



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112639569 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 27

(21) 申请号 201980057059.5

(22) 申请日 2019.03.01

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112639569 A

(43) 申请公布日 2021.04.09

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.03.01

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2019/008034 2019.03.01

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/178886 JA 2020.09.10

(73) 专利权人 奥林巴斯株式会社
地址 日本东京都

(72) 发明人 藤仓崇 市川启介 三原伸一

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

专利代理师 孙明浩 崔成哲

(51) Int.Cl.
G02B 13/04 (2006.01)

审查员 梁乐民

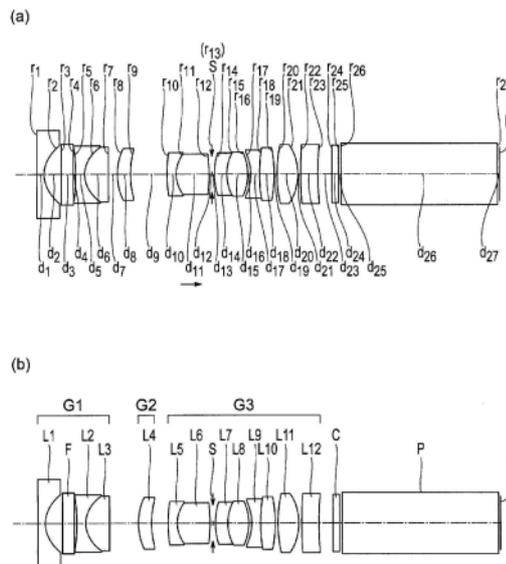
权利要求书6页 说明书53页 附图24页

(54) 发明名称

广角光学系统及具备该广角光学系统的摄像装置

(57) 摘要

本发明提供良好地校正了各种像差、并且所移动的透镜的外径与位于所移动的透镜组附近的透镜的外径足够小且具有适当的后焦距的广角光学系统及使用了该广角光学系统的摄像装置。广角光学系统从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组(G1)、具有正屈光力的第2透镜组(G2)、以及具有正屈光力的第3透镜组(G3),在从远点向近点调节焦点位置时,第2透镜组(G2)从第1位置朝向第2位置移动,第3透镜组(G3)具有9个以上的折射面,在第3透镜组(G3)的最靠像侧的具有负屈光力的接合面(Sc)的像侧具有正单透镜,在接合面(Sc)的物体侧具有多个负折射面,第3透镜组(G3)在比多个负折射面中的位于像侧的2个面靠物体侧的位置处,具有至少1个满足以下的条件式(1)的正折射面(Sp)。 $0.02 < fL/R_{sp} < 1.20$ (1)。



1. 一种广角光学系统,其具有透镜成分,其特征在于,
 所述透镜成分具有多个光学面,
 在所述透镜成分中,2个所述光学面与空气接触,并且至少1个所述光学面是曲面,
 所述广角光学系统的透镜组由从物体侧依次配置的具有负屈光力的第1透镜组、具有正屈光力的第2透镜组、以及具有正屈光力的第3透镜组构成,

在从远点向近点调节焦点位置时,所述第2透镜组从第1位置朝向第2位置移动,所述第1位置是所述第1透镜组与所述第2透镜组的间隔成为最小的位置,所述第2位置是所述第2透镜组与所述第3透镜组的间隔成为最小的位置,

所述第3透镜组具有9个以上的折射面,在所述第3透镜组的最靠像侧的具有负屈光力的接合面Sc的像侧具有正单透镜,在所述接合面Sc的物体侧具有多个负折射面,

所述第3透镜组在比所述多个负折射面中的位于像侧的2个面靠物体侧的位置处,具有至少1个满足以下的条件式(1)的正折射面Sp,

$$0.02 < fL/R_{sp} < 1.20 \quad (1)$$

其中,

R_{sp} 是所述正折射面Sp的曲率半径,

fL 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

2. 根据权利要求1所述的广角光学系统,其特征在于,

所述正折射面Sp满足以下的条件式(2),

$$1.5 < \Sigma D_{pc}/fL < 10.0 \quad (2)$$

其中,

ΣD_{pc} 是从所述正折射面Sp到所述具有负屈光力的接合面Sc为止的光轴上的距离,

fL 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

3. 根据权利要求1所述的广角光学系统,其特征在于,

所述广角光学系统满足以下的条件式(3),

$$2.0 < \Sigma D_3/fL < 15.0 \quad (3)$$

其中,

ΣD_3 是所述第3透镜组的最靠物体侧的透镜面至最靠像侧的透镜面的光轴上的距离,

fL 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

4. 根据权利要求1所述的广角光学系统,其特征在于,

所述第3透镜组包含同时满足以下的条件式(4)、(5)的透镜成分,

$$1/r_2 < 1/r_1 \quad (4)$$

$$1/f_{3x} < 1/10 \times fL \quad (5)$$

其中,

r_1 是所述第3透镜组的各透镜成分的最靠物体侧的面的曲率半径,

r_2 是所述第3透镜组的各透镜成分的最靠像侧的面的曲率半径,

f_{3x} 是所述第3透镜组的各透镜成分的焦距,

fL 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

5. 根据权利要求1所述的广角光学系统,其特征在于,

所述广角光学系统满足以下的条件式(6),

$$-1.5 < \beta_3 F < -0.3 \quad (6)$$

其中，

$\beta_3 F$ 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述第3透镜组的倍率。

6. 根据权利要求1所述的广角光学系统，其特征在于，

所述广角光学系统满足以下的条件式(7)，

$$2.0 < f_3 / f_L < 6.0 \quad (7)$$

其中，

f_3 是所述第3透镜组的焦距，

f_L 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

7. 根据权利要求1所述的广角光学系统，其特征在于，

所述广角光学系统满足以下的条件式(8)，

$$-0.8 < f_L / f_{31} < 1.0 \quad (8)$$

其中，

f_{31} 是所述第3透镜组的位于最靠物体侧的透镜成分的焦距，

f_L 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

8. 根据权利要求1所述的广角光学系统，其特征在于，

所述广角光学系统具有第1折射面，

所述第1折射面是满足以下的条件式(9)的折射面，

在从所述第3透镜组的最靠物体侧的面顶朝向像侧在 $2.5 \times f_L$ 以内的距离处具有所述第1折射面，

$$0.10 \text{mm}^{-1} < (n_{\text{aSNi}}' - n_{\text{aSNi}}) / r_{\text{aSNi}} < 0.70 \text{mm}^{-1} \quad (9)$$

其中，

n_{aSNi} 是位于所述第1折射面的物体侧的介质的相对于d线的折射率，

n_{aSNi}' 是位于所述第1折射面的像侧的介质的相对于d线的折射率，

r_{aSNi} 是所述第1折射面在光轴附近处的曲率半径，

f_L 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

9. 根据权利要求1所述的广角光学系统，其特征在于，

所述广角光学系统具有第2折射面，

所述第2折射面是满足以下的条件式(10)的折射面，

在从所述第3透镜组的最靠物体侧的面顶朝向像侧在 $2.5 \times f_L$ 以上的距离处具有所述第2折射面，

$$-0.60 \text{mm}^{-1} < (n_{\text{bSNi}}' - n_{\text{bSNi}}) / r_{\text{bSNi}} < -0.05 \text{mm}^{-1} \quad (10)$$

其中，

n_{bSNi} 是位于所述第2折射面的物体侧的介质的相对于d线的折射率，

n_{bSNi}' 是位于所述第2折射面的像侧的介质的相对于d线的折射率，

r_{bSNi} 是所述第2折射面在光轴附近处的曲率半径，

f_L 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

10. 根据权利要求1所述的广角光学系统，其特征在于，

所述第3透镜组具有多个正单透镜，

所述多个正单透镜中的位于最靠像侧的正单透镜满足以下的条件式(11)，

$$2.0 < f_{3R} / fL < 10.0 \quad (11)$$

其中，

f_{3R} 是所述位于最靠像侧的正单透镜的焦距，

fL 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

11. 根据权利要求1所述的广角光学系统，其特征在于，

所述第3透镜组具有位于最靠物体侧的物体侧接合透镜和位于最靠像侧的像侧接合透镜，

所述广角光学系统满足以下的条件式(12)，

$$-30 < (v_{3RCP} - v_{3RCN}) - (v_{3FCP} - v_{3FCN}) < 110 \quad (12)$$

其中，

v_{3FCP} 是所述物体侧接合透镜的正透镜的d线阿贝数，

v_{3FCN} 是所述物体侧接合透镜的负透镜的d线阿贝数，

v_{3RCP} 是所述像侧接合透镜的正透镜的d线阿贝数，

v_{3RCN} 是所述像侧接合透镜的负透镜的d线阿贝数。

12. 根据权利要求1所述的广角光学系统，其特征在于，

所述第3透镜组的位于最靠像侧的接合面满足以下的条件式(13)，

$$-0.80 < fL / r_{SNr} < 0.60 \quad (13)$$

其中，

r_{SNr} 是所述位于最靠像侧的接合面在光轴附近处的曲率半径，

fL 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

13. 根据权利要求1所述的广角光学系统，其特征在于，

在所述第3透镜组的从物体侧数直至第3个为止的透镜成分中，包含满足以下的条件式(14)、(15)、(16)的接合透镜，

$$-1.0 < (r_{3XF} - r_{3XR}) / (r_{3XF} + r_{3XR}) < 0.5 \quad (14)$$

$$1 / r_{3XC} \times r_{3XF} < 0 \quad (15)$$

$$1 / r_{3XC} \times r_{3XR} < 0 \quad (16)$$

其中，

r_{3XF} 是规定的接合透镜的最靠物体侧的面的曲率半径，

r_{3XR} 是所述规定的接合透镜的最靠像侧的面的曲率半径，

r_{3XC} 是所述规定的接合透镜的接合面在光轴上的曲率半径，

所述规定的接合透镜是满足条件式(14)、(15)、(16)的所述接合透镜。

14. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统，其特征在于，

所述第3透镜组具有多个正透镜，

所述多个正透镜具有第1正透镜和第2正透镜，所述第1正透镜是在所述多个正透镜中位于最靠物体侧的正透镜，所述第2正透镜是在所述多个正透镜中位于从物体侧起第二位的正透镜，

所述广角光学系统满足以下的条件式(17)，

$$-75 < v_{31P} - v_{32P} < 35 \quad (17)$$

其中，

v_{31P} 是所述第1正透镜的阿贝数，

v_{32P} 是所述第2正透镜的阿贝数。

15. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统，其特征在于，

所述第3透镜组具有多个正透镜，

所述多个正透镜具有第1正透镜、第2正透镜、以及第3正透镜，所述第1正透镜是在所述多个正透镜中位于最靠物体侧的正透镜，所述第2正透镜是在所述多个正透镜中位于从物体侧起第二位的正透镜，所述第3正透镜是在所述多个正透镜中位于从物体侧起第三位的正透镜，

所述广角光学系统满足以下的条件式(18)，

$$-10 < v_{33P} - (v_{31P} + v_{32P}) / 2 < 70 \quad (18)$$

其中，

v_{31P} 是所述第1正透镜的阿贝数，

v_{32P} 是所述第2正透镜的阿贝数，

v_{33P} 是所述第3正透镜的阿贝数。

16. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统，其特征在于，

所述第3透镜组具有多个负透镜，

所述多个负透镜具有第1负透镜和第2负透镜，所述第1负透镜是在所述多个负透镜中位于最靠物体侧的负透镜，所述第2负透镜是在所述多个负透镜中位于从物体侧起第二位的负透镜，

所述广角光学系统满足以下的条件式(19)，

$$-20 < v_{31N} - v_{32N} < 40 \quad (19)$$

其中，

v_{31N} 是所述第1负透镜的阿贝数，

v_{32N} 是所述第2负透镜的阿贝数。

17. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统，其特征在于，

所述第3透镜组在焦点位置调节时是固定的。

18. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统，其特征在于，

所述广角光学系统满足以下的条件式(20)，

$$-50 < (R21F + R21R) / (R21F - R21R) < 15 \quad (20)$$

其中，

R21F是规定的透镜成分的物体侧的面的曲率半径，

R21R是所述规定的透镜成分的像侧的面的曲率半径，

所述规定的透镜成分是在所述第2透镜组中位于最靠物体侧的透镜成分。

19. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统，其特征在于，

所述广角光学系统满足以下的条件式(21)，

$$0.3 < D21 / fL < 2.0 \quad (21)$$

其中，

D21是所述第2透镜组的最靠物体侧的面与最靠像侧的面的光轴上的距离，

fL是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

20. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统,其特征在于,所述广角光学系统满足以下的条件式(22),

$$1.04 < \beta 2F < 1.40 \quad (22)$$

其中,

$\beta 2F$ 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述第2透镜组的倍率。

21. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统,其特征在于,所述广角光学系统满足以下的条件式(23),

$$1.01 < \beta 2N / \beta 2F < 1.15 \quad (23)$$

其中,

$\beta 2F$ 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述第2透镜组的倍率,

$\beta 2N$ 是所述第2透镜组在所述第2位置处时的所述第2透镜组的倍率。

22. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统,其特征在于,所述广角光学系统满足以下的条件式(24),

$$0.10 < (1 - \beta 2F^2) \times \beta 3F^2 < 0.45 \quad (24)$$

其中,

$\beta 2F$ 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述第2透镜组的倍率,

$\beta 3F$ 是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述第3透镜组的倍率。

23. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统,其特征在于,所述广角光学系统满足以下的条件式(25),

$$0.15 < (1 - \beta 2N^2) \times \beta 3N^2 < 0.60 \quad (25)$$

其中,

$\beta 2N$ 是所述第2透镜组在所述第2位置处时的所述第2透镜组的倍率,

$\beta 3N$ 是所述第2透镜组在所述第2位置处时的所述第3透镜组的倍率。

24. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统,其特征在于,所述第2透镜组仅由正透镜构成。

25. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统,其特征在于,所述第1透镜组仅具有满足以下的条件式(26)的透镜成分,

$$1/r_{1XF} < 1/r_{1XR} \quad (26)$$

其中,

r_{1XF} 是所述第1透镜组的各透镜成分的最靠物体侧的面在光轴上的曲率半径,

r_{1XR} 是所述第1透镜组的各透镜成分的最靠像侧的面在光轴上的曲率半径。

26. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统,其特征在于,所述第1透镜组仅具有多个负单透镜,

所述多个负单透镜分别具有比所述第3透镜组的最靠物体侧的正透镜大的阿贝数。

27. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的广角光学系统,其特征在于,所述广角光学系统满足以下的条件式(27),

$$0.20 < SD1/fL < 5.0 \quad (27)$$

其中,

SD1是从所述第1透镜组的最靠物体侧的面顶到所述第1透镜组的最靠像侧的面顶为止的距离，

fL是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

28. 根据权利要求1所述的广角光学系统,其特征在于,

所述广角光学系统满足以下的条件式(28),

$$3.5 < f_B / f_L < 10 \quad (28)$$

其中,

f_B是从最靠像侧的透镜成分的像侧的面顶到成像面为止的距离的空气换算长度,

fL是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

29. 根据权利要求1所述的广角光学系统,其特征在于,

所述广角光学系统满足以下的条件式(29),

$$2 \times y_{\max} < f_L \times \tan \omega_{\max} \quad (29)$$

其中,

y_{max}是最大像高,

ω_{max}是与所述最大像高对应的视场角,

fL是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

30. 根据权利要求1所述的广角光学系统,其特征在于,

所述广角光学系统满足以下的条件式(30),

$$ER3 < f_L / (2 \times F_{EX}) \quad (30)$$

其中,

ER3是所述接合面Sc的有效半径,

F_{EX}是所述第2透镜组在所述第1位置处时的有效F值,

fL是所述第2透镜组在所述第1位置处时的所述广角光学系统的焦距。

31. 一种摄像装置,其特征在于,

所述摄像装置具有光学系统和配置于像面的摄像元件,

所述摄像元件具有摄像面,并且将通过所述光学系统形成在所述摄像面上的像转换成电信号,

所述光学系统是权利要求1至30中的任意一项所述的广角光学系统。

广角光学系统及具备该广角光学系统的摄像装置

技术领域

[0001] 本发明涉及广角光学系统及具备该广角光学系统的摄像装置。

背景技术

[0002] 作为具有较宽的视场角的光学系统,已知有内窥镜用物镜光学系统。在内窥镜用物镜光学系统中,使用视场角超过100度的这种广角光学系统。

[0003] 在以往的内窥镜中,使用了像素数少的摄像元件。因此,在内窥镜用物镜光学系统中,使用了固定焦点的光学系统。即便使用固定焦点的光学系统,也能够通过景深来覆盖需要观察的被摄体距离的范围(观察深度)。

[0004] 但是,近年来,为了提高观察像品质而使用像素数多的摄像元件。在使用像素数多的摄像元件的内窥镜中,对光学系统也要求高分辨率。

[0005] 当使光学系统具有高分辨率时,景深比需要的观察深度窄。因此,在对准焦点的状态下难以观察需要的观察深度。因此,需要使光学系统具有调节焦点位置的功能。

[0006] 已知有能够调节焦点位置的内窥镜用物镜光学系统。在该内窥镜用物镜光学系统中,使用内对焦(inner focus)来调整焦点位置。为了进行内对焦,在光学系统的周围设置有致动器。

[0007] 光学单元例如包含光学系统和致动器。在内窥镜中,需要密封光学单元。此外,视场角为140°以上、致动器的尺寸和输出存在限制。因此,在焦点位置调节中,难以使光学系统移动。需要轻质且省空间的内对焦。

[0008] 在专利文献1和专利文献2中公开了使用了内对焦的内窥镜用物镜光学系统。

[0009] 现有技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献1:国际公开第2014/129089号

[0012] 专利文献2:国际公开第2016/067838号

发明内容

[0013] 发明要解决的问题

[0014] 但是,在专利文献1的内窥镜用物镜光学系统和专利文献2的内窥镜用物镜光学系统中,所移动的透镜的外径和位于所移动的透镜组附近的透镜的外径不能说足够小。因此,难以实现光学单元的进一步的小型化。

[0015] 此外,在透镜的移动中,期望减少透镜的偏心和透镜面的倾倒。因此,需要减小致动器的沿光轴方向的尺寸。但是,在专利文献1的内窥镜用物镜光学系统和专利文献2的内窥镜用物镜光学系统中,难以实现致动器的小型化。

[0016] 此外,在内窥镜用物镜光学系统中,在位于光学系统中最靠物体侧的面到成像位置之间,例如大多配置有滤光片、棱镜、或者滤光片和棱镜。滤光片和棱镜是不具有成像作用的光学元件。

[0017] 为了确保配置不具有成像作用的光学元件的空间,加长光学系统的后焦距(back focus)即可。但是,当加长后焦距时,光线高度变高。因此,光学单元难以小型化。

[0018] 本发明是鉴于这样的问题而完成的,其目的在于,提供一种良好地校正了各种像差、并且所移动的透镜的外径与位于所移动的透镜组附近的透镜的外径足够小且具有适当的后焦距的广角光学系统及使用了该广角光学系统的摄像装置。

[0019] 用于解决问题的手段

[0020] 为了解决上述问题并实现目的,本发明的至少若干实施方式的广角光学系统是具有透镜成分的广角光学系统,其特征在于,透镜成分具有多个光学面,在透镜成分中,2个光学面与空气接触,并且至少1个光学面是曲面,从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组、具有正屈光力的第2透镜组、以及具有正屈光力的第3透镜组,在从远点向近点调节焦点位置时,第2透镜组从第1位置朝向第2位置移动,第1位置是第1透镜组与第2透镜组的间隔成为最小的位置,第2位置是第2透镜组与第3透镜组的间隔成为最小的位置,第3透镜组具有9个以上的折射面,在第3透镜组的最靠像侧的具有负屈光力的接合面Sc的像侧具有正单透镜,在接合面Sc的物体侧具有多个负折射面,第3透镜组在比多个负折射面中的位于像侧的2个面靠物体侧的位置,具有至少1个满足以下的条件式(1)的正折射面Sp。

[0021] $0.02 < fL/Rsp < 1.20$ (1)

[0022] 其中,Rsp是正折射面Sp的曲率半径,fL是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0023] 此外,本发明的摄像装置的特征在于,具有光学系统和配置于像面的摄像元件,摄像元件具有摄像面,并且将通过光学系统形成在摄像面上的像转换成电信号,光学系统是上述的广角光学系统。

[0024] 发明的效果

[0025] 根据本发明,能够提供良好地校正了各种像差、并且所移动的透镜的外径与位于所移动的透镜组附近的透镜的外径足够小且具有适当的后焦距的广角光学系统及使用了该广角光学系统的摄像装置。

附图说明

[0026] 图1是实施例1的广角光学系统的透镜剖视图。

[0027] 图2是实施例2的广角光学系统的透镜剖视图。

[0028] 图3是实施例3的广角光学系统的透镜剖视图。

[0029] 图4是实施例4的广角光学系统的透镜剖视图。

[0030] 图5是实施例5的广角光学系统的透镜剖视图。

[0031] 图6是实施例6的广角光学系统的透镜剖视图。

[0032] 图7是实施例7的广角光学系统的透镜剖视图。

[0033] 图8是实施例8的广角光学系统的透镜剖视图。

[0034] 图9是实施例9的广角光学系统的透镜剖视图。

[0035] 图10是实施例10的广角光学系统的透镜剖视图。

[0036] 图11是实施例1的广角光学系统的像差图。

[0037] 图12是实施例2的广角光学系统的像差图。

- [0038] 图13是实施例3的广角光学系统的像差图。
- [0039] 图14是实施例4的广角光学系统的像差图。
- [0040] 图15是实施例5的广角光学系统的像差图。
- [0041] 图16是实施例6的广角光学系统的像差图。
- [0042] 图17是实施例7的广角光学系统的像差图。
- [0043] 图18是实施例8的广角光学系统的像差图。
- [0044] 图19是实施例9的广角光学系统的像差图。
- [0045] 图20是实施例10的广角光学系统的像差图。
- [0046] 图21是示出内窥镜系统的概要结构的图。
- [0047] 图22是示出内窥镜的光学系统的结构的图。
- [0048] 图23是示出摄像装置的光学系统的结构的图。
- [0049] 图24是示出摄像装置的光学系统的结构的图。
- [0050] 图25是示出摄像装置的概要结构的图。
- [0051] 图26是示出物体、物镜光学系统及光路分割元件的位置关系的图。

具体实施方式

[0052] 在说明实施例之前,对本发明的某个方案的实施方式的作用效果进行说明。另外,在具体说明本实施方式的作用效果时,示出具体的例子进行说明。但是,与后述的实施例的情况同样,这些例示的方案只不过是本发明所包含的方案中的一部分,在该方案中存在很多变形。因此,本发明不限于例示的方案。

[0053] 本实施方式的广角光学系统是具有透镜成分的广角光学系统,其特征在于,透镜成分具有多个光学面,在透镜成分中,2个光学面与空气接触,并且,至少1个光学面是曲面,从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组、具有正屈光力的第2透镜组、以及具有正屈光力的第3透镜组,在从远点向近点调节焦点位置时,第2透镜组从第1位置朝向第2位置移动,第1位置是第1透镜组与第2透镜组的间隔成为最小的位置,第2位置是第2透镜组与第3透镜组的间隔成为最小的位置,第3透镜组具有9个以上的折射面,在第3透镜组的最靠像侧的具有负屈光力的接合面Sc的像侧具有正单透镜,在接合面Sc的物体侧具有多个负折射面,第3透镜组在比多个负折射面中的位于像侧的2个面靠物体侧的位置,具有至少1个满足以下的条件式(1)的正折射面Sp。

$$[0054] \quad 0.02 < fL/R_{sp} < 1.20 \quad (1)$$

[0055] 其中,

[0056] R_{sp} 是正折射面Sp的曲率半径,

[0057] fL 是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0058] 本实施方式的广角光学系统例如涉及视场角超过100度的广角光学系统。近年来,随着高分辨率监视器等出现,对观察时的画质要求较高的画质。本实施方式的广角光学系统是能够应对这样的要求的广角光学系统。

[0059] 此外,本实施方式的广角光学系统是使用了内对焦的光学系统。因此,在内对焦透镜的周围配置致动器。在本实施方式的广角光学系统中,即便在光学系统的周围配置致动器,光学系统整体的外径也较小。本实施方式的广角光学系统是尽管具有宽视场角、但在光

学系统的中央部的较长范围内将光线高度抑制得较低的光学系统。

[0060] 本实施方式的广角光学系统是具有透镜成分的广角光学系统。透镜成分具有多个光学面。在透镜成分中,2个光学面与空气接触,至少1个光学面是曲面。在透镜成分中例如包含单透镜和接合透镜。

[0061] 此外,在透镜成分中,透镜与平行平板也可以被接合。在该情况下,与空气接触的一个光学面是透镜面,与空气接触的另一个光学面是平面。单透镜与平行平板被接合的透镜成分看作是单透镜。接合透镜与平行平板被接合的透镜成分看作是接合透镜。

[0062] 此外,平凸透镜与平凹透镜也可以被接合。在该情况下,接合面是曲面,与空气接触的光学面是平面。

[0063] 透镜成分的物体侧的面是与空气接触的2个光学面中的位于物体侧的光学面。透镜成分的像侧的面是与空气接触的2个光学面中的位于像侧的光学面。在透镜成分为接合透镜的情况下,接合面位于物体侧的面与像侧的面之间。

[0064] 本实施方式的广角光学系统从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组、具有正屈光力的第2透镜组、以及具有正屈光力的第3透镜组。在从远点向近点调节焦点位置时,第2透镜组从第1位置朝向第2位置移动。该移动是第1透镜组与第2透镜组的间隔扩宽的方向上的移动,并且是第2透镜组与第3透镜组的间隔缩窄的方向上的移动。

[0065] 第1位置是第1透镜组与第2透镜组的间隔成为最小的位置。在第1位置处,第2透镜组在移动范围内位于最靠物体侧。在第1位置处,能够合焦于位于远点的物体。

[0066] 第2位置是第2透镜组与第3透镜组的间隔成为最小的位置。在第2位置处,第2透镜组在移动范围内位于最靠像侧。在第2位置处,能够合焦于位于近点的物体。

[0067] 第2透镜组为了调节焦点位置而移动。在第2透镜组的移动中使用致动器。致动器配置在第2透镜组的附近或者第3透镜组的附近。因此,在第2透镜组的附近或者第3透镜组的附近需要设置用于配置致动器的空间。

[0068] 第3透镜组具有9个以上的折射面,在第3透镜组的最靠像侧的具有负屈光力的接合面Sc的像侧具有正单透镜,在接合面Sc的物体侧具有多个负折射面。

[0069] 在本实施方式的广角光学系统中,使第2透镜组移动来调节焦点位置。因此,优选将第3透镜组的物体侧的光线高度抑制得较低。但是,也需要充分确保后焦距。

[0070] 当在广角光学系统中要确保较长的后焦距时,光学系统内的光线高度容易变高。如上所述,第2透镜组位于第3透镜组的物体侧。因此,在第3透镜组的物体侧,最好降低光线高度。但是,当要确保较长的后焦距时,在第3透镜组的物体侧暂时使光线高度变高,使其在像侧收敛。

[0071] 对此,在本实施方式的广角光学系统中,在第3透镜组较多地设置有折射面。具体而言,在第3透镜组配置有9个以上的折射面。通过这种方式,能够抑制光线高度在第3透镜组内的上升。

[0072] 在第3透镜组中,在最靠像侧的具有负屈光力的接合面Sc的像侧配置有正单透镜。通过这种方式,抑制了光线高度在第3透镜组的物体侧的上升。

[0073] 此外,在第3透镜组中,在接合面Sc的物体侧配置有多个负折射面。通过这种方式,使多个折射面分担第3透镜组中的负屈光力,抑制了光线高度的上升。

[0074] 第3透镜组在比多个负折射面中的位于像侧的2个面靠物体侧的位置,具有至少1

个满足条件式(1)的正折射面 S_p 。接合面 S_c 具有抑制光线高度的上升的作用。

[0075] 通过与正单透镜及多个负折射面一起使用折射面 S_p ,能够使光线在第3透镜组的物体侧不上升。其结果是,能够在从第2透镜组的物体侧到第3透镜组的中央附近的宽范围(以下称为“规定的范围”)内降低光线高度,而且,能够确保充分的后焦距。

[0076] 在值超过条件式(1)的上限值的情况下,难以校正球面像差、慧差及像散。在值低于条件式(1)的下限值的情况下,在规定的范围内光线高度容易变高,或者难以充分地确保后焦距。

[0077] 可以代替条件式(1)而满足以下的条件式(1')。

$$[0078] \quad 0.05 < fL/R_{sp} < 0.80 \quad (1')$$

[0079] 此外,还可以代替条件式(1)而满足以下的条件式(1'')。

$$[0080] \quad 0.08 < fL/R_{sp} < 0.50 \quad (1'')$$

[0081] 在本实施方式的广角光学系统中优选的是,正折射面 S_p 满足以下的条件式(2)。

$$[0082] \quad 1.5 < \Sigma D_{pc}/fL < 10.0 \quad (2)$$

[0083] 其中,

[0084] ΣD_{pc} 是从正折射面 S_p 到具有负屈光力的接合面 S_c 为止的光轴上的距离,

[0085] fL 是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0086] 从正折射面 S_p 到具有负屈光力的接合面 S_c 为止的光轴上的距离最好尽可能地长。通过这种方式,容易使光线高度的上升的抑制、较长的后焦距的确保、以及良好的像差校正达成良好的平衡。

[0087] 在值超过条件式(2)的上限值的情况下,光学系统的全长容易变长。在值低于条件式(2)的下限值的情况下,光线高度的上升的抑制、较长的后焦距的确保、以及良好的像差校正达不成良好的平衡。

[0088] 可以代替条件式(2)而满足以下的条件式(2')。

$$[0089] \quad 2.0 < \Sigma D_{pc}/fL < 8.0 \quad (2')$$

[0090] 此外,还可以代替条件式(2)而满足以下的条件式(2'')。

$$[0091] \quad 2.5 < \Sigma D_{pc}/fL < 6.0 \quad (2'')$$

[0092] 本实施方式的广角光学系统优选满足以下的条件式(3)。

$$[0093] \quad 2.0 < \Sigma D_3/fL < 15.0 \quad (3)$$

[0094] 其中,

[0095] ΣD_3 是第3透镜组的最靠物体侧的透镜面至最靠像侧的透镜面的光轴上的距离,
 fL 是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0096] 在值超过条件式(3)的上限值的情况下,光学系统的全长容易变长,或者难以确保充分的后焦距。在值低于条件式(3)的下限值的情况下,难以校正球面像差、慧差及像散。

[0097] 可以代替条件式(3)而满足以下的条件式(3')。

$$[0098] \quad 3.0 < \Sigma D_3/fL < 12.0 \quad (3')$$

[0099] 此外,还可以代替条件式(3)而满足以下的条件式(3'')。

$$[0100] \quad 4.0 < \Sigma D_3/fL < 9.0 \quad (3'')$$

[0101] 在本实施方式的广角光学系统中优选的是,第3透镜组包含同时满足以下的条件式(4)、(5)的透镜成分。

[0102] $1/r_2 < 1/r_1$ (4)

[0103] $1/f_{3x} < 1/10 \times fL$ (5)

[0104] 其中,

[0105] r_1 是第3透镜组的各透镜成分的最靠物体侧的面的曲率半径,

[0106] r_2 是第3透镜组的各透镜成分的最靠像侧的面的曲率半径,

[0107] f_{3x} 是第3透镜组的各透镜成分的焦距,

[0108] fL 是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0109] 条件式(4)示出透镜成分为凸透镜(双凸透镜、凸弯月透镜、平凸透镜)。另一方面,条件式(5)示出透镜成分具有较小的正屈光力或者具有负屈光力。

[0110] 即,同时满足条件式(4)、(5)的透镜成分即便假设为双凸形状,也具有较大的负屈光力的面。这样的透镜成分大大有助于兼顾像差校正和光线高度的上升的抑制。因此,通过使用这样的透镜成分,能够兼顾像差校正与光线高度的上升的抑制。

[0111] 此外,在具有多个这样的透镜成分的情况下,能够使正屈光力的面与负屈光力的面大体交替地配置。在该情况下,在与广角光学系统的焦距相同程度的间隔配置正屈光力的面和负屈光力的面,对各个折射面分配合适大小的屈光力。通过这种方式,能够同时进行光线高度的上升的抑制、较长的后焦距的确保、以及良好的像差校正。

[0112] 在不同同时满足条件式(4)和条件式(5)的情况下,正屈光力与负屈光力的分配不易取得平衡。其结果是,难以同时进行光线高度的上升的抑制、较长的后焦距的确保、以及良好的像差校正。

[0113] 可以代替条件式(5)而满足以下的条件式(5')。

[0114] $1/f_{3x} < 1/20 \times fL$ (5')

[0115] 此外,还可以代替条件式(5)而满足以下的条件式(5'')。

[0116] $1/f_{3x} < 1/25 \times fL$ (5'')

[0117] 本实施方式的广角光学系统优选满足以下的条件式(6)。

[0118] $-1.5 < \beta 3F < -0.3$ (6)

[0119] 其中,

[0120] $\beta 3F$ 是第2透镜组在第1位置处时的第3透镜组的倍率。

[0121] 在值超过条件式(6)的上限值的情况下,难以确保充分的后焦距。在值低于条件式(6)的下限值的情况下,难以确保有效F值。有效F值例如是第2位置处的F值。在难以确保有效F值的情况下,即,在无法抑制F值的增大的情况下,在第2位置处,难以校正像差,或者难以避免因衍射引起的成像性能的劣化。

[0122] 可以代替条件式(6)而满足以下的条件式(6')。

[0123] $-1.2 < \beta 3F < -0.4$ (6')

[0124] 此外,还可以代替条件式(6)而满足以下的条件式(6'')。

[0125] $-1.0 < \beta 3F < -0.5$ (6'')

[0126] 本实施方式的广角光学系统优选满足以下的条件式(7)。

[0127] $2.0 < f_3/fL < 6.0$ (7)

[0128] 其中,

[0129] f_3 是第3透镜组的焦距,

[0130] f_L 是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0131] 在值超过条件式(7)的上限值的情况下,难以在规定的范围内抑制光线高度的上升。在值低于条件式(7)的下限值的情况下,难以确保充分的后焦距,或者难以确保有效F值。在该情况下,难以校正像差,或者难以避免因衍射引起的成像性能的劣化。

[0132] 可以代替条件式(7)而满足以下的条件式(7')。

$$[0133] \quad 2.5 < f_3/f_L < 5.0 \quad (7')$$

[0134] 此外,还可以代替条件式(7)而满足以下的条件式(7'')。

$$[0135] \quad 3.0 < f_3/f_L < 4.5 \quad (7'')$$

[0136] 本实施方式的广角光学系统优选满足以下的条件式(8)。

$$[0137] \quad -0.8 < f_L/f_{31} < 1.0 \quad (8)$$

[0138] 其中,

[0139] f_{31} 是第3透镜组的位于最靠物体侧的透镜成分的焦距,

[0140] f_L 是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0141] 在值超过条件式(8)的上限值的情况下,容易产生球面像差和慧差,或者制造误差灵敏度容易变高。即便使用像素数多的摄像元件,也难以取得与该像素数相应的清晰图像。此外,也难以确保所希望的后焦距。在值低于条件式(8)的下限值的情况下,光线高度变高。因此,在将本实施方式的广角光学系统用于内窥镜的光学系统的情况下,插入部的直径变大。

[0142] 可以代替条件式(8)而满足以下的条件式(8')。

$$[0143] \quad -0.5 < f_L/f_{31} < 0.7 \quad (8')$$

[0144] 此外,还可以代替条件式(8)而满足以下的条件式(8'')。

$$[0145] \quad -0.3 < f_L/f_{31} < 0.5 \quad (8'')$$

[0146] 本实施方式的广角光学系统优选具有第1折射面,第1折射面是满足以下的条件式(9)的折射面,在从第3透镜组的最靠物体侧的面顶朝向像侧 $2.5 \times f_L$ 以内的距离处具有第1折射面。

$$[0147] \quad 0.10 < (n_{a\text{SNi}}' - n_{a\text{SNi}}) / r_{a\text{SNi}} < 0.70 \quad (9)$$

[0148] 其中,

[0149] $n_{a\text{SNi}}$ 是位于第1折射面的物体侧的介质的相对于d线的折射率,

[0150] $n_{a\text{SNi}}'$ 是位于第1折射面的像侧的介质的相对于d线的折射率,

[0151] $r_{a\text{SNi}}$ 是第1折射面的光轴附近处的曲率半径,

[0152] f_L 是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0153] 在值超过条件式(9)的上限值的情况下,难以校正球面像差和慧差。在值低于条件式(9)的下限值的情况下,无法在规定的范围内维持较低的光线高度。

[0154] 可以代替条件式(9)而满足以下的条件式(9')。

$$[0155] \quad 0.15 < (n_{a\text{SNi}}' - n_{a\text{SNi}}) / r_{a\text{SNi}} < 0.55 \quad (9')$$

[0156] 此外,还可以代替条件式(9)而满足以下的条件式(9'')。

$$[0157] \quad 0.20 < (n_{a\text{SNi}}' - n_{a\text{SNi}}) / r_{a\text{SNi}} < 0.45 \quad (9'')$$

[0158] 如上所述, $n_{a\text{SNi}}$ 和 $n_{a\text{SNi}}'$ 表示折射率。更详细而言, $n_{a\text{SNi}}$ 是位于第1折射面的物体侧且与第1折射面相邻的介质的相对于d线的折射率, $n_{a\text{SNi}}'$ 是位于第1折射面的像侧且与第1

折射面相邻的介质的相对于d线的折射率。

[0159] 本实施方式的广角光学系统优选具有第2折射面,第2折射面是满足以下的条件式(10)的折射面,在从第3透镜组的最靠物体侧的面顶朝向像侧 $2.5 \times fL$ 以上的距离处具有第2折射面。

$$[0160] \quad -0.60 < (n_{bSNi} - n_{bSNi}') / r_{bSNi} < -0.05 \quad (10)$$

[0161] 其中,

[0162] n_{bSNi} 是位于第2折射面的物体侧的介质的相对于d线的折射率,

[0163] n_{bSNi}' 是位于第2折射面的像侧的介质的相对于d线的折射率,

[0164] r_{bSNi} 是第2折射面的光轴附近处的曲率半径,

[0165] fL 是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0166] 在值超过条件式(10)的上限值的情况下,无法在规定的范围内维持较低的光线高度。在值低于条件式(10)的下限值的情况下,难以校正球面像差和慧差。

[0167] 可以代替条件式(10)而满足以下的条件式(10')。

$$[0168] \quad -0.55 < (n_{bSNi} - n_{bSNi}') / r_{bSNi} < -0.09 \quad (10')$$

[0169] 此外,还可以代替条件式(10)而满足以下的条件式(10'')。

$$[0170] \quad -0.50 < (n_{bSNi} - n_{bSNi}') / r_{bSNi} < -0.12 \quad (10'')$$

[0171] 如上所述, n_{bSNi} 和 n_{bSNi}' 表示折射率。更详细而言, n_{bSNi} 是位于第2折射面的物体侧且与第2折射面相邻的介质的相对于d线的折射率, n_{bSNi}' 是位于第2折射面的像侧且与第2折射面相邻的介质的相对于d线的折射率。

[0172] 在本实施方式的广角光学系统中优选的是,第3透镜组具有多个正单透镜,多个正单透镜中的位于最靠像侧的正单透镜满足以下的条件式(11)。

$$[0173] \quad 2.0 < f_{3R} / fL < 10.0 \quad (11)$$

[0174] 其中,

[0175] f_{3R} 是位于最靠像侧的正单透镜的焦距,

[0176] fL 是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0177] 在值超过条件式(11)的上限值的情况下,难以在确保充分的后焦距的同时充分地确保射出侧的数值孔径。在值低于条件式(11)的下限值的情况下,难以校正轴外像差,例如难以校正像散。

[0178] 可以代替条件式(11)而满足以下的条件式(11')。

$$[0179] \quad 2.5 < f_{3R} / fL < 8.0 \quad (11')$$

[0180] 此外,还可以代替条件式(11)而满足以下的条件式(11'')。

$$[0181] \quad 3.0 < f_{3R} / fL < 7.0 \quad (11'')$$

[0182] 在本实施方式的广角光学系统中优选的是,第3透镜组具有位于最靠物体侧的物体侧接合透镜和位于最靠像侧的像侧接合透镜,满足以下的条件式(12)。

$$[0183] \quad -30 < (v_{3RCP} - v_{3RCN}) - (v_{3FCP} - v_{3FCN}) < 110 \quad (12)$$

[0184] 其中,

[0185] v_{3FCP} 是物体侧接合透镜的正透镜的d线阿贝数,

[0186] v_{3FCN} 是物体侧接合透镜的负透镜的d线阿贝数,

[0187] v_{3RCP} 是像侧接合透镜的正透镜的d线阿贝数,

[0188] v_{3RCN} 是像侧接合透镜的负透镜的d线阿贝数。

[0189] 在值超过条件式(12)的上限值的情况下,轴向色差容易变得校正过度,并且,倍率色差容易变得校正不足。在值低于条件式(12)的下限值的情况下,轴向色差容易变得校正不足,并且,倍率色差容易变得校正过度。

[0190] 可以代替条件式(12)而满足以下的条件式(12')。

$$[0191] \quad -20 < (v_{3RCP} - v_{3RCN}) - (v_{3FCP} - v_{3FCN}) < 100 \quad (12')$$

[0192] 此外,还可以代替条件式(12)而满足以下的条件式(12'')。

$$[0193] \quad -15 < (v_{3RCP} - v_{3RCN}) - (v_{3FCP} - v_{3FCN}) < 95 \quad (12'')$$

[0194] 在本实施方式的广角光学系统中优选的是,第3透镜组的位于最靠像侧的接合面满足以下的条件式(13)。

$$[0195] \quad -0.80 < fL/r_{SNr} < 0.60 \quad (13)$$

[0196] 其中,

[0197] r_{SNr} 是位于最靠像侧的接合面的光轴附近处的曲率半径,

[0198] fL 是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0199] 在值超过条件式(13)的上限值的情况下,难以校正轴外像差,例如难以校正像散。在值低于条件式(13)的下限值的情况下,球面像差容易变得校正过度。

[0200] 可以代替条件式(13)而满足以下的条件式(13')。

$$[0201] \quad -0.70 < fL/r_{SNr} < 0.50 \quad (13')$$

[0202] 此外,还可以代替条件式(13)而满足以下的条件式(13'')。

$$[0203] \quad -0.65 < fL/r_{SNr} < 0.45 \quad (13'')$$

[0204] 在本实施方式的广角光学系统中优选的是,在第3透镜组的从物体侧数直至第3个为止的透镜成分中,包含满足以下的条件式(14)、(15)、(16)的接合透镜。

$$[0205] \quad -1.0 < (r_{3XF} - r_{3XR}) / (r_{3XF} + r_{3XR}) < 0.5 \quad (14)$$

$$[0206] \quad 1/r_{3XC} \times r_{3XF} < 0 \quad (15)$$

$$[0207] \quad 1/r_{3XC} \times r_{3XR} < 0 \quad (16)$$

[0208] 其中,

[0209] r_{3XF} 是规定的接合透镜的最靠物体侧的面的曲率半径,

[0210] r_{3XR} 是规定的接合透镜的最靠像侧的面的曲率半径,

[0211] r_{3XC} 是规定的接合透镜的接合面在光轴上的曲率半径,

[0212] 规定的接合透镜是满足条件式(14)、(15)、(16)的接合透镜。

[0213] 在从物体侧数直至第3个为止的透镜成分中也可以包含多个接合透镜。在该情况下,1个接合透镜是满足条件式(14)、(15)、(16)的接合透镜即可。

[0214] 条件式(14)针对与所谓形状因子(shape factor)的倒数相当的量进行了规定。条件式(15)、(16)规定了接合面与任意一个空气接触面的方向是相反的。空气接触面是透镜成分的最靠物体侧的面和透镜成分的最靠像侧的面。

[0215] 在不满足条件式(14)、(15)、(16)中的任意一个条件式(14)的情况下,难以兼顾在规定的范围内将光线高度维持得较低以及确保充分的后焦距这两者。

[0216] 可以代替条件式(14)而满足以下的条件式(14')。

$$[0217] \quad -0.8 < (r_{3XF} - r_{3XR}) / (r_{3XF} + r_{3XR}) < 0.3 \quad (14')$$

[0218] 此外,还可以代替条件式(14)而满足以下的条件式(14”)。

$$[0219] \quad -0.6 < (r_{3XF} - r_{3XR}) / (r_{3XF} + r_{3XR}) < 0.2 \quad (14'')$$

[0220] 在本实施方式的广角光学系统中优选的是,第3透镜组具有多个正透镜,多个正透镜具有第1正透镜和第2正透镜,第1正透镜是在多个正透镜中位于最靠物体侧的正透镜,第2正透镜是在多个正透镜中位于从物体侧起第二位的正透镜,满足以下的条件式(17)。

$$[0221] \quad -75 < v_{31P} - v_{32P} < 35 \quad (17)$$

[0222] 其中,

[0223] v_{31P} 是第1正透镜的阿贝数

[0224] v_{32P} 是第2正透镜的阿贝数。

[0225] 在值超过条件式(17)的上限值的情况下,即便能够良好地校正倍率色差,轴向色差也容易变得校正过度。在值低于条件式(17)的下限值的情况下,即便能够良好地校正倍率色差,轴向色差也容易变得校正不足。

[0226] 可以代替条件式(17)而满足以下的条件式(17’)。

$$[0227] \quad -65 < v_{31P} - v_{32P} < 25 \quad (17')$$

[0228] 此外,还可以代替条件式(17)而满足以下的条件式(17”)。

$$[0229] \quad -60 < v_{31P} - v_{32P} < 20 \quad (17'')$$

[0230] 在本实施方式的广角光学系统中优选的是,第3透镜组具有多个正透镜,多个正透镜具有第1正透镜、第2正透镜、以及第3正透镜,第1正透镜是在多个正透镜中位于最靠物体侧的正透镜,第2正透镜是在多个正透镜中位于从物体侧起第二位的正透镜,第3正透镜是在多个正透镜中位于从物体侧起第三位的正透镜,满足以下的条件式(18)。

$$[0231] \quad -10 < v_{33P} - (v_{31P} + v_{32P}) / 2 < 70 \quad (18)$$

[0232] 其中,

[0233] v_{31P} 是第1正透镜的阿贝数

[0234] v_{32P} 是第2正透镜的阿贝数,

[0235] v_{33P} 是第3正透镜的阿贝数。

[0236] 在值超过条件式(18)的上限值的情况下,即便能够良好地校正倍率色差,轴向色差也容易变得校正不足。在值低于条件式(18)的下限值的情况下,即便能够良好地校正倍率色差,轴向色差也容易变得校正过度。

[0237] 可以代替条件式(18)而满足以下的条件式(18’)。

$$[0238] \quad 0 < v_{33P} - (v_{31P} + v_{32P}) / 2 < 60 \quad (18')$$

[0239] 此外,还可以代替条件式(18)而满足以下的条件式(18”)。

$$[0240] \quad 5 < v_{33P} - (v_{31P} + v_{32P}) / 2 < 50 \quad (18'')$$

[0241] 在本实施方式的广角光学系统中优选的是,第3透镜组具有多个负透镜,多个负透镜具有第1负透镜和第2负透镜,第1负透镜是在多个负透镜中位于最靠物体侧的负透镜,第2负透镜是在多个负透镜中位于从物体侧起第二位的负透镜,满足以下的条件式(19)。

$$[0242] \quad -20 < v_{31N} - v_{32N} < 40 \quad (19)$$

[0243] 其中,

[0244] v_{31N} 是第1负透镜的阿贝数,

[0245] v_{32N} 是第2负透镜的阿贝数。

[0246] 在值超过条件式(19)的上限值的情况下,即便能够良好地校正倍率色差,轴向色差也容易变得校正不足。在值低于条件式(19)的下限值的情况下,即便能够良好地校正倍率色差,轴向色差也容易变得校正过度。

[0247] 可以代替条件式(19)而满足以下的条件式(19')。

$$[0248] \quad -16 < v_{31N} - v_{32N} < 33 \quad (19')$$

[0249] 此外,还可以代替条件式(19)而满足以下的条件式(19'')。

$$[0250] \quad -12 < v_{31N} - v_{32N} < 28 \quad (19'')$$

[0251] 在本实施方式的广角光学系统中优选的是,第3透镜组在焦点位置调节时是固定的。

[0252] 第3透镜组的透镜成分的片数多。此外,在第3透镜组中,制造误差灵敏度变高的趋势强。因此,第3透镜组优选在焦点位置调节时是固定的。

[0253] 以下,说明第1透镜组中的优选结构和条件式、以及第2透镜组中的优选结构和条件式。

[0254] 本实施方式的广角光学系统优选满足以下的条件式(20)。

$$[0255] \quad -50 < (R21F+R21R) / (R21F-R21R) < 15 \quad (20)$$

[0256] 其中,

[0257] R21F是规定的透镜成分的物体侧的面的曲率半径,

[0258] R21R是规定的透镜成分的像侧的面的曲率半径,

[0259] 规定的透镜成分是在第2透镜组中位于最靠物体侧的透镜成分。

[0260] 在值超过条件式(20)的上限值的情况下,焦点位置调节时的像散的变动容易变大。在值低于条件式(20)的下限值的情况下,焦点位置调节时的球面像差的变动容易变大。

[0261] 可以代替条件式(20)而满足以下的条件式(20')。

$$[0262] \quad -30 < (R21F+R21R) / (R21F-R21R) < 10 \quad (20')$$

[0263] 此外,还可以代替条件式(20)而满足以下的条件式(20'')。

$$[0264] \quad -15 < (R21F+R21R) / (R21F-R21R) < 7 \quad (20'')$$

[0265] 本实施方式的广角光学系统优选满足以下的条件式(21)。

$$[0266] \quad 0.3 < D21 / fL < 2.0 \quad (21)$$

[0267] 其中,

[0268] D21是第2透镜组的最靠物体侧的面与最靠像侧的面的光轴上的距离,

[0269] fL是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距,

[0270] 在值超过条件式(21)的上限值的情况下,难以在规定的范围内将光线高度维持得较低。在值低于条件式(21)的下限值的情况下,焦点位置调节时的球面像差的变动与像散的变动难以取得平衡。其结果是,难以维持焦点位置调节时的像面的平坦性。

[0271] 可以代替条件式(21)而满足以下的条件式(21')。

$$[0272] \quad 0.4 < D21 / fL < 1.5 \quad (21')$$

[0273] 此外,还可以代替条件式(21)而满足以下的条件式(21'')。

$$[0274] \quad 0.5 < D21 / fL < 1.0 \quad (21'')$$

[0275] 本实施方式的广角光学系统优选满足以下的条件式(22)。

$$[0276] \quad 1.04 < \beta 2F < 1.40 \quad (22)$$

[0277] 其中,

[0278] β_{2F} 是第1位置处的第2透镜组的倍率。

[0279] 在值超过条件式(22)的上限值的情况下,相对于第2透镜组的移动量的焦点移动量(以下称为“对焦灵敏度”)变得过高。在该情况下,使第2透镜组停止时的精度(以下称为“停止精度”)变得过高。因此,移动机构变得复杂。

[0280] 在值低于条件式(22)的下限值的情况下,对焦灵敏度容易变低。在该情况下,第2透镜组的移动量增加,因此,必须扩宽移动用的空间。因此,光学单元变大。

[0281] 可以代替条件式(22)而满足以下的条件式(22')。

[0282] $1.06 < \beta_{2F} < 1.35$ (22')

[0283] 此外,还可以代替条件式(22)而满足以下的条件式(22'')。

[0284] $1.08 < \beta_{2F} < 1.30$ (22'')

[0285] 本实施方式的广角光学系统优选满足以下的条件式(23)。

[0286] $1.01 < \beta_{2N}/\beta_{2F} < 1.15$ (23)

[0287] 其中,

[0288] β_{2F} 是第1位置处的第2透镜组的倍率,

[0289] β_{2N} 是第2位置处的第2透镜组的倍率。

[0290] 在满足条件式(23)的情况下,远点的焦距变短,因此,能够在远点确保宽视场角。此外,近点的焦距变长,因此,能够在近点得到高倍率。

[0291] 在远点具有宽视场角且在近点具有高倍率的光学系统适合于内窥镜的光学系统。因此,本实施方式的广角光学系统能够用作内窥镜的光学系统。

[0292] 在内窥镜中,例如观察宽范围来确认有无病变部。然后,在确认到病变部的情况下,将病变部放大并详细进行观察。因此,内窥镜的光学系统优选在远点观察中具有宽视场角,在近点观察中具有高倍率。

[0293] 此外,在近点观察中,需要详细地观察病变部。因此,在内窥镜的光学系统中,优选能够高精度地进行合焦。

[0294] 在值超过条件式(23)的上限值的情况下,近点侧的对焦灵敏度变高。在该情况下,近点侧的停止精度变高。因此,难以高精度地进行合焦。在值低于条件式(23)的下限值的情况下,难以确保远点观察中的宽视场角以及确保近点观察中的高倍率。因此,不适合于内窥镜的光学系统。

[0295] 可以代替条件式(23)而满足以下的条件式(23')。

[0296] $1.01 < \beta_{2N}/\beta_{2F} < 1.10$ (23')

[0297] 此外,还可以代替条件式(23)而满足以下的条件式(23'')。

[0298] $1.02 < \beta_{2N}/\beta_{2F} < 1.07$ (23'')

[0299] 本实施方式的广角光学系统优选满足以下的条件式(24)。

[0300] $0.10 < (1 - \beta_{2F}^2) \times \beta_{3F}^2 < 0.45$ (24)

[0301] 其中,

[0302] β_{2F} 是第1位置处的第2透镜组的倍率,

[0303] β_{3F} 是第1位置处的第3透镜组的倍率。

[0304] 在值超过条件式(24)的上限值的情况下,远点侧的对焦灵敏度变得过高。在该情

况下,远点侧的停止精度变高。在值低于条件式(24)的下限值的情况下,远点侧的对焦灵敏度容易变低。在该情况下,由于第2透镜组的移动量增加,因此,必须扩宽移动用的空间。因此,光学单元变大。

[0305] 可以代替条件式(24)而满足以下的条件式(24')。

$$[0306] \quad 0.13 < (1 - \beta_2 F^2) \times \beta_3 F^2 < 0.40 \quad (24')$$

[0307] 此外,还可以代替条件式(24)而满足以下的条件式(24'')。

$$[0308] \quad 0.16 < (1 - \beta_2 F^2) \times \beta_3 F^2 < 0.35 \quad (24'')$$

[0309] 本实施方式的广角光学系统优选满足以下的条件式(25)。

$$[0310] \quad 0.15 < (1 - \beta_2 N^2) \times \beta_3 N^2 < 0.60 \quad (25)$$

[0311] 其中,

[0312] $\beta_2 N$ 是第2透镜组在第2位置处时的第2透镜组的倍率,

[0313] $\beta_3 N$ 是第2透镜组在第2位置处时的第3透镜组的倍率。

[0314] 在值超过条件式(25)的上限值的情况下,近点侧的对焦灵敏度变得过高。在该情况下,近点侧的停止精度变高。在值低于条件式(25)的下限值的情况下,近点侧的对焦灵敏度容易变低。在该情况下,由于第2透镜组的移动量增加,因此,必须扩宽移动用的空间。

[0315] 可以代替条件式(25)而满足以下的条件式(25')。

$$[0316] \quad 0.20 < (1 - \beta_2 N^2) \times \beta_3 N^2 < 0.50 \quad (25')$$

[0317] 此外,还可以代替条件式(25)而满足以下的条件式(25'')。

$$[0318] \quad 0.25 < (1 - \beta_2 N^2) \times \beta_3 N^2 < 0.42 \quad (25'')$$

[0319] 在本实施方式的广角光学系统中优选的是,第2透镜组仅具有正透镜。

[0320] 通过这种方式,能够减小焦点位置调节时的像散的变动。

[0321] 在本实施方式的广角光学系统中优选的是,第1透镜组仅具有满足以下的条件式(26)的透镜成分。

$$[0322] \quad 1/r_{1XF} < 1/r_{1XR} \quad (26)$$

[0323] 其中,

[0324] r_{1XF} 是第1透镜组的各透镜成分的最靠物体侧的面在光轴上的曲率半径,

[0325] r_{1XR} 是第1透镜组的各透镜成分的最靠像侧的面在光轴上的曲率半径。

[0326] 在不满足条件式(26)的情况下,难以进行像散的校正。

[0327] 在本实施方式的广角光学系统中优选的是,第1透镜组仅具有多个负单透镜,多个负单透镜分别具有比第3透镜组的最靠物体侧的正透镜大的阿贝数。

[0328] 为了在具有非常宽的视场角的光学系统中降低光线高度,尽可能缩短从入射面到入射光瞳位置为止的距离是有效的。因此,也可以将并不在第1透镜组中配置校正色差的透镜考虑为是选项之一。在校正色差的透镜没有配置于第1透镜组的情况下,第1透镜组仅具有单透镜。

[0329] 在该情况下,在第1透镜组中,容易产生倍率色差。但是,在第1透镜组中产生的倍率色差能够通过第3透镜组进行校正。此时,使第1透镜组的负单透镜的阿贝数大于第3透镜组的最靠物体侧的正透镜的阿贝数。

[0330] 第3透镜组的最靠物体侧的正透镜位于与第1透镜组的负单透镜最近的距离处。因此,能够不使轴向色差恶化而校正倍率色差。在第1透镜组的负单透镜的阿贝数小于第3透

镜组的最靠物体侧的正透镜的阿贝数的情况下,难以同时校正轴向色差和倍率色差。

[0331] 本实施方式的广角光学系统优选满足以下的条件式(27)。

$$[0332] \quad 0.20 < SD1/fL < 5.0 \quad (27)$$

[0333] 其中,

[0334] SD1是从第1透镜组的最靠物体侧的面顶到第1透镜组的最靠像侧的面顶为止的距离,

[0335] fL是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0336] 通过满足条件式(27),能够在不增大第1透镜组的外径尤其是最靠物体侧的透镜的外径的状态下确保后焦距,并且,即便视场角变宽,也能够良好地校正轴外像差,例如像散。

[0337] 在值超过条件式(27)的上限值的情况下,最靠物体侧的透镜的外径容易变大。在值低于条件式(27)的下限值的情况下,难以确保适当的后焦距,或者难以校正轴外像差。

[0338] 可以代替条件式(27)而满足以下的条件式(27')。

$$[0339] \quad 0.25 < SD1/fL < 4.0 \quad (27')$$

[0340] 此外,还可以代替条件式(27)而满足以下的条件式(27'')。

$$[0341] \quad 0.30 < SD1/fL < 3.5 \quad (27'')$$

[0342] 本实施方式的广角光学系统优选满足以下的条件式(28)。

$$[0343] \quad 3.5 < fB/fL < 10 \quad (28)$$

[0344] 其中,

[0345] fB是从最靠像侧的透镜成分的像侧的面顶到成像面为止的距离的空气换算长度,

[0346] fL是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0347] 在值超过条件式(28)的上限值的情况下,难以在规定的范围内降低光线高度。或者成像性能劣化。在值低于条件式(28)的下限值的情况下,难以在确保适当的后焦距的同时在规定的范围内降低光线高度,并且难以良好地校正各种像差。

[0348] 在本实施方式的广角光学系统中优选满足以下的条件式(29)。

$$[0349] \quad 2 \times y_{\max} < fL \times \tan \omega_{\max} \quad (29)$$

[0350] 其中,

[0351] y_{\max} 是最大像高,

[0352] ω_{\max} 是与最大像高对应的视场角,

[0353] fL是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0354] 本实施方式的广角光学系统是具有高分辨率、并且配置有焦点位置调节所需的致动器的外径小的光学系统。因此,本实施方式的广角光学系统能够用于内窥镜的光学系统。

[0355] 为了将本实施方式的广角光学系统用于内窥镜的光学系统,例如优选确保100度以上的视场角。在具有100度以上的视场角的光学系统中,允许产生畸变像差。因此,这样的光学系统不满足以下的式(A)。式(A)是没有畸变像差的条件。

$$[0356] \quad y_{\max} = fL \times \tan \omega_{\max} \quad (A)$$

[0357] 取而代之,本实施方式的广角光学系统满足条件式(29)。通过满足条件式(29),能够在确保宽视场角的同时减小光学单元的外径。因此,能够将本实施方式的广角光学系统用于内窥镜的光学系统。

[0358] 本实施方式的广角光学系统优选满足以下的条件式(30)。

$$[0359] \quad ER3 < fL / (2 \times F_{EX}) \quad (30)$$

[0360] 其中，

[0361] ER3是接合面Sc的有效半径，

[0362] F_{EX} 是第2透镜组在第1位置处时的有效F值，

[0363] fL是第2透镜组在第1位置处时的广角光学系统的焦距。

[0364] 条件式(30)是与光线高度相关的条件式。通过满足条件式(30)，能够将本实施方式的广角光学系统用于内窥镜的光学系统。有效半径由面中的最外光线高度决定。

[0365] 本实施方式的摄像装置的特征在于，具有光学系统和配置于像面的摄像元件，摄像元件具有摄像面，并且将通过光学系统形成在摄像面上的像转换成电信号，光学系统是上述的广角光学系统。

[0366] 根据实施方式的摄像装置，即便使用像素数多的摄像元件，也能够取得与该像素数相应的清晰图像。

[0367] 以下，基于附图对广角光学系统的实施例详细进行说明。另外，不通过该实施例来限定本发明。

[0368] 对各实施例的透镜剖视图进行说明。(a)是远点处的剖视图，(b)是近点处的剖视图。

[0369] 第1透镜组由G1示出，第2透镜组由G2示出，第3透镜组由G3示出，亮度光圈由S示出，滤光片由F示出，玻璃罩由C、C1、C2示出，棱镜由P示出，像面(摄像面)由I示出。

[0370] 对各实施例的像差图进行说明。按照远点处的像差图、近点处的像差图的顺序示出像差图。在远点处的像差图中，(a)示出球面像差(SA)，(b)示出像散(AS)，(c)示出倍率色差(CC)，(d)示出畸变像差(DT)。在近点处的像差图中，(e)示出球面像差(SA)，(f)示出像散(AS)，(g)示出倍率色差(CC)，(h)示出畸变像差(DT)。

[0371] 实施例1的广角光学系统从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组G1、具有正屈光力的第2透镜组G2、以及具有正屈光力的第3透镜组G3。

[0372] 第1透镜组G1具有平凹负透镜L1、双凹负透镜L2以及凸面朝向物体侧的正弯月透镜L3。双凹负透镜L2与正弯月透镜L3接合。

[0373] 第2透镜组G2具有凸面朝向物体侧的正弯月透镜L4。

[0374] 第3透镜组G3具有凸面朝向物体侧的负弯月透镜L5、双凸正透镜L6、凸面朝向物体侧的负弯月透镜L7、双凸正透镜L8、双凹负透镜L9、双凸正透镜L10、双凸正透镜L11、以及凸面朝向物体侧的负弯月透镜L12。

[0375] 负弯月透镜L5与双凸正透镜L6接合。负弯月透镜L7与双凸正透镜L8接合。双凹负透镜L9与双凸正透镜L10接合。

[0376] 在第1透镜组G1中配置有滤光片F。在第3透镜组G3中配置有亮度光圈S。在第3透镜组G3的像侧配置有玻璃罩C和棱镜P。

[0377] 在焦点位置的调节中，第2透镜组G2移动。在从远点向近点调节时，第2透镜组G2向像侧移动。

[0378] 实施例2的广角光学系统从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组G1、具有正屈光力的第2透镜组G2、以及具有正屈光力的第3透镜组G3。

- [0379] 第1透镜组G1具有平凹负透镜L1、双凹负透镜L2、以及双凸正透镜L3。双凹负透镜L2与双凸正透镜L3接合。
- [0380] 第2透镜组G2具有凸面朝向物体侧的正弯月透镜L4。
- [0381] 第3透镜组G3具有双凸正透镜L5、双凹负透镜L6、双凸正透镜L7、凸面朝向像侧的正弯月透镜L8、凸面朝向像侧的负弯月透镜L9、以及双凸正透镜L10。
- [0382] 双凹负透镜L6与双凸正透镜L7接合。正弯月透镜L8与负弯月透镜L9接合。
- [0383] 在第1透镜组G1中配置有滤光片F。在第3透镜组G3中配置有亮度光圈S。在第3透镜组G3的像侧配置有玻璃罩C1、棱镜P、以及玻璃罩C2。
- [0384] 在焦点位置的调节中,第2透镜组G2移动。在从远点向近点调节时,第2透镜组G2向像侧移动。
- [0385] 实施例3的广角光学系统从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组G1、具有正屈光力的第2透镜组G2、以及具有正屈光力的第3透镜组G3。
- [0386] 第1透镜组G1具有平凹负透镜L1。
- [0387] 第2透镜组G2具有凸面朝向像侧的正弯月透镜L2。
- [0388] 第3透镜组G3具有双凸正透镜L3、双凹负透镜L4、双凸正透镜L5、凸面朝向像侧的正弯月透镜L6、凸面朝向像侧的负弯月透镜L7、以及双凸正透镜L8。
- [0389] 双凹负透镜L4与双凸正透镜L5接合。正弯月透镜L6与负弯月透镜L7接合。
- [0390] 在第1透镜组G1与第2透镜组G2之间配置有滤光片F。在第3透镜组G3中配置有亮度光圈S。在第3透镜组G3的像侧配置有玻璃罩C1、棱镜P、以及玻璃罩C2。
- [0391] 在焦点位置的调节中,第2透镜组G2移动。在从远点向近点调节时,第2透镜组G2向像侧移动。
- [0392] 实施例4的广角光学系统从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组G1、具有正屈光力的第2透镜组G2、以及具有正屈光力的第3透镜组G3。
- [0393] 第1透镜组G1具有平凹负透镜L1、双凹负透镜L2、以及双凸正透镜L3。双凹负透镜L2与双凸正透镜L3接合。
- [0394] 第2透镜组G2具有凸面朝向物体侧的正弯月透镜L4。
- [0395] 第3透镜组G3具有双凸正透镜L5、双凹负透镜L6、双凸正透镜L7、凸面朝向像侧的正弯月透镜L8、凸面朝向像侧的负弯月透镜L9、以及双凸正透镜L10。
- [0396] 双凸正透镜L5与双凹负透镜L6接合。正弯月透镜L8与负弯月透镜L9接合。
- [0397] 在第1透镜组G1与第2透镜组G2之间配置有滤光片F。在第3透镜组G3中配置有亮度光圈S。在第3透镜组G3的像侧配置有玻璃罩C1、棱镜P、以及玻璃罩C2。
- [0398] 在焦点位置的调节中,第2透镜组G2移动。在从远点向近点调节时,第2透镜组G2向像侧移动。
- [0399] 实施例5的广角光学系统从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组G1、具有正屈光力的第2透镜组G2、以及具有正屈光力的第3透镜组G3。
- [0400] 第1透镜组G1具有平凹负透镜L1和凸面朝向物体侧的负弯月透镜L2。
- [0401] 第2透镜组G2具有凸面朝向物体侧的正弯月透镜L3。
- [0402] 第3透镜组G3具有双凸正透镜L4、双凹负透镜L5、双凸正透镜L6、凸面朝向像侧的正弯月透镜L7、凸面朝向像侧的负弯月透镜L8、以及双凸正透镜L9。

- [0403] 双凹负透镜L5与双凸正透镜L6接合。正弯月透镜L7与负弯月透镜L8接合。
- [0404] 在第1透镜组G1与第2透镜组G2之间配置有滤光片F。在第3透镜组G3中配置有亮度光圈S。在第3透镜组G3的像侧配置有玻璃罩C1、棱镜P、以及玻璃罩C2。
- [0405] 在焦点位置的调节中,第2透镜组G2移动。在从远点向近点调节时,第2透镜组G2向像侧移动。滤光片F与第2透镜组G2一起移动。
- [0406] 实施例6的广角光学系统从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组G1、具有正屈光力的第2透镜组G2、以及具有正屈光力的第3透镜组G3。
- [0407] 第1透镜组G1具有平凹负透镜L1。
- [0408] 第2透镜组G2具有凸面朝向物体侧的正弯月透镜L2。
- [0409] 第3透镜组G3具有双凸正透镜L3、凸面朝向像侧的负弯月透镜L4、双凸正透镜L5、双凹负透镜L6、双凸正透镜L7、以及双凸正透镜L8。
- [0410] 双凸正透镜L3与负弯月透镜L4接合。双凸正透镜L5、双凹负透镜L6及双凸正透镜L7接合。
- [0411] 在第1透镜组G1与第2透镜组G2之间配置有滤光片F。在第3透镜组G3中配置有亮度光圈S。在第3透镜组G3的像侧配置有棱镜P和玻璃罩C。
- [0412] 在焦点位置的调节中,第2透镜组G2移动。在从远点向近点调节时,第2透镜组G2向像侧移动。
- [0413] 实施例7的广角光学系统从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组G1、具有正屈光力的第2透镜组G2、以及具有正屈光力的第3透镜组G3。
- [0414] 第1透镜组G1具有平凹负透镜L1和双凹负透镜L2。
- [0415] 第2透镜组G2具有凸面朝向物体侧的正弯月透镜L3。
- [0416] 第3透镜组G3具有凸面朝向像侧的负弯月透镜L4、凸面朝向物体侧的正弯月透镜L5、双凸正透镜L6、双凹负透镜L7、双凸正透镜L8、凸面朝向像侧的负弯月透镜L9、双凸正透镜L10、凸面朝向像侧的负弯月透镜L11、以及双凸正透镜L12。
- [0417] 双凸正透镜L6与双凹负透镜L7接合。双凸正透镜L8与负弯月透镜L9接合。双凸正透镜L10与负弯月透镜L11接合。
- [0418] 在第1透镜组G1中配置有滤光片F。在第3透镜组G3中配置有亮度光圈S。在第3透镜组G3的像侧配置有玻璃罩C1、棱镜P、以及玻璃罩C2。
- [0419] 在焦点位置的调节中,第2透镜组G2移动。在从远点向近点调节时,第2透镜组G2向像侧移动。
- [0420] 实施例8的广角光学系统从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组G1、具有正屈光力的第2透镜组G2、以及具有正屈光力的第3透镜组G3。
- [0421] 第1透镜组G1具有平凹负透镜L1和平凹负透镜L2。
- [0422] 第2透镜组G2具有凸面朝向物体侧的正弯月透镜L3。
- [0423] 第3透镜组G3具有双凹负透镜L4、双凸正透镜L5、双凸正透镜L6、双凹负透镜L7、双凸正透镜L8、凸面朝向像侧的负弯月透镜L9、双凸正透镜L10、凸面朝向像侧的负弯月透镜L11、以及双凸正透镜L12。
- [0424] 双凹负透镜L4与双凸正透镜L5接合。双凸正透镜L6与双凹负透镜L7接合。双凸正透镜L8与负弯月透镜L9接合。双凸正透镜L10与负弯月透镜L11接合。

[0425] 在第1透镜组G1中配置有滤光片F。在第3透镜组G3中配置有亮度光圈S。在第3透镜组G3的像侧配置有玻璃罩C1、棱镜P、以及玻璃罩C2。

[0426] 在焦点位置的调节中,第2透镜组G2移动。在从远点向近点调节时,第2透镜组G2向像侧移动。

[0427] 实施例9的广角光学系统从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组G1、具有正屈光力的第2透镜组G2、以及具有正屈光力的第3透镜组G3。

[0428] 第1透镜组G1具有平凹负透镜L1和平凹负透镜L2。

[0429] 第2透镜组G2具有凸面朝向物体侧的正弯月透镜L3。

[0430] 第3透镜组G3具有双凸正透镜L4、双凹负透镜L5、双凸正透镜L6、凸面朝向像侧的负弯月透镜L7、双凸正透镜L8、平凹负透镜L9、以及双凸正透镜L10。

[0431] 双凸正透镜L4与双凹负透镜L5接合。双凸正透镜L6与负弯月透镜L7接合。双凸正透镜L8与平凹负透镜L9接合。

[0432] 在第2透镜组G2与第3透镜组G3之间配置有滤光片F和亮度光圈S。在第3透镜组G3的像侧配置有玻璃罩C1、棱镜P、以及玻璃罩C2。

[0433] 在焦点位置的调节中,第2透镜组G2移动。在从远点向近点调节时,第2透镜组G2向像侧移动。

[0434] 实施例10的广角光学系统从物体侧依次具备具有负屈光力的第1透镜组G1、具有正屈光力的第2透镜组G2、以及具有正屈光力的第3透镜组G3。

[0435] 第1透镜组G1具有平凹负透镜L1和双凹负透镜L2。

[0436] 第2透镜组G2具有凸面朝向物体侧的正弯月透镜L3。

[0437] 第3透镜组G3具有双凹负透镜L4、双凸正透镜L5、双凸正透镜L6、双凹负透镜L7、双凸正透镜L8、凸面朝向像侧的负弯月透镜L9、双凸正透镜L10、凸面朝向像侧的负弯月透镜L11、以及双凸正透镜L12。

[0438] 双凹负透镜L4与双凸正透镜L5接合。双凸正透镜L6与双凹负透镜L7接合。双凸正透镜L8与负弯月透镜L9接合。双凸正透镜L10与负弯月透镜L11接合。

[0439] 在第1透镜组G1中配置有滤光片F。在第3透镜组G3中配置有亮度光圈S。在第3透镜组G3的像侧配置有玻璃罩C1、棱镜P、以及玻璃罩C2。

[0440] 在焦点位置的调节中,第2透镜组G2移动。在从远点向近点调节时,第2透镜组G2向像侧移动。

[0441] 以下示出上述各实施例的数值数据。在面数据中, r 是各透镜面的曲率半径, d 是各透镜面间的间隔, n_d 是各透镜的d线的折射率, v_d 是各透镜的阿贝数,*记号是非球面。光圈是亮度光圈。

[0442] 此外,在各种数据中,OBJ是物体距离,FL是整个系统的焦距,MG是整个系统的倍率,FNO是F值,FIM是像高,LTL是光学系统的全长,FB是后焦距。后焦距是通过最靠像侧的透镜面至近轴像面的距离进行空气换算而表示出的值。全长是对最靠物体侧的透镜面至最靠像侧的透镜面的距离加上后焦距而得到的长度。此外, β_1 是第1透镜组的倍率, β_2 是第2透镜组的倍率, β_3 是第3透镜组的倍率。

[0443] 此外,在各焦距中, f_1 、 f_2 ...是各透镜组的焦距。

[0444] 此外,在将光轴方向设为 z 、将与光轴正交的方向设为 y 、将圆锥系数设为 k 、将非球

面系数设为A4、A6、A8、A10、A12…时,由下式表示非球面形状。

$$[0445] \quad z = (y^2/r) / [1 + \{1 - (1+k) (y/r)^2\}^{1/2}] + A_4y^4 + A_6y^6 + A_8y^8 + A_{10}y^{10} + A_{12}y^{12} + \dots$$

[0446] 此外,在非球面系数中,“E-n”(n为整数)表示10的n次方。另外,这些各个值的记号在后述的实施例的数值数据中也是共用的。

[0447] 数值实施例1

[0448] 单位 mm

[0449] 面数据

面编号	r	d	nd	vd	ER
物面	∞	13.0000	1.		
1	∞	0.2500	1.88300	40.76	1.404
2*	0.9721	0.5998	1.		0.965
3	∞	0.4000	1.49400	75.01	0.945
4	∞	0.1025	1.		0.891
5	-7.4090	0.3000	1.81600	46.62	0.881
6	1.0886	0.7980	1.80518	25.42	0.840
7	76.4205	d7	1.		0.820
8*	2.2208	0.4521	1.49700	81.54	0.786
[0450] 9*	2.9006	d9	1.		0.722
10	6.3327	0.3000	1.83400	37.16	0.650
11	1.1384	1.1031	1.64769	33.79	0.614
12	-9.1597	0.1000	1.		0.598
13(光圈)	∞	0.1000	1.		0.590
14	2.4331	0.4109	1.81600	46.62	0.624
15	1.4835	0.6873	1.49700	81.54	0.615
16	-1.5523	0.1000	1.		0.650
17	-1.7693	0.3000	1.81600	46.62	0.643
18	4.9222	0.5112	1.49700	81.54	0.711

	19	-5.5507	0.1000	1.		0.795
	20*	5.0297	0.6920	1.49700	81.54	0.850
	21*	-1.8981	0.1000	1.		0.907
	22	16.7852	0.5780	1.83400	37.16	0.902
[0451]	23	9.3753	0.4930	1.		0.882
	24	∞	0.2000	1.51633	64.14	0.890
	25	∞	0.1000	1.		0.892
	26	∞	5.3000	1.63854	55.38	0.894
	27	∞	0.0856	1.		0.950
	像面	∞	0.			
[0452]	非球面数据					
[0453]	第2面					
[0454]	K=-1.0000					
[0455]	A2=0.0000E+00,A4=-1.6360E-02,A6=4.6266E-02,A8=0.0000E+00,					
[0456]	A10=0.0000E+00					
[0457]	第8面					
[0458]	K=0.					
[0459]	A2=0.0000E+00,A4=-5.2700E-02,A6=5.4101E-02,A8=4.5765E-03,					
[0460]	A10=0.0000E+00					
[0461]	第9面					
[0462]	K=0.					
[0463]	A2=0.0000E+00,A4=-4.9134E-02,A6=6.3791E-02,A8=0.0000E+00,					
[0464]	A10=0.0000E+00					
[0465]	第20面					
[0466]	K=0.					
[0467]	A2=0.0000E+00,A4=-5.9779E-03,A6=1.4095E-03,A8=0.0000E+00,					
[0468]	A10=0.0000E+00					
[0469]	第21面					
[0470]	K=0.					
[0471]	A2=0.0000E+00,A4=2.2880E-02,A6=3.2241E-03,A8=0.0000E+00,					
[0472]	A10=0.0000E+00					
[0473]	各种数据					

	远点	近点			
	OBJ	13.0000	2.4000		
	FL	0.80002	0.79259		
	MG	-0.057538	-0.240455		
	FNO	3.6407	3.5879		
	FIM	0.948	0.948		
[0474]	LTL	15.7036	15.7037		
	FB	0.03958	-0.10492		
	d7	0.30000	0.98746		
	d9	1.24011	0.55265		
	$\beta 1$	0.06093	0.24500		
	$\beta 2$	1.11789	1.16191		
	$\beta 3$	-0.84467	-0.84469		
[0475]	各组焦距				
[0476]	$f1 = -0.85974, f2 = 15.61736, f3 = 2.99266$				
[0477]	数值实施例2				
[0478]	单位 mm				
[0479]	面数据				
	面编号	r	d	nd	vd ER
	物面	∞	16.0000	1.	
[0480]	1	∞	0.2500	1.88300	40.76 1.282
	2*	0.9612	0.6709	1.	0.877

	3	∞	0.4000	1.49400	75.01	0.833
	4	∞	0.1500	1.		0.782
	5	-5.5346	0.2500	1.77250	49.60	0.764
	6	2.4020	0.4500	1.95906	17.47	0.745
	7	-15.4746	d7	1.		0.724
	8*	8.6565	0.5000	1.74320	49.34	0.659
	9*	51.2636	d9	1.		0.628
	10	2.9556	0.4161	1.65160	58.55	0.560
	11	-8.3048	0.1000	1.		0.399
	12(光圈)	∞	0.1000	1.		0.366
	13	-1.5648	0.2500	1.88300	40.76	0.377
[0481]	14	2.2526	0.4000	1.49700	81.54	0.462
	15	-1.5310	0.2000	1.		0.560
	16	-37.1740	0.7000	1.49700	81.54	0.680
	17	-1.2180	0.3360	1.77250	49.60	0.789
	18	-1.9323	0.2000	1.		0.923
	19	6.2625	0.5000	1.49700	81.54	1.027
	20	-3.2562	0.6500	1.		1.045
	21	∞	0.2000	1.51633	64.14	0.999
	22	∞	0.2030	1.		0.991
	23	∞	4.3000	1.63854	55.38	0.980
	24	∞	0.3500	1.51633	64.14	0.831
	25	∞	0.0444	1.		0.818
	像面	∞	0.			
[0482]	非球面数据					
[0483]	第2面					
[0484]	K=-0.4160					
[0485]	A2=0.0000E+00,A4=-8.4650E-02,A6=1.3557E-01,A8=-1.2736E-01,					
[0486]	A10=3.9760E-02,A12=-1.2666E-09,A14=0.0000E+00,					
[0487]	A16=0.0000E+00,A18=0.0000E+00,A20=0.0000E+00					
[0488]	第8面					
[0489]	K=0.					

- [0490] $A2=0.0000E+00, A4=-4.4332E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,$
 [0491] $A10=0.0000E+00$
 [0492] 第9面
 [0493] $K=0.$
 [0494] $A2=0.0000E+00, A4=-6.7341E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,$
 [0495] $A10=0.0000E+00$
 [0496] 各种数据

	远点	近点
OBJ	16.0000	2.5000
FL	0.75025	0.72600
MG	-0.044343	-0.212650
FNO	3.6905	3.6648
FIM	0.812	0.812
[0497] LTL	13.0974	13.0974
FB	0.01109	-0.11003
d7	0.42707	1.09071
d9	1.05000	0.38636
$\beta 1$	0.06595	0.30490
$\beta 2$	1.27724	1.32483
$\beta 3$	-0.52644	-0.52644

- [0498] 各组焦距
 [0499] $f1=-1.13600, f2=13.94442, f3=2.57607$
 [0500] 数值实施例3
 [0501] 单位 mm
 [0502] 面数据

面编号	r	d	nd	vd	ER
物面	∞	16.0000	1.		
1	∞	0.2500	1.88300	40.76	1.264
2*	0.9272	1.1000	1.		0.857
3	∞	0.4000	1.49400	75.01	0.751
4	∞	d4	1.		0.708
5*	-9.5539	0.6179	1.88300	40.76	0.626
6*	-6.5358	d6	1.		0.620
7	4.3878	0.4161	1.95906	17.47	0.560
8	-3.3352	0.1000	1.		0.439
9(光圈)	∞	0.1000	1.		0.390
10	-1.5583	0.2500	1.88300	40.76	0.393
11	2.0000	0.5400	1.48749	70.23	0.453
12	-1.3000	0.1000	1.		0.560
13	-5.7457	0.8000	1.49700	81.54	0.610
14	-1.2000	0.2500	1.84666	23.78	0.730
15	-4.2732	0.1000	1.		0.854
16*	5.3140	0.9434	1.49700	81.54	0.956
17*	-1.5831	0.6500	1.		1.054
18	∞	0.2000	1.51633	64.14	0.997
19	∞	0.2000	1.		0.989
20	∞	4.3000	1.63854	55.38	0.978
21	∞	0.3500	1.51633	64.14	0.831
22	∞	0.0420	1.		0.818
像面	∞	0.			

[0503] 非球面数据

[0504] 第2面

[0505] $K = -0.3786$

[0506] $A2 = 0.0000E+00, A4 = -4.8645E-02, A6 = 5.8716E-02, A8 = -7.4460E-02,$

[0507] $A10 = 1.7666E-02, A12 = -1.2683E-09, A14 = 0.0000E+00,$

[0508] $A16 = 0.0000E+00, A18 = 0.0000E+00, A20 = 0.0000E+00$

[0509] 第5面

- [0510] K=0.
- [0511] A2=0.0000E+00,A4=-4.5962E-02,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,
- [0512] A10=0.0000E+00
- [0513] 第6面
- [0514] K=0.
- [0515] A2=0.0000E+00,A4=-5.7654E-02,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,
- [0516] A10=0.0000E+00
- [0517] 第16面
- [0518] K=0.
- [0519] A2=0.0000E+00,A4=-1.9531E-02,A6=5.2759E-03,A8=-3.6036E-04,
- [0520] A10=0.0000E+00
- [0521] 第17面
- [0522] K=0.
- [0523] A2=0.0000E+00,A4=1.9479E-02,A6=1.3298E-03,A8=4.9924E-03,
- [0524] A10=0.0000E+00
- [0525] 各种数据
- | | 远点 | 近点 |
|-----------|-----------|-----------|
| OBJ | 16.0000 | 2.5000 |
| [0526] FL | 0.75052 | 0.72372 |
| MG | -0.044403 | -0.212614 |
| FNO | 3.7116 | 3.6936 |
| FIM | 0.812 | 0.812 |
| LTL | 13.2865 | 13.2865 |
| FB | 0.00868 | -0.11186 |
| [0527] d4 | 0.53174 | 1.21609 |
| d6 | 1.04533 | 0.36098 |
| β 1 | 0.06111 | 0.28511 |
| β 2 | 1.21847 | 1.25048 |
| β 3 | -0.59635 | -0.59635 |
- [0528] 各组焦距
- [0529] f1=-1.05000,f2=21.37800,f3=2.80754
- [0530] 数值实施例4
- [0531] 单位 mm
- [0532] 面数据

面编号	r	d	nd	vd	ER
物面	∞	16.0000	1.		
1	∞	0.2500	1.88300	40.76	1.241
2*	0.8793	0.9000	1.		0.836
3	-13.0485	0.2500	1.88300	40.76	0.762
4	1.8000	0.6000	1.69895	30.13	0.736
[0533] 5	-7.4550	0.1000	1.		0.727
6	∞	0.4000	1.49400	75.01	0.710
7	∞	d7	1.		0.685
8	1.6909	0.6500	1.53172	48.84	0.645
9	1.9976	d9	1.		0.536
10(光圈)	∞	0.1000	1.		0.436
11	2.7616	0.5000	1.76182	26.52	0.479
12	-1.2000	0.2500	1.88300	40.76	0.509
13	2.5713	0.1500	1.		0.557
14	6.2066	0.7000	1.53172	48.84	0.613
15	-1.9348	0.1000	1.		0.740
16	-33.0278	0.7000	1.49700	81.54	0.791
17	-1.5927	0.2500	1.95906	17.47	0.857
18	-3.4446	0.1000	1.		0.950
[0534] 19	8.2079	0.7457	1.49700	81.54	1.016
20	-2.6637	0.6500	1.		1.063
21	∞	0.2000	1.51633	64.14	1.010
22	∞	0.2000	1.		1.002
23	∞	4.3000	1.63854	55.38	0.989
24	∞	0.3500	1.51633	64.14	0.829
25	∞	0.0452	1.		0.815
像面	∞	0.			
[0535]	非球面数据				
[0536]	第2面				
[0537]	K=-3.7635				

[0538] $A2=0.0000E+00, A4=5.1278E-01, A6=-4.9820E-01, A8=5.0168E-01,$

[0539] $A10=-2.0428E-01, A12=2.2569E-08, A14=0.0000E+00,$

[0540] $A16=0.0000E+00, A18=0.0000E+00, A20=0.0000E+00$

[0541] 各种数据

	远点	近点
OBJ	16.0000	2.5000
[0542] FL	0.75014	0.74690
MG	-0.044500	-0.223334
FNO	3.7097	3.6824
FIM	0.812	0.812
LTL	13.8280	13.8280
FB	0.01182	-0.12161
d7	0.26174	0.92454
[0543] d9	1.07533	0.41253
$\beta 1$	0.05298	0.25362
$\beta 2$	1.14594	1.20148
$\beta 3$	-0.73293	-0.73293

[0544] 各组焦距

[0545] $f1=-0.90415, f2=11.93355, f3=2.72360$

[0546] 数值实施例5

[0547] 单位 mm

[0548] 面数据

面编号	r	d	nd	vd	ER
物面	∞	15.8000	1.		
1	∞	0.2500	1.88300	40.76	1.298
2*	1.1014	0.7055	1.		0.910
3	4.9262	0.2500	1.88300	40.76	0.812
4	2.2000	d4	1.		0.743
5	∞	0.4000	1.49400	75.01	0.690
[0549] 6	∞	0.1000	1.		0.674
7*	1.8277	0.5170	1.51633	64.14	0.660
8*	2.3331	d8	1.		0.590
9	4.0162	0.4161	1.95906	17.47	0.560
10	-3.2257	0.1000	1.		0.448
11(光圈)	∞	0.1000	1.		0.400
12	-1.5381	0.2500	1.88300	40.76	0.398
13	2.2458	0.5400	1.48749	70.23	0.457
14	-1.3000	0.2000	1.		0.560
15	-9.0844	0.8000	1.49700	81.54	0.638
16	-1.2998	0.2500	1.84666	23.78	0.751
17	-5.5081	0.1000	1.		0.870
18*	3.9469	0.9447	1.49700	81.54	0.986
19*	-1.6844	0.6500	1.		1.058
[0550] 20	∞	0.2000	1.51633	64.14	1.001
21	∞	0.2000	1.		0.993
22	∞	4.3000	1.63854	55.38	0.981
23	∞	0.3500	1.51633	64.14	0.828
24	∞	0.0428	1.		0.814
像面	∞	0.			
[0551]	非球面数据				
[0552]	第2面				
[0553]	K=-2.2853				
[0554]	A2=0.0000E+00,A4=1.3338E-01,A6=2.5305E-02,A8=-4.2323E-02,				

- [0555] $A_{10}=2.6226E-02, A_{12}=-1.2684E-09, A_{14}=0.0000E+00,$
 [0556] $A_{16}=0.0000E+00, A_{18}=0.0000E+00, A_{20}=0.0000E+00$
 [0557] 第7面
 [0558] $K=0.$
 [0559] $A_2=0.0000E+00, A_4=-6.4410E-02, A_6=0.0000E+00, A_8=0.0000E+00,$
 [0560] $A_{10}=0.0000E+00$
 [0561] 第8面
 [0562] $K=0.$
 [0563] $A_2=0.0000E+00, A_4=-9.2071E-02, A_6=0.0000E+00, A_8=0.0000E+00,$
 [0564] $A_{10}=0.0000E+00$
 [0565] 第18面
 [0566] $K=0.$
 [0567] $A_2=0.0000E+00, A_4=-1.3990E-02, A_6=1.2717E-02, A_8=1.9476E-04,$
 [0568] $A_{10}=0.0000E+00$
 [0569] 第19面
 [0570] $K=0.$
 [0571] $A_2=0.0000E+00, A_4=2.4646E-02, A_6=4.1843E-03, A_8=7.7537E-03,$
 [0572] $A_{10}=0.0000E+00$
 [0573] 各种数据

	远点	近点
OBJ	15.8000	2.6200
FL	0.75036	0.74853
MG	-0.044776	-0.209826
FNO	3.6332	3.6154
FIM	0.812	0.812
[0574] LTL	13.2903	13.2903
FB	0.00925	-0.11422
d4	0.60084	1.19477
d8	1.02333	0.42940
β_1	0.05010	0.22503
β_2	1.13061	1.17962
β_3	-0.79044	-0.79044

- [0575] 各组焦距
 [0576] $f_1=-0.84949, f_2=12.12002, f_3=2.73833$
 [0577] 数值实施例6

[0578]	单位 mm					
[0579]	面数据					
[0580]	面编号	r	d	nd	vd	ER
	物面	∞	15.0000	1.		
	1	∞	0.2500	1.88300	40.76	1.270
	2*	0.7856	0.6500	1.		0.838
	3	∞	0.4000	1.49400	75.01	0.824
	4	∞	d4	1.		0.800
	5*	1.9309	0.4597	1.49700	81.54	0.766
	6	2.8631	d6	1.		0.685
	7	8.2193	0.5563	1.72825	28.46	0.492
	8	-0.8058	0.3000	1.81600	46.62	0.453
	9	-2.4732	0.1000	1.		0.430
[0581]	10(光圈)	∞	0.6013	1.		0.395
	11	9.1375	0.4871	1.49700	81.54	0.517
	12	-2.2107	0.2570	1.80518	25.42	0.562
	13	1.6710	0.6818	1.49700	81.54	0.623
	14	-1.7198	0.1000	1.		0.728
	15*	2.9755	0.5709	1.49700	81.54	0.800
	16	-5.8213	0.6000	1.		0.818
	17	∞	3.2000	1.88300	40.76	0.816
	18	∞	0.3000	1.51633	64.14	0.812
	19	∞	0.0263	1.		0.812
	像面	∞	0.			
[0582]	非球面数据					
[0583]	第2面					
[0584]	$K=-1.0000$					
[0585]	$A2=0.0000E+00, A4=3.5380E-02, A6=2.5784E-02, A8=7.1050E-02,$					
[0586]	$A10=0.0000E+00$					
[0587]	第5面					
[0588]	$K=0.$					
[0589]	$A2=0.0000E+00, A4=-1.5830E-02, A6=4.2282E-02, A8=1.6255E-02,$					
[0590]	$A10=0.0000E+00$					

- [0591] 第15面
- [0592] $K=0$.
- [0593] $A2=0.0000E+00, A4=2.1314E-03, A6=1.0242E-02, A8=0.0000E+00,$
- [0594] $A10=0.0000E+00$
- [0595] 各种数据
- | | 远点 | 近点 |
|-----|-----------|-----------|
| OBJ | 15.0000 | 1.7300 |
| FL | 0.70373 | 0.69457 |
| MG | -0.044525 | -0.275741 |
| FNO | 3.6056 | 3.5439 |
| FIM | 0.812 | 0.812 |
- [0596] LTL 11.0387 11.0387
- FB -0.00508 -0.16527
- d4 0.26500 1.03032
- d6 1.23330 0.46798
- β_1 0.05553 0.32325
- β_2 1.16820 1.24284
- β_3 -0.68635 -0.68635
- [0597] 各组焦距
- [0598] $f1=-0.88975, f2=10.25404, f3=2.38964$
- [0599] 数值实施例7
- [0600] 单位 mm
- [0601] 面数据
- [0602] 面编号 r d nd vd ER

	物面	∞	20.0000	1.		
	1	∞	0.2500	1.88300	40.76	1.304
	2*	1.1969	0.5230	1.		0.936
	3	∞	0.4000	1.49400	75.01	0.881
	4	∞	0.1000	1.		0.784
	5	-14.1887	0.2500	1.88300	40.76	0.750
	6	3.1892	d6	1.		0.697
	7*	2.6326	0.4906	1.51633	64.14	0.655
	8*	4.1921	d8	1.		0.603
	9	-2.4500	0.7844	1.88300	40.76	0.500
	10	-8.9678	0.1000	1.		0.546
	11	1.8948	0.3500	1.58144	40.75	0.560
	12	20.9186	0.1000	1.		0.549
	13(光圈)	∞	0.1000	1.		0.550
[0603]	14	1.8313	0.5142	1.72825	28.46	0.560
	15	-1.6911	0.6836	1.88300	40.76	0.549
	16*	1.9299	0.2109	1.		0.560
	17	2.3041	0.6736	1.49700	81.54	0.652
	18	-1.4862	0.2853	1.88300	40.76	0.713
	19	-25.9918	0.1000	1.		0.817
	20	2.7755	0.9730	1.49700	81.54	0.934
	21	-1.6000	0.2500	1.92286	18.90	0.993
	22	-2.6855	0.1000	1.		1.089
	23*	7.2385	0.6621	1.49700	81.54	1.129
	24*	-3.6160	0.6500	1.		1.149
	25	∞	0.2000	1.51633	64.14	1.080
	26	∞	0.1900	1.		1.069
	27	∞	4.3000	1.63854	55.38	1.054
	28	∞	0.3500	1.51633	64.14	0.837

	29	∞	0.0464	1.	0.818
[0604]	像面	∞	0.		
[0605]	非球面数据				
[0606]	第2面				
[0607]	K=0.1809				
[0608]	A2=0.0000E+00,A4=-6.5666E-02,A6=-9.9331E-02,A8=1.3138E-01,				
[0609]	A10=-1.1544E-01,A12=4.6840E-05,A14=0.0000E+00,				
[0610]	A16=0.0000E+00,A18=0.0000E+00,A20=0.0000E+00				
[0611]	第7面				
[0612]	K=0.				
[0613]	A2=0.0000E+00,A4=-1.2607E-01,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,				
[0614]	A10=0.0000E+00				
[0615]	第8面				
[0616]	K=0.				
[0617]	A2=0.0000E+00,A4=-1.1353E-01,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,				
[0618]	A10=0.0000E+00				
[0619]	第16面				
[0620]	K=-5.7627				
[0621]	A2=0.0000E+00,A4=1.5242E-01,A6=-1.8344E-02,A8=0.0000E+00,				
[0622]	A10=0.0000E+00				
[0623]	第23面				
[0624]	K=0.				
[0625]	A2=0.0000E+00,A4=-2.7365E-02,A6=5.7805E-03,A8=0.0000E+00,				
[0626]	A10=0.0000E+00				
[0627]	第24面				
[0628]	K=0.				
[0629]	A2=0.0000E+00,A4=-6.8530E-03,A6=5.7331E-03,A8=0.0000E+00,				
[0630]	A10=0.0000E+00				
[0631]	各种数据				

	远点	近点			
	OBJ	20.0000	2.7000		
	FL	0.75014	0.75236		
	MG	-0.035750	-0.204777		
	FNO	3.6726	3.6658		
	FIM	0.812	0.812		
[0632]	LTL	15.0265	15.0265		
	FB	0.01960	-0.10765		
	d6	0.39113	0.94749		
	d8	0.99828	0.44192		
	β_1	0.03555	0.19570		
	β_2	1.10738	1.15232		
	β_3	-0.90809	-0.90809		
[0633]	各组焦距				
[0634]	$f_1 = -0.75157, f_2 = 12.37976, f_3 = 3.00572$				
[0635]	数值实施例8				
[0636]	单位 mm				
[0637]	面数据				
	面编号	r	d	nd	vd ER
	物面	∞	22.0000	1.	
	1	∞	0.2500	1.88300	40.76 1.300
[0638]	2*	1.1937	0.5429	1.	0.933
	3	∞	0.4000	1.49400	75.01 0.877
	4	∞	0.1000	1.	0.785
	5	∞	0.2500	1.88300	40.76 0.750

	6	2.4860	d6	1.		0.686
	7*	2.6512	0.4886	1.51633	64.14	0.652
	8*	4.1408	d8	1.		0.607
	9	-10.0924	0.7107	1.81600	46.62	0.543
	10	5.6745	0.6175	1.54814	45.79	0.541
	11	-3.2760	0.1000	1.		0.549
	12(光圈)	∞	0.1000	1.		0.541
	13	1.7391	0.8527	1.69895	30.13	0.560
	14	-1.9645	0.2891	1.81600	46.62	0.551
	15	1.8083	0.2000	1.		0.560
	16	3.4408	0.7985	1.49700	81.54	0.710
[0639]	17	-1.9495	0.2500	1.88300	40.76	0.735
	18	-4.8688	0.1000	1.		0.809
	19	4.1440	0.8767	1.49700	81.54	0.883
	20	-1.7027	0.2500	1.84666	23.78	0.935
	21	-6.8733	0.1000	1.		1.026
	22*	5.6133	0.8858	1.49700	81.54	1.092
	23*	-2.3000	0.6500	1.		1.149
	24	∞	0.2000	1.51633	64.14	1.075
	25	∞	0.1800	1.		1.064
	26	∞	4.3000	1.63854	55.38	1.050
	27	∞	0.3500	1.51633	64.14	0.840
	28	∞	0.0497	1.		0.822
	像面	∞	0.			
[0640]	非球面数据					
[0641]	第2面					
[0642]	K=-0.1405					
[0643]	A2=0.0000E+00,A4=-6.3105E-02,A6=4.0405E-02,A8=-4.5730E-02,					
[0644]	A10=4.2020E-03,A12=4.6840E-05,A14=0.0000E+00,					
[0645]	A16=0.0000E+00,A18=0.0000E+00,A20=0.0000E+00					
[0646]	第7面					
[0647]	K=-13.9021					

- [0648] $A2=0.0000E+00, A4=-3.0044E-02, A6=-5.5844E-02, A8=0.0000E+00,$
 [0649] $A10=0.0000E+00$
 [0650] 第8面
 [0651] $K=-33.7333$
 [0652] $A2=0.0000E+00, A4=-5.5130E-02, A6=-1.5208E-02, A8=-1.9281E-02,$
 [0653] $A10=0.0000E+00$
 [0654] 第22面
 [0655] $K=0.$
 [0656] $A2=0.0000E+00, A4=-1.1313E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,$
 [0657] $A10=0.0000E+00$
 [0658] 第23面
 [0659] $K=0.$
 [0660] $A2=0.0000E+00, A4=1.2548E-02, A6=-1.3517E-04, A8=0.0000E+00,$
 [0661] $A10=0.0000E+00$
 [0662] 各种数据
- | | 远点 | 近点 |
|------------------|-----------|-----------|
| OBJ | 22.0000 | 2.7000 |
| FL | 0.75029 | 0.75440 |
| MG | -0.032633 | -0.204826 |
| [0663] FNO | 3.6486 | 3.6448 |
| FIM | 0.812 | 0.812 |
| LTL | 15.2613 | 15.2613 |
| FB | 0.02521 | -0.10483 |
| d6 | 0.40585 | 0.97313 |
| d8 | 0.96324 | 0.39595 |
| $\beta 1$ | 0.03157 | 0.19051 |
| [0664] $\beta 2$ | 1.09942 | 1.14360 |
| $\beta 3$ | -0.94012 | -0.94012 |
- [0665] 各组焦距
 [0666] $f1=-0.73041, f2=12.83960, f3=3.20872$
 [0667] 数值实施例9
 [0668] 单位 mm
 [0669] 面数据

面编号	r	d	nd	vd	ER
物面	∞	18.0000	1.		
1	∞	0.2500	1.88300	40.76	1.305
2*	1.0490	0.9609	1.		0.916
3	∞	0.2500	1.83400	37.16	0.750
4	2.9201	d4	1.		0.691
5*	1.8022	0.4386	1.49700	81.54	0.650
6*	2.4247	d6	1.		0.604
[0670] 7	∞	1.0000	1.49400	75.01	0.550
8	∞	0.2338	1.		0.513
11(光圈)	∞	0.1000	1.		0.503
10	1.8323	0.6035	1.76182	26.52	0.560
11	-1.3953	0.3644	1.81600	46.62	0.546
12	1.8982	0.2730	1.		0.560
13	2.5712	0.7054	1.49700	81.54	0.675
14	-1.3610	0.2500	1.80518	25.42	0.737
15	-3.7471	0.1000	1.		0.825
16	3.6004	0.6856	1.43875	94.66	0.898
17	-2.5684	0.2500	1.80518	25.42	0.930
18	∞	0.1000	1.		0.989
19*	3.5622	0.8149	1.43875	94.66	1.048
20*	-2.0300	0.6500	1.		1.094
[0671] 21	∞	0.2000	1.51633	64.14	1.031
22	∞	0.1800	1.		1.022
23	∞	4.3000	1.63854	55.38	1.010
24	∞	0.3500	1.51633	64.14	0.836
25	∞	0.0518	1.		0.820
像面	∞	0.			
[0672] 非球面数据					
[0673] 第2面					
[0674] $K=-4.6518$					

- [0675] $A2=0.0000E+00, A4=3.5553E-01, A6=-3.7848E-01, A8=4.1948E-01,$
 [0676] $A10=-3.1048E-01, A12=1.0674E-01, A14=0.0000E+00,$
 [0677] $A16=0.0000E+00, A18=0.0000E+00, A20=0.0000E+00$
 [0678] 第5面
 [0679] $K=0.$
 [0680] $A2=0.0000E+00, A4=-1.1803E-01, A6=-3.8081E-02, A8=0.0000E+00,$
 [0681] $A10=0.0000E+00$
 [0682] 第6面
 [0683] $K=0.$
 [0684] $A2=0.0000E+00, A4=-1.0644E-01, A6=-4.1513E-02, A8=0.0000E+00,$
 [0685] $A10=0.0000E+00$
 [0686] 第19面
 [0687] $K=0.$
 [0688] $A2=0.0000E+00, A4=-2.5373E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,$
 [0689] $A10=0.0000E+00$
 [0690] 第20面
 [0691] $K=0.$
 [0692] $A2=0.0000E+00, A4=2.0486E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,$
 [0693] $A10=0.0000E+00$
 [0694] 各种数据
- | | 远点 | 近点 |
|--|-----------|-----------|
| OBJ | 18.0000 | 2.5000 |
| FL | 0.71645 | 0.72316 |
| MG | -0.037821 | -0.210608 |
| FNO | 3.6623 | 3.6500 |
| FIM | 0.812 | 0.812 |
| [0695] LTL | 14.5404 | 14.5404 |
| FB | 0.02475 | -0.10045 |
| d4 | 0.39000 | 0.94593 |
| d6 | 1.03852 | 0.48259 |
| β_1 | 0.03768 | 0.20097 |
| β_2 | 1.10187 | 1.15044 |
| β_3 | -0.91093 | -0.91093 |
| [0696] 各组焦距 | | |
| [0697] $f_1=-0.71883, f_2=11.44611, f_3=3.09757$ | | |

[0698] 数值实施例10

[0699] 单位 mm

[0700] 面数据

	面编号	r	d	nd	vd	ER
[0701]	物面	∞	20.0000	1.		
	1	∞	0.2500	1.88300	40.76	1.403

	2*	1.3766	0.5408	1.		1.007
	3	∞	0.4000	1.49400	75.01	0.947
	4	∞	0.1000	1.		0.839
	5	-8.1026	0.4350	1.88300	40.76	0.940
	6	2.8146	d6	1.		0.725
	7*	2.6512	0.4886	1.51633	64.14	0.700
	8*	4.1408	d8	1.		0.669
	9	-10.0924	0.7107	1.81600	46.62	0.583
	10	5.6745	0.6175	1.54814	45.79	0.564
	11	-3.2760	0.1000	1.		0.558
	12(光圈)	∞	0.1000	1.		0.550
	13	1.7391	0.8527	1.69895	30.13	0.560
	14	-1.9645	0.2891	1.81600	46.62	0.551
[0702]	15	1.8083	0.2000	1.		0.560
	16	3.4408	0.7985	1.49700	81.54	0.710
	17	-1.9495	0.2500	1.88300	40.76	0.736
	18	-4.8688	0.1000	1.		0.810
	19	4.1440	0.8767	1.49700	81.54	0.884
	20	-1.7027	0.2500	1.84666	23.78	0.936
	21	-6.8733	0.1000	1.		1.028
	22*	5.6133	0.8858	1.49700	81.54	1.094
	23*	-2.3000	0.6500	1.		1.151
	24	∞	0.2000	1.51633	64.14	1.076
	25	∞	0.1800	1.		1.066
	26	∞	4.3000	1.63854	55.38	1.051
	27	∞	0.3500	1.51633	64.14	0.842
	28	∞	0.0531	1.		0.824
	像面	∞	0.			
[0703]	非球面数据					
[0704]	第2面					
[0705]	K=0.2119					

- [0706] $A2=0.0000E+00, A4=-5.0745E-02, A6=9.5398E-03, A8=-8.6284E-03,$
 [0707] $A10=-1.2475E-02, A12=-4.0707E-04, A14=0.0000E+00,$
 [0708] $A16=0.0000E+00, A18=0.0000E+00, A20=0.0000E+00$
 [0709] 第7面
 [0710] $K=-13.9021$
 [0711] $A2=0.0000E+00, A4=-3.0044E-02, A6=-5.5844E-02, A8=0.0000E+00,$
 [0712] $A10=0.0000E+00$
 [0713] 第8面
 [0714] $K=-33.7333$
 [0715] $A2=0.0000E+00, A4=-5.5130E-02, A6=-1.5208E-02, A8=-1.9281E-02,$
 [0716] $A10=0.0000E+00$
 [0717] 第22面
 [0718] $K=0.$
 [0719] $A2=0.0000E+00, A4=-1.1313E-02, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,$
 [0720] $A10=0.0000E+00$
 [0721] 第23面
 [0722] $K=0.$
 [0723] $A2=0.0000E+00, A4=1.2548E-02, A6=-1.3517E-04, A8=0.0000E+00,$
 [0724] $A10=0.0000E+00$

	远点	近点
OBJ	20.0000	2.7000
[0725] FL	0.75032	0.75450
MG	-0.035629	-0.201141
FNO	3.6403	3.6358
FIM	0.812	0.812
LTL	15.4477	15.4477
FB	0.02640	-0.09862
d6	0.40585	0.95462
[0726] d8	0.96324	0.41446
$\beta 1$	0.03444	0.18716
$\beta 2$	1.09912	1.14186
$\beta 3$	-0.94119	-0.94119

[0727] 各组焦距

[0728] $f1=-0.73021, f2=12.83960, f3=3.20872$

[0729] 接着,以下记载了各实施例中的条件式的值。

	实施例 1	实施例 2	实施例 3
(1) fL/R_{sp}	0.12633158	0.25384017	0.17104699
(2) $\Sigma D_{pc}/fL$	3.87653912	2.88715356	3.07265224
(3) $\Sigma D_3/fL$	6.35297874	4.26802896	4.79604325
(4) $1/r_1-1/r_2$	0.26708441	0.01410856	0.12750581
			0.05997346
(5) $1/f_{3x}-10 \times fL$	-0.0828932	-0.4679049	-0.4032266
			-0.3068069
[0730] (6) β_3F	-0.8446714	-0.5264441	-0.5963461
(7) f_3/fL	3.74072703	3.43361518	3.74079101
(8) fL/f_{31}	0.03368378	0.22099325	0.36984182
(9) $(a\Omega_{SNI}^2 - a\Omega_{SNI})/a\Gamma_{SNI}$	0.33537462	0.22046285	0.28755697
(10) $(b\Omega_{SNI}^2 - b\Omega_{SNI})/b\Gamma_{SNI}$	-0.4611993	-0.2261905	-0.2913833
(11) f_{3R}/fL	3.58478538	5.84738421	3.42549166
(12) $(V_{3RCP}-V_{3RCN})$ $-(V_{3FCP}-V_{3FCN})$	38.29	-8.84	28.29
(13) fL/Γ_{SNr}	0.16253301	-0.6159688	-0.6254333

	(14) $(r_{3XF}-r_{3XR})$ $/(r_{3XF}+r_{3XR})$	-0.5165847	0.01091802	0.0903684
	(15) $1/r_{3XC} \times r_{3XF}$	-0.1148257	-0.2836985	-0.3208625
	(16) $1/r_{3XC} \times r_{3XR}$	-0.0366601	-0.2899618	-0.3846154
	(17) $v_{31P}-v_{32P}$	-47.75	-22.99	-52.76
	(18) v_{33P} $-(v_{31P}+v_{32P})/2$	23.875	11.495	37.69
	(19) $v_{31N}-v_{32N}$	-9.46	-8.84	16.98
	(20) $(R_{21F}+R_{21R})$ $/(R_{21F}-R_{21R})$	-7.5336864	-1.4063407	5.33106922
	(21) D_{21}/fL	0.56511087	0.66644452	0.82329585
	(22) β_{2F}	1.11789	1.27724	1.21847
	(23) β_{2N}/β_{2F}	1.03937776	1.03726003	1.02627065
	(24) $(1-\beta_{2F}^2) \times \beta_{3F}^2$	0.21089556	0.33236369	0.28903244
[0731]	(25) $(1-\beta_{2N}^2) \times \beta_{3N}^2$	0.29567094	0.39755408	0.33616263
	(26) $1/r_{1XF}-1/r_{1XR}$	-1.0287007	-1.0403662	-1.078516
		-0.1480565	-0.1160595	
	(27) $SD1/fL$	3.06279843	2.89354215	0.33310238
	(28) fB/fL	4.99875003	5.13308897	5.12404733
	(29) $fL \times \tan \omega_{\max}$	2.46301838	2.28223144	2.24501224
	$2y_{\max}$	1.896	1.624	1.624
	(30) $ER3$	0.711	0.789	0.73
	$fL/(2 \times F_{EX})$	0.1092625	0.10078587	0.10084923
		实施例 4	实施例 5	实施例 6
	(1) fL/R_{sp}	0.27163239	0.18683333	0.08561921
	(2) $\Sigma D_{pc}/fL$	3.19940278	3.20657679	3.27068549
	(3) $\Sigma D_3/fL$	4.66003651	4.93204141	5.19295294
	(4) $1/r_1-1/r_2$	0.26003195	0.11907798	

			0.07147199	
	(5) $1/f_{3x}-10\times fL$	-0.1492162	-0.3893579	
				-0.2997501
	(6) $\beta 3F$	-0.7329317	-0.7904393	-0.6863543
	(7) f_3/fL	3.63078673	3.64935171	3.39567989
	(8) fL/f_{31}	-0.0940709	0.39097541	0.21412749
	(9) $(a n_{SNi}' - a n_{SNi})/a r_{SNi}$	0.27586182	0.37499231	0.32993692
	(10) $(b n_{SNi}' - b n_{SNi})/b r_{SNi}$	-0.2901111	-0.2690106	-0.1844285
	(11) f_{3R}/fL	5.51990295	3.35239085	5.7539113
	(12) $(V_{3RCP}-V_{3RCN})$ $-(V_{3FCP}-V_{3FCN})$	78.31	28.29	74.28
	(13) fL/r_{SNr}	-0.4709864	-0.5772888	0.42114303
	(14) $(r_{3XF}-r_{3XR})$ $/(r_{3XF}+r_{3XR})$	0.03568415	0.08389415	0
[0732]	(15) $1/r_{3XC}\times r_{3XF}$	-0.3017574	-0.2894972	
	(16) $1/r_{3XC}\times r_{3XR}$	-0.3240903	-0.3425197	
	(17) $V_{31P}-V_{32P}$	-22.32	-52.76	-53.08
	(18) V_{33P} $-(V_{31P}+V_{32P})/2$	43.86	37.69	26.54
	(19) $V_{31N}-V_{32N}$	23.29	16.98	21.2
	(20) $(R_{21F}+R_{21R})$ $/(R_{21F}-R_{21R})$	-12.02641	-8.232687	-5.1426732
	(21) D_{21}/fL	0.86650492	0.68900261	0.65323348
	(22) $\beta 2F$	1.14594	1.13061	1.1682
	(23) $\beta 2N/\beta 2F$	1.04846676	1.04334828	1.06389317
	(24) $(1-\beta 2F^2)\times \beta 3F^2$	0.22953791	0.21996283	0.25030583
	(25) $(1-\beta 2N^2)\times \beta 3N^2$	0.32509417	0.3094599	0.3738214
	(26) $1/r_{1XF}-1/r_{1XR}$	-1.1372683	-0.9079353	-1.2729124
				-0.2515492

	(27)SD1/fL	2.66616898	1.60656218	1.84729939
	(28)fB/fL	5.13077559	5.12593955	3.54141503
	(29)fL×tanω _{max}	2.30910847	2.28831395	2.15048988
	2y _{max}	1.624	1.624	1.624
	(30)ER3	0.857	0.751	0.623
	fL/(2×F _{EX})	0.10082527	0.10301483	0.09720028
		实施例 7	实施例 8	实施例 9
	(1)fL/Rsp	0.39589403	0.4314243	0.3910113
	(2)ΣDpc/fL	5.31976658	4.48759499	4.16200581
	(3)ΣD3/fL	7.84796988	8.17154509	5.78787886
	(4)1/r ₁ -1/r ₂	0.02789861	0.02200448	0.27774691
	(5)1/f _{3x} -10×fL	-0.1670682	-0.1137174	-0.1520987
	(6)β3F	-0.9080881	-0.9401166	-0.9109319
[0733]	(7)f ₃ /fL	4.00688218	4.27663826	4.32350348
	(8)fL/f ₃₁	-0.1854074	0.03879834	0.03353994
	(9)(a _n n _{SNi} '-a _n n _{SNi})/a _r r _{SNi}	0.39766832	0.40190328	0.41577253
	(10)(b _n n _{SNi} '-b _n n _{SNi})/b _r r _{SNi}	-0.2661625	-0.2053562	-0.1426686
	(11)f _{3R} /fL	6.60170102	4.54410961	4.30483635
	(12)(V _{3RCP} -V _{3RCN}) -(V _{3FCP} -V _{3FCN})	74.94	58.59	89.34
	(13)fL/r _{SNr}	-0.4688375	-0.4406472	-0.278948
	(14)(r _{3XF} -r _{3XR}) /(r _{3XF} +r _{3XR})	-0.026215	-0.0195072	-0.0176652
	(15)1/r _{3XC} ×r _{3XF}	-0.3229024	-0.2927005	-0.3911432
	(16)1/r _{3XC} ×r _{3XR}	-0.306405	-0.2814994	-0.3775639
	(17)V _{31P} -V _{32P}	-53.08	15.66	-55.02
	(18)V _{33P} -(V _{31P} +V _{32P})/2	26.54	43.58	40.63

	(19) $V_{31N}-V_{32N}$	0	0	21.2
	(20)(R21F+R21R)			
	/(R21F-R21R)	-4.3762103	-4.5596133	-6.7902008
	(21)D21/fL	0.65401125	0.65121486	0.61218508
	(22) β_{2F}	1.10738	1.09942	1.10187
	(23) β_{2N}/β_{2F}	1.04058228	1.04018482	1.04407961
	(24) $(1-\beta_{2F}^2)\times\beta_{3F}^2$	0.20549211	0.19622592	0.19504605
	(25) $(1-\beta_{2N}^2)\times\beta_{3N}^2$	0.29770948	0.28938864	0.29469696
	(26) $1/r_{1XF}-1/r_{1XR}$	-0.8354917	-0.8377314	-0.9532888
		-0.3840369	-0.4022526	-0.342454
	(27)SD1/fL	2.03028791	2.05644261	2.03914818
	(28)fB/fL	5.1278428	5.12095323	5.36227231
	(29) $fL\times\tan\omega_{\max}$	2.30155347	2.31473051	2.194474
	$2y_{\max}$	1.624	1.624	1.624
[0734]	(30)ER3	0.993	0.935	0.93
	$fL/(2\times F_{EX})$	0.10200435	0.10272317	0.09766221

实施例 10

	(1)fL/Rsp	0.43144155
	(2) $\Sigma D_{pc}/fL$	4.48741556
	(3) $\Sigma D_3/fL$	8.17121837
	(4) $1/r_1-1/r_2$	0.02200448
	(5) $1/f_{3x}-10\times fL$	-0.1137121
	(6) β_{3F}	-0.9411887
	(7) f_3/fL	4.27646727
	(8) fL/f_{31}	0.03879989
	(9) $(a_{n_{SNI}}'-a_{n_{SNI}})/a_{r_{SNI}}$	0.40190328
	(10) $(b_{n_{SNI}}'-b_{n_{SNI}})/b_{r_{SNI}}$	-0.2053562

	(11) f_{3R}/fL	4.54392792
	(12) $(V_{3RCP}-V_{3RCN})$ $-(V_{3FCP}-V_{3FCN})$	58.59
	(13) fL/r_{SNr}	-0.4406648
	(14) $(r_{3XF}-r_{3XR})$ $/(r_{3XF}+r_{3XR})$	-0.0195072
	(15) $1/r_{3XC} \times r_{3XF}$	-0.2927005
	(16) $1/r_{3XC} \times r_{3XR}$	-0.2814994
	(17) $V_{31P}-V_{32P}$	15.66
	(18) V_{33P} $-(V_{31P}+V_{32P})/2$	43.58
	(19) $V_{31N}-V_{32N}$	0
	(20) $(R_{21F}+R_{21R})$ $/(R_{21F}-R_{21R})$	-4.5596133
[0735]	(21) D_{21}/fL	0.65118883
	(22) β_{2F}	1.09912
	(23) β_{2N}/β_{2F}	1.03888565
	(24) $(1-\beta_{2F}^2) \times \beta_{3F}^2$	0.19582849
	(25) $(1-\beta_{2N}^2) \times \beta_{3N}^2$	0.28597518
	(26) $1/r_{1XF}-1/r_{1XR}$	-0.7264274
		-0.4787074
	(27) $SD1/fL$	2.30009848
	(28) fB/fL	5.1223478
	(29) $fL \times \tan \omega_{\max}$	4.17170907
	$2y_{\max}$	1.624
	(30) $ER3$ $fL/(2 \times F_{EX})$	0.936
		0.1029528

[0736] 图21是摄像装置的例子。在该例中，摄像装置为内窥镜系统。图21是示出内窥镜系统的概要结构的图。

[0737] 内窥镜系统300是使用了电子内窥镜的观察系统。内窥镜系统300由电子内窥镜310和图像处理装置320构成。电子内窥镜310具备镜体部310a和连接线部310b。此外，在图

像处理装置320连接有显示单元330。

[0738] 镜体部310a大体分为操作部340和插入部341。插入部341是细长的,并且能够向患者的体腔内插入。此外,插入部341由具有挠性的构件构成。观察者能够利用设置于操作部340的角度旋钮等,进行各种操作。

[0739] 此外,从操作部340延伸设置有连接线部310b。连接线部310b具备通用缆线350。通用缆线350经由连接器360而与图像处理装置320连接。

[0740] 通用缆线350用于各种信号等的收发。作为各种信号,具有电源电压信号及CCD驱动信号等。这些信号从电源装置、视频处理器被发送到镜体部310a。此外,作为各种信号,具有影像信号。该信号从镜体部310a被发送到视频处理器。

[0741] 另外,在图像处理装置320内的视频处理器能够连接未图示的VTR录像机、视频打印机等周边设备。视频处理器对来自镜体部310a的影像信号实施信号处理。基于影像信号,在显示单元330的显示画面上显示内窥镜图像。

[0742] 在插入部341的前端部342配置有光学系统。图22是示出内窥镜的光学系统的结构的图。光学系统400具有照明部和观察部。

[0743] 照明部具有光导401和照明透镜402。光导401向插入部341的前端部342传输照明光。被传输的照明光从光导401的前端面出射。

[0744] 在前端部342配置有照明透镜402。照明透镜402配置在与光导401的前端面对置的位置。照明光通过照明透镜402,从照明窗403出射。由此,对被检体内部的观察对象部位(以下称为“观察部位404”)进行照明。

[0745] 在前端部342,观察窗405设置在照明窗403的旁边。来自观察部位404的光通过观察窗405向前端部342内入射。在观察窗405的后方设置有观察部。

[0746] 观察部具有广角光学系统406和摄像元件407。对于广角光学系统406,例如使用实施例1的广角光学系统。

[0747] 来自观察部位404的反射光通过广角光学系统406向摄像元件407入射。在摄像元件407的摄像面形成有观察部位404的像(光学像)。观察部位404的像被摄像元件407进行光电转换,由此得到观察部位404的图像。观察部位404的图像被显示在显示单元330中。这样,观察者能够观察观察部位404的图像。

[0748] 在广角光学系统406中,像面成为弯曲形状。摄像元件407具有与像面的形状相同的弯曲形状的受光面(摄像面)。通过使用摄像元件407,能够提高摄影图像的画质。

[0749] 图23和图24是示出摄像装置的光学系统的结构的图。光学系统具有物镜光学系统OBJ、玻璃罩C、以及棱镜P。玻璃罩C配置在物镜光学系统OBJ与棱镜P之间。也可以代替玻璃罩C而配置光学滤光片。或者也可以不配置玻璃罩C。

[0750] 在图23中,对于物镜光学系统OBJ,使用了实施例1的广角光学系统。在图24中,对于物镜光学系统OBJ,使用了实施例2的广角光学系统。此外,在图24中,在棱镜P与像面I之间配置有玻璃罩C'。

[0751] 棱镜P具有棱镜P1和棱镜P2。棱镜P1和棱镜P2都是三角棱镜。通过棱镜P1和棱镜P2形成光路分割元件。

[0752] 棱镜P1具有光学面S1、光学面S2以及光学面S3。棱镜P2具有光学面S3、光学面S4和光学面S5。棱镜P1与棱镜P2接合。通过棱镜P1和棱镜P2形成接合面。光学面S3是接合面。

[0753] 从物镜光学系统OBJ射出的光(以下称为“成像光”)通过玻璃罩C向光学面S1入射。由于光学面S1是透射面,因此,成像光透射光学面S1。

[0754] 接下来,成像光向光学面S3入射。光学面S3配置为面的法线相对于光轴成为45度。入射到光学面S3的成像光分为透射光学面S3的光(以下称为“成像光1”)和被光学面S3反射的光(以下称为“成像光2”)。

[0755] 成像光1和成像光2相互沿不同的方向行进。当将成像光1行进的光路设为第1光路、将成像光2行进的光路设为第2光路时,通过光学面S3形成第1光路和第2光路。这样,光学面S3作为光路分割面发挥功能。

[0756] 第1光路形成在物镜光学系统OBJ的光路的延长线上。第2光路形成为与第1光路交叉。在图23和图24中,第2光路与第1光路正交。

[0757] 光学面S3、光学面S4及光学面S5位于第1光路。透射了光学面S3的成像光1向光学面S4入射。光学面S4是反射面。成像光1被光学面S4反射后向光学面S5入射。光学面S5是透射面。成像光1透射光学面S5而汇集于光学面S5附近的像面I。在像面I上形成基于成像光1的光学像。

[0758] 光学面S3、光学面S2、光学面S3及光学面S5位于第2光路中。被光学面S3反射的成像光2向光学面S2入射。光学面S2是反射面。成像光2被光学面S2反射后向光学面S3入射。在光学面S3中,成像光2分为透射光学面S3的光和被光学面S3反射的光。

[0759] 透射了光学面S3的成像光2向光学面S5入射。成像光2透射光学面S5而汇集于光学面S5附近的像面I。在像面I上形成基于成像光2的光学像。

[0760] 由于在图23所示的光学系统和图24所示的光学系统中形成有2个光路,因此,在同一平面形成2个光学像。该同一平面是2个光路中的像面I。

[0761] 在第1光路中的光路长度与第2光路中的光路长度相等的情况下,在同一平面内的不同位置处形成2个对准焦点的光学像。2个光学像是焦点对准于同一物体时的光学像。因此,一方的光学像中的物体面的位置与另一方的光学像中的物体面的位置相等。

[0762] 另一方面,在第1光路中的光路长度与第2光路中的光路长度不同的情况下,在同一平面内的不同位置处也形成2个对准焦点的光学像。但是,2个光学像是焦点对准于不同物体时的光学像。因此,一方的光学像中的物体面的位置与另一方的光学像中的物体面的位置不同。

[0763] 例如,第1光路中的光路长度比第2光路中的光路长度短。在该情况下,由成像光1形成的光学像的物体面位于比由成像光2形成的物体面远的位置。这样,针对距物镜光学系统OBJ的距离(以下称为“物体距离”)不同的2个物体面分别对准焦点。即便在2个物体面上物体距离不同,也在同一平面内的不同位置处形成2个光学像。

[0764] 物镜光学系统OBJ具有对准焦点的区间(以下称为“合焦区间”)。合焦区间是由物体距离表示的区间,相当于物镜光学系统OBJ的景深。在合焦区间内,无论物体面位于哪个位置,都形成对准焦点的光学像。

[0765] 在2个物体面上物体距离不同的情况下,在一方的物体面上的合焦区间的位置与另一方的物体面上的合焦区间的位置之间产生偏离。通过适当地设定2个物体面的间隔,能够使一方的物体面上的合焦区间的一部分与另一方的物体面上的合焦区间的一部分重叠。

[0766] 这样,拍摄合焦区间偏离的2个光学像,由此取得2个图像。然后,从拍摄到的2个图

像仅提取对准焦点的区域(相当于景深的范围的图像区域),将提取出的区域合成。通过这种方式,能够取得景深大的图像。

[0767] 对于光学面S3,例如能够使用半反射镜面或者偏振光分束器面。

[0768] 在光学面S3为半反射镜面的情况下,成像光的光量的一半被光学面S3反射,剩余的一半透射光学面S3。因此,成像光2的光量成为成像光的光量的一半光量。成像光2被光学面S2反射。被光学面S2反射后的成像光2透射光学面S3。在光学面S3上,仅能够使成像光2的光量的一半透射。

[0769] 在光学面S3为偏振光分束器面的情况下,也可以代替玻璃罩C而使用偏振光消除板或者波长板。此外,光学面S2不是反射面,而是透射面。而且,在与光学面S2分离的位置处配置反射面。此外,在光学面S2与反射面之间配置 $\lambda/4$ 波长板。

[0770] P偏振光是在纸面内具有光的振幅的偏振光,S偏振光是在与纸面正交的面内具有振幅的偏振光。当P偏振光透射光学面S3且S偏振光被光学面S3反射时,P偏振光对应于成像光1,S偏振光对应于成像光2。

[0771] 例如,当代替玻璃罩C而使用偏振光消除板时,成像光通过偏振光消除板。因此,在从偏振光消除板射出的成像光中,成像光所包含的P偏振光与S偏振光的比例成为大致一半。入射到光学面S3的成像光被光学面S3分为P偏振光与S偏振光。因此,成像光2的光量成为成像光的光量的一半光量。

[0772] 从光学面S3朝向光学面S2时的成像光2是S偏振光。在光学面S2为反射面的情况下,成像光2在S偏振光的状态下朝向光学面S3反射。由于从光学面S2朝向光学面S3时的成像光2是S偏振光,因此,成像光2无法透射光学面S3。

[0773] 另一方面,在光学面S2为透射面的情况下,成像光2被反射面反射。在光学面S2与反射面之间配置有 $\lambda/4$ 波长板。通过成像光2在光学面S2与反射面之间往复,成像光2中的偏振光方向旋转90度。因此,能够将S偏振光转换成P偏振光。其结果是,从光学面S2朝向光学面S3时的成像光成为P偏振光。

[0774] 转换成P偏振光的成像光2到达光学面S3。因此,成像光2不被光学面S3反射。即,在光学面S3上,能够使成像光2的光量的几乎全部透射。

[0775] 图25是示出摄像装置的概要结构的图。(A)是示出整体结构的图,(B)是示出物体的朝向的图。

[0776] 如图25(A)所示,摄像装置500具有物镜光学系统501、偏振光消除板502、第1棱镜503、第2棱镜504、第3棱镜505、波长板506、反射镜507、摄像元件508、图像处理部511、以及图像显示装置512。

[0777] 在摄像装置500中,由第1棱镜503、第2棱镜504及第3棱镜505形成光路分割元件。

[0778] 物镜光学系统501形成物体的像。在物镜光学系统501与第1棱镜503之间配置有偏振光消除板502。

[0779] 第1棱镜503与第2棱镜504接合。由第1棱镜503和第2棱镜504形成接合面509。入射到接合面509的光分为被接合面509反射的光和透射接合面509的光。

[0780] 对于接合面509,能够使用偏振光分束器面。在该情况下,在接合面509中,例如,使P偏振光透射,将S偏振光反射。

[0781] 透射了接合面509的P偏振光从第2棱镜504射出。P偏振光向第3棱镜505入射而到

达光学面510。光学面510例如是反射镜面。因此，P偏振光被光学面510反射。

[0782] 被光学面510反射的P偏振光从第3棱镜505射出并向摄像元件508入射。如图25(B)所示，摄像元件508具有第1区域513和第2区域514。被光学面510反射的P偏振光向第1区域513入射。因此，在第1区域513形成光学像。

[0783] 另一方面，被接合面509反射的S偏振光从第1棱镜503射出。S偏振光向波长板506入射。对于波长板506，使用 $\lambda/4$ 波长板。因此，S偏振光通过波长板506而转换成圆偏振光。其结果是，从波长板506射出圆偏振光。

[0784] 圆偏振光被反射镜507反射后再次向波长板506入射。从波长板506射出的光向第1棱镜503入射而到达接合面509。入射到波长板506的圆偏振光通过波长板506而转换成P偏振光。由于到达接合面509的光是P偏振光，因此，透射接合面509。

[0785] 透射了接合面509的P偏振光从第2棱镜504射出并向摄像元件508入射。如上所述，摄像元件508具有第1区域513和第2区域514。透射了接合面509的P偏振光向第2区域514入射。其结果是，在第2区域514形成光学像。

[0786] 在摄像元件508中例如采用卷帘快门方式。在卷帘快门方式中，逐行地读出图像信息。摄像元件508与图像处理部511连接。读出的图像信息被输入到图像处理部511。

[0787] 图像处理部511具有第2图像处理部511b。在第2图像处理部511b中，能够使用逐行读出的图像信息，选择对准焦点的图像作为显示用图像。第2图像处理部511b选择出的每1行的图像被合成而显示于图像显示装置512。

[0788] 对图像处理部511进行说明。图像处理部511例如设置于中央处理运算装置(未图示)。图像处理部511具有第1图像处理部511a、第2图像处理部511b、第3图像处理部511c、第4图像处理部511d、以及第5图像处理部511e。

[0789] 在第1图像处理部511a中，校正从第1区域513取得的图像(以下称为“第1图像”)的朝向和从第2区域514取得的图像(以下称为“第2图像”)的朝向。在图像的朝向的校正中，例如使图像旋转。

[0790] 第1图像的朝向和第2图像的朝向分别由形成于第1区域513的光学像(以下称为“第1光学像”)的朝向和形成于第2区域514的光学像(以下称为“第2光学像”)的朝向决定。

[0791] 图26示出物体、物镜光学系统及光路分割元件的位置关系的图。例如，对观察图26所示的“F”字符的情况进行说明。第1光学像的朝向和第2光学像的朝向分别成为图25(B)所示的朝向。

[0792] 图25(B)所示，第1光学像与第2光学像成为相互镜像的关系。此外，当将纸面的上下方向设为正立方向时，第1光学像与第2光学像从正立方向旋转90度。

[0793] 对此，在使物体的图像显示于图像显示装置512的情况下，在第1图像处理部511a中，使第1图像以第1区域513的中心点为中心旋转90度。针对第2图像，也以区域514的中心点为中心旋转90度。而且，针对第2图像，使图像反转，对镜像进行校正。

[0794] 当第1图像处理部511a的处理结束时，执行第2图像处理部511b的处理。但是，根据需要，也可以在执行第2图像处理部511b的处理之前，执行第3图像处理部511c、第4图像处理部511d及第5图像处理部511e中的至少1个处理。

[0795] 第3图像处理部511c构成为能够调整第1图像的白平衡和第2图像的白平衡。第4图像处理部511d构成为能够移动或选择第1图像的中心位置和第2图像的中心位置。第5图像

处理部511e构成能够调整第1图像的显示范围和第2图像的显示范围。此外,在第5图像处理部511e中,也可以构成代替调整显示范围而能够调整显示倍率。

[0796] 第2图像处理部511b构成对第1图像与第2图像进行比较,选择对准焦点的区域的图像作为显示用图像。

[0797] 第2图像处理部511b例如具有高通滤波器、比较器以及切换器。在第1区域513和第2区域514分别连接有高通滤波器。在高通滤波器中,从第1图像和第2图像分别提取高频成分。

[0798] 2个高通滤波器的输出被输入到比较器。由2个高通滤波器提取出的高频成分通过比较器进行比较。比较结果被输入到切换器。在切换器还连接有第1区域513和第2区域514。因此,向切换器输入比较结果、第1图像的信号及第2图像的信号。

[0799] 在切换器中,基于比较结果,选择在第1图像中高频成分多的区域和在第2图像中高频成分多的区域。

[0800] 图像显示装置512具有显示区域。在显示区域显示第2图像处理部511b所选择的图像。图像显示装置512也可以具有显示第1图像和第2图像的显示区域。

[0801] 产业利用性

[0802] 如以上那样,本发明适合于良好地校正了各种像差、并且所移动的透镜的外径与位于所移动的透镜组附近的透镜的外径足够小且具有适当的后焦距的广角光学系统以及使用了该广角光学系统的摄像装置。

[0803] 标号说明

[0804] G1 第1透镜组

[0805] G2 第2透镜组

[0806] G3 第3透镜组

[0807] S 亮度光圈

[0808] F 滤光片

[0809] C、C1、C2 玻璃罩

[0810] P、P1、P2 棱镜

[0811] I 像面

[0812] 300 内窥镜系统

[0813] 310 电子内窥镜

[0814] 310a 镜体部

[0815] 310b 连接线部

[0816] 320 图像处理装置

[0817] 330 显示单元

[0818] 340 操作部

[0819] 341 插入部

[0820] 342 前端部

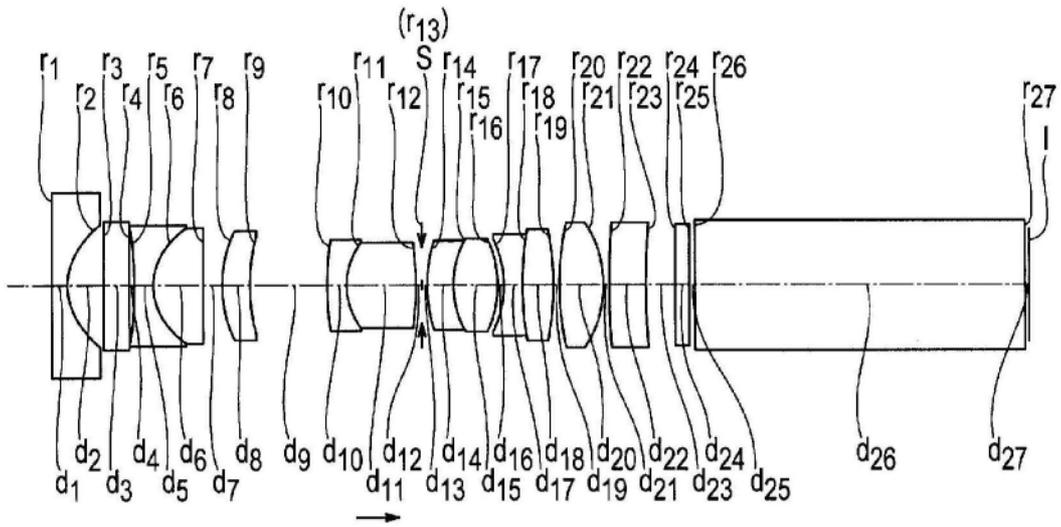
[0821] 350 通用缆线

[0822] 360 连接器

[0823] 400 光学系统

- [0824] 401 光导
- [0825] 402 照明透镜
- [0826] 403 照明窗
- [0827] 404 观察部位
- [0828] 405 观察窗
- [0829] 406 广角光学系统
- [0830] 407 摄像元件
- [0831] 500 摄像装置
- [0832] 501 物镜光学系统
- [0833] 502 偏振光消除板
- [0834] 503 第1棱镜
- [0835] 504 第2棱镜
- [0836] 505 第3棱镜
- [0837] 506 波长板
- [0838] 507 反射镜
- [0839] 508 摄像元件
- [0840] 509 接合面
- [0841] 510、S1、S2、S3、S4、S5 光学面
- [0842] 511 图像处理部
- [0843] 511a 第1图像处理部
- [0844] 511b 第2图像处理部
- [0845] 511c 第3图像处理部
- [0846] 511d 第4图像处理部
- [0847] 511e 第5图像处理部
- [0848] 512 图像显示装置
- [0849] 513 第1区域
- [0850] 514 第2区域

(a)



(b)

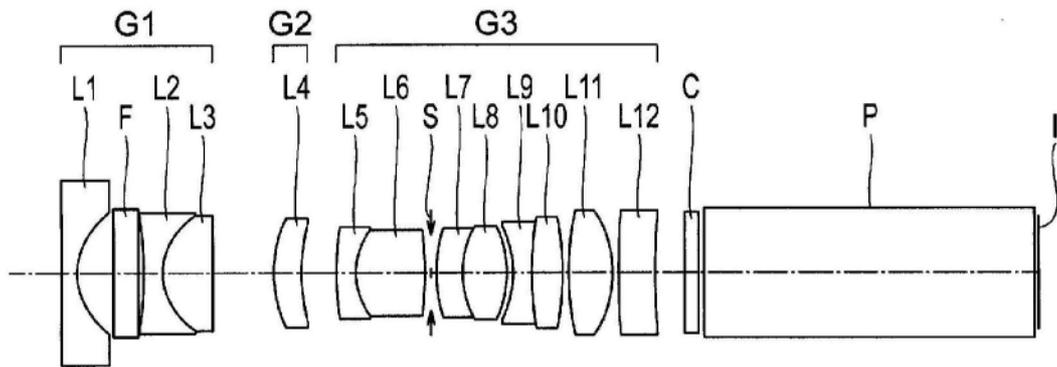


图1

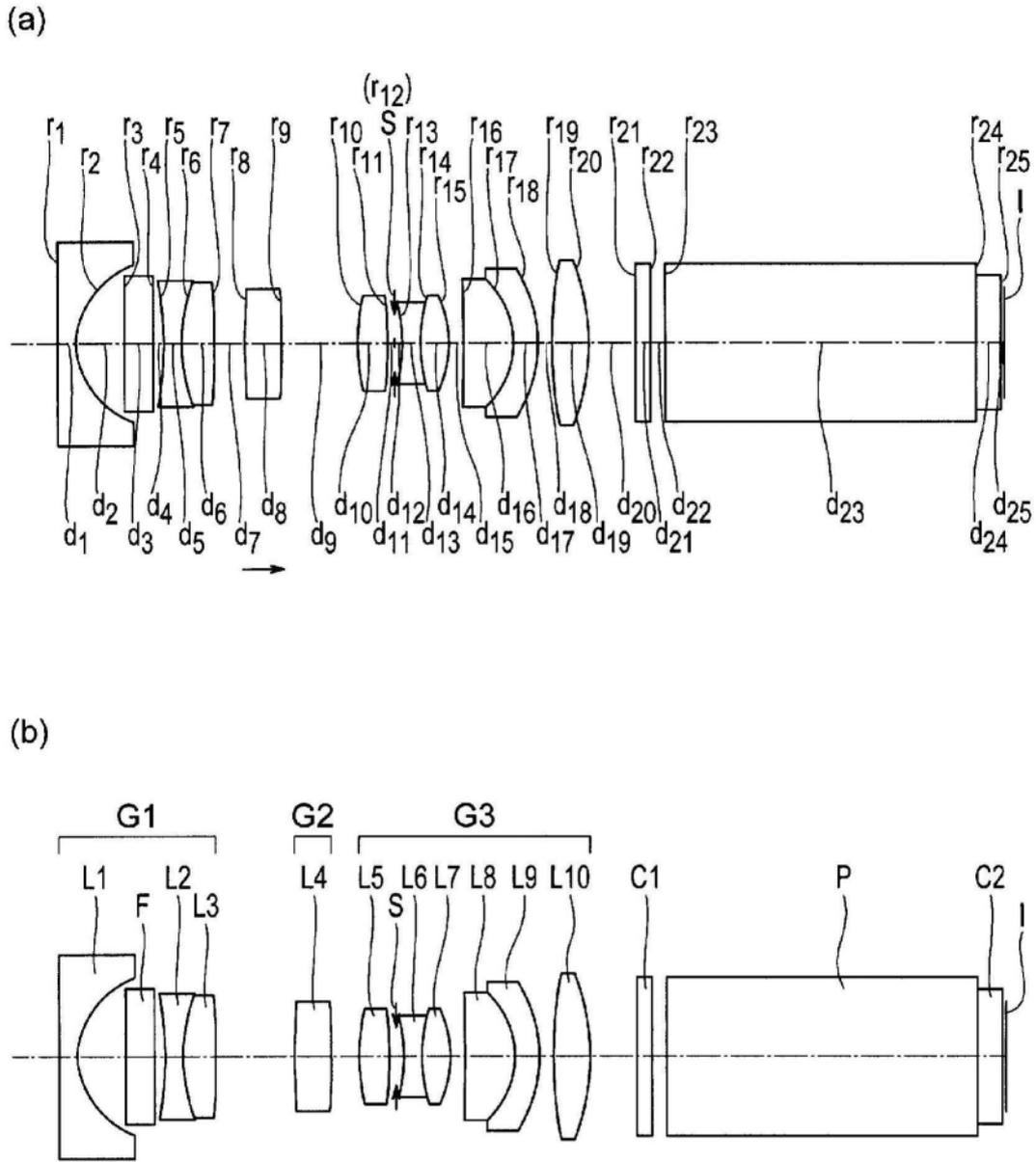


图2

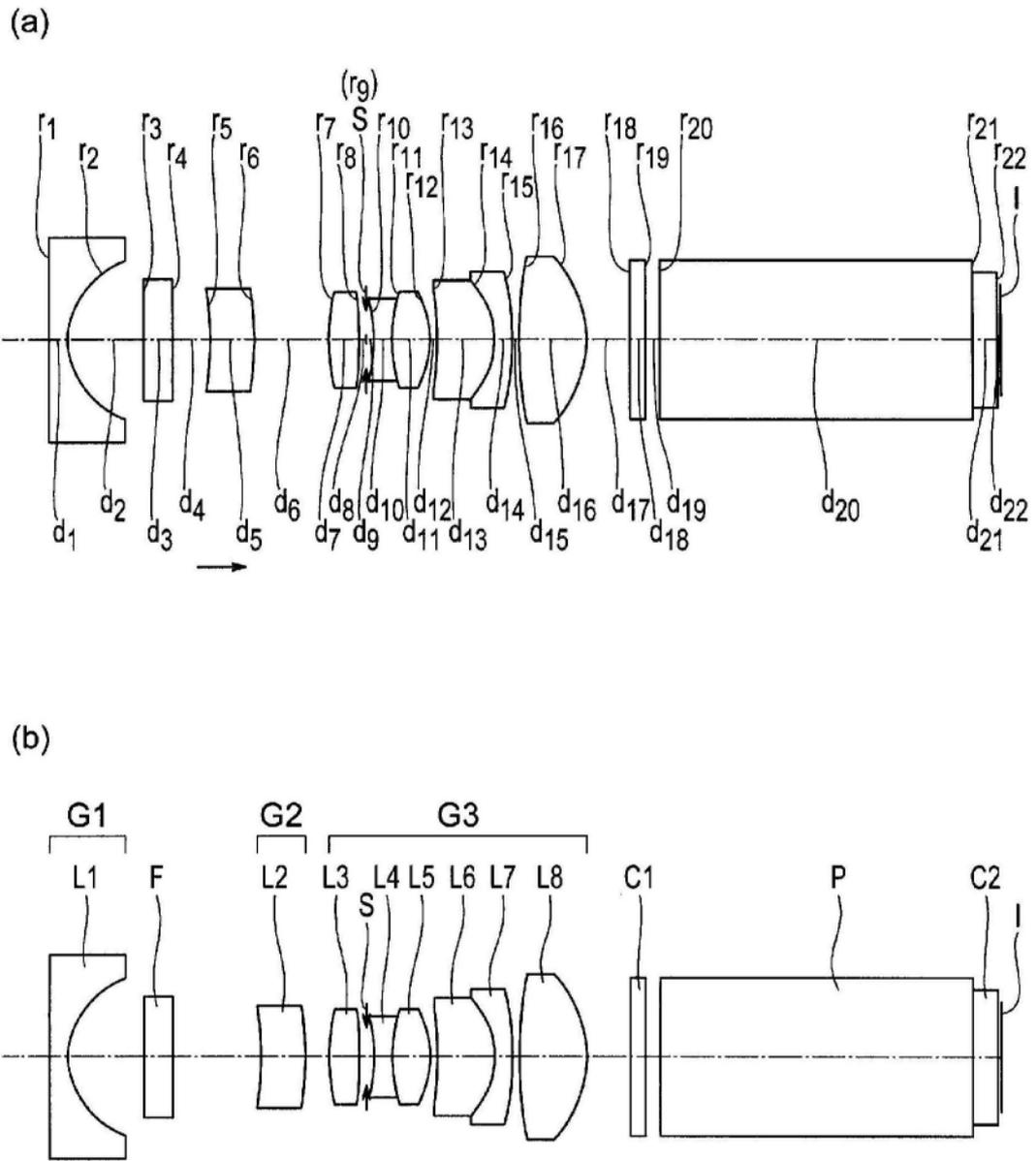
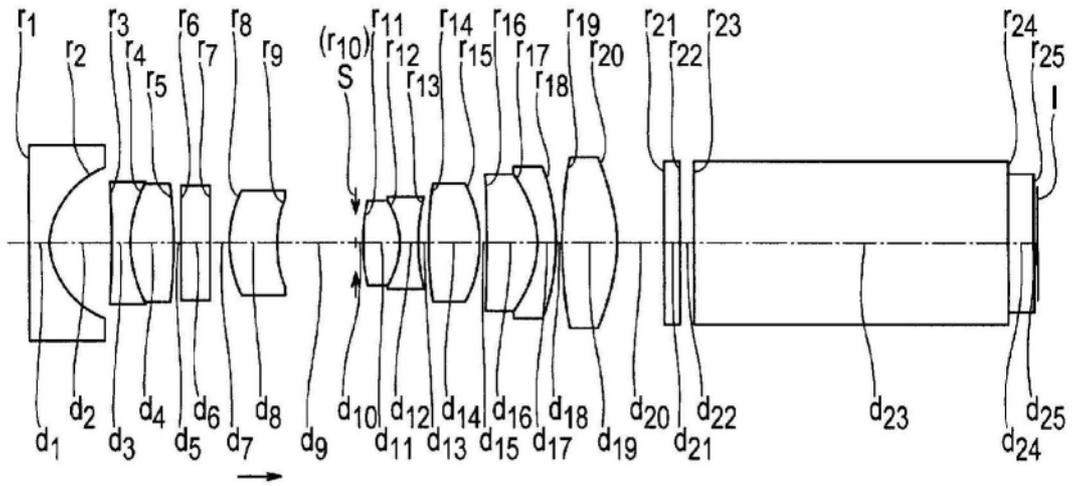


图3

(a)



(b)

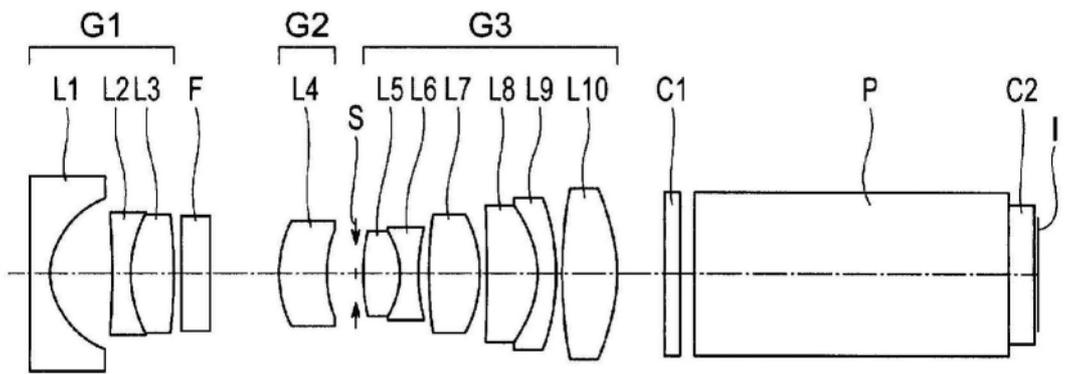


图4

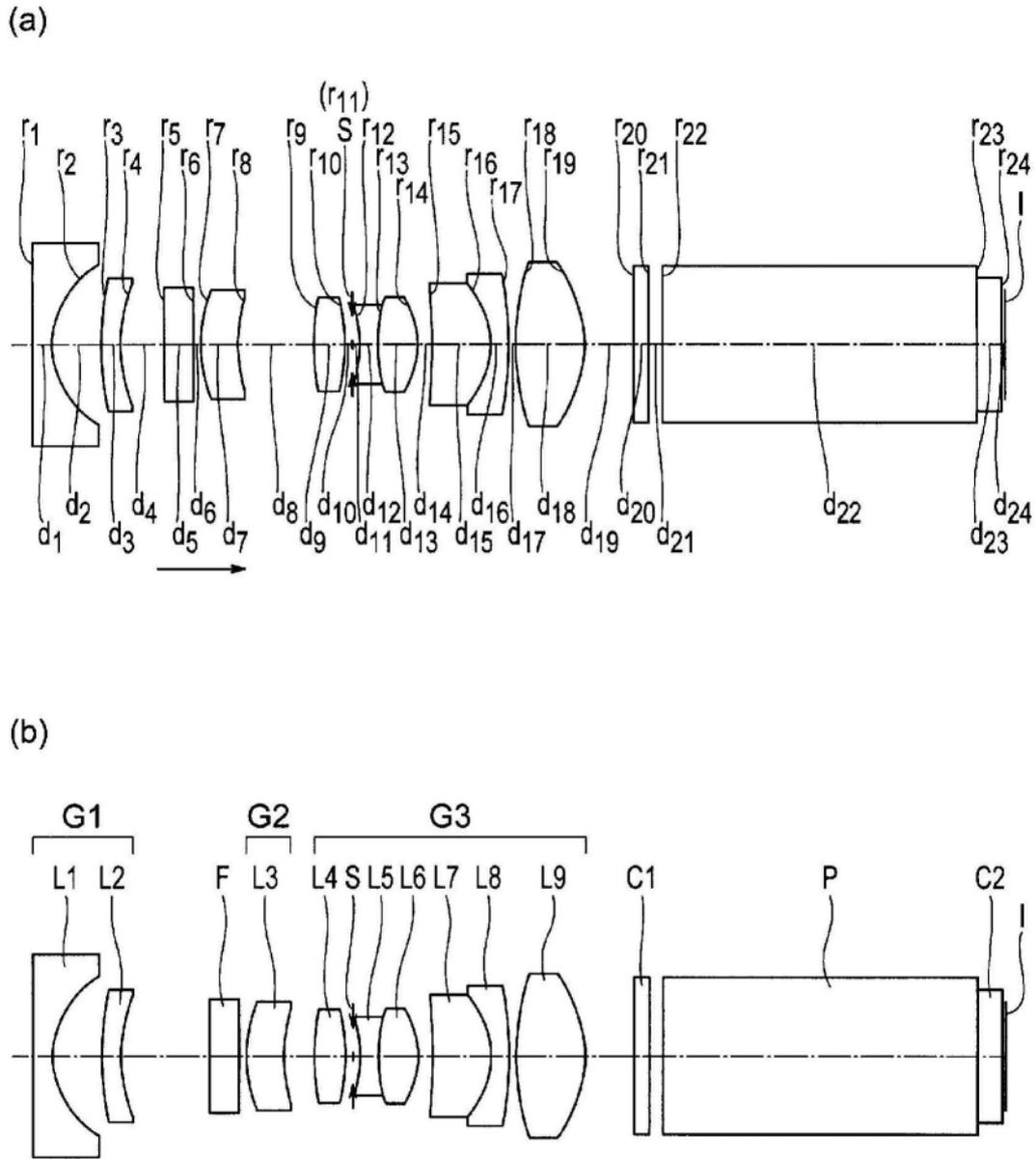


图5

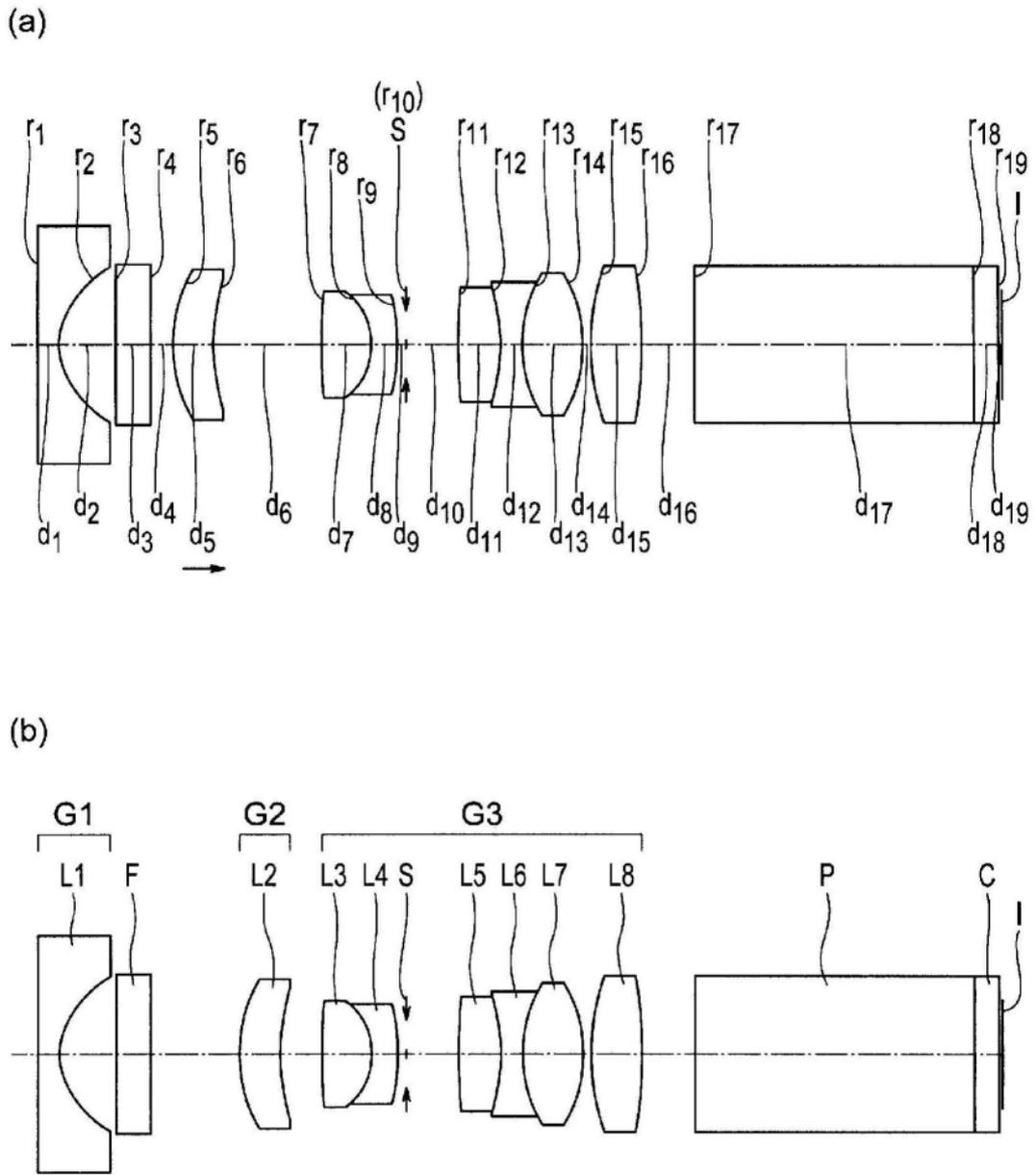


图6

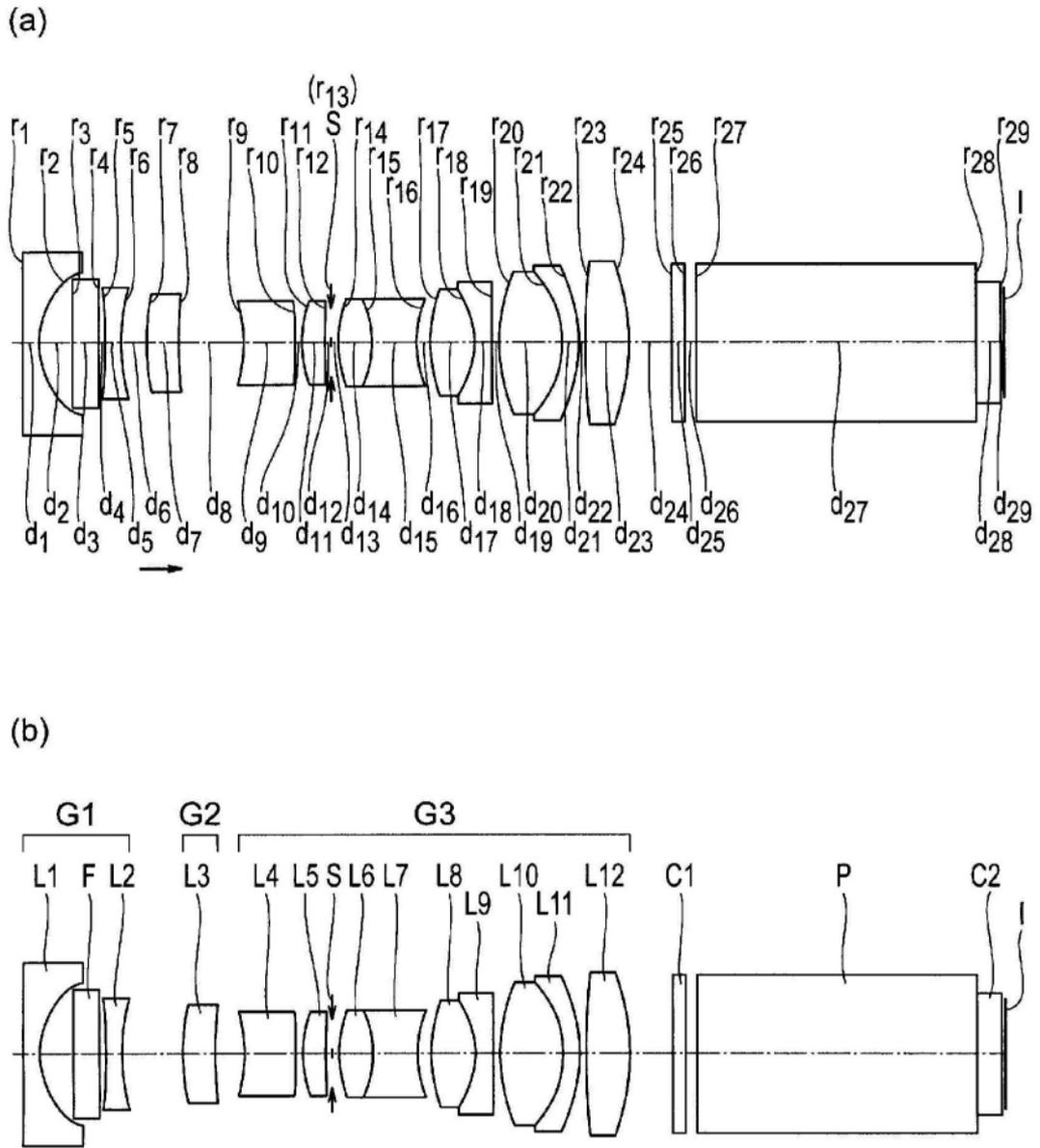


图7

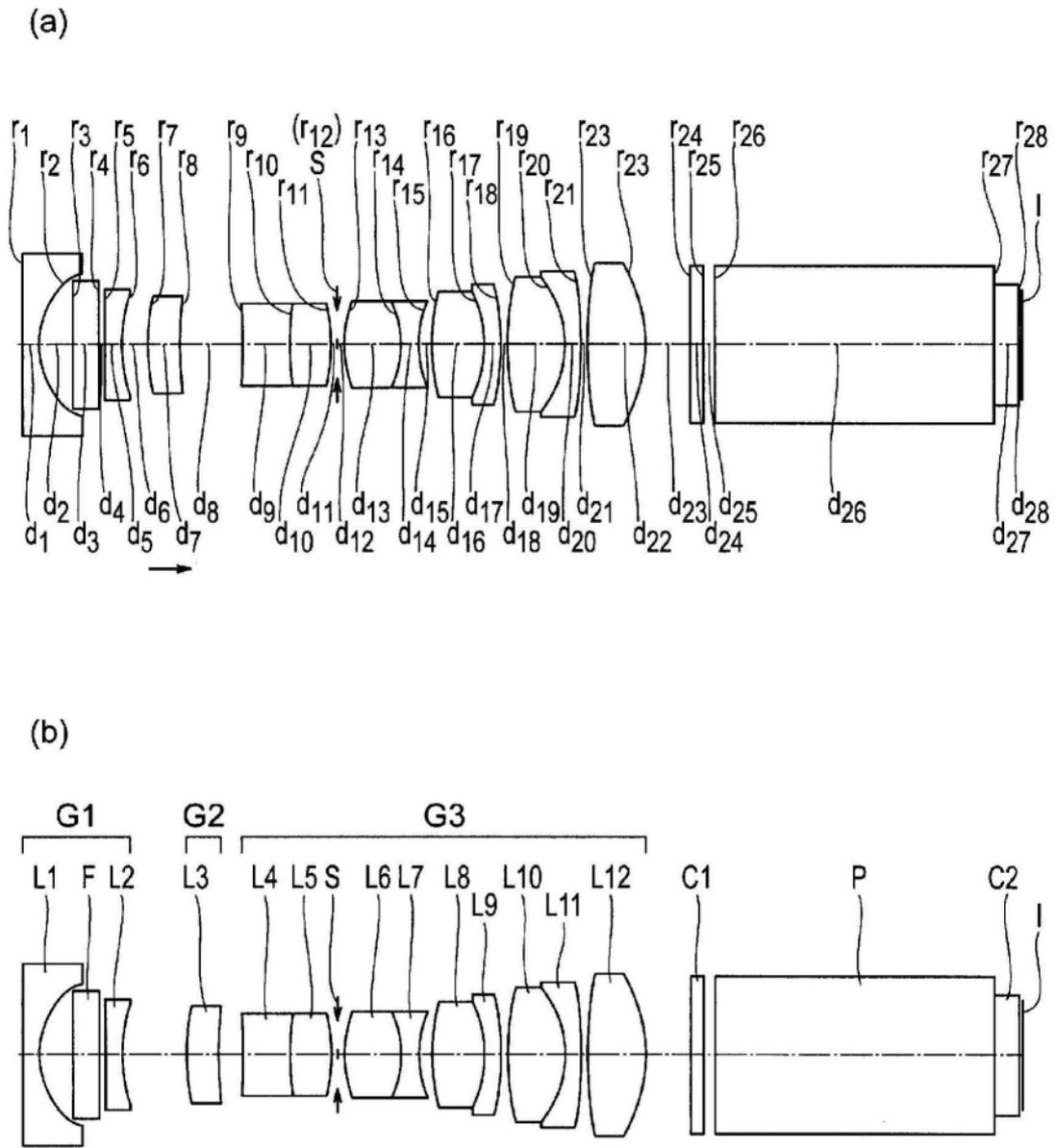


图8

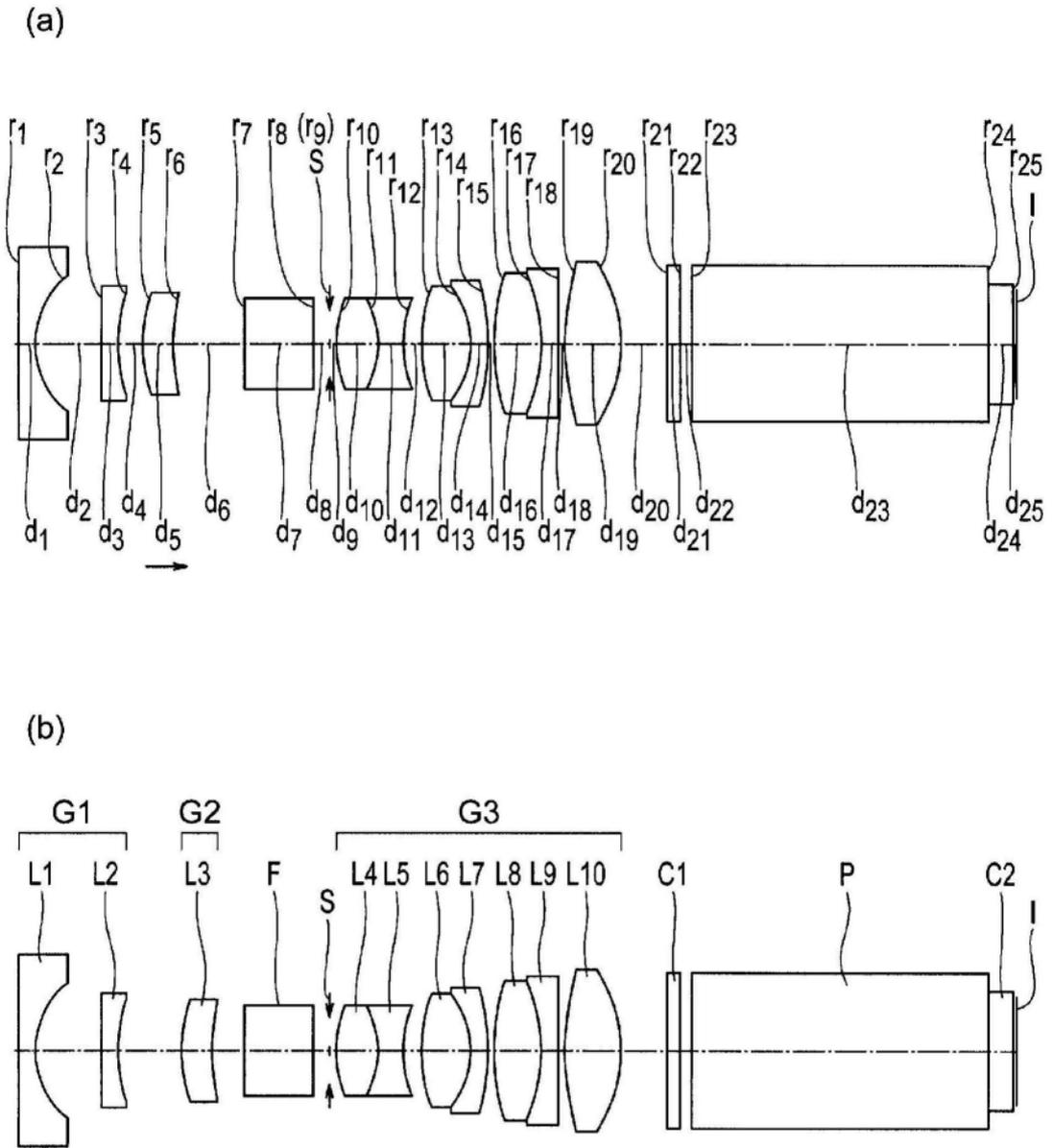


图9

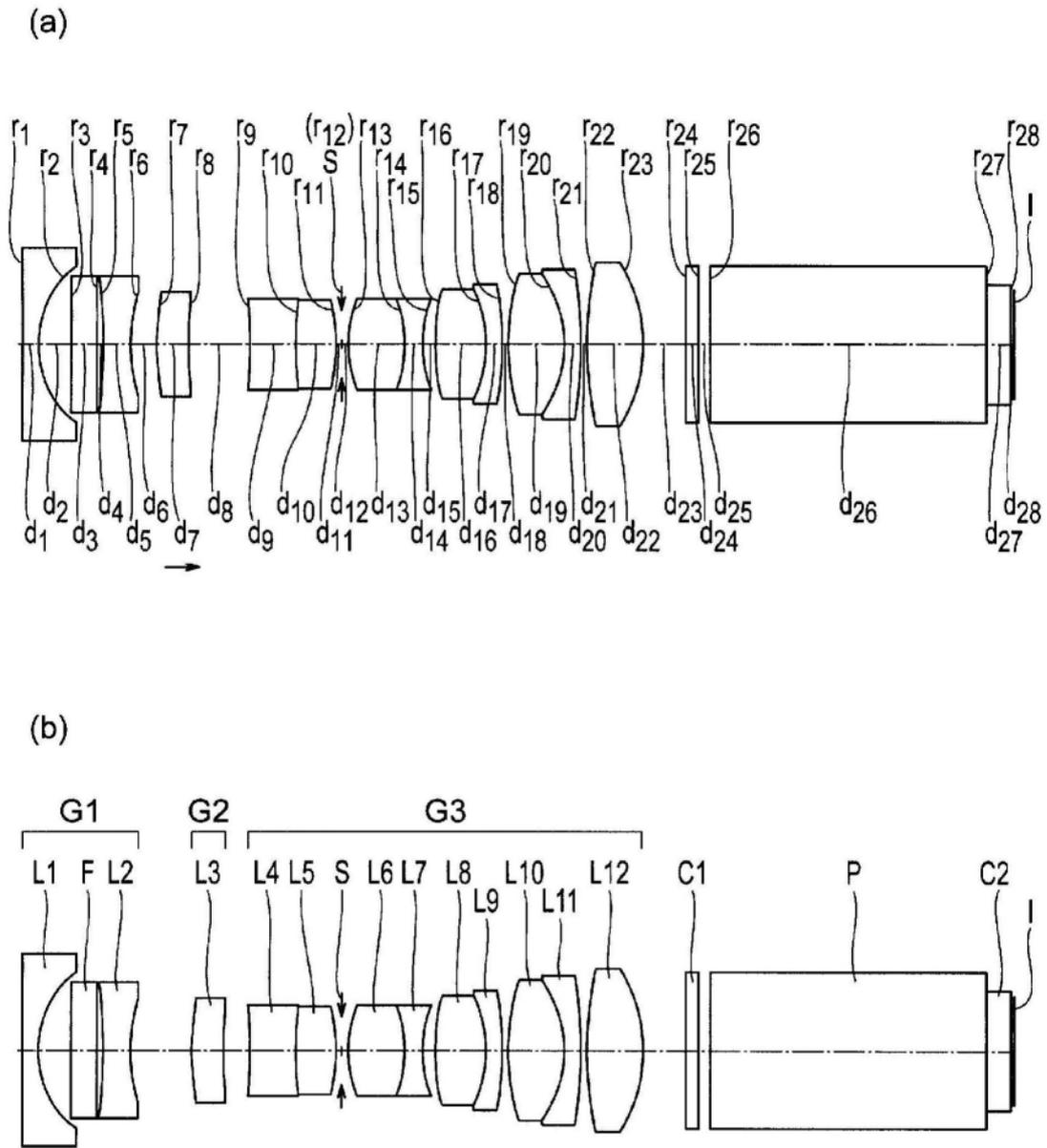


图10

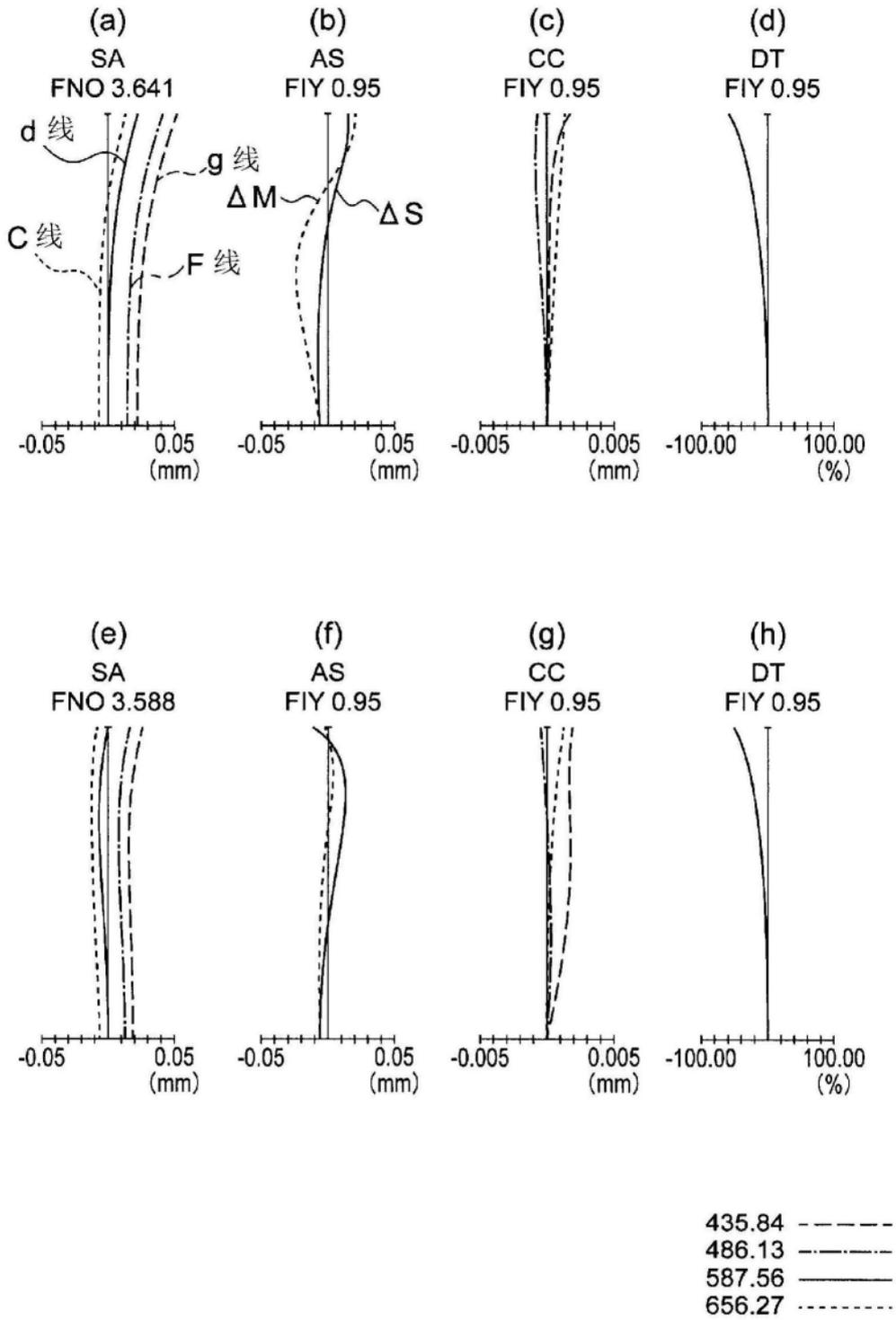


图11

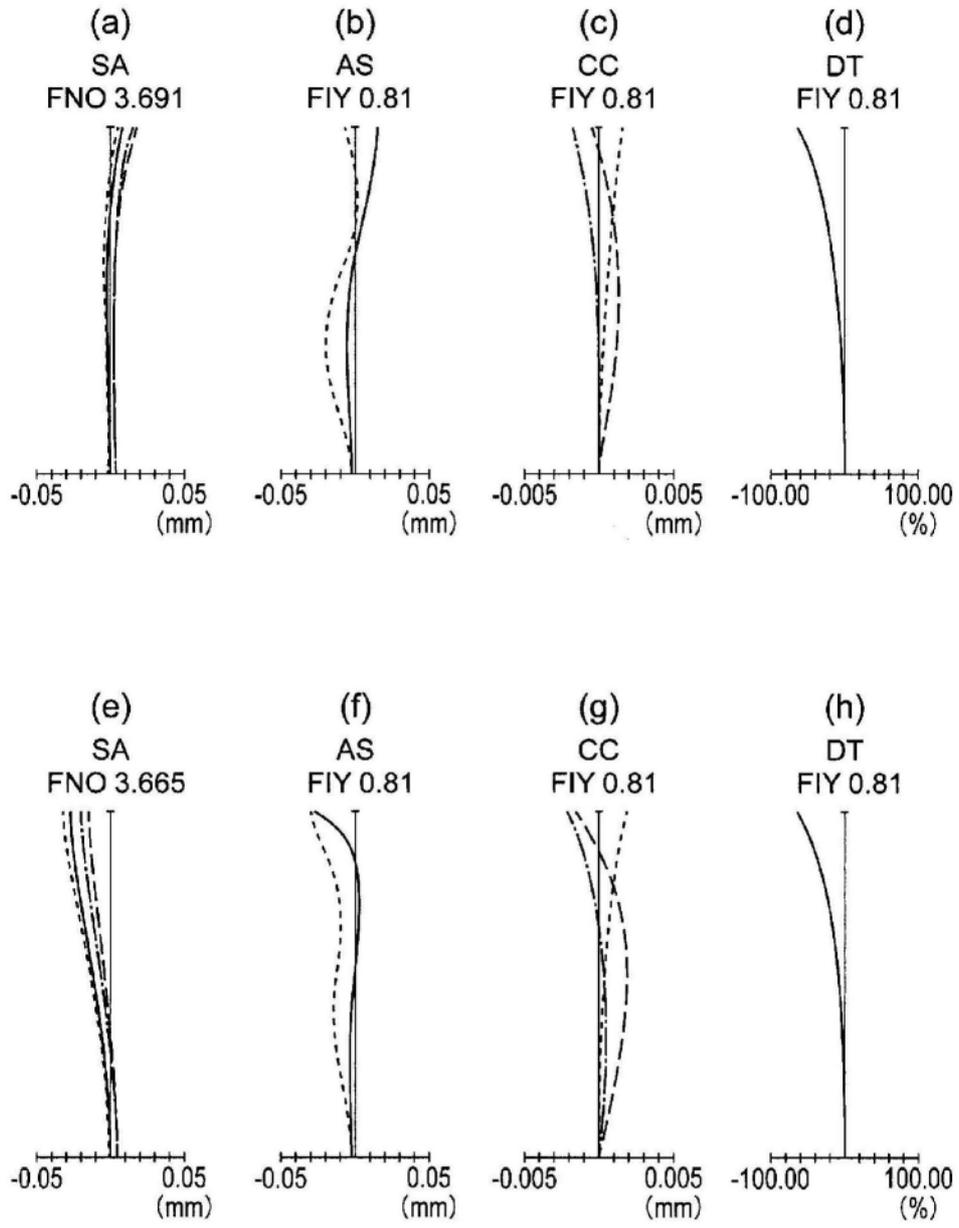


图12

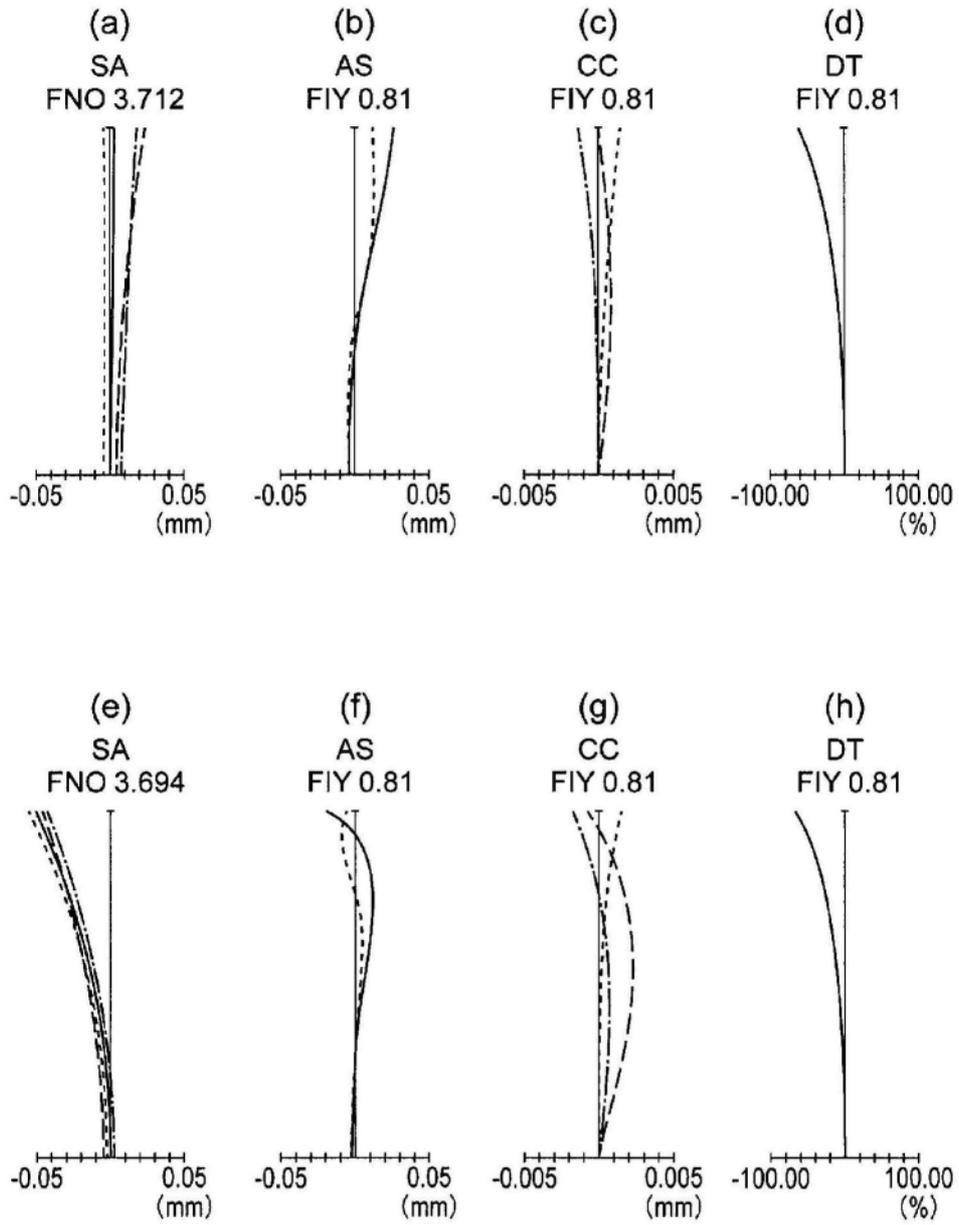


图13

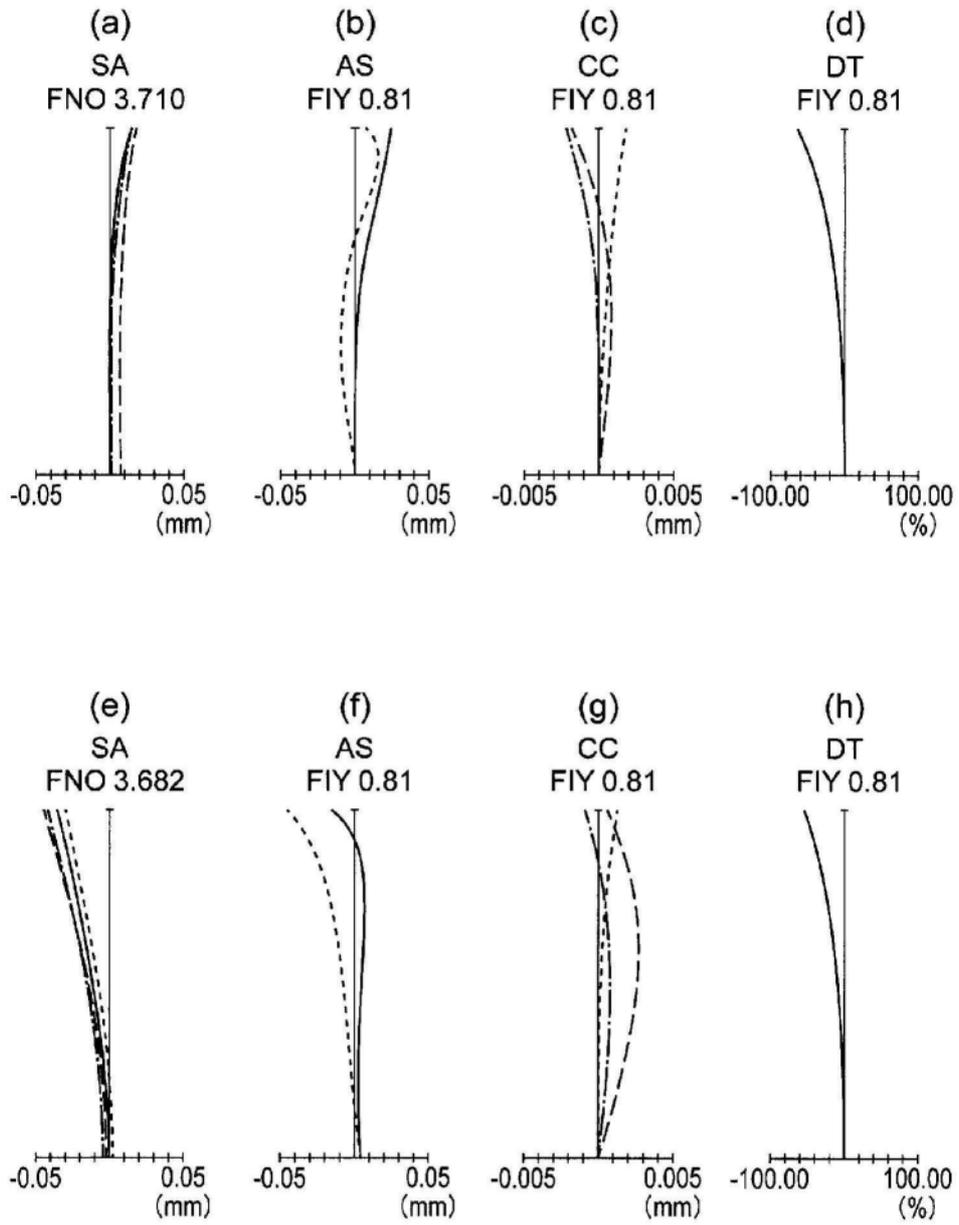


图14

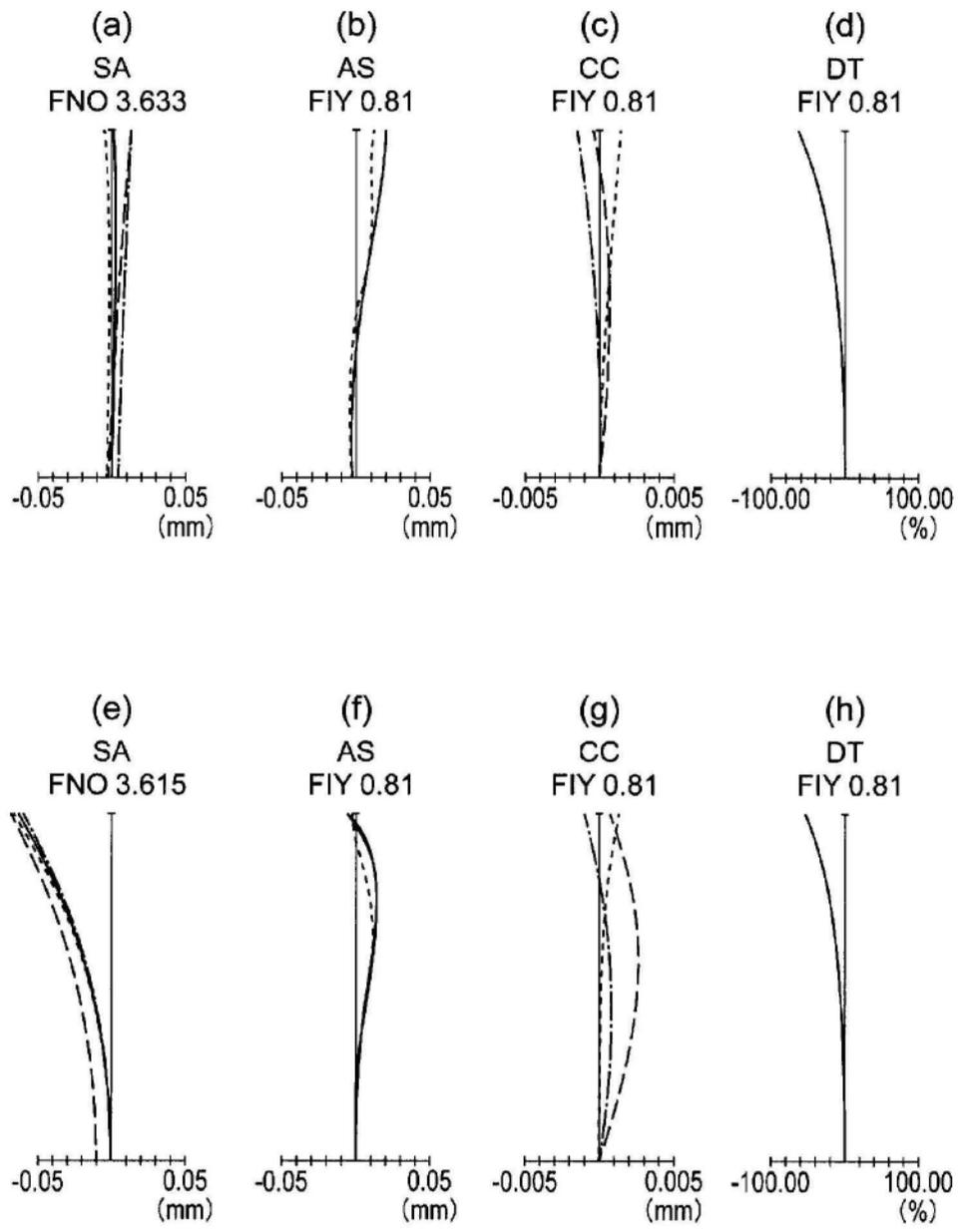


图15

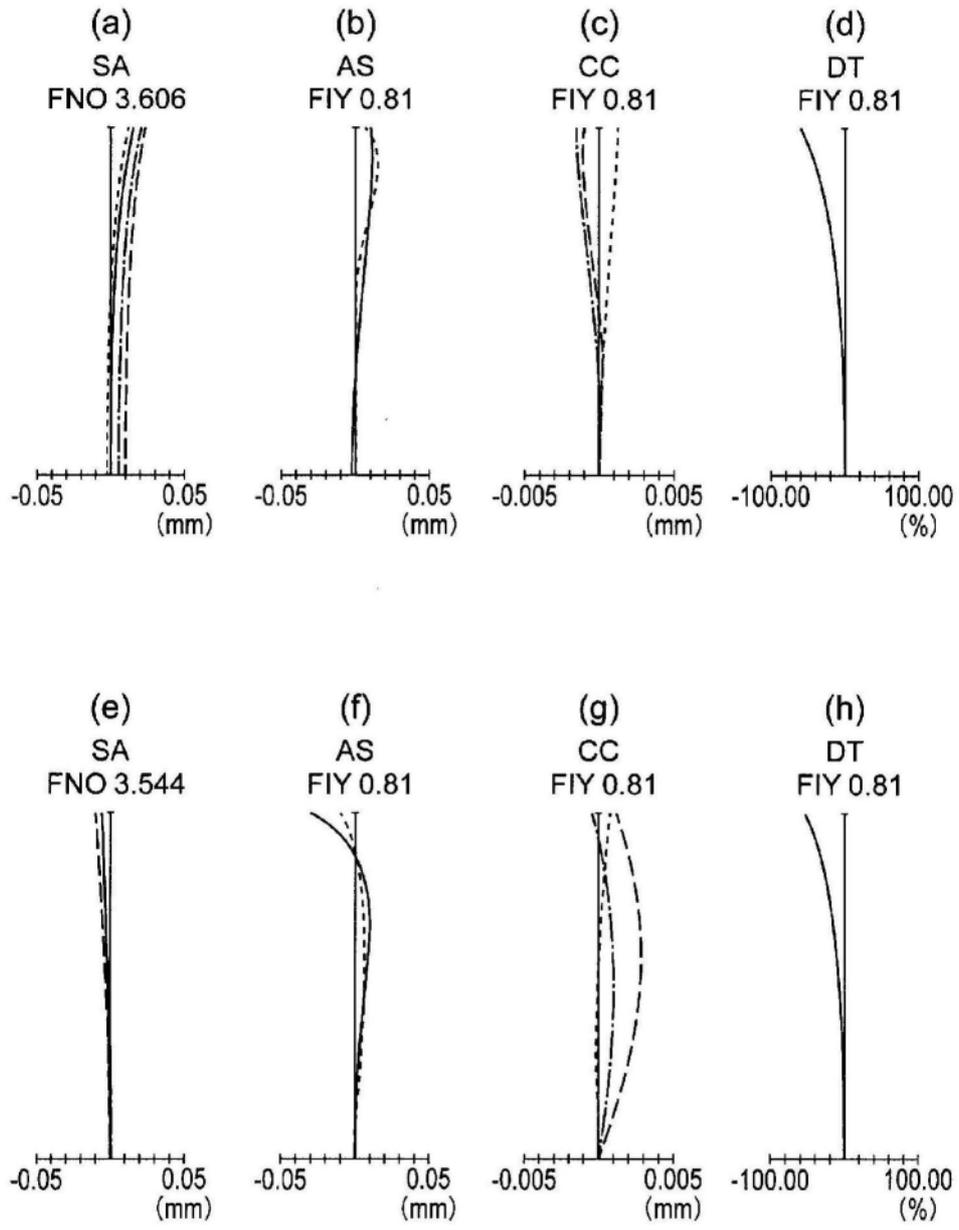


图16

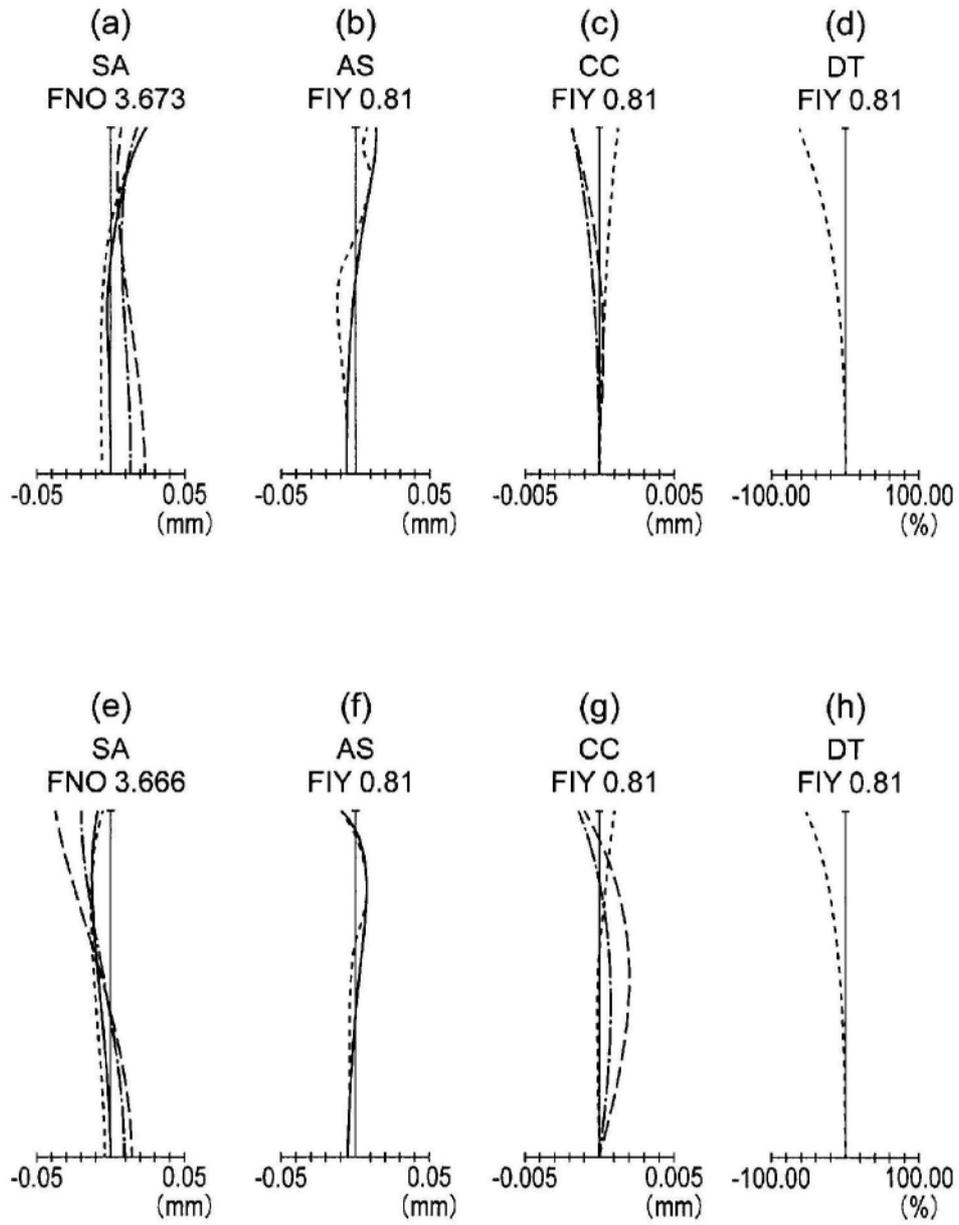


图17

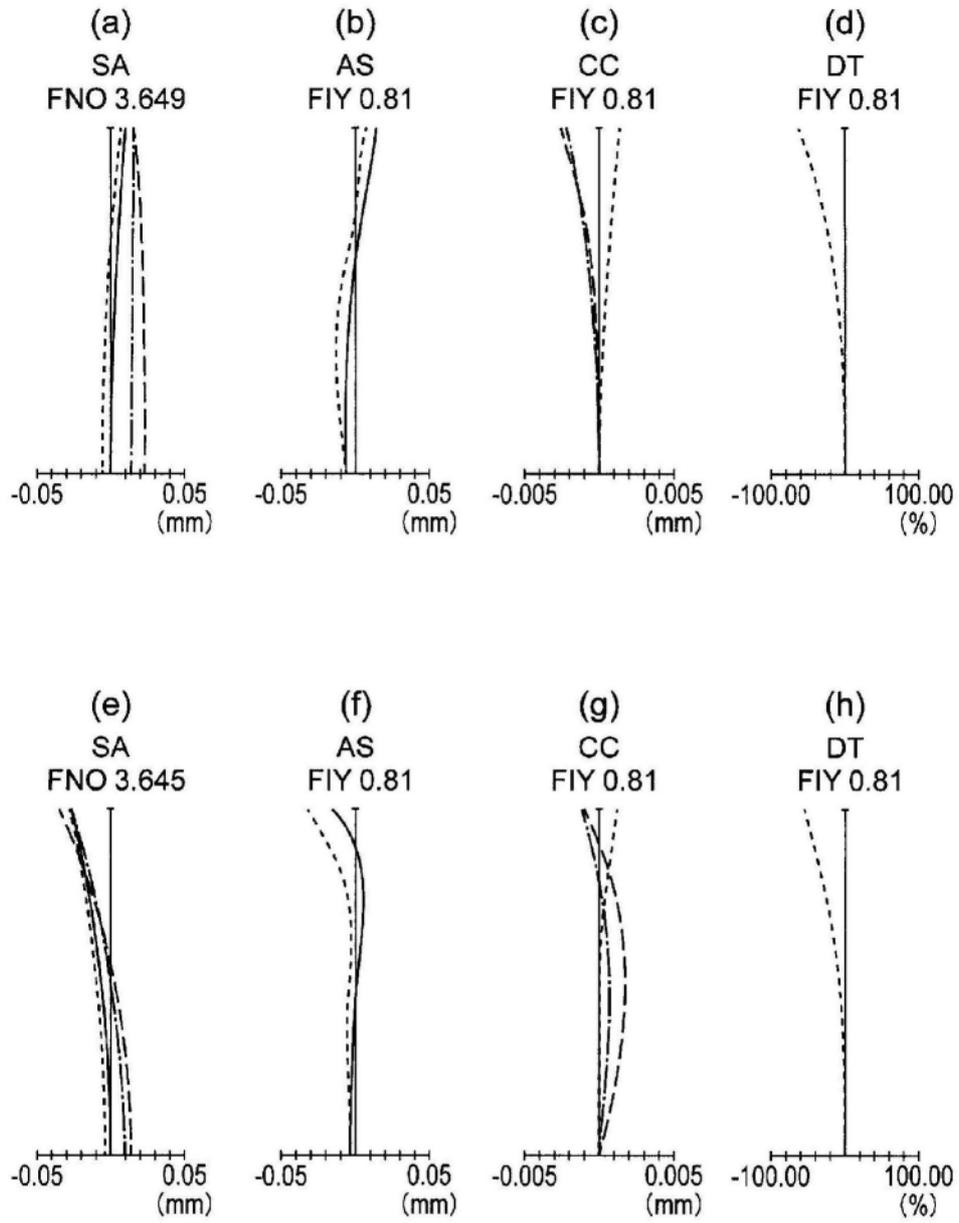


图18

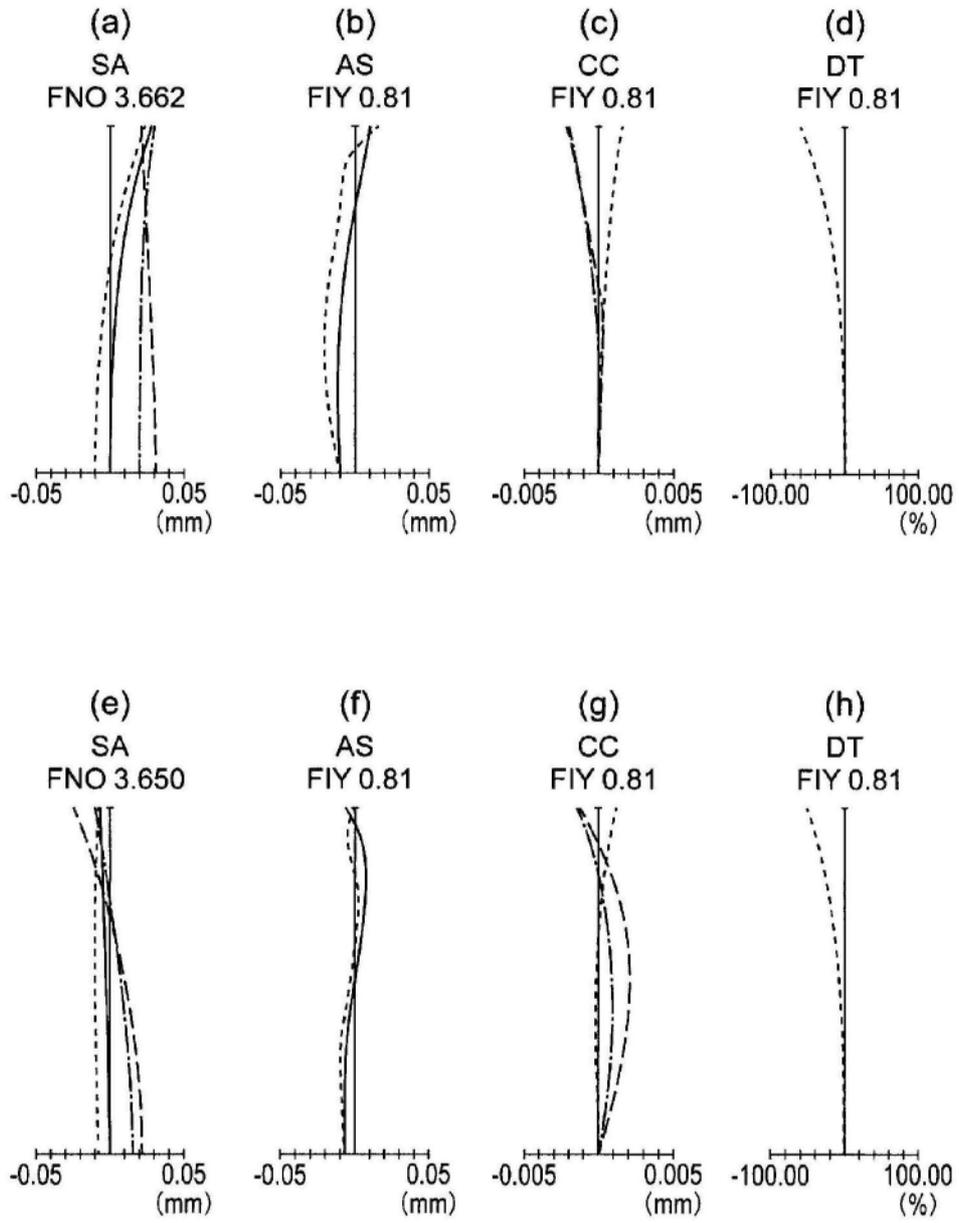


图19

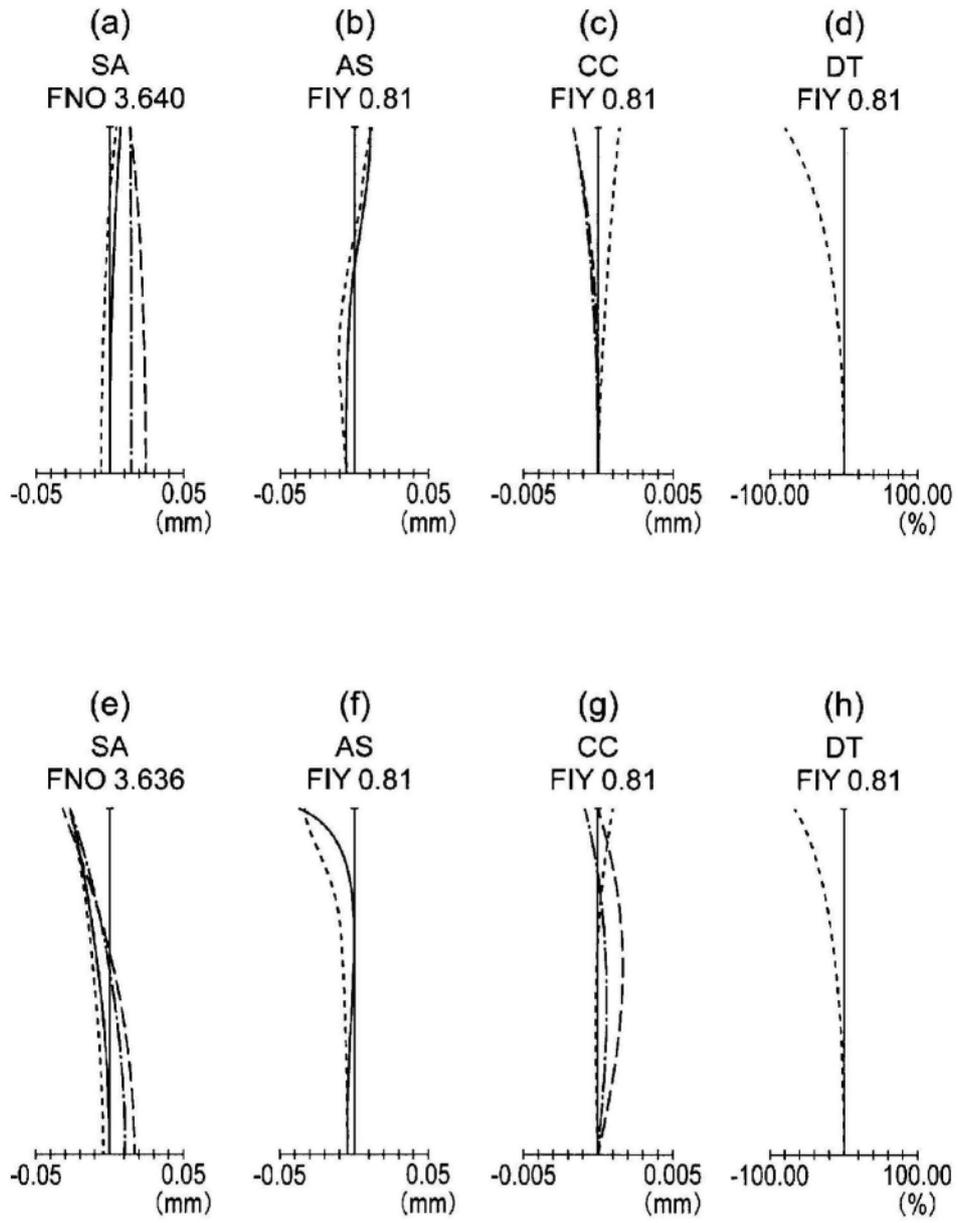


图20

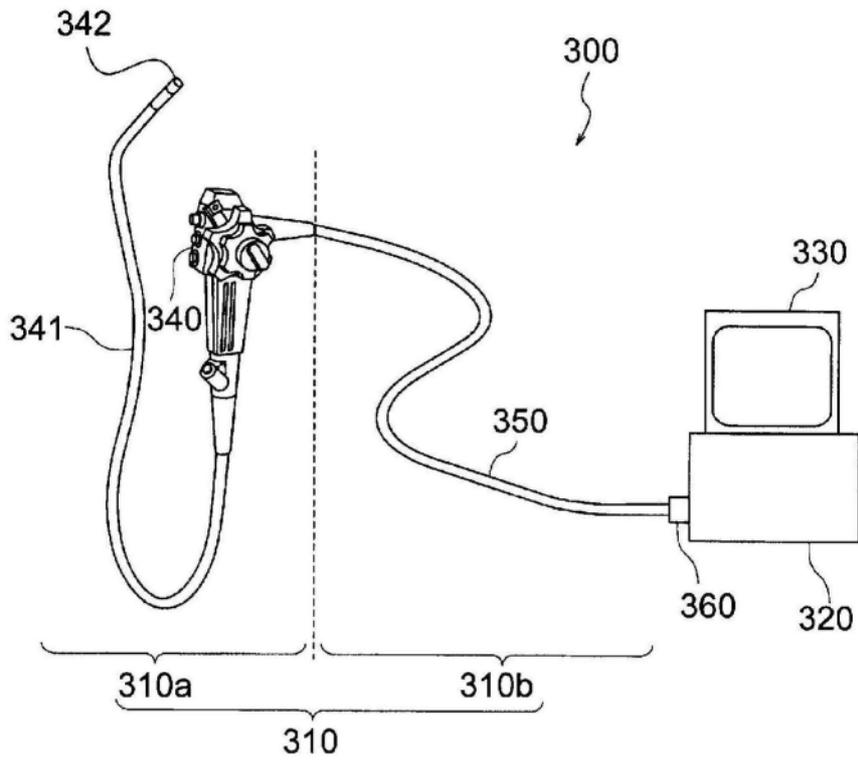


图21

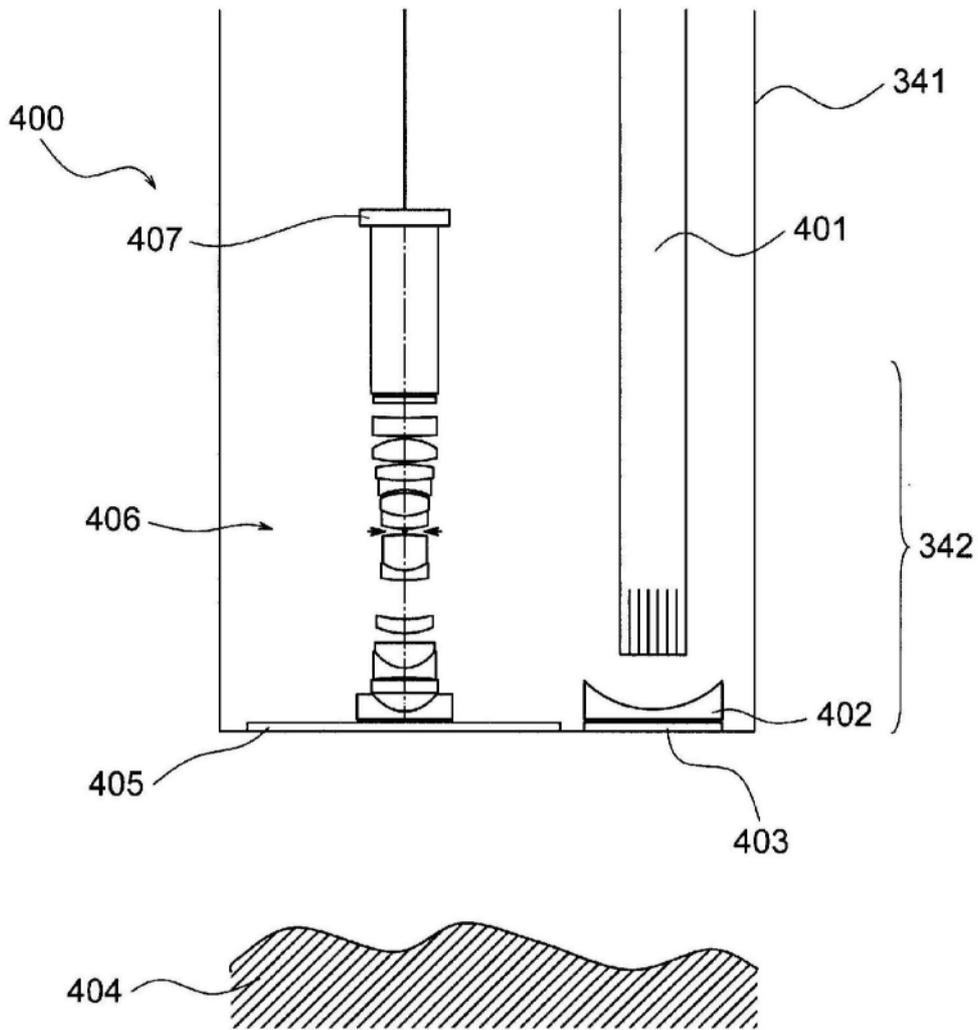


图22

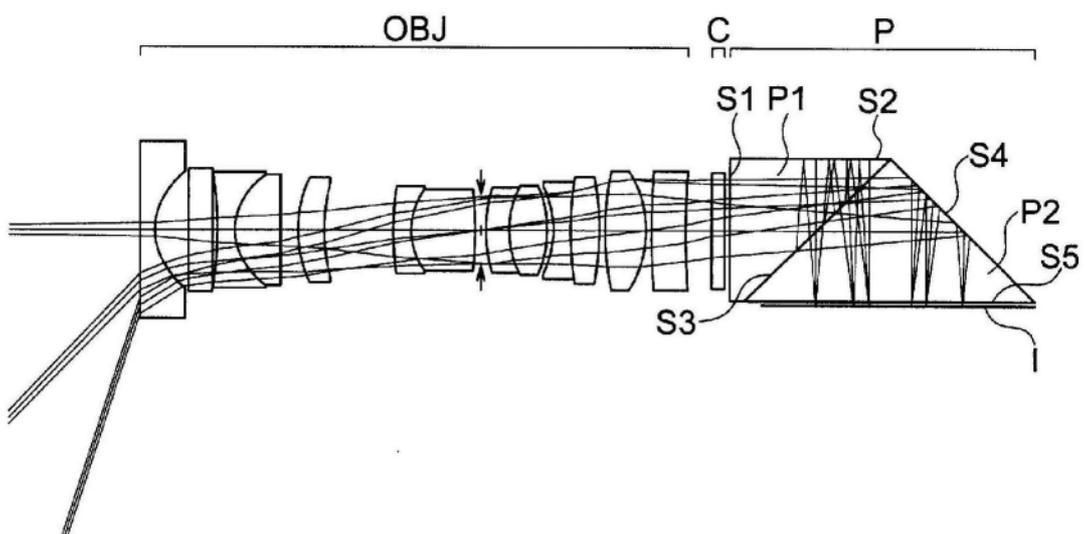


图23

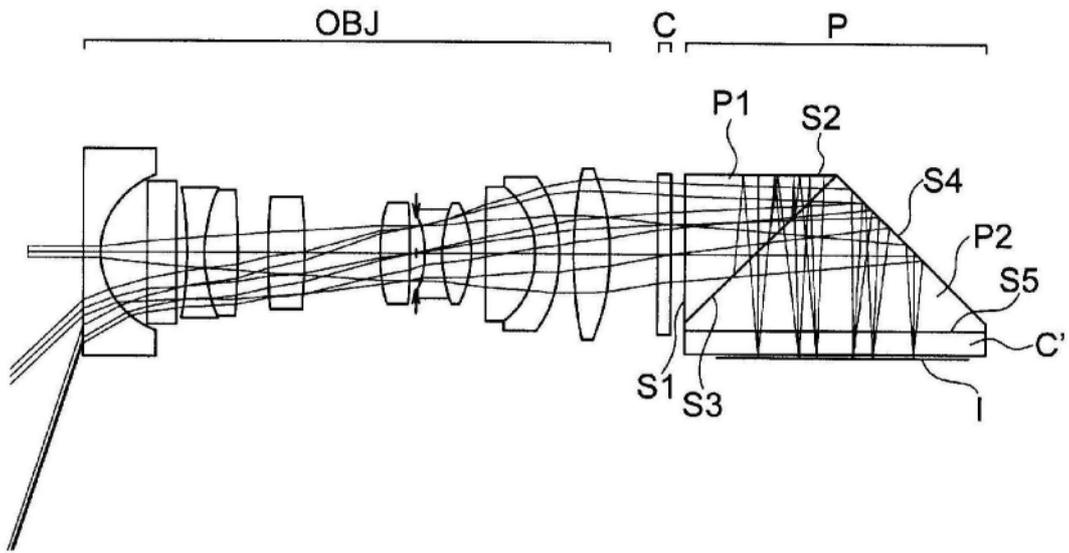


图24

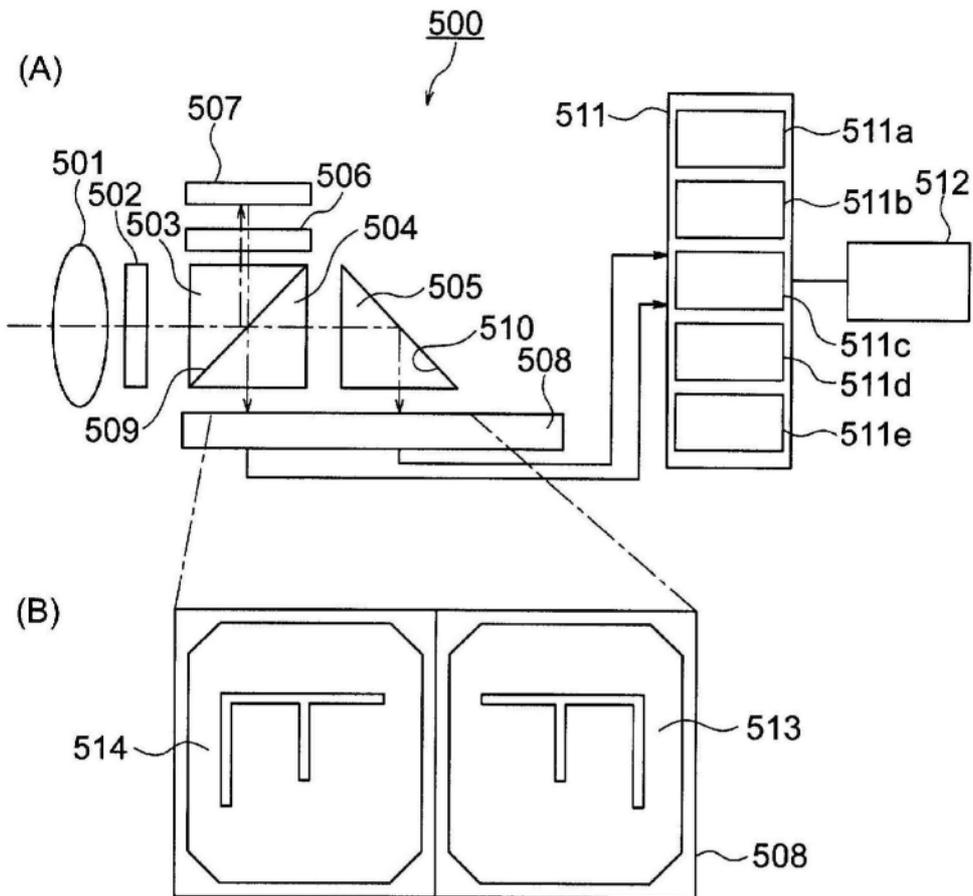


图25

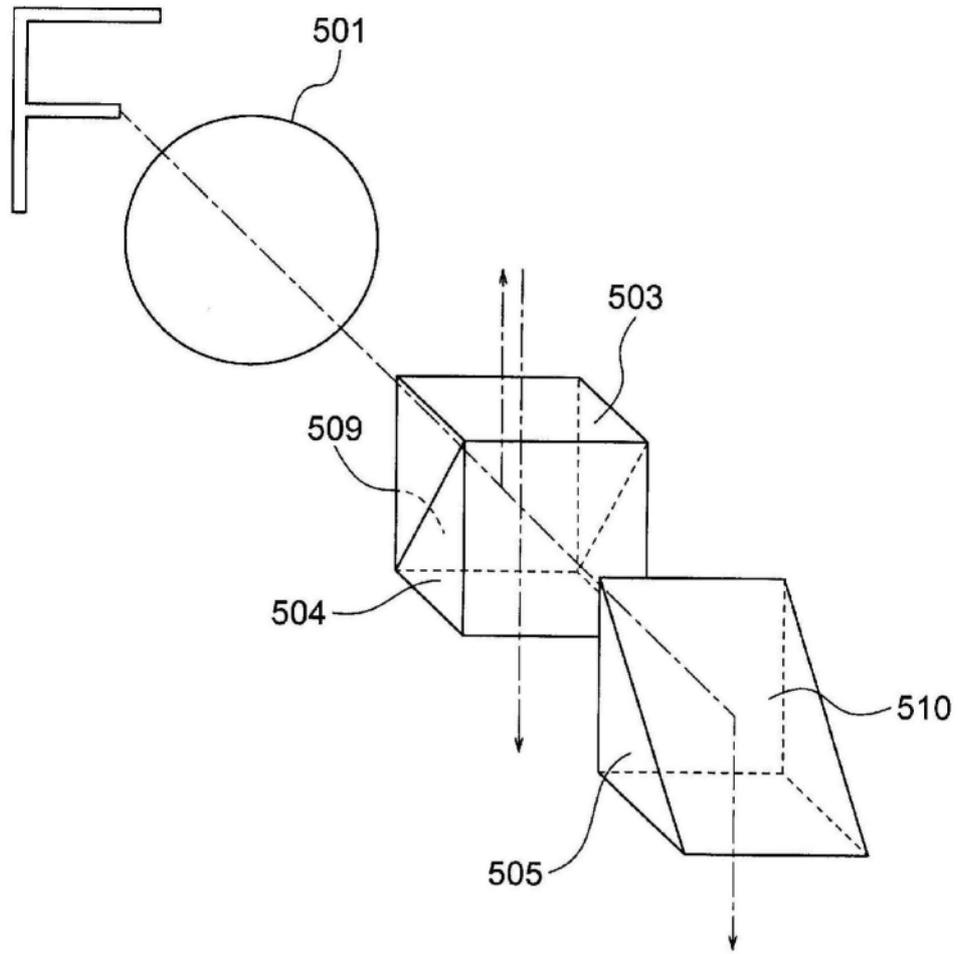


图26