



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109283669 B

(45) 授权公告日 2021.09.03

(21) 申请号 201810782234.4

(22) 申请日 2018.07.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109283669 A

(43) 申请公布日 2019.01.29

(30) 优先权数据
2017-141664 2017.07.21 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社
地址 日本东京

(72) 发明人 奥冈真也

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038
代理人 魏小微

(51) Int.Cl.

G02B 15/173 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106125274 A, 2016.11.16

CN 101206304 A, 2008.06.25

US 2016147048 A1, 2016.05.26

US 4439017 A, 1984.03.27

CN 101718902 A, 2010.06.02

审查员 张量

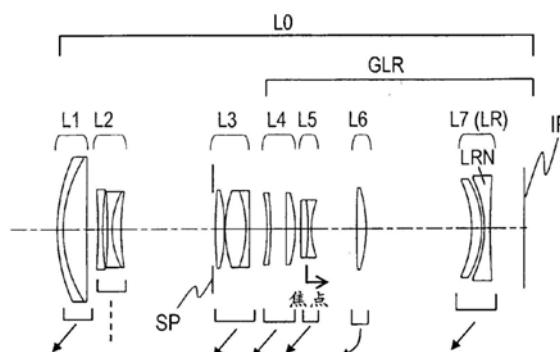
权利要求书2页 说明书23页 附图18页

(54) 发明名称

变焦透镜和图像拾取装置

(57) 摘要

本公开涉及一种变焦透镜和图像拾取装置。变焦透镜包括：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；以及包括至少一个透镜单元的后透镜组，其中每对相邻透镜单元之间的间隔在变焦期间改变，其中后透镜组包括具有负折光力的透镜单元LR，其中透镜单元LR包括至少一个正透镜和至少一个负透镜，其中该至少一个负透镜包括负透镜LRN，负透镜LRN由相对于d线具有该至少一个负透镜的最大阿贝数的材料制成，并且其中材料的非常规部分色散比 $\Delta \theta_g F$ 、在望远端从透镜单元LR的像侧的透镜表面到像平面的距离“bft”、在广角端从透镜单元LR的像侧的透镜表面到像平面的距离“bfw”以及透镜单元LR的焦距“fr”被适当地设定。



1. 一种变焦透镜,其特征在于,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
包括至少一个透镜单元的后透镜组,
其中每对相邻透镜单元之间的间隔在变焦期间改变,
其中所述后透镜组包括具有负折光力的透镜单元LR,
其中透镜单元LR包括至少一个正透镜和至少一个负透镜,
其中所述至少一个负透镜包括负透镜LRN,负透镜LRN由具有所述至少一个负透镜的最大阿贝数并且满足以下条件表达式的材料制成:

$$0.0 < \Delta \theta_{gF} < 0.3,$$

其中 $\Delta \theta_{gF}$ 表示所述材料的非常规部分色散比,

其中在所述后透镜组中最靠近像平面布置的透镜单元被配置为在变焦期间移动,并且
其中满足以下条件表达式:

$$3.5 < b_{ft}/b_{fw} < 50.0; \text{以及}$$

$$-100.0 < f_r/b_{fw} < -5.0,$$

其中 b_{ft} 表示在望远端从透镜单元LR的像侧的透镜表面到像平面的距离, b_{fw} 表示在广角端从透镜单元LR的像侧的透镜表面到像平面的距离,并且 f_r 表示透镜单元LR的焦距。

2. 根据权利要求1所述的变焦透镜,其中满足以下条件表达式:

$$-10.0 < TL_t/M_r < -2.0,$$

其中 TL_t 表示所述变焦透镜在望远端的总长度, M_r 表示透镜单元LR在从广角端到望远端的变焦期间的移动量,当透镜单元LR被定位成在望远端比在广角端更靠近像侧时,所述移动量的符号为正,而当透镜单元LR被定位成在望远端比在广角端更靠近物侧时,所述移动量的符号为负。

3. 根据权利要求1所述的变焦透镜,其中满足以下条件表达式:

$$2.0 < ear/b_{fw} < 10.0,$$

其中 ear 表示透镜单元LR中最靠近像侧的透镜表面的有效直径。

4. 根据权利要求1所述的变焦透镜,其中满足以下条件表达式:

$$-30.0 < f_{rn}/b_{fw} < -2.0,$$

其中 f_{rn} 表示负透镜LRN的焦距。

5. 根据权利要求1所述的变焦透镜,其中满足以下条件表达式:

$$2.0 < D_{23w}/D_{23t} < 20.0,$$

其中 D_{23w} 表示在广角端的第二透镜单元与第三透镜单元之间的在光轴上的间隔,并且 D_{23t} 表示在望远端的第二透镜单元与第三透镜单元之间的透镜间隔。

6. 根据权利要求1所述的变焦透镜,其中满足以下条件表达式:

$$4.0 < f_w/b_{fw} < 25.0,$$

其中 f_w 表示所述变焦透镜在广角端的焦距。

7. 根据权利要求1所述的变焦透镜,其中满足以下条件表达式:

$$3.0 < f_t/b_{ft} < 6.0,$$

其中 f_t 表示所述变焦透镜在望远端的焦距。

8. 根据权利要求1所述的变焦透镜, 其中满足以下条件表达式:

$$0.2 < f_1/f_t < 1.1,$$

其中 f_1 表示第一透镜单元的焦距, 并且 f_t 表示所述变焦透镜在望远端的焦距。

9. 根据权利要求1所述的变焦透镜, 其中满足以下条件表达式:

$$1.0 < \beta_{rt}/\beta_{rw} < 2.5,$$

其中, β_{rw} 表示当聚焦在无穷远处时透镜单元LR在广角端的横向倍率, 并且 β_{rt} 表示当聚焦在无穷远处时透镜单元LR在望远端的横向倍率。

10. 根据权利要求1所述的变焦透镜, 其中在所述后透镜组中最靠近像平面布置的透镜单元是透镜单元LR。

11. 根据权利要求1所述的变焦透镜,

其中所述后透镜组从物侧到像侧依次包括:

具有正折光力的第四透镜单元;

具有负折光力的第五透镜单元;

具有正折光力的第六透镜单元; 以及

具有负折光力的第七透镜单元, 以及

其中透镜单元LR是第七透镜单元。

12. 根据权利要求1所述的变焦透镜,

其中所述后透镜组从物侧到像侧依次包括:

具有正折光力的第四透镜单元;

具有负折光力的第五透镜单元; 以及

具有负折光力的第六透镜单元, 以及

其中透镜单元LR是第六透镜单元。

13. 根据权利要求1所述的变焦透镜,

其中所述后透镜组包括具有负折光力的第四透镜单元, 以及

其中透镜单元LR是第四透镜单元。

14. 根据权利要求1所述的变焦透镜,

其中所述后透镜组从物侧到像侧依次包括:

具有负折光力的第四透镜单元; 以及

具有正折光力的第五透镜单元; 以及

其中透镜单元LR是第四透镜单元。

15. 一种图像拾取装置, 其特征在于, 包括:

如权利要求1至14中任一项所述的变焦透镜; 以及

光电转换元件, 被配置为接收由所述变焦透镜形成的图像的光。

变焦透镜和图像拾取装置

技术领域

[0001] 本发明涉及适于使用图像拾取元件的图像拾取装置(例如,摄像机、电子静态相机、广播相机或监视相机)的变焦透镜和图像拾取装置。

背景技术

[0002] 近年来,使用图像拾取元件的图像拾取装置通过使用电子取景器而整个设备缩小尺寸。另外,例如,要求用于与图像拾取装置一起使用的图像拾取光学系统是紧凑的变焦透镜,具有用于缩短变焦透镜的总长度的短的后焦距,并且在整个变焦范围内具有高的光学性能。例如,还要求图像拾取光学系统是包括长焦距的望远型的变焦透镜,这有利于拍摄远处的物体的图像。作为满足那些要求的变焦透镜,已知其中具有正折光力(refractive power)的透镜单元最靠近物侧布置的望远型和正引线型(positive-lead)变焦透镜。

[0003] 一般而言,在望远型变焦透镜中,随着变焦透镜的总长度变短,或者随着焦距变长,在各种像差当中出现大的色差。在相关技术中,已知有一种望远型变焦透镜,其中使用由非常规(extraordinary)部分色散材料制成的透镜来校正那时的色差(日本专利申请公开No.H11-202202和No.2014-41223)。

[0004] 在日本专利申请公开No.H11-202202和No.2014-41223中的每一个中,公开了一种变焦透镜,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以及跟随第一透镜单元、第二透镜单元和第三透镜单元之后并且包括一个或多个透镜单元的后透镜组。在相关技术中,在日本专利申请公开No.H11-202202中,后透镜组包括具有负折光力的第四透镜单元。

[0005] 在日本专利申请公开No.2014-41223中,后透镜组从物侧到像侧依次包括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。可替代地,在日本专利申请公开No.2014-41223中,后透镜组从物侧到像侧依次包括:具有负折光力的第四透镜单元、具有正折光力的第五透镜单元和具有负折光力的第六透镜单元。

[0006] 另外,在日本专利申请公开No.H11-202202和No.2014-41223中的每一个中,由非常规部分色散材料制成的透镜被用在最靠近物侧的透镜单元中,以校正色差。

[0007] 正引线型变焦透镜相对容易在缩小变焦透镜的尺寸的同时实现高变焦比。但是,在正引线型的变焦透镜中,当在缩短变焦透镜的总长度的同时要实现长焦距并且变焦透镜是望远型时,会出现较大的色差和其它各种像差,并且光学性能显著降低。

[0008] 一般而言,在实现长焦距的望远型变焦透镜中,在前侧的透镜单元中出现的像差被后侧的透镜单元放大。因此,在正引线型变焦透镜中,为了在缩短变焦透镜的总长度并减小变焦透镜的尺寸的同时在整个变焦范围内获得高的光学性能,适当地设定变焦类型(透镜单元的数量和透镜单元的折光力的符号)是重要的。另外,例如,适当地设定形成变焦透镜的透镜单元的透镜结构是重要的。

发明内容

[0009] 根据本发明的一个实施例,提供了一种变焦透镜,该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;以及包括至少一个透镜单元的后透镜组,其中每对相邻透镜单元之间的间隔在变焦期间改变,其中后透镜组包括具有负折光力的透镜单元LR,其中透镜单元LR包括至少一个正透镜和至少一个负透镜,其中这至少一个负透镜包括负透镜LRN,该负透镜LRN由具有该至少一个负透镜中的最大阿贝数(Abbe number)并满足以下条件表达式的材料制成:

[0010] $0.0 < \Delta \theta_{gF} < 0.3$,

[0011] 其中 $\Delta \theta_{gF}$ 表示该材料的非常规部分色散比,并且其中以下条件表达式被满足:

[0012] $3.5 < bft/bfw < 50.0$; 以及

[0013] $-100.0 < fr/bfw < -5.0$,

[0014] 其中“bft”表示在望远端从透镜单元LR的像侧的透镜表面到像平面的距离,“bfw”表示在广角端从透镜单元LR的像侧的透镜表面到像平面的距离,并且“fr”表示透镜单元LR的焦距。

[0015] 根据以下参考附图对示例性实施例的描述,本发明的其它特征将变得清楚。

附图说明

[0016] 图1A是根据本发明的示例1的变焦透镜在广角端的透镜横截面图。

[0017] 图1B是根据示例1的变焦透镜在中间变焦位置的透镜横截面图。

[0018] 图1C是根据示例1的变焦透镜在望远端的透镜横截面图。

[0019] 图2A是根据示例1的变焦透镜在广角端的像差图。

[0020] 图2B是根据示例1的变焦透镜在中间变焦位置的像差图。

[0021] 图2C是根据示例1的变焦透镜在望远端的像差图。

[0022] 图3A是根据本发明的示例2的变焦透镜在广角端的透镜横截面图。

[0023] 图3B是根据示例2的变焦透镜在中间变焦位置的透镜横截面图。

[0024] 图3C是根据示例2的变焦透镜在望远端的透镜横截面图。

[0025] 图4A是根据示例2的变焦透镜在广角端的像差图。

[0026] 图4B是根据示例2的变焦透镜在中间变焦位置的像差图。

[0027] 图4C是根据示例2的变焦透镜在望远端的像差图。

[0028] 图5A是根据本发明的示例3的变焦透镜在广角端的透镜横截面图。

[0029] 图5B是根据示例3的变焦透镜在中间变焦位置的透镜横截面图。

[0030] 图5C是根据示例3的变焦透镜在望远端的透镜横截面图。

[0031] 图6A是根据示例3的变焦透镜在广角端的像差图。

[0032] 图6B是根据示例3的变焦透镜在中间变焦位置的像差图。

[0033] 图6C是根据示例3的变焦透镜在望远端的像差图。

[0034] 图7A是根据本发明的示例4的变焦透镜在广角端的透镜横截面图。

[0035] 图7B是根据示例4的变焦透镜在中间变焦位置的透镜横截面图。

[0036] 图7C是根据示例4的变焦透镜在望远端的透镜横截面图。

[0037] 图8A是根据示例4的变焦透镜在广角端的像差图。

- [0038] 图8B是根据示例4的变焦透镜在中间变焦位置的像差图。
- [0039] 图8C是根据示例4的变焦透镜在望远端的像差图。
- [0040] 图9A是根据本发明的示例5的变焦透镜在广角端的透镜横截面图。
- [0041] 图9B是根据示例5的变焦透镜在中间变焦位置的透镜横截面图。
- [0042] 图9C是根据示例5的变焦透镜在望远端的透镜横截面图。
- [0043] 图10A是根据示例5的变焦透镜在广角端的像差图。
- [0044] 图10B是根据示例5的变焦透镜在中间变焦位置的像差图。
- [0045] 图10C是根据示例5的变焦透镜在望远端的像差图。
- [0046] 图11A是根据本发明的示例6的变焦透镜在广角端的透镜横截面图。
- [0047] 图11B是根据示例6的变焦透镜在中间变焦位置的透镜横截面图。
- [0048] 图11C是根据示例6的变焦透镜在望远端的透镜横截面图。
- [0049] 图12A是根据示例6的变焦透镜在广角端的像差图。
- [0050] 图12B是根据示例6的变焦透镜在中间变焦位置的像差图。
- [0051] 图12C是根据示例6的变焦透镜在望远端的像差图。
- [0052] 图13是根据本发明的一个实施例的图像拾取装置的主要部分的示意图。

具体实施方式

[0053] 现在,参考附图详细描述本发明的示例性实施例。

[0054] 在本说明书中,“后焦距”是指在光轴上从最后一个透镜表面到近轴(paraxial)像平面的距离,该距离以空气等效(air-equivalent)长度表示。“变焦透镜的总长度”是指通过将后焦距与在光轴上从变焦透镜的最前表面(最靠近物侧的透镜表面)到最后表面(最靠近像侧的透镜表面)的距离相加所获得的长度。“广角端”是指变焦透镜的焦距最短的状态,而“望远端”是指变焦透镜的焦距最长的状态。

[0055] 根据本发明的每个示例的变焦透镜从物侧到像侧依次包括具有正折光力((光焦度)=(焦距的倒数))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以及包括一个或多个透镜单元的后透镜组。在变焦期间,每对相邻的透镜单元之间的间隔改变。后透镜组包括具有负折光力的透镜单元LR。

[0056] 图1A、图1B和图1C分别是根据本发明的示例1的变焦透镜在广角端(短焦距端)、中间变焦位置和望远端(长焦距端)的透镜横截面图。图2A、图2B和图2C分别是根据示例1的变焦透镜在被聚焦在无穷远处时在广角端、中间变焦位置、望远端的像差图。示例1涉及变焦比为4.11并且F数为3.94至5.83的变焦透镜。

[0057] 图3A、图3B和图3C分别是根据本发明的示例2的变焦透镜在广角端、中间变焦位置和望远端的透镜横截面图。图4A、图4B和图4C分别是根据示例2的变焦透镜在被聚焦在无穷远处时在广角端、中间变焦位置、望远端的像差图。示例2涉及变焦比为3.81并且F数为3.83至5.85的变焦透镜。

[0058] 图5A、图5B和图5C分别是根据本发明的示例3的变焦透镜在广角端、中间变焦位置和望远端的透镜横截面图。图6A、图6B和图6C分别是根据示例3的变焦透镜在被聚焦在无穷远处时在广角端、中间变焦位置、望远端的像差图。示例3涉及变焦比为4.66并且F数为4.04至5.77的变焦透镜。

[0059] 图7A、图7B和图7C分别是根据本发明的示例4的变焦透镜在广角端、中间变焦位置和望远端的透镜横截面图。图8A、图8B和图8C分别是根据示例4的变焦透镜在被聚焦在无穷远处时在广角端、中间变焦位置、望远端的像差图。示例4涉及变焦比为4.06并且F数为4.00至5.83的变焦透镜。

[0060] 图9A、图9B和图9C分别是根据本发明的示例5的变焦透镜在广角端、中间变焦位置和望远端的透镜横截面图。图10A、图10B和图10C分别是根据示例5的变焦透镜在被聚焦在无穷远处时在广角端、中间变焦位置、望远端的像差图。示例5涉及变焦比为4.22并且F数为4.16至5.83的变焦透镜。

[0061] 图11A、图11B和图11C分别是根据本发明的示例6的变焦透镜在广角端、中间变焦位置和望远端的透镜横截面图。图12A、图12B和图12C分别是根据示例6的变焦透镜在被聚焦在无穷远处时在广角端、中间变焦位置、望远端的像差图。示例6涉及变焦比为4.25并且F数为4.16至5.83的变焦透镜。

[0062] 图13是根据本发明的一个实施例的图像拾取装置的主要部分的示意图。

[0063] 根据每个示例的变焦透镜是与图像拾取装置(例如,摄像机、数字静态相机或TV相机)一起使用的图像拾取光学系统。根据每个示例的变焦透镜也可以被用作投影设备(投影仪)的投影光学系统。在透镜横截面图中,左侧是物侧(前侧),而右侧是像侧(后侧)。而且,在透镜横截面图中,变焦透镜由L0表示。当自物侧起的透镜单元的次序由“i”表示时,第i个透镜单元由Li表示。

[0064] 后透镜组GLR包括一个或多个透镜单元。后透镜组GLR包括具有负折光力的透镜单元LR。透镜单元LR包括一个或多个正透镜和一个或多个负透镜。

[0065] 孔径光阑SP以最小F数(F_{no})确定(限制)光通量。在用作摄像机或数字静态相机的拍摄光学系统时,例如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置作为像平面IP。箭头指示透镜单元在从广角端到望远端的变焦期间的移动轨迹。

[0066] 关于焦点的箭头指示透镜单元在从无穷远到近距离的聚焦期间的移动方向。

[0067] 在示例1至示例3中的每一个示例中,具有正折光力的第一透镜单元由L1表示,具有负折光力的第二透镜单元由L2表示,并且具有正折光力的第三透镜单元由L3表示。具有正折光力的第四透镜单元由L4表示,具有负折光力的第五透镜单元由L5表示,具有正折光力的第六透镜单元由L6表示,并且具有负折光力的第七透镜单元由L7表示。后透镜组GLR包括第四透镜单元L4至第七透镜单元L7。第七透镜单元L7与透镜单元LR对应。

[0068] 在根据示例1至示例3中的每一个示例的变焦透镜中,在从广角端到望远端的变焦期间,第一透镜单元L1、第三透镜单元L3、第四透镜单元L4、第五透镜单元L5、第六透镜单元L6和第七透镜单元L7(LR)被配置为朝着物侧单调地(monotonously)移动。第二透镜单元L2被配置为不移动。执行变焦,使得相比于在广角端,在望远端的第一透镜单元L1和第二透镜单元L2之间的间隔较大,第二透镜单元L2和第三透镜单元L3之间的间隔较小,并且第六透镜单元L6和第七透镜单元L7(LR)之间的间隔较小。

[0069] 在示例4中,具有正折光力的第一透镜单元由L1表示,具有负折光力的第二透镜单元由L2表示,并且具有正折光力的第三透镜单元由L3表示。具有正折光力的第四透镜单元由L4表示,具有负折光力的第五透镜单元由L5表示,并且具有负折光力的第六透镜单元由

L6表示。后透镜组GLR包括第四透镜单元L4至第六透镜单元L6。第六透镜单元L6与透镜单元LR对应。

[0070] 在根据示例4的变焦透镜中,在从广角端到望远端的变焦期间,第一透镜单元L1、第三透镜单元L3、第四透镜单元L4、第五透镜单元L5和第六透镜单元L6(LR)被配置为朝着物侧单调地移动。第二透镜单元L2被配置为不移动。执行变焦,使得相比于在广角端,在望远端的第一透镜单元L1和第二透镜单元L2之间的间隔较大,第二透镜单元L2和第三透镜单元L3之间的间隔较小,并且第五透镜单元L5和第六透镜单元L6(LR)之间的间隔较小。

[0071] 在示例5中,具有正折光力的第一透镜单元由L1表示,具有负折光力的第二透镜单元由L2表示,具有正折光力的第三透镜单元由L3表示,并且具有负折光力的第四透镜单元由L4表示。后透镜组GLR包括第四透镜单元L4。第四透镜单元L4与透镜单元LR对应。

[0072] 在根据示例5的变焦透镜中,在从广角端到望远端的变焦期间,第一透镜单元L1、第三透镜单元L3和第四透镜单元L4被配置为朝着物侧单调地移动。第二透镜单元L2被配置为朝着像侧移动。另外,执行变焦,使得相比于在广角端,在望远端的第一透镜单元L1和第二透镜单元L2之间的间隔较大,并且第二透镜单元L2和第三透镜单元L3之间的间隔以及第三透镜单元L3和第四透镜单元L4(LR)之间的间隔较小。

[0073] 在示例6中,具有正折光力的第一透镜单元由L1表示,具有负折光力的第二透镜单元由L2表示,具有正折光力的第三透镜单元由L3表示,具有负折光力的第四透镜单元由L4表示,并且具有正折光力的第五透镜单元由L5表示。后透镜组GLR包括第四透镜单元L4和第五透镜单元L5。第四透镜单元L4与透镜单元LR对应。

[0074] 在根据示例6的变焦透镜中,在从广角端到望远端的变焦期间,第一透镜单元L1、第三透镜单元L3和第四透镜单元L4被配置为朝着物侧单调地移动。第二透镜单元L2被配置为朝着像侧移动。第五透镜单元L5被配置为不移动。另外,执行变焦,使得相比于在广角端,在望远端的第一透镜单元L1和第二透镜单元L2之间的间隔较大,并且第二透镜单元L2和第三透镜单元L3之间的间隔以及第三透镜单元L3和第四透镜单元L4(LR)之间的间隔较小。

[0075] 在示例1至示例3中的每一个中,第三透镜单元L3、第四透镜单元L4和第五透镜单元L5可以被一体化并且被配置为在变焦期间一体地移动。在示例4中,第三透镜单元L3、第四透镜单元L4和第五透镜单元L5可以被一体化并且被配置为在变焦期间一体地移动。

[0076] 而且,在每个示例中,第二透镜单元L2可以被配置为在图像模糊校正期间在具有垂直于光轴的方向上的分量的方向上移动,由此用作用于校正的图像稳定光学系统。

[0077] 在示例1至示例5中的每一个示例中,透镜单元LR被布置为在后透镜组GLR中最靠近像侧。

[0078] 在像差图中,F数由 F_{no} 表示。半视角(度)由“ ω ”表示,并且是射线跟踪值中的场角。在球面像差图中,实线“d”指示d线(波长:587.56nm),双点划线“g”指示g线(波长:435.835nm),单点划线C指示C线(波长:656.27nm),以及虚线F指示F线(波长:486.13nm)。在像散图中,实线 ΔS 指示相对于d线的弧矢像面,虚线 ΔM 指示相对于d线的子午像面。描绘了对于d线的畸变。在横向色差图中,双点划线“g”指示g线,单点划线C指示C线,并且虚线F指示F线。

[0079] 根据每个示例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以及包括一个或多

个透镜单元的后透镜组GLR。另外,在变焦期间,每对相邻透镜单元之间的间隔改变。

[0080] 后透镜组GLR包括具有负折光力的透镜单元LR,并且透镜单元LR包括一个或多个正透镜和一个或多个负透镜。由包括在透镜单元LR中的一个或多个负透镜中具有最大阿贝数的材料制成的负透镜被定义为负透镜LRN。另外,负透镜LRN的材料的非常规部分色散比由 $\Delta \theta_{gF}$ 表示。在这个时候,满足以下条件表达式:

[0081] $0.0 < \Delta \theta_{gF} < 0.3 \cdots (1)$ 。

[0082] 在望远端从透镜单元LR的像侧的透镜表面到像平面的距离由“bft”表示,在广角端从透镜单元LR的像侧的透镜表面到像平面的距离由“bfw”表示,并且透镜单元LR的焦距由“fr”表示。在这个时候,满足以下条件表达式:

[0083] $3.5 < bft/bfw < 50.0 \cdots (2)$; 以及

[0084] $-100.0 < fr/bfw < -5.0 \cdots (3)$ 。

[0085] 材料的阿贝数 v_d 、部分色散比 θ_{gF} 和非常规部分色散比(非常规部分色散特性) $\Delta \theta_{gF}$ 通过下面提供的表达式来表达。

[0086] 材料相对于g线、F线、d线和C线的折射率分别由 n_g 、 n_F 、 n_d 和 n_C 表示。在这个时候,阿贝数 v_d 、部分色散比 θ_{gF} 和非常规部分色散比 $\Delta \theta_{gF}$ 通过以下表达式来表达:

[0087] $v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$

[0088] $\theta_{gF} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$

[0089] $\Delta \theta_{gF} = \theta_{gF} - (-1.665 \times 10^{-7} \times v_d^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times v_d^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times v_d + 0.7278)$

[0090] 接下来,描述上述条件表达式的技术含义。

[0091] 条件表达式(1)涉及包括在透镜单元LR中的负透镜LRN的材料的非常规部分色散比。为了缩短变焦透镜的总长度,当变焦透镜具有从物侧到像侧依次包括具有正折光力、负折光力和正折光力的第一透镜单元至第三透镜单元并且其中在第一透镜单元到第三透镜单元的像侧的后透镜组具有负折光力的透镜结构时,在望远端的欠校正侧生成g线的横向色差。

[0092] 一般而言,在望远型变焦透镜中,常常需要在望远端具有令人满意的光学性能。因此,具有非常规部分色散特性的材料(即,具有大于0的 $\Delta \theta_{gF}$ 的材料)被用于透镜单元LR中包括的负透镜LRN,以令人满意地校正随着变焦透镜的总长度的缩短而增加的在望远端的色差。

[0093] 当 $\Delta \theta_{gF}$ 降至低于条件表达式(1)的下限值时,变得难以校正在望远端的横向色差。另一方面,当 $\Delta \theta_{gF}$ 超过条件表达式(1)的上限值时,变得难以校正在广角端和望远端的轴向色差和横向色差。

[0094] 条件表达式(2)旨在适当地设定在望远端从透镜单元LR的最后一个透镜表面到像平面的距离与在广角端从透镜单元LR的最后一个透镜表面到像平面的距离之比。

[0095] 如上所述,当把满足 $\Delta \theta_{gF} > 0$ 的材料用于透镜单元LR中包括的负透镜LRN时,在广角端的过校正侧生成g线的横向色差。根据近轴理论,横向色差与近轴轴向射线的入射高度和光瞳近轴射线的入射高度的乘积成比例。依据这个理论,透镜单元LR被布置在像平面附近,在该位置,光瞳近轴射线的入射高度高并且近轴轴向射线的入射高度低,以减小影响。

[0096] 另外,透镜单元LR被布置在远离像平面的位置处,在该位置,近轴轴向射线的入射高度和光瞳近轴射线的入射高度的乘积增加,以校正在望远端的横向色差。而且,透镜单元

LR被配置为有效地校正在望远端由透镜单元LR的前侧的透镜单元生成的各种像差。

[0097] 如本文使用的“近轴轴向射线”是指当整个光学系统的焦距被归一化为1时并且当距离光轴的入射高度为1的光被允许平行于光学系统的光轴入射时所获得的近轴射线。

[0098] 而且,“光瞳近轴射线”是指当整个光学系统的焦距被归一化为1时相对于光轴以 -45° 入射的射线当中通过光学系统的光轴和入射光瞳的交叉点的近轴射线。在这里,当从光轴进行测量时,光学系统上的入射角在顺时针方向上为正,而在逆时针方向上为负。

[0099] 当该比率降至低于条件表达式(2)的下限值时,在广角端的横向色差增加,或者变得难以校正在望远端的横向色差。另一方面,当该比率超过条件表达式(2)的上限值时,在望远端从透镜单元LR的最后一个透镜表面到像平面的距离变长,因此变得难以校正在望远端的横向色差。

[0100] 条件表达式(3)旨在适当地设定在广角端从透镜单元LR的最后一个透镜表面到像平面的距离与透镜单元LR的焦距之间的比率。当该比率降至低于条件表达式(3)的下限值时,透镜单元LR的负折光力变弱(负折光力的绝对值变小),并且因此变得难以缩短变焦透镜的总长度。另一方面,当该比率超过条件表达式(3)的上限值时,透镜单元LR的负焦距变短(负折光力变强),并且因此离轴射线在像平面上的入射角变大。然后,例如在倾斜入射光的特点对图像拾取元件的影响下,不利地生成阴影。

[0101] 在每个示例中,进一步优选地如下设定条件表达式(1)至(3)的数值范围。

[0102] $0.01 < \Delta \theta_{gF} < 0.10 \dots (1a)$

[0103] $3.6 < b_{ft}/b_{fw} < 30.0 \dots (2a)$

[0104] $-80.0 < f_r/b_{fw} < -5.0 \dots (3a)$

[0105] 进一步优选地如下设定条件表达式(1a)至(3a)的数值范围。

[0106] $0.01 < \Delta \theta_{gF} < 0.03 \dots (1b)$

[0107] $3.7 < b_{ft}/b_{fw} < 25.0 \dots (2b)$

[0108] $-60.0 < f_r/b_{fw} < -5.0 \dots (3b)$

[0109] 在每个示例中,优选地满足以下提供的条件表达式中的一个或多个。变焦透镜在望远端的总长度由 TL_t 表示,并且透镜单元LR在从广角端到望远端的变焦期间的移动量由 Mr 表示。如本文所使用的,“透镜单元的移动量”是指在广角端透镜单元在光轴上的位置与在望远端透镜单元在光轴上的位置之间的差异。当透镜单元在望远端比在广角端更靠近像侧定位时,移动量符号为正,并且当透镜单元在望远端比在广角端更靠近物侧定位时,移动量符号为负。

[0110] 透镜单元LR的最靠近像侧的透镜表面的有效直径由“ ear ”表示。负透镜LRN的焦距由“ f_{rn} ”表示。在广角端的第二透镜单元L2和第三透镜单元L3之间的在光轴上的间隔由 D_{23w} 表示,并且在望远端的第二透镜单元L2和第三透镜单元L3之间的透镜间隔由 D_{23t} 表示。变焦透镜在广角端的焦距由“ f_w ”表示。变焦透镜在望远端的焦距由“ f_t ”表示。第一透镜单元的焦距由 f_1 表示。当聚焦在无穷远处时,透镜单元LR在广角端和望远端的横向倍率分别由“ β_{rw} ”和“ β_{rt} ”表示。

[0111] $-10.0 < TL_t/M_r < -2.0 \dots (4)$

[0112] $2.0 < ear/b_{fw} < 10.0 \dots (5)$

[0113] $-30.0 < f_{rn}/b_{fw} < -2.0 \dots (6)$

[0114] $2.0 < D_{23w}/D_{23t} < 20.0 \cdots (7)$

[0115] $4.0 < f_w/bfw < 25.0 \cdots (8)$

[0116] $3.0 < f_t/bft < 6.0 \cdots (9)$

[0117] $0.2 < f_1/f_t < 1.1 \cdots (10)$

[0118] $1.0 < \beta_{rt}/\beta_{rw} < 2.5 \cdots (11)$

[0119] 接下来,描述上述条件表达式的技术含义。

[0120] 条件表达式 (4) 旨在适当地设定变焦透镜在望远端的总长度与透镜单元LR在从广角端到望远端的变焦期间的移动量之比。当该比率超过条件表达式 (4) 的上限值时,透镜单元LR的移动量变大很多,并且变得难以校正在望远端的横向色差。另一方面,例如,当该比率降至低于条件表达式 (4) 的下限值时,透镜单元LR的移动量变小,并且变得难以校正在望远端的横向色差和球面像差。而且,当条件表达式 (4) 的比率取正值时,透镜单元LR在从广角端到望远端的变焦期间朝着像侧移动,并且因此变得难以校正在望远端的横向色差。

[0121] 条件表达式 (5) 旨在适当地设定透镜单元LR的最靠近像侧的透镜表面的有效直径与在广角端从透镜单元LR的最后一个透镜表面到像平面的距离之比。当该比率超过条件表达式 (5) 的上限值时,透镜单元LR的最靠近像侧的透镜表面的有效直径增加,并且光学系统的尺寸不利地增加。

[0122] 另一方面,当该比率降至低于条件表达式 (5) 的下限值时,在广角端从透镜单元LR的最后一个透镜表面到像平面的距离变长很多,因此变得难以校正在广角端的横向色差。换句话说,透镜单元LR的最靠近像侧的透镜表面的有效直径变小很多,并且因此例如在光通量的倾斜入射光特点对图像拾取元件的影响下,不利地生成阴影。

[0123] 条件表达式 (6) 旨在适当地设定满足条件表达式 (1) 且包括在透镜单元LR中的负透镜LRN的焦距与在广角端从透镜单元LR的最后一个透镜表面到像平面的距离之比。当该比率超过条件表达式 (6) 的上限值时,在广角端从透镜单元LR的最后一个透镜表面到像平面的距离变长,或者包括在透镜单元LR中的负透镜LRN的负焦距变短(负折光力变强)。于是,变得难以校正包括色差在内的各种像差。

[0124] 另一方面,当该比率降至低于条件表达式 (6) 的下限值时,包括在透镜单元LR中的负透镜LRN的负焦距变长很多(负折光力变弱)。于是,变得难以校正在望远端的横向色差。

[0125] 条件表达式 (7) 旨在适当地设定在广角端和在望远端的第二透镜单元L2和第三透镜单元L3之间的在光轴上的空气间隔之比。当该比率超过条件表达式 (7) 的上限值时,变焦透镜在广角端的总长度变长,并且变得难以减小变焦透镜的尺寸。另一方面,当该比率降至低于条件表达式 (7) 的下限值时,变焦透镜在望远端的总长度变长,并且进一步地,前透镜的有效直径变大,结果是变焦透镜的尺寸不利地增加。

[0126] 条件表达式 (8) 旨在适当地设定变焦透镜在广角端的焦距与在广角端从透镜单元LR的最后一个透镜表面到像平面的距离之比。当该比率超过条件表达式 (8) 的上限值时,在广角端从透镜单元LR的最后一个表面到像平面的距离变短,并且虽然变得容易校正在广角端的横向色差,但是变得难以确保后焦距具有图像拾取装置所需的长度。

[0127] 另一方面,当该比率降至低于条件表达式 (8) 的下限值时,在广角端从透镜单元LR的最后一个透镜表面到像平面的距离变长,并且因此变得难以校正在广角端的横向色差。

[0128] 条件表达式 (9) 旨在适当地设定变焦透镜在望远端的焦距与在望远端从透镜单元

LR的最后一个透镜表面到像平面的距离之比。当该比率超过条件表达式(9)的上限值时,在望远端从透镜单元LR的最后一个透镜表面到像平面的距离变短很多,并且变得难以校正在望远端的横向色差和球面像差。

[0129] 另外,透镜单元LR的倍率变化份额减小,结果是倍率变化负担不利地放在物侧的透镜单元上。另一方面,当该比率降至低于条件表达式(9)的下限值时,在望远端从透镜单元LR的最后一个透镜表面到像平面的距离变长很多,并且变得难以校正在望远端的横向色差。

[0130] 条件表达式(10)旨在适当地设定第一透镜单元L1的焦距与变焦透镜在望远端的焦距之比。当该比率超过条件表达式(10)的上限值并且第一透镜单元L1的焦距变长很多时,变焦透镜的总长度变得更有可能增加,并且变得难以减小变焦透镜的尺寸。另一方面,当该比率降至低于条件表达式(10)的下限值并且第一透镜单元L1的焦距变短很多时,生成各种大的像差(包括球面像差),并且变得难以获得高的光学性能。

[0131] 条件表达式(11)涉及在从广角端到望远端的变焦期间的透镜单元LR的横向倍率改变。当该比率超过条件表达式(11)的上限值时,透镜单元LR的倍率变化份额变大很多,并且变得难以获得高的光学性能。另一方面,当该比率降至低于条件表达式(11)的下限值时,其它透镜单元的倍率变化份额增加,结果是变得不利地难以在望远端获得高的光学性能,并且变焦透镜的总长度不利地增加。

[0132] 进一步优选地如下设定条件表达式(4)至(11)的数值范围。

[0133] $-8.0 < TLt/Mr < -3.0 \cdots (4a)$

[0134] $2.0 < ear/bfw < 9.8 \cdots (5a)$

[0135] $-25.0 < frn/bfw < -2.2 \cdots (6a)$

[0136] $2.5 < D23w/D23t < 15.0 \cdots (7a)$

[0137] $4.2 < fw/bfw < 24.5 \cdots (8a)$

[0138] $3.1 < ft/bft < 5.8 \cdots (9a)$

[0139] $0.3 < f1/ft < 0.8 \cdots (10a)$

[0140] $1.1 < \beta_{rt}/\beta_{rw} < 2.3 \cdots (11a)$

[0141] 进一步优选地如下设定条件表达式(4a)至(11a)的数值范围。

[0142] $-7.0 < TLt/Mr < -3.0 \cdots (4b)$

[0143] $2.2 < ear/bfw < 9.6 \cdots (5b)$

[0144] $-23.0 < frn/bfw < -2.5 \cdots (6b)$

[0145] $3.5 < D23w/D23t < 14.0 \cdots (7b)$

[0146] $4.4 < fw/bfw < 24.0 \cdots (8b)$

[0147] $3.2 < ft/bft < 5.7 \cdots (9b)$

[0148] $0.35 < f1/ft < 0.70 \cdots (10b)$

[0149] $1.12 < \beta_{rt}/\beta_{rw} < 2.10 \cdots (11b)$

[0150] 虽然到目前为止已经描述了本发明的示例性实施例,但是本发明决不限于那些实施例,并且因此可以在本发明的主题的范围内进行各种改变和修改。

[0151] 接下来,参考图13描述根据本发明的一个实施例的使用根据每个示例的变焦透镜作为图像拾取光学系统的数字静态相机(图像拾取装置)。

[0152] 在图13中,例示了相机主体10和由示例之一中描述的变焦透镜形成的图像拾取光学系统11。诸如CCD传感器或CMOS传感器之类的固态图像拾取元件(光电转换元件)12被包括在相机主体10中,并且被配置为接收由图像拾取光学系统11形成的物体图像的光11。

[0153] 下面提供分别与示例1至示例6对应的数值数据1至数值数据6。在每个数值数据的集合中,从物侧起计数的表面的次序由“i”表示。每个表面的曲率半径由“ r_i ”表示,第i个表面与第(i+1)个表面之间的透镜厚度和空气间隔由“ d_i ”表示,第i个表面与第(i+1)个表面之间的光学材料相对于d线的折射率和阿贝数分别由“ n_{di} ”和“ v_{di} ”表示。光学材料相对于g线、C线和F线的折射率分别由 n_g 、 n_C 和 n_F 表示。后焦距由BF表示。

[0154] 入射光瞳位置是从最靠近物侧的透镜表面(第一透镜表面)到入射光瞳的距离,出射光瞳位置是从最靠近像侧的透镜表面(最后一个透镜表面)到出射光瞳的距离,并且前主点位置是从第一透镜表面到前主点的距离。后主点位置是从最后一个透镜表面到后主点的距离,每个数值都是近轴量,并且符号对于从物侧到像侧的方向为正。而且,在表1中示出上述条件表达式与示例1至示例6之间的关系。

[0155] [数值数据1]

[0156] 单位:mm

[0157] 表面数据

	表面编号	r	d	nd	ng	nC	nF	v d	有效直径
	1	62.635	2.10	1.91082	1.94412	1.90323	1.92907	35.3	50.30
	2	47.415	8.38	1.49700	1.50451	1.49514	1.50123	81.5	48.83
	3	3,523.567	(变量)						48.48
	4	-208.214	1.60	1.60311	1.61541	1.60008	1.61002	60.6	27.18
	5	105.615	1.72						25.88
	6	-190.788	1.60	1.77250	1.79197	1.76780	1.78337	49.6	25.67
	7	28.676	3.20	1.85478	1.90045	1.84488	1.87935	24.8	25.77
	8	81.766	(变量)						25.79
	9 (光阑)	∞	0.98						26.03
	10	148.532	3.30	1.77250	1.79197	1.76780	1.78337	49.6	26.52
	11	-59.434	0.15						26.63
	12	41.363	7.34	1.49700	1.50451	1.49514	1.50123	81.5	26.03
	13	-40.190	1.25	2.00100	2.04600	1.99105	2.02540	29.1	25.06
[0158]	14	-786.799	(变量)						24.89
	15	-67.421	1.30	1.91082	1.94412	1.90323	1.92907	35.3	24.32
	16	-113.659	5.33						24.50
	17	-	3.10	1.60311	1.61541	1.60008	1.61002	60.6	24.52
		3,917.886							
	18	-47.049	(变量)						24.52
	19	773.462	2.50	1.72047	1.74723	1.71437	1.73512	34.7	19.33
	20	-85.797	1.15	1.53775	1.54664	1.53555	1.54275	74.7	18.82
	21	29.541	(变量)						18.66
	22	409.189	3.42	1.48749	1.49596	1.48534	1.49228	70.2	27.63
	23	-50.100	(变量)						27.90
	24	-40.723	3.50	1.81600	1.83800	1.81075	1.82825	46.6	32.63
	25	-34.807	1.00						33.89
	26	-40.647	2.00	1.53775	1.54664	1.53555	1.54275	74.7	33.96
	27	248.145	(变量)						36.12
	像平面	∞							
[0159]	各种数据								
	变焦比			4.11					
[0160]	广角			中间			望远		
	焦距	71.40			136.34			293.23	
	F 数	3.94			4.72			5.83	

	半视角 (度)	16.86	9.02	4.22		
	图像高度	21.64	21.64	21.64		
	变焦透镜的总长度	165.00	202.23	235.83		
	BF	12.14	31.67	72.45		
[0161]	d3	4.00	41.23	74.83		
	d8	32.46	19.82	1.77		
	d14	6.20	2.93	5.32		
	d18	1.97	5.42	3.01		
	d21	15.91	25.48	20.91		
	d23	37.39	20.75	2.61		
	d27	12.14	31.67	72.45		
[0162]	入射光瞳位置	43.20	110.32	187.19		
	出射光瞳位置	-52.03	-55.02	-48.17		
	前主点位置	35.15	32.24	-232.41		
	后主点位置	-59.26	-104.67	-220.78		
变焦透镜单元数据						
	单元	第一表面	焦距	透镜单元结构长度	前主点位置	后主点位置
[0163]	1	1	171.84	10.48	-1.81	-8.47
	2	4	-48.25	8.12	3.02	-2.22
	3	9	48.90	13.03	-0.29	-8.38
	4	15	127.17	9.73	13.46	6.22
	5	19	-66.32	3.65	2.45	0.24
	6	22	91.78	3.42	2.05	-0.25
	7	24	-85.91	6.50	0.17	-3.99
单透镜数据						
	透镜	第一表面	焦距			
[0165]	1	1	-229.31			
	2	2	96.63			
	3	4	-115.96			
	4	6	-32.17			
	5	7	50.27			
	6	10	55.33			
	7	12	42.28			
	8	13	-42.35			
	9	15	-184.43			
	10	17	78.93			
	11	19	107.33			
	12	20	-40.72			
	13	22	91.78			

[0166]	14	24	231.94
	15	26	-64.79

[0167] [数值数据2]

[0168] 单位:mm

[0169] 表面数据

[0170]								
表面编号	r	d	nd	ng	nC	nF	v d	有效直径
1	82.361	6.50	1.73800	1.76768	1.73131	1.75418	32.3	66.64
2	194.568	0.50						65.81
3	95.804	2.10	2.00100	2.04600	1.99105	2.02540	29.1	64.54
4	53.920	11.00	1.49700	1.50451	1.49514	1.50123	81.5	61.24
5	314.541	(变量)						60.38
6	-847.034	2.00	1.88300	1.91050	1.87656	1.89822	40.8	32.25
7	91.801	2.96						31.87
8	-119.820	1.60	1.77250	1.79197	1.76780	1.78337	49.6	31.93
9	45.032	4.50	1.84666	1.89419	1.83649	1.87210	23.8	32.97
10	391.560	(变量)						33.21
11	1,332.803	3.30	1.69895	1.72941	1.69222	1.71542	30.1	34.59
12	-109.717	0.15						34.91
13	78.477	6.73	1.49700	1.50451	1.49514	1.50123	81.5	35.22
14	-73.459	1.50	2.00100	2.04600	1.99105	2.02540	29.1	34.97
15	-276.058	0.90						35.14
16 (光阑)	∞	(变量)						35.10
17	68.654	5.00	1.48749	1.49596	1.48534	1.49228	70.2	34.97
18	-134.896	0.27						34.73
19	171.717	6.00	1.59522	1.60612	1.59255	1.60134	67.7	33.92
20	-45.192	0.52						33.33
21	-43.734	2.50	1.95375	1.99206	1.94513	1.97465	32.3	32.66
22	-126.835	(变量)						32.27
23	-305.444	2.50	1.76182	1.79992	1.75357	1.78230	26.5	23.08
24	-180.266	1.15	1.53775	1.54664	1.53555	1.54275	74.7	22.50
25	40.652	(变量)						21.60
26	882.399	3.66	1.48749	1.49596	1.48534	1.49228	70.2	29.76
27	-49.376	(变量)						30.02
28	-40.607	3.50	1.88300	1.91050	1.87656	1.89822	40.8	37.57
29	-28.940	1.00						38.10
30	-27.643	2.00	1.49700	1.50451	1.49514	1.50123	81.5	37.78
31	161.816	(变量)						41.32

像平面

∞

[0171] 各种数据

[0172] 变焦比

3.81

广角

中间

望远

	焦距	102.21	195.97	389.86		
	F 数	3.83	4.93	5.85		
	半视角（度）	11.95	6.30	3.18		
	图像高度	21.64	21.64	21.64		
	变焦透镜的总长度	204.85	250.29	291.30		
	BF	4.31	31.68	97.49		
[0173]	d 5	5.99	51.44	92.45		
	d10	17.29	9.08	4.39		
	d16	13.40	13.23	5.03		
	d22	8.27	4.79	1.77		
	d25	23.57	27.83	15.79		
	d27	60.17	40.38	2.54		
	d31	4.31	31.68	97.49		
[0174]	入射光瞳位置	55.83	157.25	360.55		
	出射光瞳位置	-59.82	-58.89	-36.46		
	前主点位置	-4.89	-70.79	-384.28		
	后主点位置	-97.90	-164.29	-292.37		
变焦透镜单元数据						
	单元	第一表面	焦距	透镜单元结构长度	前主点位置	后主点位置
[0175]	1	1	196.66	20.10	-7.70	-19.69
	2	6	-55.70	11.06	2.47	-4.81
	3	11	98.48	12.58	0.73	-7.45
	4	17	76.29	14.30	1.53	-7.72
	5	23	-68.80	3.65	1.85	-0.31
	6	26	96.04	3.66	2.33	-0.13
	7	28	-85.28	6.50	0.54	-3.57
单透镜数据						
[0177]	透镜	第一表面	焦距			
	1	1	188.87			
	2	3	-126.38			
	3	4	129.13			
	4	6	-93.71			
	5	8	-42.19			
	6	9	59.74			
	7	11	145.17			
	8	13	77.48			
	9	14	-100.37			
	10	17	94.09			
	11	19	60.73			

	12	21	-71.03
	13	23	572.44
[0178]	14	24	-61.57
	15	26	96.04
	16	28	100.00
	17	30	-47.34

[0179] [数值数据3]

[0180] 单位:mm

[0181] 表面数据

表面编号	r	d	nd	ng	nC	nF	v d	有效直径
1	62.312	2.10	1.91082	1.94412	1.90323	1.92907	35.3	52.89
2	47.706	9.00	1.49700	1.50451	1.49514	1.50123	81.5	51.00
3	∞	(变量)						50.45
4-	-	1.60	1.60311	1.61541	1.60008	1.61002	60.6	28.05
	9,785.177							
5	81.009	2.00						26.22
6	-131.827	1.60	1.77250	1.79197	1.76780	1.78337	49.6	25.95
7	20.760	3.80	1.85478	1.90045	1.84488	1.87935	24.8	23.66
8	55.309	(变量)						23.09
9 (光阑)	∞	0.98						19.72
10	90.750	2.50	1.77250	1.79197	1.76780	1.78337	49.6	20.13
11	-70.028	0.15						20.20
[0182]	30.007	4.72	1.49700	1.50451	1.49514	1.50123	81.5	19.86
13	-26.703	1.25	2.00100	2.04600	1.99105	2.02540	29.1	19.54
14	1,501.833	(变量)						19.61
15	86.461	3.10	1.60311	1.61541	1.60008	1.61002	60.6	19.94
16	-39.357	(变量)						19.88
17	-117.186	2.50	1.72047	1.74723	1.71437	1.73512	34.7	16.25
18	-29.664	1.15	1.53775	1.54664	1.53555	1.54275	74.7	15.86
19	20.693	(变量)						15.08
20	78.249	4.00	1.48749	1.49596	1.48534	1.49228	70.2	25.47
21	-48.824	(变量)						25.65
22	-36.762	3.50	1.61340	1.63091	1.60925	1.62311	44.3	29.36
23	-25.785	1.00						30.21
24	-26.831	2.00	1.59522	1.60612	1.59255	1.60134	67.7	30.19
25	248.145	(变量)						33.62
像平面	∞							

[0183] 各种数据

	变焦比	4.66		
[0184]	广角		中间	望远
	焦距	51.80	126.89	241.22

	F 数	4.04	5.18	5.77		
	半视角（度）	22.67	9.68	5.13		
	图像高度	21.64	21.64	21.64		
	变焦透镜的总长度	136.91	175.70	210.70		
	BF	11.36	30.93	42.48		
[0185]	d3	3.37	42.15	77.15		
	d8	28.67	11.09	2.49		
	d14	5.68	2.00	5.04		
	d16	0.68	4.67	3.50		
	d19	9.87	22.26	28.09		
	d21	30.32	15.64	5.00		
	d25	11.36	30.93	42.48		
	入射光瞳位置	39.97	104.61	216.21		
	出射光瞳位置	-35.51	-40.33	-45.19		
	前主点位置	34.53	5.54	-206.26		
	后主点位置	-40.44	-95.96	-198.74		
[0186]	变焦透镜单元数据					
	单元	第一表面	焦距	透镜单元结构长度	前主点位置	后主点位置
	1	1	164.42	11.10	-1.57	-8.66
	2	4	-39.13	9.00	4.00	-1.82
[0187]	3	9	53.52	9.60	-1.61	-7.47
	4	15	45.26	3.10	1.34	-0.61
	5	17	-38.24	3.65	1.84	-0.34
	6	20	62.32	4.00	1.67	-1.04
	7	22	-57.61	6.50	1.62	-2.70
[0188]	单透镜数据					
	透镜	第一表面	焦距			
	1	1	-239.89			
	2	2	95.99			
	3	4	-133.21			
	4	6	-23.11			
	5	7	37.01			
[0189]	6	10	51.52			
	7	12	29.24			
	8	13	-26.20			
	9	15	45.26			
	10	17	54.48			
	11	18	-22.49			
	12	20	62.32			

[0190]	13	22	125.56
	14	24	-40.57

[0191] [数值数据4]

[0192] 单位:mm

[0193] 表面数据

表面编号	r	d	nd	ng	nC	nF	v d	有效直径
1	70.673	2.10	1.91650	1.95418	1.90803	1.93703	31.6	50.13
2	54.604	8.00	1.49700	1.50451	1.49514	1.50123	81.5	48.96
3	-950.683	(变量)						48.61
4	-120.693	1.60	1.81600	1.83800	1.81075	1.82825	46.6	26.83
5	134.231	2.02						25.79
6	-72.556	1.60	1.88300	1.91050	1.87656	1.89822	40.8	25.67
7	44.763	4.20	1.84666	1.89419	1.83649	1.87210	23.8	25.34
8	-184.596	(变量)						25.70
9 (光阑)	∞	0.98						26.19
10	120.500	3.00	1.88300	1.91050	1.87656	1.89822	40.8	26.58
11	-112.138	0.15						26.60
12	45.495	5.50	1.49700	1.50451	1.49514	1.50123	81.5	26.07
13	-72.512	1.25	2.00100	2.04600	1.99105	2.02540	29.1	25.28
[0194]	14	(变量)						25.05
	15	1.30	2.00100	2.04600	1.99105	2.02540	29.1	23.40
	16	3.00						22.83
	17	2.70	1.77250	1.79197	1.76780	1.78337	49.6	23.20
	18	0.15						23.42
	19	5.50	1.48749	1.49596	1.48534	1.49228	70.2	23.76
	20	(变量)						23.39
	21	3.00	1.72047	1.74723	1.71437	1.73512	34.7	20.33
	22	1.15	1.53775	1.54664	1.53555	1.54275	74.7	20.27
	23	(变量)						19.80
	24	3.00	1.77250	1.79197	1.76780	1.78337	49.6	37.30
	25	1.50						37.78
	26	2.00	1.43875	1.44442	1.43733	1.44195	94.9	37.98
	27	(变量)						39.29
像平面	∞							

[0195] [各种数据]

[0196]	变焦比	4.06		
	广角		中间	望远
	焦距	71.92	131.60	292.27
	F 数	4.00	4.79	5.83
	半视角 (度)	16.74	9.34	4.23
	图像高度	21.64	21.64	21.64
	透镜总长度	170.68	207.64	241.00

	BF		8.32		56.52		69.89
	d3		8.25		45.22		78.57
	d8		35.11		24.12		1.74
	d14		15.61		12.05		18.77
	d20		9.55		7.89		2.12
[0197]	d23		40.15		8.16		16.21
	d27		8.32		56.52		69.89
	入射光瞳位置		48.24		122.42		203.88
	出射光瞳位置		-63.23		-36.89		-46.40
	前主点位置		47.87		68.62		-238.44
	后主点位置		-63.60		-75.08		-222.39
[0198]	变焦透镜单元数据						
	单元	第一表面	焦距	透镜单元结构长度	前主点位置	后主点位置	
	1	1	169.63	10.10	-0.85	-7.30	
[0199]	2	4	-47.21	9.42	0.73	-5.35	
	3	9	57.10	10.88	-0.16	-6.93	
	4	15	62.01	12.65	9.63	1.04	
	5	21	-50.82	4.15	1.82	-0.64	
	6	24	-415.00	6.50	8.08	3.42	
[0200]	单透镜数据						
	透镜	第一表面		焦距			
	1	1		-279.51			
	2	2		104.18			
	3	4		-77.66			
	4	6		-31.15			
	5	7		42.91			
	6	10		66.18			
[0201]	7	12		57.13			
	8	13		-61.34			
	9	15		-67.71			
	10	17		134.81			
	11	19		45.65			
	12	21		70.02			
	13	22		-29.62			
	14	24		329.99			
	15	26		-182.00			
[0202]	[数值数据5]						
[0203]	单位:mm						
[0204]	表面数据						

	表面编号	r	d	nd	ng	nC	nF	v d	有效直径
	1	86.696	5.00	1.48749	1.49596	1.48534	1.49228	70.2	51.96
	2	547.987	1.00						51.29
	3	73.096	2.10	1.91082	1.94412	1.90323	1.92907	35.3	48.65
	4	46.644	8.00	1.49700	1.50451	1.49514	1.50123	81.5	46.08
	5	-755.096	(变量)						45.64
	6	59.021	1.60	1.81600	1.83800	1.81075	1.82825	46.6	28.12
	7	35.768	4.50						26.17
	8	-54.725	1.60	1.88300	1.91050	1.87656	1.89822	40.8	25.76
	9	30.434	4.20	1.84666	1.89419	1.83649	1.87210	23.8	24.77
	10	-752.540	(变量)						24.55
	11 (光阑)	∞	1.50						22.22
	12	55.029	3.00	1.75700	1.77687	1.75223	1.76806	47.8	22.49
	13	364.155	0.15						22.25
	14	34.538	5.50	1.49700	1.50451	1.49514	1.50123	81.5	21.96
[0205]	15	-39.104	1.25	1.88300	1.91050	1.87656	1.89822	40.8	21.22
	16	10,811.67	9.33						20.98
		0							
	17	68.161	1.30	2.00100	2.04600	1.99105	2.02540	29.1	19.33
	18	31.127	3.00						18.87
	19	343.137	2.50	1.48749	1.49596	1.48534	1.49228	70.2	19.18
	20	-48.420	0.19						19.32
	21	1,360.580	5.50	1.61720	1.63148	1.61375	1.62517	54.1	19.27
	22	-14.079	1.15	1.59522	1.60612	1.59255	1.60134	67.7	19.22
	23	-52.244	(变量)						19.28
	24	-45.960	3.00	1.70000	1.71834	1.69564	1.71020	48.1	26.98
	25	-28.495	1.00						27.54
	26	-30.623	2.00	1.43875	1.44442	1.43733	1.44195	94.9	27.41
	27	28.384	4.00						29.57
	28	99.984	2.00	1.51633	1.52621	1.51386	1.52191	64.1	30.81
	29	828.816	(变量)						31.36
	像平面	∞							
[0206]	各种数据								
	变焦比			4.22					
				广角		中间		望远	
	焦距			68.25		126.36		288.22	
	F 数			4.16		4.68		5.83	
[0207]	半视角 (度)			17.59		9.72		4.29	
	图像高度			21.64		21.64		21.64	
	透镜总长度			168.24		189.04		207.81	
	BF			12.70		30.65		79.58	

	d5		4. 69		29. 94		48. 42		
	d10		35. 11		27. 20		3. 21		
	d23		41. 37		26. 88		2. 23		
	d29		12. 70		30. 65		79. 58		
[0208]									
	入射光瞳位置		59. 66		138. 47		181. 05		
	出射光瞳位置		-44. 69		-41. 62		-34. 56		
	前主点位置		46. 73		43. 91		-258. 51		
	后主点位置		-55. 56		-95. 71		-208. 64		
[0209]	变焦透镜单元数据								
	单元	第一表面	焦距	透镜单元结构长度	前主点位置	后主点位置			
[0210]	1	1	110. 87	16. 10	1. 16	-9. 67			
	2	6	-39. 55	11. 90	4. 19	-4. 30			
	3	11	47. 52	34. 37	15. 26	-18. 56			
	4	24	-65. 00	12. 00	1. 43	-8. 07			
[0211]	单透镜数据								
	透镜	第一表面		焦距					
	1	1		210. 52					
	2	3		-147. 08					
	3	4		88. 69					
	4	6		-114. 81					
	5	8		-21. 96					
	6	9		34. 63					
	7	12		85. 28					
[0212]	8	14		37. 84					
	9	15		-44. 12					
	10	17		-58. 25					
	11	19		87. 22					
	12	21		22. 61					
	13	22		-32. 75					
	14	24		100. 05					
	15	26		-33. 23					
	16	28		220. 00					
[0213]	[数值数据6]								
[0214]	单位:mm								
[0215]	表面数据								
[0216]	表面编号	r	d	nd	ng	nC	nF	v d	有效直径
	1	78. 794	5. 00	1. 48749	1. 49596	1. 48534	1. 49228	70. 2	49. 68

	2	473.763	1.00					49.33
	3	70.913	2.10	1.91082	1.94412	1.90323	1.92907	48.10
	4	44.698	8.77	1.49700	1.50451	1.49514	1.50123	46.05
	5	-2,734.365	(变量)					45.37
	6	308.327	1.60	1.81600	1.83800	1.81075	1.82825	46.6
	7	50.996	3.50					26.39
	8	-71.828	1.60	1.88300	1.91050	1.87656	1.89822	40.8
	9	30.852	4.20	1.84666	1.89419	1.83649	1.87210	23.8
	10	-755.156	(变量)					24.82
	11 (光阑)	∞	1.50					23.31
	12	54.542	3.00	1.81600	1.83800	1.81075	1.82825	46.6
	13	-153.445	0.15					23.55
	14	27.648	5.50	1.49700	1.50451	1.49514	1.50123	81.5
	15	-56.179	1.25	1.88300	1.91050	1.87656	1.89822	40.8
[0217]	16	86.943	7.35					20.46
	17	161.149	1.30	2.00100	2.04600	1.99105	2.02540	29.1
	18	31.512	3.00					17.42
	19	-53.592	2.50	1.48749	1.49596	1.48534	1.49228	70.2
	20	-34.247	0.78					18.01
	21	173.967	5.50	1.61405	1.62799	1.61067	1.62184	55.0
	22	-12.483	1.15	1.59522	1.60612	1.59255	1.60134	67.7
	23	-50.270	(变量)					19.09
	24	-74.865	4.50	1.71300	1.72943	1.70897	1.72221	53.9
	25	-29.367	1.00					33.06
	26	-25.948	2.00	1.43875	1.44442	1.43733	1.44195	94.9
	27	37.164	(变量)					36.42
	28	63.173	4.00	1.51633	1.52621	1.51386	1.52191	64.1
	29	148.077	6.03					42.99
	像平面	∞						
[0218]	各种数据							
	变焦比			4.25				
				广角		中间		望远
	焦距			68.17		138.99		289.64
	F 数			4.16		5.09		5.83
	半视角 (度)			17.61		8.85		4.27
	图像高度			21.64		21.64		21.64
[0219]	变焦透镜的总长度			171.58		189.79		206.22
	BF			6.03		6.03		6.03
	d5			5.00		28.64		47.33
	d10			35.11		22.40		1.76
	d23			49.69		31.30		2.60
	d27			3.50		29.17		76.24
	入射光瞳位置			58.04		121.62		165.63
[0220]	出射光瞳位置			-57.68		-96.17		-200.71
	前主点位置			53.26		71.59		49.47
	后主点位置			-62.14		-132.96		-283.61

[0221] 变焦透镜单元数据

	单元	第一表面	焦距	透镜单元结构长度	前主点位置	后主点位置
	1	1	110.91	16.87	0.51	-10.79
[0222]	2	6	-38.25	10.90	2.53	-4.93
	3	11	49.86	32.98	8.94	-23.40
	4	24	-73.22	7.50	4.02	-0.88
	5	28	210.01	4.00	-1.93	-4.53

[0223] 单透镜数据

	透镜	第一表面	焦距
	1	1	193.08
	2	3	-138.02
	3	4	88.58
	4	6	-75.09
	5	8	-24.26
	6	9	35.10
	7	12	49.63
[0224]	8	14	38.11
	9	15	-38.49
	10	17	-39.33
	11	19	186.71
	12	21	19.18
	13	22	-28.22
	14	24	65.09
	15	26	-34.49
	16	28	210.01

[0225] 表1

	数值数据					
数值	1	2	3	4	5	6
$\Delta 0gF$	0.0124	0.0146	0.0121	0.0158	0.0158	0.0158
bft	72.451	97.486	42.479	69.886	79.582	86.266
bfw	12.143	4.307	11.363	8.316	12.695	13.531
fr	-85.911	-85.283	-57.612	-415.000	-64.995	-73.221
TLt	235.831	291.300	210.700	240.999	221.968	220.373
Mr	-60.308	-93.179	-31.116	-61.570	-66.887	-72.735
[0226] ear	36.122	41.320	33.621	39.287	31.365	36.424
frn	-64.792	-47.339	-40.568	-182.000	-33.230	-34.492
D23w	33.446	17.285	29.657	36.089	36.606	36.606
D23t	2.749	4.386	3.469	2.721	4.711	3.264
fw	71.400	102.212	51.800	71.919	68.255	68.170
ft	293.232	389.859	241.219	292.275	288.223	289.644
fl	171.837	196.665	164.423	169.633	110.868	110.912
β_{rt}	1.890	2.185	1.784	1.160	2.349	2.179
β_{rw}	1.188	1.092	1.244	1.012	1.319	1.185

[0227]

条件表达式	1	2	3	4	5	6
(1) $\Delta \theta_{\text{gF}}$	0.0124	0.0146	0.0121	0.0158	0.0158	0.0158
(2) bft/bfw	5.966	22.633	3.738	8.404	6.269	6.376
(3) fr/bfw	-7.075	-19.800	-5.070	-49.905	-5.120	-5.412
(4) TLt/Mr	-3.910	-3.126	-6.771	-3.914	-3.319	-3.030
(5) ear/bfw	2.975	9.593	2.959	4.724	2.471	2.692
(6) frn/bfw	-5.336	-10.991	-3.570	-21.886	-2.618	-2.549
(7) D23w/D23t	12.166	3.941	8.549	13.261	7.770	11.214
(8) fw/bfw	5.880	23.730	4.559	8.648	5.376	5.038
(9) ft/bft	4.047	3.999	5.679	4.182	3.622	3.358
(10) fl/ft	0.586	0.504	0.682	0.580	0.385	0.383
(11) $\beta_{\text{rt}}/\beta_{\text{rw}}$	1.591	2.000	1.434	1.147	1.780	1.838

[0228] 虽然已经参考示例性实施例描述了本发明,但应当理解的是,本发明不限于所公开的示例性实施例。以下权利要求的范围应被赋予最宽泛的解释,以涵盖所有此类修改以及等同的结构和功能。

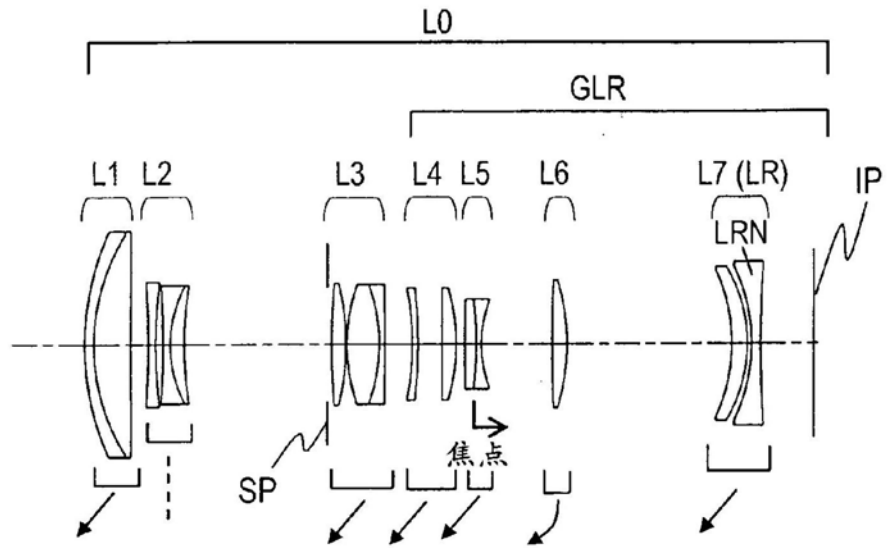


图1A

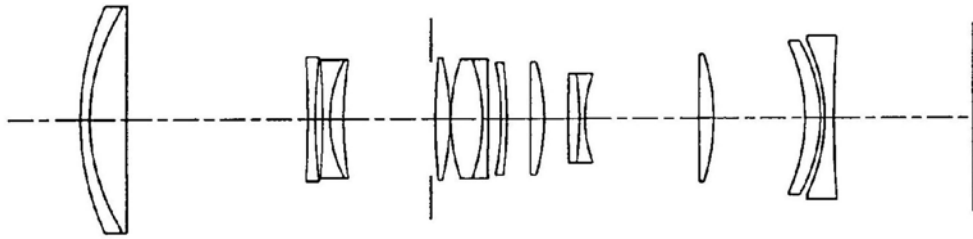


图1B

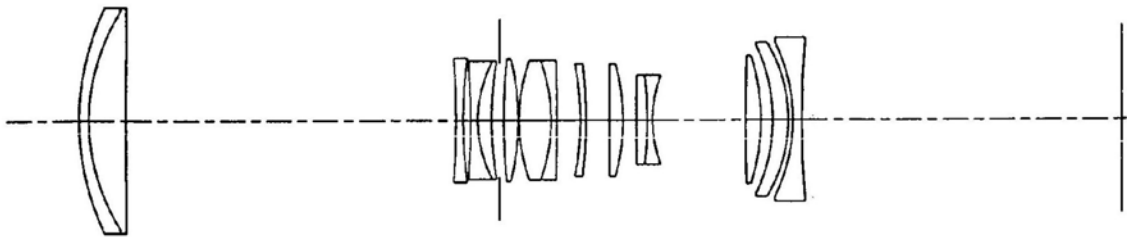


图1C

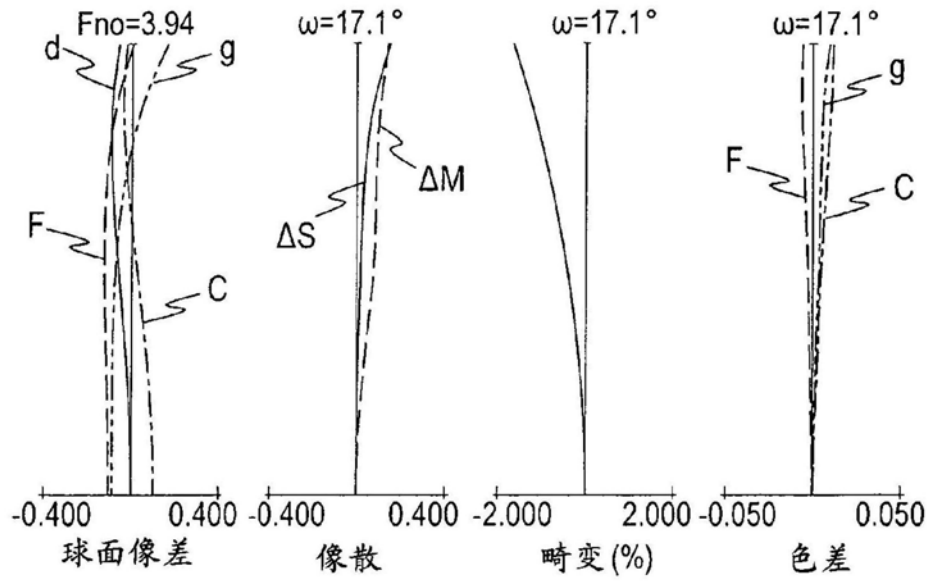


图2A

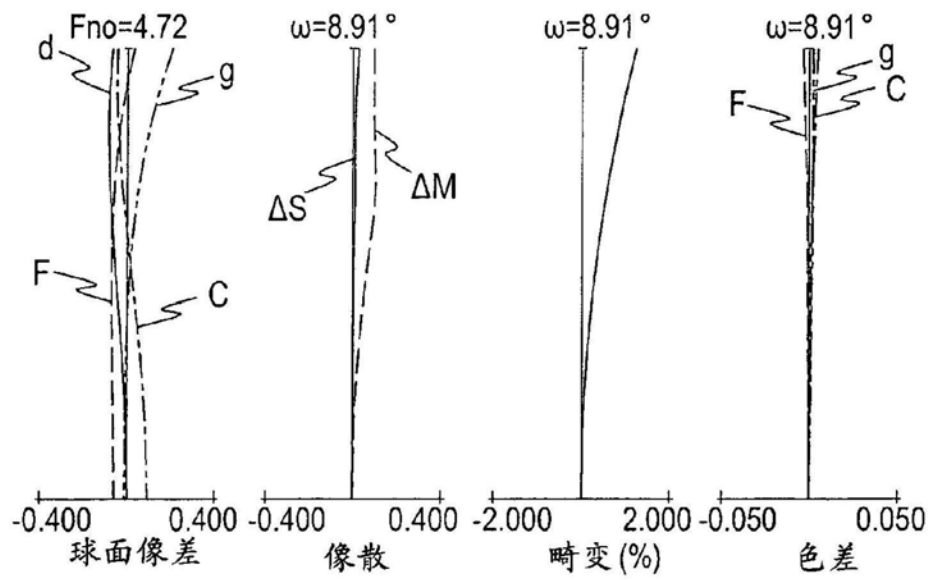


图2B

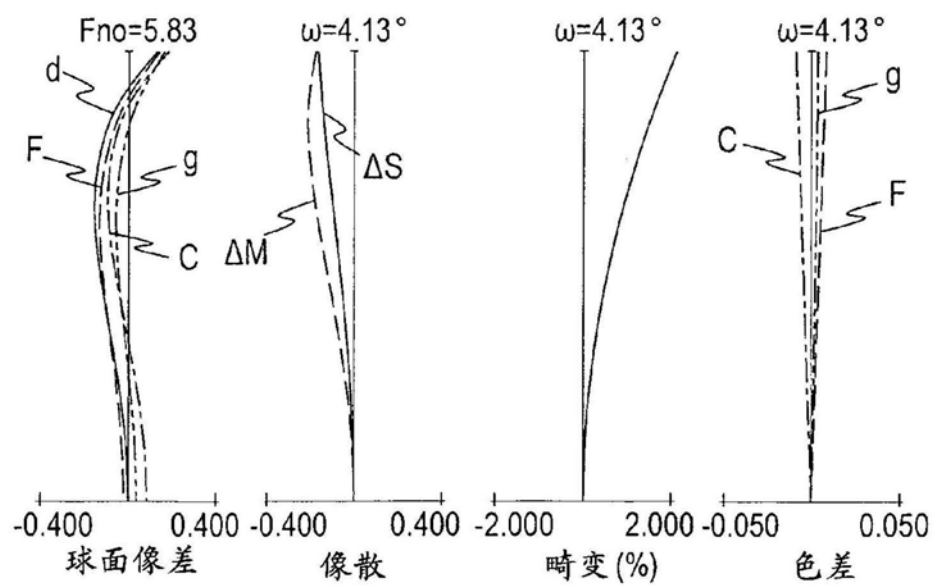
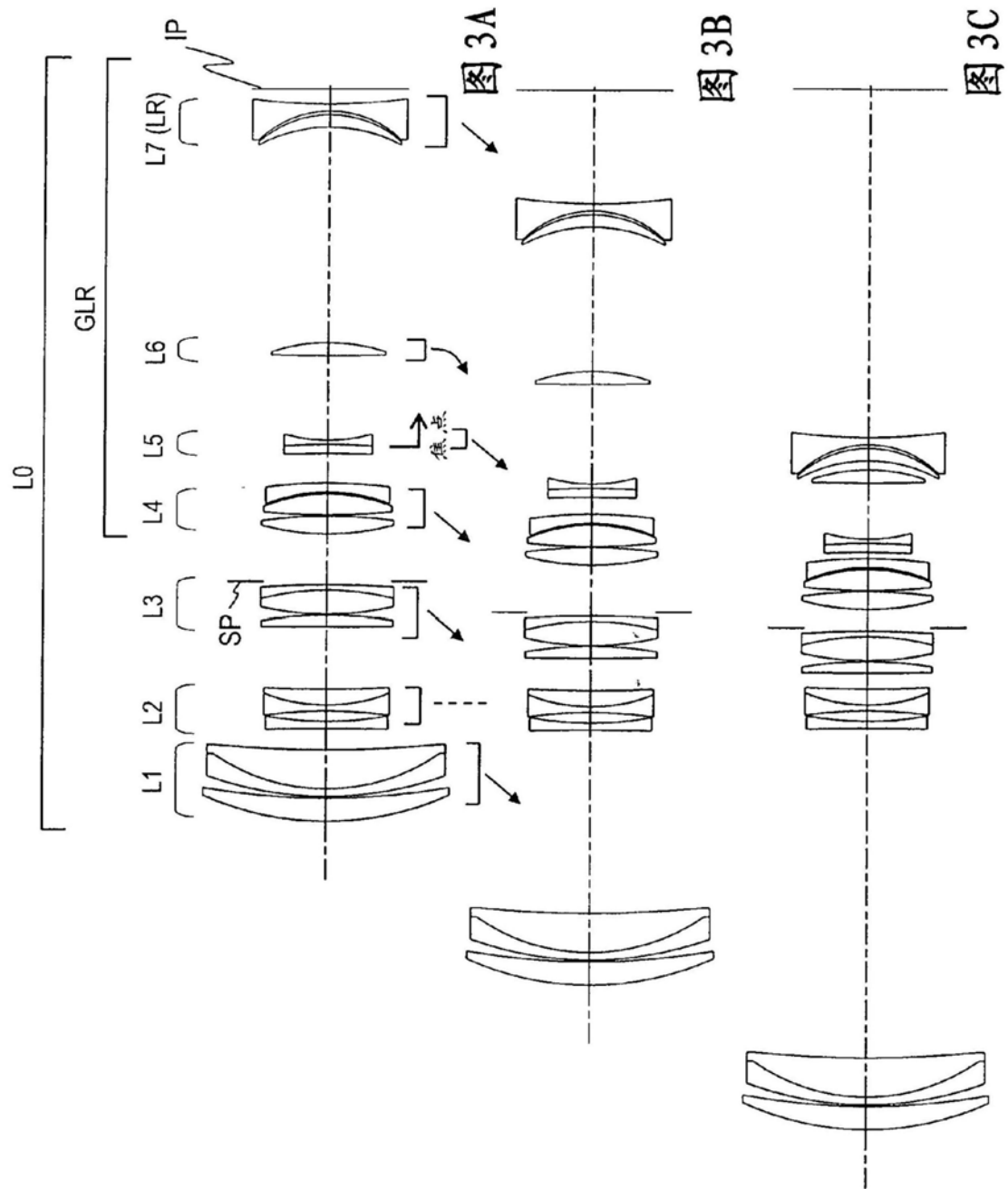


图2C



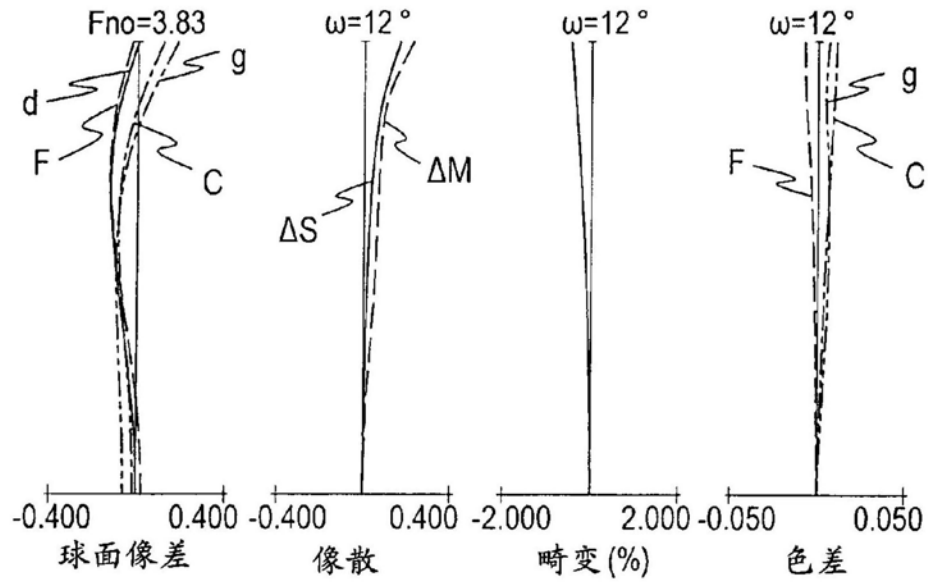


图4A

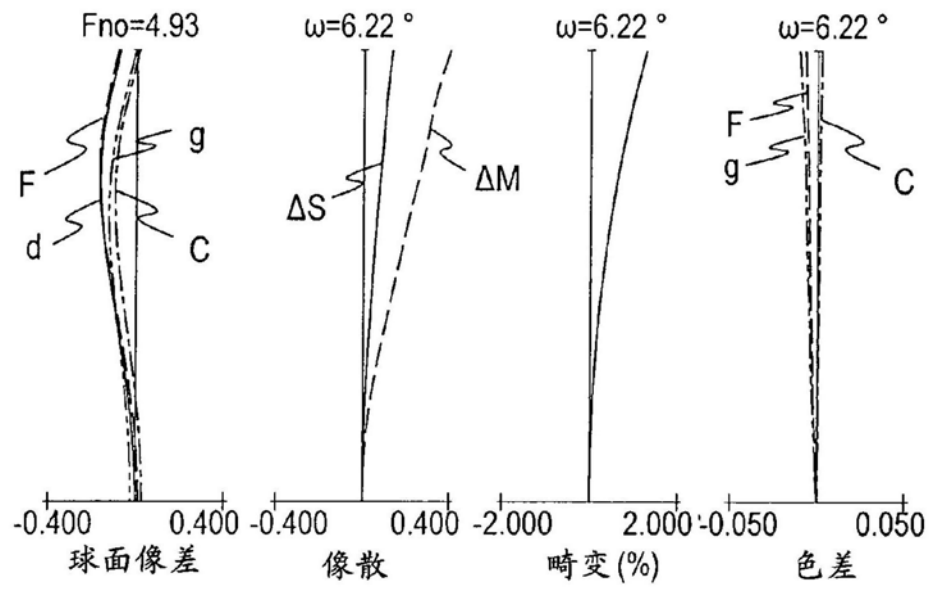


图4B

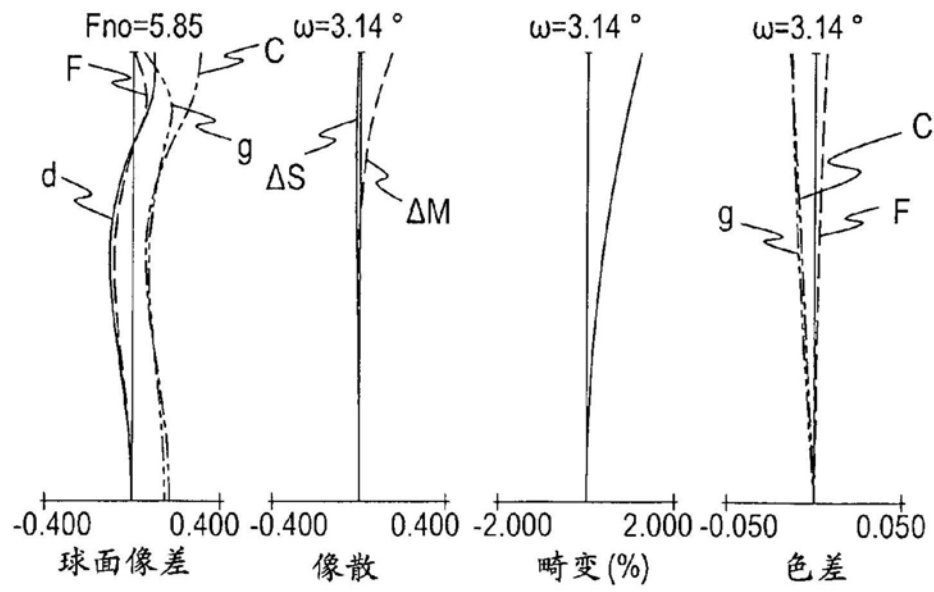


图4C

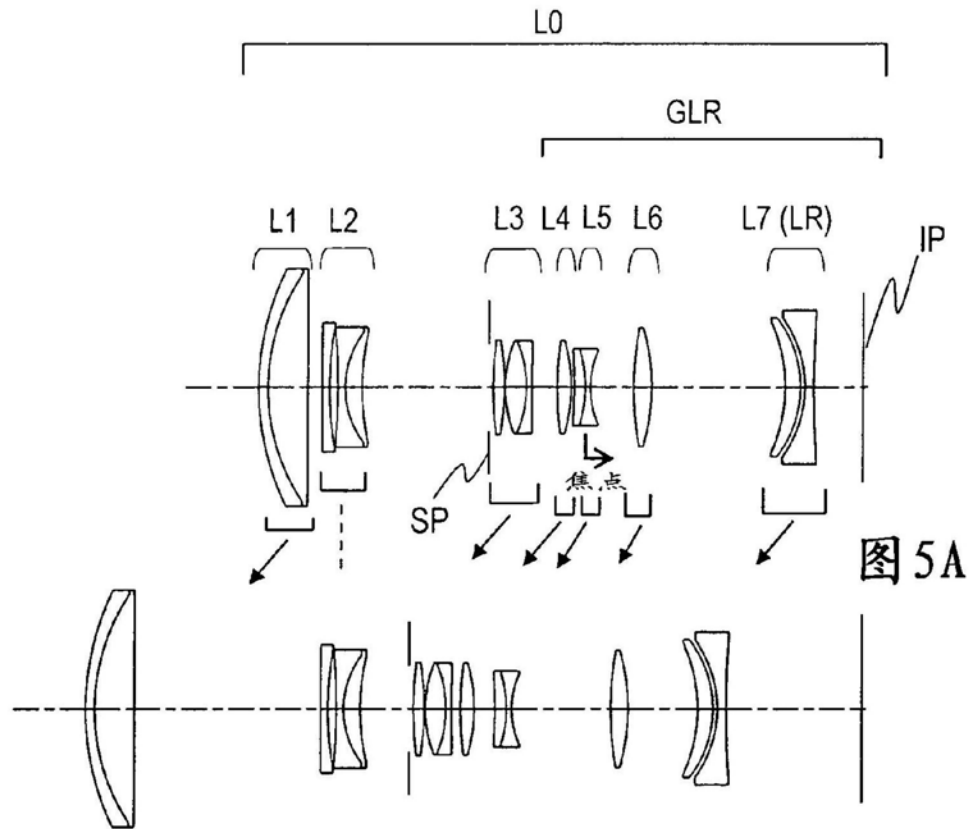


图 5A

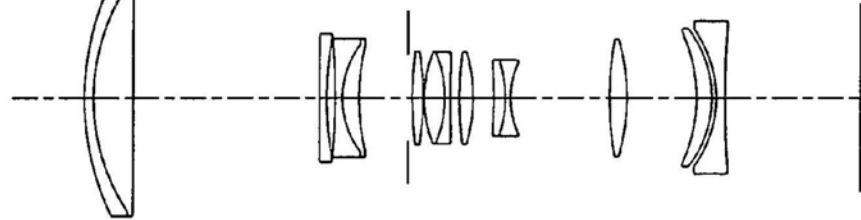


图 5B

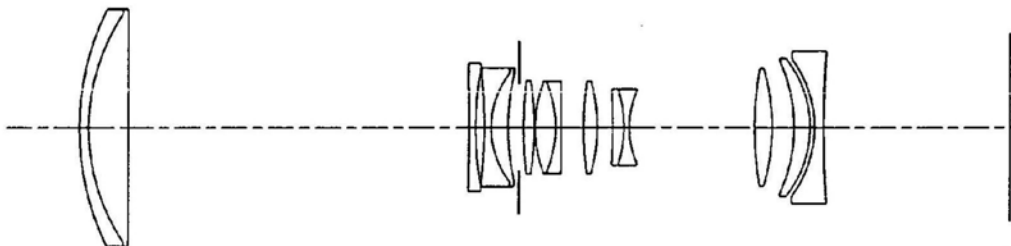


图 5C

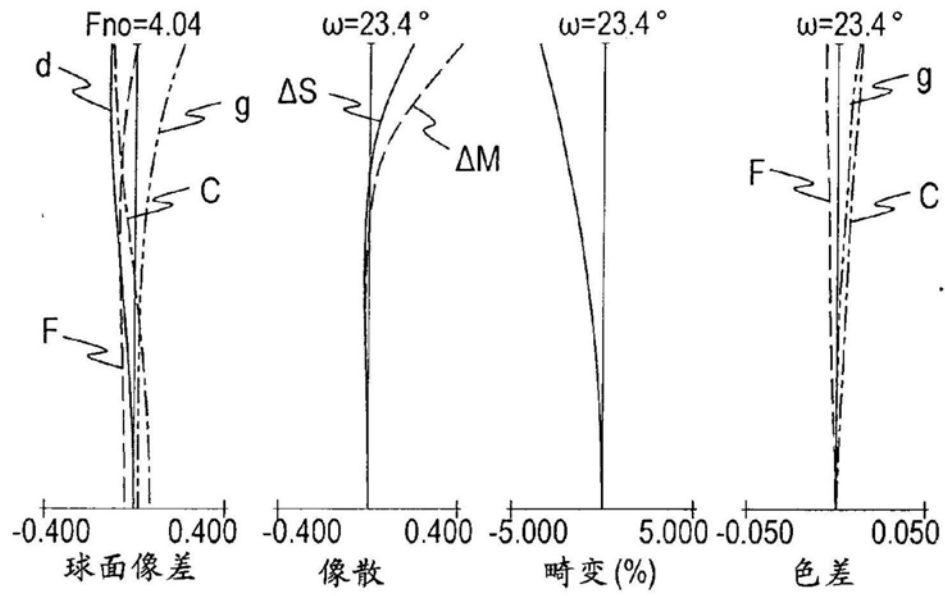


图6A

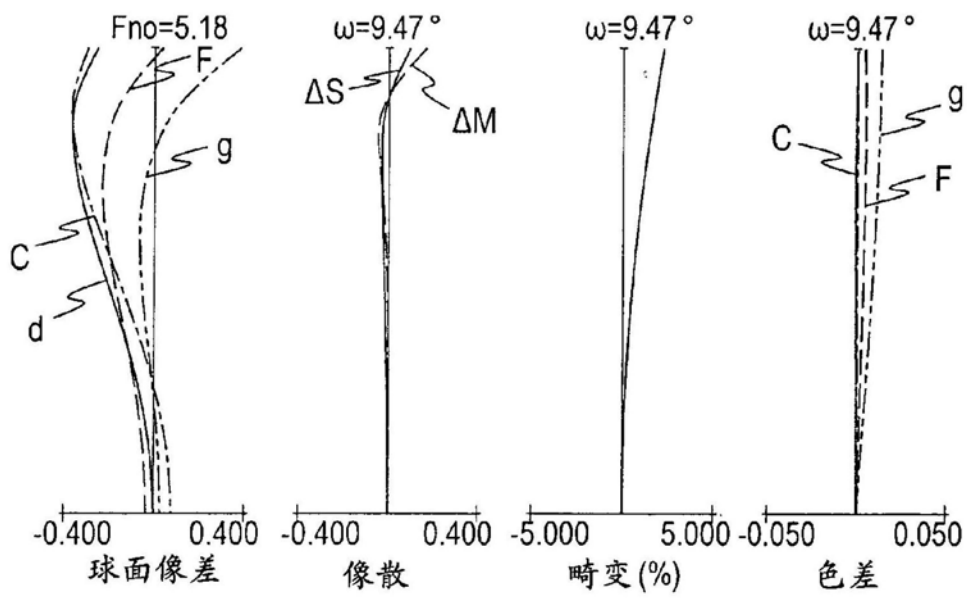


图6B

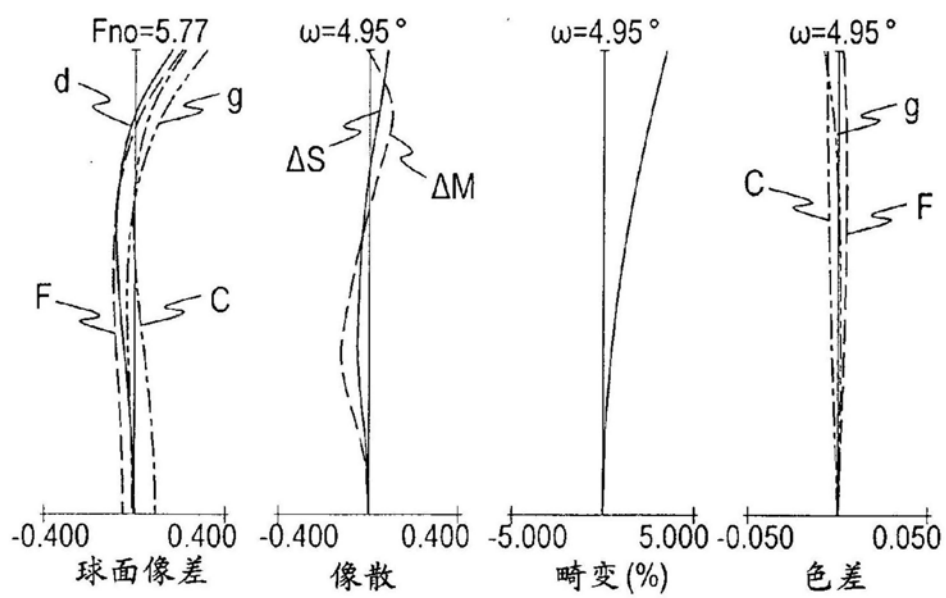


图6C

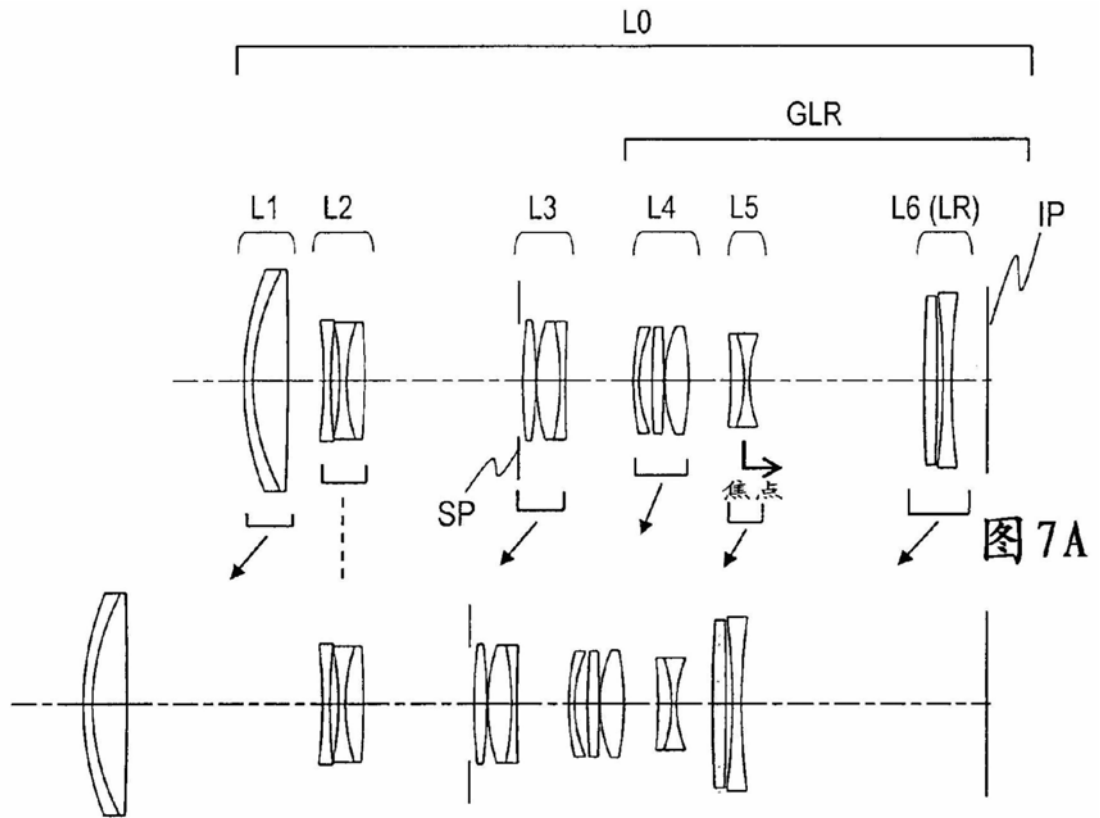


图 7A

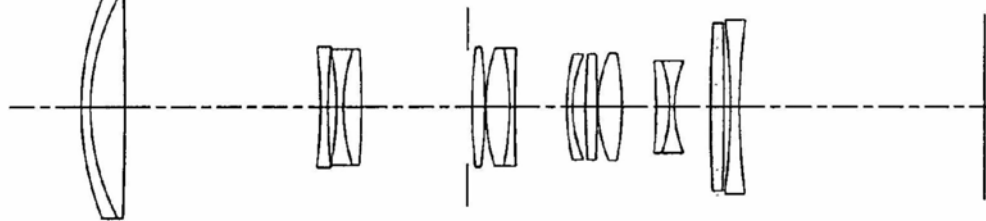


图 7B

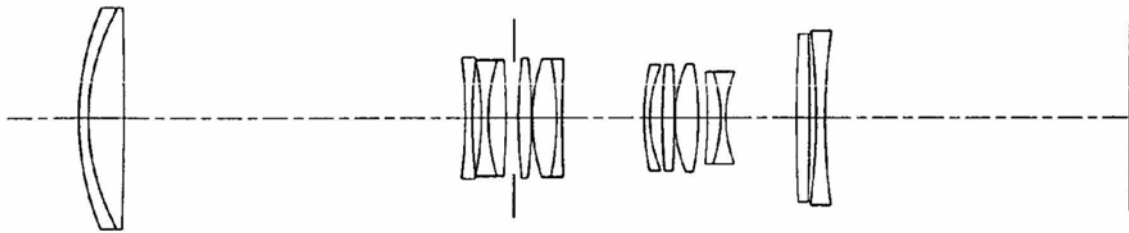


图 7C

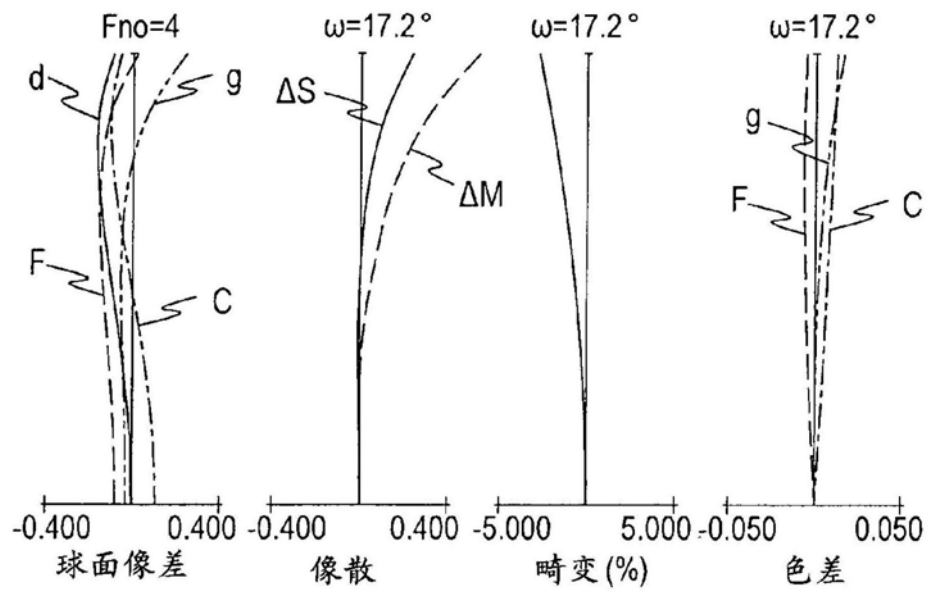


图8A

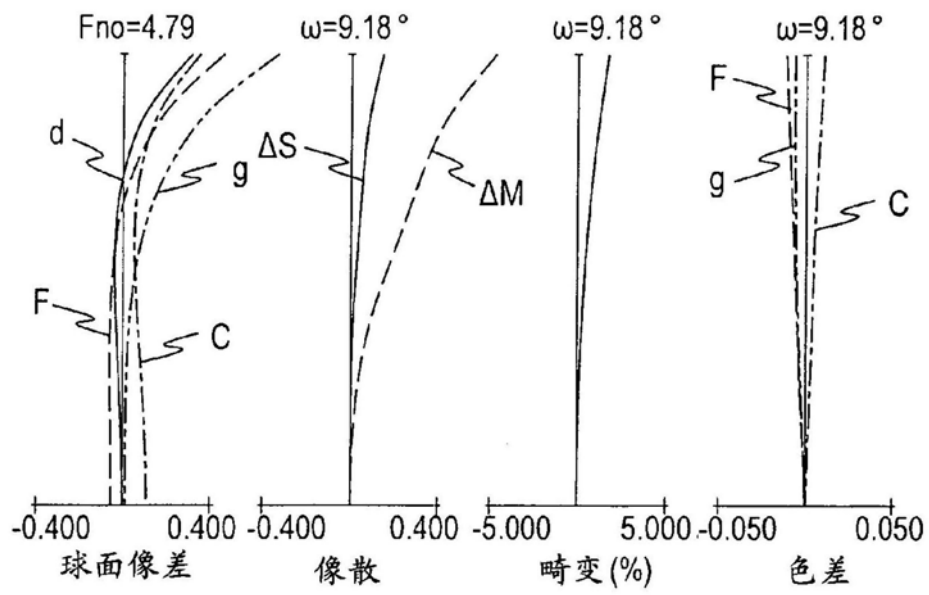


图8B

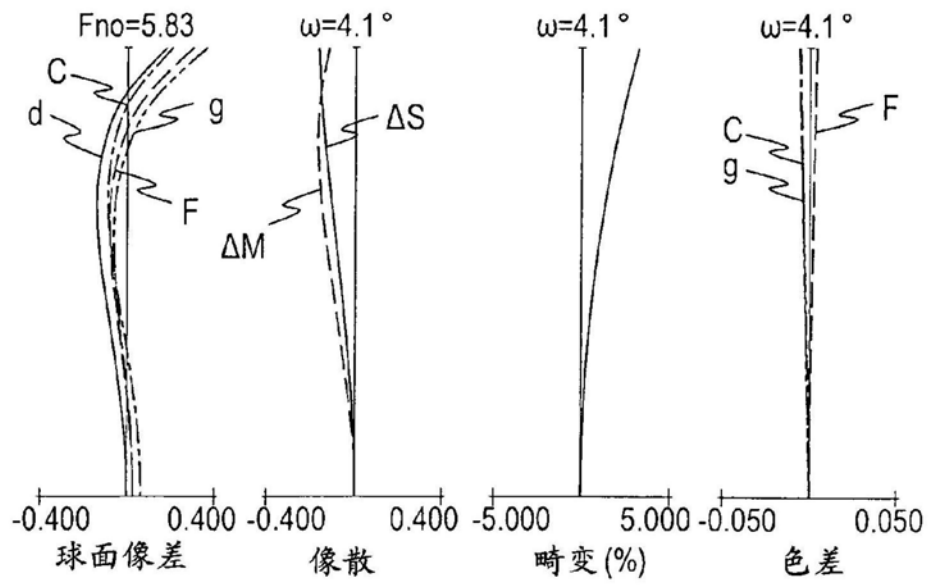


图8C

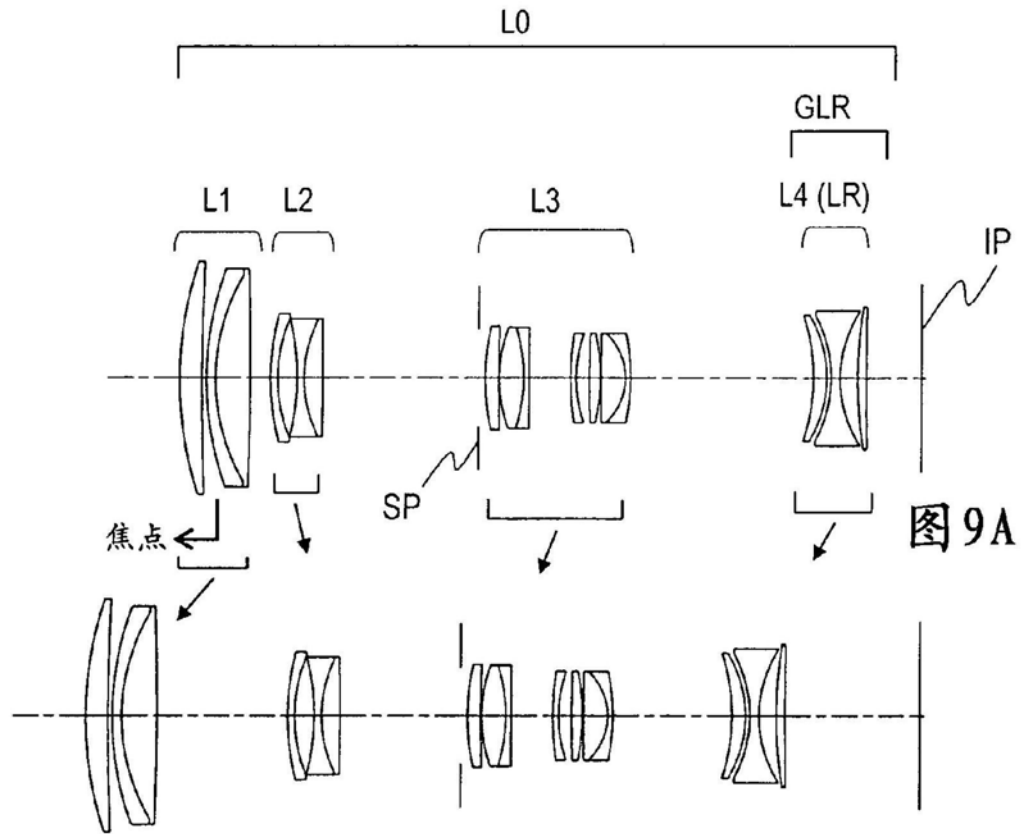


图 9A

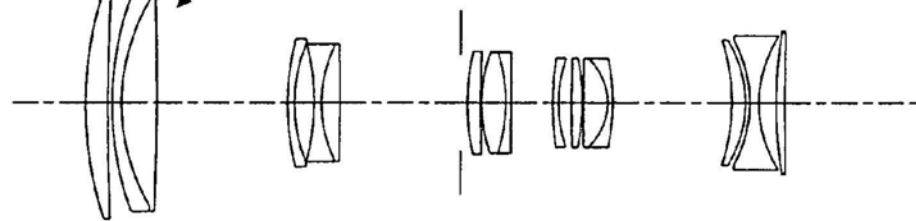


图 9B

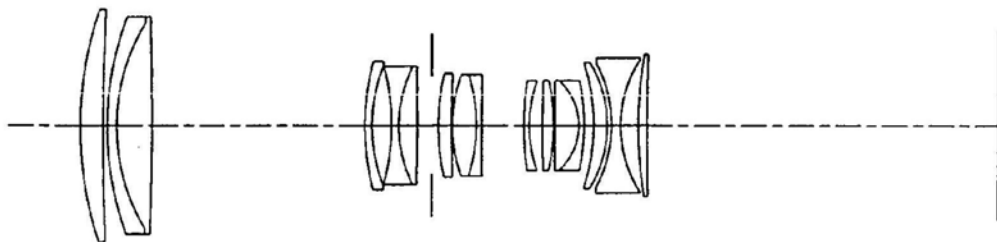


图 9C

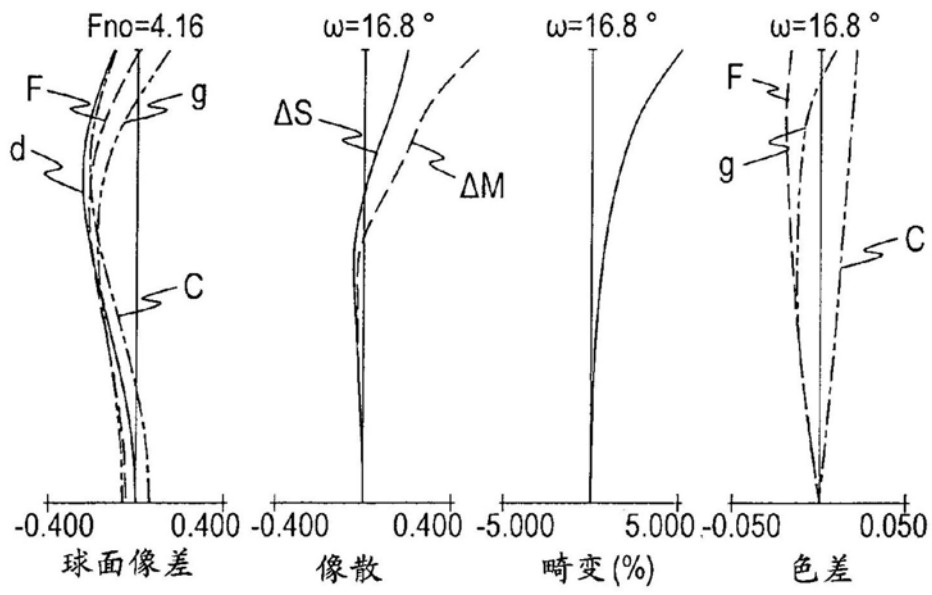


图10A

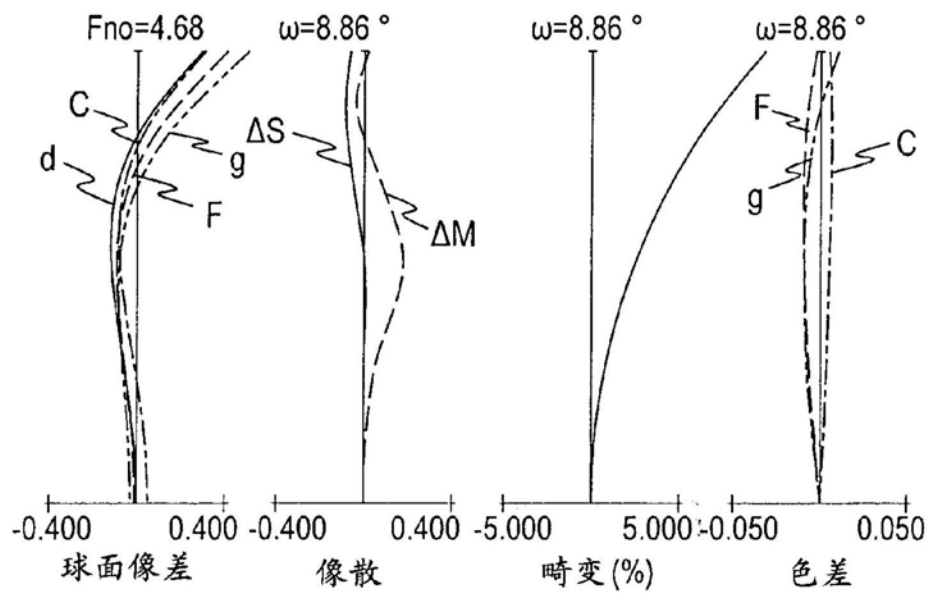


图10B

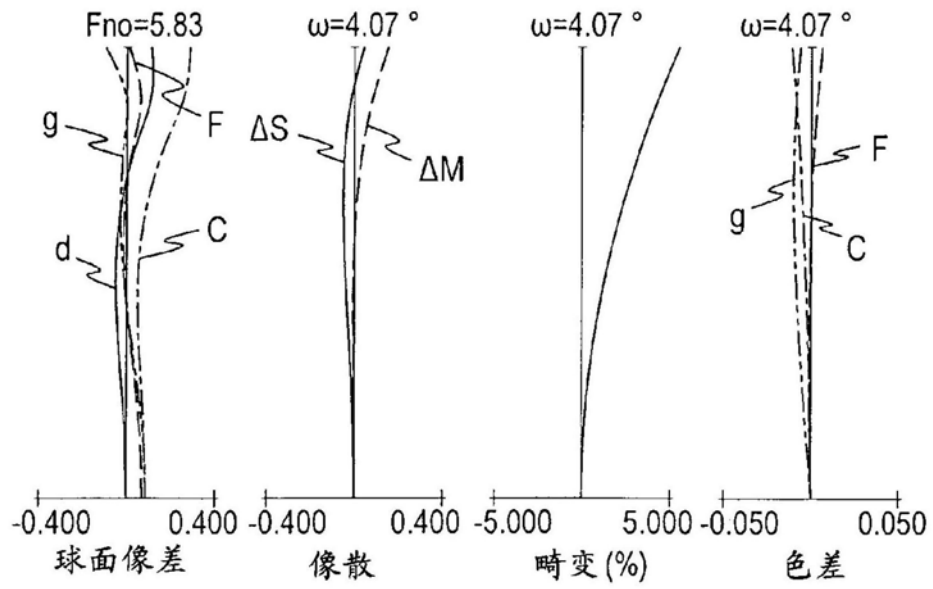


图10C

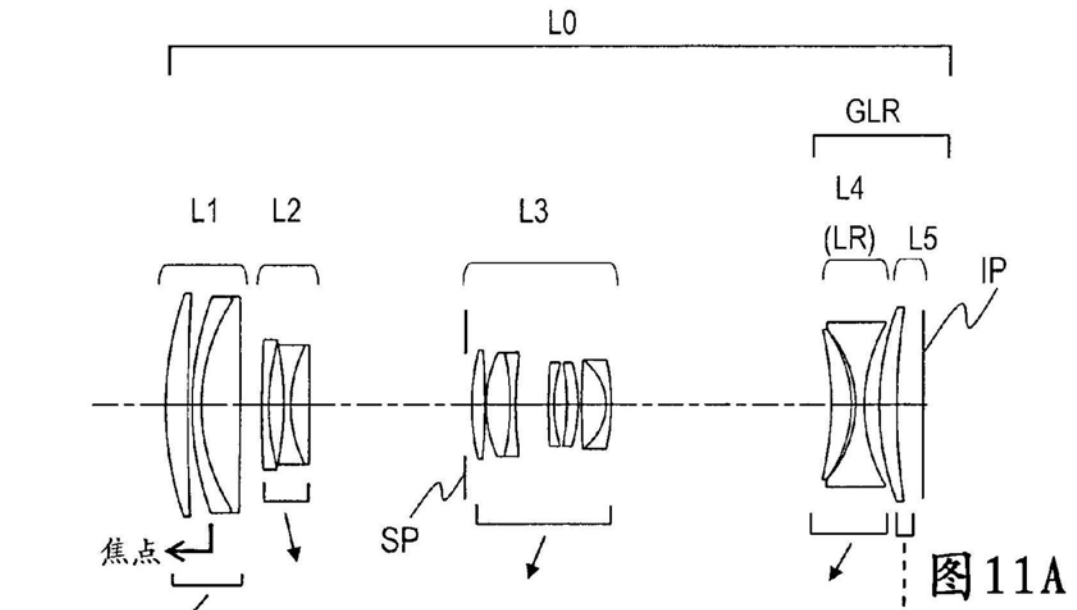


图 11A

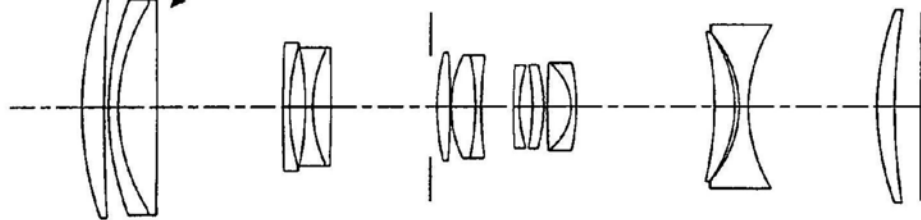


图 11B

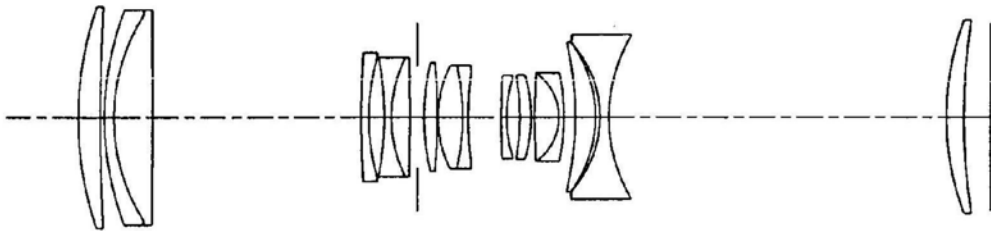


图 11C

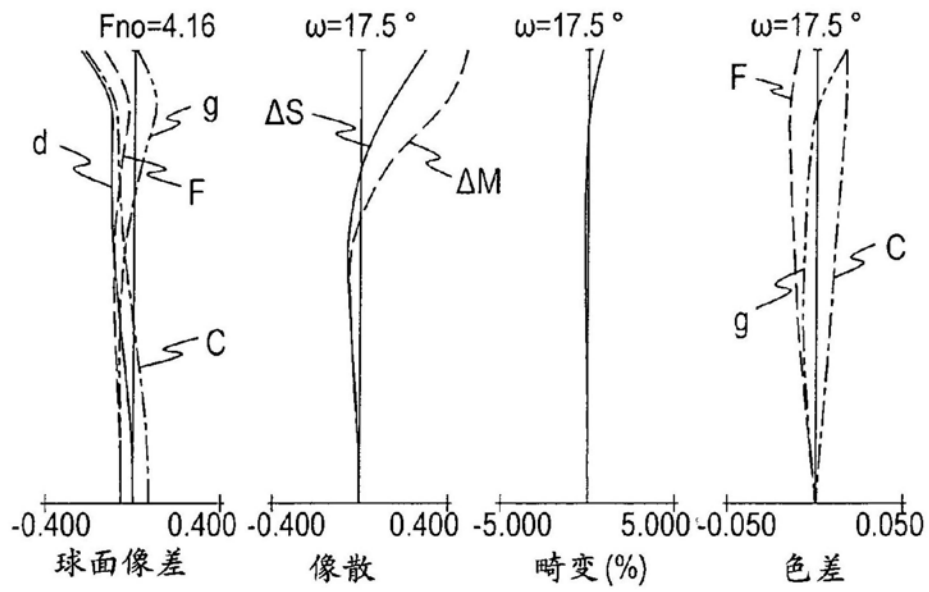


图12A

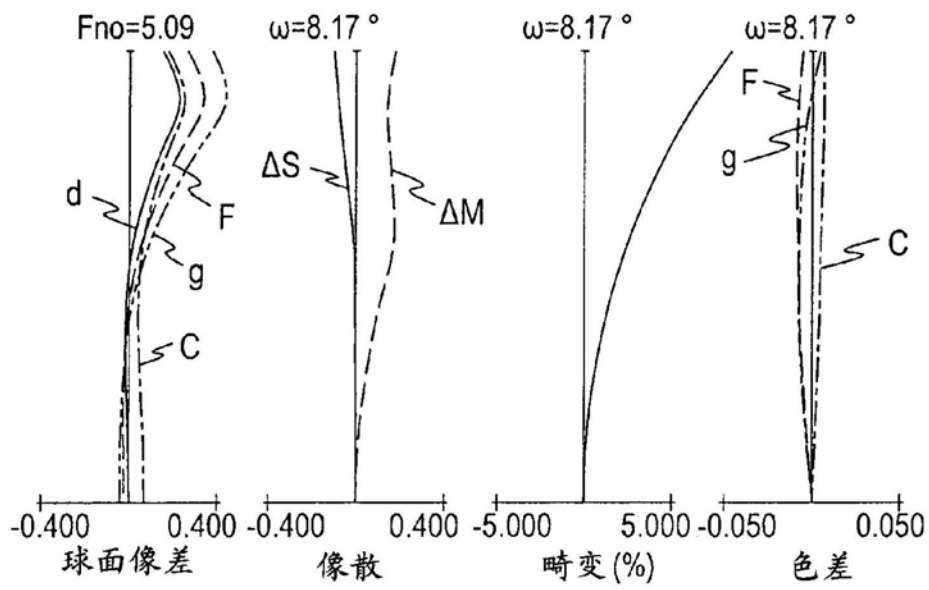


图12B

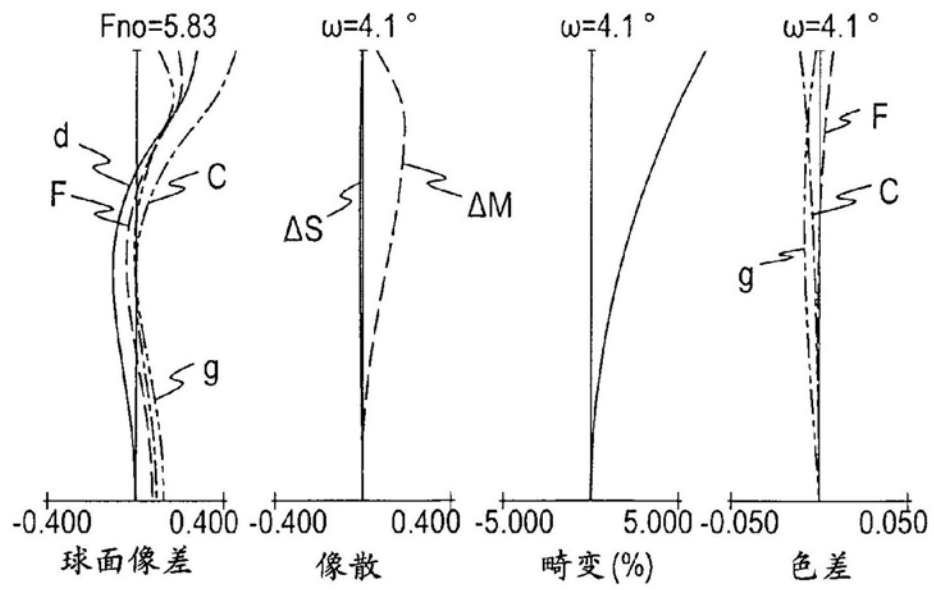


图12C

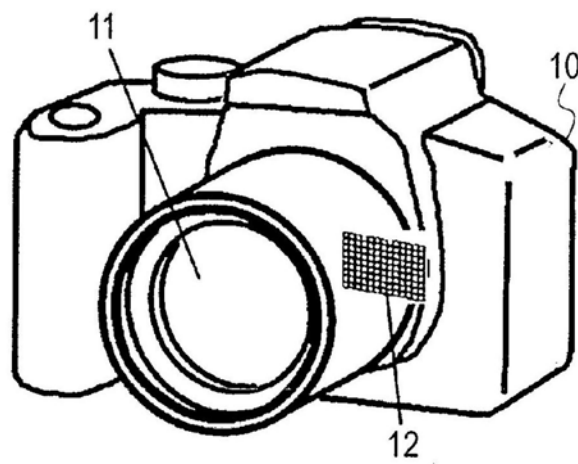


图13