透镜G3bn的物侧透镜表面,并且是面向物侧的凹形表面。在从广角端到中间焦距1的变焦期间,第18透镜表面的五次球面像差系数由此负性地变化,以由此抑制整个透镜系统的球面像差系数的正变化。这防止整个透镜系统对于中间焦距1处的球面像差被校正得太不足,并因此允许有利地校正球面像差。

[0130] 如以下给出的表1中所示,实施例2的变焦透镜满足所有的条件(1)～(7),并且可因此提供高的变焦比并且在整个变焦范围上提供高的光学性能。

[0131] 图5所示的实施例3的变焦透镜L0具有与实施例1相同的透镜单元的数量和透镜单元的折光力的符号。通过向像侧移动的第二透镜单元L2和向物侧移动的第三透镜单元L3执行从广角端到望远端的变焦。同时,第四透镜单元L4沿向物侧凸出的轨迹移动,以校正由变焦导致的像面变化。聚焦机制与实施例1相同。

[0132] 在实施例3中,第一透镜单元L1与第1～第7透镜表面对应,并且,其最接近物侧的透镜是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。第二透镜单元L2与第8～第14透镜表面对应,并且,其最接近像侧的透镜是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。孔径光阑SP与第15表面对应。第三透镜单元L3与第16～第21透镜表面对应。第四透镜单元L4与第22～第24透镜表面对应,并且,是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。

[0133] 在从广角端到望远端的变焦期间,当第二透镜单元L2向像侧线性地移动且第三透镜单元L3向物侧移动时,第四透镜单元L3沿向物侧凸出的轨迹移动,从而进行大致往复移动。

[0134] 现在描述源自从广角端到中间焦距1的变焦的实施例3的第三透镜单元L3的透镜表面的像差系数变化值。以下给出的数值数据3表示与球面像差和像散有关的系数,即,三次球面像差系数I(球面像差)、三次像散系数III(像散)、五次球面像差系数 I^{\wedge} (子午球面像差)和五次像散系数 III^{\wedge} (子午像散)。数值数据3示出源自从广角端到中间焦距1的变焦的第三透镜单元L3的各透镜表面的像差系数变化值。

[0135] 在数值数据3中,第19透镜表面与其它透镜表面相比,其五次像散系数的变化值负性地大。在从广角端到中间焦距1的变焦范围期间,第19透镜表面的这种负性变化的五次像散系数导致整个透镜系统的像场弯曲的过度校正。同时,与其它透镜表面相比,作为构成第二透镜子单元L3b的负透镜G3bn的物侧表面并且是面向物侧的凹形表面的第18透镜表面在其五次球面像差系数的变化值上负性地大。

[0136] 在从广角端到中间焦距1的变焦期间,第18透镜表面的五次球面像差系数由此负性地变化,使得,除了在整个透镜系统中被过度校正的像场弯曲以外,球面像差还可被过度

校正。由此防止光学性能的劣化。如以下给出的表1中所示,实施例3的变焦透镜满足所有的条件(1)~(7),并且可因此提供高的变焦比并且在整个变焦范围上提供高的光学性能。

[0137] 图7所示的实施例4的变焦透镜L0具有与实施例1相同的透镜配置,诸如透镜单元的数量、透镜单元的折光力的符号和变焦期间的透镜单元的移动轨迹。聚焦机制也与实施例1相同。

[0138] 在实施例4中,第一透镜单元L1与第1~第7透镜表面对应,并且,其最接近物侧的透镜是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。第二透镜单元L2与第8~第14透镜表面对应,并且,其最接近像侧的透镜是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。孔径光阑SP与第15表面对应。第三透镜单元L3与第16~第21透镜表面对应。第四透镜单元L4与第22~第24透镜表面对应,并且,是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。

[0139] 现在描述从广角端到中间焦距1的变焦期间的实施例4的第三透镜单元L3的透镜表面的像差系数变化值。以下给出的数值数据4表示与球面像差和像散有关的系数,即,三次球面像差系数I(球面像差)、三次像散系数III(像散)、五次球面像差系数 I^{\wedge} (子午球面像差)和五次像散系数 III^{\wedge} (子午像散)。数值数据4示出源自从广角端到中间焦距1的变焦的第三透镜单元L3的各透镜表面的像差系数变化值。

[0140] 在数值数据4中,第18透镜表面和第19透镜表面与其它透镜表面相比,它们的三次和五次球面像差系数以及三次和五次像散系数的变化值负性地大。第19透镜表面和第20透镜表面的像差系数变化值相互抵消,原因是它们符号相反,值接近。因此,在第三透镜单元L3中,是第18透镜表面主导像差系数的变化。

[0141] 第18透镜表面是构成第二透镜子单元L3b的负透镜G3bn的物侧表面并且是面向物侧的凹形表面。因此,在从广角端到中间焦距1的变焦期间,第18透镜表面的三次和五次球面像差系数以及三次和五次像散系数负性地变化,以由此抑制整个透镜系统的球面像差系数和像散系数的正变化。这防止整个透镜系统对于中间焦距1处的球面像差和像散被校正得被太不足,并因此允许有利地校正这些像差。

[0142] 如以下给出的表1中所示,实施例4的变焦透镜满足所有的条件(1)~(7),并且可因此提供高的变焦比并且在整个变焦范围上提供高的光学性能。

[0143] 图9所示的实施例5的变焦透镜L9从物侧到像侧依次由具有正折光力的第一透镜单元L1、具有负折光力的第二透镜单元L2、具有正折光力的第三透镜单元L3和后透镜组LR构成。后透镜组LR从物侧到像侧依次由具有正折光力的第四透镜单元L4和具有负折光力的第五透镜单元L5构成。

[0144] 通过向像侧移动的第二透镜单元L2执行从广角端到望远端的变焦。第四透镜单元L4沿向物侧凸出的轨迹移动以校正由变焦导致的像面变化。第一透镜单元L1、第三透镜单元L3和第五透镜单元L5不针对变焦而移动。

[0145] 在实施例5中,第一透镜单元L1与第1~第7透镜表面对应,并且,其最接近物侧的透镜是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。第二透镜单元L2与第8~第14透镜表面对应,并且,其最接近像侧的透镜是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。孔径光阑SP与第15表面对应。第三透镜单元L3与第16~第21透镜表面对应。第四透镜单元L4与第22~第24透镜表面对应,并且,是通过接合正透镜与负透镜形成的接合透镜。第五透镜单元L5与第25和第26透镜表面对应。

[0146] 在从广角端到望远端的变焦期间,第二透镜单元L2向像侧线性地移动,并且,第四透镜单元L4沿向物侧凸出的轨迹移动,从而进行大致往复移动。

[0147] 现在描述从广角端到中间焦距1的变焦期间的实施例5的第三透镜单元L3的透镜表面的像差系数变化值。以下给出的数值数据5表示与球面像差和像散有关的系数,即,三次球面像差系数I(球面像差)、三次像散系数III(像散)、五次球面像差系数I[^](子午球面像差)和五次像散系数III[^](子午像散)。数值数据5示出从广角端到中间焦距1的变焦期间的第三透镜单元L3的各透镜表面的像差系数变化值。

[0148] 在数值数据5中,第18透镜表面和第19透镜表面与其它透镜表面相比,它们的三次和五次球面像差系数以及三次和五次像散系数的变化值负性地大。第19透镜表面和第20透镜表面的像差系数变化值相互抵消,原因是它们是符号相反、绝对值接近的值。因此,在第三透镜单元L3中,是第18透镜表面主导像差系数的变化。第18透镜表面是构成第二透镜子单元L3b的负透镜G3bn的物侧凹形表面。

[0149] 因此,在从广角端到中间焦距1的变焦中,第18透镜表面的三次和五次球面像差系数以及三次和五次像散系数负性地变化,以由此抑制整个透镜系统的球面像差系数和像散系数的正变化。这防止整个透镜系统对于中间焦距1处的球面像差和像散被校正得被太不足,并因此允许有利地校正这些像差。如以下给出的表1中所示,实施例5的变焦透镜满足所有的条件(1)~(7),并且可因此提供高的变焦比并且在整个变焦范围上提供高的光学性能。

[0150] 下面,参照图12描述使用本发明的变焦透镜作为图像拾取光学系统的根据实施例的监视照相机(图像拾取装置)。在图12中,附图标记30表示监视照相机体,附图标记31表示通过实施例1~5的变焦透镜中的任一个形成的图像拾取光学系统。

[0151] 附图标记32表示加入照相机体20中并且被配置为接收由图像拾取光学系统31形成的被照体的图像的诸如CCD传感器或CMOS传感器的图像拾取元件(光电转换元件)。附图标记33表示被配置为记录构成通过图像拾取元件32光电转换的被照体图像的信息的存储器。附图标记34表示用于传送通过图像拾取元件32光电转换的被照体图像的网络电缆。

[0152] 以上描述了本发明的优选实施例。但是,本发明不限于这些实施例,并且,在不背离本发明的要旨的情况下,可以以各种方式修改和改变本发明。

[0153] 以下提供分别与实施例1~5对应的数值数据1~数值数据5。在各数值数据中,“i”代表从被照体侧算起的表面的序号,“r_i”代表第i个表面的曲率半径,“d_i”代表第i个表面与第i+1个表面之间的间隔(任意地为透镜厚度或空气间隔),并且,“n_{di}”和“v_{di}”分别代表第i个透镜的材料的折射率和阿贝数。在数值数据1~5中,最接近像侧的两个表面是与玻璃块对应的平坦表面。以下的各数值数据中的部分“各种数据”提供广角端、中间焦距1、中间焦距2和望远端的数据。

[0154] 当聚焦无限远物体时,获得焦距、f数和半视角的值。BF代表作为从最后透镜表面到像面的距离的反焦距(即,空气换算的反焦距)。透镜总长是组合反焦距BF与从第一透镜表面到最后透镜表面的距离的距离。另外,非球面形状表达如下:

[0155]
$$x = (y^2/r) / \{1 + (1 - k \cdot y^2/r^2)^{0.5}\} + A4 \cdot y^4 + A6 \cdot y^6 + A8 \cdot y^8 + A10 \cdot y^{10} + A12 \cdot y^{12}$$

[0156] 这里,“x”代表沿光轴的方向的坐标,“y”代表与光轴垂直的方向的坐标,“r”代表基准球面的曲率半径,“k”代表圆锥常数,“A_n”代表n次非球面系数。

[0157] 在以下的数值数据中，“e-x”代表“ $\times 10^{-x}$ ”。非球面透镜表面的表面号带星号。表1示出实施例1~5与上述条件中的每一个之间的对应关系。

[0158] [数值数据1]

[0159] [单位:mm]

[0160] 表面数据

[0161] 表面号 **i** **ri** **di** **ndi** **vdi**

	1	169.111	1.50	1.95375	32.3
	2	58.873	7.98	1.49700	81.5
	3	-236.827	0.15		
	4	54.542	5.84	1.49700	81.5
	5	70186.594	0.10		
	6	37.008	3.83	1.59522	67.7
	7	81.960	(可变)		
	8	62.827	0.55	2.00100	29.1
	9	8.515	3.80		
	10	-41.479	0.50	1.91082	35.3
	11	26.434	0.83		
	12	18.055	2.90	1.95906	17.5
	13	-43.117	0.50	1.91082	35.3
[0162]	14	97.237	(可变)		
	15 (光阑)	∞	1.00		
	16	16.288	2.90	1.69680	55.5
	17	231.698	11.16		
	18*	-11.046	1.00	1.91082	35.3
	19*	26.026	0.42		
	20	25.126	4.32	1.55332	71.7
	21	-10.588	(可变)		
	22*	14.572	5.18	1.49710	81.6
	23	-18.878	0.60	1.92286	18.9
	24	-21.191	(可变)		
	25	∞	1.44	1.51633	64.1
	26	∞	3.81		
	像面	∞			

[0163] 非球面数据

[0164] 第18表面

[0165] $k=1.11419e+000$ [0166] $A4=-8.54541e-006$

[0167] $A6=4.11250e-006$
 [0168] $A8=4.36405e-008$
 [0169] $A10=1.16196e-013$
 [0170] 第19表面
 [0171] $k=2.22922e+000$
 [0172] $A4=-5.79010e-005$
 [0173] $A6=3.16736e-006$
 [0174] $A8=-2.78036e-008$
 [0175] $A10=9.78697e-013$
 [0176] 第22表面
 [0177] $k=-2.15989e+000$
 [0178] $A4=1.58587e-005$
 [0179] $A6=-1.80668e-007$
 [0180] 各种数据

	变焦比	39.85			
		广角端	中间焦距 1	中间焦距 2	望远端
	焦距	4.52	9.01	37.69	180.02
	F 数	1.65	1.92	2.74	4.60
	半视角 (度)	33.59	18.41	4.55	0.95
[0181]	像高	3.00	3.00	3.00	3.00
	透镜总长	119.96	119.96	119.96	119.96
	BF	16.04	18.35	21.01	7.08
	d7	0.60	15.70	33.18	40.33
	d14	40.60	25.50	8.02	0.87
	d21	7.67	5.36	2.70	16.63
[0182]	d24	11.29	13.60	16.26	2.32
[0183]	透镜单元数据				

	单元号	最前表面		焦距	
	1	1		54.99	
[0184]	2	8		-8.98	
	3	15		48.61	
	4	22		19.07	
	5	25		∞	
[0185]	像差系数变化				
	表面号	I	III	I^	III^
	16	0.434	0.019	4.112	4.818
	17	-0.158	-0.014	0.337	-0.034
[0186]	18	-0.550	-0.072	-4.531	-10.069
	19	-6.296	-0.531	-14.941	-28.373
	20	6.419	0.509	11.881	29.200
	21	-0.119	0.006	3.375	2.799
[0187]	[数值数据2]				
[0188]	[单位:mm]				
[0189]	表面数据				
	表面号 i	ri	di	ndi	vdi
	1	77.550	1.25	1.85478	24.8
	2	47.172	6.82	1.49700	81.5
	3	986.248	0.15		
[0190]	4	56.810	3.87	1.49700	81.5
	5	219.543	0.10		
	6	32.425	4.31	1.59522	67.7
	7	74.111	(可变)		
	8	29.254	0.45	2.00100	29.

	9	6.818	4.32		
	10	-18.525	0.40	2.00100	29.1
	11	32.321	0.12		
	12	18.704	6.05	1.95906	17.5
	13	-23.935	0.40	2.00100	29.1
	14	-46.052	(可变)		
	15 (光阑)	∞	1.00		
	16*	27.447	2.22	1.69350	53.2
[0191]	17*	-37.331	6.10		
	18	-16.001	0.50	2.00100	29.1
	19	-60.361	1.37	1.49700	81.5
	20	-18.566	(可变)		
	21*	18.331	3.48	1.49710	81.6
	22	-12.208	0.50	1.94595	18.0
	23	-14.400	(可变)		
	24	∞	1.44	1.51633	64.1
	25	∞	3.81		
	像面	∞			

[0192] 非球面数据

[0193] 第16表面

[0194] $k=-1.15877e+000$ [0195] $A4=-3.03420e-005$ [0196] $A6=-4.59098e-007$ [0197] $A8=2.54266e-009$ [0198] $A10=-5.23656e-011$ [0199] $A12=3.22553e-013$

[0200] 第17表面

[0201] $k=6.94596e+000$ [0202] $A4=-1.78024e-005$ [0203] $A6=-2.07778e-007$

[0204] 第21表面

[0205] $k=-5.72488e+000$ [0206] $A4=-4.07468e-006$

[0207] A6=-5.31341e-007

[0208] 各种数据

[0209]	变焦比	32.01			
		广角	中间 1	中间 2	望远
	焦距	4.40	9.06	37.93	140.95
	F 数	1.65	1.92	2.74	4.90
	半视角 (度)	34.27	18.33	4.52	1.22
	像高	3.00	3.00	3.00	3.00
	透镜总长	104.12	104.12	104.12	104.12
	BF	15.70	17.69	19.68	7.58
	d7	0.58	13.89	29.29	35.59
	d14	36.80	23.50	8.10	1.80
[0210]	d20	7.64	5.65	3.66	15.76
	d23	10.95	12.94	14.92	2.83

[0210] 透镜单元数据

	单元号	最前表面	焦距
	1	1	50.65
[0211]	2	8	-8.50
	3	15	42.00
	4	21	18.40

[0212] 像差系数变化

	表面号	I	III	I [^]	III [^]
[0213]	16	0.636	0.016	-6.224	1.092
	17	-0.090	-0.009	9.518	0.405
	18	0.484	0.001	-6.720	0.080
[0214]	19	-0.001	-0.007	0.017	-0.038
	20	-0.244	-0.002	1.236	0.082

[0215] [数值数据3]

[0216] [单位:mm]

[0217] 表面数据

表面号 i	ri	di	ndi	vdi
1	61.694	1.25	1.85478	24.8
2	36.692	5.09	1.49700	81.5
3	351.098	0.15		
4	37.818	3.63	1.59522	67.7
5	144.011	0.10		
6	32.749	2.61	1.59522	67.7
7	70.333	(可变)		
8	113.068	0.45	2.00100	29.1
9	7.545	3.71		
[0218] 10	-33.501	0.40	1.91082	35.3
11	23.071	0.12		
12	14.104	3.40	1.95906	17.5
13	-19.233	0.40	2.00100	29.1
14	59.892	(可变)		
15 (光阑)	∞	0.34		
16*	12.356	3.24	1.58313	59.4
17*	-43.588	6.06		
18	-33.488	0.45	2.00100	29.1
19	16.641	1.98		
20	41.860	2.22	1.48749	70.2
21	-14.224	(可变)		
22*	15.458	2.66	1.55332	71.7
23	-20.460	0.50	1.85478	24.8
[0219] 24	-28.023	(可变)		
25	∞	1.44	1.51633	64.1
26	∞	3.81		
像面	∞			
[0220] 非球面数据				

- [0221] 第16表面
 [0222] $k=-2.67885e-001$
 [0223] $A4=-2.16198e-005$
 [0224] $A6=-1.62899e-008$
 [0225] $A8=-1.14778e-009$
 [0226] 第17表面
 [0227] $k=-1.91247e+000$
 [0228] $A4=4.91855e-005$
 [0229] $A6=-2.11045e-007$
 [0230] 第22表面
 [0231] $k=-1.52968e+000$
 [0232] $A4=1.83889e-005$
 [0233] $A6=-1.37950e-007$
 [0234] 各种数据

	变焦比	38.80			
		广角	中间 1	中间 2	望远
[0235]	焦距	4.00	9.71	42.23	155.31
	F 数	1.65	1.92	2.74	4.90
	半视角（度）	36.85	17.17	4.06	1.11
	像高	3.00	3.00	3.00	3.00
	透镜总长	94.52	94.52	94.52	94.52
	BF	13.51	17.95	22.62	6.80
[0236]	d7	0.58	11.37	23.87	28.98
	d14	37.05	19.60	6.09	1.80
	d21	4.64	6.85	3.19	18.19
	d24	8.75	13.20	17.87	2.05
[0237]	透镜单元数据				
	单元号	最前表面	焦距		
	1	1	42.00		
[0238]	2	8	-6.59		
	3	15	29.81		
	4	22	19.83		

[0239] 像差系数变化

表面号	I	III	I [^]	III [^]
16	5.860	0.018	0.195	3.189
17	-2.896	-0.011	-0.933	-0.776
18	0.506	0.003	-3.658	0.413
19	-5.918	-0.172	0.552	-5.221
20	2.114	0.109	-0.156	2.315
21	0.181	0.000	2.019	-0.027

[0241] [数值数据4]

[0242] [单位:mm]

[0243] 表面数据

表面号 i	ri	di	ndi	vdi
1	173.897	1.50	1.95375	32.3
2	59.055	7.29	1.49700	81.5
3	-226.123	0.15		

	4	56.710	5.16	1.49700	81.5
	5	2867.002	0.10		
	6	36.896	3.99	1.59522	67.7
	7	90.140	(可变)		
	8	59.875	0.55	2.00100	29.1
	9	8.694	3.71		
	10	-45.667	0.50	1.91082	35.3
	11	23.405	0.95		
	12	17.986	3.20	1.95906	17.5
	13	-53.953	0.50	1.91082	35.3
	14	114.496	(可变)		
[0245]	15 (光阑)	∞	1.00		
	16	15.956	2.95	1.71300	53.9
	17	234.501	9.73		
	18*	-12.566	1.00	1.88202	37.2
	19*	20.502	0.88		
	20	24.793	4.60	1.49700	81.5
	21	-10.960	(可变)		
	22*	15.267	5.63	1.49710	81.6
	23	-17.464	0.60	1.92286	18.9
	24	-20.426	(可变)		
	25	∞	1.44	1.51633	64.1
	26	∞	3.81		
	像面	∞			

[0246] 非球面数据

[0247] 第18表面

[0248] $k=1.77076e+000$ [0249] $A4=-1.35502e-005$ [0250] $A6=4.01637e-006$ [0251] $A8=4.26506e-008$ [0252] $A10=1.16196e-013$

[0253]	第19表面				
[0254]	k=7.72282e-001				
[0255]	A4=-7.82141e-005				
[0256]	A6=3.11249e-006				
[0257]	A8=-2.22545e-008				
[0258]	A10=9.78697e-013				
[0259]	第22表面				
[0260]	k=-1.06421e+000				
[0261]	A4=-2.53446e-005				
[0262]	A6=-9.86042e-008				
[0263]	各种数据				
	变焦比	38.80			
		广角	中间 1	中间 2	望远
	焦距	4.63	9.27	38.37	179.82
	F 数	1.65	1.92	2.74	4.60
	半视角（度）	32.91	17.92	4.47	0.96
	像高	3.00	3.00	3.00	3.00
[0264]	透镜总长	120.20	120.20	120.20	120.20
	BF	17.02	19.28	21.66	7.19
	d7	0.60	15.57	32.91	40.00
	d14	41.21	26.24	8.91	1.81
	d21	7.37	5.11	2.74	17.20
	d24	12.27	14.53	16.90	2.44
[0265]	透镜单元数据				
[0266]	单元号	最前表面	焦距		
	1	1	54.51		
	2	8	-9.25		
[0267]	3	15	52.89		
	4	22	19.74		
[0268]	像差系数变化				

	表面号	I	III	I [^]	III [^]
	16	0.760	0.019	4.162	4.766
	17	-0.201	-0.013	0.457	-0.083
[0269]	18	-0.774	-0.053	-6.585	-8.599
	19	-5.782	-0.405	-9.783	-23.126
	20	5.594	0.372	8.739	22.815
	21	0.001	0.004	3.213	2.253

[0270] [数值数据5]

[0271] [单位:mm]

[0272] 表面数据

	表面号 i	ri	di	ndi	vdi
	1	174.209	1.50	1.95375	32.3
	2	59.606	7.19	1.49700	81.5
	3	-232.790	0.15		
	4	57.418	5.11	1.49700	81.5
	5	2552.334	0.10		
[0273]	6	37.157	3.84	1.59522	67.7
	7	89.811	(可变)		
	8	54.494	0.55	2.00100	29.1
	9	8.540	3.81		
	10	-50.421	0.50	1.91082	35.3
	11	24.217	0.79		
	12	17.102	3.28	1.95906	17.5

	13	-57.577	0.50	1.91082	35.3
	14	77.300	(可变)		
	15 (光阑)	∞	1.00		
	16	16.249	3.06	1.71300	53.9
	17	331.428	9.41		
	18*	-13.164	1.00	1.88202	37.2
	19*	19.324	0.87		
	20	23.243	4.55	1.49700	81.5
[0274]	21	-11.353	(可变)		
	22*	15.785	5.41	1.49710	81.6
	23	-17.873	0.60	1.92286	18.9
	24	-20.541	(可变)		
	25	37.927	0.50	1.77250	49.6
	26	33.332	1.0		
	27	∞	1.44	1.51633	64.1
	28	∞	3.81		
	像面	∞			
[0275]	非球面数据				
[0276]	第18表面				
[0277]	$k=2.01519e+000$				
[0278]	$A4=-1.01119e-005$				
[0279]	$A6=3.42713e-006$				
[0280]	$A8=5.34517e-008$				
[0281]	$A10=1.16196e-013$				
[0282]	第19表面				
[0283]	$k=-5.76782e-001$				
[0284]	$A4=-6.61263e-005$				
[0285]	$A6=2.94737e-006$				
[0286]	$A8=-1.43738e-008$				
[0287]	$A10=9.78697e-013$				
[0288]	第22表面				
[0289]	$k=-9.07988e-001$				
[0290]	$A4=-3.22561e-005$				

[0291] A6=-9.81704e-008

[0292] 各种数据

[0293]	变焦比	38.80			
		广角	中间 1	中间 2	望远
	焦距	4.64	9.33	39.14	179.99
	F 数	1.65	1.92	2.74	4.60
	半视角 (度)	32.89	17.83	4.38	0.95
	像高	3.00	3.00	3.00	3.00
	透镜总长	122.06	122.06	122.06	122.06
	BF	5.75	5.75	5.75	5.75
	d7	0.60	15.89	33.59	40.83
	d14	42.92	27.63	9.93	2.69
[0294]	d21	7.64	5.33	2.76	17.08
	d24	11.44	13.75	16.32	2.00

[0294] 透镜单元数据

	单元号	最前表面	焦距
[0295]	1	1	55.38
	2	8	-9.25
	3	15	53.93
	4	22	19.98
	5	25	-373.88

[0296] 像差系数变化

[0297]	表面号	I	III	I [^]	III [^]
[0298]	16	0.978	0.018	4.465	4.678
	17	-0.253	-0.012	0.594	-0.115
	18	-0.992	-0.047	-8.477	-8.143
	19	-6.530	-0.385	-9.285	-23.209
	20	6.483	0.356	9.408	23.421
	21	-0.048	0.002	3.380	1.731

[0299] [表1]

[0300]

	条件						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
实施例 1	-0.227	0.220	0.514	-0.856	0.31	2.83	2.55
实施例 2	-0.381	0.156	0.551	-0.931	0.36	6.36	2.28
实施例 3	-1.124	0.168	0.566	-1.046	0.27	1.17	1.50
实施例 4	-0.238	0.190	0.452	-0.687	0.30	4.10	2.68
实施例 5	-0.244	0.182	0.443	-0.654	0.31	3.92	2.70

[0301] 虽然已参照示例性实施例说明了本发明,但应理解,本发明不限于公开的示例性实施例。以下的权利要求的范围应被赋予最宽的解释以包含所有这样的变更方式以及等同的结构和功能。

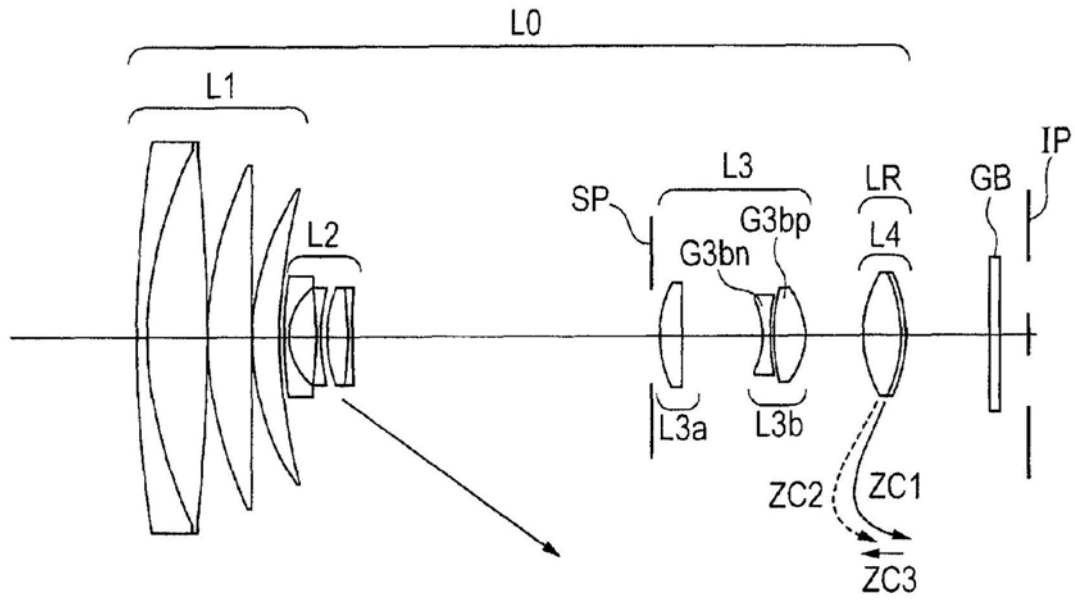


图1

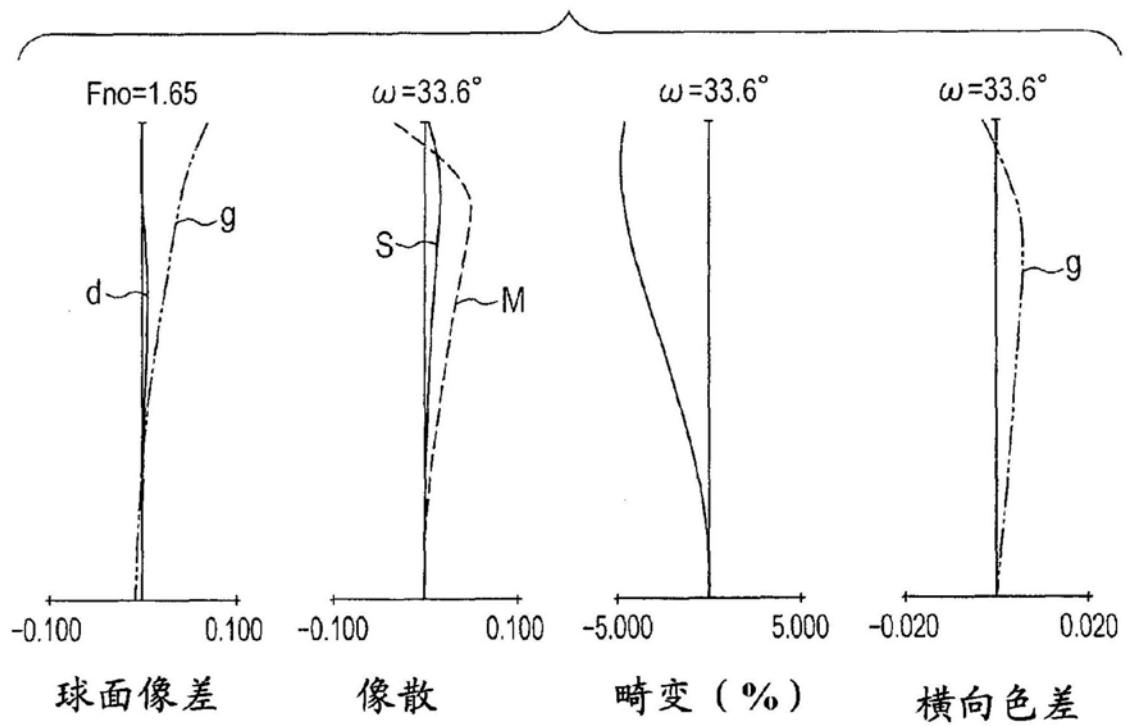


图2A

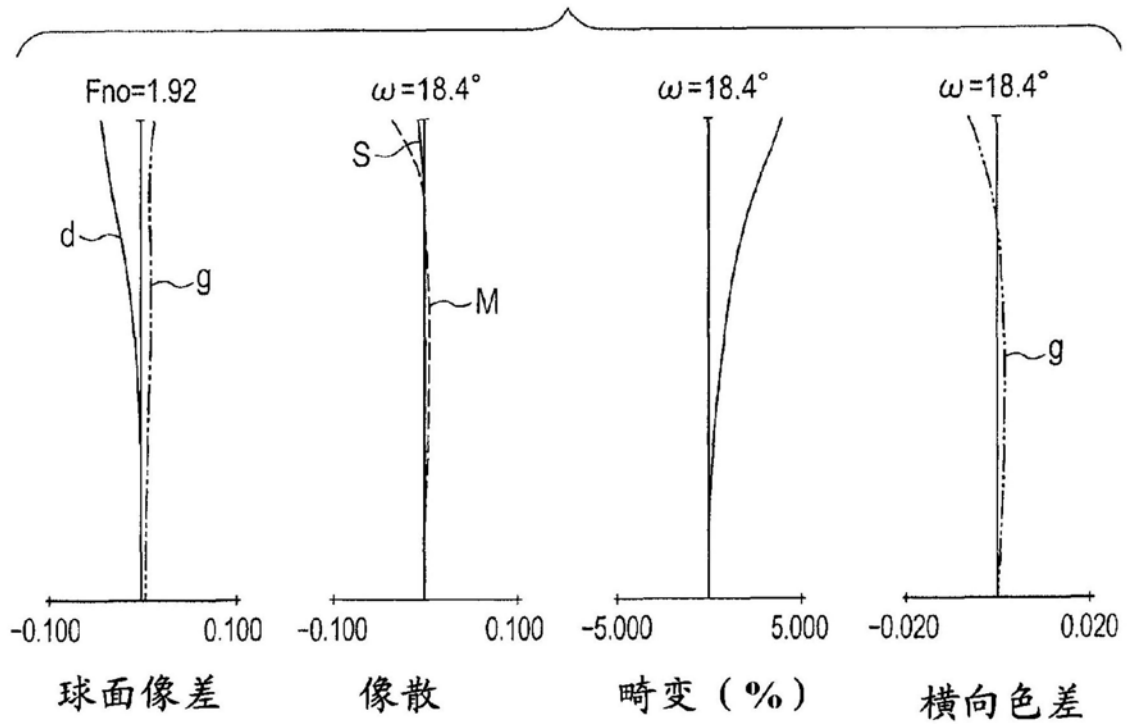


图2B

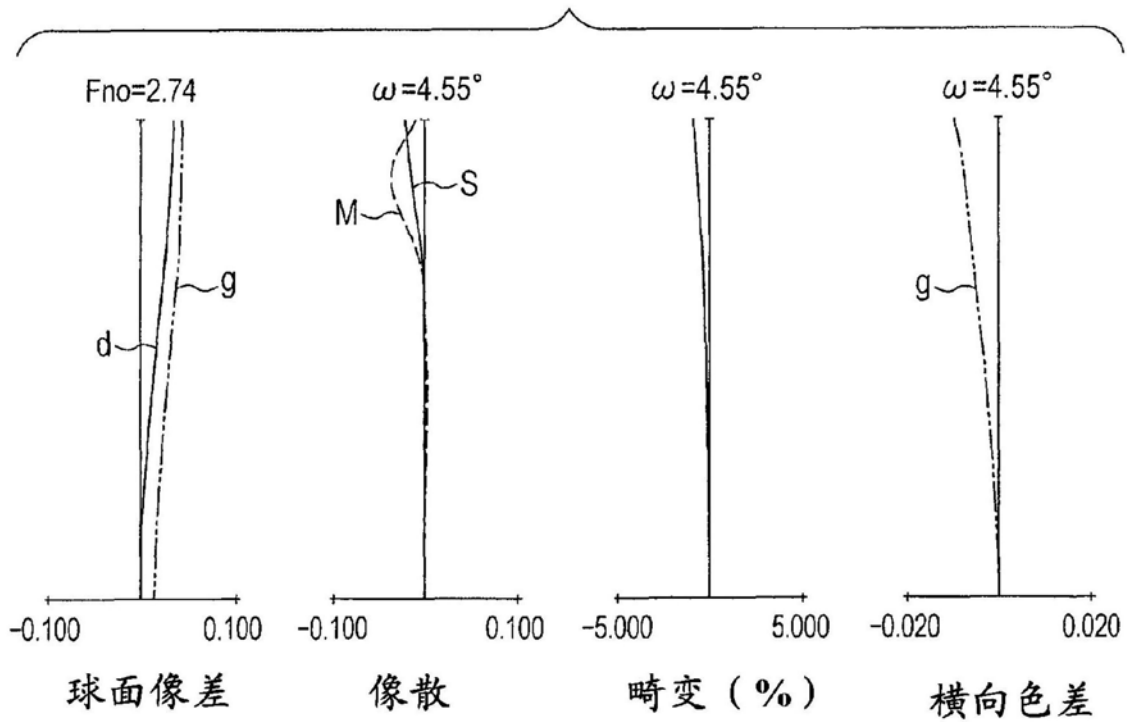


图2C

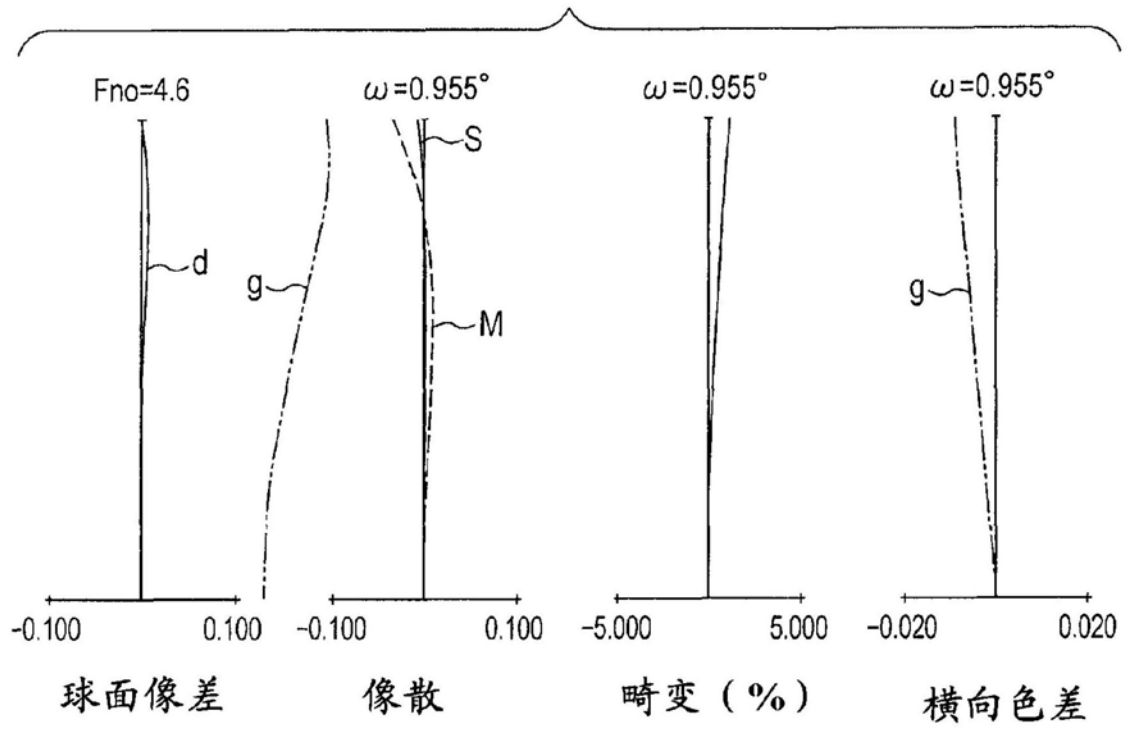


图2D

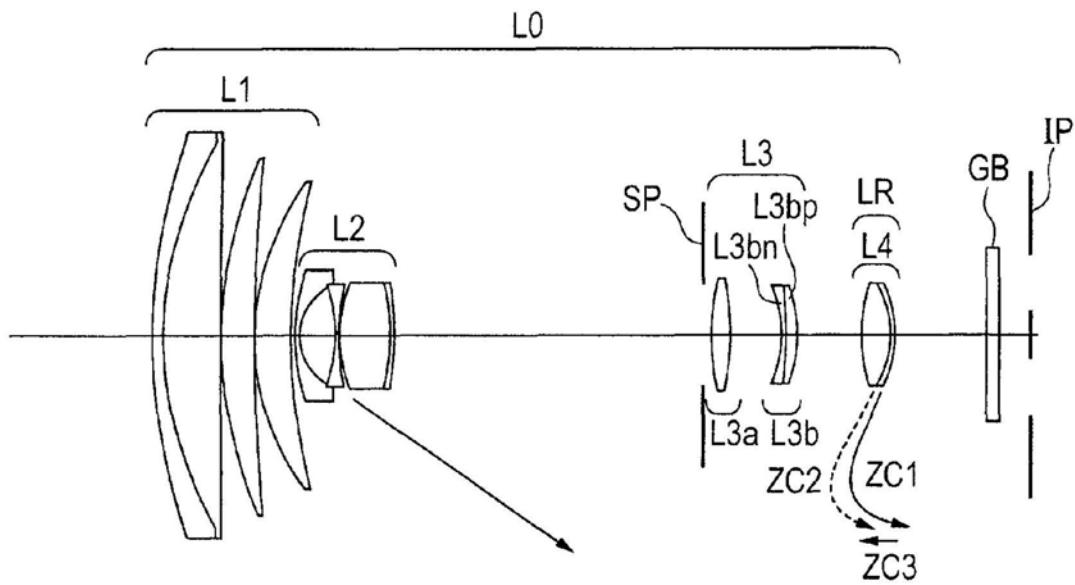


图3

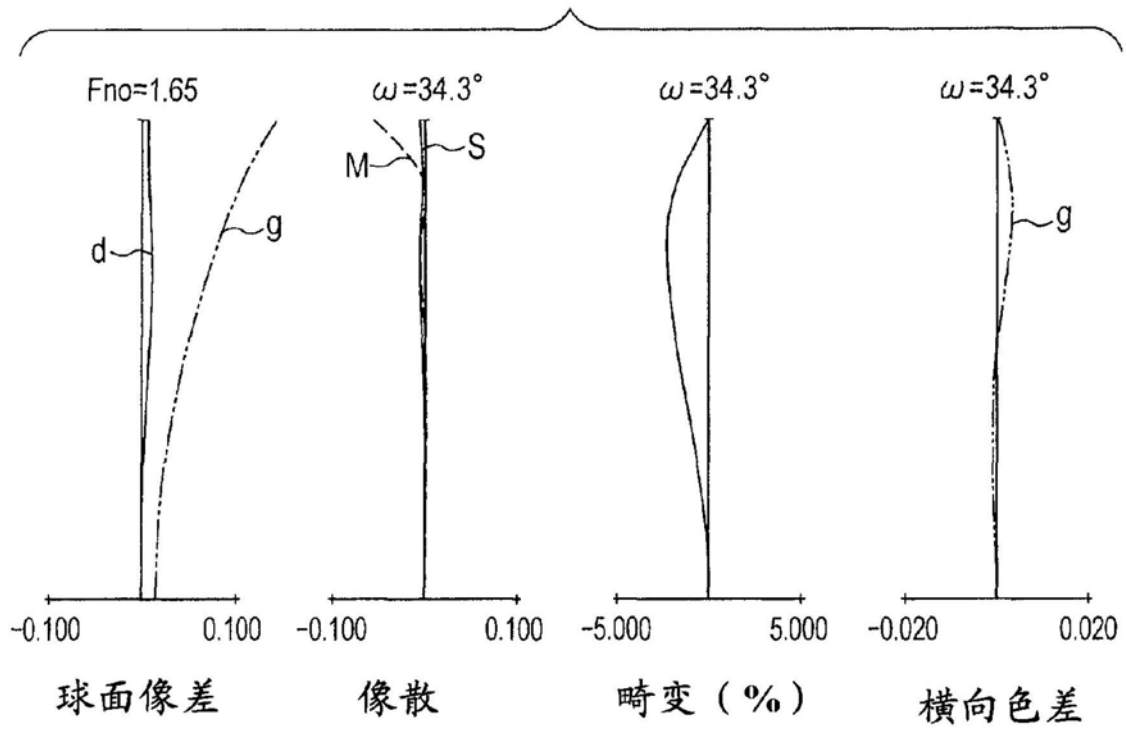


图4A

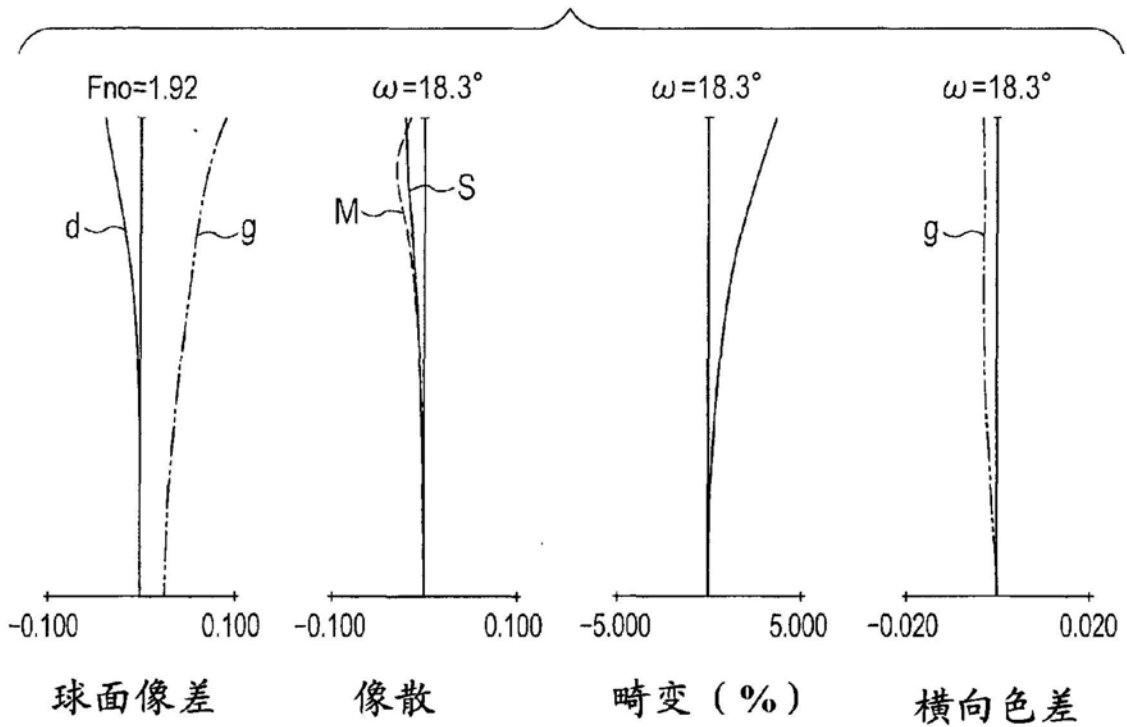


图4B

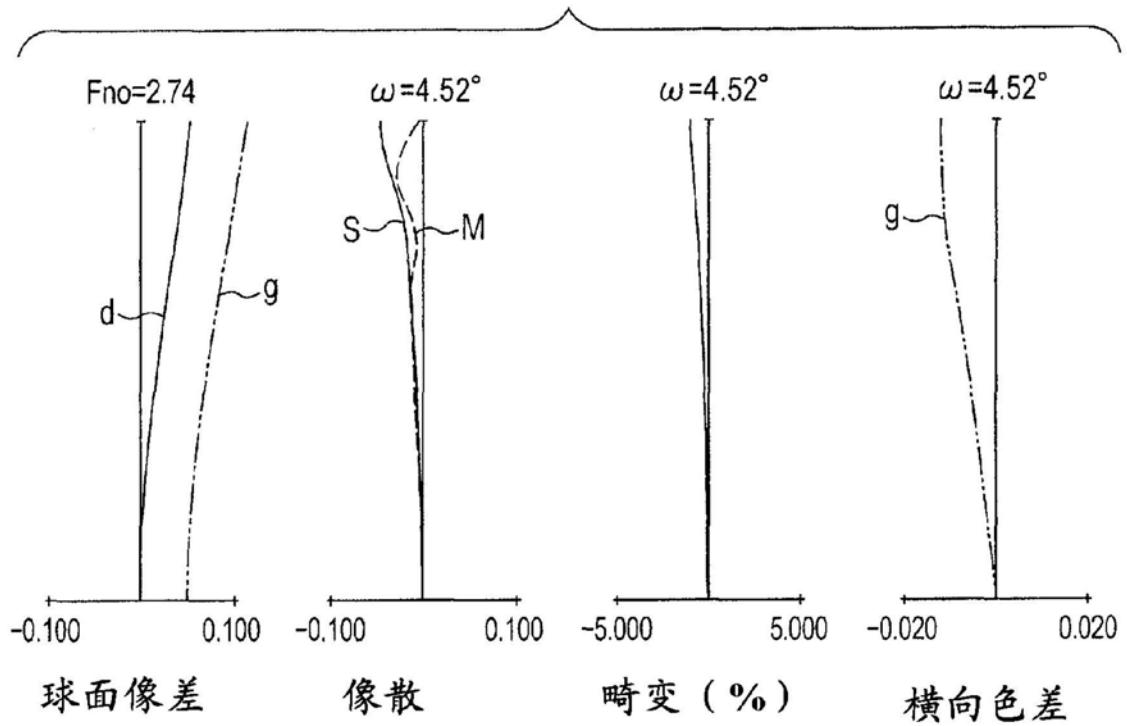


图4C

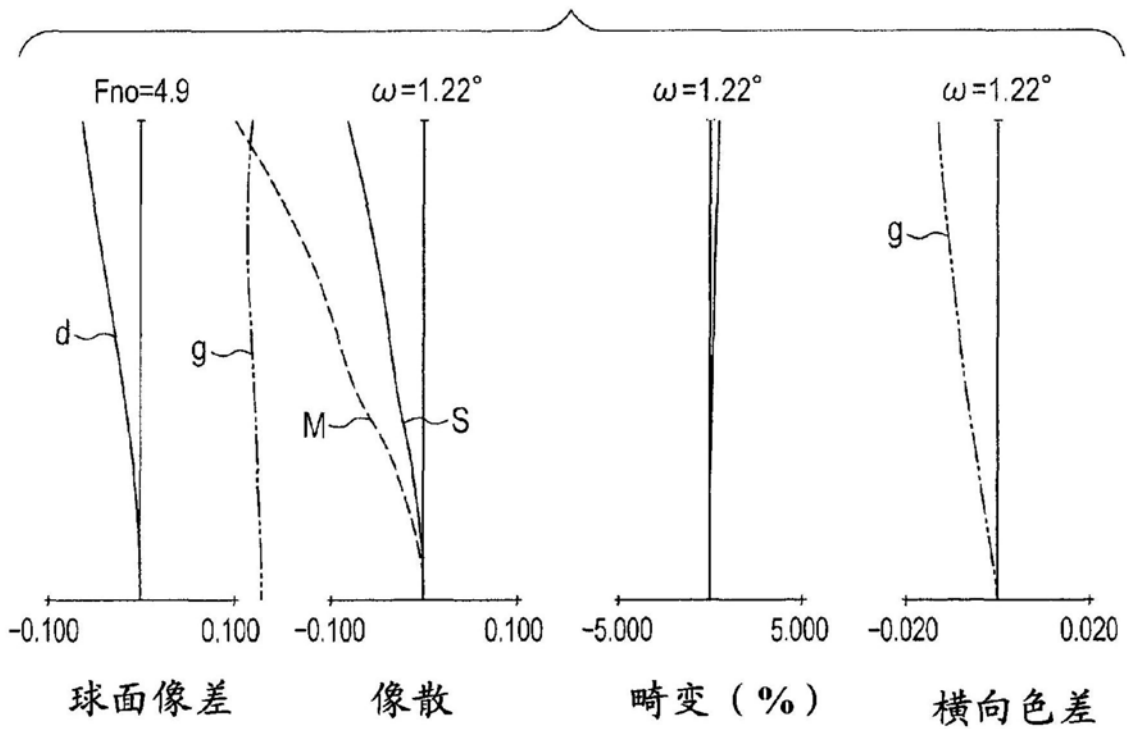


图4D

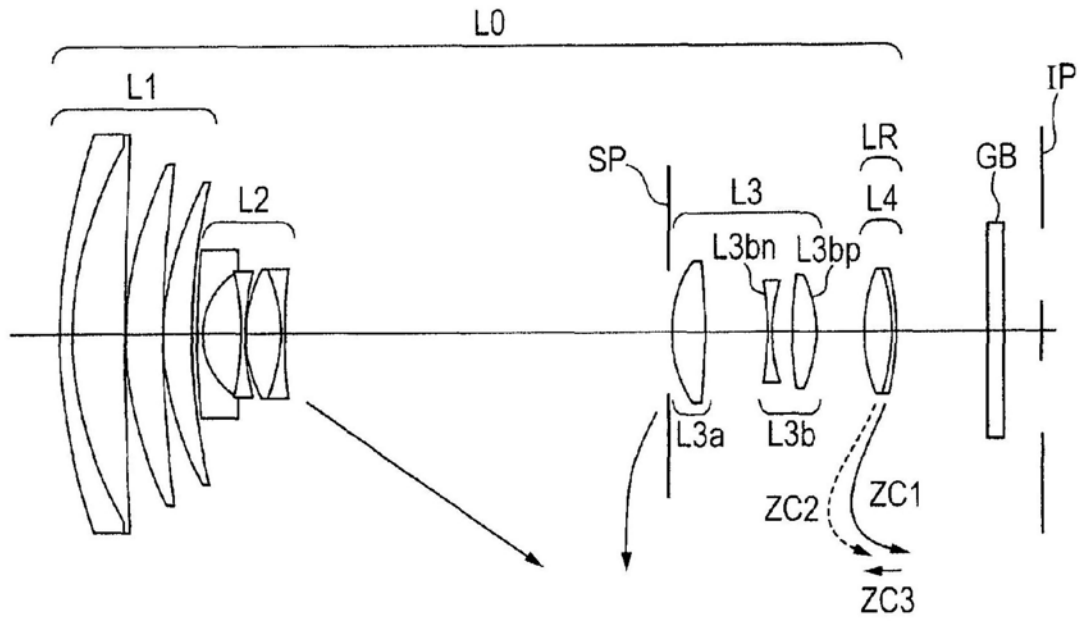


图5

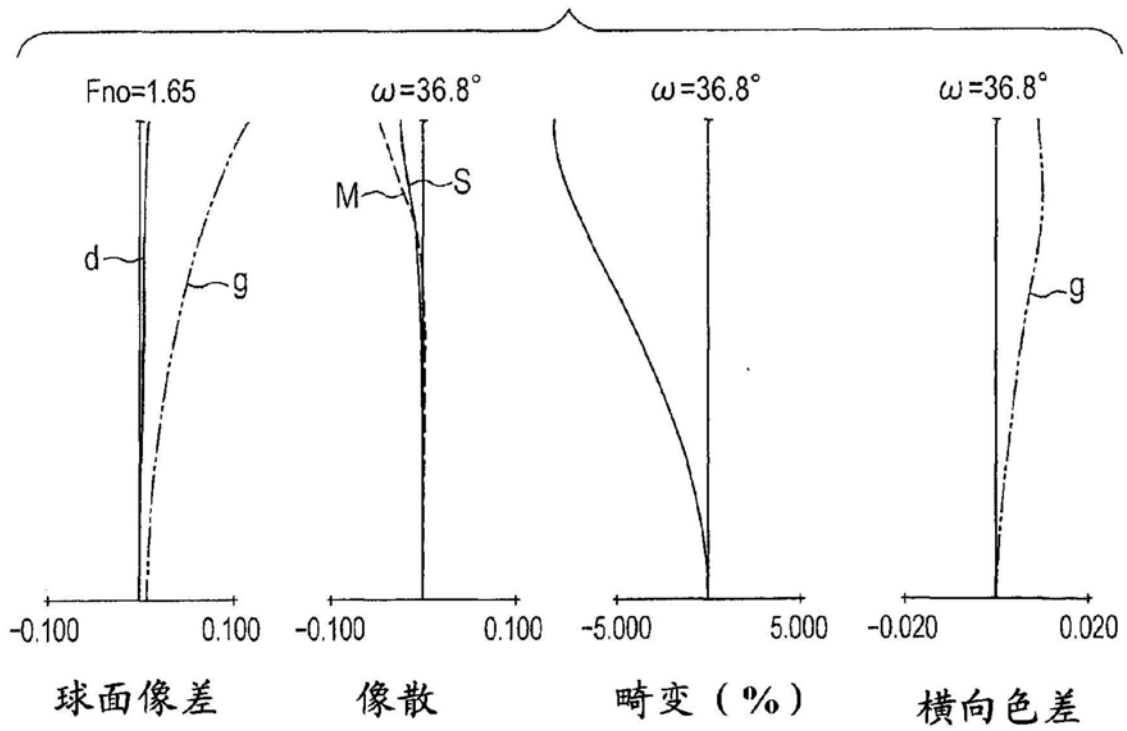


图6A

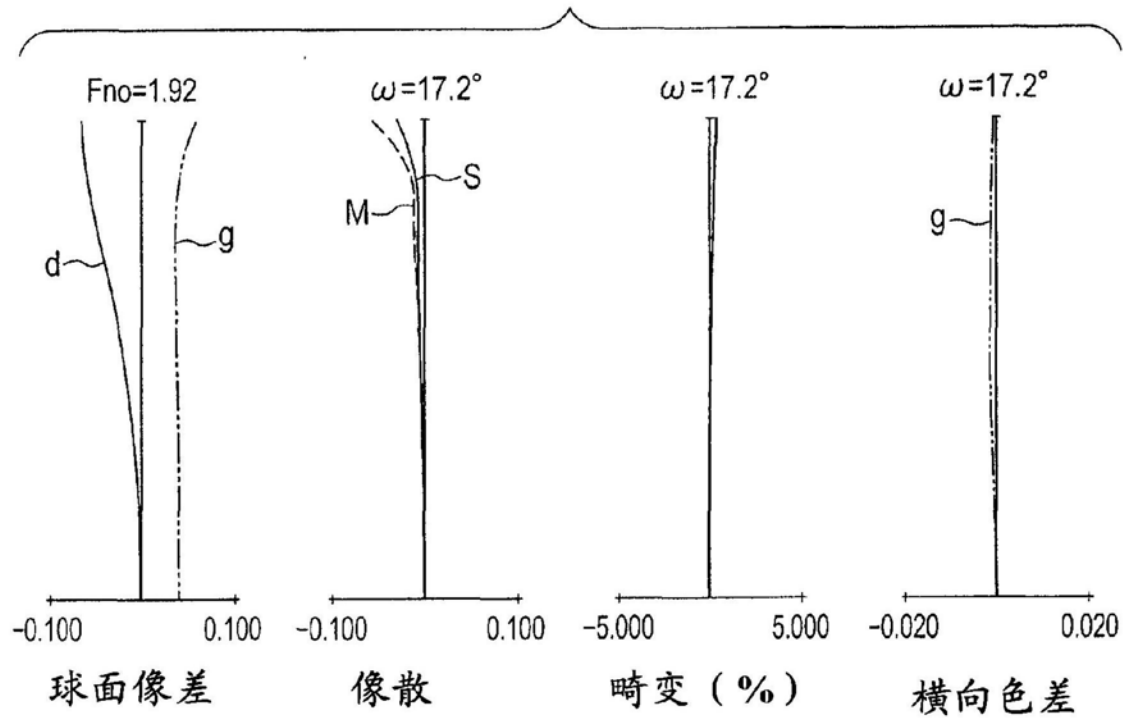


图6B

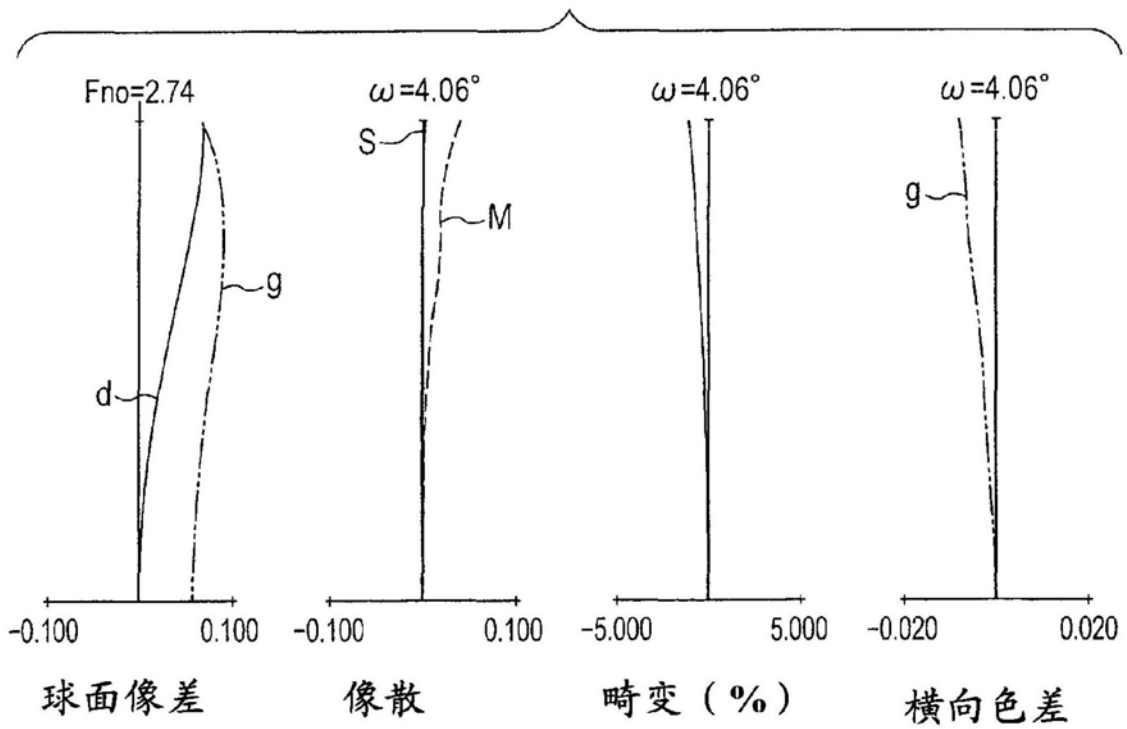


图6C

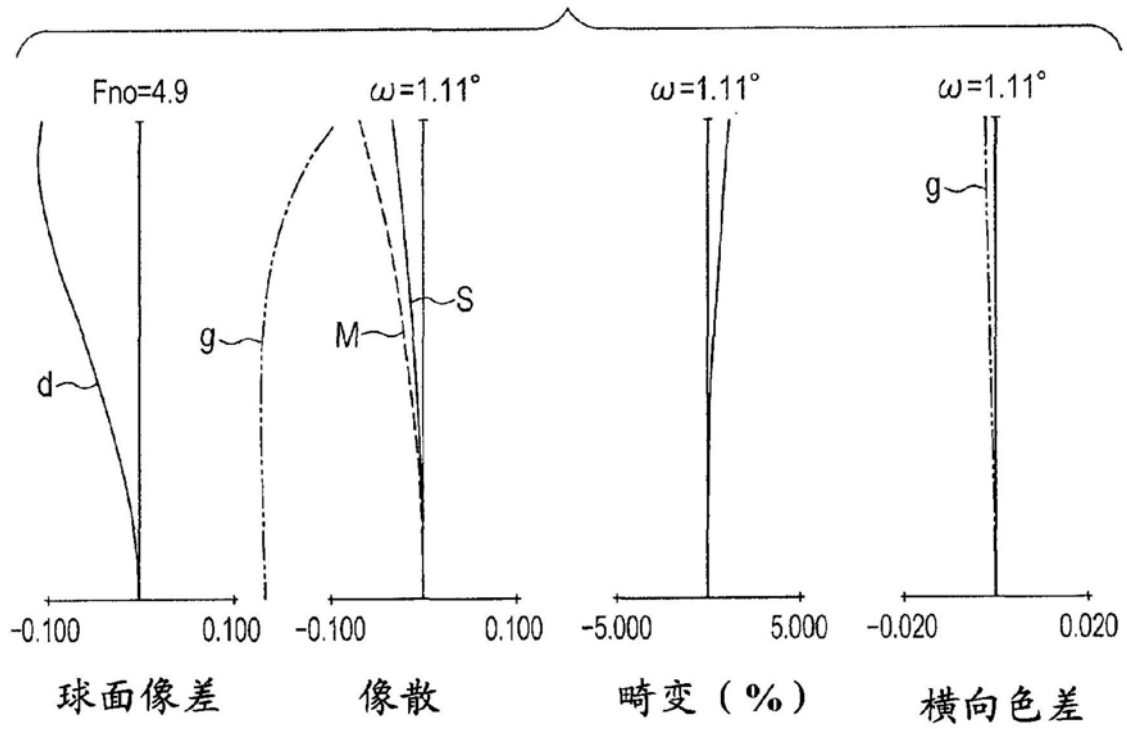


图6D

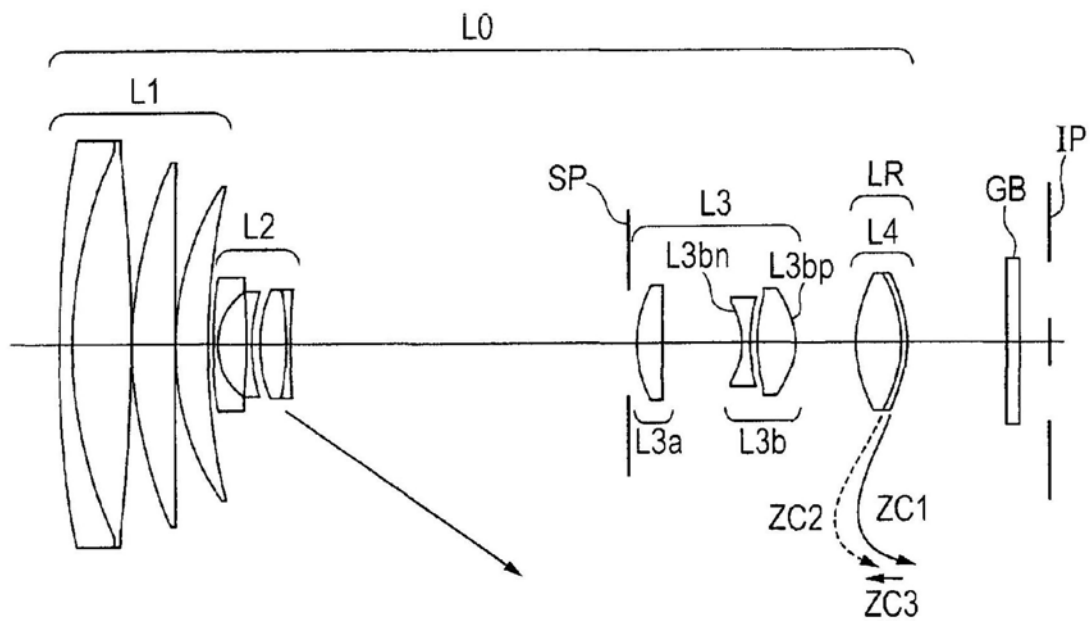


图7

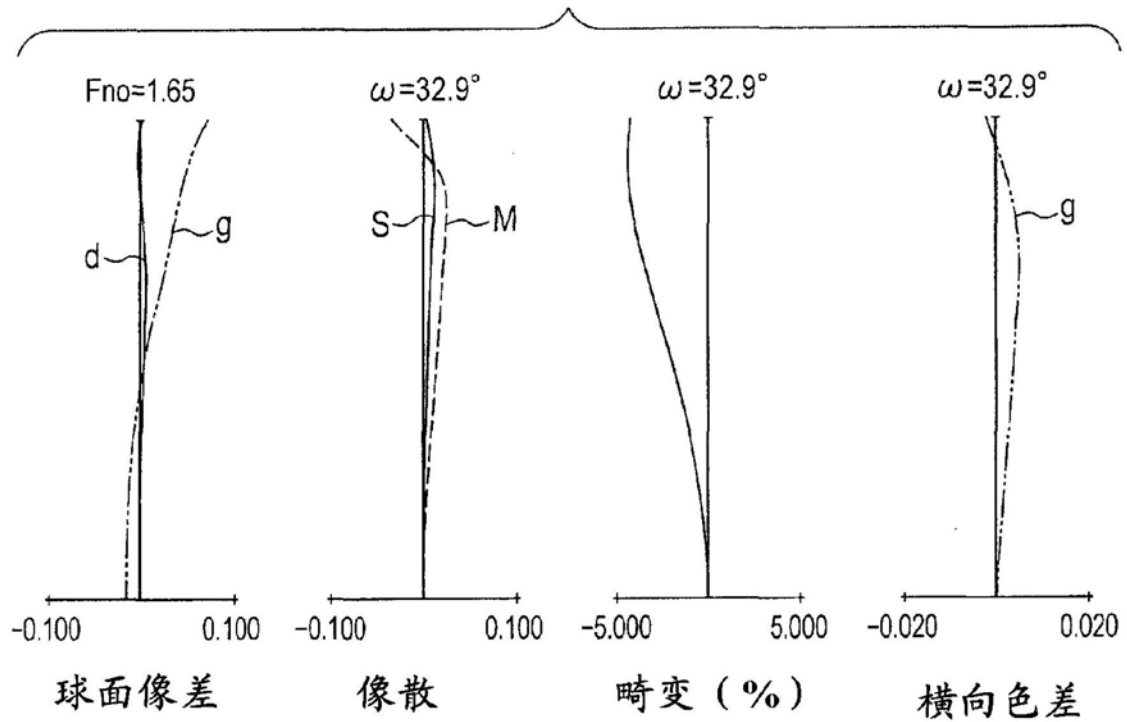


图8A

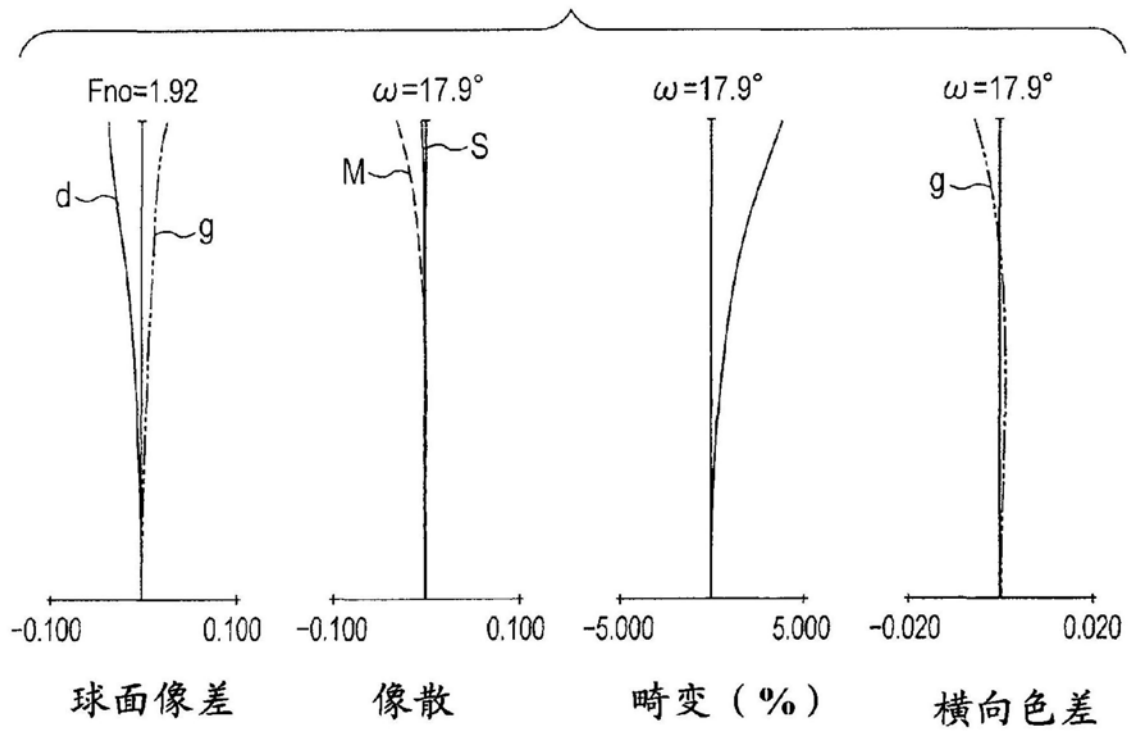


图8B

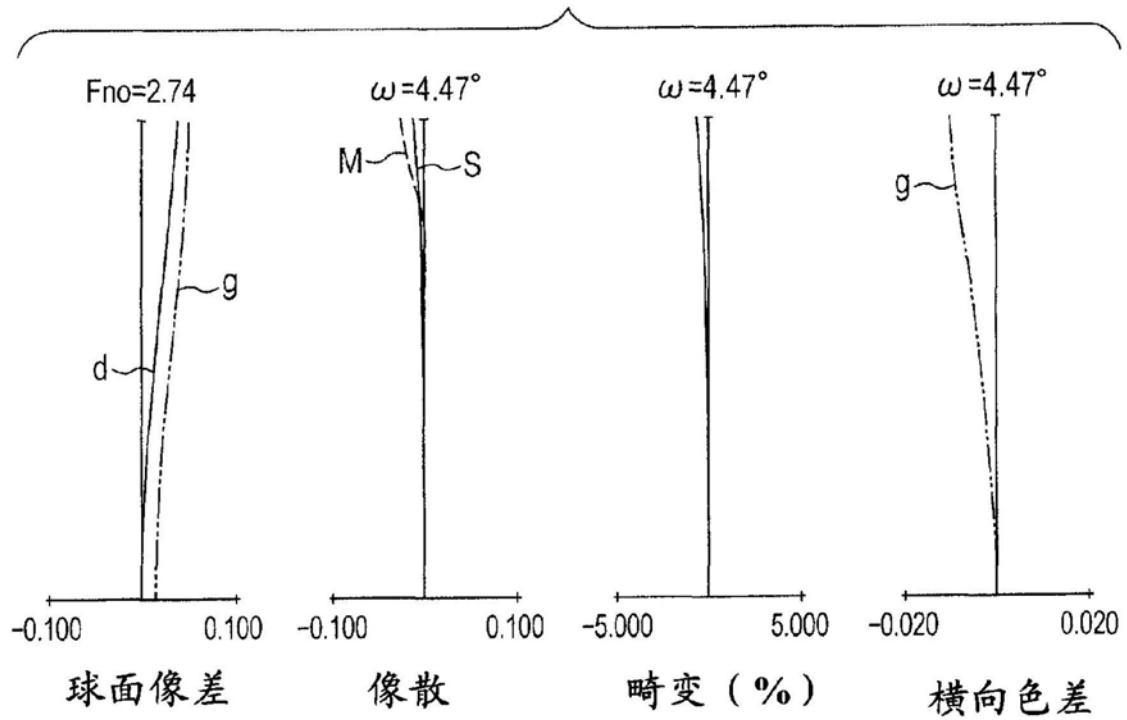


图8C

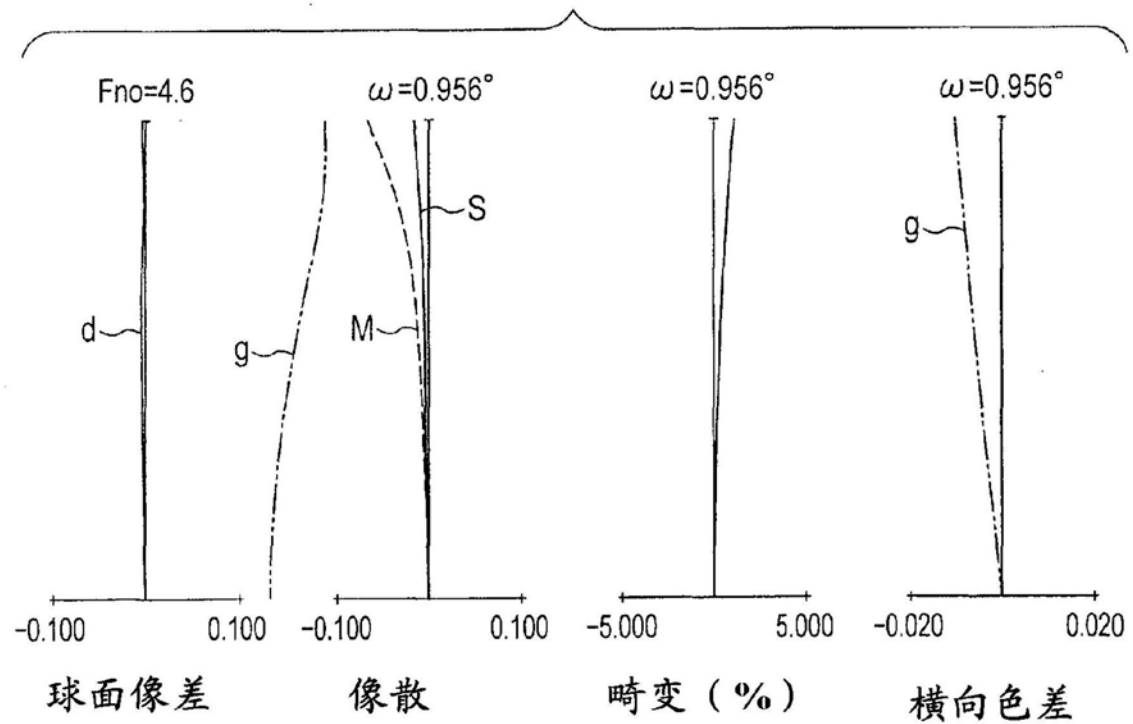


图8D

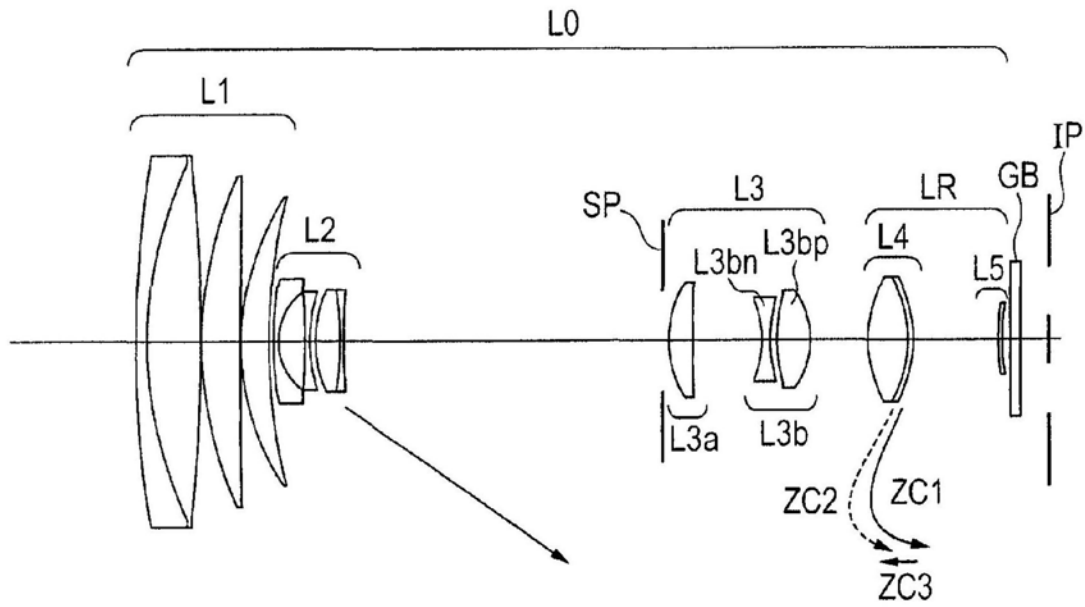


图9

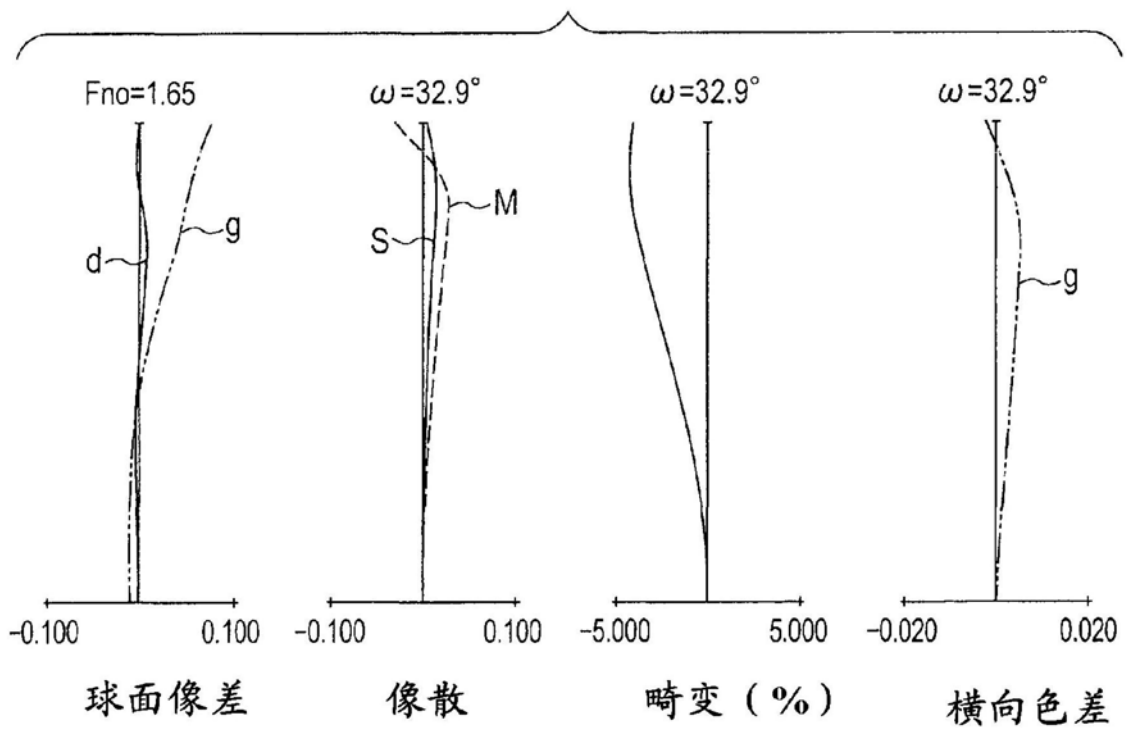


图10A

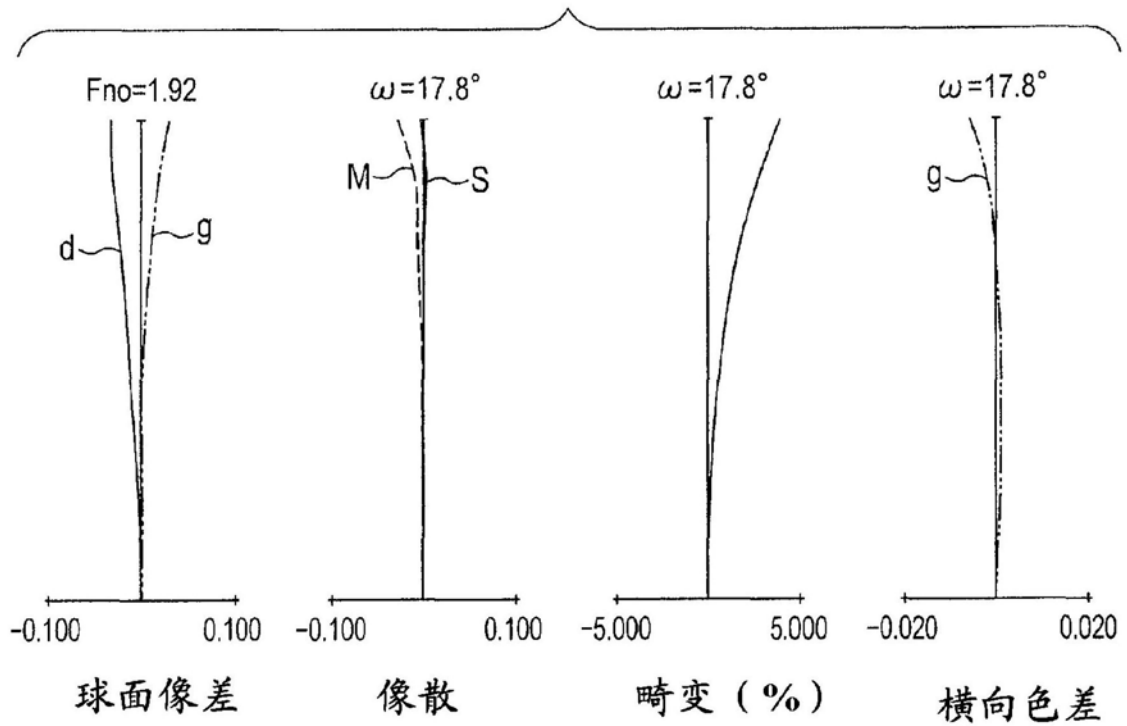


图10B

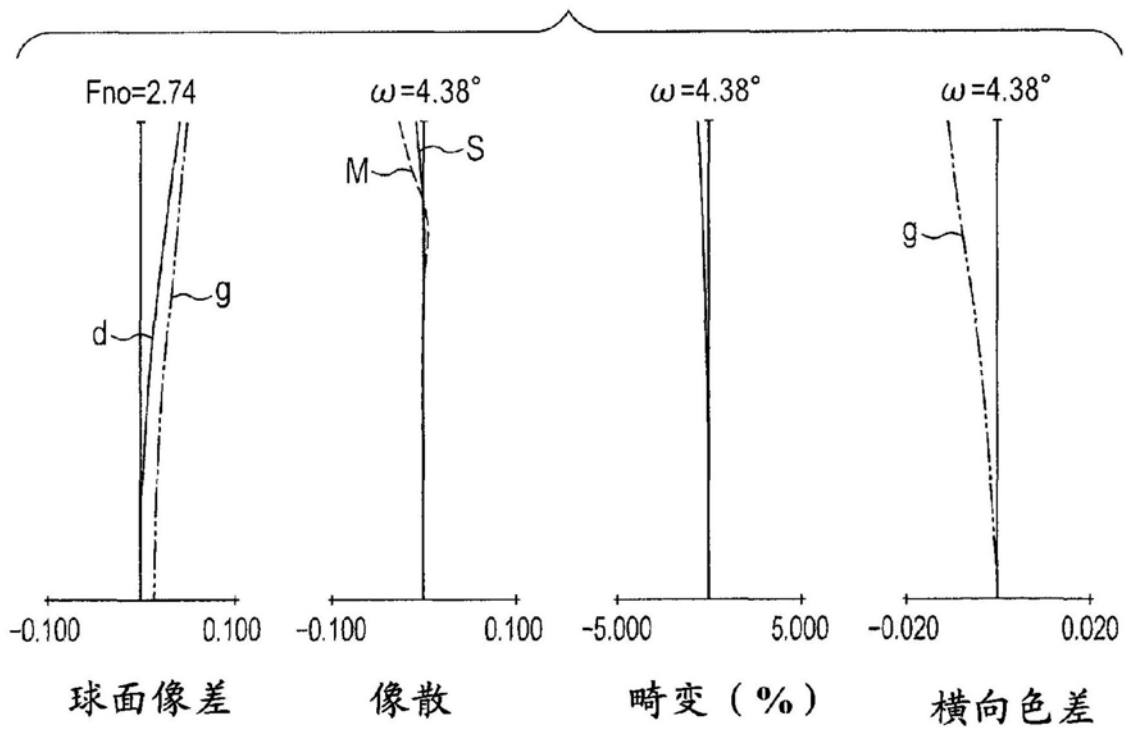


图10C

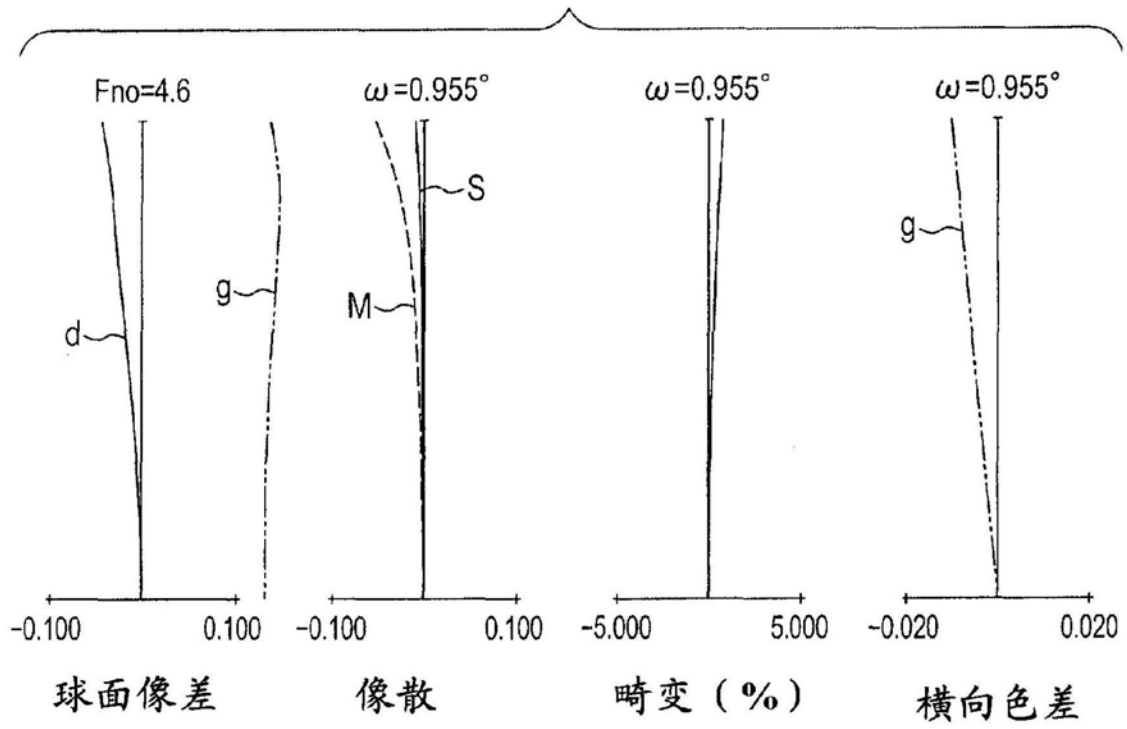


图10D

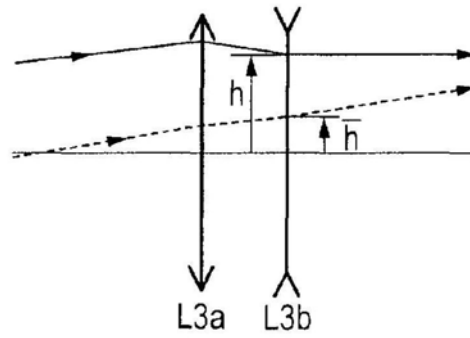


图11A

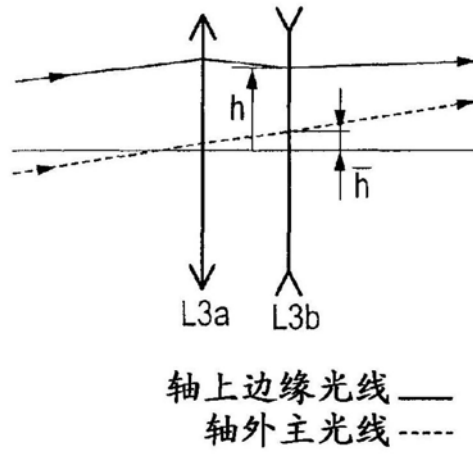


图11B

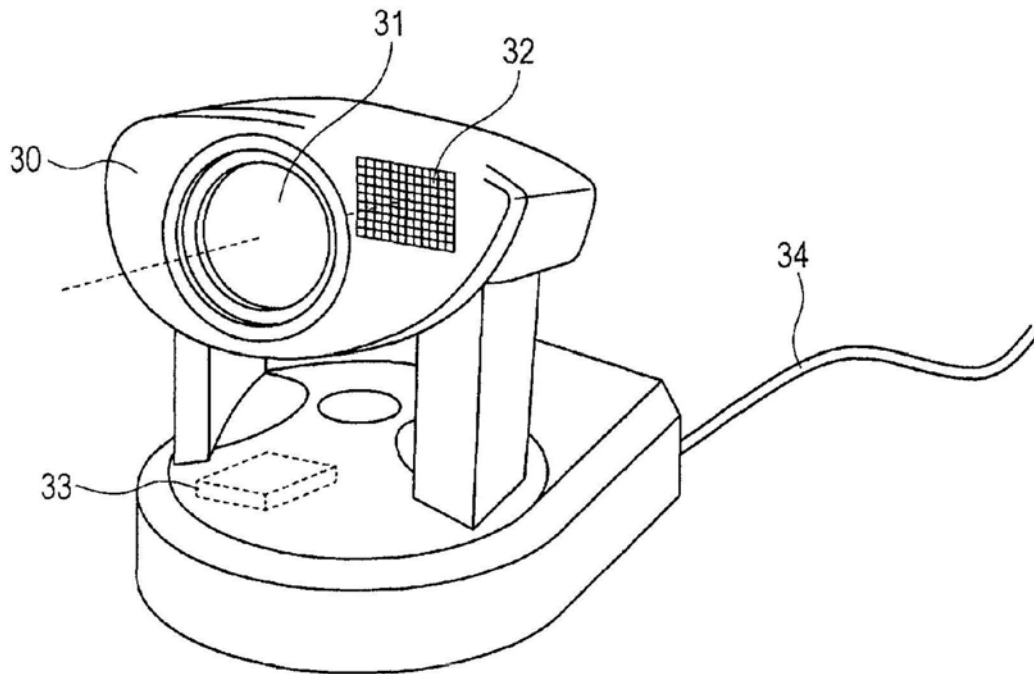


图12