



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103154800 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 27

(21) 申请号 201180048776. 5

(22) 申请日 2011. 10. 05

(30) 优先权数据

2010-228162 2010. 10. 08 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 04. 08

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2011/005623 2011. 10. 05

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/046450 JA 2012. 04. 12

(73) 专利权人 富士胶片株式会社

地址 日本国东京都

(72) 发明人 河村大树

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 吴敬莲

(51) Int. Cl.

G02B 15/16(2006. 01)

G02B 13/18(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2001-116997 A, 2001. 04. 27, 全文.
US 6124983 A, 2000. 09. 26, 全文.

JP 特开 2004-325566 A, 2004. 11. 18, 全文.
CN 1339117 A, 2002. 03. 06, 全文.

审查员 董向坤

权利要求书3页 说明书27页 附图23页

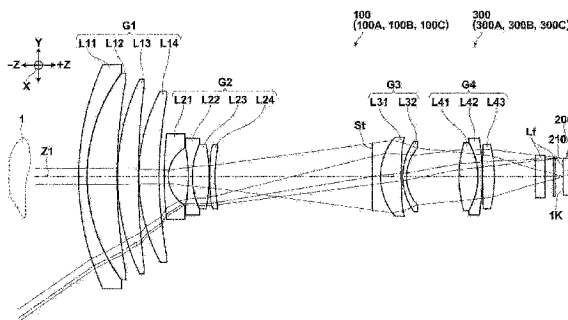
(54) 发明名称

变焦透镜和图像拾取设备

(57) 摘要

本发明公开了一种变焦透镜和图像拾取设备。该变焦透镜的尺寸被减小,并具有高可变放大率,同时抑制像差的出现。从物体侧按以下顺序设置在变焦时固定的正第一透镜组(G1)、在变焦时沿着光轴(Z1)移动的负第二透镜组(G2)、在使光圈变窄和变焦时固定的正第三透镜组(G3)、和在变焦时沿着光轴(Z1)移动并校正由变焦引起的图像平面位置变化以从而执行聚焦的第四透镜组(G4)。在第三透镜组(G3)中,从物体侧按以下顺序设置第三组第一透镜(L31)和第三组第二透镜(L32),第三组第一透镜为具有至少一个非球面表面的正的单透镜,第三组第二透镜为具有在图像侧的透镜表面上凹入的负的单透镜。在Nd31表示第三组第一透镜(L31)关于d线的折射率、f3表示第三组(G3)的焦距、以及ft整个透镜系统在广角端处和长焦端的焦距的情况下,同时满足条件式(1): $1.77 < Nd31$ 和(2): $0.8 < f3/(fw \cdot ft)^{1/2} < 1.6$ 。

CN 103154800 B



1. 一种变焦透镜,所述变焦透镜包括具有正折光力且在变焦时固定的第一透镜组、具有负折光力且在变焦时沿着光轴移动的第二透镜组、孔径光阑、具有正折光力且在变焦时固定的第三透镜组、和在变焦时沿着光轴移动以校正由于变焦而引起的图像平面位置变化以进行聚焦的第四透镜组,第一透镜组、第二透镜组、孔径光阑、第三透镜组和第四透镜组以此顺序从物体侧设置,其中:

第三透镜组包括第三组第一透镜和第三组第二透镜,第三组第一透镜和第三组第二透镜以此顺序从物体侧设置,第三组第一透镜为具有为非球面的至少一个表面的单透镜且具有正折光力,第三组第二透镜为具有凹向图像侧的图像侧表面的单透镜且具有负折光力;以及

所述变焦透镜同时满足以下给出的条件式(1)和(2):

$$1.77 < Nd_{31} \text{-----} (1); \text{和}$$

$$0.8 < f_3 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.6 \text{-----} (2),$$

其中:

Nd_{31} 为第三组第一透镜关于 d 线的折射率;

f_3 为第三透镜组的焦距;

f_w 为整个透镜系统在广角端处的焦距;以及

f_t 为整个透镜系统在长焦端处的焦距。

2. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中所述变焦透镜满足以下给出的条件式(10):

$$0.5 < f_4 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.2 \text{-----} (10),$$

其中:

f_4 为第四透镜组的焦距;

f_w 为整个透镜系统在广角端处的焦距;以及

f_t 为整个透镜系统在长焦端处的焦距。

3. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中所述变焦透镜满足以下给出的条件式(12):

$$36 < vd_{31} < 52 \text{-----} (12),$$

其中:

vd_{31} 为第三组第一透镜关于 d 线的阿贝数。

4. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中所述变焦透镜同时满足以下给出的条件式(13)和(14):

$$1.80 < Nd_{32} \text{-----} (13); \text{和}$$

$$16 < vd_{32} < 27 \text{-----} (14),$$

其中:

Nd_{32} 为第三组第二透镜关于 d 线的折射率;以及

vd_{32} 为第三组第二透镜关于 d 线的阿贝数。

5. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中:

第四透镜组包括具有正折光力的至少一个透镜并满足以下给出的条件式(15):

$$63 < vd_{4p} \text{-----} (15),$$

其中:

vd_{4p} 为第四透镜组中的正透镜关于 d 线的最高阿贝数。

6. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中所述变焦透镜满足以下给出的条件式 (16) :

$$0.9 < f_3/f_4 < 2.5 \text{-----} (16),$$

其中 :

f_3 为第三透镜组的焦距 ;以及

f_4 为第四透镜组的焦距。

7. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中所述变焦透镜满足以下给出的条件式 (17) :

$$3.2 < (R_{32f}+R_{32r})/(R_{32f}-R_{32r}) < 8.0 \text{-----} (17),$$

其中 :

R_{32f} 为第三组第二透镜的物体侧表面的曲率半径 ;以及

R_{32r} 为第三组第二透镜的图像侧表面的曲率半径。

8. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中所述变焦透镜满足以下给出的条件式 (18) :

$$0.62 < TL/f_t < 1.10 \text{-----} (18),$$

其中 :

TL 为在光轴上从第一透镜组中的最靠物体侧透镜表面到图像形成平面的距离 ;以及

f_t 为整个透镜系统在长焦端处的焦距。

9. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中第四透镜组包括两个正透镜和一个负透镜。

10. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中第四透镜组包括具有正折光力的第四组第一透镜、具有负折光力的第四组第二透镜、和具有正折光力的第四组第三透镜,第四组第一透镜、第四组第二透镜、和第四组第三透镜以此顺序由从物体侧设置。

11. 根据权利要求 10 所述的变焦透镜,其中所述变焦透镜满足以下给出的条件式 (19) :

$$-6.0 < (R_{42f}+R_{42r})/(R_{42f}-R_{42r}) < -1.3 \text{--} (19),$$

其中 :

R_{42f} 为第四组第二透镜的物体侧表面的曲率半径 ;以及

R_{42r} 为第四组第二透镜的图像侧表面的曲率半径。

12. 根据权利要求 10 所述的变焦透镜,其中设置在第四透镜组中的每个透镜都为双面球面单透镜。

13. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中第一透镜组包括具有负折光力的第一组第一透镜、具有正折光力的第一组第二透镜、具有正折光力的第一组第三透镜、和具有正折光力的第一组第四透镜,第一组第一透镜、第一组第二透镜、第一组第三透镜、和第一组第四透镜以此顺序从物体侧设置。

14. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中所述变焦透镜满足以下给出的条件式 (20) :

$$0.25 < f_1/f_t < 0.50 \text{-----} (20),$$

其中 :

f_1 为第一透镜组的焦距 ;以及

f_t 为整个透镜系统在长焦端处的焦距。

15. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中所述变焦透镜满足以下给出的条件式 (21) :

$$0.25 < |f_2| / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 0.45 \text{-----} (21),$$

其中：

f_2 为第二透镜组的焦距；

f_w 为整个透镜系统在广角端处的焦距；以及

f_t 为整个透镜系统在长焦端处的焦距。

16. 一种图像拾取设备,包括根据权利要求 1 所述的变焦透镜。

17. 一种变焦透镜,所述变焦透镜包括具有正折光力且在变焦时固定的第一透镜组、具有负折光力且在变焦时沿着光轴移动的第二透镜组、孔径光阑、具有正折光力且在变焦时固定的第三透镜组、和在变焦时沿着光轴移动以校正由于变焦引起的图像平面位置变化以进行聚焦的第四透镜组,第一透镜组、第二透镜组、孔径光阑、第三透镜组和第四透镜组以此顺序从物体侧设置,其中：

第三透镜组包括第三组第一透镜和第三组第二透镜,第三组第一透镜和第三组第二透镜以此顺序从物体侧设置,第三组第一透镜为具有为非球面的至少一个表面的单透镜且具有正折光力,第三组第二透镜为具有凹向图像侧的图像侧表面的单透镜且具有负折光力；并且

所述变焦透镜同时满足以下给出的条件式 (3) 和 (4)：

$$1.77 < Nd_{31} \text{-----} (3); \text{和}$$

$$0.55 < f_4 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 0.82 \text{-----} (4),$$

其中：

Nd_{31} 为第三组第一透镜关于 d 线的折射率；

f_4 为第四透镜组的焦距；

f_w 为整个透镜系统在广角端处的焦距；以及

f_t 为整个透镜系统在长焦端处的焦距。

18. 根据权利要求 17 所述的变焦透镜,其中所述变焦透镜满足以下给出的条件式 (11)：

$$0.8 < f_3 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.3 \text{-----} (11),$$

其中：

f_3 为第三透镜组的焦距；

f_w 为整个透镜系统在广角端处的焦距；以及

f_t 为整个透镜系统在长焦端处的焦距。

19. 根据权利要求 17 所述的变焦透镜,其中所述变焦透镜满足以下给出的条件式 (12)：

$$36 < vd_{31} < 52 \text{-----} (12),$$

其中：

vd_{31} 为第三组第一透镜关于 d 线的阿贝数。

20. 一种图像拾取设备,包括根据权利要求 17 所述的变焦透镜。

变焦透镜和图像拾取设备

技术领域

[0001] 本发明涉及具有四个透镜组的变焦透镜和装备有该变焦透镜的图像拾取设备。

背景技术

[0002] 迄今,具有四个透镜组的变焦透镜被广泛地已知为安装在诸如消费者摄像机、监视相机等之类的图像拾取装置上的普通变焦透镜。变焦透镜包括按顺序从物体侧设置的具有正折光力的第一透镜组、具有负折光力的第二透镜组、具有正折光力的第三透镜组和具有正折光力的第四透镜组,并且在变焦时,在第二透镜组沿光轴方向移动时,第四透镜组移动以校正与变焦相关联的图像平面的位置并使变焦透镜聚焦。进一步,其中添加作为固定透镜组的第五透镜组的具有五个透镜组的变焦透镜也是已知的。

[0003] 在上述图像拾取装置中存在维持或者甚至减小当前尺寸的同时增加变焦比的强烈需求。例如,在监视应用等中,可能存在其中需要图像拾取装置符合具有增强规格的具体标准尺寸的情况。还可能存在其中在诸如变焦比之类的规格增强时除了牺牲一定的光学性能之外没有别的选择的情况。在这种情况下,重要的是评估和确定应当优先且允许降低到一定程度的光学性质,并且组合每个部件以便可以获得合适的性能。

[0004] 例如,在具有四组或五组结构的变焦透镜中,如果注意力放在从第三透镜组和后续透镜组开始的透镜结构上,则被构造为具有少量透镜,即具有两个透镜的第三透镜组是已知的,如例如在专利文献 1 和 2 中描述的那样。上述第三透镜组被构造为具有两个透镜:正透镜和具有月牙形状的凹面在图像侧的负透镜。进一步,用于这两个透镜的材料相当类似,其中具有约 1.6 的折射率的、阿贝数约为 59 的材料用于正透镜,具有约 1.85 的折射率的、阿贝数约为 24 的材料用于负透镜。具有类似于上述结构的结构的第三透镜组是常见的,并且相对低色散材料通常用于正透镜,如在前述示例中一样。

[0005] 低色散材料还具有低折射率,并且在大多数情况中,使用具有不大于 1.6 的折射率的材料,如上所述。但是,可能存在采用相对高折射率材料形成第三透镜组的正透镜的情况。例如,其中采用具有 1.74 的折射率、阿贝数为 44.9 的材料形成第三透镜组的正透镜的变焦透镜是已知的,例如,在专利文献 3 中描述的那样。进一步,作为非常少有的情况中,其中采用具有大于 1.8 的折射率的材料形成第三透镜组的正透镜的变焦透镜也是已知的,例如,在专利文献 4 和 5 中描述的那样。

[0006] [现有技术文献]

[0007] [专利文献]

[0008] 专利文献 1 :日本专利 No. 4194876

[0009] 专利文献 2 :日本专利 No. 4447703

[0010] 专利文献 3 :日本未审查专利公开 No. 2000-321495

[0011] 专利文献 4 :日本专利 No. 3800847

[0012] 专利文献 5 :日本未审查专利公开 No. 2000-81572

发明内容

[0013] 同时,考虑到高折射率材料的使用是用于小型化光学系统的非常有效的措施。然而,如果已经用于正透镜的低折射率和低色散材料直接由高折射率和高色散材料代替,则出现例如色像差增加的问题。因此,需要与用于设置在具有相同的正折光力并邻近第三透镜组定位的第四透镜组中或第五透镜组中的正透镜的材料的光学性质(折射率和色散)进行平衡。

[0014] 进行平衡简单地表示通过设置引起第四透镜组中的色像差的过度校正的低色散材料以补偿色像差的不充分的校正而进行平衡。但是,所述平衡取决于 F 数、变焦比等等,使得需要在每种情况中选择最佳材料。

[0015] 例如,为了减少由第四透镜组的承担图像平面校正以进行聚焦的运动的像差变化,有效的是在第四透镜组中使用低色散材料。另一方面,如果低折射率低色散材料用于第四透镜组的正透镜,则不能将强的折光力提供给第四透镜组。在这种情况下,可能考虑通过使用高折射率材料和将强折光力提供给第三透镜组而保持小型化和高变焦比之间的平衡。相反地,如果第三透镜组的折光力被形成为太强,则出现像差,如球面像差的校正变得困难的问题。如上所述,在以增加的变焦比实施变焦透镜的小型化时,存在优化用于第三和第四透镜组的透镜的折光力分布和材料选择的需求。

[0016] 已经考虑到上述情况开发了本发明,并且本发明的目标是提供能够在孔径和变焦比增加同时最小化像差的情况下被小型化的变焦透镜。

[0017] 本发明的第一变焦透镜是一种变焦透镜,所述变焦透镜基本上包括具有正折光力且在变焦时固定的第一透镜组、具有负折光力且在变焦时沿着光轴移动的第二透镜组、孔径光阑、具有正折光力且在变焦时固定的第三透镜组、和在变焦时沿着光轴移动以校正由于变焦引起的图像平面位置变化以进行聚焦的第四透镜组,第一透镜组、第二透镜组、孔径光阑、第三透镜组和第四透镜组以此顺序从物体侧设置,其中:

[0018] 第三透镜组包括第三组第一透镜和第三组第二透镜,第三组第一透镜和第三组第二透镜以此顺序从物体侧设置,第三组第一透镜为具有为非球面的至少一个表面的单透镜且具有正折光力,第三组第二透镜为具有凹向图像侧的图像侧表面的单透镜且具有负折光力;并且

[0019] 当第三组第一透镜关于 d 线的折射率、第三透镜组的焦距、整个透镜系统在广角端处的焦距和整个透镜系统在长焦端处的焦距分别取为 Nd_{31} , f_3 , f_w 和 f_t 时,变焦透镜同时满足条件式条件式 (1): $1.77 < Nd_{31}$ 和 (2): $0.8 < f_3/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.6$ 。

[0020] 本发明的第二变焦透镜是一种变焦透镜,该变焦透镜基本上包括具有正折光力且在变焦时固定的第一透镜组、具有负折光力且在变焦时沿着光轴移动的第二透镜组、孔径光阑、具有正折光力且在变焦时固定的第三透镜组、和在变焦时沿着光轴移动以校正由于变焦而引起的图像平面位置变化以进行聚焦的第四透镜组,第一透镜组、第二透镜组、孔径光阑、第三透镜组和第四透镜组以此顺序从物体侧设置,其中:

[0021] 第三透镜组包括第三组第一透镜和第三组第二透镜,第三组第一透镜和第三组第二透镜以此顺序从物体侧设置,第三组第一透镜为具有为非球面的至少一个表面的单透镜且具有正折光力,第三组第二透镜为具有凹向图像侧的图像侧表面的单透镜且具有负折光力;并且

[0022] 当第三组第一透镜关于 d 线的折射率、第四透镜组的焦距和整个透镜系统在广角端处的焦距和整个透镜系统在长焦端处的焦距分别取为 Nd_{31} , f_4 , f_w 和 f_t 时, 变焦透镜同时满足条件式 (3) : $1.77 < Nd_{31}$ 和 (4) : $0.55 < f_4 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 0.82$ 。

[0023] 本发明的第三变焦透镜是一种变焦透镜, 所述变焦透镜基本上包括具有正折光力且在变焦时固定的第一透镜组、具有负折光力且在变焦时沿着光轴移动的第二透镜组、孔径光阑、具有正折光力且在变焦时固定的第三透镜组、和在变焦时沿着光轴移动以校正由于变焦引起的图像平面位置变化以进行聚焦的第四透镜组, 第一透镜组、第二透镜组、孔径光阑、第三透镜组和第四透镜组以此顺序从物体侧设置, 其中:

[0024] 第三透镜组包括第三组第一透镜和第三组第二透镜, 第三组第一透镜和第三组第二透镜以此顺序从物体侧设置, 第三组第一透镜为具有为非球面的至少一个表面的单透镜且具有正折光力, 第三组第二透镜为具有凹向图像侧的图像侧表面的单月牙透镜且具有负折光力;

[0025] 第四透镜组包括具有正折光力的至少一个透镜; 并且

[0026] 当第三组第一透镜关于 d 线的折射率、第三组第一透镜关于 d 线的阿贝数、第三组第二透镜关于 d 线的折射率、第三组第二透镜关于 d 线的阿贝数、以及第四透镜组中的正透镜关于 d 线的最高阿贝数分别取为 Nd_{31} , vd_{31} , Nd_{32} , vd_{32} 和 vd_{4p} 时, 变焦透镜同时满足条件式 (5) : $1.72 < Nd_{31}$, (6) : $36 < vd_{31} < 52$, (7) : $1.80 < Nd_{32}$, (8) : $16 < vd_{32} < 27$, 和 (9) : $63 < vd_{4p}$ 。

[0027] 当第四透镜组的焦距、整个透镜系统在广角端处的焦距、和整个透镜系统在长焦端处的焦距分别取为 f_4 , f_w 和 f_t 时, 第一和第三变焦透镜优选地满足条件式 (10) : $0.5 < f_4 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.2$ 。

[0028] 当第三透镜组的焦距、整个透镜系统在广角端处的焦距、和整个透镜系统在长焦端处的焦距分别取为 f_3 , f_w 和 f_t 时, 上述变焦透镜优选地满足条件式 (11) : $0.8 < f_3 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.3$ 。

[0029] 当第三组第一透镜关于 d 线的阿贝数取为 vd_{31} 时, 上述变焦透镜优选地满足条件式 (12) : $36 < vd_{31} < 52$ 。

[0030] 当第三组第二透镜关于 d 线的折射率和第三组第二透镜关于 d 线的阿贝数分别取为 Nd_{32} 和 vd_{32} 时, 上述变焦透镜优选地同时满足条件式 (13) : $1.80 < Nd_{32}$ 和 (14) : $16 < vd_{32} < 27$ 。

[0031] 当第四透镜组包括具有正折光力的至少一个透镜且第四透镜组中的正透镜关于 d 线的最高阿贝数取为 vd_{4p} 时, 上述变焦透镜优选地满足条件式 (15) : $63 < vd_{4p}$ 。

[0032] 当第三透镜组的焦距和第四透镜组的焦距分别取为 f_3 和 f_4 时, 上述变焦透镜优选地满足条件式 (16) : $0.9 < f_3 / f_4 < 2.5$ 。

[0033] 当第三组第二透镜的物体侧表面的曲率半径和第三组第二透镜的图像侧表面的曲率半径分别取为 R_{32f} 和 R_{32r} 时, 上述变焦透镜优选地满足条件式 (17) : $3.2 < (R_{32f} + R_{32r}) / (R_{32f} - R_{32r}) < 8.0$ 。

[0034] 当在光轴上从第一透镜组中的最靠物体侧透镜表面到图像形成平面的距离和整个透镜系统在长焦端处的焦距分别取为 TL 和 f_t 时, 上述变焦透镜优选地满足条件式 (18) : $0.62 < TL / f_t < 1.10$ 。

[0035] 优选地,上述变焦透镜的第四透镜组包括两个正透镜和一个负透镜。

[0036] 优选地,上述变焦透镜的第四透镜组包括具有正折光力的第四组第一透镜、具有负折光力的第四组第二透镜、和具有正折光力的第四组第三透镜,第四组第一透镜、第四组第二透镜、和第四组第三透镜以此顺序从物体侧设置。

[0037] 当第四组第二透镜的物体侧表面的曲率半径和第四组第二透镜的图像侧表面的曲率半径分别取为 R_{42f} 和 R_{42r} 时,上述变焦透镜优选地满足条件式 (19) : $-6.0 < (R_{42f}+R_{42r}) / (R_{42f}-R_{42r}) < -1.3$ 。

[0038] 优选地,设置在上述变焦透镜的第四透镜组中的每个透镜为双面球面单透镜。

[0039] 优选地,上述变焦透镜的第一透镜组包括具有负折光力的第一组第一透镜、具有正折光力的第一组第二透镜、具有正折光力的第一组第三透镜、和具有正折光力的第一组第四透镜,第一组第一透镜、第一组第二透镜、第一组第三透镜、和第一组第四透镜以此顺序从物体侧设置。

[0040] 当第一透镜组的焦距和整个透镜系统在长焦端处的焦距分别取为 f_1 和 f_t 时,上述变焦透镜优选地满足条件式 (20) : $0.25 < f_1/f_t < 0.50$ 。

[0041] 当第二透镜组的焦距、整个透镜系统在广角端处的焦距和整个透镜系统在长焦端处的焦距分别取为 f_2 , f_w 和 f_t 时,上述变焦透镜优选地满足条件式 (21) : $0.25 < |f_2| / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 0.45$ 。

[0042] 本发明的图像拾取设备是一种包括第一至第三变焦透镜中的任一个的设备。

[0043] 在包括粘合透镜并且如果粘合透镜由 n 个透镜构成的情况下, n 个透镜被计算在粘合透镜的透镜的总数量之内。

[0044] 在透镜表面为非球面的情况中,在近轴区域中定义透镜表面的凹度或凸度、折光力的正或负、曲率半径等等。透镜的曲率半径的符号在其凸向物体侧时为正而在其凸向图像侧时为负。

[0045] 根据本发明的第一变焦透镜和图像拾取设备,具有正折光力且在变焦时固定的第一透镜组、具有负折光力且在变焦时沿着光轴移动的第二透镜组、孔径光阑、具有正折光力且在变焦时固定的第三透镜组、和在变焦时沿着光轴移动以校正由于变焦引起的图像平面位置变化以进行聚焦的第四透镜组以此顺序从物体侧设置,其中第三透镜组包括第三组第一透镜和第三组第二透镜,第三组第一透镜和第三组第二透镜以此顺序从物体侧设置,第三组第一透镜为具有为非球面的至少一个表面的单透镜且具有正折光力,第三组第二透镜为具有凹向图像侧的图像侧表面的单透镜且具有负折光力,并且当第三组第一透镜关于 d 线的折射率、第三透镜组的焦距、整个透镜系统在广角端处的焦距和整个透镜系统在长焦端处的焦距分别取为 N_{d31} , f_3 , f_w 和 f_t 时,同时满足条件式 (1) : $1.77 < N_{d31}$ 和 (2) : $0.8 < f_3 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.6$ 。这允许在最小化像差的同时在孔径和变焦比增加的情况下实现小型化。

[0046] 在这里,条件式 (1) 规定第三组第一透镜的折射率。如果变焦透镜被构造为低于条件式 (1) 的下限,则需要增加第三组第一透镜的透镜表面的曲率(近轴曲率)以增加第三组第一透镜的折光力,并且诸如球面像差之类的像差的校正变得困难。如果变焦透镜被构造为在试图令人满意地校正像差的同时低于条件式 (1) 的下限,则出现需要增加整个透镜长度的问题。

[0047] 条件式 (2) 规定第三透镜组的焦距与整个透镜系统在广角端和长焦端处的焦距之间的关系。如果变焦透镜被构造为低于条件式 (2) 的下限, 则广角端附近的球面像差的校正变得困难。与此相反, 如果变焦透镜被构造为超过条件式 (2) 的上限, 则出现整个透镜长度增加的问题, 尽管这有利于像差校正。

[0048] 以上述构造而成的变焦透镜可以令人满意地校正球面像差, 以便可以在最小化球面像差的同时减小 F 数。

[0049] 根据本发明的第二变焦透镜和图像拾取设备, 具有正折光力且在变焦时固定的第一透镜组、具有负折光力且在变焦时沿着光轴移动的第二透镜组、孔径光阑、具有正折光力且在变焦时固定的第三透镜组、和在变焦时沿着光轴移动以校正由于变焦引起的图像平面位置变化以进行聚焦的第四透镜组以此顺序从物体侧设置, 其中第三透镜组包括第三组第一透镜和第三组第二透镜, 第三组第一透镜和第三组第二透镜以此顺序从物体侧设置, 第三组第一透镜为具有为非球面的至少一个表面的单透镜且具有正折光力, 第三组第二透镜为具有凹向图像侧的图像侧表面的单透镜且具有负折光力, 并且当第三组第一透镜关于 d 线的折射率、第四透镜组的焦距、整个透镜系统在广角端处的焦距和整个透镜系统在长焦端处的焦距分别取为 Nd_{31} , f_4 , f_w 和 f_t 时, 同时满足条件式 (3) : $1.77 < Nd_{31}$ 和 (4) : $0.55 < f_4 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 0.82$ 。这允许在最小化像差的同时在孔径和变焦比增加的情况下实现小型化。

[0050] 在这里, 条件式 (3) 规定第三组第一透镜的折射率。如果变焦透镜被构造为低于条件式 (3) 的下限, 则需要增加第三组第一透镜的透镜表面的曲率 (近似曲率), 并且诸如球面像差之类的像差的校正变得困难。如果变焦透镜被构造为在试图令人满意地校正像差的同时低于条件式 (3) 的下限, 则出现整个透镜长度需要增加的问题。

[0051] 注意到, 条件式 (3) 描述了与上述条件式 (1) 的条件相同的条件。

[0052] 条件式 (4) 规定第四透镜组的焦距与整个透镜系统在广角端和长焦端处的焦距之间的关系。如果变焦透镜被构造为低于条件式 (4) 的下限, 则难以在每次放大时 (在整个变焦范围内) 获得令人满意的性能。与此相反, 如果变焦透镜被构造为超过条件式 (4) 的上限, 则出现第四透镜组的移动量在变焦时或聚焦时增加的问题。

[0053] 以上述方式构造而成的变焦透镜可以令人满意地校正球面像差, 以便可以在最小化球面像差的同时减小 F 数。

[0054] 根据本发明的第三变焦透镜和图像拾取设备, 具有正折光力且在变焦时固定的第一透镜组、具有负折光力且在变焦时沿着光轴移动的第二透镜组、孔径光阑、具有正折光力且在变焦时固定的第三透镜组、和在变焦时沿着光轴移动以校正由于变焦引起的图像平面位置变化以进行聚焦的第四透镜组以此顺序从物体侧设置, 其中第三透镜组包括第三组第一透镜和第三组第二透镜, 第三组第一透镜和第三组第二透镜以此顺序从物体侧设置, 第三组第一透镜为具有为非球面的至少一个表面的单透镜且具有正折光力, 第三组第二透镜为具有凹向图像侧的图像侧表面的单月牙透镜且具有负折光力, 第四透镜组包括具有正折光力的至少一个透镜, 并且其中, 当第三组第一透镜关于 d 线的折射率、第三组第一透镜关于 d 线的阿贝数、第三组第二透镜关于 d 线的折射率、第三组第二透镜关于 d 线的阿贝数、和第四透镜组中的正透镜关于 d 线的最高阿贝数分别取为 Nd_{31} , vd_{31} , Nd_{32} , vd_{32} 和 vd_{4p} 时, 满足条件式 (5) : $1.72 < Nd_{31}$, (6) : $36 < vd_{31} < 52$, (7) : $1.80 < Nd_{32}$, (8) : $16 < vd_{32}$

< 27 , and (9) : $63 < vd4p$ 。这允许在最小化像差的同时在孔径和变焦比增加的情况下实现小型化。

[0055] 在这里,条件式(5)规定第三组第一透镜的折射率。如果变焦透镜被构造为低于条件式(5)的下限,则第三组第一透镜的透镜表面的曲率(近似曲率)需要增加,并且诸如球面像差之类的像差的校正变得困难。如果变焦透镜被构造为在试图令人满意地校正像差的同时低于条件式(5)的下限,则出现整个透镜长度需要增加的问题。

[0056] 条件式(6)规定第三组第一透镜的阿贝数。如果变焦透镜落在条件式(6)的范围之外,则出现难以以很好的平衡方式校正广角端附近的色像差的问题。

[0057] 条件式(7)规定第三组第二透镜的折射率。如果变焦透镜低于条件式(7)的下限,则第三组第二透镜的图像侧表面的曲率增加,从而引起整个第三透镜组的厚度增加的问题。

[0058] 条件式(8)规定第三组第二透镜的阿贝数。如果变焦透镜落在条件式(8)的范围之外,则出现难以以很好的平衡方式校正轴向色像差的问题。

[0059] 条件式(9)规定第四透镜组中的正透镜关于d线的最高阿贝数。如果变焦透镜低于条件式(9)的下限,则存在在变焦或聚焦时色像差的变化增加的问题。

[0060] 以上述方式构造而成的变焦透镜可以令人满意地校正球面像差,以便可以在最小化球面像差的同时减小F数。

附图说明

[0061] 图1为装备有本发明的变焦透镜的图像拾取设备的剖视图,其中图示了图像拾取设备的示意性结构;

[0062] 图2为示例1的变焦透镜的剖视图,其中比较性地图示了其中变焦被设置到广角端的状态和其中变焦被设置到长焦端的状态;

[0063] 图3为示例2的变焦透镜的剖视图,其中比较性地图示了其中变焦被设置到广角端的状态和其中变焦被设置到长焦端的状态;

[0064] 图4为示例3的变焦透镜的剖视图,其中比较性地图示了其中变焦被设置到广角端的状态和其中变焦被设置到长焦端的状态;

[0065] 图5为示例4的变焦透镜的剖视图,其中比较性地图示了其中变焦被设置到广角端的状态和其中变焦被设置到长焦端的状态;

[0066] 图6为示例5的变焦透镜的剖视图,其中比较性地图示了其中变焦被设置到广角端的状态和其中变焦被设置到长焦端的状态;

[0067] 图7为示例6的变焦透镜的剖视图,其中比较性地图示了其中变焦被设置到广角端的状态和其中变焦被设置到长焦端的状态;

[0068] 图8为示例7的变焦透镜的剖视图,其中比较性地图示了其中变焦被设置到广角端的状态和其中变焦被设置到长焦端的状态;

[0069] 图9为示例8的变焦透镜的剖视图,其中比较性地图示了其中变焦被设置到广角端的状态和其中变焦被设置到长焦端的状态;

[0070] 图10为示例9的变焦透镜的剖视图,其中比较性地图示了其中变焦被设置到广角端的状态和其中变焦被设置到长焦端的状态;

[0071] 图 11 为示例 10 的变焦透镜的剖视图,其中比较性地图示了其中变焦被设置到广角端的状态和其中变焦被设置到长焦端的状态;

[0072] 图 12 为示例 11 的变焦透镜的剖视图,其中比较性地图示了其中变焦被设置到广角端的状态和其中变焦被设置到长焦端的状态;

[0073] 图 13 图示示例 1 的变焦透镜的各种类型的像差;

[0074] 图 14 图示示例 2 的变焦透镜的各种类型的像差;

[0075] 图 15 图示示例 3 的变焦透镜的各种类型的像差;

[0076] 图 16 图示示例 4 的变焦透镜的各种类型的像差;

[0077] 图 17 图示示例 5 的变焦透镜的各种类型的像差;

[0078] 图 18 图示示例 6 的变焦透镜的各种类型的像差;

[0079] 图 19 图示示例 7 的变焦透镜的各种类型的像差;

[0080] 图 20 图示示例 8 的变焦透镜的各种类型的像差;

[0081] 图 21 图示示例 9 的变焦透镜的各种类型的像差;

[0082] 图 22 图示示例 10 的变焦透镜的各种类型的像差;以及

[0083] 图 23 图示示例 11 的变焦透镜的各种类型的像差。

具体实施方式

[0084] 以下,将参照附图描述本发明的实施例。图 1 为本发明的装备有本发明的变焦透镜的图像拾取设备的剖视图,其中图示了图像拾取设备的示意性结构。注意到图 1 图示了经过光轴的光路和经过光轴外的光路。

[0085] 图 1 共同地图示根据第一实施例的装配有根据本发明的第一实施例的变焦透镜 100A 的图像拾取设备 300A、根据第二实施例的装配有根据本发明的第二实施例的变焦透镜 100B 的图像拾取设备 300B、和根据第三实施例的装配有根据本发明的第三实施例的变焦透镜 100C 的图像拾取设备 300C。

[0086] 根据本发明的第一实施例的图像拾取设备 300A 包括变焦透镜 100A 和具有成像平面 210 的图像传感器 200,大量光接收像素设置在成像平面 210 上用于捕获对像 1 的通过变焦透镜 100A 形成的光学图像 1K。

[0087] 根据本发明的第二实施例的图像拾取设备 300B 包括变焦透镜 100B 和具有成像平面 210 的图像传感器 200,大量光接收像素设置在成像平面 210 上用于捕获对像 1 的通过变焦透镜 100B 形成的光学图像 1K。

[0088] 根据本发明的第三实施例的图像拾取设备 300C 包括变焦透镜 100C 和具有成像平面 210 的图像传感器 200,大量光接收像素设置在成像平面 210 上用于捕获对像 1 的通过变焦透镜 100C 形成的光学图像 1K。

[0089] 根据第一实施例的变焦透镜 100A、根据第二实施例的变焦透镜 100B 和根据第三实施例的变焦透镜 100C 的结构不同。在接下来的描述中,将首先描述满足根据第一至第三实施例的所有结构的实施例,之后是每个单个实施例。

[0090] < 满足各个实施例的所有结构的实施例 >

[0091] 现在将描述根据满足各个实施例的所有结构的实施例的变焦透镜和装配有该变焦透镜的图像拾取设备。

[0092] 满足根据本发明的第一至第三实施例的变焦透镜 100A、100B 和 100C 的结构变焦透镜称为“变焦透镜 100”。此外，满足根据本发明的第一至第三实施例的图像拾取设备 300A、300B 和 300C 的结构图像拾取设备称为“图像拾取设备 300”。

[0093] 注意到，除了变焦透镜 100A、100B 和 100C 之外，图 1 还图示了变焦透镜 100。除了图像拾取设备 300A、300B 和 300C 之外，图 1 还图示了图像拾取设备 300。

[0094] 图 1 中示出的图像拾取设备 300 包括变焦透镜 100 和具有成像平面 210 的图像传感器 200，大量光接收像素设置在成像平面 210 上用于捕获对像 1 的通过变焦透镜 100 在成像平面 210 上形成的光学图像 1K。

[0095] 变焦透镜 100 包括从物体侧按顺序设置的具有正折光力且在变焦时固定的第一透镜组 G1、具有负折光力且在变焦时沿着光轴 Z1 移动的第二透镜组 G2、孔径光阑 St、具有正折光力且在变焦时固定的第三透镜组 G3、和在变焦时沿着光轴 Z1 移动以校正由于变焦而引起的图像平面位置变化以进行聚焦的第四透镜组 G4。

[0096] 变焦透镜 100 还可以包括滤光器 Lf。滤光器 Lf 为用于阻挡不必要的光入射到成像平面 210 上的平行板滤光器，并且可以采用具有低通滤光器或红外光截止滤光器的功能的滤光器。

[0097] 第一透镜组 G1 包括从物体侧按顺序设置的具有负折光力的第一组第一透镜 L11、具有正折光力的第一组第二透镜 L12、具有正折光力的第一组第三透镜 L13、和具有正折光力的第一组第四透镜 L14。

[0098] 第三透镜组 G3 包括从物体侧按顺序设置的第三组第一透镜 L31 和第三组第二透镜 L32，其中第三组第一透镜 L31 为具有为非球面的至少一个表面的单透镜且具有正折光力，第三组第二透镜 L32 为在图像侧具有凸面的月牙形单透镜且具有负折光力。

[0099] 第四透镜组 G4 包括从物体侧按顺序设置的具有正折光力的第四组第一透镜 L41、具有负折光力的第四组第二透镜 L42、具有正折光力的第四组第三透镜 L43。第四透镜组 G4 中的每个透镜为双面球面单透镜。

[0100] 进一步，变焦透镜 100 同时满足条件式 (A1)，(A2)，(B1)，(B2)，(C1)，(C2) 以及 (D) 至 (M)。

[0101] 条件式 (A1)： $1.77 < Nd_{31}$ 对应于上述条件式 (1) 和 (3)。

[0102] 条件式 (A1) 规定比对应于上述条件式 (5) 的条件式 (A2)： $1.72 < Nd_{31}$ 的范围窄的范围。

[0103] 条件式 (B1)： $0.8 < f_3/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.6$ 对应于上述条件式 (2)。

[0104] 条件式 (B1) 规定比对应于上述条件式 (11) 的条件式 (B2)： $0.8 < f_3/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.3$ 的范围窄的范围。

[0105] 条件式 (C1)： $0.55 < f_4/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 0.82$ 对应于上述条件式 (4)。

[0106] 条件式 (C1) 规定比对应于上述条件式 (10) 的条件式 (C2)： $0.50 < f_4/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.2$ 的范围窄的范围。

[0107] 条件式 (D)： $36 < vd_{31} < 52$ 对应于上述条件式 (6) 和 (12)。

[0108] 条件式 (E)： $1.80 < Nd_{32}$ 对应于上述条件式 (7) 和 (13)。

[0109] 条件式 (F)： $16 < vd_{32} < 27$ 对应于上述条件式 (8) 和 (14)。

[0110] 条件式 (G)： $63 < vd_{4p}$ 对应于上述条件式 (9) 和 (15)。

- [0111] 条件式 (H) : $0.9 < f_3/f_4 < 2.5$ 对应于上述条件式 (16)。
- [0112] 条件式 (I) : $3.2 < (R_{32f}+R_{32r})/(R_{32f}-R_{32r}) < 8.0$ 对应于上述条件式 (17)。
- [0113] 条件式 (J) : $0.62 < TL/f_t < 1.10$ 对应于上述条件式 (18)。
- [0114] 条件式 (K) : $-6.0 < (R_{42f}+R_{42r})/(R_{42f}-R_{42r}) < -1.3$ 对应于上述条件式 (19)。
- [0115] 条件式 (L) : $0.25 < f_1/f_t < 0.50$ 对应于上述条件式 (20)。
- [0116] 条件式 (M) : $0.25 < |f_2|/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 0.45$ 对应于上述条件式 (21)。
- [0117] 条件式 (A1) 至 (M) 中的每个符号具有下列含义：
- [0118] Nd31 : 第三组第一透镜关于 d 线的折射率；
- [0119] f3 : 第三透镜组的焦距；
- [0120] f_w : 整个透镜系统在广角端处的焦距；
- [0121] f_t : 整个透镜系统在长焦端处的焦距；
- [0122] f4 : 第四透镜组的焦距；
- [0123] vd31 : 第三组第一透镜关于 d 线的阿贝数；
- [0124] Nd32 : 第三组第二透镜关于 d 线的折射率；
- [0125] vd32 : 第三组第二透镜关于 d 线的阿贝数；
- [0126] vd4p : 第四透镜组中的正透镜关于 d 线的最高阿贝数；
- [0127] R32f : 第三组第二透镜的物体侧表面的曲率半径；
- [0128] R32r : 第三组第二透镜的图像侧表面的曲率半径；
- [0129] TL : 在光轴上从第一透镜组中的最靠物体侧透镜表面到图像形成平面的距离；
- [0130] R42f : 第四组第二透镜的物体侧表面的曲率半径；
- [0131] R42r : 第四组第二透镜的图像侧表面的曲率半径；
- [0132] f1 : 第一透镜组的焦距；以及
- [0133] f2 : 第二透镜组的焦距。
- [0134] 作为光轴上的从第一组第一透镜的物体侧表面到图像形成平面的距离的总光程 TL 对应于光轴 Z1 上的从第一组第一透镜 L11 到图像形成平面 (成像平面 210) 的物体侧表面的距离。注意到, 上述距离是实际距离 (真实距离), 不是空气等效距离。
- [0135] 上述条件式 (A1) : $1.77 < Nd_{31}$ 规定第三组第一透镜 L31 的折射率。
- [0136] 如果变焦透镜 100 被构造为低于条件式 (A1) 的下限, 则第三组第一透镜 L31 的透镜表面的曲率 (近似曲率) 需要增加, 并且诸如球面像差之类的像差的校正变得困难。如果变焦透镜 100 被构造为在试图令人满意地校正像差的同时低于条件式 (A1) 的下限, 则出现整个透镜长度需要增加的问题。
- [0137] 优选地, 条件式 (A1) 被限制到条件式 (A1') : $1.74 < Nd_{31}$ 的范围。
- [0138] 上述条件式 (B1) : $0.8 < f_3/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.6$ 规定第三透镜组 G3 的焦距与整个透镜系统在广角端和长焦端处的焦距之间的关系。
- [0139] 如果变焦透镜 100 被构造为低于条件式 (B1) 的下限, 则广角端附近的球面像差的校正变得困难, 虽然这有利于小型化。
- [0140] 与此相反, 如果变焦透镜 100 被构造为超过条件式 (B1) 的上限, 则出现整个透镜长度增加的问题, 虽然这有利于像差校正。
- [0141] 优选地, 条件式 (B1) 被限制到条件式 (B1') : $0.90 < f_3/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.55$ 的范

围。

[0142] 上述条件式 (C1) : $0.55 < f_4/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 0.82$ 规定第四透镜组 G4 的焦距与整个透镜系统在广角端和长焦端处的焦距之间的关系。

[0143] 如果变焦透镜 100 被构造为低于条件式 (C1) 的下限, 则出现难以在每次放大时 (在整个变焦范围内) 获得令人满足的光学性能的问题。

[0144] 与此相反, 如果变焦透镜 100 被构造为超过条件式 (C1) 的上限, 则出现第四透镜组 G4 的移动量在变焦时或聚焦时增加的问题。

[0145] 优选地, 条件式被限制到条件式 (C1') : $0.57 < f_4/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 0.80$ 的范围。

[0146] 上述条件式 (D) : $36 < v_{d31} < 52$ 规定第三组第一透镜 L31 的阿贝数。

[0147] 如果变焦透镜 100 被构造为落在条件式 (D) 的范围之外, 则出现难以以很好的平衡方式校正广角端附近的色像差的问题。

[0148] 优选地, 条件式 (D) 被限制到条件式 (D') : $38 < v_{d31} < 50$ 的范围。

[0149] 上述条件式 (E) : $1.80 < n_{d32}$ 规定第三组第二透镜 L32 的折射率。

[0150] 如果变焦透镜被构造为低于条件式 (E) 的下限, 则第三组第二透镜的图像侧透镜的曲率增加, 从而引起整个第三透镜组 G3 的厚度增加的问题。

[0151] 优选地, 条件式 (E) 被限制到条件式 (E') : $1.84 < n_{d32}$ 的范围。

[0152] 上述条件式 (F) : $16 < v_{d32} < 27$ 规定第三组第二透镜 L32 的阿贝数。

[0153] 如果变焦透镜 100 被构造为落在条件式 (F) 的范围之外, 则存在难以以很好的平衡方式校正轴向色像差的问题。

[0154] 优选地, 条件式 (F) 被限制到条件式 (F') : $17 < v_{d32} < 26$ 的范围。

[0155] 上述条件式 (G) : $63 < v_{d4p}$ 规定第四透镜组中的正透镜的最高阿贝数。

[0156] 如果变焦透镜 100 被构造为低于条件式 (G) 的下限, 则出现在变焦时或聚焦时色像差的变化增加的问题。

[0157] 优选地, 条件式 (G) 被限制到条件式 (G') : $65 < v_{d4p}$ 的范围。

[0158] 上述条件式 (H) : $0.9 < f_3/f_4 < 2.5$ 规定第三透镜组 G3 的焦距和第四透镜组 G4 的焦距之间的比。

[0159] 如果变焦透镜 100 被构造为低于条件式 (H) 的下限, 则第三透镜组 G3 的折光力变强, 从而引起难以在整个变焦范围内令人满意地校正球面像差的问题。

[0160] 与此相反, 如果变焦透镜 100 被构造为超过条件式 (H) 的上限, 则第四透镜组 G4 的折光力变强, 从而引起在变焦时或聚焦时色像差的变化增加的问题。进一步, 第四透镜组 G4 上的光入射高度增加, 从而引起第四透镜组 G4 的尺寸增加的问题。

[0161] 优选地, 条件式 (H) 被限制到条件式 (H') : $1.0 < f_3/f_4 < 2.4$ 的问题。

[0162] 条件式 (I) : $3.2 < (R_{32f} + R_{32r}) / (R_{32f} - R_{32r}) < 8.0$ 规定第三组第二透镜的形状因子。

[0163] 如果变焦透镜 100 被构造为满足条件式 (I), 则可以以很好的平衡方式校正色像差。

[0164] 如果变焦透镜 100 被构造为落在条件式 (I) 的范围之外, 则出现难以以很好的平衡方式在整个变焦区域内校正轴向色散或校正球面像差的问题。

[0165] 特别地, 如果变焦透镜 100 被构造为低于条件式 (I) 的下限, 则出现短波长色像差

增加的问题,而如果变焦透镜 100 被构造为超过条件式 (I) 的上限,则出现长波长色像差增加的问题。

[0166] 优选地,条件式 (I) 被限制到条件式 (I') : $3.4 < (R32f+R32r)/(R32f-R32r) < 7.8$ 的范围。

[0167] 条件式 (J) : $0.62 < TL/ft < 1.10$ 规定总光程和整个透镜系统在长焦端处的焦距之间的关系。

[0168] 如果变焦透镜 100 被构造为低于条件式 (J) 的下限以进行小型化,则场曲率的校正变得困难。进一步,每个透镜的折光力变得太强,并且对由制造误差或组装误差引起的性能下降变得灵敏(灵敏度增加),从而在制造中带来非常高度的困难性的问题。再进一步,这还引起在变焦时和聚焦时色像差的变化增加的问题。

[0169] 与此相反,如果变焦透镜 100 被构造为超过条件式 (J) 的上限,则出现整个透镜系统的尺寸增加的问题,尽管这有利于像差校正。

[0170] 优选地,条件式 (J) 被限制到条件式 (J') : $0.63 < TL/ft < 1.05$ 的范围。

[0171] 条件式 (K) : $-6.0 < (R42f+R42r)/(R42f-R42r) < -1.3$ 规定第四组第二透镜 L42 的形状因子。

[0172] 如果变焦透镜 100 被构造为落在条件式 (K) 的范围之外,则存在难以以很好的平衡方式在整个变焦范围内校正横向色像差的问题。

[0173] 优选地,条件式 (K) 被限制到条件式 (K') : $-5.8 < (R42f+R42r)/(R42f-R42r) < -1.4$ 的范围。

[0174] 条件式 (L) : $0.25 < f1/ft < 0.50$ 规定第一透镜组 G1 的焦距和整个透镜系统在长焦端处的焦距之间的的关系。

[0175] 如果变焦透镜 100 被构造为低于条件式 (L) 的下限,则过多的负担落在第一透镜组 G1 上,从而引起长焦端附近的色像差和球面像差的校正变得困难的问题,尽管这有利于小型化。

[0176] 与此相反,如果变焦透镜 100 被构造为超过条件式 (L) 的上限,则出现整个透镜长度增加的问题。

[0177] 优选地,条件式 (L) 被限制到条件式 (L') : $0.28 < f1/ft < 0.45$ 的范围

[0178] 条件式 (M) : $0.25 < |f2|/(fw \cdot ft)^{1/2} < 0.45$ 规定第二透镜组 G2 的焦距与整个透镜系统在广角端和长焦端处的焦距之间的关系。如果变焦透镜 100 被构造为低于条件式 (M) 的下限,则第二透镜组 G2 的折光力变强,并且第二透镜组 G2 的移动量可以减小,但存在场曲率的校正变得困难的问题。

[0179] 与此相反,如果变焦透镜 100 被构造为超过条件式 (M) 的上限,则存在整个透镜长度增加的问题。

[0180] 优选地,条件式 (M) 被限制到条件式 (M') : $0.26 < |f2|/(fw \cdot ft)^{1/2} < 0.43$ 的范围。

[0181] < 各个实施例 1 至 3 的单个结构 >

[0182] 以下,将单独地描述每个实施例的结构。

[0183] 首先将描述本发明的第一实施例的变焦透镜 100A 的结构。

[0184] 变焦透镜 100A 包括从物体侧按顺序设置的具有正折光力且在变焦时固定的第一

透镜组 G1、具有负折光力且在变焦时沿着光轴 Z1 移动的第二透镜组 G2、孔径光阑 St、具有正折光力且在变焦时固定的第三透镜组 G3、和在变焦时沿着光轴 Z1 移动以校正由于变焦引起的图像平面位置变化以进行聚焦的第四透镜组 G4。

[0185] 变焦透镜 100A 的第三透镜组 G3 包括第三组第一透镜 L31 和第三组第二透镜 L32，且同时满足上述条件式 (A1) 和条件式 (B1)，其中第三组第一透镜 L31 为具有为非球面的至少一个表面的单透镜且具有正折光力，第三组第二透镜 L32 为具有凹向图像侧的图像侧表面的单透镜且具有负折光力。

[0186] 上述结构是变焦透镜 100A 的基本结构。

[0187] 以下将描述变焦透镜 100A 的理想结构。

[0188] 优选地，变焦透镜 100A 满足上述条件式 (B1')。

[0189] 优选地，变焦透镜 100A 满足上述条件式 (C2)： $0.50 < f4/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.2$ ，并且更优选地满足上述条件式 (C2')： $0.57 < f4/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.15$ 。

[0190] 优选地，变焦透镜 100A 满足上述条件式 (D)，并且更优选地满足上述条件式 (D')。

[0191] 优选地，变焦透镜 100A 同时满足上述条件式 (E) 和 (F)，并且更优选地满足上述条件式 (E') 和 (F')。

[0192] 优选地，变焦透镜 100A 满足上述条件式 (G)，并且更优选地满足上述条件式 (G')。

[0193] 优选地，变焦透镜 100A 满足上述条件式 (H)，并且更优选地满足上述条件式 (H')。

[0194] 优选地，变焦透镜 100A 满足上述条件式 (I)，并且更优选地满足上述条件式 (I')。

[0195] 优选地，变焦透镜 100A 满足上述条件式 (J)，并且更优选地满足上述条件式 (J')。

[0196] 优选地，第四透镜组 G4 包括从物体侧按顺序设置的具有正折光力的第四组第一透镜 L41、具有负折光力的第四组第二透镜 L42、以及具有正折光力的第四组第三透镜 L43。

[0197] 优选地，变焦透镜 100A 满足上述条件式 (K)，并且更优选地满足上述条件式 (K')。

[0198] 优选地，第四透镜组 G4 中的每个透镜为双面球面单透镜。

[0199] 优选地，第一透镜组 G1 包括从物体侧按顺序设置的具有负折光力的第一组第一透镜 L11、具有正折光力的第一组第二透镜 L12、具有正折光力的第一组第三透镜 L13、和具有正折光力的第一组第四透镜 L14。

[0200] 优选地，变焦透镜 100A 满足上述条件式 (L)，并且更优选地满足上述条件式 (L')。

[0201] 优选地，变焦透镜 100A 满足上述条件式 (M)，并且更优选地满足上述条件式 (M')。

[0202] 接下来，将描述第二实施例的变焦透镜 100B 的单个结构。

[0203] 变焦透镜 100B 包括从物体侧按顺序设置的具有正折光力且在变焦时固定的第一透镜组 G1、具有负折光力且在变焦时沿着光轴 Z1 移动的第二透镜组 G2、孔径光阑 St、具有正折光力且在变焦时固定的第三透镜组 G3、和在变焦时沿着光轴 Z1 移动以校正由于变焦引起的图像平面位置变化以进行聚焦的第四透镜组 G4。

[0204] 变焦透镜 100B 的第三透镜组 G3 包括第三组第一透镜 L31 和第三组第二透镜 L32，且同时满足上述条件式 (A1) 和条件式 (C1)，其中第三组第一透镜 L31 为具有为非球面的至少一个表面的单透镜且具有正折光力，第三组第二透镜 L32 为具有凹向图像侧的图像侧表面的单个透镜且具有负折光力。

[0205] 上述结构是变焦透镜 100B 的基本结构。

[0206] 以下将描述变焦透镜 100B 的可取结构。

- [0207] 优选地, 变焦透镜 100B 满足上述条件式 (C1')。
- [0208] 优选地, 变焦透镜 100B 满足上述条件式 (B2) : $0.80 < f3/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.3$, 并且更优选地满足上述条件式 (B2') : $0.90 < f3/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.25$ 。
- [0209] 优选地, 变焦透镜 100B 满足上述条件式 (D), 并且更优选地满足上述条件式 (D')。
- [0210] 优选地, 变焦透镜 100B 同时满足上述条件式 (E) 和 (F), 并且更优选地满足上述条件式 (E') 和 (F')。
- [0211] 优选地, 变焦透镜 100B 满足上述条件式 (G), 并且更优选地满足上述条件式 (G')。
- [0212] 优选地, 变焦透镜 100B 满足上述条件式 (H), 并且更优选地满足上述条件式 (H')。
- [0213] 优选地, 变焦透镜 100B 满足上述条件式 (I), 并且更优选地满足上述条件式 (I')。
- [0214] 优选地, 变焦透镜 100B 满足上述条件式 (J), 并且更优选地满足上述条件式 (J')。
- [0215] 优选地, 第四透镜组 G4 包括从物体侧按顺序设置的具有正折光力的第四组第一透镜 L41、具有负折光力的第四组第二透镜 L42、以及具有正折光力的第四组第三透镜 L43。
- [0216] 优选地, 变焦透镜 100B 满足上述条件式 (K), 并且更优选地满足上述条件式 (K')。
- [0217] 优选地, 第四透镜组 G4 中的每个透镜为双面球面单透镜。
- [0218] 优选地, 第一透镜组 G1 包括从物体侧按顺序设置的具有负折光力的第一组第一透镜 L11、具有正折光力的第一组第二透镜 L12、具有正折光力的第一组第三透镜 L13、和具有正折光力的第一组第四透镜 L14。
- [0219] 优选地, 变焦透镜 100B 满足上述条件式 (L), 并且更优选地满足上述条件式 (L')。
- [0220] 优选地, 变焦透镜 100B 满足上述条件式 (M), 并且更优选地满足上述条件式 (M')。
- [0221] 接下来, 将描述第三实施例的变焦透镜 100C 的单个结构。
- [0222] 变焦透镜 100C 包括从物体侧按顺序设置的具有正折光力且在变焦时固定的第一透镜组 G1、具有负折光力且在变焦时沿着光轴 Z1 移动的第二透镜组 G2、孔径光阑 St、具有正折光力且在变焦时固定的第三透镜组 G3、和在变焦时沿着光轴 Z1 移动以校正由于变焦引起的图像平面位置变化以进行聚焦的第四透镜组 G4。
- [0223] 变焦透镜 100C 的第三透镜组 G3 包括第三组第一透镜 L31 和第三组第二透镜 L32, 且同时满足条件式 (A2) : $0.7 < Nd31$ 和上述条件式 (D), (E), (F) 和 (G), 其中第三组第一透镜 L31 为具有为非球面的至少一个表面的单透镜且具有正折光力, 第三组第二透镜 L32 为在图像侧具有凹面的单弯月透镜且具有负折光力。
- [0224] 上述结构是变焦透镜 100C 的基本结构。
- [0225] 以下将描述变焦透镜 100C 的理想结构。
- [0226] 优选地, 变焦透镜 100C 满足条件式 (A2') : $1.74 < Nd31$ 。
- [0227] 优选地, 变焦透镜 100C 满足上述条件式 (C2), 并且更优选地满足上述条件式 (C2')。
- [0228] 优选地, 变焦透镜 100C 满足上述条件式 (B2), 并且更优选地满足上述条件式 (B2')。
- [0229] 优选地, 变焦透镜 100C 满足上述条件式 (H), 并且更优选地满足上述条件式 (H')。
- [0230] 优选地, 变焦透镜 100C 满足上述条件式 (I), 并且更优选地满足上述条件式 (I')。
- [0231] 优选地, 变焦透镜 100C 满足上述条件式 (J), 并且更优选地满足上述条件式 (J')。
- [0232] 优选地, 第四透镜组 G4 包括从物体侧按顺序设置的具有正折光力的第四组第一

- 透镜 L41、具有负折光力的第四组第二透镜 L42、以及具有正折光力的第四组第三透镜 L43。
- [0233] 优选地,变焦透镜 100C 满足上述条件式 (K),并且更优选地满足上述条件式 (K')。
- [0234] 优选地,第四透镜组 G4 中的每个透镜为双面球面单透镜。
- [0235] 优选地,第一透镜组 G1 包括从物体侧按顺序设置的具有负折光力的第一组第一透镜 L11、具有正折光力的第一组第二透镜 L12、具有正折光力的第一组第三透镜 L13、和具有正折光力的第一组第四透镜 L14。
- [0236] 优选地,变焦透镜 100C 满足上述条件式 (L),并且更优选地满足上述条件式 (L')。
- [0237] 优选地,变焦透镜 100C 满足上述条件式 (M),并且更优选地满足上述条件式 (M')。
- [0238] < 具体示例 >
- [0239] 以下,将参照图 2-23 和表 1-12 描述根据本发明的变焦透镜的示例 1-11 的数值数据等。
- [0240] 图 2-12 为示例 1-11 的变焦透镜的剖视图,其中图示该变焦透镜的示意性结构。每个附图比较性地图示其中变焦被设置到广角端的状态和其中变焦被设置到长焦端的状态。
- [0241] 由图 2-12 中的每一个的上侧的符号 (W) 指示的图表示其中变焦被设置到广角端的状态,而由图 2-12 中的每一个的下侧的符号 (T) 指示的图表示其中变焦被设置到长焦端的状态。
- [0242] 图 2-12 中的对应于图 1 中图示变焦透镜 100 的那些符号的符号表示对应的元件。
- [0243] 满足第一实施例的变焦透镜 100A 的基本结构的示例是示例 1-8 和示例 10-11,即,除了示例 9 之外的示例 1-11。
- [0244] 满足第二实施例的变焦透镜 100B 的基本结构的示例是示例 2-7 和示例 9,10,即,除了示例 1,8 和 11 之外的示例 1-11。
- [0245] 满足第三实施例的变焦透镜 100C 的基本结构的示例是示例 1-11(所有示例)。
- [0246] 符号 L11,L12……是表示每个透镜组中的透镜的符号并对应于从物体侧设置的透镜的顺序。
- [0247] 表 1-11 图示示例 1-11 的变焦透镜的基本数据。在表 1-11 中的每一个中,在左上(由附图中的符号 (a) 指示)示出透镜数据,而在右上(由附图中的符号 (b) 指示)示出表示透镜表面形状(非球面表面形状)的非球面表面表式的每个系数。进一步,在表 1-11 中的每一个中,示出关于广角端和长焦端处的变焦的各种值,其中 f 为整个透镜系统的焦距 (mm); $Fno.$ 为 F 数的值; 2ω 为总场角的值; $D7, D14, D19, D25$ 等为每个透镜组之间的表面距离的值。
- [0248] 注意到,数值或符号 D_n (n 为数值)出现在每个附图中由符号 (a) 指示的透镜数据中的表面距离 D_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) 栏中,并且其中符号 D_n 出现的位置对应于透镜组之间的表面距离(空隙),且表面距离(空隙)随着变焦放大倍率设置变化。
- [0249] 在每个附图中由符号 (a) 指示的透镜数据中,诸如透镜等之类的光学构件的表面编号由从物体侧向图像侧顺序地增加的符号 i ($i = 1, 2, 3, \dots$) 表示。注意到,透镜数据包括孔径光阑 St ($i = 15$ 或 13) 的表面编号以及平行板滤光器 Lf 的物体侧表面和图像侧表面的表面编号。可能存在其中平行板滤光器 Lf 由一个平行板或两个平行板形成的情况。
- [0250] 星号 * 附加于用于非球面透镜表面的表面编号。
- [0251] 曲率半径 R_i 表示第 i ($i = 1, 2, 3, \dots$) 个表面的曲率半径,表面距离 D_i ($i = 1,$

2, 3, ……) 表示在光轴 Z1 上第 i 个表面和第 i+1 个表面之间的表面距离。透镜数据中的符号 Ri 和 Di 对应于表示透镜表面等的符号 Si (i = 1, 2, 3, ……)。

[0252] Ndj 表示第 j (j = 1, 2, 3, ……) 个光学元件关于 587.6nm (d 线) 波长的折射率, 其中 j 从物体侧向图像侧顺序增加, 而 vdj 表示第 j 个光学元件关于 d 线的阿贝数。

[0253] 在表 1-11 中的透镜数据中, 以 mm 表示曲率半径和表面距离, 并且曲率半径在其凸向物体侧时被表示为正而在其凸向图像侧时被表示为负。

[0254] 每个非球面表面由以下给出的非球面表面表达式限定:

$$[0255] \quad Z = \frac{Y^2/R}{1 + \left(1 - KA \cdot Y^2/R^2\right)^{1/2}} + \sum_{i=3}^n RA_i \cdot Y^i$$

[0256] 其中,

[0257] Z: 非球面表面的深度 (从非球面表面在高度 Y 处的点到正交于非球面顶点接触的光轴的平面的垂直线的长度) (mm),

[0258] Y: 高度 (离光轴的距离) (mm),

[0259] R: 近轴曲率半径, 以及

[0260] KA, RAi: 非球面系数 (i = 3 至 n)。

[0261] 表 12 表示针对示例 1-11 的每个变焦透镜通过条件式 (A1), (A2), (B1), (B2), (C1), (C2) 和 (D) 至 (M) 的不等式中描述的公式计算的值。表 12 中的不满足对应的条件式 (A1), (A2), (B1), (B2), (C1), (C2) 和 (D) 至 (M) 中的每一个的值带有下列划线。

[0262] 注意到, 表 1-12 将被共同提供在本部分“具体实施方式”的结尾处。

[0263] 图 13-23 示出示例 1-11 的变焦透镜的各种像差。每个附图图示关于分别对应于 d 线、g 线和 C 线的波长的像差。

[0264] 对应于图 13-23 中的每一个中的符号 (A)-(D) 的像差示意图图示广角端处的像差, 其中 (A) 为球面像差, (B) 为像散, (C) 为畸变, (D) 为横向色像差。对应于每个附图中的符号 (E)-(H) 的像差示意图图示长焦端处的像差, 其中 (E) 为球面像差, (F) 为像散, (G) 为畸变, (H) 为横向色像差。

[0265] 每个畸变示意图图示通过 $f \times \tan \theta$ 获得偏离理想图像高度的偏差, 其中 f 为整个透镜系统的焦距, θ 为半视角 (作为变量对待, $0 \leq \theta \leq \omega$)。

[0266] 如根据所述数值数据、像差示意图等所知, 本发明的变焦透镜可以防止像差, 同时在高变焦比的情况下被形成为紧凑的。

[0267] 应当理解, 本发明不限于上述实施例中的每一种, 并且在不偏离本发明的精神的情况下, 可以进行多种改变和修改。例如, 每个透镜的曲率半径的值、表面距离、折射率等等不限于在每个表中示出的曲率半径的值、表面距离、折射率, 并且可以取其它值。

[0268] [表 1]

[0269]

(a)
示例1 基本透镜数据

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
表面编号	曲率半径	表面距离	折射率	阿贝数
1	46.6251	1.40	1.92286	20.9
2	29.5216	5.01	1.49700	81.5
3	89.5699	0.10		
4	38.3596	3.50	1.71300	53.9
5	119.2326	0.10		
6	31.0000	3.40	1.71300	53.9
7	71.9969	D7		
8	65.8075	0.70	1.88300	40.8
9	5.7106	3.30		
10	-30.1825	0.71	1.90366	31.3
11	13.2390	2.80	1.92286	18.9
12	-30.5807	0.10		
*13	24.4242	0.90	1.56865	58.6
*14	16.0000	D14		
15	∞ (孔径光阑)	1.40		
*16	10.5349	3.50	1.80348	40.5
*17	131.0664	0.22		
18	10.3165	0.64	1.94595	18.0
19	7.1991	D19		
20	20.1979	3.21	1.62299	58.2
21	-11.4870	0.68	1.84666	23.8
22	-48.3822	0.10		
23	145.3310	1.95	1.48749	70.2
24	-22.6970	D24		
25	∞	1.61	1.51680	64.2
26	∞	1.36		
27	∞	0.32	1.51680	64.2
28	∞	1.31		

*:非球面表面

(c)
示例1 变焦数据

项目	广角端	长焦端
f	4.71	96.48
Fno.	1.69	3.20
2 ω	67.0	3.5
D7	0.85	25.90
D14	26.36	1.30
D19	8.31	13.46
D24	6.92	2.27

(b)
示例1 非球面数据

非球面系数	S13
KA	1.1834651
RA3	-3.4142158E-03
RA4	3.3718902E-04
RA5	3.0667918E-05
RA6	9.7852239E-07
RA7	-7.9667976E-07
RA8	-2.8032428E-07
RA9	-1.6873438E-08
RA10	2.0276777E-08
非球面系数	S14
KA	1.1468446
RA3	-3.6713606E-03
RA4	1.6094110E-04
RA5	1.6468667E-05
RA6	-1.5113898E-06
RA7	-8.7330474E-07
RA8	-2.3811082E-07
RA9	-3.1285245E-08
RA10	2.1279064E-08
非球面系数	S16
KA	0.5303565
RA3	5.4657810E-04
RA4	-1.1938905E-04
RA5	6.7505799E-06
RA6	3.1933226E-06
RA7	3.1570612E-08
RA8	-5.4043454E-08
RA9	-1.2311295E-08
RA10	2.3165814E-09
非球面系数	S17
KA	1.0221692
RA3	8.4494605E-04
RA4	-1.9250890E-04
RA5	2.5423008E-05
RA6	4.2138600E-06
RA7	-2.4208687E-07
RA8	-1.5134457E-07
RA9	6.7220583E-09
RA10	1.7744574E-09

[0270] [表 2]

[0271]

(a)

示例2 基本透镜数据				
Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
表面编号	曲率半径	表面距离	折射率	阿贝数
1	42.7183	1.30	1.94595	18.0
2	29.5628	5.56	1.43875	94.9
3	123.0603	0.10		
4	40.9690	4.00	1.49700	81.5
5	285.6443	0.10		
6	26.6940	3.35	1.78590	44.2
7	62.3890	D7		
8	33.4931	0.60	1.88300	40.8
9	5.4921	3.50		
10	-41.8878	0.61	1.90366	31.3
11	7.3502	3.05	1.92286	18.9
12	∞	0.10		
*13	35.0000	1.10	1.53389	56.0
*14	43.7705	D14		
15	∞ (孔径光阑)	1.40		
*16	10.7291	3.00	1.86400	40.6
*17	23.7647	0.94		
18	8.8377	0.60	1.92286	20.9
19	6.7933	D19		
20	25.0987	2.40	1.49700	81.5
21	-15.7170	0.68		
22	-9.0407	0.55	1.92286	18.9
23	-13.6351	0.10		
24	134.0522	2.00	1.62299	58.2
25	-13.7779	D25		
26	∞	1.70	1.51680	64.2
27	∞	2.32		

*:非球面表面

(c)

示例2 变焦数据		
项目	广角端	长焦端
f	4.74	108.97
Fno.	1.67	3.57
2 ω	63.6	3.3
D7	0.65	22.69
D14	23.53	1.49
D19	7.45	15.56
D25	11.09	2.98

(b)

示例2 非球面数据	
非球面系数	S13
KA	1.2861435
RA3	-5.5783791E-03
RA4	1.8502951E-02
RA5	-8.3808780E-02
RA6	2.2883906E-01
RA7	-4.0828549E-01
RA8	5.0957718E-01
RA9	-4.6399400E-01
RA10	3.1667363E-01
RA11	-1.6480690E-01
RA12	6.6048569E-02
RA13	-2.0454941E-02
RA14	4.8821794E-03
RA15	-8.8938937E-04
RA16	1.2134201E-04
RA17	-1.1997289E-05
RA18	8.1144363E-07
RA19	-3.3572686E-08
RA20	6.4064200E-10
非球面系数	S14
KA	1.1819002
RA3	-3.8851571E-03
RA4	4.8333654E-04
RA5	2.5146645E-05
RA6	-7.7664992E-06
RA7	-2.0432233E-06
RA8	-3.4832048E-07
RA9	-2.5283303E-08
RA10	2.4372757E-08
非球面系数	S16
KA	0.8752779
RA3	1.4738144E-04
RA4	-2.0058097E-05
RA5	-8.4030926E-07
RA6	-1.4661270E-06
RA7	-1.8252083E-07
RA8	-5.1516039E-08
RA9	4.7515248E-09
RA10	-1.5849431E-09
非球面系数	S17
KA	0.9976528
RA3	1.9404025E-04
RA4	3.8463350E-05
RA5	-5.7762955E-06
RA6	-4.9187995E-06
RA7	2.6211017E-07
RA8	-1.0097436E-07
RA9	-2.5908759E-08
RA10	3.6077920E-09

[0272] [表 3]

[0273]

(a)

Si	Ri	Di	Ndj	ν/dj
表面编号	曲率半径	表面距离	折射率	阿贝数
1	55.7258	1.30	1.84666	23.8
2	31.4680	5.51	1.49700	81.5
3	180.7851	0.10		
4	38.3981	3.85	1.49700	81.5
5	214.4163	0.10		
6	28.1850	3.65	1.72916	54.7
7	69.4144	D7		
8	58.5203	0.60	1.88300	40.8
9	5.7994	2.99		
10	-80.4441	0.61	1.90366	31.3
11	8.1410	3.05	1.92286	18.9
12	∞	0.10		
*13	31.6059	1.10	1.53389	56.0
*14	30.7974	D14		
15	∞ (孔径光阑)	1.40		
*16	9.3502	3.05	1.80348	40.5
*17	30.7059	0.79		
18	10.3796	0.60	1.94595	18.0
19	7.0036	D19		
20	18.0710	2.52	1.48749	70.2
21	-18.0710	0.65		
22	-9.9016	0.55	1.92286	20.9
23	-14.6719	0.10		
24	∞	1.80	1.62041	60.3
25	-15.0932	D25		
26	∞	1.70	1.51680	64.2
27	∞	1.95		

*:非球面表面

(c)

项目	广角端	长焦端
f	4.82	102.54
Fno.	1.67	3.28
2 ω	62.3	3.2
D7	0.65	24.00
D14	24.85	1.50
D19	8.06	14.78
D25	10.07	3.36

(b)

非球面系数	S13
KA	2.7419007
RA3	-5.2359383E-03
RA4	1.4971721E-03
RA5	4.6523123E-05
RA6	-1.0000266E-04
RA7	1.3877271E-05
RA8	2.0091869E-06
RA9	-8.8109492E-07
RA10	9.1289923E-08
非球面系数	S14
KA	1.4330560
RA3	-5.4234803E-03
RA4	1.7173315E-03
RA5	-3.7957956E-04
RA6	5.7133890E-05
RA7	-5.9353837E-06
RA8	-1.5544458E-06
RA9	3.3928620E-07
RA10	-4.3765378E-09
非球面系数	S16
KA	0.8886009
RA3	2.2615668E-04
RA4	-4.1248257E-05
RA5	8.7632146E-07
RA6	1.6831010E-06
RA7	-2.5972466E-07
RA8	-7.5128394E-08
RA9	2.8500357E-08
RA10	-2.4785133E-09
非球面系数	S17
KA	1.0062459
RA3	3.3012895E-04
RA4	4.9825118E-05
RA5	4.7147813E-06
RA6	-3.3425450E-06
RA7	7.9222740E-07
RA8	-6.0378299E-09
RA9	-7.8511023E-09
RA10	-1.4425070E-10

[0274] [表 4]

[0275]

(a)

示例4 基本透镜数据

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
表面编号	曲率半径	表面距离	折射率	阿贝数
1	57.5056	1.30	1.84666	23.8
2	32.5000	5.48	1.49700	81.5
3	221.3402	0.10		
4	36.9662	3.95	1.49700	81.5
5	179.0131	0.10		
6	28.8416	3.37	1.72916	54.7
7	68.1290	D7		
8	80.7417	0.60	1.88300	40.8
9	5.9188	2.80		
10	-110.9857	0.61	1.90366	31.3
11	8.2605	3.05	1.92286	18.9
12	233.2473	0.10		
*13	31.6059	1.10	1.53389	56.0
*14	30.7974	D14		
15	∞ (孔径光阑)	1.40		
16	9.7666	3.00	1.77377	47.2
*17	49.3791	0.70		
18	9.4061	0.60	1.92286	18.9
19	6.8129	D19		
20	23.4397	2.40	1.51633	64.1
21	-24.0000	0.73		
22	-9.9500	0.55	1.92286	18.9
23	-14.6000	0.10		
24	∞	1.80	1.62299	58.2
25	-14.3190	D25		
26	∞	1.70	1.51680	64.2
27	∞	0.77		

*:非球面表面

(c)

示例4 变焦数据

项目	广角端	长焦端
f	4.81	102.22
Fno.	1.66	3.45
2 ω	65.8	3.5
D7	0.65	24.49
D14	25.04	1.20
D19	8.47	14.46
D25	10.41	4.41

(b)

示例4 非球面数据

非球面系数	S13
KA	1.2590480
RA3	-5.4323387E-03
RA4	1.8458669E-02
RA5	-8.3800156E-02
RA6	2.2884078E-01
RA7	-4.0828552E-01
RA8	5.0957713E-01
RA9	-4.6399401E-01
RA10	3.1667363E-01
RA11	-1.6480690E-01
RA12	6.6048569E-02
RA13	-2.0454941E-02
RA14	4.8821794E-03
RA15	-8.8938937E-04
RA16	1.2134201E-04
RA17	-1.1997289E-05
RA18	8.1144363E-07
RA19	-3.3572686E-08
RA20	6.4064200E-10
非球面系数	S14
KA	1.1819002
RA3	-3.8851571E-03
RA4	4.8333654E-04
RA5	2.5146645E-05
RA6	-7.7664992E-06
RA7	-2.0432233E-06
RA8	-3.4832048E-07
RA9	-2.5233303E-08
RA10	2.4372757E-08
非球面系数	S17
KA	1.0121809
RA3	6.8931245E-05
RA4	1.1744637E-04
RA5	-7.8144425E-06
RA6	-3.1884284E-07
RA7	6.5799076E-07
RA8	-3.4687244E-08
RA9	-1.4287516E-08
RA10	1.3837675E-09

[0276] [表 5]

[0277]

(a)

示例5 基本透镜数据

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
表面编号	曲率半径	表面距离	折射率	阿贝数
1	49.0811	1.30	1.94595	18.0
2	32.6747	5.56	1.43875	94.9
3	157.8222	0.10		
4	42.8997	4.00	1.49700	81.5
5	313.5051	0.10		
6	27.6702	3.35	1.78590	44.2
7	65.7808	D7		
8	46.2078	0.60	1.88300	40.8
9	5.7344	3.10		
10	-63.4785	0.61	1.90366	31.3
11	7.5057	3.05	1.92286	18.9
12	∞	0.10		
*13	35.0000	1.10	1.53389	56.0
*14	43.7705	D14		
15	∞ (孔径光阑)	1.40		
*16	9.7450	3.00	1.80348	40.5
*17	23.6658	0.94		
18	9.1103	0.60	1.94595	18.0
19	6.8045	D19		
20	19.6784	2.40	1.48749	70.2
21	-18.0432	0.68		
22	-9.6248	0.55	1.92286	18.9
23	-13.8922	0.10		
24	237.2688	1.80	1.62299	58.2
25	-15.0336	D25		
26	∞	1.70	1.51680	64.2
27	∞	2.19		

*:非球面表面

(c)

示例5 变焦数据

项目	广角端	长焦端
f	4.79	101.73
Fno.	1.67	3.38
2 ω	64.5	3.3
D7	0.65	24.06
D14	24.91	1.49
D19	7.41	14.70
D25	10.42	3.13

(b)

示例5 非球面数据

非球面系数	S13
KA	1.2658882
RA3	-5.5546402E-03
RA4	1.8502234E-02
RA5	-8.3806206E-02
RA6	2.2883937E-01
RA7	-4.0828551E-01
RA8	5.0957717E-01
RA9	-4.6399400E-01
RA10	3.1667363E-01
RA11	-1.6480690E-01
RA12	6.6048569E-02
RA13	-2.0454941E-02
RA14	4.8821794E-03
RA15	-8.8938937E-04
RA16	1.2134201E-04
RA17	-1.1997289E-05
RA18	8.1144363E-07
RA19	-3.3572686E-08
RA20	6.4064200E-10
非球面系数	S14
KA	1.1819002
RA3	-3.8851571E-03
RA4	4.8333654E-04
RA5	2.5146645E-05
RA6	-7.7664992E-06
RA7	-2.0432233E-06
RA8	-3.4832048E-07
RA9	-2.5233303E-08
RA10	2.4372757E-08
非球面系数	S16
KA	0.872548
RA3	1.4683069E-04
RA4	-1.3159263E-05
RA5	3.1079403E-06
RA6	-1.0540577E-06
RA7	-2.3350201E-07
RA8	-4.0873342E-08
RA9	1.2922684E-08
RA10	-2.1578031E-09
非球面系数	S17
KA	1.008673
RA3	2.1109409E-04
RA4	7.4795410E-05
RA5	-4.0702239E-06
RA6	-3.3824079E-06
RA7	4.2237061E-07
RA8	-9.4170905E-08
RA9	-2.1497709E-08
RA10	2.5458077E-09

[0278] [表 6]

[0279]

(a)

示例6 基本透镜数据				
Si	Ri	Di	Ndj	v_dj
表面编号	曲率半径	表面距离	折射率	阿贝数
1	52.9556	1.30	1.84666	23.8
2	30.8076	5.51	1.49700	81.5
3	152.2689	0.10		
4	37.1946	3.80	1.49700	81.5
5	226.7644	0.10		
6	28.3054	3.50	1.72916	54.7
7	65.6452	D7		
8	49.6015	0.60	1.88300	40.8
9	5.7278	2.80		
10	-70.0909	0.61	1.90366	31.3
11	7.9254	3.05	1.92286	18.9
12	∞	0.10		
*13	32.5958	1.10	1.53389	56.0
*14	31.3837	D14		
15	∞ (孔径光阑)	1.40		
*16	8.5215	3.00	1.80348	40.5
*17	33.5477	0.72		
18	10.5000	0.60	1.92286	18.9
19	6.4000	D19		
20	18.9108	2.40	1.48749	70.2
21	-18.9108	0.68		
22	-9.5251	0.55	1.92286	18.9
23	-13.6206	0.39		
24	∞	1.80	1.62299	58.2
25	-14.3151	D25		
26	∞	1.70	1.51680	64.2
27	∞	2.25		

*:非球面表面

(c)

示例6 变焦数据		
项目	广角端	长焦端
f	4.85	103.00
Fno.	1.66	3.40
2ω	62.8	3.5
D7	0.65	24.01
D14	24.85	1.49
D19	9.08	15.22
D25	9.16	3.03

(b)

示例6 非球面数据	
非球面系数	S13
KA	1.2611764
RA3	-5.6112744E-03
RA4	1.8472342E-02
RA5	-8.3800974E-02
RA6	2.2884060E-01
RA7	-4.0828545E-01
RA8	5.0957715E-01
RA9	-4.6399400E-01
RA10	3.1667363E-01
RA11	-1.6480690E-01
RA12	6.6048569E-02
RA13	-2.0454941E-02
RA14	4.8821794E-03
RA15	-8.8938937E-04
RA16	1.2134201E-04
RA17	-1.1997289E-05
RA18	8.1144363E-07
RA19	-3.3572686E-08
RA20	6.4064200E-10
非球面系数	S14
KA	1.1797938
RA3	-3.9770122E-03
RA4	4.6568032E-04
RA5	2.7269815E-05
RA6	-7.3285772E-06
RA7	-2.0248949E-06
RA8	-3.5960454E-07
RA9	-2.7166840E-08
RA10	2.4562338E-08
非球面系数	S16
KA	0.9085578
RA3	2.5007142E-04
RA4	-4.5247178E-05
RA5	-5.6881078E-07
RA6	-4.3542743E-07
RA7	1.4000261E-08
RA8	-3.0040236E-08
RA9	-4.5388953E-09
RA10	6.5099726E-10
非球面系数	S17
KA	1.0099415
RA3	3.6143324E-04
RA4	8.9948661E-05
RA5	-5.6759826E-06
RA6	-2.7739453E-06
RA7	3.9461639E-07
RA8	-2.7307191E-08
RA9	-1.1541369E-08
RA10	1.6942914E-09

[0280] [表 7]

[0281]

(a)

示例7 基本透镜数据

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
表面编号	曲率半径	表面距离	折射率	阿贝数
1	55.2167	1.30	1.84666	23.8
2	31.4640	5.51	1.49700	81.5
3	142.5803	0.10		
4	42.8762	3.80	1.49700	81.5
5	313.8776	0.10		
6	28.4401	3.55	1.72916	54.7
7	74.8798	D7		
8	84.1410	0.60	1.88300	40.8
9	5.8698	2.80		
10	-82.1272	0.61	1.90366	31.3
11	8.1500	3.05	1.92286	18.9
12	∞	0.10		
*13	31.6059	1.10	1.53389	56.0
*14	30.7974	D14		
15	∞ (孔径光阑)	1.40		
*16	9.1821	3.00	1.80348	40.5
*17	29.9807	0.70		
18	10.2594	0.60	1.94595	18.0
19	6.9000	D19		
20	18.5895	2.40	1.48749	70.2
21	-18.5895	0.68		
22	-9.9250	0.55	1.92286	20.9
23	-14.9000	0.10		
24	∞	1.80	1.62299	58.2
25	-14.9014	D25		
26	∞	1.70	1.51680	64.2
27	∞	2.35		

*非球面表面

(c)

示例7 变焦数据

项目	广角端	长焦端
f	4.62	124.80
Fno.	1.68	4.15
2ω	68.3	2.7
D7	0.65	25.58
D14	25.62	0.69
D19	7.84	16.78
D25	9.86	0.92

(b)

示例7 非球面数据

非球面系数	S13
KA	1.2590480
RA3	-5.4323387E-03
RA4	1.8458669E-02
RA5	-8.3800156E-02
RA6	2.2884078E-01
RA7	-4.0828552E-01
RA8	5.0957713E-01
RA9	-4.6399401E-01
RA10	-3.1667363E-01
RA11	-1.6480690E-01
RA12	6.6048569E-02
RA13	-2.0454941E-02
RA14	4.8821794E-03
RA15	-8.8938937E-04
RA16	1.2134201E-04
RA17	-1.1997289E-05
RA18	8.1144363E-07
RA19	-3.3572686E-08
RA20	6.4064200E-10
非球面系数	S14
KA	1.1819002
RA3	-3.8851571E-03
RA4	4.8333654E-04
RA5	2.5146645E-05
RA6	-7.7664992E-06
RA7	-2.0432233E-06
RA8	-3.4832048E-07
RA9	-2.5233303E-08
RA10	2.4372757E-08
非球面系数	S16
KA	0.9905186
RA3	9.6051366E-05
RA4	-4.2834240E-06
RA5	-9.4976029E-07
RA6	-1.1597977E-07
RA7	4.4991318E-10
RA8	-5.2274392E-09
RA9	1.2621872E-09
RA10	3.1245105E-11
非球面系数	S17
KA	1.0141510
RA3	1.9329569E-04
RA4	1.1140144E-04
RA5	-2.0471403E-06
RA6	-2.0311164E-06
RA7	6.4457224E-07
RA8	-3.5422669E-08
RA9	-3.4856769E-09
RA10	3.8598034E-10

[0282] [表 8]

[0283]

(a)

示例8 基本透镜数据

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
表面编号	曲率半径	表面距离	折射率	阿贝数
1	50.8167	1.30	1.84666	23.8
2	27.2759	6.31	1.49700	81.5
3	-201.5390	0.10		
4	24.6531	3.50	1.77250	49.6
5	75.9528	D5		
6	-9823.7038	0.60	1.88300	40.8
7	5.8383	2.60		
8	-192.8129	0.61	1.90366	31.3
9	10.4390	2.80	1.92286	18.9
10	-68.1109	0.10		
*11	38.0272	1.10	1.53105	55.5
*12	24.3339	D12		
13	∞ (孔径光阑)	1.40		
*14	9.1243	3.20	1.80348	40.5
*15	114.4691	0.18		
16	12.0694	0.60	1.84666	23.8
17	6.8158	D17		
18	27.1595	2.20	1.50019	65.0
19	-16.0478	0.70		
20	-9.4286	0.55	1.92000	19.0
21	-15.7593	0.10		
22	297.3325	1.80	1.58337	61.8
23	-13.0693	D23		
24	∞	12.80	1.70155	41.1
25	∞	3.55	1.51680	64.2
26	∞	1.31		

*:非球面表面

(c)

示例8 变焦数据

项目	广角端	长焦端
f	5.00	57.54
Fno.	1.67	2.36
2ω	65.2	6.0
D5	0.85	22.87
D12	23.40	1.38
D17	9.12	7.40
D23	0.93	2.65

(b)

示例8 非球面数据

非球面系数	S13
KA	1.2665952
RA3	-2.0553727E-03
RA4	7.0350589E-04
RA5	5.3380853E-06
RA6	-4.5570313E-07
RA7	-2.9963260E-08
RA8	-5.7862410E-08
RA9	1.7540704E-08
RA10	2.5262445E-08
非球面系数	S12
KA	1.1645914
RA3	-2.0385785E-03
RA4	2.9974252E-04
RA5	6.4317051E-06
RA6	-1.1853777E-06
RA7	-5.6529088E-07
RA8	-2.5866563E-07
RA9	-2.1575259E-08
RA10	4.1231559E-08
非球面系数	S14
KA	0.9603139
RA3	1.3711827E-04
RA4	-8.7090908E-05
RA5	1.6800319E-06
RA6	-1.1150609E-06
RA7	1.1408498E-07
RA8	4.0840574E-08
RA9	-1.5000247E-08
RA10	1.2248868E-09
非球面系数	S15
KA	1.0065562
RA3	2.2292232E-04
RA4	1.2285652E-05
RA5	-8.3971441E-07
RA6	1.5379468E-06
RA7	-4.4114473E-08
RA8	-9.7203220E-08
RA9	1.8394043E-08
RA10	-8.2286094E-10

[0284] [表 9]

[0285]

(a)

示例9 基本透镜数据

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
表面编号	曲率半径	表面距离	折射率	阿贝数
1	57.5056	1.30	1.84666	23.8
2	32.5000	5.48	1.49700	81.5
3	221.3402	0.10		
4	36.9662	3.95	1.49700	81.5
5	179.0131	0.10		
6	28.8416	3.37	1.72916	54.7
7	68.1290	D7		
8	87.3859	0.60	1.88300	40.8
9	5.8843	2.80		
10	-85.5811	0.61	1.90366	31.3
11	8.2605	3.05	1.92286	18.9
12	1040.6021	0.10		
*13	31.6059	1.10	1.53389	56.0
*14	30.7974	D14		
15	∞ (孔径光阑)	1.40		
16	9.9758	3.00	1.74320	49.3
*17	64.7768	0.70		
18	9.4533	0.60	1.94595	18.0
19	7.0000	D19		
20	24.0937	2.40	1.51633	64.1
21	-24.0000	0.73		
22	-9.9500	0.55	1.92286	18.9
23	-14.6000	0.10		
24	∞	1.80	1.62299	58.2
25	-14.5623	D25		
26	∞	1.70	1.51680	64.2
27	∞	2.80		

*非球面表面

(c)

示例9 变焦数据

项目	广角端	长焦端
f	4.79	101.86
Fno.	1.67	3.44
2 ω	66.3	3.5
D7	0.65	24.54
D14	25.09	1.20
D19	8.45	14.45
D25	8.38	2.39

(b)

示例9 非球面数据

非球面系数	S13
KA	1.2590480
RA3	-5.4323387E-03
RA4	1.8458669E-02
RA5	-8.3800156E-02
RA6	2.2884078E-01
RA7	-4.0828552E-01
RA8	5.0957713E-01
RA9	-4.6399401E-01
RA10	3.1667363E-01
RA11	-1.6480690E-01
RA12	6.6048569E-02
RA13	-2.0454941E-02
RA14	4.8821794E-03
RA15	-8.8938937E-04
RA16	1.2134201E-04
RA17	-1.1997289E-05
RA18	8.1144363E-07
RA19	-3.3572686E-08
RA20	6.4064200E-10
非球面系数	S14
KA	1.1819002
RA3	-3.8851571E-03
RA4	4.8333654E-04
RA5	2.5146645E-05
RA6	-7.7664992E-06
RA7	-2.0432233E-06
RA8	-3.4832048E-07
RA9	-2.5233303E-08
RA10	2.4372757E-08
非球面系数	S17
KA	1.0122666
RA3	4.5857030E-05
RA4	1.2383352E-04
RA5	-7.8569047E-06
RA6	-5.9356518E-07
RA7	6.0558793E-07
RA8	-3.1920160E-08
RA9	-1.0102370E-08
RA10	9.1900825E-10

[0286] [表 10]

(a)

示例10 基本透镜数据

Si	Ri	Di	Ndj	ν /dj
表面编号	曲率半径	表面距离	折射率	阿贝数
1	50.2815	1.55	1.92286	20.9
2	34.1434	6.31	1.49700	81.5
3	143.5371	0.10		
4	41.3017	4.50	1.61800	63.3
5	157.2619	0.10		
6	32.4790	3.00	1.72916	54.7
7	66.0618	D7		
8	76.5809	0.72	2.00069	25.5
9	7.0661	3.80		
10	-31.0614	0.71	1.88300	40.8
11	10.0000	4.10	1.92286	20.9
12	-27.6050	0.10		
*13	34.6344	1.00	1.50957	56.4
*14	18.1050	D14		
15	∞ (孔径光阑)	2.09		
*16	12.8011	2.80	1.80348	40.5
*17	-477.5097	2.90		
18	800.0000	0.66	1.80518	25.4
19	12.2673	D19		
20	18.5440	3.80	1.49700	81.5
21	-24.8153	1.00		
22	-12.5000	0.75	1.92286	18.9
23	-39.7795	0.10		
*24	26.5943	3.80	1.80348	40.5
*25	-14.9415	D25		
26	∞	1.65	1.51680	64.2
27	∞	1.40		
28	∞	0.33	1.51680	64.2
29	∞	1.03		

*:非球面表面

(c)

示例10 变焦数据

项目	广角端	长焦端
f	4.73	115.89
Fno.	1.65	3.29
2 ω	66.2	3.1
D7	0.90	26.58
D14	27.19	1.50
D19	5.93	13.78
D25	9.79	1.94

(b)

示例10 非球面数据

非球面系数	S13
KA	1.0221322
RA3	-1.9235797E-03
RA4	1.3027966E-04
RA5	1.7366520E-05
RA6	1.5046889E-06
RA7	-3.3345113E-07
RA8	-1.6110754E-07
RA9	-1.3984814E-08
RA10	6.3300277E-09
非球面系数	S14
KA	1.0918486
RA3	-2.3482760E-03
RA4	1.1799512E-04
RA5	7.7277771E-06
RA6	-1.9295649E-06
RA7	-4.4497886E-07
RA8	-8.2921405E-08
RA9	-1.8117618E-08
RA10	6.2396871E-09
非球面系数	S16
KA	1.1141400
RA3	-2.0387453E-04
RA4	2.9989879E-05
RA5	3.0568721E-06
RA6	8.3758704E-07
RA7	-8.8168370E-08
RA8	-4.1671084E-08
RA9	2.5841847E-09
RA10	1.9748703E-09
非球面系数	S17
KA	1.0198806
RA3	1.2250179E-04
RA4	-1.9184111E-05
RA5	1.2085674E-05
RA6	2.2162502E-06
RA7	9.4573739E-08
RA8	-7.0105553E-08
RA9	-1.5557198E-08
RA10	5.1597480E-09
非球面系数	S24
KA	4.5688868
RA3	2.8657767E-04
RA4	-1.7134058E-04
RA5	1.6753686E-06
RA6	-4.3416944E-07
RA7	4.6375967E-07
RA8	-1.7513336E-10
RA9	-1.3944979E-08
RA10	1.2200677E-09
非球面系数	S25
KA	1.7205810
RA3	-1.2964779E-04
RA4	2.1434286E-04
RA5	-4.1522668E-05
RA6	2.3115174E-06
RA7	6.2401239E-07
RA8	-3.2871543E-09
RA9	-1.7542560E-08
RA10	1.4799733E-09

[0287]

[0288] [表 11]

[0289]

(a)
示例11 基本透镜数据

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
表面编号	曲率半径	表面距离	折射率	阿贝数
1	52.4897	1.40	1.92286	20.9
2	32.5480	5.01	1.49700	81.5
3	135.7237	0.10		
4	39.3757	3.50	1.62299	58.2
5	125.4396	0.10		
6	28.7292	3.30	1.71300	53.9
7	68.1394	D7		
8	55.0733	0.70	1.90366	31.3
9	5.6493	3.25		
10	-22.6969	0.71	1.88300	40.8
11	12.4053	2.80	1.92286	18.9
12	-29.7524	0.10		
*13	25.0000	0.90	1.50957	56.4
*14	20.0000	D14		
15	∞ (孔径光阑)	1.40		
16	10.1643	3.20	1.80348	40.5
*17	63.9323	0.10		
18	10.2000	0.64	1.94595	18.0
19	7.1500	D19		
20	20.0335	3.20	1.48749	70.2
21	-10.4871	0.20		
22	-9.3690	0.68	1.84666	23.8
23	-23.4490	0.16		
24	-68.8004	1.95	1.71300	53.9
25	-14.3006	D25		
26	∞	1.61	1.51680	64.2
27	∞	1.36		
28	∞	0.32	1.51680	64.2
29	∞	1.83		

*:非球面表面

(b)
示例11 非球面数据

非球面系数	S13
KA	1.1952740
RA3	-2.8762923E-03
RA4	3.7600439E-04
RA5	3.1505834E-05
RA6	2.0429052E-07
RA7	-1.0795740E-06
RA8	-3.3276843E-07
RA9	-1.6978683E-08
RA10	2.4854246E-08
非球面系数	S14
KA	1.1615800
RA3	-3.0498151E-03
RA4	2.0345542E-04
RA5	1.4388915E-05
RA6	-2.4200859E-06
RA7	-1.0467859E-06
RA8	-2.6276862E-07
RA9	-2.9600901E-08
RA10	2.4600012E-08
非球面系数	S17
KA	1.0241655
RA3	1.3934992E-04
RA4	3.2634233E-05
RA5	1.8315609E-05
RA6	4.0928146E-07
RA7	-5.6630787E-07
RA8	-5.8924489E-08
RA9	3.3392260E-08
RA10	-2.7671859E-09

[0290] [表 12]

(c)
示例11 变焦数据

项目	广角端	长焦端
f	4.70	79.93
Fno.	1.69	2.66
2 ω	66.9	4.3
D7	0.85	25.18
D14	25.69	1.36
D19	8.23	10.56
D25	7.74	5.42

[0291]

条件式中的类型	条件式中的公式	条件式中的公式的值										
		示例1	示例2	示例3	示例4	示例5	示例6	示例7	示例8	示例9	示例10	示例11
(A1), (A2)	$Nd31$	1.80	1.86	1.80	1.77	1.77	1.80	1.80	1.80	1.74	1.80	1.80
(B1), (B2)	$f3 / (fw \cdot ft)^{1/2}$	1.06	1.53	1.32	1.09	1.49	1.24	1.22	1.37	1.09	2.18	1.26
(C1), (C2)	$f4 / (fw \cdot ft)^{1/2}$	0.92	0.68	0.72	0.80	0.71	0.71	0.88	1.06	0.82	0.59	0.95
(D)	$\varphi d31$	40.4	40.6	40.4	47.2	40.4	40.4	40.4	40.4	49.3	40.4	40.4
(E)	$Nd32$	1.95	1.92	1.95	1.92	1.95	1.92	1.95	1.85	1.95	1.81	1.95
(F)	$\varphi d32$	18.0	20.9	18.0	18.9	18.0	18.9	18.0	28.3	18.0	25.4	18.0
(G)	$\varphi d4p$	70.2	81.6	70.2	64.1	70.2	70.2	70.2	65.0	64.1	81.6	70.20
(H)	$f3 / f4$	1.15	2.25	1.83	1.36	2.10	1.75	1.79	1.29	1.76	3.69	1.33
(I)	$(R32f+R32r) / (R32f-R32r)$	5.62	7.65	5.15	6.25	6.90	4.12	5.11	3.59	6.71	1.03	5.69
(J)	TL / ft	0.84	0.75	0.80	0.79	0.80	0.79	0.85	1.42	0.80	0.80	1.01
(K)	$(R42f+R42r) / (R42f-R42r)$	-1.82	-4.94	-5.15	-5.28	-5.51	-5.62	-4.99	-3.98	-5.28	-1.92	-2.33
(L)	$f1 / ft$	0.41	0.32	0.36	0.37	0.36	0.36	0.30	1.59	0.37	0.35	0.48
(M)	$ f2 / (fw \cdot ft)^{1/2}$	0.31	0.28	0.30	0.29	0.31	0.29	0.27	0.40	0.29	0.34	0.35

* 本表格中的公式(A1)-(M)的数值如下列。

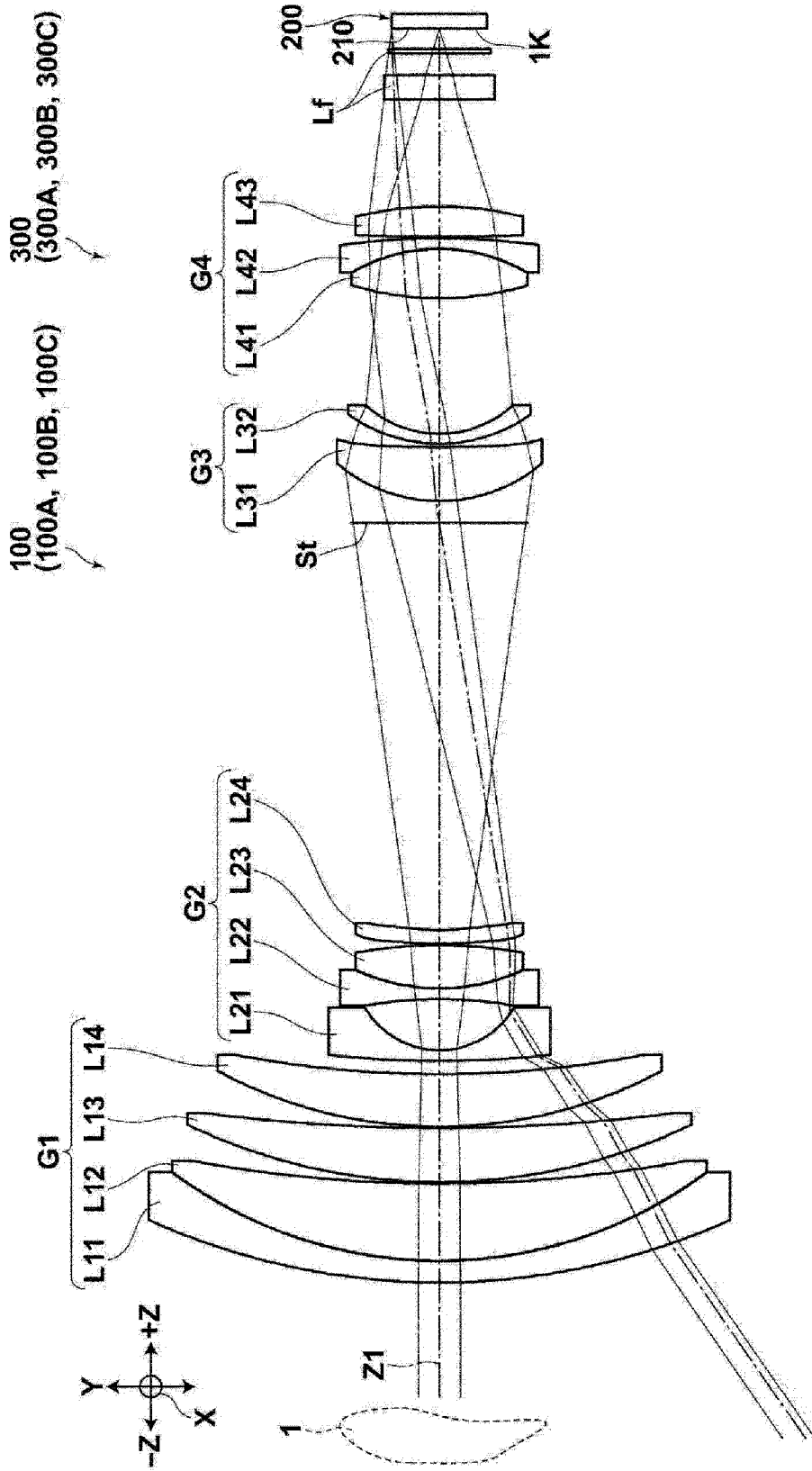


图 1

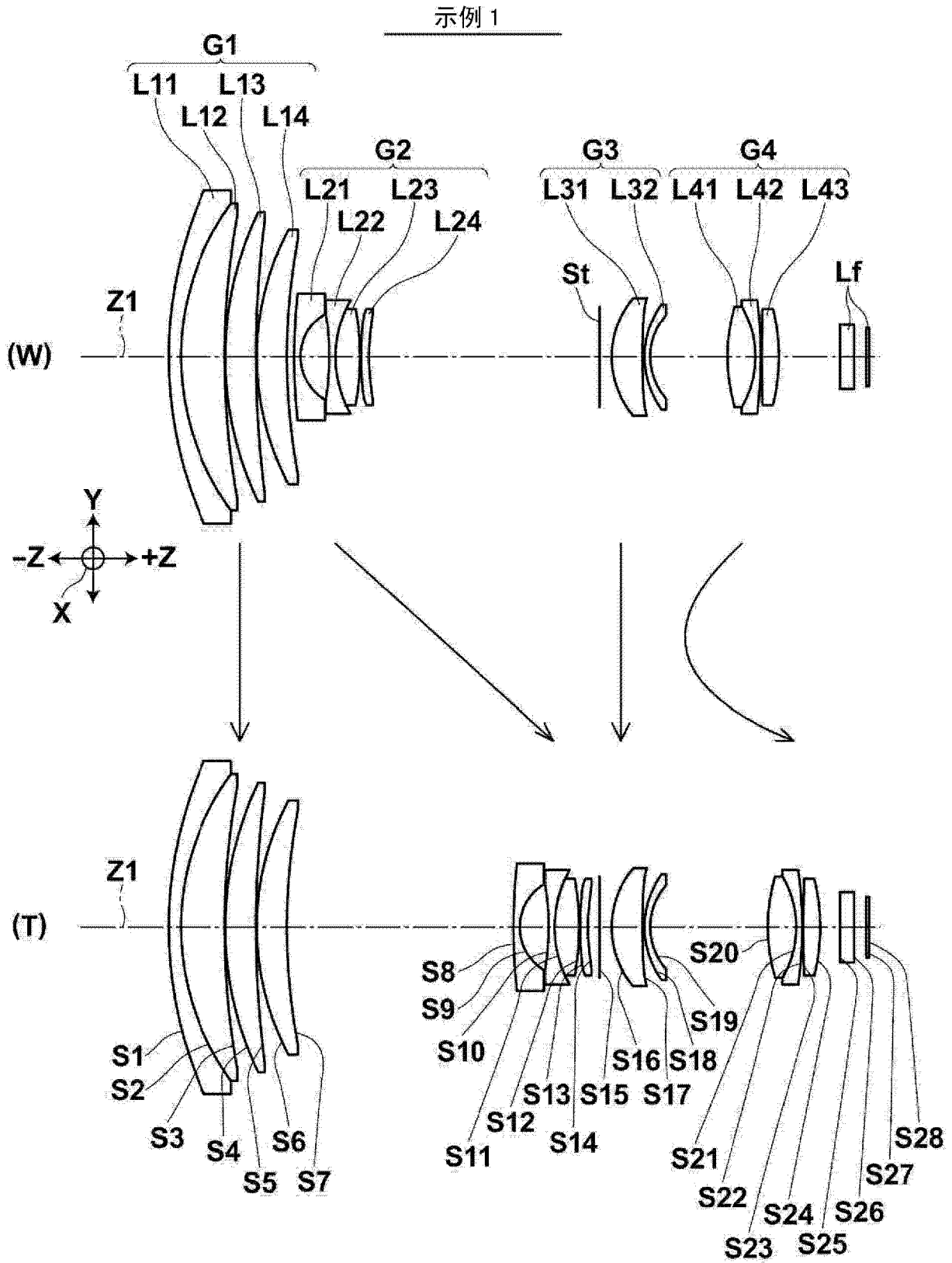


图 2

示例 2

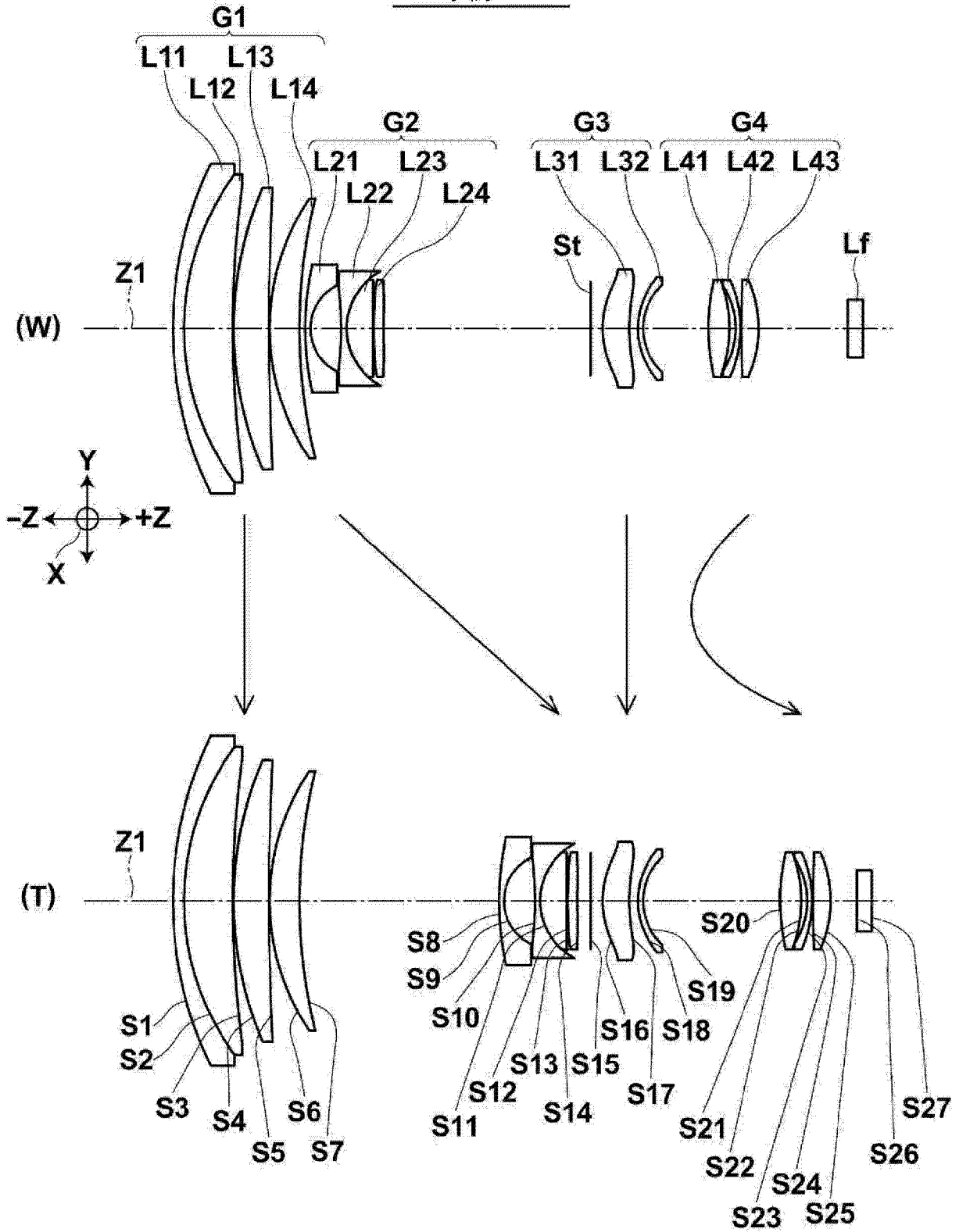


图 3

示例 3

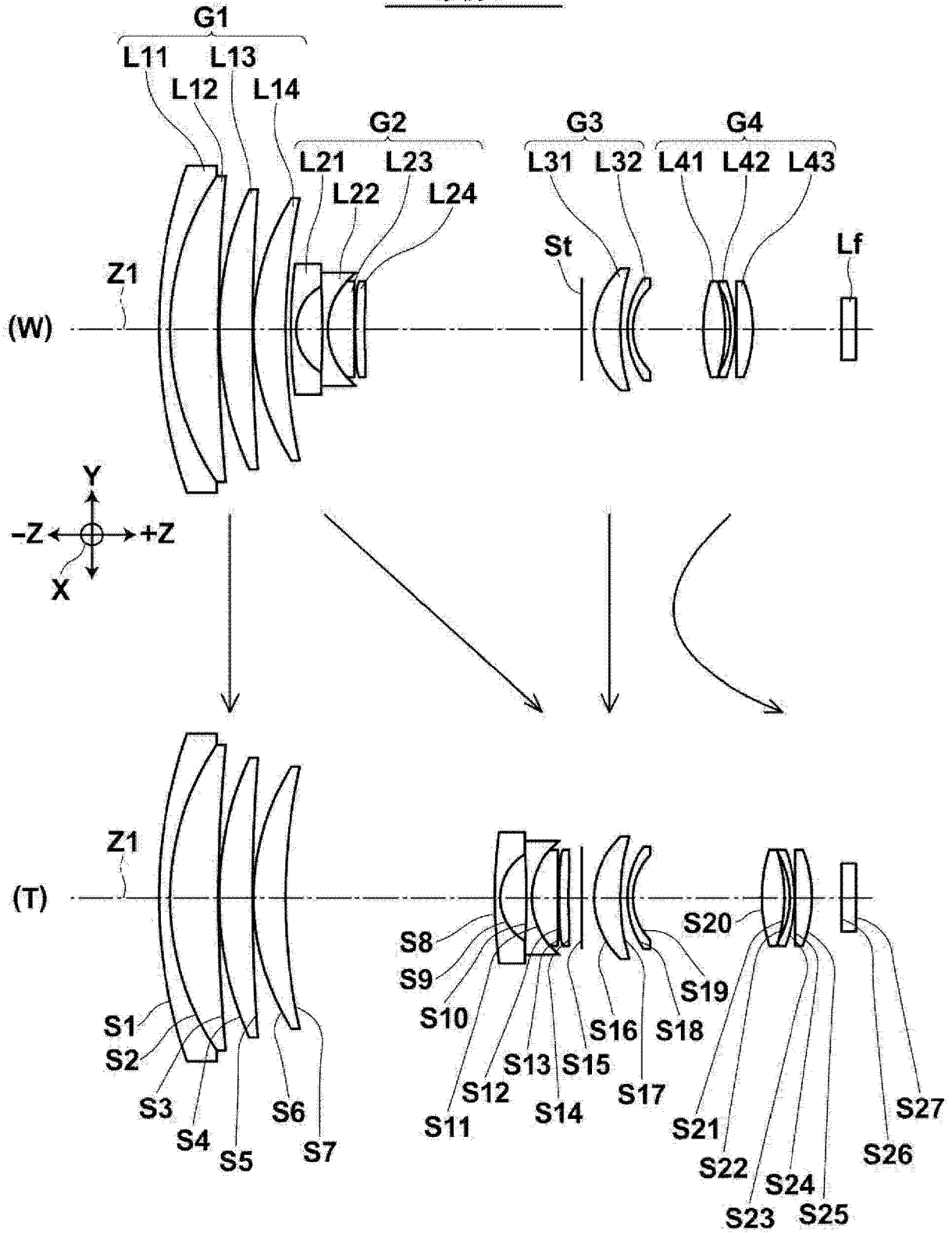


图 4

示例 4

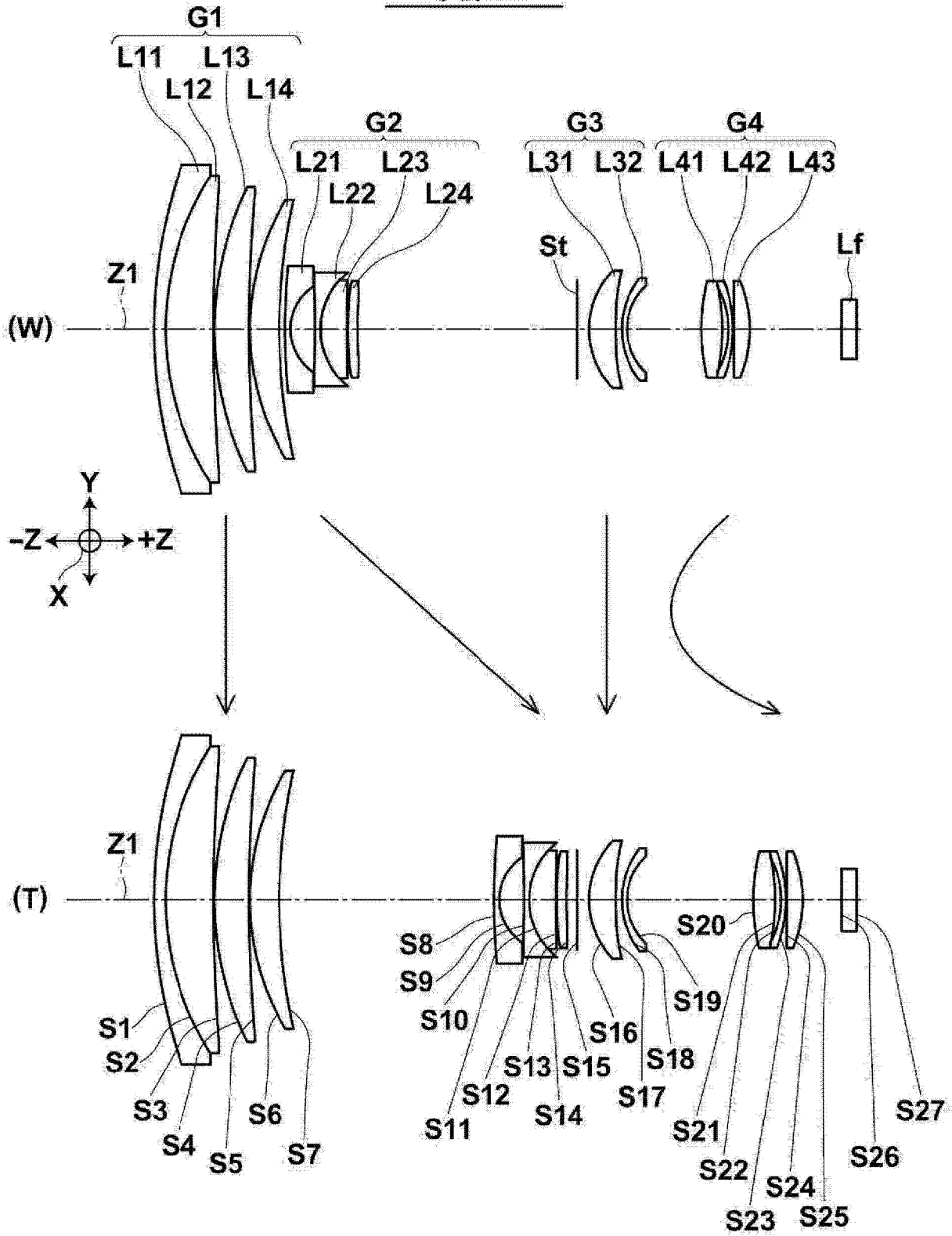


图 5

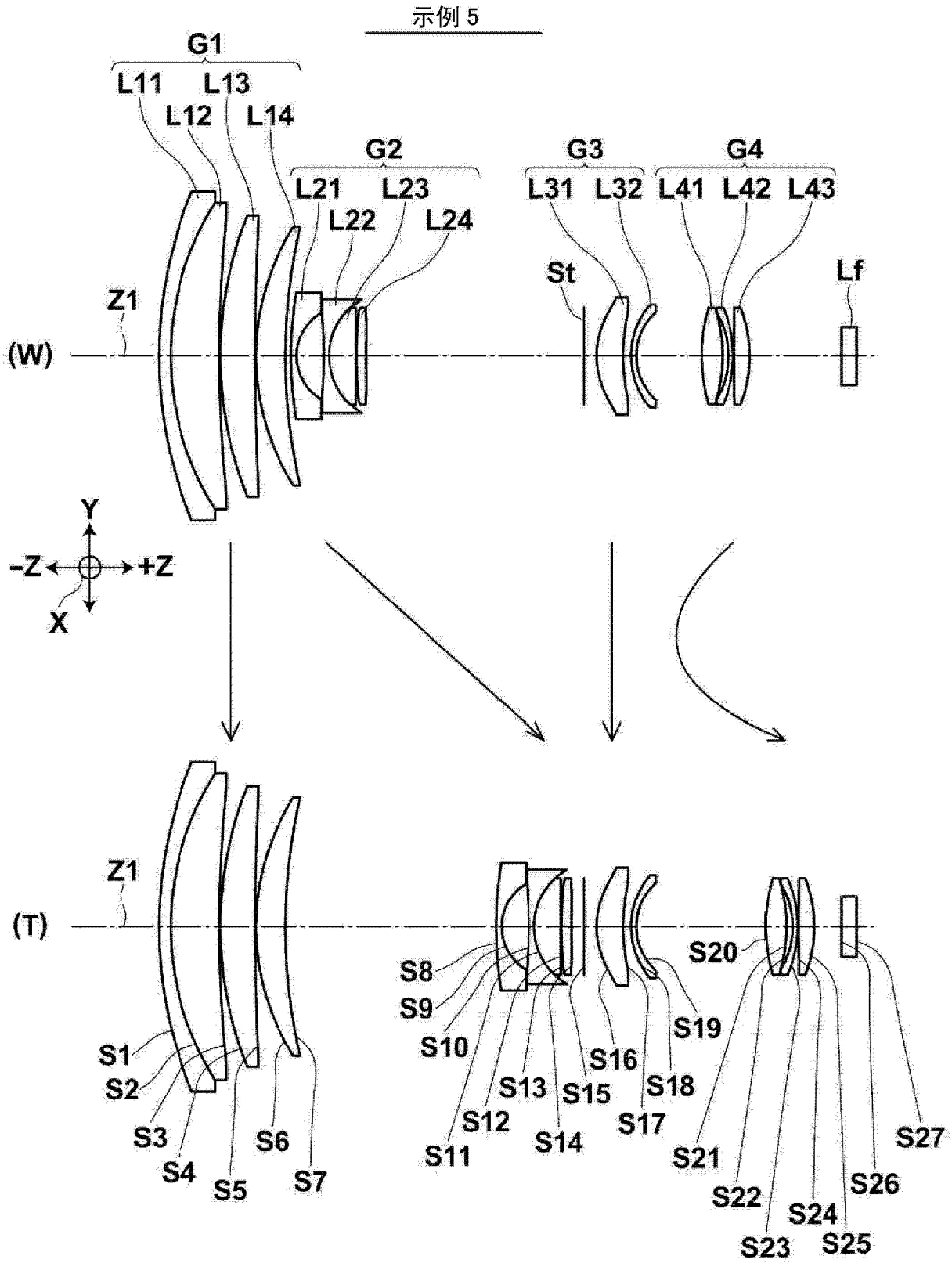


图 6

示例 6

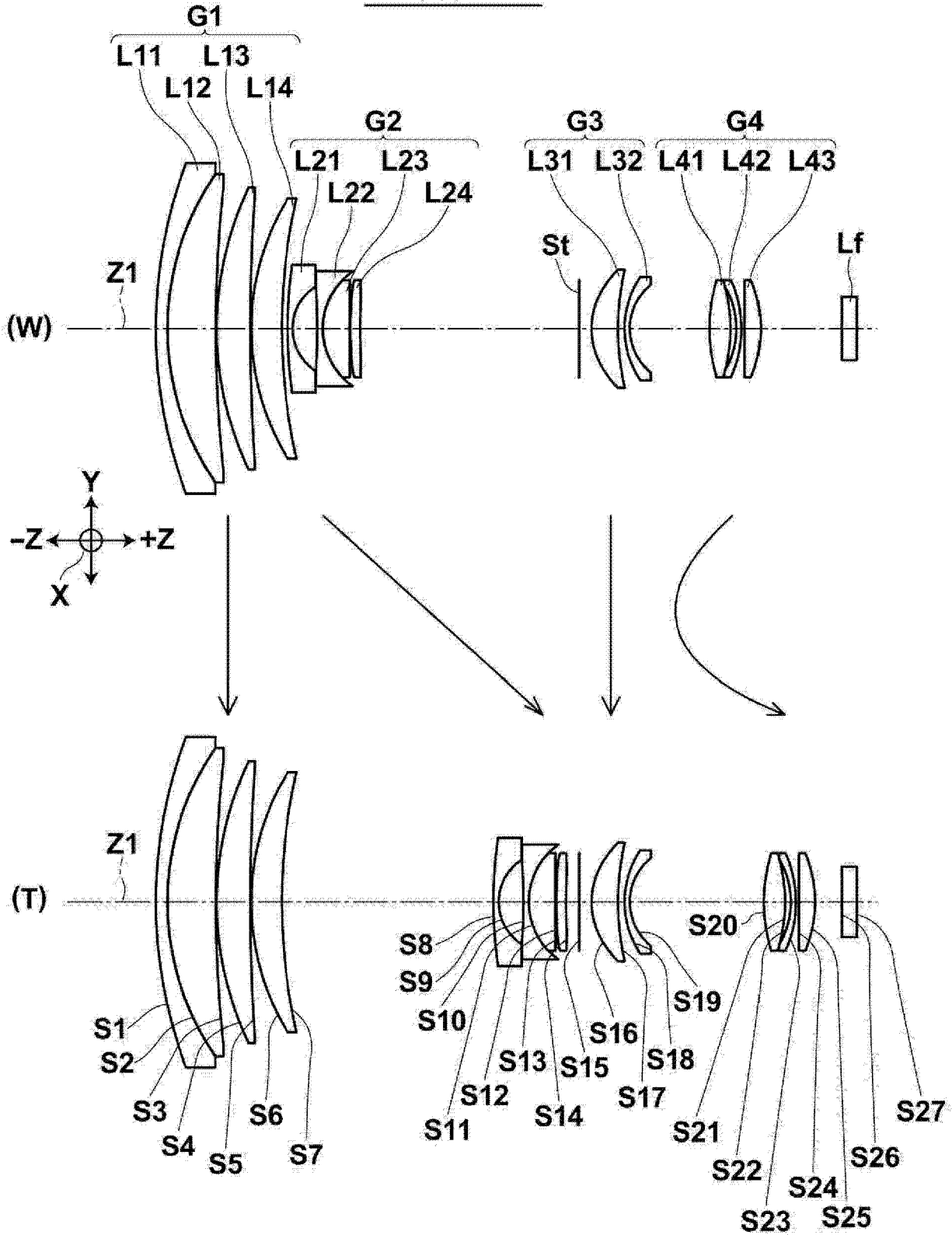


图 7

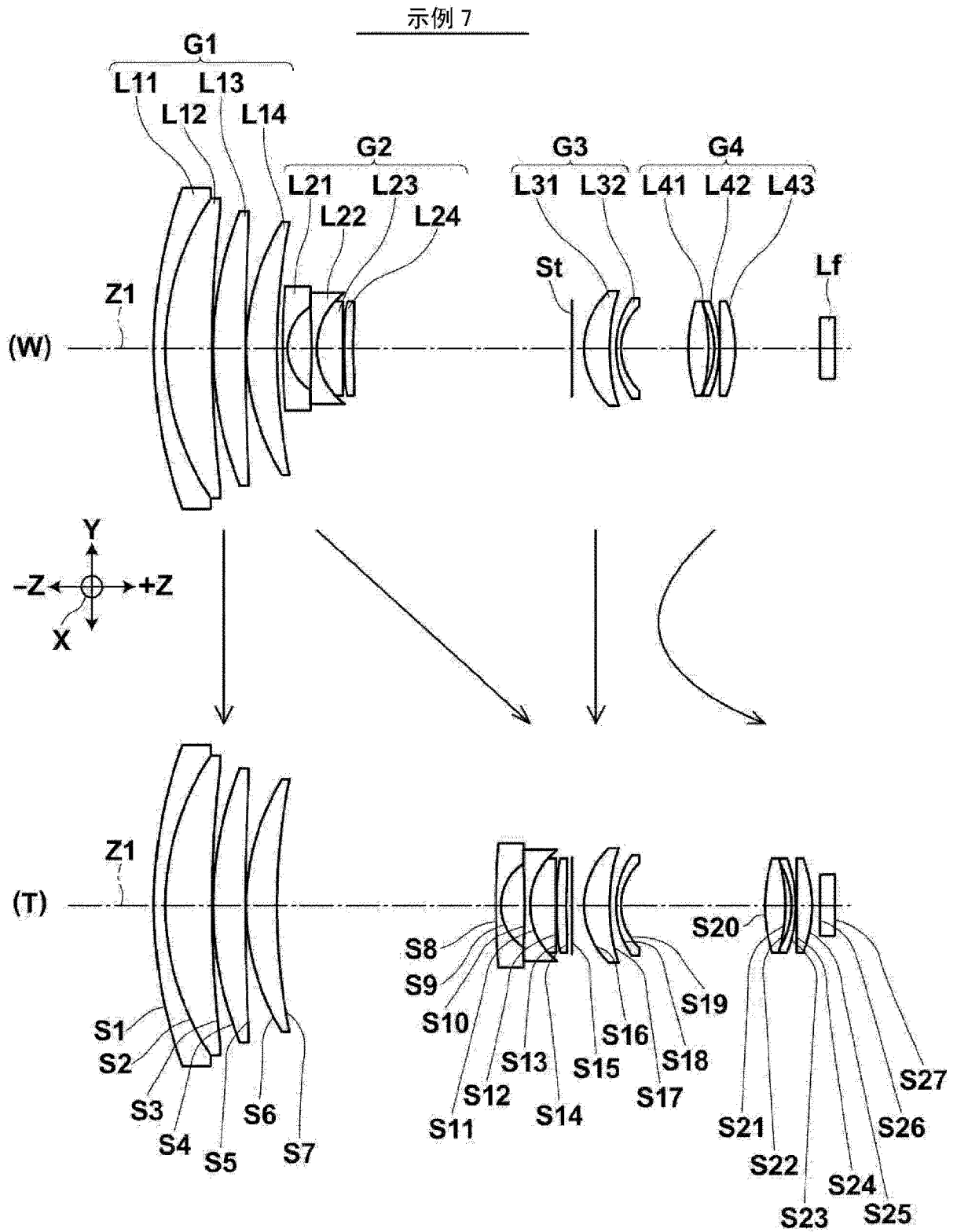


图 8

示例 8

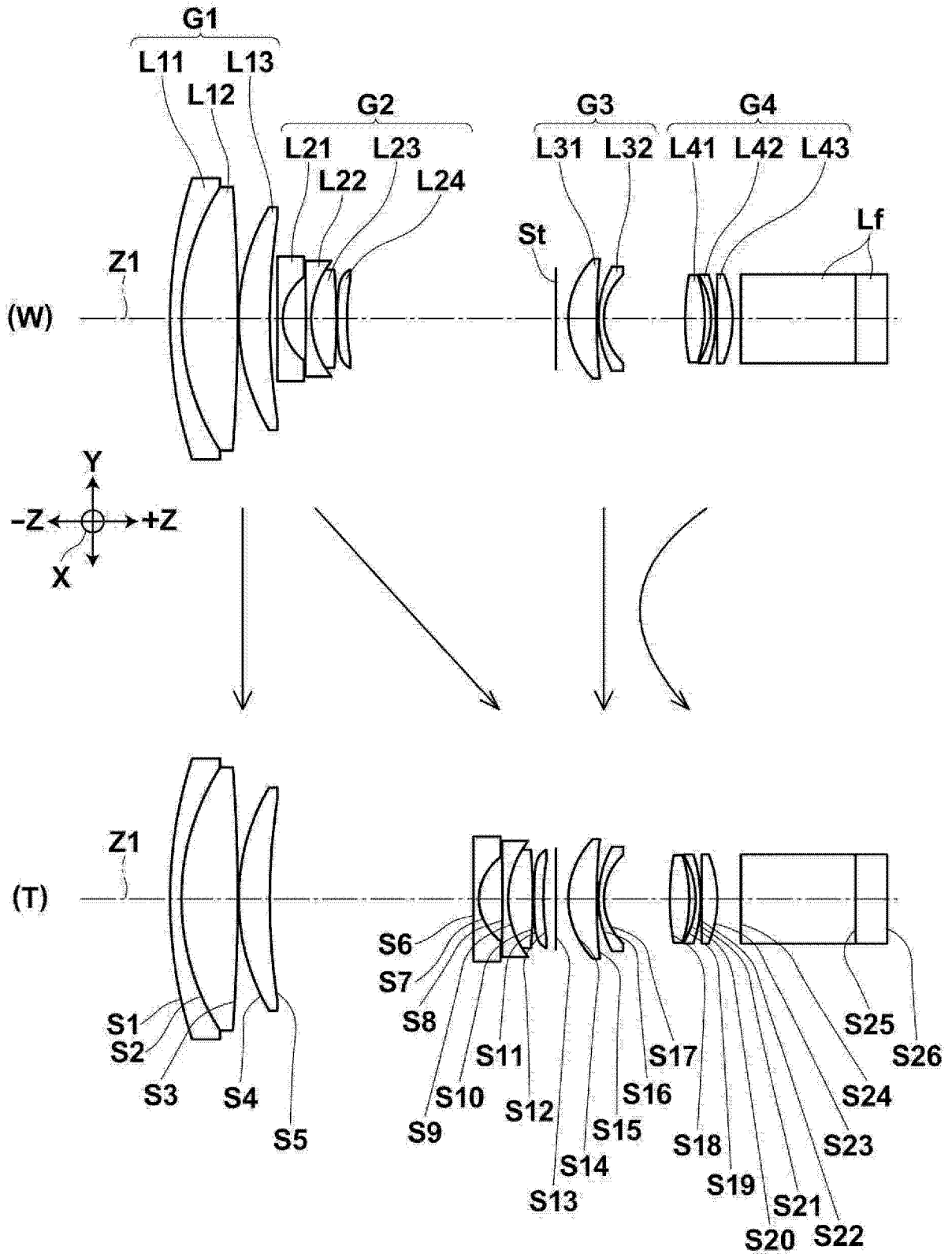


图 9

示例 9

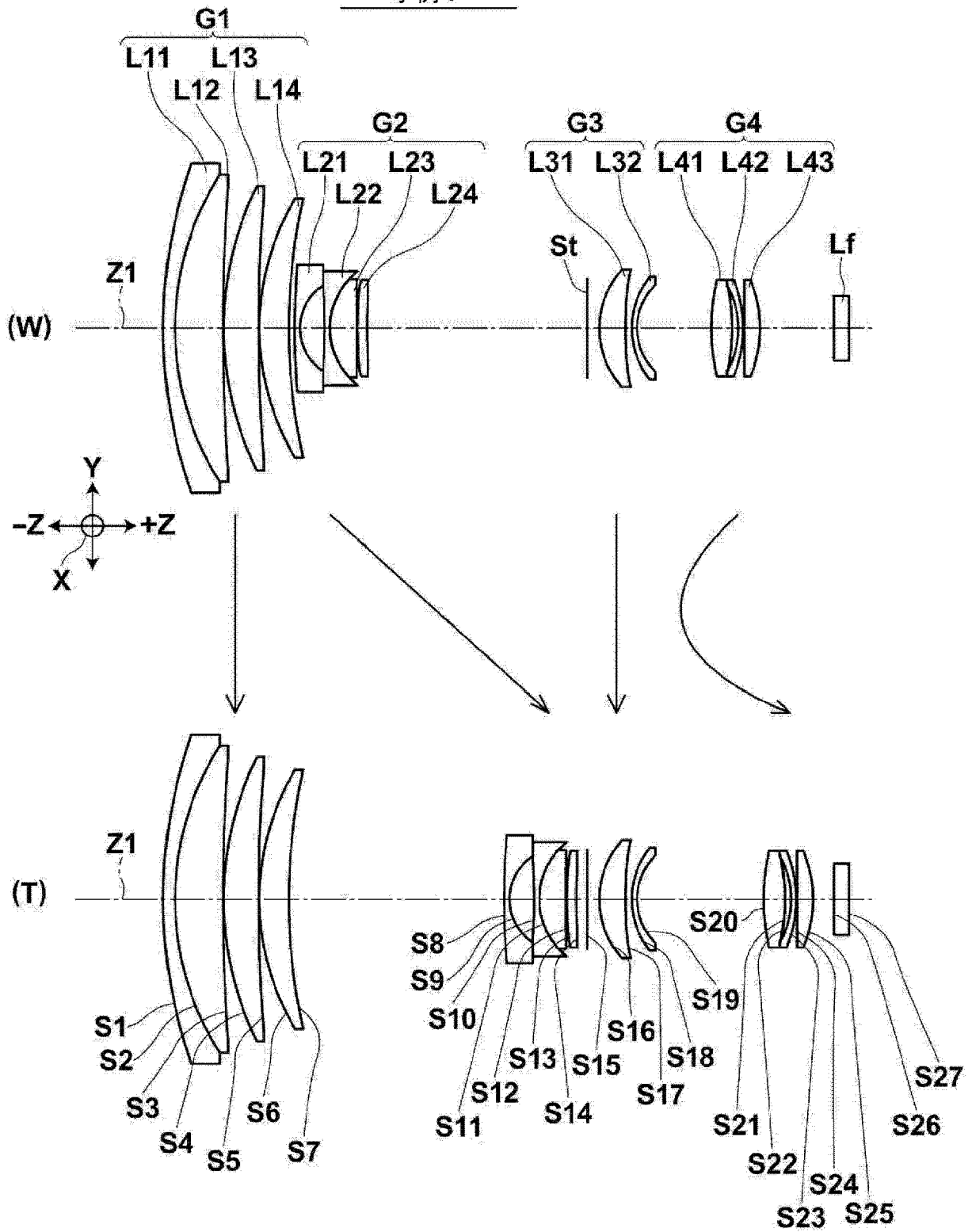


图 10

示例 10

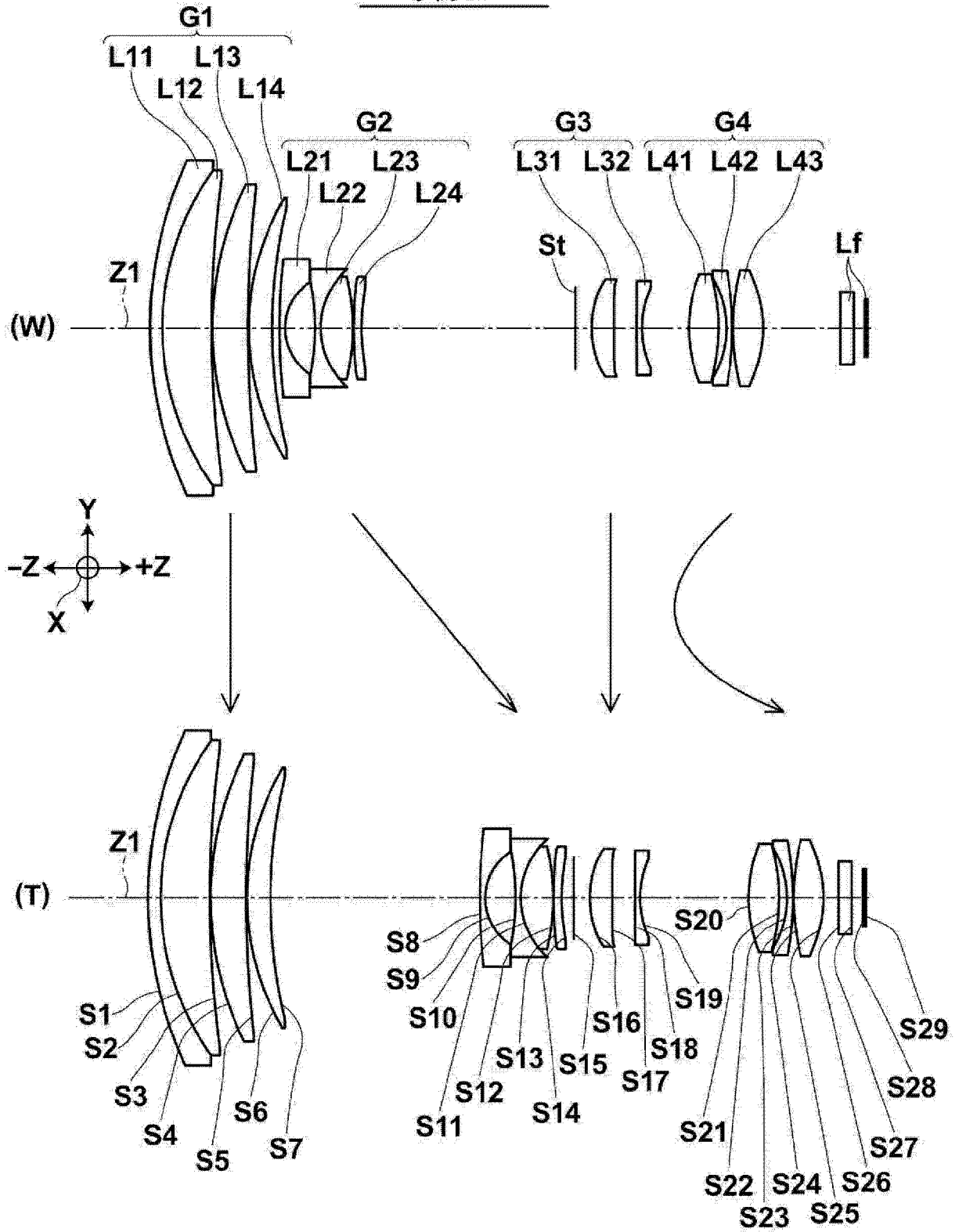


图 11

示例 11

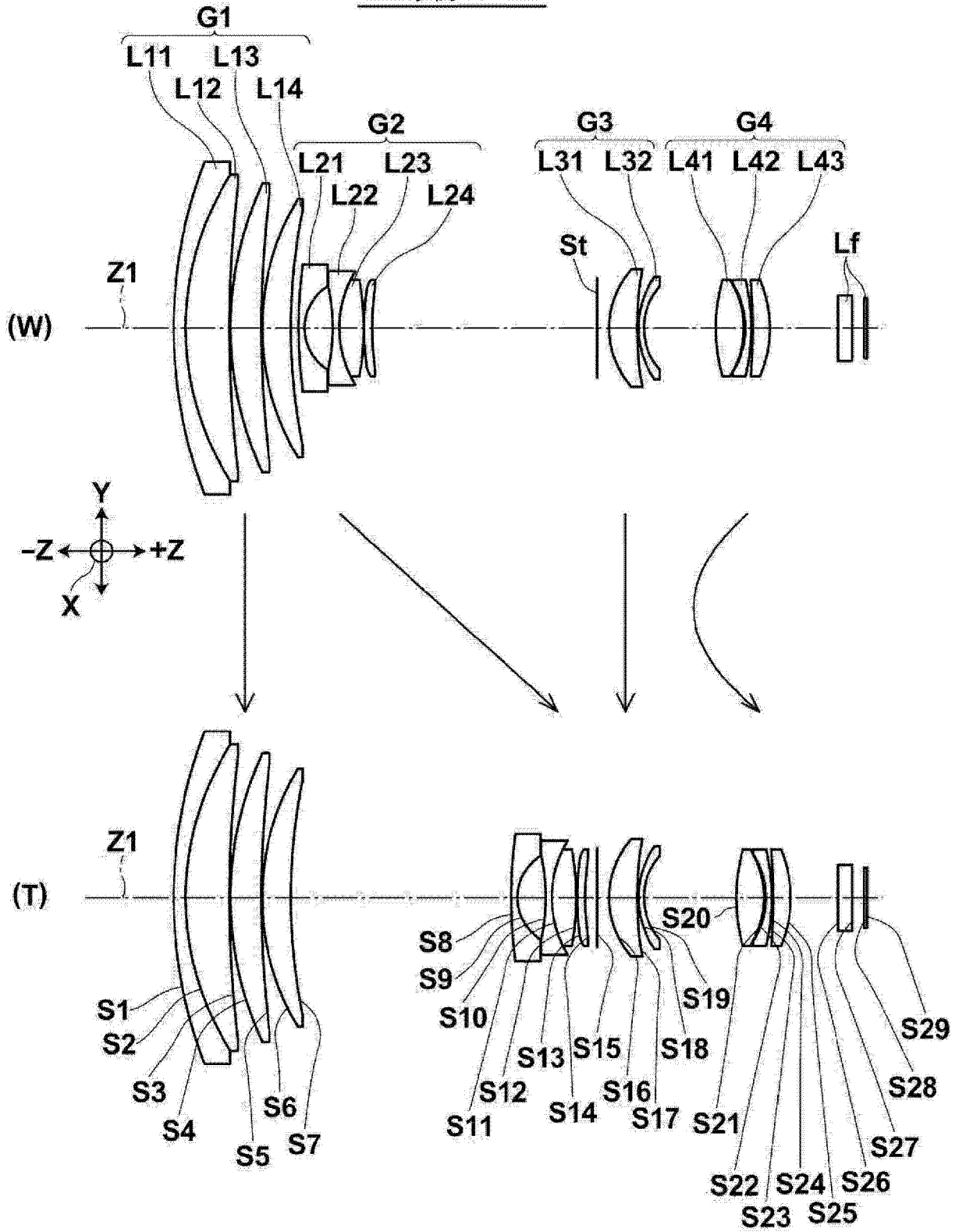


图 12

示例 1

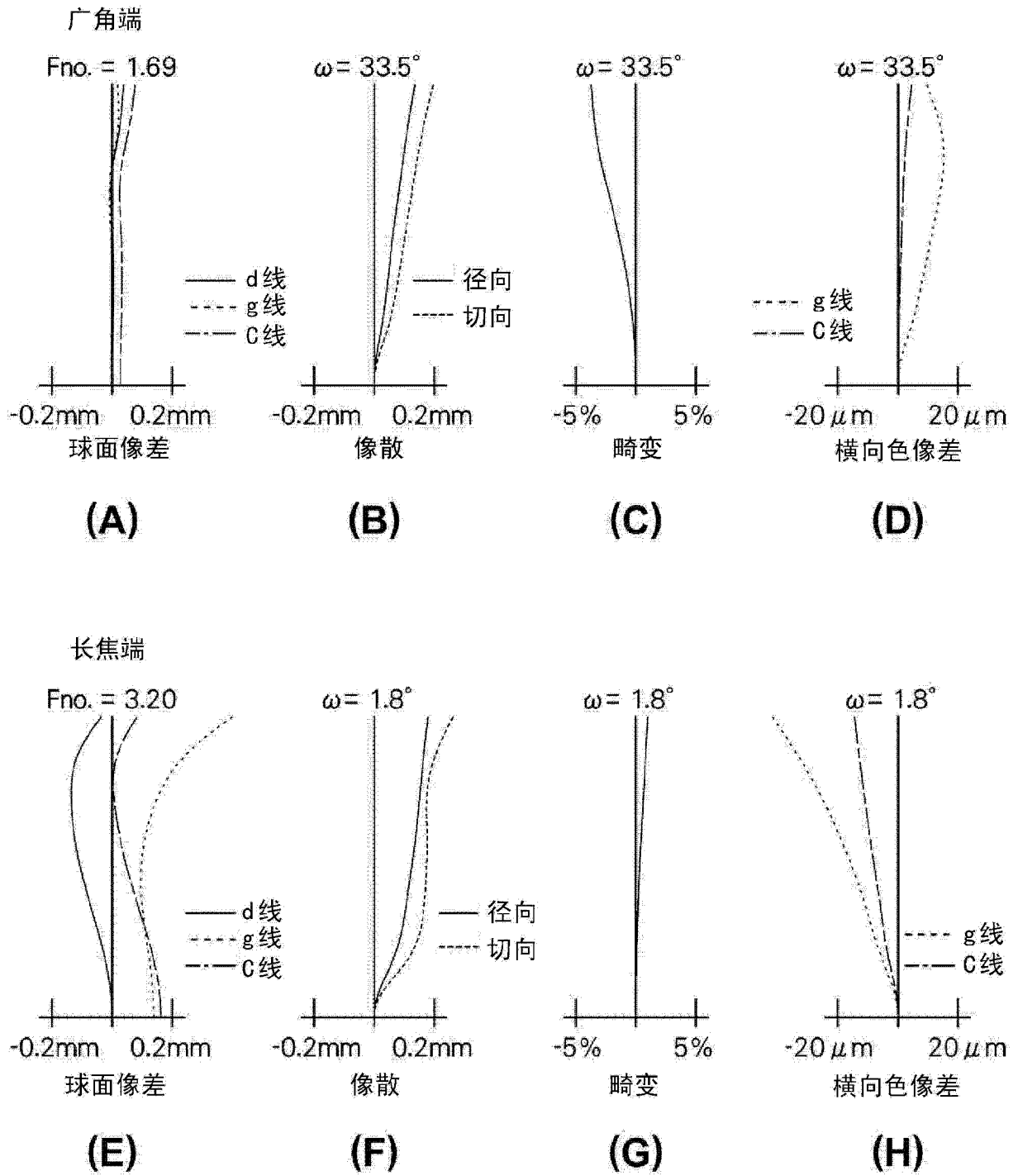


图 13

示例 2

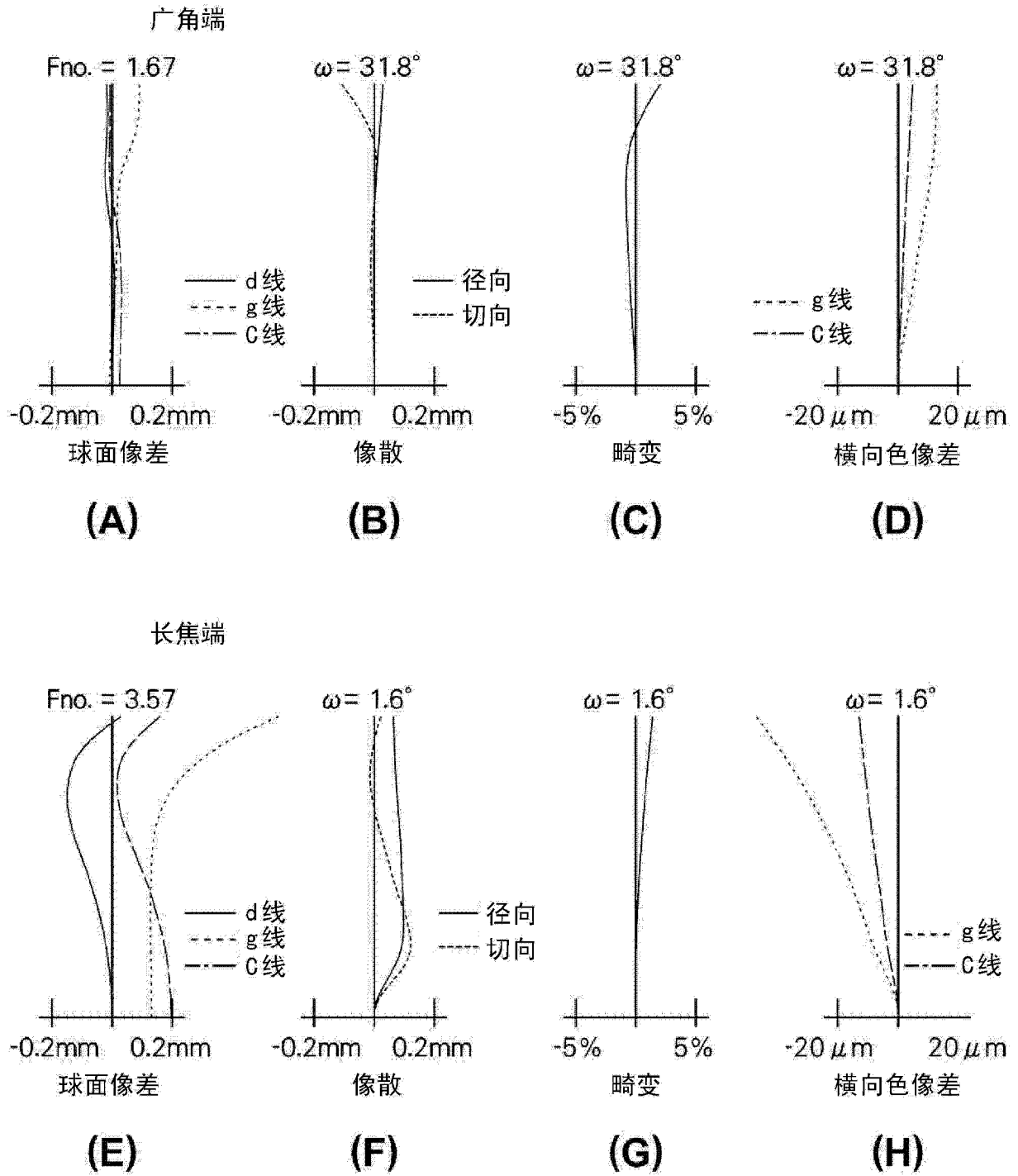


图 14

示例 3

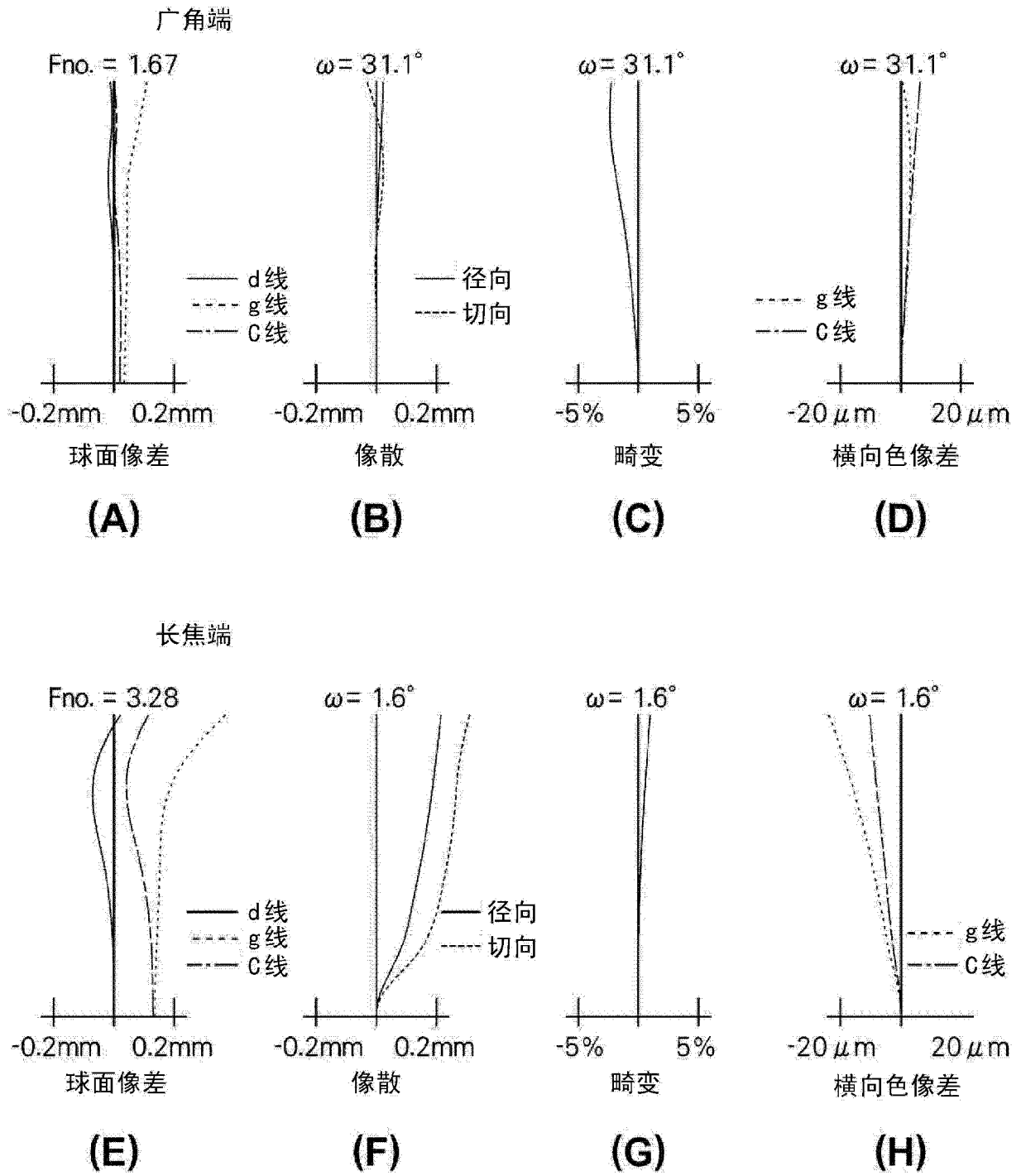


图 15

示例 4

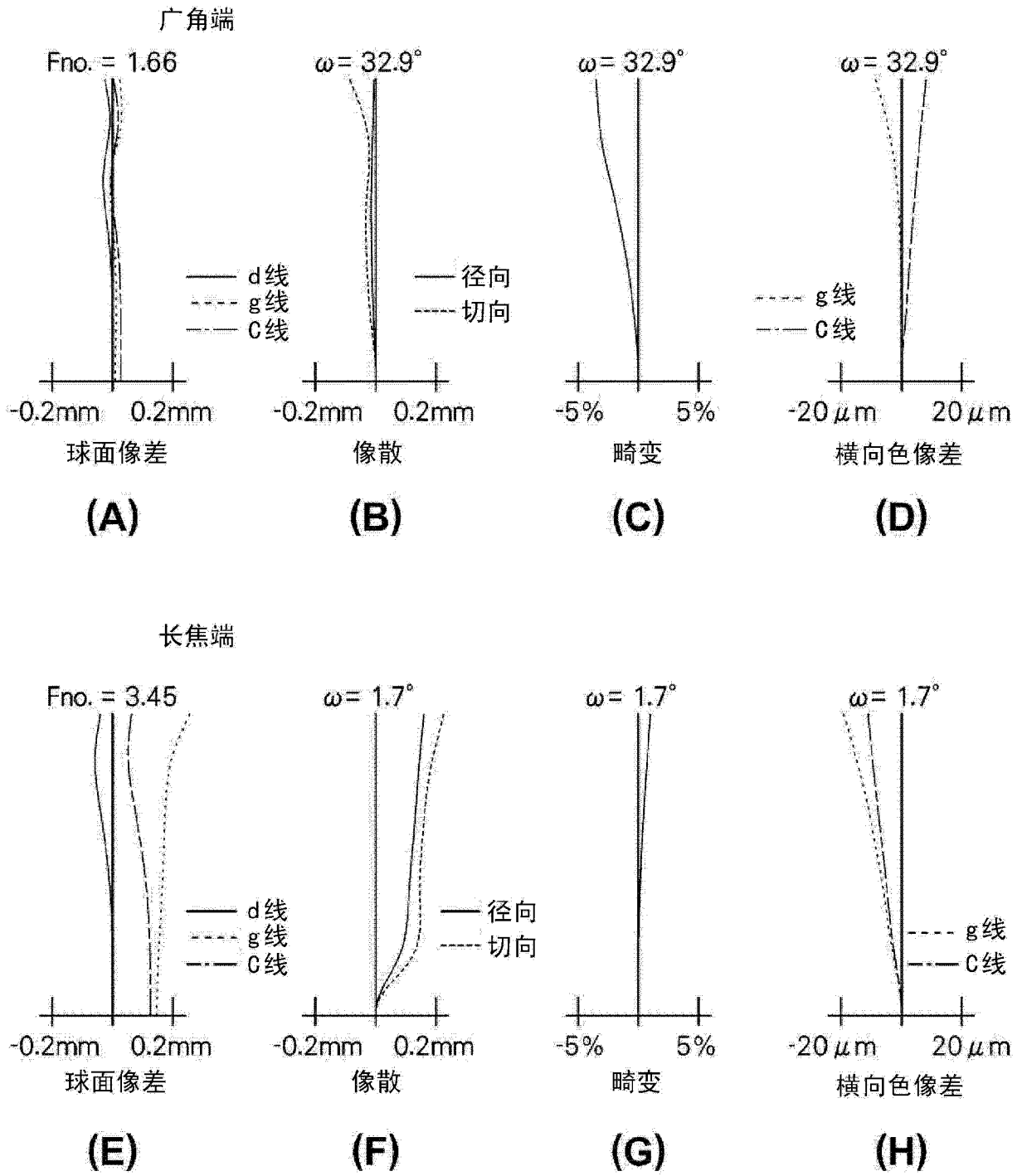


图 16

示例 5

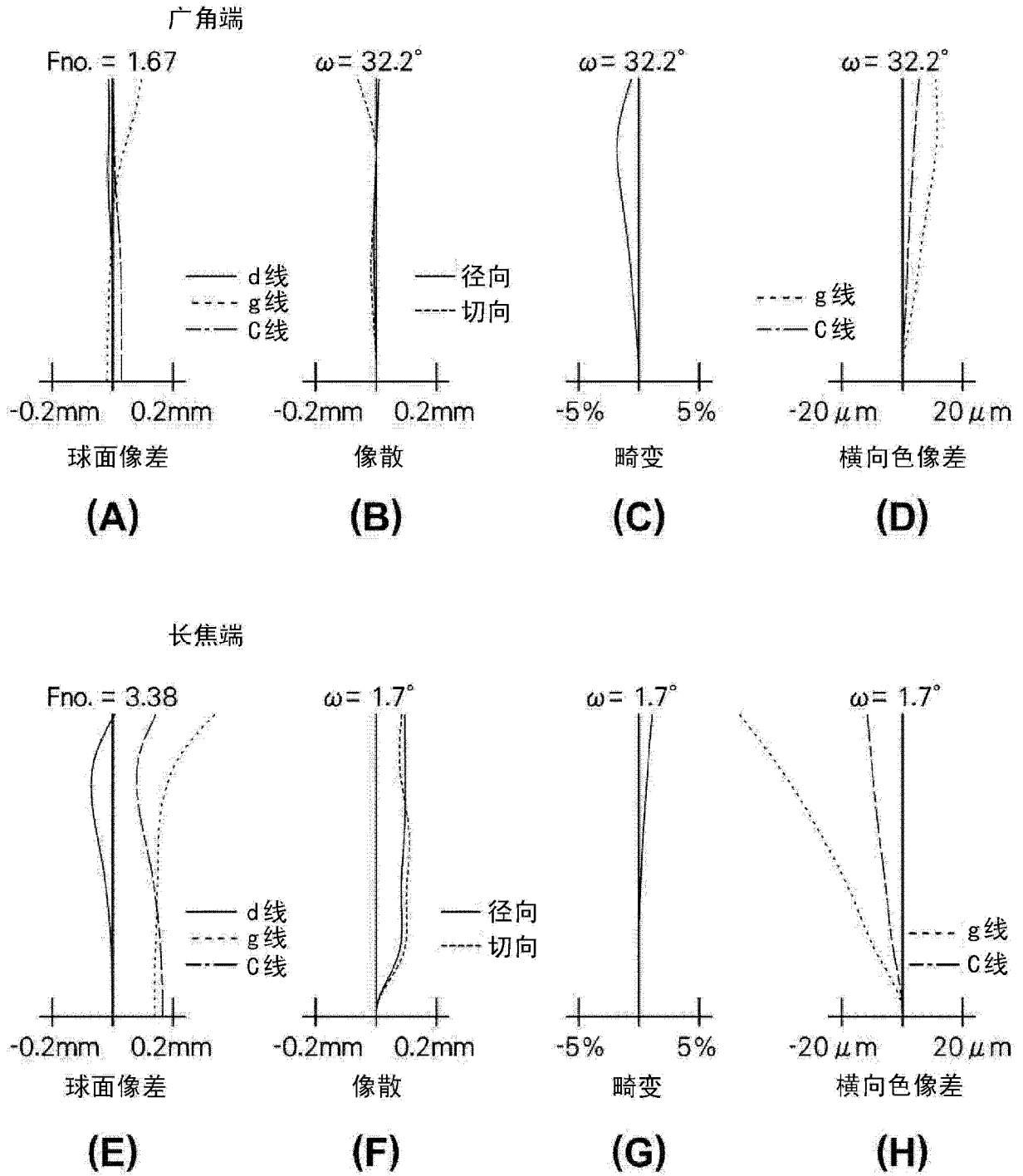


图 17

示例 6

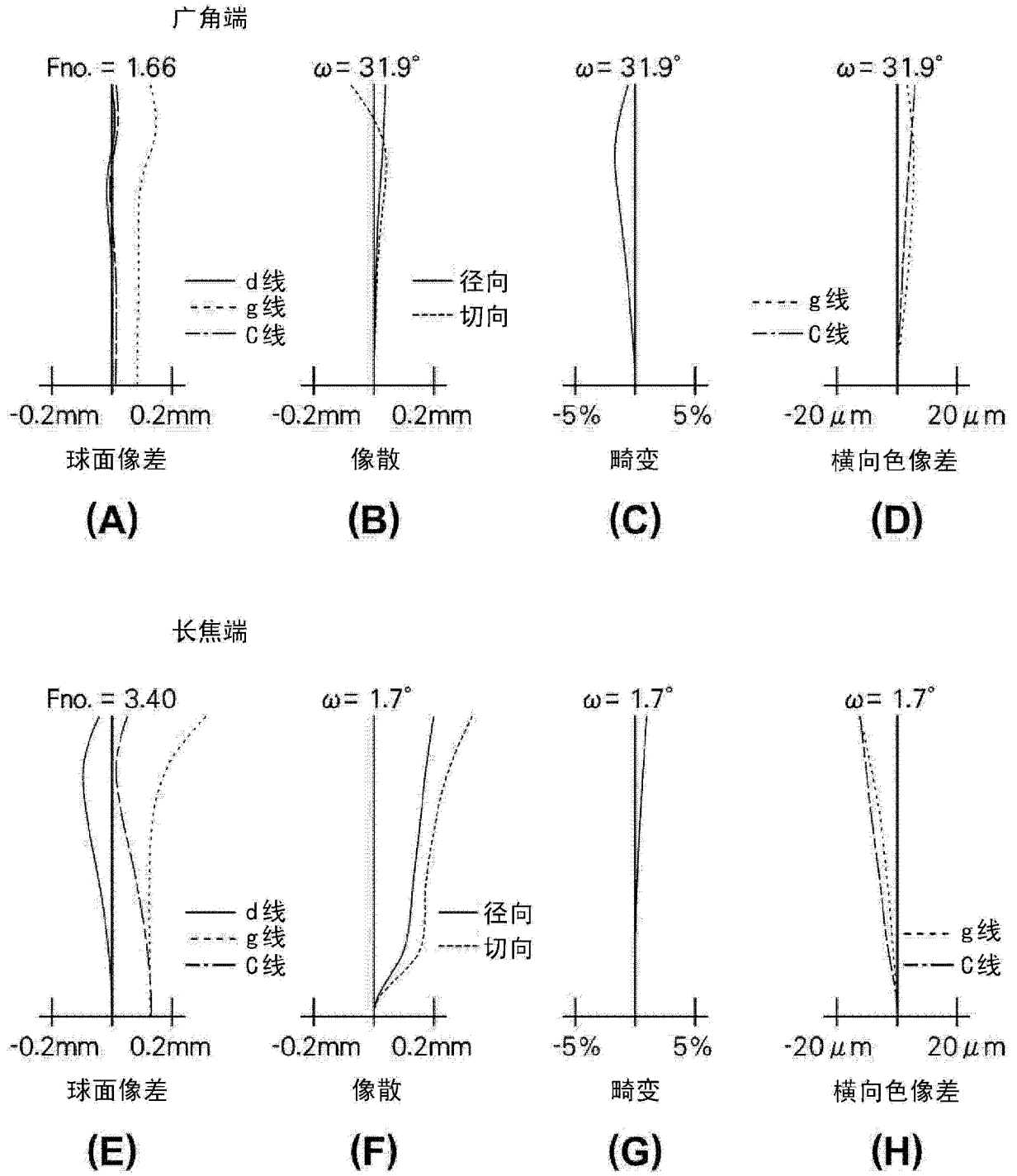


图 18

示例 7

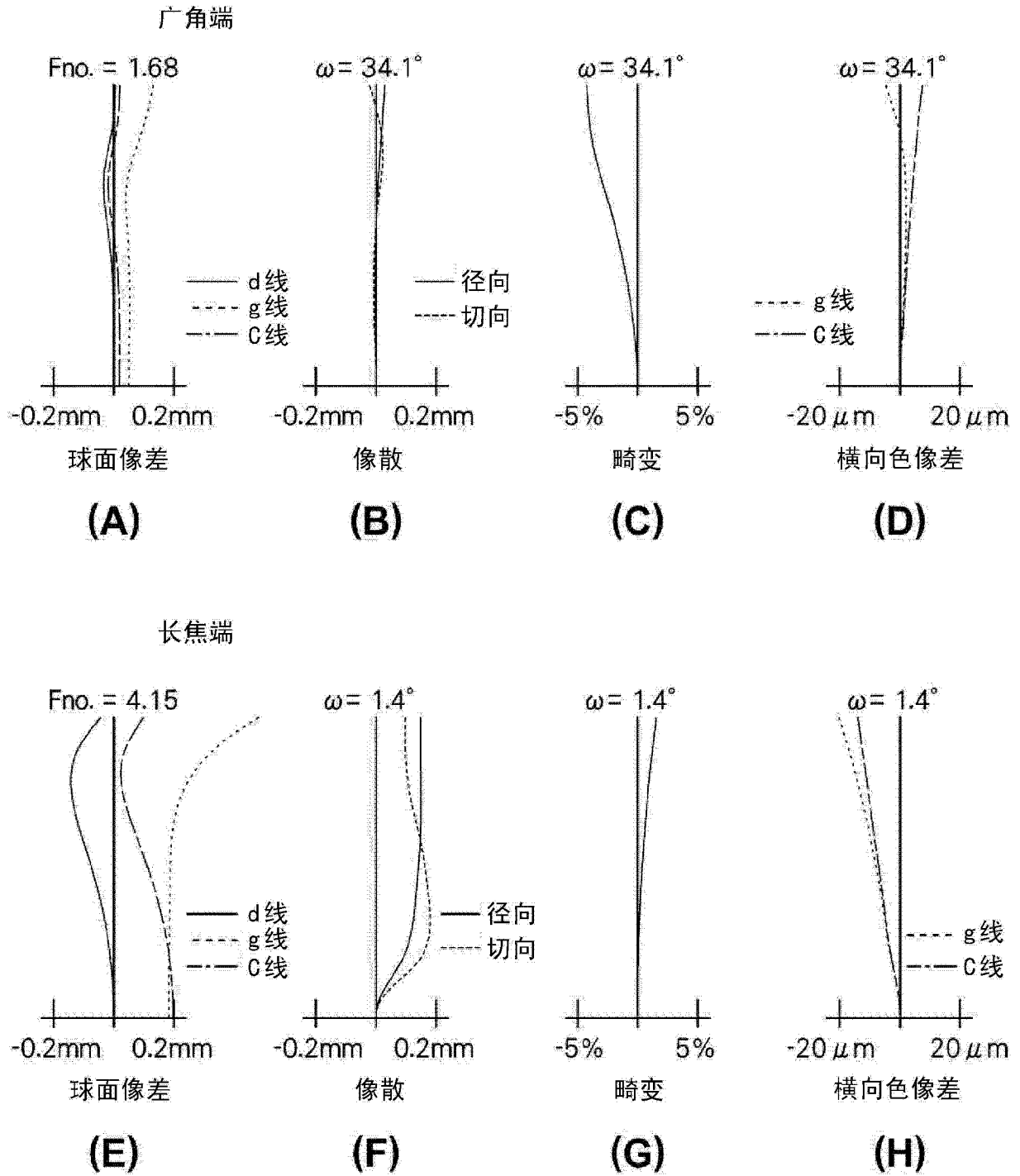


图 19

示例 8

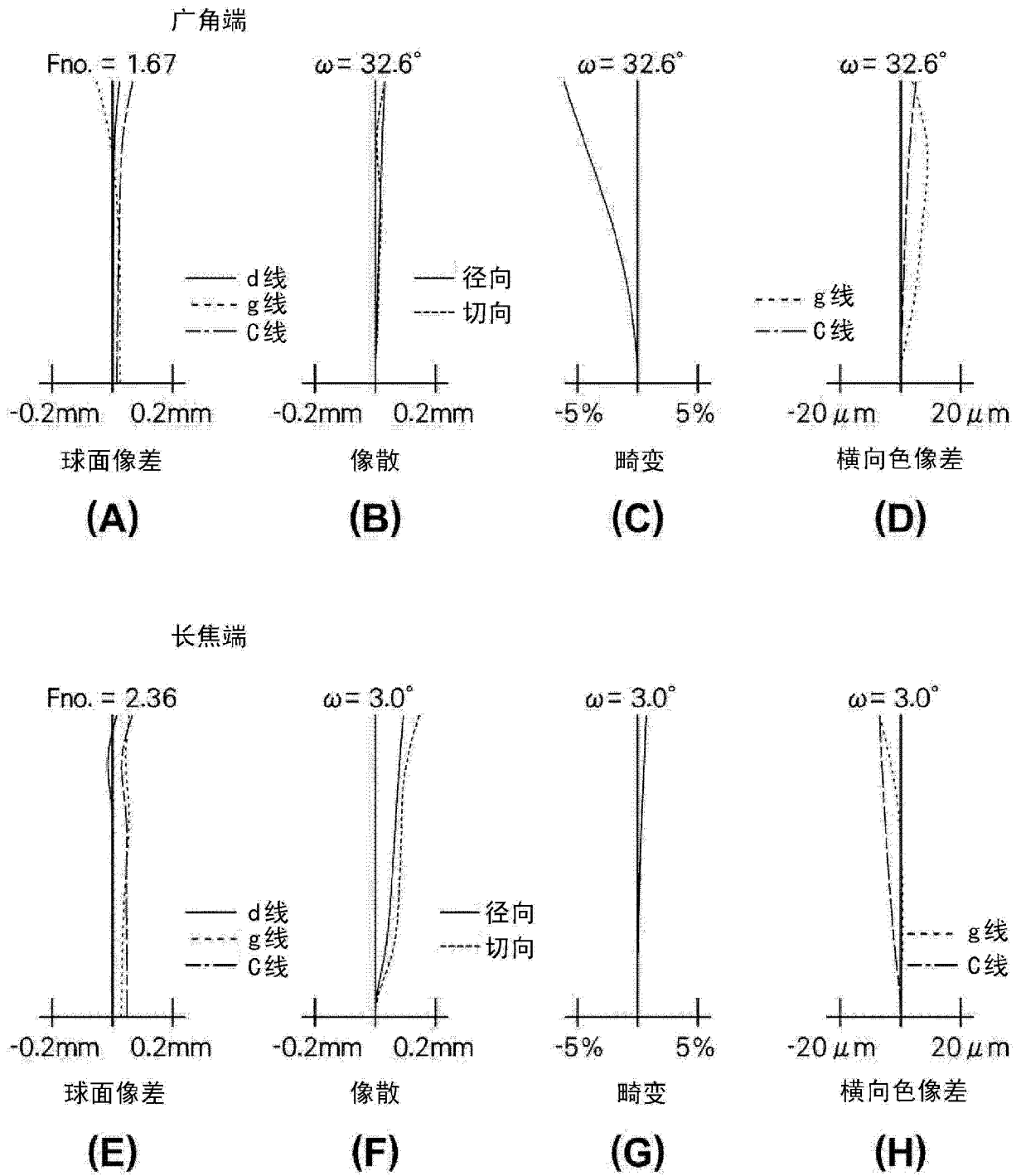


图 20

示例 9

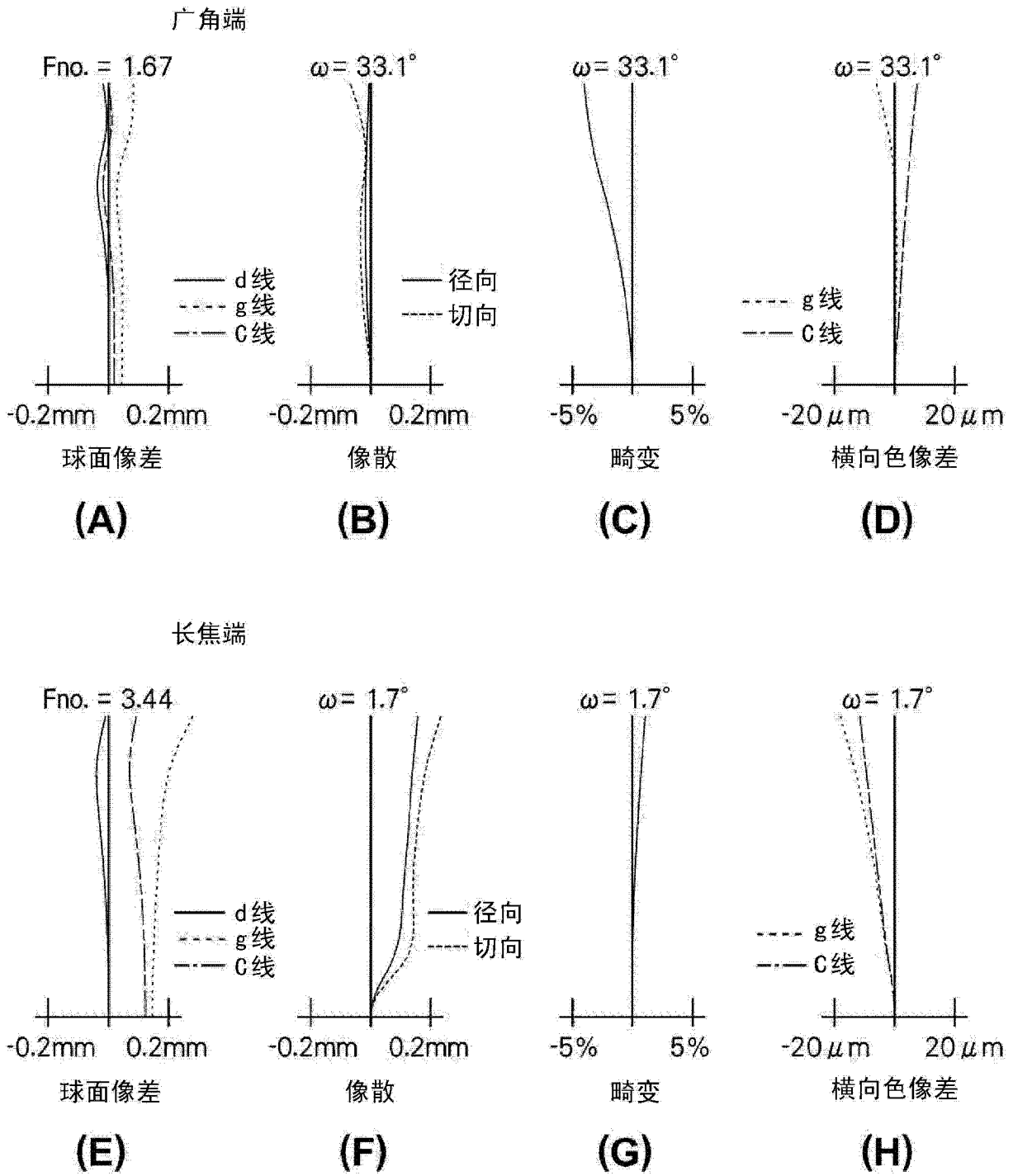


图 21

示例 10

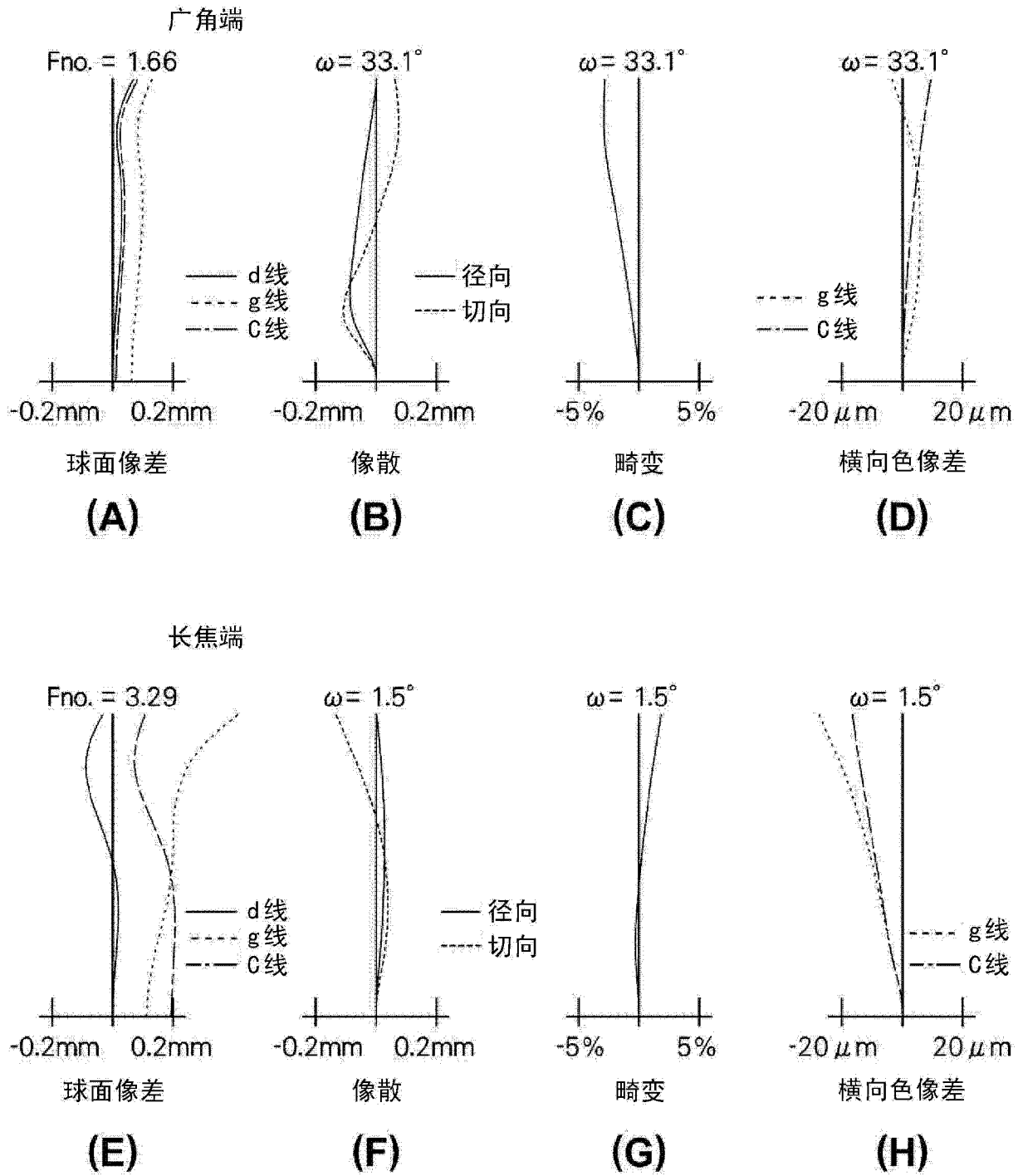


图 22

示例 11

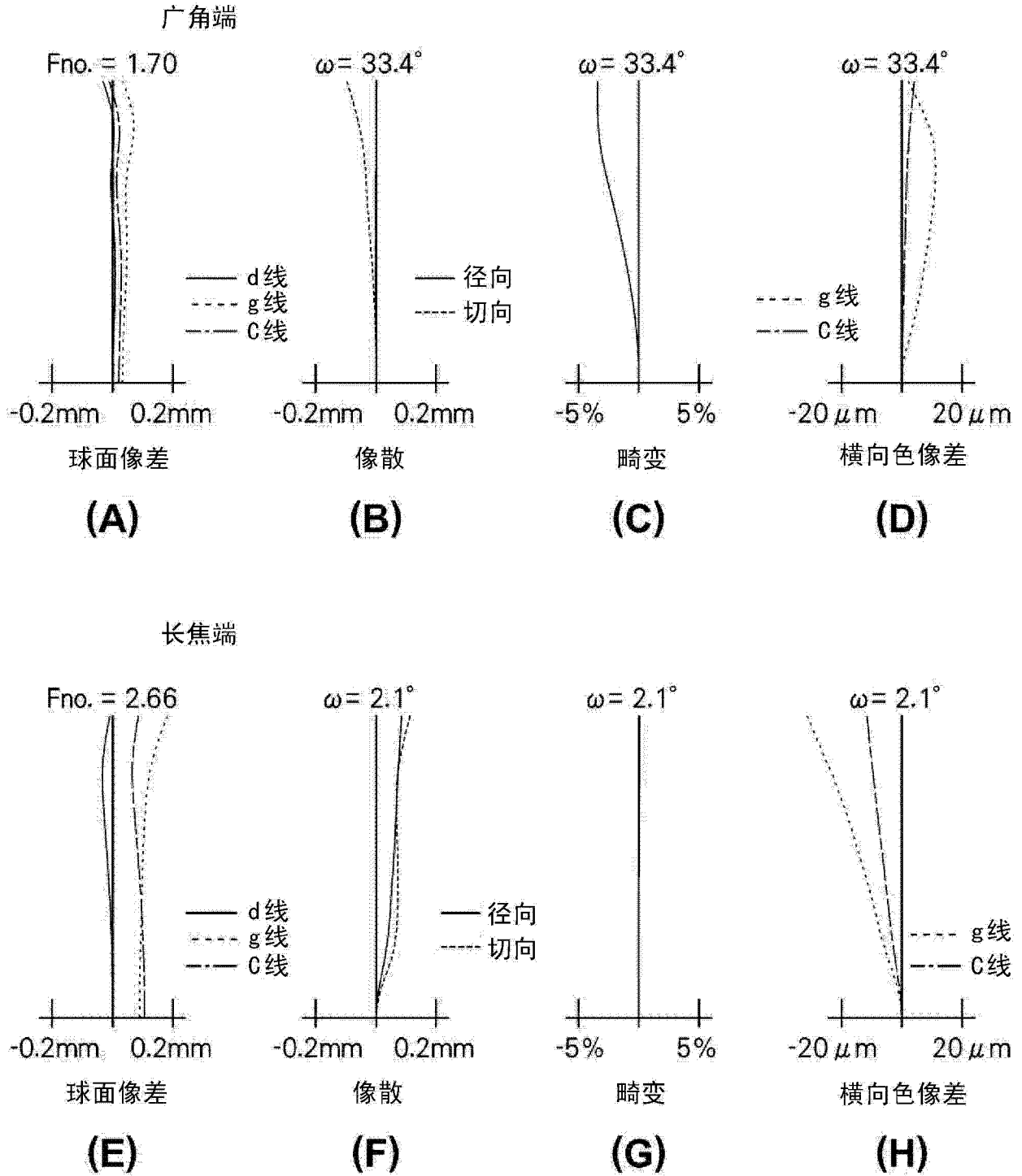


图 23