



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101131466 B

(45) 授权公告日 2010.06.09

(21) 申请号 200710147704.1

(56) 对比文件

(22) 申请日 2007.08.24

CN 1991433 A, 2007.07.04, 说明书第 7 页第 15 行至第 16 页第 2 行, 附图 1A-2C.

(30) 优先权数据

2006-229300 2006.08.25 JP

2006-229220 2006.08.25 JP

审查员 刘呈权

(73) 专利权人 奥林巴斯映像株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 左部校之

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

11127

代理人 黄纶伟

(51) Int. Cl.

G02B 15/16 (2006.01)

G02B 9/34 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)

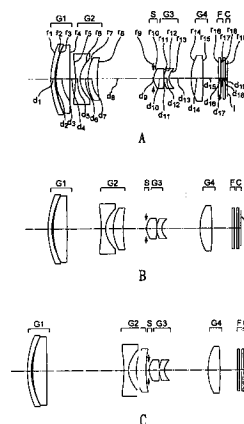
权利要求书 6 页 说明书 40 页 附图 20 页

(54) 发明名称

变焦镜头以及使用该变焦镜头的电子摄像装置

(57) 摘要

本发明提供变焦镜头以及使用该变焦镜头的电子摄像装置, 该变焦镜头从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组、负光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组和具有光焦度的第 4 透镜组, 在从广角端变更倍率到望远端的时候, 上述第 1 透镜组与上述第 2 透镜组的间隔、上述第 2 透镜组与上述第 3 透镜组的间隔、上述第 3 透镜组与上述第 4 透镜组的间隔发生变化, 上述第 2 透镜组从物体侧起按顺序包括负透镜、正透镜这 2 个透镜。



1. 一种变焦镜头,该变焦镜头从物体侧起按顺序由正光焦度的第 1 透镜组、负光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组和具有正光焦度的第 4 透镜组构成,

在从广角端变更倍率到望远端的时候,上述第 1 透镜组与上述第 2 透镜组的间隔、上述第 2 透镜组与上述第 3 透镜组的间隔、上述第 3 透镜组与上述第 4 透镜组的间隔发生变化,

上述第 2 透镜组从物体侧起按顺序由负透镜、正透镜这 2 个透镜构成,且满足以下条件:

$$1.88 < n_{d2p} < 2.20 \quad (1A)$$

$$13.0 < v_{d2p} < 30.0 \quad (2A)$$

其中,  $n_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜对于 d 线的折射率、 $v_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜的阿贝数,

该变焦镜头还具有亮度光圈,

在从广角端变更倍率到望远端时,上述第 1 透镜组、上述第 2 透镜组、上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组移动,以使上述第 1 透镜组与上述第 2 透镜组之间的间隔变大、上述第 2 透镜组与上述第 3 透镜组之间的间隔变小、上述第 3 透镜组与上述第 4 透镜组之间的间隔变大,

上述亮度光圈与第 3 透镜组一起沿光轴方向移动。

2. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头,其特征在于,上述第 2 透镜组的上述正透镜是满足下列条件的向物体侧凸的弯月透镜,

$$-5.0 < SF_{2p} < -1.0 \quad (3A)$$

其中  $SF_{2p}$  由  $SF_{2p} = (R_{2pf} + R_{2pr}) / (R_{2pf} - R_{2pr})$  来定义,  $R_{2pf}$  是上述第 2 透镜组中的上述正透镜的物体侧的面的近轴曲率半径,  $R_{2pr}$  是上述第 2 透镜组中的上述正透镜的像侧的面的近轴曲率半径。

3. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头,其特征在于,该变焦镜头满足下面的条件,

$$0.12 < |f_2/f_t| < 0.60 \quad (4A)$$

其中,  $f_2$  是上述第 2 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头全系统的焦距。

4. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头,其特征在于,该变焦镜头满足下面的条件,

$$1.76 < n_{d2n} < 2.00 \quad (5A)$$

$$35.0 < v_{d2n} < 50.0 \quad (6A)$$

其中,  $n_{d2n}$  是上述第 2 透镜组中的上述负透镜对于 d 线的折射率,  $v_{d2n}$  是上述第 2 透镜组中的上述负透镜的阿贝数。

5. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头,其特征在于,上述第 2 透镜组中的上述负透镜是满足下列条件的双凹透镜,

$$0.35 < SF_{2n} < 1.00 \quad (7A)$$

其中  $SF_{2n}$  由  $SF_{2n} = (R_{2nf} + R_{2nr}) / (R_{2nf} - R_{2nr})$  来定义,  $R_{2nf}$  是第 2 透镜组中的上述负透镜的物体侧的面的近轴曲率半径,  $R_{2nr}$  是第 2 透镜组中的上述负透镜的像侧的面的近轴曲率半径。

6. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头,其特征在于,上述第 2 透镜组的上述负透镜的至少一个透镜面为非球面,并满足下面的条件,

$$0.030 < (|ASP_{2nf}| + |ASP_{2nr}|) / f_w < 0.320 \quad (8A)$$

其中,  $ASP_{2nf}$  是上述第 2 透镜组中的上述负透镜的物体侧的透镜面的非球面偏移量,  $ASP_{2nr}$  是上述第 2 透镜组中的上述负透镜的像侧的透镜面的非球面偏移量,  $f_w$  是广角端的上述变焦镜头全系统的焦距。

7. 根据权利要求 6 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 2 透镜组中的上述负透镜的非球面是离光轴越远则光焦度越大的非球面。

8. 根据权利要求 7 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 2 透镜组中的上述负透镜是双凹透镜,上述双凹透镜的物体侧的面、像侧的面都是离光轴越远则光焦度越大的非球面。

9. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 1 透镜组中的透镜总数在 2 个以下。

10. 根据权利要求 9 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 1 透镜组从物体侧起按顺序由负透镜、正透镜这 2 个透镜构成。

11. 根据权利要求 9 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 1 透镜组从物体侧起按顺序由负透镜、正透镜这 2 个透镜构成,上述第 1 透镜组的负透镜与正透镜相接合。

12. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 3 透镜组中的透镜总数在 3 个以下。

13. 根据权利要求 12 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 3 透镜组从物体侧起按顺序由正透镜、正透镜、负透镜这 3 个透镜构成。

14. 根据权利要求 13 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 3 透镜组的上述负透镜与相邻的物体侧的上述正透镜接合。

15. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头,其特征在於,该变焦镜头满足下列条件

$$0.50 < f_1/f_t < 2.00 \quad (10A)$$

其中  $f_1$  是上述第 1 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头的焦距。

16. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头,其特征在於,该变焦镜头满足下列条件

$$0.16 < f_3/f_t < 0.80 \quad (11A)$$

其中  $f_3$  是上述第 3 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头的焦距。

17. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头,其特征在於,该变焦镜头满足下列条件

$$0.24 < f_4/f_t < 0.80 \quad (12A)$$

其中  $f_4$  是上述第 4 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头全系统的焦距。

18. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头,其特征在於,在从广角端变更倍率到望远端时,

上述第 1 透镜组移动以使得在望远端时比在广角端时更靠近物体侧,

上述第 2 透镜组移动,

上述第 3 透镜组仅向物体侧移动,

上述第 4 透镜组移动,

上述亮度光圈位于上述第 2 透镜组与上述第 3 透镜组之间,在上述变更倍率时与上述第 3 透镜组成为一体沿光轴方向移动。

19. 一种电子摄像装置,其特征在於,该电子摄像装置包括:权利要求 1 所述的变焦镜头;以及

配置在上述变焦镜头的像侧,将由上述变焦镜头所形成的光学像转换为电信号的电子摄像元件。

20. 一种变焦镜头,该变焦镜头从物体侧起按顺序由正光焦度的第 1 透镜组、负光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组和具有正光焦度的第 4 透镜组构成,

在从广角端变更倍率到望远端的时候,上述第 1 透镜组与上述第 2 透镜组的间隔、上述第 2 透镜组与上述第 3 透镜组的间隔、上述第 3 透镜组与上述第 4 透镜组的间隔发生变化,

上述第 2 透镜组从物体侧起按顺序由负透镜、正透镜这 2 个透镜构成,且满足以下条件:

$$1.88 < n_{d2p} < 2.20 \quad (1A)$$

$$13.0 < v_{d2p} < 30.0 \quad (2A)$$

其中,  $n_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜对于 d 线的折射率、 $v_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜的阿贝数,

上述第 1 透镜组中的透镜总数在 2 个以下,

上述第 1 透镜组由负透镜、正透镜这 2 个透镜构成,上述第 1 透镜组的负透镜与正透镜分别为单透镜,

上述第 1 透镜组的上述负透镜与上述正透镜的轴上间隔满足下列条件

$$0.0 < L_{1mp}/L_1 < 0.2 \quad (9A)$$

其中, $L_{1mp}$  是第 1 透镜组的上述负透镜与上述正透镜的轴上间隔, $L_1$  是上述第 1 透镜组的轴上总厚度。

21. 一种变焦镜头,该变焦镜头从物体侧起按顺序由正光焦度的第 1 透镜组、负光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组和具有正光焦度的第 4 透镜组构成,

在从广角端变更倍率到望远端的时候,上述第 1 透镜组与上述第 2 透镜组的间隔、上述第 2 透镜组与上述第 3 透镜组的间隔、上述第 3 透镜组与上述第 4 透镜组的间隔发生变化,

上述第 2 透镜组从物体侧起按顺序由负透镜、正透镜这 2 个透镜构成,且满足以下条件:

$$1.88 < n_{d2p} < 2.20 \quad (1A)$$

$$13.0 < v_{d2p} < 30.0 \quad (2A)$$

其中,  $n_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜对于 d 线的折射率、 $v_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜的阿贝数,

上述第 3 透镜组中的透镜总数在 3 个以下,

上述第 3 透镜组从物体侧起按顺序由正透镜、负透镜这 2 个透镜构成,上述第 3 透镜组中的透镜总数为 2 个。

22. 一种变焦镜头,其特征在于,该变焦镜头从物体侧起按顺序由正光焦度的第 1 透镜组、负光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组和具有正光焦度的第 4 透镜组构成,

在从广角端变更倍率到望远端的时候,

上述第 1 透镜组与上述第 2 透镜组的间隔、上述第 2 透镜组与上述第 3 透镜组的间隔、上述第 3 透镜组与上述第 4 透镜组的间隔发生变化,

上述第 1 透镜组由正透镜和负透镜这 2 个透镜构成,上述第 1 透镜组中的透镜总数为 2 个,

上述第 2 透镜组从物体侧起按顺序由负透镜、正透镜这 2 个透镜构成,上述第 2 透镜组中的透镜总数为 2 个,且满足以下条件:

$$1.78 < n_{d2n} < 2.10 \quad (1B)$$

$$35.0 < v_{d2n} < 50.0 \quad (2B)$$

其中,  $n_{d2n}$  是第 2 透镜组中的负透镜对于 d 线的折射率、 $v_{d2n}$  是第 2 透镜组中的负透镜的阿贝数,

该变焦镜头还具有亮度光圈,

在从广角端变更倍率到望远端时,上述第 1 透镜组、上述第 2 透镜组、上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组移动,以使上述第 1 透镜组与上述第 2 透镜组之间的间隔变大、上述第 2 透镜组与上述第 3 透镜组之间的间隔变小、上述第 3 透镜组与上述第 4 透镜组之间的间隔变大,

上述亮度光圈与第 3 透镜组一起沿光轴方向移动。

23. 根据权利要求 22 所述的变焦镜头,其特征在于,该变焦镜头满足下列条件,

$$0.6 < |f_{1n}|/f_t < 5.0 \quad (A)$$

$$0.08 < |f_{2n}|/f_t < 0.35 \quad (B)$$

$$5.0 < |f_{1n}|/|f_{2n}| < 25.0 \quad (C)$$

其中,  $f_{1n}$  是第 1 透镜组中的负透镜的焦距,  $f_{2n}$  是第 2 透镜组中的负透镜的焦距,  $f_t$  是望远端的变焦镜头全系统的焦距。

24. 根据权利要求 22 所述的变焦镜头,其特征在于,该变焦镜头满足下列条件:

$$1.4 < |f_{1n}|/f_{1p} < 4.5 \quad (D)$$

其中,  $f_{1p}$  是第 1 透镜组中的正透镜的焦距,  $f_{1n}$  是第 1 透镜组中的负透镜的焦距。

25. 根据权利要求 22 所述的变焦镜头,其特征在于,上述第 2 透镜组的上述正透镜是满足下列条件的在物体侧为凸的弯月透镜,

$$-5.0 < SF_{2p} < -1.0 \quad (3A)$$

其中  $SF_{2p}$  由  $SF_{2p} = (R_{2pf} + R_{2pr}) / (R_{2pf} - R_{2pr})$  来定义,  $R_{2pf}$  是上述第 2 透镜组中的上述正透镜的物体侧的面的近轴曲率半径,  $R_{2pr}$  是上述第 2 透镜组中的上述正透镜的像侧的面的近轴曲率半径。

26. 根据权利要求 22 所述的变焦镜头,其特征在于,该变焦镜头满足下面的条件:

$$0.12 < |f_2/f_t| < 0.60 \quad (4A)$$

其中,  $f_2$  是上述第 2 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头的焦距。

27. 根据权利要求 22 所述的变焦镜头,其特征在于,该变焦镜头满足以下条件:

$$1.88 < n_{d2p} < 2.20 \quad (1A)$$

$$13.0 < v_{d2p} < 30.0 \quad (2A)$$

其中,  $n_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜对于 d 线的折射率、 $v_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜的阿贝数。

28. 根据权利要求 22 所述的变焦镜头,其特征在于,上述第 2 透镜组中的上述负透镜是满足下列条件的双凹透镜,

$$0.35 < SF_{2n} < 1.00 \quad (7A)$$

其中  $SF_{2n}$  由  $SF_{2n} = (R_{2nf} + R_{2nr}) / (R_{2nf} - R_{2nr})$  来定义,  $R_{2nf}$  是第 2 透镜组中的上述负透镜的物体侧的面的近轴曲率半径,  $R_{2nr}$  是第 2 透镜组中的上述负透镜的像侧的面的近轴曲率半径。

29. 根据权利要求 22 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 2 透镜组的上述负透镜的至少一个透镜面为非球面,并满足下面的条件,

$$0.030 < (|ASP_{2nf}| + |ASP_{2nr}|) / f_w < 0.320 \quad (8A)$$

其中,  $ASP_{2nf}$  是上述第 2 透镜组中的上述负透镜的物体侧的透镜面的非球面偏移量,  $ASP_{2nr}$  是上述第 2 透镜组中的上述负透镜的像侧的透镜面的非球面偏移量,  $f_w$  是广角端的上述变焦镜头的焦距。

30. 根据权利要求 29 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 2 透镜组中的上述负透镜的非球面是离光轴越远则光焦度越大的非球面。

31. 根据权利要求 28 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 2 透镜组中的上述负透镜是双凹透镜,上述双凹透镜的物体侧的面、像侧的面都是离光轴越远则光焦度越大的非球面。

32. 根据权利要求 22 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 1 透镜组从物体侧起按顺序由负透镜、正透镜这 2 个透镜构成。

33. 根据权利要求 32 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 1 透镜组中的上述负透镜与上述正透镜相接合。

34. 根据权利要求 22 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 3 透镜组中的透镜总数为 3 个以下。

35. 根据权利要求 34 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 3 透镜组从物体侧起按顺序由正透镜、正透镜、负透镜这 3 个透镜构成。

36. 根据权利要求 35 所述的变焦镜头,其特征在於,上述第 3 透镜组的上述负透镜与相邻的物体侧的上述正透镜接合。

37. 根据权利要求 22 所述的变焦镜头,其特征在於,该变焦镜头满足下列条件

$$0.50 < f_1 / f_t < 2.00 \quad (10A)$$

其中  $f_1$  是上述第 1 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头的焦距。

38. 根据权利要求 22 所述的变焦镜头,其特征在於,该变焦镜头满足下列条件

$$0.16 < f_3 / f_t < 0.80 \quad (11A)$$

其中  $f_3$  是上述第 3 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头的焦距。

39. 根据权利要求 22 所述的变焦镜头,其特征在於,该变焦镜头满足下列条件

$$0.24 < f_4 / f_t < 0.80 \quad (12A)$$

其中  $f_4$  是上述第 4 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头的焦距。

40. 根据权利要求 22 所述的变焦镜头,其特征在於,在从广角端变更倍率到望远端时,上述第 1 透镜组移动以使得在望远端时比在广角端时更靠近物体侧,

上述第 2 透镜组移动,

上述第 3 透镜组仅向物体侧移动,

上述第 4 透镜组移动,

上述亮度光圈位于上述第 2 透镜组与上述第 3 透镜组之间,在上述变更倍率时与上述第 3 透镜组一体地沿光轴方向移动。

41. 一种电子摄像装置,其特征在於,该电子摄像装置包括:权利要求 22 所述的变焦镜头;以及

配置在上述变焦镜头的像侧,将由上述变焦镜头所形成的光学像转换为电信号的电子

摄像元件。

42. 一种变焦镜头,其特征在于,该变焦镜头从物体侧起按顺序由正光焦度的第 1 透镜组、负光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组和具有正光焦度的第 4 透镜组构成,在从广角端变更倍率到望远端的时候,

上述第 1 透镜组与上述第 2 透镜组的间隔、上述第 2 透镜组与上述第 3 透镜组的间隔、上述第 3 透镜组与上述第 4 透镜组的间隔发生变化,

上述第 1 透镜组由正透镜和负透镜这 2 个透镜构成,上述第 1 透镜组中的透镜总数为 2 个,

上述第 2 透镜组从物体侧起按顺序由负透镜、正透镜这 2 个透镜构成,上述第 2 透镜组中的透镜总数为 2 个,且满足以下条件:

$$1.78 < n_{d2n} < 2.10 \quad (1B)$$

$$35.0 < v_{d2n} < 50.0 \quad (2B)$$

其中,  $n_{d2n}$  是第 2 透镜组中的负透镜对于 d 线的折射率、 $v_{d2n}$  是第 2 透镜组中的负透镜的阿贝数,

上述第 1 透镜组从物体侧起按顺序由负透镜、正透镜这 2 个透镜构成,

上述第 1 透镜组中的负透镜与正透镜分别为单透镜,

上述第 1 透镜组的负透镜与正透镜的轴上间隔满足下列条件

$$0.0 < L_{1mp}/L_1 < 0.2 \quad (9A)$$

其中, $L_{1mp}$  是第 1 透镜组的上述负透镜与上述正透镜的轴上间隔, $L_1$  是上述第 1 透镜组的轴上总厚度。

43. 一种变焦镜头,其特征在于,该变焦镜头从物体侧起按顺序由正光焦度的第 1 透镜组、负光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组和具有正光焦度的第 4 透镜组构成,在从广角端变更倍率到望远端的时候,

上述第 1 透镜组与上述第 2 透镜组的间隔、上述第 2 透镜组与上述第 3 透镜组的间隔、上述第 3 透镜组与上述第 4 透镜组的间隔发生变化,

上述第 1 透镜组由正透镜和负透镜这 2 个透镜构成,上述第 1 透镜组中的透镜总数为 2 个,

上述第 2 透镜组从物体侧起按顺序由负透镜、正透镜这 2 个透镜构成,上述第 2 透镜组中的透镜总数为 2 个,且满足以下条件:

$$1.78 < n_{d2n} < 2.10 \quad (1B)$$

$$35.0 < v_{d2n} < 50.0 \quad (2B)$$

其中,  $n_{d2n}$  是第 2 透镜组中的负透镜对于 d 线的折射率、 $v_{d2n}$  是第 2 透镜组中的负透镜的阿贝数,

上述第 3 透镜组中的透镜总数为 3 个以下,

上述第 3 透镜组从物体侧起按顺序由正透镜、负透镜这 2 个透镜构成,

上述第 3 透镜组中的透镜总数为 2 个。

## 变焦镜头以及使用该变焦镜头的电子摄像装置

[0001] 本申请对在 2006 年 8 月 25 日在日本提出的日本专利申请第 2006-229220 号、和在 2006 年 8 月 25 日在日本提出的日本专利申请第 2006-229300 号主张优先权,并在此合并引用了它们的内容。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及变焦镜头以及使用了该变焦镜头的电子摄像装置。

### 背景技术

[0003] 近些年来,取代卤化银胶片相机,使用 CCD 和 CMOS 这样的电子摄像元件来拍摄被摄体的数字相机成为了主流。进而,其从业务用高性能类型到紧凑型的普及类型这样的广泛范围内具有多种类别。这种普及型的数字相机的用户希望随时随地简便地在各种场景中享受拍摄。因此,小型的商品、特别是易于放入衣服或包的口袋等中而便于携带的、厚度方向尺寸薄的类型的数字相机受到人们欢迎。

[0004] 另一方面,紧凑型数字相机的倍率变更比一般为 3 倍左右,但现在要求比以往更高倍率变更比的相机。作为易于维持较高倍率变更比的变焦镜头,已知有如下类型的变焦镜头,该变焦镜头从物体侧起具有正光焦度的第 1 透镜组、负光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组和正光焦度的第 4 透镜组。

[0005] 而且相机尺寸中厚度方向的尺寸主要由镜头镜筒的尺寸决定,所以为了达成相机的薄型化,有效的是使镜头镜筒薄型化。

[0006] 最近在相机使用状态下使镜头镜筒从相机主体内伸出、而携带时将其收纳于相机主体内的所谓伸缩式镜筒比较普遍。因此,要求实现考虑伸缩式的镜头镜筒的薄型化的变焦镜头。例如日本特开 2004-258240 号公报、日本特开 2004-199000 号公报、日本特开 2001-133687 号公报和日本特开平 11-119100 号公报中,通过用负透镜和正透镜这 2 个透镜来构成第 2 透镜组,从而来采取减小第 2 透镜组的厚度方向上的尺寸的措施。

[0007] 但上述现有技术存在以下课题。

[0008] 在日本特开 2004-258240 号公报的第 4 实施例中,将第 2 透镜组的构成透镜的数量设为 2 个从而产生像差的影响,为了降低像差而使得变焦镜头整体的透镜个数变多。因此即使采用伸缩方式也不利于镜筒的充分小型化。

[0009] 而且第 1 透镜组和第 2 透镜组的透镜数量之和为 5 个。这样,如果为了确保广角侧的视场角,就无法减小第 1 透镜组中离物体侧最近的透镜的直径,不利于镜筒在直径方向上的小型化。并且即使采用伸缩方式也不利于其在光轴方向上的厚度的小型化。

[0010] 在日本特开 2004-199000 号公报的第 5 实施例中,镜头的构成数量为 7 个,第 6、第 7 实施例中的构成个数为 8 个,都比较少,但为了抑制第 2 透镜组的像差的影响而抑制第 2 透镜组的负光焦度,其结果将会使倍率变更比止步于 3 倍左右而不利于高倍率变更比化。

[0011] 另外在日本特开 2004-199000 号公报所述的变焦镜头中,第 1 透镜组和第 2 透镜组的透镜数量合计为 3 个,在日本特开平 11-119100 号公报和日本特开 2001-133687 号公

报所述的变焦镜头中,第 1 透镜组和第 2 透镜组的透镜数量合计为 4 个,但都难以抑制第 1 透镜组和第 2 透镜组的像差变动的的影响,倍率变更比不能达到 3 倍。

### 发明内容

[0012] 本发明是鉴于上述问题而完成的,其目的在于提供一种变焦镜头,该变焦镜头具有正光焦度的第 1 透镜组、负光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组和正光焦度的第 4 透镜组,其易于确保小型化和像差性能。

[0013] 而且本发明的目的还在于提供一种具有上述变焦镜头的易于实现小型化的电子摄像装置。

[0014] 在本发明的第一方面中,本发明的变焦镜头从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组、负光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组和具有正光焦度的第 4 透镜组,在从广角端变更倍率到望远端的时候,上述第 1 透镜组与上述第 2 透镜组的间隔、上述第 2 透镜组与上述第 3 透镜组的间隔、上述第 3 透镜组与上述第 4 透镜组的间隔发生变化,上述第 2 透镜组从物体侧起按顺序包括负透镜、正透镜这 2 个透镜,且满足以下条件:

$$[0015] \quad 1.88 < n_{d2p} < 2.20 \quad (1A)$$

$$[0016] \quad 13.0 < v_{d2p} < 30.0 \quad (2A)$$

[0017] 其中,  $n_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜对于 d 线的折射率、 $v_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜的阿贝 (Abbe) 数。

[0018] 在本发明的第二方面中,本发明的变焦镜头从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组、负光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组和具有光焦度的第 4 透镜组,在从广角端变更倍率到望远端的时候,上述第 1 透镜组与上述第 2 透镜组的间隔、上述第 2 透镜组与上述第 3 透镜组的间隔、上述第 3 透镜组与上述第 4 透镜组的间隔发生变化,上述第 1 透镜组包括正透镜和负透镜这 2 个透镜,上述第 1 透镜组中的透镜总数为 2 个,上述第 2 透镜组从物体侧起按顺序包括负透镜、正透镜这 2 个透镜,上述第 2 透镜组中的透镜总数为 2 个,且满足以下条件:

$$[0019] \quad 1.78 < n_{d2n} < 2.10 \quad (1B)$$

$$[0020] \quad 35.0 < v_{d2n} < 50.0 \quad (2B)$$

[0021] 其中,  $n_{d2n}$  是第 2 透镜组中的负透镜对于 d 线的折射率、 $v_{d2n}$  是第 2 透镜组中的负透镜的阿贝数。

[0022] 在第一方面中,通过对具有负光焦度的第 2 透镜组采取措施,从而能提供一种第 2 透镜组的透镜个数少且紧凑的、易于维持光学性能的变焦镜头。

[0023] 在第二方面中,通过对具有正光焦度的第 1 透镜组和具有负光焦度的第 2 透镜组采取措施,从而能提供一种第 1 透镜组和第 2 透镜组的透镜个数少且紧凑的、易于维持光学性能的变焦镜头。

[0024] 另外通过使用这些变焦镜头,可以提供易于小型化的电子摄像装置。

[0025] 根据下面的实施方式的具体说明、附图及权利要求,本发明的其他特征及优点将得到具体体现。

## 附图说明

[0026] 根据下面的具体说明和附图,将对本发明有进一步的完整的理解。下面的具体说明和附图仅仅是例示而已,本发明并不限于此。

[0027] 图 1A 到图 1C 是本发明的变焦镜头的实施例 1 的无限远物点对焦时的包含光轴的截面图,图 1A 是广角端的镜头截面图,图 1B 是中间状态的镜头截面图,图 1C 是望远端的镜头截面图。

[0028] 图 2A 到图 2C 是本发明的变焦镜头的实施例 2 的无限远物点对焦时的包含光轴的截面图,图 2A 是广角端的镜头截面图,图 2B 是中间状态的镜头截面图,图 2C 是望远端的镜头截面图。

[0029] 图 3A 到图 3C 是本发明的变焦镜头的实施例 3 的无限远物点对焦时的包含光轴的截面图,图 3A 是广角端的镜头截面图,图 3B 是中间状态的镜头截面图,图 3C 是望远端的镜头截面图。

[0030] 图 4A 到图 4C 是本发明的变焦镜头的实施例 4 的无限远物点对焦时的包含光轴的截面图,图 4A 是广角端的镜头截面图,图 4B 是中间状态的镜头截面图,图 4C 是望远端的镜头截面图。

[0031] 图 5A 到图 5C 是本发明的变焦镜头的实施例 5 的无限远物点对焦时的包含光轴的截面图,图 5A 是广角端的镜头截面图,图 5B 是中间状态的镜头截面图,图 5C 是望远端的镜头截面图。

[0032] 图 6A 到图 6C 是本发明的变焦镜头的实施例 6 的无限远物点对焦时的包含光轴的截面图,图 6A 是广角端的镜头截面图,图 6B 是中间状态的镜头截面图,图 6C 是望远端的镜头截面图。

[0033] 图 7A 到图 7C 是本发明的变焦镜头的实施例 7 的无限远物点对焦时的包含光轴的截面图,图 7A 是广角端的镜头截面图,图 7B 是中间状态的镜头截面图,图 7C 是望远端的镜头截面图。

[0034] 图 8A 到图 8C 是本发明的变焦镜头的实施例 8 的无限远物点对焦时的包含光轴的截面图,图 8A 是广角端的镜头截面图,图 8B 是中间状态的镜头截面图,图 8C 是望远端的镜头截面图。

[0035] 图 9A 到图 9C 是本发明的变焦镜头的实施例 9 的无限远物点对焦时的包含光轴的截面图,图 9A 是广角端的镜头截面图,图 9B 是中间状态的镜头截面图,图 9C 是望远端的镜头截面图。

[0036] 图 10A 到图 10C 是表示本发明的变焦镜头的实施例 1 的无限远物点对焦时的球面像差 (SA)、像散 (FC)、失真像差 (DT)、倍率色像差 (CC) 的像差图,图 10A 是广角端的状态图,图 10B 是中间状态的状态图,图 10C 是望远端的状态图。

[0037] 图 11A 到图 11C 是表示本发明的变焦镜头的实施例 2 的无限远物点对焦时的球面像差 (SA)、像散 (FC)、失真像差 (DT)、倍率色像差 (CC) 的像差图,图 11A 是广角端的状态图,图 11B 是中间状态的状态图,图 11C 是望远端的状态图。

[0038] 图 12A 到图 12C 是表示本发明的变焦镜头的实施例 3 的无限远物点对焦时的球面像差 (SA)、像散 (FC)、失真像差 (DT)、倍率色像差 (CC) 的像差图,图 12A 是广角端的状态图,图 12B 是中间状态的状态图,图 12C 是望远端的状态图。

[0039] 图 13A 到图 13C 是表示本发明的变焦镜头的实施例 4 的无限远物点对焦时的球面

像差 (SA)、像散 (FC)、失真像差 (DT)、倍率色像差 (CC) 的像差图,图 13A 是广角端的状态图,图 13B 是中间状态的状态图,图 13C 是望远端的状态图。

[0040] 图 14A 到图 14C 是表示本发明的变焦镜头的实施例 5 的无限远物点对焦时的球面像差 (SA)、像散 (FC)、失真像差 (DT)、倍率色像差 (CC) 的像差图,图 14A 是广角端的状态图,图 14B 是中间状态的状态图,图 14C 是望远端的状态图。

[0041] 图 15A 到图 15C 是表示本发明的变焦镜头的实施例 6 的无限远物点对焦时的球面像差 (SA)、像散 (FC)、失真像差 (DT)、倍率色像差 (CC) 的像差图,图 15A 是广角端的状态图,图 15B 是中间状态的状态图,图 15C 是望远端的状态图。

[0042] 图 16A 到图 16C 是表示本发明的变焦镜头的实施例 7 的无限远物点对焦时的球面像差 (SA)、像散 (FC)、失真像差 (DT)、倍率色像差 (CC) 的像差图,图 16A 是广角端的状态图,图 16B 是中间状态的状态图,图 16C 是望远端的状态图。

[0043] 图 17A 到图 17C 是表示本发明的变焦镜头的实施例 8 的无限远物点对焦时的球面像差 (SA)、像散 (FC)、失真像差 (DT)、倍率色像差 (CC) 的像差图,图 17A 是广角端的状态图,图 17B 是中间状态的状态图,图 17C 是望远端的状态图。

[0044] 图 18A 到图 18C 是表示本发明的变焦镜头的实施例 9 的无限远物点对焦时的球面像差 (SA)、像散 (FC)、失真像差 (DT)、倍率色像差 (CC) 的像差图,图 18A 是广角端的状态图,图 18B 是中间状态的状态图,图 18C 是望远端的状态图。

[0045] 图 19 是表示本发明的数字相机的实施例的外观的前方立体图。

[0046] 图 20 是图 19 的数字相机的背面图。

[0047] 图 21 是图 19 的数字相机的示意性截面图。

## 具体实施方式

[0048] 本发明的第一方面的变焦镜头中,该变焦镜头从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组、负光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组和正光焦度的第 4 透镜组,在从广角端变更倍率到望远端的时候,第 1 透镜组与第 2 透镜组的间隔、第 2 透镜组与第 3 透镜组的间隔、第 3 透镜组与第 4 透镜组的间隔发生变化,第 2 透镜组从物体侧起按顺序包括负透镜、正透镜这 2 个透镜,且满足以下条件 (1A)、(2A): $1.88 < n_{d2p} < 2.20$  (1A)、 $13.0 < v_{d2p} < 30.0$  (2A)。其中, $n_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜对于 d 线的折射率、 $v_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜的阿贝数。

[0049] 如上所述,如果采用这种从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组、负光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组和正光焦度的第 4 透镜组,通过改变各组的间隔来进行变更倍率的结构,则可以高效地使各透镜组分担变更倍率功能的责任。这可以将变更倍率时的像差变动抑制得较小,防止各透镜组的移动量变大,会有利于变焦镜头的紧凑化。

[0050] 而且通过从物体侧起按顺序用负透镜和正透镜这 2 个来构成第 2 透镜组,从而会减小透镜组在厚度方向上的大小,还可以减小外径方向上的尺寸。由于第 2 透镜组中轴外光线的入射高度(从光轴上起的高度)容易变高,所以若欲确保透镜的边缘厚度为必要的厚度,就会产生轴上厚度易于变厚的倾向。

[0051] 而且,如果第 2 透镜组的透镜个数变多则通过第 2 透镜组的轴外光线高度会变得更,用于确保边缘厚度的轴上厚度需要更大厚度。当然对应于第 2 透镜组的透镜个数的

增加量,轴上厚度也会变厚相应厚度。

[0052] 根据这种观点,通过用 2 个这样的较少的透镜来构成第 2 透镜组,从而会减小该透镜组在径向上的大小和光轴上的厚度,有利于伸缩状态时的镜头镜筒的紧凑化。

[0053] 而且为了即使在用 2 个透镜构成第 2 透镜组的情况下也可以充分进行像差校正,使第 2 透镜组的正透镜满足条件 (1A)、(2A)。这是关于第 2 透镜组中的正透镜对于 d 线的折射率和阿贝数的条件。

[0054] 由于第 2 透镜组为变更倍率负担容易变大的透镜组,所以大多具有大的负放大率。因此,为了通过 1 个正透镜来校正在第 2 透镜组的负透镜中产生的像差,采用适当设定该透镜的折射率、色散 (dispersion) 的方法是有效的。

[0055] 条件 (1A) 是关于像面弯曲和彗形像差的校正与成本的条件。通过使  $n_{d2p}$  不高于条件 (1A) 的上限,从而易于抑制所使用的材料的成本和制造成本。如果  $n_{d2p}$  高于条件 (1A) 的上限则所使用的材料会很贵,成为难以加工的材料。

[0056] 通过使  $n_{d2p}$  不低于条件 (1A) 的下限,从而即使透镜面的曲率变小也易于确保光焦度。

[0057] 其结果可以抑制广角端的像面弯曲、还能降低正透镜自身的彗形像差等,易于抑制广角端和望远端的彗形像差等的产生和变更倍率时的像差变动。

[0058] 条件 (2A) 是关于色像差校正、特别是轴外的倍率色像差校正的条件。为了将由第 2 透镜组的负透镜所产生的色像差在该透镜组内良好地进行校正,优选使正透镜具有适度的色散。

[0059] 通过使  $v_{d2p}$  不高于条件式 (2) 的上限值,从而可以确保正透镜的色散,与在第 2 透镜组的负透镜中产生的色像差抵消,有利于降低所拍摄的图像颜色的散乱。

[0060] 通过使  $v_{d2p}$  不低于条件 (2) 的下限值,从而可以抑制短波长区域内的色散过大,有利于减少 2 级光谱 (secondary spectrum) 中的颜色的散乱。

[0061] 关于各条件,更优选为如下条件。

[0062]  $1.90 < n_{d2p} < 2.16$  (1A')

[0063]  $15.0 < v_{d2p} < 25.0$  (2A')

[0064] 进一步优选为如下条件。

[0065]  $1.92 < n_{d2p} < 2.11$  (1A'')

[0066]  $17.0 < v_{d2p} < 21.0$  (2A'')

[0067] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0068] 而且,组合了关于相同参数的多个条件的上限值和下限值新条件的设定属于本申请的公开事项。即,例如组合条件 (1A) 的下限值和条件 (1A') 的下限值来新设定“ $1.88 < n_{d2p} < 2.16$ ”这样的条件属于本申请范围内。不仅对于所举例的关于  $n_{d2p}$  的条件是这样,对于关于其他参数的条件也相同。

[0069] 为了既实现紧凑化又获得高效且良好的光学性能,更为优选除了上述措施外,还采取其他各种措施。下面详细说明。

[0070] 为了更有效地校正第 2 透镜组内的像差,优选使第 2 透镜组的正透镜在物体侧为凸的弯月形状,抑制轴外光束的入射角。此时,优选第 2 透镜组的正透镜的形状满足下列条件 (3A)。

[0071]  $-5.0 < SF_{2p} < -1.0 (3A)$ ,

[0072] 其中  $SF_{2p}$  由  $SF_{2p} = (R_{2pf} + R_{2pr}) / (R_{2pf} - R_{2pr})$  来定义,  $R_{2pf}$  是上述第 2 透镜组中的上述正透镜的物体侧面的近轴曲率半径,  $R_{2pr}$  是上述第 2 透镜组中的上述正透镜的像侧面的近轴曲率半径。

[0073] 不使  $SF_{2p}$  高于条件 (3A) 的上限, 确保该透镜的物体侧面的曲率, 从而有利于广角端的像散和望远端的球面像差校正。

[0074] 不使  $SF_{2p}$  低于条件 (3A) 的下限, 抑制透镜面的曲率变得过大, 从而易于抑制轴外的高次像差的产生。具体而言, 有利于轴外的像面弯曲和倍率色像差的降低。

[0075] 更优选为如下条件。

[0076]  $-3.8 < SF_{2p} < -1.4 (3A')$

[0077] 进一步优选满足如下条件。

[0078]  $-2.6 < SF_{2p} < -1.8 (3A'')$

[0079] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0080] 优选第 2 透镜组的放大率满足下列条件 (4A)。

[0081]  $0.12 < |f_2/f_t| < 0.60 (4A)$ ,

[0082] 其中,  $f_2$  是上述第 2 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头的焦距。

[0083] 通过使  $|f_2/f_t|$  不高于条件 (4A) 的上限, 从而可以确保第 2 透镜组的放大率, 易于获得对应于第 1、第 2 透镜组的间隔变化量的倍率变更比, 有利于镜头镜筒的紧凑化。

[0084] 而且优选通过使  $|f_2/f_t|$  不低于条件 (4A) 的下限, 从而抑制第 2 透镜组的放大率来抑制像差。

[0085] 更优选为如下条件。

[0086]  $0.18 < |f_2/f_t| < 0.49 (4A')$

[0087] 进一步优选满足如下条件。

[0088]  $0.24 < |f_2/f_t| < 0.38 (4A'')$

[0089] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0090] 优选第 2 透镜组的负透镜满足下列条件 (5A) 和 (6A)。

[0091]  $1.76 < n_{d2n} < 2.00 (5A)$

[0092]  $35.0 < v_{d2n} < 50.0 (6A)$

[0093] 其中,  $n_{d2n}$  是上述第 2 透镜组中的上述负透镜对于 d 线的折射率,  $v_{d2n}$  是上述第 2 透镜组中的上述负透镜的阿贝数。

[0094] 条件 (5A) 是关于成本与像差校正功能的平衡的条件。

[0095] 通过使  $n_{d2n}$  不高于条件 (5A) 的上限, 从而易于抑制所用材料的成本、制造成本。如果  $n_{d2n}$  高于条件 (5A) 的上限, 则所用材料变得昂贵成为难以加工的材料。

[0096] 通过使  $n_{d2n}$  不低于条件 (5A) 的下限, 从而即使减小了透镜面的曲率也易于确保负的光焦度。

[0097] 其结果可以抑制广角端的桶型的失真像差变得过大、还能降低负透镜自身的彗形像差等, 易于抑制广角端和望远端的彗形像差等的产生和变更倍率时的像差变动。

[0098] 条件 (6A) 是关于色像差校正、特别是轴外的倍率色像差校正的条件。

[0099] 优选使  $v_{d2n}$  不高于条件 (6A) 的上限, 确保所用材料的折射率以易于进行像差校

正。如果  $v_{d2n}$  高于条件 (6A) 的上限, 则虽然在色像差校正上有利, 但利用现有的透镜材料折射率容易变小。

[0100] 优选使  $v_{d2n}$  不低于条件 (6A) 的下限, 减小颜色色散, 易于抑制色像差。

[0101] 更优选为如下条件。

[0102]  $1.78 < n_{d2n} < 1.95 (5A')$

[0103]  $39.0 < v_{d2n} < 45.0 (6A')$

[0104] 进一步优选满足如下条件。

[0105]  $1.80 < n_{d2n} < 1.90 (5A'')$

[0106]  $40.0 < v_{d2n} < 43.0 (6A'')$

[0107] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0108] 在上述变焦镜头中, 在仅用负透镜、正透镜这 2 个透镜构成第 2 透镜组时, 第 2 透镜组的负透镜负担较大的负放大率的功能。为了在整个变更倍率区域内确保高的光学性能, 优选尽量将该负透镜中产生的像差抑制得较小。

[0109] 为此, 优选该透镜作为双凹透镜而具有大的放大率。而且优选成为满足下列条件 (7A) 的形状。

[0110]  $0.35 < SF_{2n} < 1.00 (7A)$ ,

[0111] 其中  $SF_{2n}$  由  $SF_{2n} = (R_{2nf} + R_{2nr}) / (R_{2nf} - R_{2nr})$  来定义,  $R_{2nf}$  是第 2 透镜组中的上述负透镜的物体侧面的近轴曲率半径,  $R_{2nr}$  是第 2 透镜组中的上述负透镜的像侧面的近轴曲率半径。

[0112] 通过使  $SF_{2n}$  不高于条件 (7A) 的上限, 抑制负透镜的像侧面的曲率, 从而易于抑制广角端处的像面弯曲的产生。而且易于抑制第 2 透镜组的轴上厚度。并且易于抑制第 2 透镜组的轴上厚度和确保画质。

[0113] 通过使  $SF_{2n}$  不低于条件 (7A) 的下限, 抑制负透镜的物体侧面的负的曲率, 从而易于抑制广角端处的轴外各像差。

[0114] 更优选满足如下条件。

[0115]  $0.45 < SF_{2n} < 0.85 (7A')$

[0116] 进一步优选满足如下条件。

[0117]  $0.55 < SF_{2n} < 0.70 (7A'')$

[0118] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0119] 并且为了抑制像差的产生而获得良好的光学性能, 优选在第 2 透镜组的负透镜的至少 1 个透镜面上配置非球面。而且还可以将该负透镜的物体侧面与像侧面两面设为非球面。

[0120] 在这些情况下, 更优选满足以下条件 (8A)。

[0121]  $0.030 < (|ASP_{2nf}| + |ASP_{2nr}|) / f_w < 0.320 (8A)$ ,

[0122] 其中,  $ASP_{2nf}$  是上述第 2 透镜组中的上述负透镜的物体侧的透镜面上的非球面偏移量 (aspherical displacement),  $ASP_{2nr}$  是上述第 2 透镜组中的上述负透镜的像侧的透镜面上的非球面偏移量,  $f_w$  是广角端处的上述变焦镜头的焦距。

[0123] 非球面偏移量是在广角端时在射入到该透镜面的光线的最大入射高度的位置上, 沿平行于光轴的方向测量到的从基准球面到该透镜面的距离, 将朝向像侧进行测量的情况

作为正符号。此处,基准球面是具有与该透镜面的近轴曲率半径相同的曲率半径、在顶点(vertex)与该透镜面接触的球面。在透镜面为球面或者平面时的非球面偏移量为0。

[0124] 通过使  $(|ASP_{2nf}|+|ASP_{2nr}|)/f_w$  不高于条件(8A)的上限,使非球面偏移量的绝对值之和不过大,从而易于抑制由于制造误差而在非球面透镜的面之间产生偏心时的光学性能的恶化。

[0125] 优选通过使  $(|ASP_{2nf}|+|ASP_{2nr}|)/f_w$  不低于条件(8A)的下限,确保非球面偏移量的绝对值之和,确保非球面导致的像差校正的作用。

[0126] 更优选满足如下条件。

[0127]  $0.040 < (|ASP_{2nf}|+|ASP_{2nr}|)/f_w < 0.250$  (8A')

[0128] 进一步优选满足如下条件。

[0129]  $0.050 < (|ASP_{2nf}|+|ASP_{2nr}|)/f_w < 0.180$  (8A'')

[0130] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0131] 而且第2透镜组中的负透镜的非球面优选为越远离光轴则光焦度越大的非球面。此处,所谓光焦度变大意味着负的光焦度变小、或者正的光焦度变大。由此易于抑制广角端处的失真像差和彗形像差。

[0132] 进而优选使第2透镜组中的负透镜为双凹透镜,该双凹透镜的物体侧面、像侧面都为越远离光轴则光焦度越大的非球面。

[0133] 这既有利于实现第2透镜组的轴上或者周边部分的厚度的小型化又有利于实现第2透镜组中的各像差的降低。

[0134] 而且优选由2个以下的透镜来构成第1透镜组。

[0135] 由于第1透镜组也与第2透镜组同样地位于距离轴外光线的光轴上的高度较高的位置上,所以如果想确保透镜的边缘厚度为必要的厚度,则轴上厚度容易变厚。而且若透镜数量变多则轴外光线光度会越发变高,用于确保边缘厚度的轴上厚度需要为更大的厚度。对应于透镜个数的增加量,轴上厚度也变厚相应的厚度。

[0136] 因此,随着透镜个数的增多,第1透镜组的径向尺寸和轴上厚度会变得过大。根据这种观点,优选通过用2个以下的透镜来构成第1透镜组以实现紧凑化。

[0137] 而且通过从物体侧起按照顺序用负透镜和正透镜这2个透镜来构成第1透镜组,从而有利于降低色像差等,同时实现镜头镜筒的紧凑化。

[0138] 并且通过按顺序配置负透镜和正透镜,从而既可以具有色像差校正功能,又易于抑制变更倍率引起的各像差的变动。

[0139] 也可以使第1透镜组的负透镜和正透镜彼此接合。如果为接合透镜,则可以通过高倍率变更比化,有效地对望远端的焦距变长时容易成为问题的轴上色像差进行校正。还能抑制组装误差导致的起因于透镜相对偏心的光学性能的恶化,对成品率的提高和成本降低做出贡献。

[0140] 第1透镜组的负透镜和正透镜也可以是没有接合的彼此独立的单透镜。这样,第1透镜组的折射面有4个面,提高了设计的自由度,所以能更有效地校正广角端的失真像差和望远端的彗形像差。

[0141] 而且,上述第1透镜组的负透镜和正透镜的间隔优选满足下列条件

[0142] (9A)。

[0143]  $0.0 \leq L_{1np}/L_1 < 0.2 (9A)$ ,

[0144] 其中,  $L_{1np}$  是第 1 透镜组的上述负透镜与上述正透镜的轴上间隔,  $L_1$  是上述第 1 透镜组的轴上总厚度。

[0145] 通过使  $L_{1np}/L_1$  不高于条件 (9A) 的上限, 从而可以抑制通过最靠近物体侧的透镜的轴外光线高度, 减小该透镜的有效直径, 甚至有利于变焦镜头整体在径向上的紧凑化。而且现实中  $L_{1np}/L_1$  不可能低于条件 (9A) 的下限。

[0146] 更优选满足如下条件。

[0147]  $0.0 \leq L_{1np}/L_1 < 0.15 (9A')$

[0148] 进一步优选满足如下条件。

[0149]  $0.0 \leq L_{1np}/L_1 < 0.10 (9A'')$

[0150] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0151] 为了实现镜头镜筒的薄型化, 优选 3 个以下的透镜构成第 3 透镜组。

[0152] 在希望使变焦镜头小型化时, 优选从物体侧起按顺序由正透镜、负透镜这 2 个透镜来构成第 3 透镜组。

[0153] 通过由用于校正第 3 透镜组中产生的色像差等各像差的最小透镜个数来构成, 可以实现镜头镜筒的薄型化。而且通过这样配置透镜, 从而可以使前侧主点位于靠近物体的位置上, 易于确保倍率变更比和将透镜组的移动量抑制得较小, 这点也有利于紧凑化。

[0154] 在希望确保更高的光学性能的情况下, 也可以从物体侧起按顺序由正透镜、正透镜和负透镜这 3 个透镜来构成第 3 透镜组。

[0155] 通过采用这样的透镜配置的结构, 可以主要由 2 个正透镜来分担第 3 透镜组的正放大率, 有利于球面像差和彗形像差的校正。

[0156] 而且优选第 3 透镜组的负透镜与相邻的物体侧的正透镜接合。通过接合正透镜与负透镜, 从而能更有效地进行轴上色像差的校正。而且由于可以防止组装工序中的透镜彼此的相对偏心导致的光学性能的恶化, 从而实现成品率的提高和成本降低。

[0157] 在第 3 透镜组内配置 1 面以上的非球面对校正球面像差和彗形像差具有效果。更优选第 3 透镜组的最靠近物体侧的正透镜为双面非球面。

[0158] 如果在多个透镜中配置非球面则透镜的相对偏心导致的光学性能恶化容易变大, 但通过这样使 1 个透镜的两个侧面为非球面, 则能将透镜相对偏心导致的光学性能恶化抑制得较小, 而且可以更好地校正球面像差和彗形像差。

[0159] 特别在用透镜构成第 3 透镜组的情况下, 通过设置非球面可提高设计的自由度, 这在既实现小型化又确保光学性能两方面是优选的。

[0160] 并且根据紧凑化和光学性能的平衡的观点, 优选第 1 透镜组满足下列条件 (10A)。

[0161]  $0.50 < f_1/f_t < 2.00 (10A)$ ,

[0162] 其中  $f_1$  是上述第 1 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头的焦距。

[0163] 通过使  $f_1/f_t$  不高于条件 (10A) 的上限, 确保第 1 透镜组的放大率, 从而易于抑制变焦镜头的全长, 有利于镜头镜筒的小型化。

[0164] 通过使  $f_1/f_t$  不低于条件 (10A) 的下限, 从而可抑制第 1 透镜组的放大率, 可以抑制望远端的球面像差和彗形像差的产生, 易于确保良好的光学性能。

[0165] 更优选满足如下条件。

- [0166]  $0.75 < f_1/f_t < 1.80$  (10A')
- [0167] 进一步优选满足如下条件。
- [0168]  $0.95 < f_1/f_t < 1.60$  (10A'')
- [0169] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。
- [0170] 优选第 3 透镜组的放大率满足下列条件 (11A)。
- [0171]  $0.16 < f_3/f_t < 0.80$  (11A),
- [0172] 其中  $f_3$  是上述第 3 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头的焦距。
- [0173] 使  $f_3/f_t$  不高于条件 (11A) 的上限, 确保第 3 透镜组的放大率, 确保第 3 透镜组中的变更倍率负担, 这些从小型化观点来看是优选的。
- [0174] 优选使  $f_3/f_t$  不低于条件 (11A) 的下限, 适度抑制第 3 透镜组的放大率, 抑制第 3 透镜组中产生的像差。
- [0175] 更优选满足如下条件。
- [0176]  $0.23 < f_3/f_t < 0.60$  (11A')
- [0177] 进一步优选满足如下条件。
- [0178]  $0.30 < f_3/f_t < 0.40$  (11A'')
- [0179] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。
- [0180] 关于第 4 透镜组的放大率, 根据确保远心性和校正像面弯曲的观点, 优选满足下列条件 (12A)。
- [0181]  $0.24 < f_4/f_t < 0.80$  (12A),
- [0182] 其中  $f_4$  是上述第 4 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头全系统的焦距。
- [0183] 通过使  $f_4/f_t$  不高于条件 (12A) 的上限, 确保第 4 透镜组的放大率, 从而可以确保像侧的远心性, 而且抑制像面弯曲的校正过度。
- [0184] 通过使  $f_4/f_t$  不低于条件 (12A) 的下限, 适当抑制第 4 透镜组的放大率, 从而可以抑制像面弯曲的校正不足。
- [0185] 更优选满足如下条件。
- [0186]  $0.36 < f_4/f_t < 0.70$  (12A')
- [0187] 进一步优选满足如下条件。
- [0188]  $0.48 < f_4/f_t < 0.62$  (12A'')
- [0189] 第 4 透镜组也可以由塑料材料形成。第 4 透镜组的主要作用为将射出瞳位置配置在适当的位置上来高效地将光线射入 CCD 图像传感器 (CCD image sensor) 或 CMOS 类型图像传感器 (CMOS type imagesensor) 等电子摄像元件中。为了发挥这种作用, 无需很大的放大率, 只要将放大率设定在上述条件 (12A) 的范围内, 就可以使用塑料那样的低折射率的材料。
- [0190] 通过在第 4 透镜组中使用塑料透镜可以把成本抑制得较低, 可以提供更廉价的变焦镜头。
- [0191] 而且为了在维持性能的状态下实现高倍率变更比化, 更有效的做法是使各透镜组高效地承担变更倍率功能, 而且在整个变更倍率区域内良好地校正像差。
- [0192] 为此, 优选在从广角端变更倍率到望远端时, 以使第 1 透镜组与第 2 透镜组之间的间隔变大、第 2 透镜组与第 3 透镜组之间的间隔变小、第 3 透镜组与第 4 透镜组之间的间隔

变大的方式来移动第 1 透镜组、第 2 透镜组、第 3 透镜组和第 4 透镜组。除此之外,进一步优选变焦镜头具有亮度光圈,该亮度光圈是在变更倍率时与第 3 透镜组一起沿光轴方向移动的亮度光圈、即在第 3 透镜组为了变焦而移动时亮度光圈也移动,第 3 透镜组停止时亮度光圈也停止。

[0193] 通过这样使各透镜组移动,从而可以对各透镜组有效地施加变更倍率作用,即使在高倍率变更比化的情况下也有利于实现高性能。

[0194] 而且通过使亮度光圈与第 3 透镜组一起移动,不仅可以对倍率色像差和失真像差进行有效的校正,在性能方面具有效果,而且还可以适当地控制入射瞳位置和射出瞳位置。

[0195] 即,可以获取广角端的轴外光束的光线高度和望远端的轴外光束的光线高度的平衡,能够使第 1 透镜组的外径和第 4 透镜组的外径具有良好的平衡且紧凑地构成。特别是广角端的第 1 透镜组的外径的减小对于透镜在厚度方向上的大小的紧凑化也是有效果的。并且还可以控制成减小变更倍率时的射出瞳位置的变动,因此,可以将入射到摄像元件(例如 CCD 图像传感器或 CMOS 类型图像传感器等)中的光线的入射角度保持在适当的范围内,可以防止在像面的角落部产生亮度的阴影,所以适用于电子摄像装置。

[0196] 进而,为了缩短变焦镜头的全长、使像差平衡等良好,优选在从广角端变更倍率到望远端时使第 1 透镜组移动到与在广角端时相比在望远端时更靠近物体侧。此时,既可以使第 1 透镜组仅向物体侧移动,也可以使第 1 透镜组沿着凸的轨迹向像侧移动。

[0197] 也可以使第 2 透镜组仅向像侧移动,还可以沿着凸的轨迹向像侧移动。

[0198] 可以使第 3 透镜组仅向物体侧移动。

[0199] 可以使第 4 透镜组仅向像侧移动,也可以仅向像侧移动。或者也可以沿着凸的轨迹向物体侧、或向像侧移动。

[0200] 亮度光圈和快门单元配置在第 2 透镜组和第 3 透镜组之间,在变更倍率时与第 3 透镜组一体地移动、即与第 3 透镜组的位置关系不发生变化地移动。

[0201] 可以使入射瞳位于从物体侧观察较近的位置上(较浅的位置),易于使射出瞳远离像面。而且由于第 2 透镜组和第 3 透镜组之间是轴外光线的高度较低的部位,所以只要快门单元不是大型的即可,减小使亮度光圈和快门单元移动时的无感区(dead space)即可。

[0202] 而且上述变焦镜头中,优选构成变焦镜头的透镜组的总数为 4 个、即构成为 4 组变焦镜头。

[0203] 将透镜组的数量抑制在 4 个有利于伸缩时的紧凑化。

[0204] 而且优选上述变焦镜头满足下列条件(13A)。

[0205]  $3.8 < f_t/f_w < 10.0$  (13A),

[0206] 其中  $f_w$  是广角端的变焦镜头的焦距,  $f_t$  是望远端的变焦镜头的焦距。

[0207] 通过使  $f_t/f_w$  不高于条件(13A)的上限,从而易于抑制透镜组的移动量,容易抑制全长。

[0208] 通过使  $f_t/f_w$  不低于条件(13A)的下限,既可以发挥上面所说明的变焦镜头尺寸和成本方面的优势,又能确保足够的倍率变更比,能进行使视场角改变后的摄影。

[0209] 更优选满足如下条件。

[0210]  $4.3 < f_t/f_w < 7.0$  (13A')

[0211] 进一步优选满足如下条件。

[0212]  $4.7 < f_t/f_w < 5.0$  (13A'')

[0213] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0214] 接着,本发明的第二方面的变焦镜头中,该变焦镜头从物体侧起按顺序具有正光焦度的第1透镜组、负光焦度的第2透镜组、正光焦度的第3透镜组和具有光焦度的第4透镜组,在从广角端变更倍率到望远端的时候,上述第1透镜组与上述第2透镜组的间隔、上述第2透镜组与上述第3透镜组的间隔、上述第3透镜组与上述第4透镜组的间隔发生变化,上述第1透镜组包括正透镜和负透镜这2个透镜,上述第1透镜组中的透镜总数为2个,上述第2透镜组从物体侧起按顺序包括负透镜、正透镜这2个透镜,上述第2透镜组中的透镜总数为2个,且满足以下条件:

[0215]  $1.78 < n_{d2n} < 2.10$  (1B)

[0216]  $35.0 < v_{d2n} < 50.0$  (2B)

[0217] 其中, $n_{d2n}$ 是第2透镜组中的负透镜对于d线的折射率、 $v_{d2n}$ 是第2透镜组中的负透镜的阿贝数。

[0218] 如上所述,如果采用这种从物体侧起按顺序具有正光焦度的第1透镜组、负光焦度的第2透镜组、正光焦度的第3透镜组和正光焦度的第4透镜组,通过改变各组的间隔来进行倍率变更的结构,则可以高效地使各透镜组分担倍率变更功能的负担。这将有利于把倍率变更时的像差变动抑制得较小,防止各透镜组的移动量变得过大,进行变焦镜头的紧凑化。

[0219] 而且由正透镜和负透镜这2个透镜构成了第1透镜组,从物体侧起按顺序由负透镜、正透镜这2个透镜构成了第2透镜组。由此,可以减小透镜组在厚度方向上的尺寸,而且还能减小外径方向上的尺寸。

[0220] 由于第1透镜组、第2透镜组中轴外光线的入射高度(从光轴上起的高度)容易变高,所以若欲确保透镜的边缘厚度为必要的厚度,则会产生轴上厚度易于变厚的倾向。而且,如果第1透镜组、第2透镜组的透镜个数变多,则通过这些透镜组的轴外光线高度会越发变高,用于确保边缘厚度的轴上厚度需要具有更大厚度。当然对应于第1透镜组、第2透镜组的透镜个数的增加量,轴上厚度也会相应变大。

[0221] 根据这种观点,通过用2个这样较少的透镜来构成第1透镜组、第2透镜组,从而有利于减小这些透镜组在径向上的大小和光轴上的厚度,有利于伸缩状态时的镜头镜筒的紧凑化。

[0222] 而且如果由1个正透镜和1个负透镜来构成第1透镜组,则有利于用较少的透镜数量来校正色像差。其结果,即使增大第1透镜组和第2透镜组的间隔变化来确保倍率变更比,也易于抑制色像差的恶化。

[0223] 而且以往从物体侧起按顺序由负透镜、正透镜这2个透镜构成透镜组的厚度方向特别大的第2透镜组。由于第2透镜组为倍率变更功能的负担容易变大的透镜组,所以大多具有较大的负放大率。

[0224] 如果仅由负透镜、正透镜这2个透镜构成第2透镜组,则第2透镜组的负透镜为1个,承担较大的负放大率的功能。另一方面,为了在整个倍率变更区域内确保高光学性能,有效的做法是尽量把在该透镜组内的像差的产生抑制得较少。为此,为了将该负透镜中产生的像差抑制得较小,需要第2透镜组的负透镜满足条件(1B)、(2B)。这些条件规定了第2

透镜组的负透镜对于 d 线的折射率和阿贝数。

[0225] 条件 (1B) 是关于成本和像差校正功能的平衡的条件。通过使  $n_{d2n}$  不高于条件 (1B) 的上限,从而易于抑制所使用的材料的成本和制造成本。如果  $n_{d2n}$  高于条件 (1B) 的上限,则所使用的材料会很贵,成为难以加工的材料。

[0226] 通过使  $n_{d2n}$  不低于条件 (1B) 的下限,从而即使透镜面的曲率变小也易于确保负的光焦度。其结果可以抑制广角端的桶形的失真像差变得过大、还能降低负透镜自身的彗形像差等。而且易于抑制广角端和望远端的彗形像差等的产生和倍率变更时的像差变动。

[0227] 条件 (2B) 是关于色像差校正、特别是轴外的倍率色像差校正的条件。优选通过使  $v_{d2n}$  不高于条件 (2B) 的上限,从而确保所使用的材料的折射率,易于进行像差校正。

[0228] 如果高于了条件式 (2) 的上限,虽然在色像差校正上是有利的,但利用现有的透镜材料容易使折射率减小。

[0229] 优选使  $v_{d2n}$  不低于条件 (2B) 的下限,从而可以减少颜色色散,易于抑制色像差。

[0230] 更优选满足如下条件。

$$[0231] \quad 1.79 < n_{d2n} < 2.00 (1B')$$

$$[0232] \quad 37.0 < v_{d2n} < 45.0 (2B')$$

[0233] 进一步优选满足如下条件。

$$[0234] \quad 1.80 < n_{d2n} < 1.95 (1B'')$$

$$[0235] \quad 40.0 < v_{d2n} < 47.0 (2B'')$$

[0236] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。而且这些条件式也可以仅确定进一步限定的条件式的上限值,或仅确定下限值。以下所说明的各数值条件式也相同。

[0237] 在上述变焦镜头中分别在第 1 透镜组、第 2 透镜组中配置负透镜,从而易于抑制广角端的第 1、第 2 透镜组的合成系统中的球面像差等的产生。而且即使在第 2 透镜组离开第 1 透镜组的状态下也能抑制第 1 透镜组中的球面像差,所以易于确保第 1 透镜组、第 2 透镜组各自的放大率。并且由于即使增大了第 1 透镜组、第 2 透镜组之间的间隔变化也易于抑制球面像差的变动,所以有利于高倍率变更比化。

[0238] 优选第 1 透镜组的负透镜的焦距与第 2 透镜组的负透镜的焦距满足下列条件 (A)、(B)、(C)。

$$[0239] \quad 0.6 < |f_{1n}|/f_t < 5.0 (A)$$

$$[0240] \quad 0.08 < |f_{2n}|/f_t < 0.35 (B)$$

$$[0241] \quad 5.0 < |f_{1n}|/|f_{2n}| < 25.0 (C)$$

[0242] 其中,  $f_{1n}$  是第 1 透镜组中的负透镜的焦距,  $f_{2n}$  是第 2 透镜组中的负透镜的焦距,  $f_t$  是望远端的变焦镜头的焦距。

[0243] 这些条件 (A)、(B)、(C) 是对于第 1 透镜组中的负透镜和第 2 透镜组中的负透镜的放大率,用于在取适度的平衡的同时确保负放大率下的像差校正的效果的条件。

[0244] 通过使  $|f_{1n}|/f_t$  不高于条件 (A) 的上限,从而有利于校正第 1 透镜组中的倍率色像差和球面像差。

[0245] 通过使  $|f_{1n}|/f_t$  不低于条件 (A) 的下限,从而易于确保第 1 透镜组的放大率,易于确保第 2 透镜组中的倍率变更功能。

[0246] 通过使  $|f_{2n}|/f_t$  不高于条件 (B) 的上限,从而易于确保第 2 透镜组的负放大率,有

利于小型化、高倍率变更比化。

[0247] 通过使  $|f_{2n}|/f_t$  不低于条件 (B) 的下限,易于抑制第 2 透镜组中的各像差的产生。

[0248] 通过使  $|f_{1n}|/|f_{2n}|$  不高于条件 (C) 的上限,从而易于抑制倍率变更时的色像差和球面像差的变动。

[0249] 通过使  $|f_{1n}|/|f_{2n}|$  不低于条件 (C) 的下限,从而易于减小相对于倍率变更量的可变间隔的变化量。

[0250] 当同时满足这些条件 (A)、(B)、(C) 时,有利于进行像差校正、小型化、高倍率变更比化。

[0251] 更优选各个条件式为如下的条件。

[0252]  $0.8 < |f_{1n}|/f_t < 4.0(A')$

[0253]  $0.10 < |f_{2n}|/f_t < 0.30(B')$

[0254]  $6.0 < |f_{1n}|/|f_{2n}| < 21.0(C')$

[0255] 进一步优选满足如下条件。

[0256]  $1.0 < |f_{1n}|/f_t < 3.0(A'')$

[0257]  $0.12 < |f_{2n}|/f_t < 0.25(B'')$

[0258]  $7.0 < |f_{1n}|/|f_{2n}| < 18.0(C'')$

[0259] 由此可以进一步获得上述效果。

[0260] 而且优选第 1 透镜组的 2 个透镜满足下列条件。

[0261]  $1.4 < |f_{1n}|/f_{1p} < 4.5(D)$

[0262] 其中  $f_{1p}$  是第 1 透镜组中的正透镜的焦距,  $f_{1n}$  是第 1 透镜组中的负透镜的焦距。

[0263] 通过使  $|f_{1n}|/f_{1p}$  不高于条件 (D) 的上限来确保负透镜的放大率,从而有利于校正正透镜中产生的色像差等。

[0264] 通过使  $|f_{1n}|/f_{1p}$  不低于条件 (D) 的下限,从而可以抑制负透镜的放大率变得过强,易于确保由 2 个透镜构成的第 1 透镜组的正放大率。而且易于抑制两个透镜的相对偏心对像差的影响。

[0265] 更优选各个条件式为如下的条件。

[0266]  $1.6 < |f_{1n}|/f_{1p} < 4.0(D')$

[0267] 进一步优选满足如下条件。

[0268]  $1.8 < |f_{1n}|/f_{1p} < 3.5(D'')$

[0269] 由此可以进一步获得上述效果。

[0270] 为了既实现紧凑化又获得高效且良好的光学性能,除了上述措施之外,更为优选对其他方面也采取措施。下面详细说明。

[0271] 为了更有效地校正第 2 透镜组内的像差,优选使第 2 透镜组的正透镜在物体侧为凸的弯月形状,抑制轴外光束的入射角。此时,优选第 2 透镜组的正透镜的形状满足下列条件 (3A)。

[0272]  $-5.0 < SF_{2p} < -1.0(3A)$ ,

[0273] 其中  $SF_{2p}$  由  $SF_{2p} = (R_{2pf} + R_{2pr}) / (R_{2pf} - R_{2pr})$  来定义,  $R_{2pf}$  是上述第 2 透镜组中的上述正透镜的物体侧面的近轴曲率半径,  $R_{2pr}$  是上述第 2 透镜组中的上述正透镜的像侧面的近轴曲率半径。

[0274] 不使  $SF_{2p}$  高于条件 (3A) 的上限, 确保该透镜的物体侧面的曲率, 从而有利于广角端的像散和望远端的球面像差校正。

[0275] 不使  $SF_{2p}$  低于条件 (3A) 的下限, 抑制透镜面的曲率变得过大, 从而易于抑制轴外的高次像差的产生。具体而言, 有利于轴外的像面弯曲和倍率色像差的降低。

[0276] 更优选满足如下条件。

[0277]  $-3.8 < SF_{2p} < -1.4(3A')$

[0278] 进一步优选满足如下条件。

[0279]  $-2.6 < SF_{2p} < -1.8(3A'')$

[0280] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0281] 优选第 2 透镜组的放大率满足下列条件 (4A)。

[0282]  $0.12 < |f_2/f_t| < 0.60(4A)$ ,

[0283] 其中,  $f_2$  是上述第 2 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头全系统的焦距。

[0284] 通过使  $|f_2/f_t|$  不高于条件 (4A) 的上限, 从而可以确保第 2 透镜组的放大率, 易于获得相对于第 1、第 2 透镜组的间隔变化量的倍率变更比, 有利于镜头镜筒的紧凑化。

[0285] 而且优选通过使  $|f_2/f_t|$  不低于条件 (4A) 的下限, 从而抑制第 2 透镜组的放大率来抑制像差。

[0286] 更优选满足如下条件。

[0287]  $0.18 < |f_2/f_t| < 0.49(4A')$

[0288] 进一步优选满足如下条件。

[0289]  $0.24 < |f_2/f_t| < 0.38(4A'')$

[0290] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0291] 而且为了即使在用 2 个透镜构成第 2 透镜组的情况下也可以充分进行像差校正, 优选第 2 透镜组的正透镜满足条件 (1A)、(2A)。

[0292]  $1.88 < n_{d2p} < 2.20(1A)$

[0293]  $13.0 < v_{d2p} < 30.0(2A)$

[0294] 其中,  $n_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜对于 d 线的折射率、 $v_{d2p}$  是第 2 透镜组中的正透镜的阿贝数。

[0295] 条件 (1A)、(2A) 是关于第 2 透镜组中的正透镜对于 d 线的折射率和阿贝数的条件。

[0296] 由于第 2 透镜组为倍率变更负担容易变大的透镜组, 所以大多具有较大的负放大率。因此, 为了通过 1 个正透镜来校正第 2 透镜组的负透镜中产生的像差, 采用适当设定该透镜的折射率、色散的方法是有效的。

[0297] 条件 (1A) 是关于像面弯曲和彗形像差的校正与成本的条件。通过使  $n_{d2p}$  不高于条件 (1A) 的上限, 从而易于抑制所使用的材料的成本和制造成本。如果  $n_{d2p}$  高于条件 (1A) 的上限, 则所使用的材料会很贵, 成为难以加工的材料。

[0298] 通过使  $n_{d2p}$  不低于条件 (1A) 的下限值, 从而即使透镜面的曲率变小也易于确保光焦度。其结果可以抑制广角端的像面弯曲、还能降低正透镜自身的彗形像差等, 易于抑制广角端和望远端的彗形像差等的产生和倍率变更时的像差变动。

[0299] 条件 (2A) 是关于色像差校正、特别是轴外的倍率色像差校正的条件。为了对由第

2 透镜组的负透镜所产生的色像差在该透镜组内进行良好的校正, 优选使正透镜具有适度的色散。

[0300] 通过使  $v_{d2p}$  不高于条件 (2A) 的上限值, 从而可以确保正透镜的色散, 与在第 2 透镜组的负透镜中产生的色像差抵消, 有利于降低所拍摄的图像颜色的散乱。

[0301] 通过使  $v_{d2p}$  不会低于条件 (2A) 的下限, 从而可以抑制短波长区域内的色散过大, 有利于减少 2 次频谱下的颜色的散乱。

[0302] 关于各条件, 更优选满足如下条件。

[0303]  $1.90 < n_{d2p} < 2.16(1A')$

[0304]  $15.0 < v_{d2p} < 25.0(2A')$

[0305] 更加优选满足如下条件。

[0306]  $1.92 < n_{d2p} < 2.11(1A'')$

[0307]  $17.0 < v_{d2p} < 21.0(2A'')$

[0308] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0309] 在上述变焦镜头中, 在仅用负透镜、正透镜这 2 个透镜构成第 2 透镜组时, 第 2 透镜组的负透镜负担较大的负放大率的功能。为了在整个倍率变更区域内确保高的光学性能, 优选尽量将该负透镜中产生的像差抑制得较小。

[0310] 为此, 优选该透镜作为双凹透镜而具有大的放大率。而且优选成为满足下列条件 (7A) 的形状。

[0311]  $0.35 < SF_{2n} < 1.00(7A)$ ,

[0312] 其中  $SF_{2n}$  由  $SF_{2n} = (R_{2nf} + R_{2nr}) / (R_{2nf} - R_{2nr})$  来定义,  $R_{2nf}$  是第 2 透镜组中的上述负透镜的物体侧面的近轴曲率半径,  $R_{2nr}$  是第 2 透镜组中的上述负透镜的像侧面的近轴曲率半径。

[0313] 通过使  $SF_{2n}$  不高于条件 (7A) 的上限, 抑制负透镜的像侧面的曲率, 从而易于抑制广角端处的像面弯曲的产生。而且易于抑制第 2 透镜组的轴上厚度。并且易于抑制第 2 透镜组的轴上厚度和确保画质。

[0314] 通过使  $SF_{2n}$  不低于条件 (7A) 的下限, 抑制负透镜的物体侧面的负的曲率, 从而易于抑制广角端处的轴外各像差。

[0315] 更优选满足如下条件。

[0316]  $0.45 < SF_{2n} < 0.85(7A')$

[0317] 进一步优选满足如下条件。

[0318]  $0.55 < SF_{2n} < 0.70(7A'')$

[0319] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0320] 并且为了抑制像差的产生而获得良好的光学性能, 优选在第 2 透镜组的负透镜的至少 1 个透镜面上配置非球面。而且还可以将该负透镜的物体侧面与像侧面两面设为非球面。

[0321] 在这些情况下, 更优选满足以下条件 (8A)。

[0322]  $0.030 < (|ASP_{2nf}| + |ASP_{2nr}|) / f_w < 0.320(8A)$ ,

[0323] 其中,  $ASP_{2nf}$  是上述第 2 透镜组中的上述负透镜的物体侧的透镜面上的非球面偏移量 (aspherical displacement),  $ASP_{2nr}$  是上述第 2 透镜组中的上述负透镜的像侧的透镜

面上的非球面偏移量,  $f_w$  是广角端处的上述变焦镜头的焦距。

[0324] 非球面偏移量是在广角端时在射入到该透镜面的光线的最大入射高度的位置上, 沿平行于光轴的方向测量到的从基准球面到该透镜面的距离, 将朝向像侧进行测量的情况作为正符号。此处, 基准球面是具有与该透镜面的近轴曲率半径相同的曲率半径、在顶点(vertex) 与该透镜面接触的球面。在透镜面为球面或者平面时的非球面偏移量为 0。

[0325] 通过使  $(|ASP_{2nf}| + |ASP_{2nr}|) / f_w$  不高于条件 (8A) 的上限, 使非球面偏移量的绝对值之和不过大, 从而易于抑制由于制造误差而在非球面透镜的面之间产生偏心时的光学性能的恶化。

[0326] 优选通过使  $(|ASP_{2nf}| + |ASP_{2nr}|) / f_w$  不低于条件 (8A) 的下限, 确保非球面偏移量的绝对值之和, 确保非球面导致的像差校正的作用。

[0327] 更优选满足如下条件。

[0328]  $0.040 < (|ASP_{2nf}| + |ASP_{2nr}|) / f_w < 0.250$  (8A')

[0329] 进一步优选满足如下条件。

[0330]  $0.050 < (|ASP_{2nf}| + |ASP_{2nr}|) / f_w < 0.180$  (8A'')

[0331] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0332] 而且第 2 透镜组中的负透镜的非球面优选为越远离光轴则光焦度越大的非球面。此处, 所谓光焦度变大意味着负的光焦度变小、或者正的光焦度变大。由此易于抑制广角端处的失真像差和彗形像差。

[0333] 进而优选使第 2 透镜组中的负透镜为双凹透镜, 该双凹透镜的物体侧面、像侧面都为越远离光轴则光焦度越大的非球面。

[0334] 这既有利于实现第 2 透镜组的轴上或者周边部分的厚度的小型化又有利于实现第 2 透镜组中的各像差的降低。

[0335] 优选从物体侧起按顺序由负透镜和正透镜这 2 个透镜来构成第 1 透镜组。通过采用这样的透镜配置, 从而既可以具有色像差校正功能, 又易于抑制倍率变更引起的各像差的变动。

[0336] 也可以使第 1 透镜组的负透镜和正透镜彼此接合。如果为接合透镜, 则可以通过高倍率变更比化, 有效地对望远端的焦距变长时容易成为问题的轴上色像差进行校正。还能抑制组装误差导致的起因于透镜相对偏心的光学性能的恶化, 对成品率的提高和成本降低做出贡献。

[0337] 第 1 透镜组的负透镜和正透镜也可以是没有接合的彼此独立的单透镜。这样, 第 1 透镜组的折射面有 4 个面, 提高了设计的自由度, 所以能更有效地校正广角端的失真像差和望远端的彗形像差。

[0338] 而且, 上述第 1 透镜组的负透镜和正透镜的间隔优选满足下列条件 (9A)。

[0339]  $0.0 \leq L_{1np} / L_1 < 0.2$  (9A),

[0340] 其中,  $L_{1np}$  是第 1 透镜组的上述负透镜与上述正透镜的轴上间隔,  $L_1$  是上述第 1 透镜组的轴上总厚度。

[0341] 通过使  $L_{1np} / L_1$  不高于条件 (9A) 的上限, 从而可以抑制通过最靠近物体侧的透镜的轴外光线高度, 减小该透镜的有效直径, 甚至有利于变焦镜头整体在径向上的紧凑化。而且现实中  $L_{1np} / L_1$  不可能低于条件 (9A) 的下限。

- [0342] 更优选满足如下条件。
- [0343]  $0.0 \leq L_{1mp}/L_1 < 0.15 (9A')$
- [0344] 进一步优选满足如下条件。
- [0345]  $0.0 \leq L_{1mp}/L_1 < 0.10 (9A'')$
- [0346] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。
- [0347] 为了实现镜头镜筒的薄型化,优选由 3 个以下的透镜构成第 3 透镜组。
- [0348] 在希望使变焦镜头小型化时,优选从物体侧起按顺序由正透镜、负透镜这 2 个透镜来构成第 3 透镜组。
- [0349] 通过由用于校正第 3 透镜组中产生的色像差等各像差的最小透镜个数来构成,可以实现镜头镜筒的薄型化。而且通过这样配置透镜,从而可以使前侧主点位于靠近物体的位置上,易于确保倍率变更比和将透镜组的移动量抑制得较小,这点也有利于紧凑化。
- [0350] 在希望确保更高的光学性能的情况下,也可以从物体侧起按顺序由正透镜、正透镜和负透镜这 3 个透镜来构成第 3 透镜组。
- [0351] 通过采用这样的透镜配置的结构,可以主要由 2 个正透镜来分担第 3 透镜组的正放大率,有利于球面像差和彗形像差的校正。
- [0352] 而且优选第 3 透镜组的负透镜与相邻的物体侧的正透镜接合。通过接合正透镜与负透镜,从而能更有效地进行轴上色像差的校正。而且由于可以防止组装工序中的透镜彼此的相对偏心导致的光学性能的恶化,从而实现成品率的提高和成本降低。
- [0353] 在第 3 透镜组内配置 1 面以上的非球面对校正球面像差和彗形像差具有效果。更优选第 3 透镜组的最靠近物体侧的正透镜为双面非球面。
- [0354] 如果在多个透镜中配置非球面则透镜的相对偏心导致的光学性能恶化容易变大,但通过这样使 1 个透镜的两个侧面为非球面,则能将透镜相对偏心导致的光学性能恶化抑制得较小,而且可以更好地校正球面像差和彗形像差。
- [0355] 特别在用透镜构成第 3 透镜组的情况下,通过设置非球面可提高设计的自由度,这在既实现小型化又确保光学性能两方面是优选的。
- [0356] 并且根据紧凑化和光学性能的平衡的观点,优选第 1 透镜组满足下列条件 (10A)。
- [0357]  $0.50 < f_1/f_t < 2.00 (10A)$ ,
- [0358] 其中  $f_1$  是上述第 1 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头的焦距。
- [0359] 通过使  $f_1/f_t$  不高于条件 (10A) 的上限,确保第 1 透镜组的放大率,从而易于抑制变焦镜头的全长,有利于镜头镜筒的小型化。
- [0360] 通过使  $f_1/f_t$  不低于条件 (10A) 的下限,从而可抑制第 1 透镜组的放大率,可以抑制望远端的球面像差和彗形像差的产生,易于确保良好的光学性能。
- [0361] 更优选满足如下条件。
- [0362]  $0.75 < f_1/f_t < 1.80 (10A')$
- [0363] 进一步优选满足如下条件。
- [0364]  $0.95 < f_1/f_t < 1.60 (10A'')$
- [0365] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。
- [0366] 优选第 3 透镜组的放大率满足下列条件 (11A)。
- [0367]  $0.16 < f_3/f_t < 0.80 (11A)$ ,

[0368] 其中  $f_3$  是上述第 3 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头的焦距。

[0369] 使  $f_3/f_t$  不高于条件 (11A) 的上限, 确保第 3 透镜组的放大率, 确保第 3 透镜组中的变更倍率负担, 这些从小型化观点来看是优选的。

[0370] 优选使  $f_3/f_t$  不低于条件 (11A) 的下限, 适度抑制第 3 透镜组的放大率, 抑制第 3 透镜组中产生的像差。

[0371] 更优选满足如下条件。

[0372]  $0.23 < f_3/f_t < 0.60$  (11A')

[0373] 进一步优选满足如下条件。

[0374]  $0.30 < f_3/f_t < 0.40$  (11A'')

[0375] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0376] 关于第 4 透镜组的放大率, 根据确保远心性和校正像面弯曲的观点, 优选满足下列条件 (12A)。

[0377]  $0.24 < f_4/f_t < 0.80$  (12A),

[0378] 其中  $f_4$  是上述第 4 透镜组的焦距,  $f_t$  是望远端的上述变焦镜头全系统的焦距。

[0379] 通过使  $f_4/f_t$  不高于条件 (12A) 的上限, 确保第 4 透镜组的放大率, 从而可以确保像侧的远心性, 而且抑制像面弯曲的校正过度。

[0380] 通过使  $f_4/f_t$  不低于条件 (12A) 的下限, 适度抑制第 4 透镜组的放大率, 从而可以抑制像面弯曲的校正不足。

[0381] 更优选满足如下条件。

[0382]  $0.36 < f_4/f_t < 0.70$  (12A')

[0383] 进一步优选满足如下条件。

[0384]  $0.48 < f_4/f_t < 0.62$  (12A'')

[0385] 第 4 透镜组也可以由塑料材料形成。第 4 透镜组的主要作用为将射出瞳位置配置在适当的位置上来高效地将光线射入 CCD 图像传感器 (CCD image sensor) 或 CMOS 类型图像传感器 (CMOS type imagesensor) 等电子摄像元件中。为了发挥这种作用, 无需很大的放大率, 只要将放大率设定在上述条件 (12A) 的范围内, 就可以使用塑料那样的低折射率的材料。

[0386] 通过在第 4 透镜组中使用塑料透镜可以把成本抑制得较低, 可以提供更廉价的变焦镜头。

[0387] 而且为了在维持性能的状态下实现高倍率变更比化, 更有效的做法是使各透镜组高效地承担变更倍率功能, 而且在整个变更倍率区域内良好地校正像差。

[0388] 为此, 优选在从广角端变更倍率到望远端时, 以使第 1 透镜组与第 2 透镜组之间的间隔变大、第 2 透镜组与第 3 透镜组之间的间隔变小、第 3 透镜组与第 4 透镜组之间的间隔变大的方式来移动第 1 透镜组、第 2 透镜组、第 3 透镜组和第 4 透镜组。除此之外, 进一步优选变焦镜头具有在变更倍率时与第 3 透镜组一起沿光轴方向移动的亮度光圈。

[0389] 通过这样使各透镜组移动, 从而可以对各透镜组有效地施加变更倍率作用, 即使在高倍率变更比化的情况下也有利于实现高性能。

[0390] 而且通过使亮度光圈与第 3 透镜组一起移动, 不仅可以对倍率色像差和失真像差进行有效的校正, 在性能方面具有效果, 而且还可以适当地控制入射瞳位置和射出瞳位置。

[0391] 即,可以获取广角端的轴外光束的光线高度和望远端的轴外光束的光线高度的平衡,能够使第1透镜组的外径和第4透镜组的外径具有良好的平衡且紧凑地构成。特别是广角端的第1透镜组的外径的减小对于透镜在厚度方向上的大小的紧凑化也是有效果的。并且还可以控制成减小变更倍率时的射出瞳位置的变动,因此,可以将入射到摄像元件(例如CCD图像传感器或CMOS类型图像传感器等)中的光线的入射角度保持在适当的范围内,可以防止在像面的角落部产生亮度的阴影,所以适用于电子摄像装置。

[0392] 进而,为了缩短变焦镜头的全长、使像差平衡等良好,优选在从广角端变更倍率到望远端时使第1透镜组移动到与在广角端时相比在望远端时更靠近物体侧。此时,既可以使第1透镜组仅向物体侧移动,也可以使第1透镜组沿着凸的轨迹向像侧移动。

[0393] 也可以使第2透镜组仅向像侧移动,还可以沿着凸的轨迹向像侧移动。

[0394] 可以使第3透镜组仅向物体侧移动。

[0395] 可以使第4透镜组仅向物体侧移动,也可以仅向像侧移动。或者也可以沿着凸的轨迹向物体侧、或向像侧移动。

[0396] 亮度光圈和快门单元配置在第2透镜组和第3透镜组之间,在变更倍率时可以与第3透镜组一体地移动。

[0397] 可以使入射瞳位于从物体侧观察较近的位置上(较浅的位置),易于使射出瞳远离像面。而且由于第2透镜组和第3透镜组之间是轴外光线的高度较低的部位,所以只要快门单元不是大型的即可,减小使亮度光圈和快门单元移动时的无感区(dead space)即可。

[0398] 而且上述变焦镜头中,优选构成变焦镜头的透镜组的总数为4个、即构成为4组变焦镜头。

[0399] 将透镜组的数量抑制在4个有利于伸缩时的紧凑化。

[0400] 而且优选上述变焦镜头满足下列条件(13A)。

[0401]  $3.8 < f_t/f_w < 10.0$  (13A),

[0402] 其中  $f_w$  是广角端的变焦镜头的焦距,  $f_t$  是望远端的变焦镜头的焦距。

[0403] 通过使  $f_t/f_w$  不高于条件(13A)的上限,从而易于抑制透镜组的移动量,容易抑制全长。

[0404] 通过使  $f_t/f_w$  不低于条件(13A)的下限,既可以发挥上面所说明的变焦镜头尺寸和成本方面的优势,又能确保足够的倍率变更比,能进行使视场角改变后的摄影。

[0405] 更优选满足如下条件。

[0406]  $4.3 < f_t/f_w < 7.0$  (13A')

[0407] 进一步优选满足如下条件。

[0408]  $4.7 < f_t/f_w < 5.0$  (13A'')

[0409] 通过这些条件可以进一步获得上述效果。

[0410] 本发明的变焦镜头易于确保远心性。因此非常适用于作为电子摄像装置的摄影透镜。

[0411] 本发明的摄像装置优选包括上述的某个变焦镜头和配置在该变焦镜头的像侧上,将该变焦镜头所形成的光学像转换为电信号的电子摄像元件。

[0412] 接着说明本发明的变焦镜头的数字实施例。而且本发明不限于这些数字实施例。

[0413] 图1A~图9C是实施例1~9的无限远物点对焦时的包含光轴的截面图。其中,

图 1A、2A、3A、... 是广角端的截面图,图 1B、2B、3B、... 是中间状态的截面图,图 1C、2C、3C、... 是望远端的截面图。图 1A~图 9C 中,分别将第 1 透镜组表示为 G1、将第 2 透镜组表示为 G2、将亮度光圈表示为 S、将第 3 透镜组表示为 G3、将第 4 透镜组表示为 G4、将构成实施了限制红外光的波长区域限制涂层的低通滤波器的平行平板表示为 F、将电子摄像元件的玻璃罩的平行平板表示为 C、将像面表示为 I。而且也可以在玻璃罩 C 的表面上实施波长区域限制用的多层膜。还可以使该玻璃罩 C 具有低通滤波器的作用。

[0414] 实施例 1 如图 1A 至图 1C 所示,从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组 G1、负光焦度的第 2 透镜组 G2、亮度光圈 S、正光焦度的第 3 透镜组 G3、正光焦度的第 4 透镜组 G4。

[0415] 在从广角端变更倍率到望远端时,第 1 透镜组 G1 向物体侧移动,第 2 透镜组 G2 向像侧移动,第 3 透镜组 G3 向物体侧移动,第 4 透镜组 G4 一旦向物体侧移动之后再反转动方向而向像侧移动。

[0416] 第 1 透镜组 G1 从物体侧起按顺序由凸面朝向物体侧的第 1 负弯月透镜和第 2 双凸正透镜构成。第 2 透镜组 G2 从物体侧起按顺序由第 3 双凹负透镜和凸面朝向物体侧的第 4 正弯月透镜构成。第 3 透镜组 G3 从物体侧起按顺序由第 5 双凸正透镜和凸面朝向物体侧的第 6 负弯月透镜构成。第 4 透镜组 G4 由第 7 双凸正透镜构成。

[0417] 非球面被用于第 3 双凹负透镜的两面、第 5 双凸正透镜的两面和第 7 双凸正透镜的物体侧的面这 5 个面上。

[0418] 实施例 2 如图 2A 至图 2C 所示,从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组 G1、负光焦度的第 2 透镜组 G2、亮度光圈 S、正光焦度的第 3 透镜组 G3、正光焦度的第 4 透镜组 G4。

[0419] 在从广角端变更倍率到望远端时,第 1 透镜组 G1 向物体侧移动,第 2 透镜组 G2 一旦向像侧移动之后再反转动方向而向物体侧移动,第 3 透镜组 G3 向物体侧移动,第 4 透镜组 G4 一旦向物体侧移动之后再反转动方向而向像侧移动。

[0420] 第 1 透镜组 G1 从物体侧起按顺序由凸面朝向物体侧的第 1 负弯月透镜和第 2 双凸正透镜构成。第 1 负弯月透镜和第 2 双凸正透镜接合在一起。第 2 透镜组 G2 从物体侧起按顺序由第 3 双凹负透镜和凸面朝向物体侧的第 4 正弯月透镜构成。第 3 透镜组 G3 从物体侧起按顺序由第 5 双凸正透镜、第 6 双凸正透镜和第 7 双凹负透镜构成。第 6 双凸正透镜和第 7 双凹负透镜被接合在一起。第 4 透镜组 G4 由第 8 双凸正透镜构成。

[0421] 非球面被用于第 3 双凹负透镜的两面、第 5 双凸正透镜的两面和第 8 双凸正透镜的物体侧的面这 5 个面上。

[0422] 实施例 3 如图 3A 至图 3C 所示,从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组 G1、负光焦度的第 2 透镜组 G2、亮度光圈 S、正光焦度的第 3 透镜组 G3、正光焦度的第 4 透镜组 G4。

[0423] 在从广角端变更倍率到望远端时,第 1 透镜组 G1 向物体侧移动,第 2 透镜组 G2 向像侧移动,第 3 透镜组 G3 向物体侧移动,第 4 透镜组 G4 向物体侧移动。

[0424] 第 1 透镜组 G1 从物体侧起按顺序由凸面朝向物体侧的第 1 负弯月透镜和第 2 双凸正透镜构成。第 2 透镜组 G2 由第 3 双凹负透镜和凸面朝向物体侧的第 4 正弯月透镜构成。第 3 透镜组 G3 由第 5 双凸正透镜、第 6 双凸正透镜和第 7 双凹负透镜构成。第 6 双凸

正透镜和第 7 双凹负透镜接合在一起。第 4 透镜组 G4 由第 8 双凸正透镜构成。

[0425] 非球面被用于第 3 双凹负透镜的两面、第 5 双凸正透镜的两面和第 8 双凸正透镜的物体侧的面这 5 个面上。

[0426] 实施例 4 如图 4A 至图 4C 所示,从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组 G1、负光焦度的第 2 透镜组 G2、亮度光圈 S、正光焦度的第 3 透镜组 G3、正光焦度的第 4 透镜组 G4。

[0427] 在从广角端变更倍率到望远端时,第 1 透镜组 G1 向物体侧移动,第 2 透镜组 G2 一旦向像侧移动之后再向物体侧移动,第 3 透镜组 G3 向物体侧移动,第 4 透镜组 G4 一旦向物体侧移动之后再向像侧移动。

[0428] 第 1 透镜组 G1 从物体侧起按顺序由凸面朝向物体侧的第 1 负弯月透镜和第 2 双凸正透镜构成。第 2 透镜组 G2 从物体侧起按顺序由第 3 双凹负透镜和凸面朝向物体侧的第 4 正弯月透镜构成。第 3 透镜组 G3 从物体侧起按顺序由第 5 双凸正透镜、第 6 双凸正透镜和第 7 双凹负透镜构成。第 6 双凸正透镜和第 7 双凹负透镜接合在一起。第 4 透镜组 G4 由第 8 双凸正透镜构成。

[0429] 非球面被用于第 3 双凹负透镜的两面、第 5 双凸正透镜的两面和第 8 双凸正透镜的物体侧的面这 5 个面上。

[0430] 实施例 5 如图 5A 至图 5C 所示,从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组 G1、负光焦度的第 2 透镜组 G2、亮度光圈 S、正光焦度的第 3 透镜组 G3、正光焦度的第 4 透镜组 G4。

[0431] 在从广角端变更倍率到望远端时,第 1 透镜组 G1 向物体侧移动,第 2 透镜组 G2 向像侧移动,第 3 透镜组 G3 向物体侧移动,第 4 透镜组 G4 一旦向物体侧移动之后再向像侧移动。

[0432] 第 1 透镜组 G1 从物体侧起按顺序由凸面朝向物体侧的第 1 负弯月透镜和第 2 双凸正透镜构成。第 2 透镜组 G2 从物体侧起按顺序由第 3 双凹负透镜和凸面朝向物体侧的第 4 正弯月透镜构成。第 3 透镜组 G3 从物体侧起按顺序由第 5 双凸正透镜、凸面朝向物体侧的第 6 正弯月透镜和凸面朝向物体侧的第 7 负弯月透镜构成。第 6 正弯月透镜和第 7 负弯月透镜接合在一起。第 4 透镜组 G4 由第 8 双凸正透镜构成。

[0433] 非球面被用于第 2 双凸正透镜的像侧的面、第 3 双凹负透镜的两面、第 5 双凸正透镜的两面和第 8 双凸正透镜的物体侧的面这 6 个面上。

[0434] 实施例 6 如图 6A 至图 6C 所示,从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组 G1、负光焦度的第 2 透镜组 G2、亮度光圈 S、正光焦度的第 3 透镜组 G3、正光焦度的第 4 透镜组 G4。

[0435] 在从广角端变更倍率到望远端时,第 1 透镜组 G1 向物体侧移动,第 2 透镜组 G2 向像侧移动,第 3 透镜组 G3 向物体侧移动,第 4 透镜组 G4 一旦向物体侧移动之后再向像侧移动。

[0436] 第 1 透镜组 G1 从物体侧起按顺序由凸面朝向物体侧的第 1 负弯月透镜和第 2 双凸正透镜构成。第 2 透镜组 G2 从物体侧起按顺序由第 3 双凹负透镜和凸面朝向物体侧的第 4 正弯月透镜构成。第 3 透镜组 G3 从物体侧起按顺序由第 5 双凸正透镜、凸面朝向物体侧的第 6 正弯月透镜和凸面朝向物体侧的第 7 负弯月透镜构成。第 6 正弯月透镜和第 7 负

弯月透镜接合在一起。第 4 透镜组 G4 由第 8 双凸正透镜构成。

[0437] 非球面被用于第 2 双凸正透镜的像侧的面、第 3 双凹负透镜的两面、第 5 双凸正透镜的两面和第 8 双凸正透镜的物体侧的面这 6 个面上。

[0438] 实施例 7 如图 7A 至图 7C 所示,从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组 G1、负光焦度的第 2 透镜组 G2、亮度光圈 S、正光焦度的第 3 透镜组 G3、正光焦度的第 4 透镜组 G4。

[0439] 在从广角端变更倍率到望远端时,第 1 透镜组 G1 向物体侧移动,第 2 透镜组 G2 向像侧移动,第 3 透镜组 G3 向物体侧移动,第 4 透镜组 G4 一旦向物体侧移动再向像侧移动。

[0440] 第 1 透镜组 G1 从物体侧起按顺序由凸面朝向物体侧的第 1 负弯月透镜和第 2 双凸正透镜构成。第 2 透镜组 G2 从物体侧起按顺序由第 3 双凹负透镜和凸面朝向物体侧的第 4 正弯月透镜构成。第 3 透镜组 G3 从物体侧起按顺序由第 5 双凸正透镜、凸面朝向物体侧的第 6 正弯月透镜和凸面朝向物体侧的第 7 负弯月透镜构成。第 6 正弯月透镜和第 7 负弯月透镜接合在一起。第 4 透镜组 G4 由第 8 双凸正透镜构成。

[0441] 非球面被用于第 2 双凸正透镜的像侧面、第 3 双凹负透镜的两面、第 5 双凸正透镜的两面和第 8 双凸正透镜的物体侧的面这 6 个面上。

[0442] 实施例 8 如图 8A 至图 8C 所示,从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组 G1、负光焦度的第 2 透镜组 G2、亮度光圈 S、正光焦度的第 3 透镜组 G3、正光焦度的第 4 透镜组 G4。

[0443] 在从广角端变更倍率到望远端时,第 1 透镜组 G1 向物体侧移动,第 2 透镜组 G2 向像侧移动,第 3 透镜组 G3 向物体侧移动,第 4 透镜组 G4 一旦向物体侧移动之后再向像侧移动。

[0444] 第 1 透镜组 G1 从物体侧起按顺序由凸面朝向物体侧的第 1 负弯月透镜和第 2 双凸正透镜构成。第 2 透镜组 G2 从物体侧起按顺序由第 3 双凹负透镜和凸面朝向物体侧的第 4 正弯月透镜构成。第 3 透镜组 G3 从物体侧起按顺序由第 5 双凸正透镜、凸面朝向物体侧的第 6 正弯月透镜和凸面朝向物体侧的第 7 负弯月透镜构成。第 6 正弯月透镜和第 7 负弯月透镜接合在一起。第 4 透镜组 G4 由第 8 双凸正透镜构成。

[0445] 非球面被用于第 2 双凸正透镜的像侧的面、第 3 双凹负透镜的两面、第 5 双凸正透镜的两面和第 8 双凸正透镜的物体侧的面这 6 个面上。

[0446] 实施例 9 如图 9A 至图 9C 所示,从物体侧起按顺序具有正光焦度的第 1 透镜组 G1、负光焦度的第 2 透镜组 G2、亮度光圈 S、正光焦度的第 3 透镜组 G3、正光焦度的第 4 透镜组 G4。

[0447] 在从广角端变更倍率到望远端时,第 1 透镜组 G1 向物体侧移动,第 2 透镜组 G2 向像侧移动,第 3 透镜组 G3 向物体侧移动,第 4 透镜组 G4 一旦向物体侧移动之后再向像侧移动。

[0448] 第 1 透镜组 G1 从物体侧起按顺序由凸面朝向物体侧的第 1 负弯月透镜和第 2 双凸透镜构成。第 2 透镜组 G2 从物体侧起按顺序由第 3 双凹负透镜和凸面朝向物体侧的第 4 正弯月透镜构成。第 3 透镜组 G3 从物体侧起按顺序由第 5 双凸正透镜、凸面朝向物体侧的第 6 正弯月透镜和凸面朝向物体侧的第 7 负弯月透镜构成。第 6 正弯月透镜和第 7 负弯月透镜接合在一起。第 4 透镜组 G4 由第 8 双凸正透镜构成。

[0449] 非球面被用于第 2 双凸正透镜的像侧的面、第 3 双凹负透镜的两面、第 5 双凸正透镜的两面和第 8 双凸正透镜的物体侧的面这 6 个面上。

[0450] 下面表示上述各实施例的数值数据。除了上述的记号之外，记号  $f$  为变焦镜头的焦距、 $F_{No}$  为 F 号码 (Number)、 $\omega$  是半视场角、WE 是广角端、ST 是中间状态、TE 是望远端、 $r_1, r_2, \dots$  是各透镜面的近轴曲率半径、 $d_1, d_2, \dots$  是各透镜面间的间隔、 $n_{d1}, n_{d2}, \dots$  是各透镜对于 d 线的折射率、 $v_{d1}, v_{d2}, \dots$  是各透镜的阿贝数。曲率半径之后的记号 (AS) 表示该面为非球面、(S) 表示该面是开口光圈面、(I) 表示该面为像面。而且非球面的形状可以在以光轴为 x 轴 (以光的行进方向为正向)、光轴与非球面的交点为原点、通过原点垂直于光轴的方向为 y 轴的坐标系中通过下面的式子来表示。

$$[0451] \quad X = (y^2/r) / [1 + \{1 - (K+1)(y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10} + A_{12} y^{12},$$

[0452] 其中， $r$  是近轴曲率半径、 $K$  是圆锥系数、 $A_4, A_6, A_8, A_{10}, A_{12}$  分别为 4 次、6 次、8 次、10 次、12 次的非球面系数。另外，在非球面系数中，“ $e-n$ ” ( $n$  为整数) 表示乘以“ $10^{-n}$ ”。

[0453] 实施例 1

$$[0454] \quad r_1 = 21.447 \quad d_1 = 0.80 \quad n_{d1} = 1.92286 \quad v_{d1} = 18.90$$

$$[0455] \quad r_2 = 16.568 \quad d_2 = 0.33$$

$$[0456] \quad r_3 = 19.065 \quad d_3 = 3.00 \quad n_{d2} = 1.72916 \quad v_{d2} = 54.68$$

$$[0457] \quad r_4 = -635.214 \quad d_4 = \text{可变}$$

$$[0458] \quad r_5 = -27.371 \text{ (AS)} \quad d_5 = 1.00 \quad n_{d3} = 1.88300 \quad v_{d3} = 40.76$$

$$[0459] \quad r_6 = 5.547 \text{ (AS)} \quad d_6 = 1.71$$

$$[0460] \quad r_7 = 10.368 \quad d_7 = 2.16 \quad n_{d4} = 1.92286 \quad v_{d4} = 18.90$$

$$[0461] \quad r_8 = 32.087 \quad d_8 = \text{可变}$$

$$[0462] \quad r_9 = \infty \text{ (S)} \quad d_9 = 0.10$$

$$[0463] \quad r_{10} = 4.015 \text{ (AS)} \quad d_{10} = 2.14 \quad n_{d5} = 1.58313 \quad v_{d5} = 59.38$$

$$[0464] \quad r_{11} = -20.737 \text{ (AS)} \quad d_{11} = 0.07$$

$$[0465] \quad r_{12} = 6.067 \quad d_{12} = 1.07 \quad n_{d6} = 1.92286 \quad v_{d6} = 20.88$$

$$[0466] \quad r_{13} = 3.042 \quad d_{13} = \text{可变}$$

$$[0467] \quad r_{14} = 13.673 \text{ (AS)} \quad d_{14} = 2.68 \quad n_{d7} = 1.52542 \quad v_{d7} = 55.78$$

$$[0468] \quad r_{15} = -65.892 \quad d_{15} = \text{可变}$$

$$[0469] \quad r_{16} = \infty \quad d_{16} = 0.50 \quad n_{d8} = 1.54771 \quad v_{d8} = 62.84$$

$$[0470] \quad r_{17} = \infty \quad d_{17} = 0.50$$

$$[0471] \quad r_{18} = \infty \quad d_{18} = 0.50 \quad n_{d9} = 1.51633 \quad v_{d9} = 64.14$$

$$[0472] \quad r_{19} = \infty \quad d_{19} = 0.50$$

$$[0473] \quad r_{20} = \infty \text{ (I)}$$

[0474] 非球面系数

[0475] 第 5 面

$$[0476] \quad R = -27.371$$

$$[0477] \quad K = 0.065$$

$$[0478] \quad A_4 = 2.93685e-04 \quad A_6 = -1.29521e-05 \quad A_8 = 2.63539e-07$$

$$[0479] \quad A_{10} = -7.77717e-10$$

[0480]	第 6 面			
[0481]	$R = 5.547$			
[0482]	$K = -0.216$			
[0483]	$A_4 = -2.74527e-04$	$A_6 = 5.81879e-06$	$A_8 = -2.46028e-06$	
[0484]	$A_{10} = 7.68048e-08$			
[0485]	第 10 面			
[0486]	$R = 4.015$			
[0487]	$K = -0.052$			
[0488]	$A_4 = -1.29073e-03$	$A_6 = -6.12402e-06$	$A_8 = 1.86699e-06$	
[0489]	第 11 面			
[0490]	$R = -20.737$			
[0491]	$K = 0.000$			
[0492]	$A_4 = 7.99142e-04$	$A_6 = 6.56260e-05$	$A_8 = 4.48582e-06$	
[0493]	第 14 面			
[0494]	$R = 13.673$			
[0495]	$K = -0.880$			
[0496]	$A_4 = 3.32538e-05$	$A_6 = 3.03636e-05$	$A_8 = -2.12591e-06$	
[0497]	$A_{10} = 6.32654e-08$			
[0498]	变焦数据 ( $\infty$ )			
[0499]		WE	ST	TE
[0500]	f (mm)	6.60	14.49	31.76
[0501]	$F_{N0}$	4.47	5.71	5.99
[0502]	$2\omega (^{\circ})$	62.67	29.43	13.60
[0503]	$d_4$	1.18	7.61	17.27
[0504]	$d_8$	12.07	5.03	0.55
[0505]	$d_{13}$	4.74	8.30	9.73
[0506]	$d_{15}$	3.31	4.30	3.77
[0507]	实施例 2			
[0508]	$r_1 = 22.824$	$d_1 = 0.80$	$n_{d1} = 1.84666$	$v_{d1} = 23.78$
[0509]	$r_2 = 14.601$	$d_2 = 2.82$	$n_{d2} = 1.72916$	$v_{d2} = 54.68$
[0510]	$r_3 = 414.790$	$d_3 = \text{可变}$		
[0511]	$r_4 = -19.623(\text{AS})$	$d_4 = 0.90$	$n_{d3} = 1.80495$	$v_{d3} = 40.90$
[0512]	$r_5 = 5.406(\text{AS})$	$d_5 = 1.71$		
[0513]	$r_6 = 8.975$	$d_6 = 2.07$	$n_{d4} = 1.92286$	$v_{d4} = 18.90$
[0514]	$r_7 = 20.246$	$d_7 = \text{可变}$		
[0515]	$r_8 = \infty(\text{S})$	$d_8 = 0.10$		
[0516]	$r_9 = 5.364(\text{AS})$	$d_9 = 2.57$	$n_{d5} = 1.58313$	$v_{d5} = 59.38$
[0517]	$r_{10} = -16.396(\text{AS})$	$d_{10} = 0.10$		
[0518]	$r_{11} = 8.877$	$d_{11} = 2.16$	$n_{d6} = 1.72916$	$v_{d6} = 54.68$

[0519]	$r_{12} = -5.099$	$d_{12} = 0.40$	$n_{d7} = 1.80100$	$v_{d7} = 34.97$
[0520]	$r_{13} = 4.240$	$d_{13} = \text{可变}$		
[0521]	$r_{14} = 11.188 \text{ (AS)}$	$d_{14} = 2.14$	$n_{d8} = 1.52542$	$v_{d8} = 55.78$
[0522]	$r_{15} = -171.452$	$d_{15} = \text{可变}$		
[0523]	$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 0.50$	$n_{d9} = 1.54771$	$v_{d9} = 62.84$
[0524]	$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 0.50$		
[0525]	$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 0.50$	$n_{d10} = 1.51633$	$v_{d10} = 64.14$
[0526]	$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.50$		
[0527]	$r_{20} = \infty \text{ (I)}$			
[0528]	非球面系数			
[0529]	第 4 面			
[0530]	$R = -19.623$			
[0531]	$K = 0.089$			
[0532]	$A_4 = 8.04207\text{e-}04$	$A_6 = -2.03534\text{e-}05$	$A_8 = 2.82387\text{e-}07$	
[0533]	$A_{10} = -1.69194\text{e-}09$			
[0534]	第 5 面			
[0535]	$R = 5.406$			
[0536]	$K = -0.329$			
[0537]	$A_4 = 4.28184\text{e-}04$	$A_6 = 2.10097\text{e-}05$	$A_8 = -1.65174\text{e-}06$	
[0538]	$A_{10} = 1.28854\text{e-}08$			
[0539]	第 9 面			
[0540]	$R = 5.364$			
[0541]	$K = -0.166$			
[0542]	$A_4 = -2.03573\text{e-}04$	$A_6 = 4.18417\text{e-}05$	$A_8 = 3.69979\text{e-}06$	
[0543]	第 10 面			
[0544]	$R = -16.396$			
[0545]	$K = 0.000$			
[0546]	$A_4 = 9.35195\text{e-}04$	$A_6 = 6.75272\text{e-}05$	$A_8 = 5.30410\text{e-}06$	
[0547]	第 14 面			
[0548]	$R = 11.188$			
[0549]	$K = -1.490$			
[0550]	$A_4 = 5.63156\text{e-}05$	$A_6 = 1.24846\text{e-}05$	$A_8 = -1.04700\text{e-}06$	
[0551]	$A_{10} = 3.12395\text{e-}08$			
[0552]	变焦数据 ( $\infty$ )			
[0553]	WE	ST	TE	
[0554]	f (mm)	6.61	14.38	31.74
[0555]	$F_{NO}$	3.60	4.46	6.02
[0556]	$2\omega (^{\circ})$	62.90	29.44	13.45
[0557]	$d_3$	1.26	7.82	13.73

[0558]	$d_7$	12.51	5.36	1.54		
[0559]	$d_{13}$	4.42	6.52	14.10		
[0560]	$d_{15}$	2.69	4.42	3.00		
[0561]	实施例 3					
[0562]	$r_1 = 23.457$		$d_1 = 0.80$	$n_{d1} = 1.84666$	$v_{d1} = 23.78$	
[0563]	$r_2 = 14.154$		$d_2 = 0.40$			
[0564]	$r_3 = 15.271$		$d_3 = 3.00$	$n_{d2} = 1.77250$	$v_{d2} = 49.60$	
[0565]	$r_4 = -215.758$		$d_4 = \text{可变}$			
[0566]	$r_5 = -23.097$ (AS)		$d_5 = 1.00$	$n_{d3} = 1.80495$	$v_{d3} = 40.90$	
[0567]	$r_6 = 5.348$ (AS)		$d_6 = 1.40$			
[0568]	$r_7 = 8.580$		$d_7 = 2.00$	$n_{d4} = 1.92286$	$v_{d4} = 18.90$	
[0569]	$r_8 = 18.871$		$d_8 = \text{可变}$			
[0570]	$r_9 = \infty$ (S)		$d_9 = 0.10$			
[0571]	$r_{10} = 5.766$ (AS)		$d_{10} = 2.45$	$n_{d5} = 1.58313$	$v_{d5} = 59.38$	
[0572]	$r_{11} = -10.882$ (AS)		$d_{11} = 0.10$			
[0573]	$r_{12} = 15.328$		$d_{12} = 1.44$	$n_{d6} = 1.69680$	$v_{d6} = 55.53$	
[0574]	$r_{13} = -15.328$		$d_{13} = 1.22$	$n_{d7} = 1.68893$	$v_{d7} = 31.07$	
[0575]	$r_{14} = 4.089$		$d_{14} = \text{可变}$			
[0576]	$r_{15} = 14.324$ (AS)		$d_{15} = 2.60$	$n_{d8} = 1.52542$	$v_{d8} = 55.78$	
[0577]	$r_{16} = -27.378$		$d_{16} = \text{可变}$			
[0578]	$r_{17} = \infty$		$d_{17} = 0.50$	$n_{d9} = 1.54771$	$v_{d9} = 62.84$	
[0579]	$r_{18} = \infty$		$d_{18} = 0.50$			
[0580]	$r_{19} = \infty$		$d_{19} = 0.50$	$n_{d10} = 1.51633$	$v_{d10} = 64.14$	
[0581]	$r_{20} = \infty$		$d_{20} = 0.45$			
[0582]	$r_{21} = \infty$ (I)					
[0583]	非球面系数					
[0584]	第 5 面					
[0585]	$R = -23.097$					
[0586]	$K = 0.089$					
[0587]	$A_4 = 1.80967\text{e-}04$	$A_6 = -1.62280\text{e-}07$	$A_8 = 3.96691\text{e-}08$			
[0588]	$A_{10} = -7.98836\text{e-}10$					
[0589]	第 6 面					
[0590]	$R = 5.348$					
[0591]	$K = -0.296$					
[0592]	$A_4 = -1.84110\text{e-}04$	$A_6 = 1.36361\text{e-}07$	$A_8 = 1.68053\text{e-}07$			
[0593]	$A_{10} = -1.07186\text{e-}09$					
[0594]	第 10 面					
[0595]	$R = 5.766$					
[0596]	$K = -1.073$					

[0597]	$A_4 = -9.79726e-05$			
[0598]	$A_6 = 1.50579e-06$			
[0599]	第 11 面			
[0600]	$R = -10.882$			
[0601]	$K = 7.693$			
[0602]	$A_4 = 1.32858e-03$	$A_6 = 3.01907e-05$	$A_8 = 2.16650e-08$	
[0603]	$A_{10} = 6.54410e-11$			
[0604]	第 15 面			
[0605]	$R = 14.324$			
[0606]	$K = -0.001$			
[0607]	$A_4 = 4.02883e-05$	$A_6 = 5.91976e-06$	$A_8 = -1.61602e-07$	
[0608]	$A_{10} = 2.12392e-09$			
[0609]	变焦数据 ( $\infty$ )			
[0610]		WE	ST	TE
[0611]	f (mm)	6.62	14.37	32.09
[0612]	$F_{N0}$	3.83	5.11	6.00
[0613]	$2\omega (^{\circ})$	62.68	29.65	13.53
[0614]	$d_4$	0.88	5.76	12.75
[0615]	$d_8$	13.63	6.80	1.53
[0616]	$d_{14}$	4.27	9.62	13.30
[0617]	$d_{16}$	3.19	3.12	2.96
[0618]	实施例 4			
[0619]	$r_1 = 18.613$	$d_1 = 0.83$	$n_{d1} = 2.00170$	$v_{d1} = 20.64$
[0620]	$r_2 = 14.132$	$d_2 = 0.32$		
[0621]	$r_3 = 15.458$	$d_3 = 3.00$	$n_{d2} = 1.72916$	$v_{d2} = 54.68$
[0622]	$r_4 = -7762.115$	$d_4 = \text{可变}$		
[0623]	$r_5 = -19.900$ (AS)	$d_5 = 1.00$	$n_{d3} = 1.80495$	$v_{d3} = 40.90$
[0624]	$r_6 = 4.735$ (AS)	$d_6 = 1.32$		
[0625]	$r_7 = 7.926$	$d_7 = 2.25$	$n_{d4} = 2.00170$	$v_{d4} = 20.64$
[0626]	$r_8 = 18.204$	$d_8 = \text{可变}$		
[0627]	$r_9 \infty$ (S)	$d_9 = 0.10$		
[0628]	$r_{10} = 5.243$ (AS)	$d_{10} = 2.14$	$n_{d5} = 1.58313$	$v_{d5} = 59.38$
[0629]	$r_{11} = -14.423$ (AS)	$d_{11} = 0.10$		
[0630]	$r_{12} = 13.297$	$d_{12} = 1.41$	$n_{d6} = 1.69680$	$v_{d6} = 55.53$
[0631]	$r_{13} = -13.297$	$d_{13} = 0.84$	$n_{d7} = 1.68893$	$v_{d7} = 31.07$
[0632]	$r_{14} = 4.302$	$d_{14} = \text{可变}$		
[0633]	$r_{15} = 12.620$ (AS)	$d_{15} = 2.32$	$n = 1.52542$	$v_{d8} = 55.78$
[0634]	$r_{16} = -41.640$	$d_{16} = \text{可变}$		
[0635]	$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 0.50$	$n_{d9} = 1.54771$	$v_{d9} = 62.84$

[0636]	$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 0.50$		
[0637]	$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.50$	$n_{d10} = 1.51633$	$v_{d10} = 64.14$
[0638]	$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 0.50$		
[0639]	$r_{21} = \infty$ (I)			
[0640]	非球面系数			
[0641]	第 5 面			
[0642]	$R = -19.900$			
[0643]	$K = 0.089$			
[0644]	$A_4 = 7.68359e-04$	$A_6 = -2.74885e-05$	$A_8 = 5.05160e-07$	
[0645]	$A_{10} = -3.51817e-09$			
[0646]	第 6 面			
[0647]	$R = 4.735$			
[0648]	$K = -0.296$			
[0649]	$A_4 = 2.06227e-04$	$A_6 = 1.05145e-05$	$A_8 = -3.20724e-06$	
[0650]	$A_{10} = 5.51277e-08$			
[0651]	第 10 面			
[0652]	$R = 5.243$			
[0653]	$K = -0.166$			
[0654]	$A_4 = -3.57087e-04$	$A_6 = 6.29255e-05$	$A_8 = -2.02800e-07$	
[0655]	$A_{10} = 1.01728e-06$			
[0656]	第 11 面			
[0657]	$R = -14.423$			
[0658]	$K = 0.000$			
[0659]	$A_4 = 1.07710e-03$	$A_6 = 7.69622e-05$	$A_8 = 3.07399e-06$	
[0660]	$A_{10} = 1.50112e-06$			
[0661]	第 15 面			
[0662]	$R = 12.620$			
[0663]	$K = -1.490$			
[0664]	$A_4 = 5.63156e-05$	$A_6 = 3.25061e-06$	$A_8 = -1.24032e-07$	
[0665]	$A_{10} = 2.58656e-09$			
[0666]	变焦数据 ( $\infty$ )			
[0667]		WE	ST	TE
[0668]	f (mm)	6.62	14.41	31.64
[0669]	$F_{N0}$	3.82	4.77	6.00
[0670]	$2\omega$ (°)	62.97	29.10	13.54
[0671]	$d_4$	1.12	7.18	12.54
[0672]	$d_8$	12.66	6.25	1.55
[0673]	$d_{14}$	5.19	8.85	14.31
[0674]	$d_{16}$	3.01	3.57	3.17

[0675]	实施例 5			
[0676]	$r_1 = 84.159$	$d_1 = 0.80$	$n_{d1} = 2.00170$	$v_{d1} = 20.64$
[0677]	$r_2 = 34.486$	$d_2 = 0.10$		
[0678]	$r_3 = 22.651$	$d_3 = 2.64$	$n_{d2} = 1.76802$	$v_{d2} = 49.24$
[0679]	$r_4 = -68.862$ (AS)	$d_4 = \text{可变}$		
[0680]	$r_5 = -22.850$ (AS)	$d_5 = 0.87$	$n_{d3} = 1.88300$	$v_{d3} = 40.76$
[0681]	$r_6 = 5.672$ (AS)	$d_6 = 1.94$		
[0682]	$r_7 = 11.112$	$d_7 = 2.21$	$n_{d4} = 1.94595$	$v_{d4} = 17.98$
[0683]	$r_8 = 35.757$	$d_8 = \text{可变}$		
[0684]	$r_9 = \infty$ (S)	$d_9 = 0.10$		
[0685]	$r_{10} = 4.712$ (AS)	$d_{10} = 2.61$	$n_{d5} = 1.58913$	$v_{d5} = 61.14$
[0686]	$r_{11} = -14.330$ (AS)	$d_{11} = 0.10$		
[0687]	$r_{12} = 7.122$	$d_{12} = 1.40$	$n_{d6} = 1.73400$	$v_{d6} = 51.47$
[0688]	$r_{13} = 38.362$	$d_{13} = 0.80$	$n_{d7} = 2.00069$	$v_{d7} = 25.46$
[0689]	$r_{14} = 3.667$	$d_{14} = \text{可变}$		
[0690]	$r_{15} = 14.436$ (AS)	$d_{15} = 2.07$	$n_{d8} = 1.74330$	$v_{d8} = 49.33$
[0691]	$r_{16} = -91.806$	$d_{16} = \text{可变}$		
[0692]	$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 0.40$	$n_{d9} = 1.54771$	$v_{d9} = 62.84$
[0693]	$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 0.50$		
[0694]	$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.50$	$n_{d10} = 1.51633$	$v_{d10} = 64.14$
[0695]	$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 0.35$		
[0696]	$r_{21} = \infty$ (I)			
[0697]	非球面系数			
[0698]	第 4 面			
[0699]	$R = -68.862$			
[0700]	$K = 0.000$			
[0701]	$A_4 = 1.40060\text{e-}05$	$A_6 = 4.74804\text{e-}08$	$A_8 = -1.12302\text{e-}09$	
[0702]	$A_{10} = 6.63012\text{e-}12$			
[0703]	第 5 面			
[0704]	$R = -22.850$			
[0705]	$K = 0.005$			
[0706]	$A_4 = 4.03460\text{e-}04$	$A_6 = -7.22829\text{e-}06$	$A_8 = 6.48822\text{e-}08$	
[0707]	$A_{10} = -8.73779\text{e-}11$			
[0708]	第 6 面			
[0709]	$R = 5.672$			
[0710]	$K = -0.125$			
[0711]	$A_4 = -1.79384\text{e-}04$	$A_6 = 1.31075\text{e-}05$	$A_8 = -1.16124\text{e-}06$	
[0712]	$A_{10} = 8.98567\text{e-}09$			
[0713]	第 10 面			

[0714]	$R = 4.712$			
[0715]	$K = -0.084$			
[0716]	$A_4 = -3.51732e-04$	$A_6 = 2.84641e-05$	$A_8 = 5.84562e-06$	
[0717]	$A_{10} = 4.88769e-07$			
[0718]	第 11 面			
[0719]	$R = -14.330$			
[0720]	$K = 0.000$			
[0721]	$A_4 = 1.77733e-03$	$A_6 = 5.54637e-05$	$A_8 = 1.61880e-05$	
[0722]	$A_{10} = 5.93748e-07$			
[0723]	第 15 面			
[0724]	$R = 14.436$			
[0725]	$K = 0.000$			
[0726]	$A_4 = -4.85530e-05$	$A_6 = 2.21564e-05$	$A_8 = -1.01006e-06$	
[0727]	$A_{10} = 1.88543e-08$			
[0728]	变焦数据 ( $\infty$ )			
[0729]		WE	ST	TE
[0730]	f (mm)	5.06	12.01	24.25
[0731]	$F_{N0}$	3.39	4.97	5.05
[0732]	$2\omega (^{\circ})$	79.96	35.52	17.47
[0733]	$d_4$	0.65	4.60	15.76
[0734]	$d_8$	12.81	4.53	1.33
[0735]	$d_{14}$	2.79	8.13	8.51
[0736]	$d_{16}$	2.64	3.14	2.93
[0737]	实施例 6			
[0738]	$r_1 = 62.175$	$d_1 = 0.80$	$n_{d1} = 2.00170$	$v_{d1} = 20.64$
[0739]	$r_2 = 30.238$	$d_2 = 0.10$		
[0740]	$r_3 = 22.683$	$d_3 = 2.74$	$n_{d2} = 1.76802$	$v_{d2} = 49.24$
[0741]	$r_4 = -70.003$ (AS)	$d_4 =$ 可变		
[0742]	$r_5 = -21.636$ (AS)	$d_5 = 0.87$	$n_{d3} = 1.83481$	$v_{d3} = 42.71$
[0743]	$r_6 = 5.619$ (AS)	$d_6 = 2.02$		
[0744]	$r_7 = 11.015$	$d_7 = 2.12$	$n_{d4} = 1.94595$	$v_{d4} = 17.98$
[0745]	$r_8 = 28.744$	$d_8 =$ 可变		
[0746]	$r_9 = \infty$ (S)	$d_9 = 0.10$		
[0747]	$r_{10} = 4.673$ (AS)	$d_{10} = 2.61$	$n_{d5} = 1.58913$	$v_{d5} = 61.14$
[0748]	$r_{11} = -14.486$ (AS)	$d_{11} = 0.10$		
[0749]	$r_{12} = 6.566$	$d_{12} = 1.30$	$n_{d6} = 1.67790$	$v_{d6} = 50.72$
[0750]	$r_{13} = 28.591$	$d_{13} = 0.80$	$n_{d7} = 2.00069$	$v_{d7} = 25.46$
[0751]	$r_{14} = 3.627$	$d_{14} =$ 可变		
[0752]	$r_{15} = 13.996$ (AS)	$d_{15} = 2.07$	$n_{d8} = 1.74330$	$v_{d8} = 49.33$

[0753]	$r_{16} = -127.391$	$d_{16} = \text{可变}$		
[0754]	$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 0.40$	$n_{d9} = 1.54771$	$v_{d9} = 62.84$
[0755]	$r_{18} = \infty$	$d_{19} = 0.50$		
[0756]	$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.50$	$n_{d10} = 1.51633$	$v_{d10} = 64.14$
[0757]	$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 0.35$		
[0758]	$r_{21} = \infty$ (I)			
[0759]	非球面系数			
[0760]	第 4 面			
[0761]	$R = -70.003$			
[0762]	$K = 0.000$			
[0763]	$A_4 = 1.20840e-05$	$A_6 = 7.76197e-08$	$A_8 = -1.68487e-09$	
[0764]	$A_{10} = 1.05563e-11$			
[0765]	第 5 面			
[0766]	$R = -21.636$			
[0767]	$K = 0.004$			
[0768]	$A_4 = 4.00902e-04$	$A_6 = -7.46870e-06$	$A_8 = 7.98424e-08$	
[0769]	$A_{10} = -2.55494e-10$			
[0770]	第 6 面			
[0771]	$R = 5.619$			
[0772]	$K = -0.119$			
[0773]	$A_4 = -1.83831e-04$	$A_6 = 1.27460e-05$	$A_8 = -1.17445e-06$	
[0774]	$A_{10} = 9.45337e-09$			
[0775]	第 10 面			
[0776]	$R = 4.673$			
[0777]	$K = -0.080$			
[0778]	$A_4 = -3.64410e-04$	$A_6 = 3.88128e-05$	$A_8 = 3.87823e-06$	
[0779]	$A_{10} = 7.28414e-07$			
[0780]	第 11 面			
[0781]	$R = -14.486$			
[0782]	$K = 0.000$			
[0783]	$A_4 = 1.77598e-03$	$A_6 = 8.31238e-05$	$A_8 = 9.04999e-06$	
[0784]	$A_{10} = 1.61068e-06$			
[0785]	第 15 面			
[0786]	$R = 13.996$			
[0787]	$K = 0.000$			
[0788]	$A_4 = -4.62486e-05$	$A_6 = 2.50668e-05$	$A_8 = -1.31854e-06$	
[0789]	$A_{10} = 2.85912e-08$			
[0790]	变焦数据 ( $\infty$ )			
[0791]	WE	ST	TE	

[0792]	f (mm)	5.06	12.03	24.30		
[0793]	$F_{N0}$	3.38	4.95	5.05		
[0794]	$2\omega (^{\circ})$	80.22	35.50	17.42		
[0795]	$d_4$	0.67	4.59	15.71		
[0796]	$d_8$	12.79	4.54	1.39		
[0797]	$d_{14}$	2.79	8.12	8.57		
[0798]	$d_{16}$	2.63	3.11	2.92		
[0799]	实施例 7					
[0800]	$r_1 = 94.096$		$d_1 = 0.80$	$n_{d1} = 2.00170$	$v_{d1} = 20.64$	
[0801]	$r_2 = 36.640$		$d_2 = 0.10$			
[0802]	$r_3 = 23.265$		$d_3 = 2.68$	$n_{d2} = 1.76802$	$v_{d2} = 49.24$	
[0803]	$r_4 = -65.988$ (AS)		$d_4 = \text{可变}$			
[0804]	$r_5 = -20.758$ (AS)		$d_5 = 0.87$	$n_{d3} = 1.88300$	$v_{d3} = 40.76$	
[0805]	$r_6 = 5.946$ (AS)		$d_6 = 2.00$			
[0806]	$r_7 = 13.375$		$d_7 = 1.88$	$n_{d4} = 2.10227$	$v_{d4} = 17.10$	
[0807]	$r_8 = 42.000$		$d_8 = \text{可变}$			
[0808]	$r_9 = \infty$ (S)		$d_9 = 0.10$			
[0809]	$r_{10} = 4.646$ (AS)		$d_{10} = 2.61$	$n_{d5} = 1.58913$	$v_{d5} = 61.14$	
[0810]	$r_{11} = -14.474$ (AS)		$d_{11} = 0.10$			
[0811]	$r_{12} = 6.683$		$d_{12} = 1.31$	$n_{d6} = 1.67790$	$v_{d6} = 50.72$	
[0812]	$r_{13} = 34.534$		$d_{13} = 0.80$	$n_{d7} = 2.00069$	$v_{d7} = 25.46$	
[0813]	$r_{14} = 3.633$		$d_{14} = \text{可变}$			
[0814]	$r_{15} = 14.262$ (AS)		$d_{15} = 2.07$	$n_{d8} = 1.74330$	$v_{d8} = 49.33$	
[0815]	$r_{16} = -68.293$		$d_{16} = \text{可变}$			
[0816]	$r_{17} = \infty$		$d_{17} = 0.40$	$n_{d9} = 1.54771$	$v_{d9} = 62.84$	
[0817]	$r_{18} = \infty$		$d_{18} = 0.50$			
[0818]	$r_{19} = \infty$		$d_{19} = 0.50$	$n_{d10} = 1.51633$	$v_{d10} = 64.14$	
[0819]	$r_{20} = \infty$		$d_{20} = 0.40$			
[0820]	$r_{21} = \infty$ (I)					
[0821]	非球面系数					
[0822]	第 4 面					
[0823]	$R = -65.988$					
[0824]	$K = 0.000$					
[0825]	$A_4 = 1.39994e-05$	$A_6 = 4.31110e-08$	$A_8 = -9.73594e-10$			
[0826]	$A_{10} = 5.44916e-12$					
[0827]	第 5 面					
[0828]	$R = -20.758$					
[0829]	$K = 0.005$					
[0830]	$A_4 = 3.78537e-04$	$A_6 = -5.56165e-06$	$A_8 = 2.61919e-08$			

[0831]	$A_{10} = 2.68069e-10$			
[0832]	第 6 面			
[0833]	$R = 5.946$			
[0834]	$K = -0.124$			
[0835]	$A_4 = -2.24793e-04$	$A_6 = 1.51367e-05$	$A_8 = -1.22207e-06$	
[0836]	$A_{10} = 1.37423e-08$			
[0837]	第 10 面			
[0838]	$R = 4.646$			
[0839]	$K = -0.078$			
[0840]	$A_4 = -3.99703e-04$	$A_6 = 3.77334e-05$	$A_8 = 3.98996e-06$	
[0841]	$A_{10} = 7.39900e-07$			
[0842]	第 11 面			
[0843]	$R = -14.474$			
[0844]	$K = 0.000$			
[0845]	$A_4 = 1.73950e-03$	$A_6 = 8.20306e-05$	$A_8 = 9.91441e-06$	
[0846]	$A_{10} = 1.46222e-06$			
[0847]	第 15 面			
[0848]	$R = 14.262$			
[0849]	$K = 0.000$			
[0850]	$A_4 = -6.90526e-05$	$A_6 = 2.21932e-05$	$A_8 = -9.10533e-07$	
[0851]	$A_{10} = 1.48759e-08$			
[0852]	变焦数据 ( $\infty$ )			
[0853]	WE	ST	TE	
[0854]	f (mm)	5.06	11.93	24.27
[0855]	$F_{N0}$	3.40	4.98	5.05
[0856]	$2\omega$ ( $^\circ$ )	80.76	35.88	17.48
[0857]	$d_4$	0.67	4.54	15.84
[0858]	$d_8$	12.77	4.58	1.31
[0859]	$d_{14}$	2.83	8.28	8.63
[0860]	$d_{16}$	2.62	3.08	2.92
[0861]	实施例 8			
[0862]	$r_1 = 58.074$	$d_1 = 0.80$	$n_{d1} = 2.00170$	$v_{d1} = 20.64$
[0863]	$r_2 = 29.126$	$d_2 = 0.10$		
[0864]	$r_3 = 22.139$	$d_3 = 2.59$	$n_{d2} = 1.76802$	$v_{d2} = 49.24$
[0865]	$r_4 = -78.668$ (AS)	$d_4 =$ 可变		
[0866]	$r_5 = -25.718$ (AS)	$d_5 = 0.87$	$n_{d3} = 1.88300$	$v_{d3} = 40.76$
[0867]	$r_6 = 5.522$ (AS)	$d_6 = 1.79$		
[0868]	$r_7 = 10.009$	$d_7 = 2.14$	$n_{d4} = 1.94595$	$v_{d4} = 17.98$
[0869]	$r_8 = 26.958$	$d_8 =$ 可变		

[0870]	$r_9 = \infty$ (S)	$d_9 = 1.56$		
[0871]	$r_{10} = 5.426$ (AS)	$d_{10} = 2.61$	$n_{d5} = 1.58913$	$v_{d5} = 61.14$
[0872]	$r_{11} = -11.325$ (AS)	$d_{11} = 0.10$		
[0873]	$r_{12} = 6.525$	$d_{12} = 1.54$	$n_{d6} = 1.69680$	$v_{d6} = 55.53$
[0874]	$r_{13} = 23.505$	$d_{13} = 0.80$	$n_{d7} = 2.00069$	$v_{d7} = 25.46$
[0875]	$r_{14} = 3.652$	$d_{14} = \text{可变}$		
[0876]	$r_{15} = 14.723$ (AS)	$d_{15} = 2.07$	$n_{d8} = 1.74330$	$v_{d8} = 49.33$
[0877]	$r_{16} = -65.589$	$d_{16} = \text{可变}$		
[0878]	$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 0.40$	$n_{d9} = 1.54771$	$v_{d9} = 62.84$
[0879]	$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 0.50$		
[0880]	$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.50$	$n_{d10} = 1.51633$	$v_{d10} = 64.14$
[0881]	$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 0.35$		
[0882]	$r_{21} = \infty$ (I)			
[0883]	非球面系数			
[0884]	第 4 面			
[0885]	$R = -78.668$			
[0886]	$K = 0.000$			
[0887]	$A_4 = 1.24220\text{e-}05$	$A_6 = 2.39631\text{e-}08$	$A_8 = -6.58210\text{e-}10$	
[0888]	$A_{10} = 3.80349\text{e-}12$			
[0889]	第 5 面			
[0890]	$R = -25.718$			
[0891]	$K = 0.004$			
[0892]	$A_4 = 4.03510\text{e-}04$	$A_6 = -1.13800\text{e-}05$	$A_8 = 1.76519\text{e-}07$	
[0893]	$A_{10} = -9.01353\text{e-}10$			
[0894]	第 6 面			
[0895]	$R = 5.522$			
[0896]	$K = -0.098$			
[0897]	$A_4 = -1.95478\text{e-}04$	$A_6 = 1.65430\text{e-}05$	$A_8 = -2.04581\text{e-}06$	
[0898]	$A_{10} = 3.13050\text{e-}08$			
[0899]	第 10 面			
[0900]	$R = 5.426$			
[0901]	$K = -0.062$			
[0902]	$A_4 = -7.09426\text{e-}04$	$A_6 = 1.45894\text{e-}05$	$A_8 = -1.51869\text{e-}06$	
[0903]	$A_{10} = 3.20154\text{e-}07$			
[0904]	第 11 面			
[0905]	$R = -11.325$			
[0906]	$K = 0.000$			
[0907]	$A_4 = 7.97676\text{e-}04$	$A_6 = 3.43174\text{e-}05$	$A_8 = -2.71403\text{e-}06$	
[0908]	$A_{10} = 4.90147\text{e-}07$			

[0909]	第 15 面			
[0910]	$R = 14.723$			
[0911]	$K = 0.000$			
[0912]	$A_4 = -3.54230e-05$	$A_6 = 1.63624e-05$	$A_8 = -6.04370e-07$	
[0913]	$A_{10} = 9.12960e-09$			
[0914]	变焦数据 ( $\infty$ )			
[0915]	WE	ST	TE	
[0916]	f (mm)	5.06	11.98	24.27
[0917]	$F_{N0}$	3.16	4.67	5.05
[0918]	$2\omega (^{\circ})$	80.53	35.52	17.46
[0919]	$d_4$	0.64	4.47	15.72
[0920]	$d_8$	11.04	3.51	1.29
[0921]	$d_{14}$	2.77	8.06	8.79
[0922]	$d_{16}$	2.60	3.16	2.95
[0923]	实施例 9			
[0924]	$r_1 = 99.053$	$d_1 = 0.80$	$n_{d1} = 2.00170$	$v_{d1} = 20.64$
[0925]	$r_2 = 36.640$	$d_2 = 0.10$		
[0926]	$r_3 = 23.602$	$d_3 = 2.72$	$n_{d2} = 1.76802$	$v_{d2} = 49.24$
[0927]	$r_4 = -61.570$ (AS)	$d_4 =$ 可变		
[0928]	$r_5 = -18.955$ (AS)	$d_5 = 0.84$	$n_{d3} = 1.81600$	$v_{d3} = 46.62$
[0929]	$r_6 = 6.082$ (AS)	$d_6 = 2.15$		
[0930]	$r_7 = 15.037$	$d_7 = 1.72$	$n_{d4} = 2.10227$	$v_{d4} = 17.10$
[0931]	$r_8 = 42.000$	$d_8 =$ 可变		
[0932]	$r_9 = \infty$ (S)	$d_9 = 0.10$		
[0933]	$r_{10} = 4.594$ (AS)	$d_{10} = 2.61$	$n_{d5} = 1.58913$	$v_{d5} = 61.14$
[0934]	$r_{11} = -14.782$ (AS)	$d_{11} = 0.10$		
[0935]	$r_{12} = 7.013$	$d_{12} = 1.29$	$n_{d6} = 1.67790$	$v_{d6} = 50.72$
[0936]	$r_{13} = 35.080$	$d_{13} = 0.80$	$n_{d7} = 2.00069$	$v_{d7} = 25.46$
[0937]	$r_{14} = 3.735$	$d_{14} =$ 可变		
[0938]	$r_{15} = 14.317$ (AS)	$d_{15} = 2.07$	$n_{d8} = 1.74330$	$v_{d8} = 49.33$
[0939]	$r_{16} = -56.567$	$d_{16} =$ 可变		
[0940]	$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 0.40$	$n_{d9} = 1.54771$	$v_{d9} = 62.84$
[0941]	$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 0.50$		
[0942]	$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.50$	$n_{d10} = 1.51633$	$v_{d10} = 64.14$
[0943]	$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 0.37$		
[0944]	$r_{21} = \infty$ (I)			
[0945]	非球面系数			
[0946]	第 4 面			
[0947]	$R = -61.570$			

[0948]	$K = 0.000$			
[0949]	$A_4 = 1.41315e-05$	$A_6 = 4.18374e-08$	$A_8 = -9.02777e-10$	
[0950]	$A_{10} = 4.86502e-12$			
[0951]	第 5 面			
[0952]	$R = -18.955$			
[0953]	$K = 0.005$			
[0954]	$A_4 = 4.04887e-04$	$A_6 = -6.53532e-06$	$A_8 = 6.53892e-08$	
[0955]	$A_{10} = -1.64331e-10$			
[0956]	第 6 面			
[0957]	$R = 6.082$			
[0958]	$K = -0.124$			
[0959]	$A_4 = -1.71542e-04$	$A_6 = 1.45171e-05$	$A_8 = -1.17570e-06$	
[0960]	$A_{10} = 1.72357e-08$			
[0961]	第 10 面			
[0962]	$R = 4.594$			
[0963]	$K = -0.078$			
[0964]	$A_4 = -3.30111e-04$	$A_6 = 4.86037e-05$	$A_8 = 3.10752e-06$	
[0965]	$A_{10} = 9.98370e-07$			
[0966]	第 11 面			
[0967]	$R = -14.782$			
[0968]	$K = 0.000$			
[0969]	$A_4 = 1.89564e-03$	$A_6 = 1.06499e-04$	$A_8 = 6.77189e-06$	
[0970]	$A_{10} = 2.31800e-06$			
[0971]	第 15 面			
[0972]	$R = 14.317$			
[0973]	$K = 0.000$			
[0974]	$A_4 = -7.77744e-05$	$A_6 = 1.98878e-05$	$A_8 = -7.24814e-07$	
[0975]	$A_{10} = 9.65808e-09$			
[0976]	变焦数据 ( $\infty$ )			
[0977]		WE	ST	TE
[0978]	f (mm)	5.06	11.89	24.27
[0979]	$F_{No}$	3.37	4.92	4.99
[0980]	$2\omega$ ( $^\circ$ )	81.17	35.94	17.43
[0981]	$d_4$	0.67	4.57	15.91
[0982]	$d_8$	12.76	4.53	1.15
[0983]	$d_{14}$	2.81	8.30	8.66
[0984]	$d_{16}$	2.67	3.09	2.96

[0985] 图 10A 到图 18C 表示实施例 1 到 9 的无限远物点对焦时的像差图。在这些图中，图 10A、11A、12A、... 表示广角端的球面像差 (SA)、像散 (FC)、失真像差 (DT) 和倍率色像

差 (CC) ;图 10B、11B、12B、... 表示中间状态的球面像差 (SA)、像散 (FC)、失真像差 (DT) 和倍率色像差 (CC) ;图 10C、11C、12C、... 表示望远端的球面像差 (SA)、像散 (FC)、失真像差 (DT) 和倍率色像差 (CC)。各图中“FIY”为最大像高度。

[0986] 各实施例中的条件的值如下。

[0987]

条件 \ 实施例	1	2	3	4	5
(1A) $n_{d2p}$	1.92286	1.92286	1.92286	2.0017	1.94595
(2A) $v_{d2p}$	18.90	18.90	18.90	20.64	17.98
(A) $ f_{1n}  / f_t$	2.697	1.579	1.367	2.042	2.425
(B) $ f_{2n}  / f_t$	0.162	0.163	0.166	0.148	0.209
(C) $ f_{1n}  /  f_{2n} $	16.63	9.67	8.26	13.84	11.59
(D) $ f_{1n}  /  f_{1p} $	3.368	2.421	2.363	3.053	2.616
(3A) $SF_{2p}$	-1.955	-2.593	-2.667	-2.542	-1.902
(4A) $ f_2 / f_t $	0.273	0.266	0.270	0.255	0.351
(5A) $n_{d2n}$	1.88300	1.80495	1.80495	1.80495	1.88300
(6A) $v_{d2n}$	40.76	40.9	40.9	40.9	40.76
(7A) $SF_{2n}$	0.663	0.568	0.624	0.616	0.602
(8A) $( ASP_{2nf}  +  ASP_{2nr} ) / f_w$	0.054	0.059	0.057	0.090	0.131
(9A) $L_{1np} / L_1$	0.079	—	0.095	0.077	0.028
(10A) $f_1 / f_t$	1.161	1.145	1.010	1.021	1.492
(11A) $f_3 / f_t$	0.326	0.314	0.333	0.328	0.381
(12A) $f_4 / f_t$	0.586	0.539	0.490	0.502	0.594
(13A) $f_t / f_w$	4.810	4.800	4.847	4.781	4.791
(1B) $n_{d2n}$	1.88300	1.80495	1.80495	1.80495	1.88300
(2B) $v_{d2n}$	40.76	40.9	40.9	40.9	40.76

[0988]

条件 \ 实施例	6	7	8	9
(1A) $n_{d2p}$	1.94595	2.10226	1.94595	2.10226
(2A) $v_{d2p}$	17.98	17.10	17.98	17.1
(A) $ f_{1n}  / f_t$	2.449	2.486	2.438	2.407
(B) $ f_{2n}  / f_t$	0.217	0.212	0.209	0.229
(C) $ f_{1n}  /  f_{2n} $	11.30	11.70	11.64	10.51
(D) $ f_{1n}  /  f_{1p} $	2.634	2.658	2.600	2.594
(3A) $SF_{2p}$	-2.243	-1.935	-2.181	-2.115
(4A) $ f_2 / f_t $	0.348	0.353	0.349	0.357
(5A) $n_{d2n}$	1.83481	1.88300	1.88300	1.81600
(6A) $v_{d2n}$	42.71	40.76	40.76	46.62
(7A) $SF_{2n}$	0.588	0.555	0.646	0.5142
(8A) $( ASP_{2nf}  +  ASP_{2nr} ) / f_w$	0.150	0.124	0.108	0.1180
(9A) $L_{1np} / L_1$	0.027	0.028	0.029	0.028
(10A) $f_1 / f_t$	1.495	1.489	1.523	1.4984
(11A) $f_3 / f_t$	0.379	0.384	0.375	0.3870
(12A) $f_4 / f_t$	0.599	0.563	0.574	0.5459
(13A) $f_t / f_w$	4.800	4.794	4.793	4.7947
(1B) $n_{d2n}$	1.83481	1.88300	1.88300	1.81600
(2B) $v_{d2n}$	42.71	40.76	40.76	46.62

[0989] 在各实施例中,实现了考虑到易于使相机变薄的具有 5 倍左右的高倍率变更比的变焦镜头光学系统。而且能良好地维持所拍摄的像的画质,适用于 CCD 或 CMOS 等电子摄像元件。并且实现了降低了构成变焦镜头的透镜个数的变焦镜头光学系统。通过这些结构,可以在不损害相机的便携性的情况下满足用户希望相比以往拓宽摄影区域的要求。

[0990] 而且各实施例中,如果设置与亮度光圈一体移动的快门单元,则快门单元不必很大型,使亮度光圈和快门单元移动时的无感区很小即可。

[0991] 而且为了截止叠影、眩光等不需要的光,还可以在亮度光圈之外设置眩光光圈。眩光光圈可以配置在第 1 透镜组的物体侧、第 1 透镜组和第 2 透镜组之间、第 2 透镜组和第 3 透镜组之间、第 3 透镜组和第 4 透镜组之间、第 4 透镜组和像面之间中的任一部位上。既可以构成用框部件来去除眩光光线,又可以设置其他部件。另外还可以直接在光学系统上印刷或进行涂装、或粘接密封件等。而且眩光光圈的形状可以是由圆形、椭圆形、矩形、多边形、函数曲线所包围的范围等任何形状。而且不仅可以去除有害光束,还可以去除画面周围的彗形眩光等的光束。

[0992] 而且也可以对各透镜进行反射防止涂层,减轻叠影、眩光。优选使用多层涂层,其可以有效地减轻叠影、眩光。还可以在透镜面、玻璃罩等上进行红外线截止涂层。

[0993] 另外,为了防止产生叠影、眩光,一般对透镜的空气接触面进行反射防止涂层(anti-reflection coating)。另一方面,在接合透镜的接合面上,粘结材料的折射率比空气的折射率大得多。因此大多数情况下原本与单层涂层的折射率一样或者低于单层涂层的折射率,很少特意进行反射防止涂层。

[0994] 但如果也对接合面积积极地施以反射防止涂层,则可以减轻叠影、眩光,并获得良好的图像。特别是最近正在普及高折射率的硝材料,其在像差校正上的效果好,因而多用于相机光学系统,但将高折射率的硝材料用作接合透镜的情况下,也不能忽视接合面上的反射。这种情况下,事先在接合面上施以反射防止涂层是很有效的。

[0995] 关于接合面涂层的有效使用方法,在日本特开平 2-27301 号、日本特开 2001-324676 号、日本特开 2005-92115 号、USP7116482 号等中已经公开。在这些文献中特别说明了设置在正先行(positive-lead type)变焦镜头的第 1 透镜组内的接合透镜的接合面上的涂布层,关于本发明的正放大率的第 1 透镜组内的接合透镜面,如这些文献所公开的内容进行实施即可。作为使用的涂层材料,根据作为基板的透镜的折射率和粘结材料的折射率适当选择较高折射率的  $Ta_2O_5$ 、 $TiO_2$ 、 $Nb_2O_5$ 、 $ZrO_2$ 、 $HfO_2$ 、 $CeO_2$ 、 $SnO_2$ 、 $In_2O_3$ 、 $ZnO$ 、 $Y_2O_3$  等、较低折射率的  $MgF_2$ 、 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$  等,设定为满足相位条件的膜厚即可。

[0996] 对透镜的空气接触面的涂层同样可以用多层涂层进行接合面涂层。通过适当组合 2 层或 2 层以上的涂层材料和膜厚,从而可以进一步降低反射率、进行反射率的分光特性/角度特性等的控制等。而且也可以根据同样的思想对第 1 透镜组之外的透镜接合面进行接合面涂层。

[0997] 而且优选通过第 4 透镜组的移动进行对焦。如果用第 4 透镜组进行对焦,则由于透镜重量较轻而施加给电动机的负荷较少。进而,由于对焦时变焦镜头的全长既不会发生变化,也能够镜头镜筒内部配置驱动电动机,所以对镜头镜筒的小型化是有利的。

[0998] 还可以在第 1、第 2 或者第 3 透镜组中进行对焦。还可以移动多个透镜组来进行对焦。而且也可以送出镜头系统整体来进行对焦,还可以使一部分镜头移动来进行对焦。

[0999] 还可以通过使设置于 CCD 图像传感器中的微型透镜移位来减轻图像周围部的亮度的阴影。例如还可以按照各像高度上的光线的入射角来改变设置于 CCD 图像传感器中的微型透镜的设计。也可以通过图像处理来校正图像周围部的下降量。

[1000] 而且还可以有意地在光学系统中产生失真像差,在拍摄之后进行电图像处理来校正失真。

[1001] 如果对 RGB 的各自的色彩的图像独立地进行失真像差和倍率的校正,则也可以同时对倍率色像差进行电校正。

[1002] 图 19 到图 21 是应用了本发明的变焦镜头的数字相机的结构的概念图。图 19 是表示数字相机的外观的前方立体图,图 20 是图 19 的数字相机的背面图,图 21 是图 19 的数字相机的截面示意图。在图 19 和图 21 中,表示出摄影光学系统在非伸缩时的状态。

[1003] 数字相机 140 具有:具有摄影用光路 142 的摄影光学系统 141、具有取景器用光路 144 的取景器光学系统 143、快门释放按钮 145、闪光灯 146、液晶显示监视器 147、焦距变更按钮 161、设定变更开关 162 等。在摄影光学系统 141 的伸缩时,通过滑动罩 160 从而用罩 160 覆盖摄影光学系统 141、取景器光学系统 143 以及闪光灯 146。如果打开罩 160 把相机 140 设定成为摄影状态,则摄影光学系统 141 成为图 21 所示的非伸缩状态。如果按压配置在相机 140 的上部的快门释放按钮 145,则与其连动通过摄影光学系统 141 进行摄影。在图 21 的例子中,使用实施例 1 的变焦镜头作为摄影光学系统 141。利用摄影光学系统 141,所拍摄的物体的像通过设置有波长区域限制涂层的低通滤波器 F 和玻璃罩 C 而在 CCD 图像传感器 149 的摄像面上形成。由 CCD 图像传感器 149 接收的物体像被转换为电信号,经由处理单元 151 而作为电子图像显示在设置于相机背面上的液晶显示监视器 147 上。而且,处理单元 151 上连接有记录单元 152,其可以记录所拍摄的电子图像。该记录单元 152 既可以与处理单元 151 一体设置,又可以单独设置。作为记录单元 152,可以使用硬盘驱动器(HDD)、存储卡、DVD 等。

[1004] 在取景器用光路 144 上配置有取景器用物镜光学系统 153。取景器用物镜光学系统 153 由多个透镜组(图中为 3 个透镜组)和 2 个棱镜构成,为与摄影光学系统 141 的变焦连动地改变焦距的变焦光学系统。通过取景器用物镜光学系统 153,在作为像正立部件(image erecting member)的正立棱镜 155 的视野框 157 上形成物体像。在正立棱镜 155 的后方配置有将正立的物体像引导到观察者的眼球 E 的目镜光学系统 159。在目镜光学系统 159 的射出侧配置有罩部件 150。

[1005] 这样构成的数字相机 140 使用本发明的变焦镜头作为摄影光学系统 141。因此在伸缩时的厚度极小,具有高倍率变更比,而且在整个变更倍率区域内的成像性能都很稳定。所以能够实现相机的高性能化、小型化和广角化。

[1006] 通过本发明可以实现考虑到易于使相机变薄的具有 5 倍左右的高倍率变更比的能形成良好画质的像的变焦镜头。该变焦镜头还适用于与 CCD 图像传感器或 CMOS 类型图像传感器等电子摄像元件组合使用。

[1007] 并且还能够提供使用了该变焦镜头的电子摄像装置。

[1008] 显而易见,关于上述发明,可能有不同形式的变化。这样的变化不应被视为脱离了本发明的精神和范围。需要强调的是,对本发明的范围的定义应由后附的权利要求书及其等同体来体现。所有对于本领域一般技术人员而言显而易见的变更都包含在后附的权利要求书范围内。

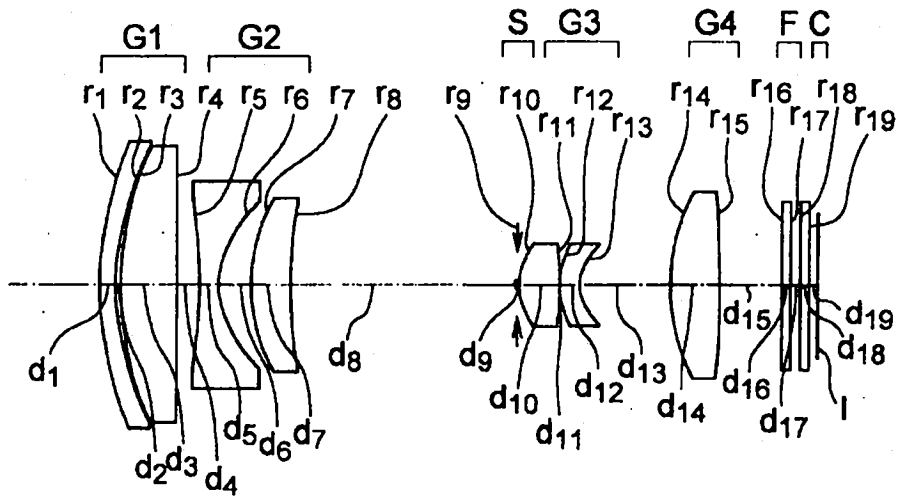


图 1A

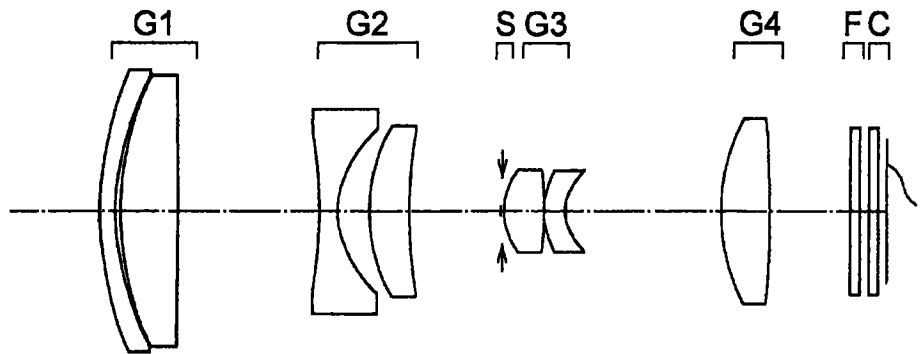


图 1B

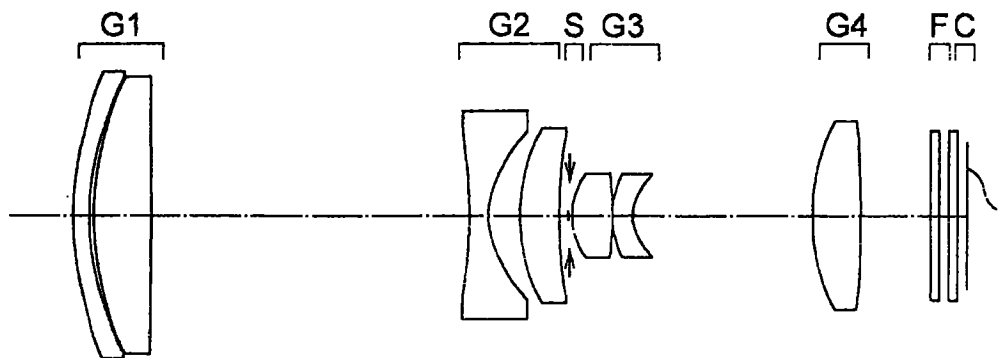


图 1C

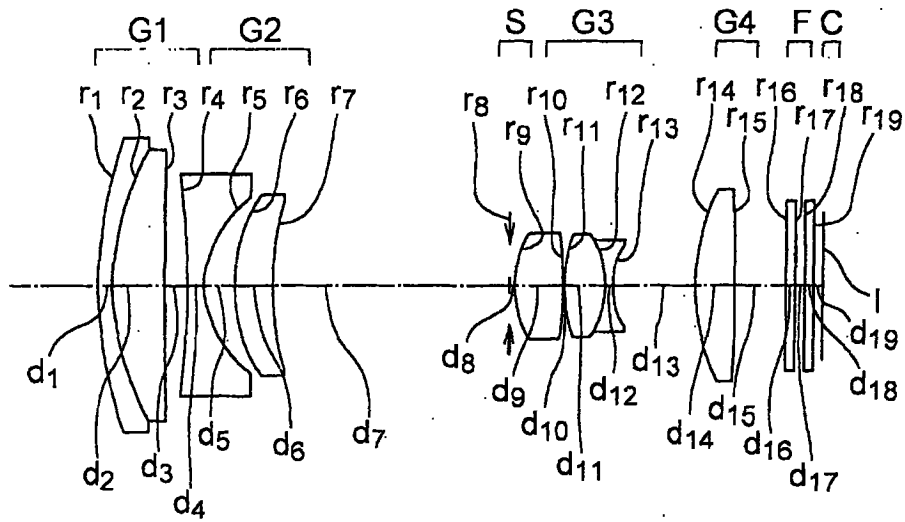


图 2A

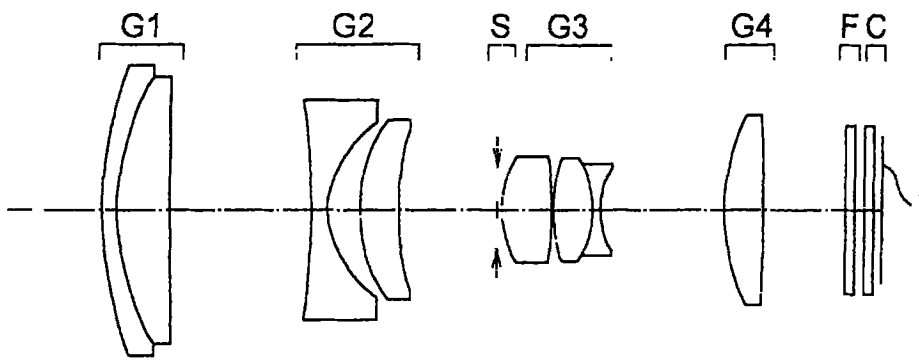


图 2B

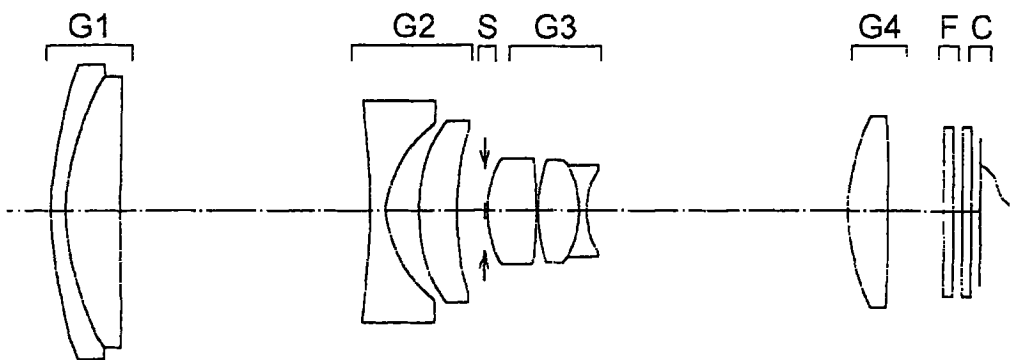


图 2C

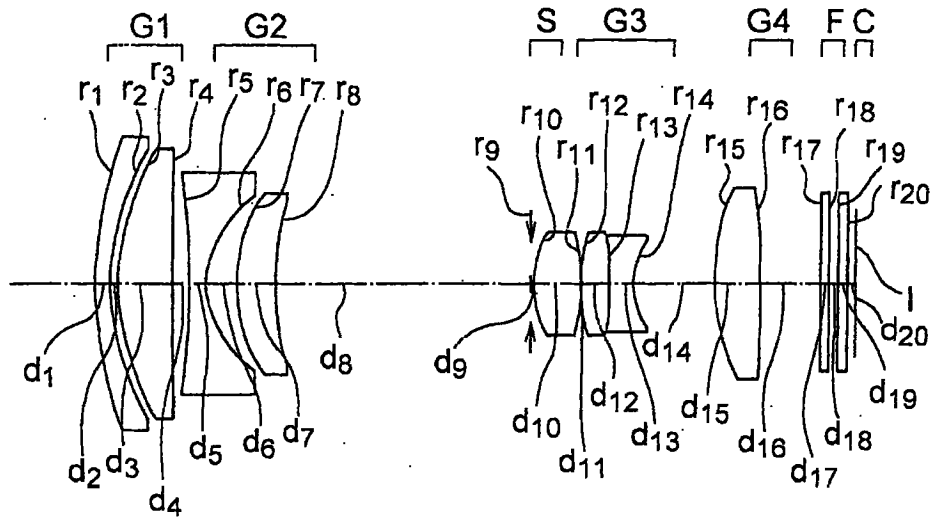


图 3A

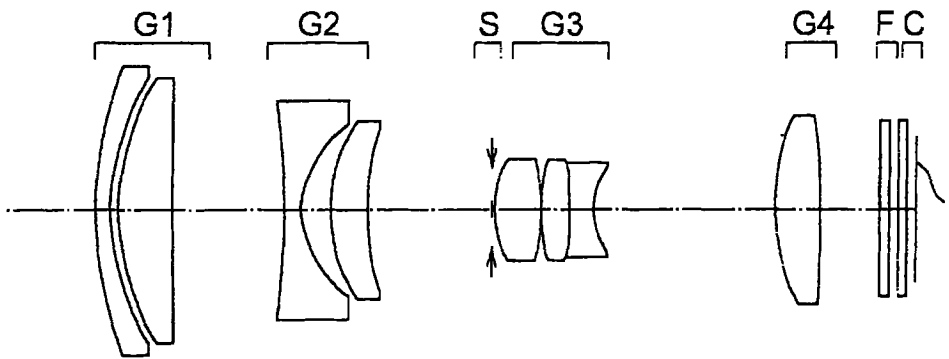


图 3B

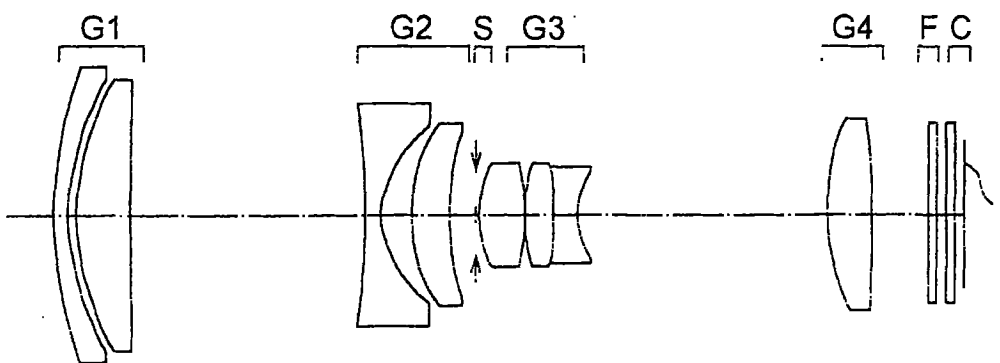


图 3C

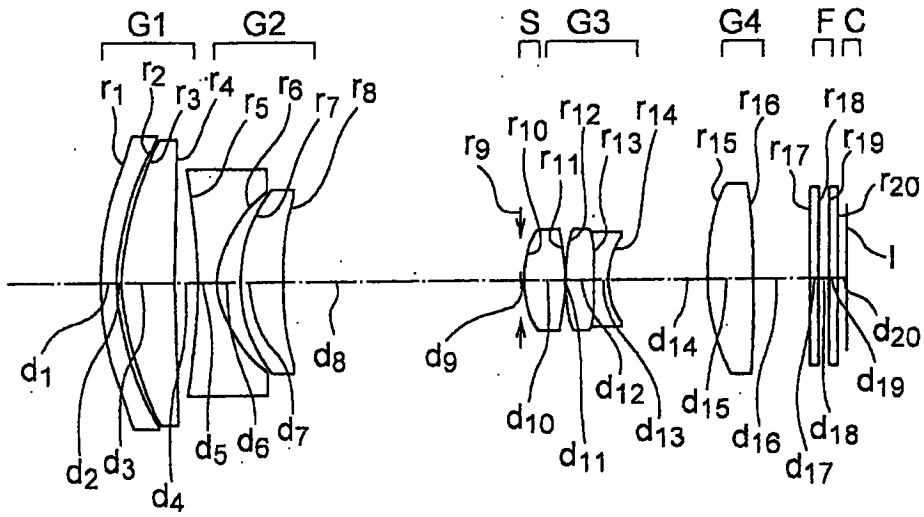


图 4A

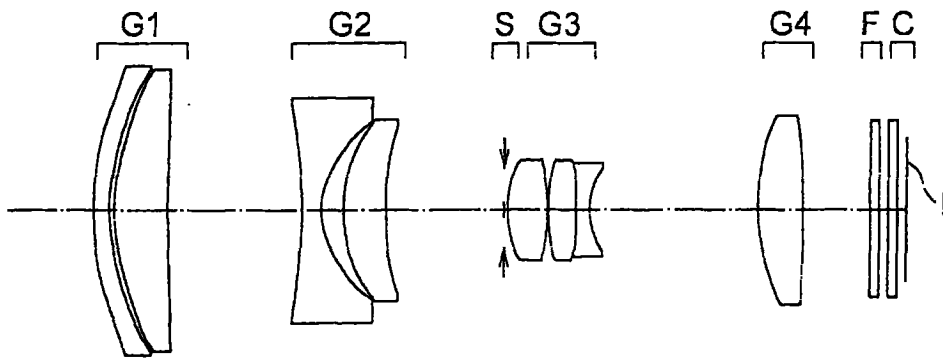


图 4B

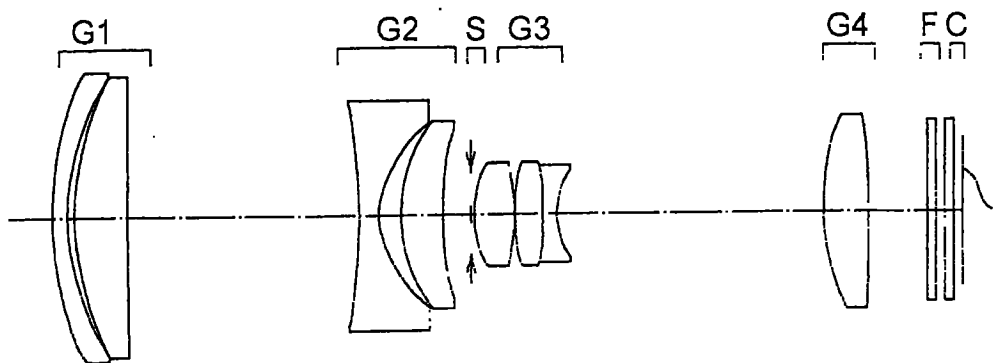


图 4C

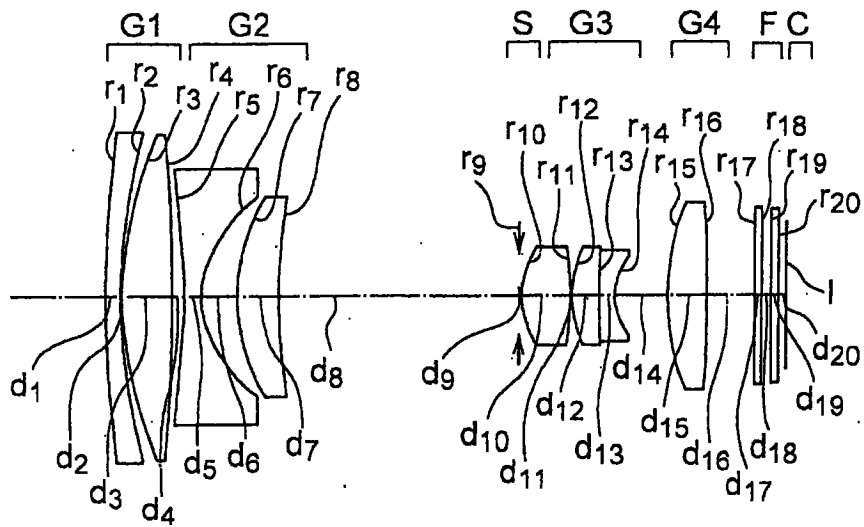


图 5A

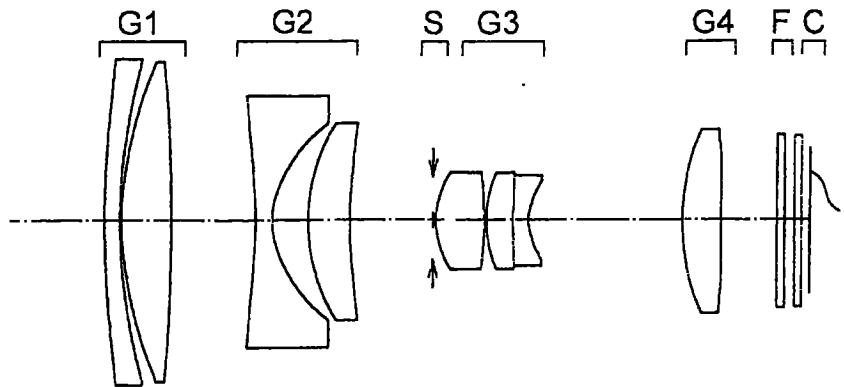


图 5B

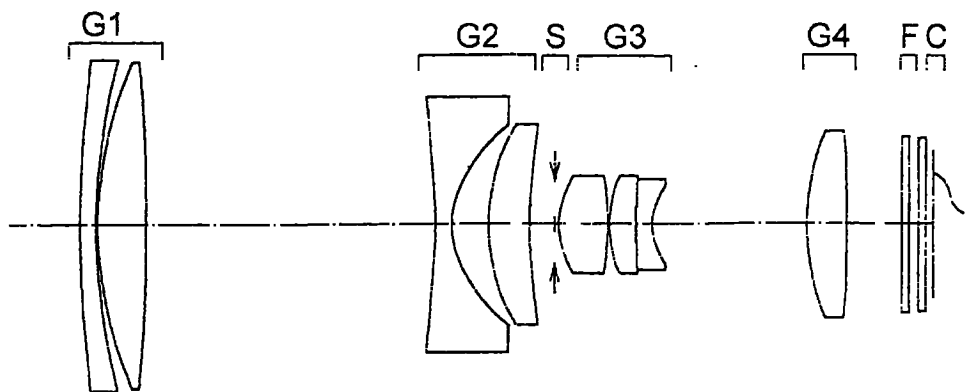


图 5C

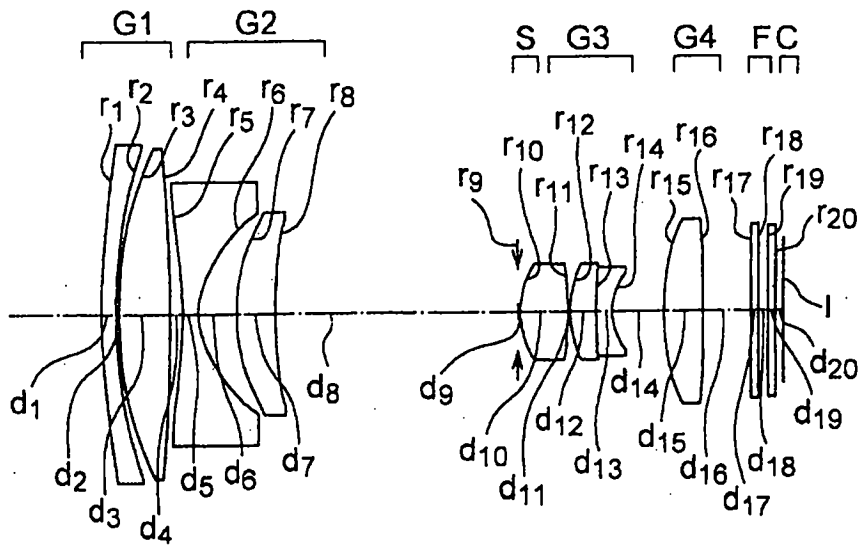


图 6A

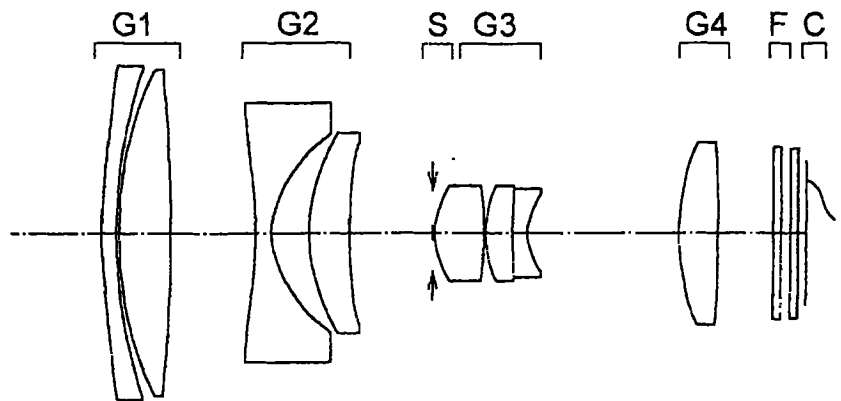


图 6B

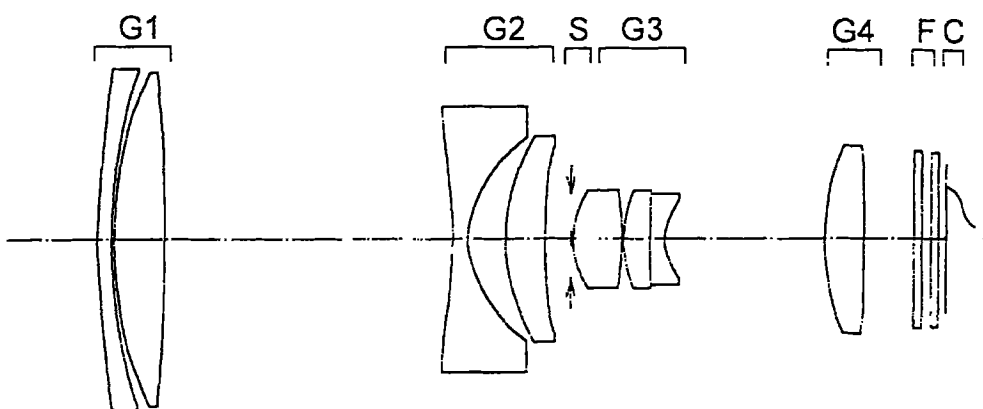


图 6C

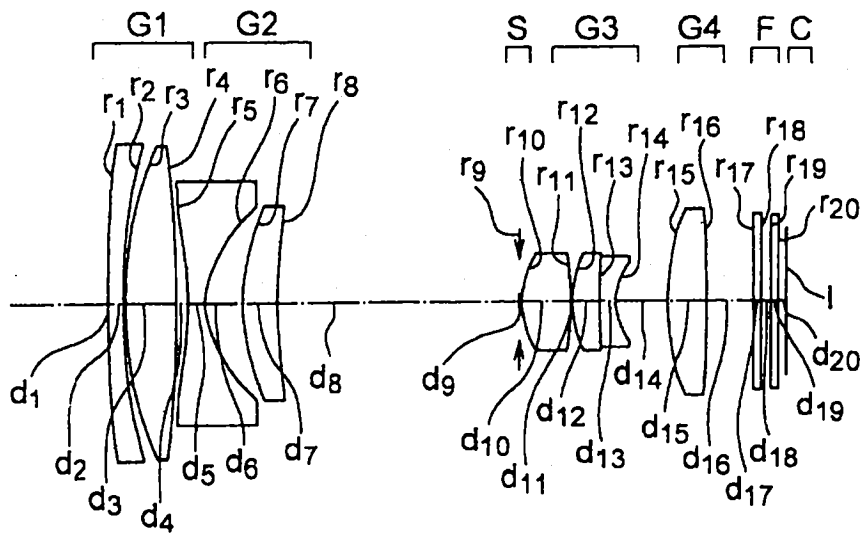


图 7A

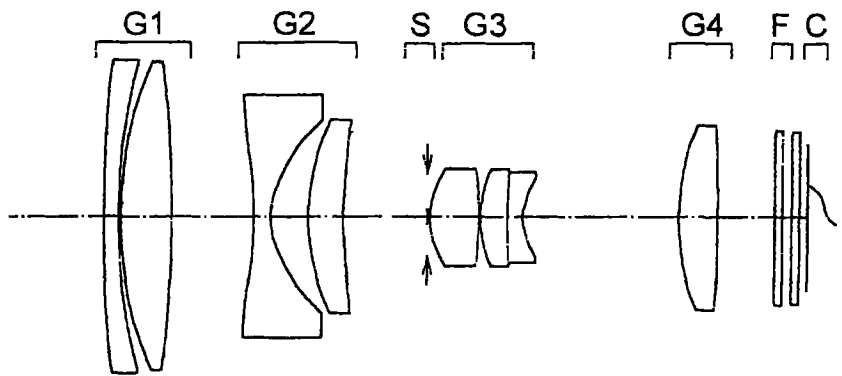


图 7B

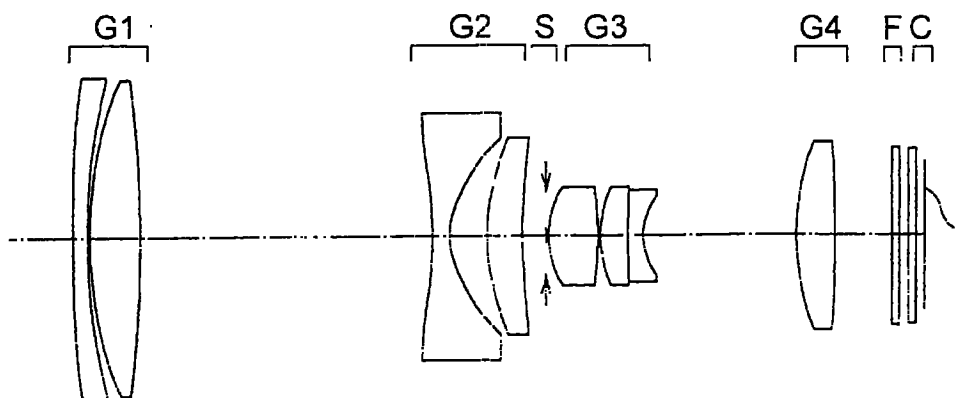


图 7C

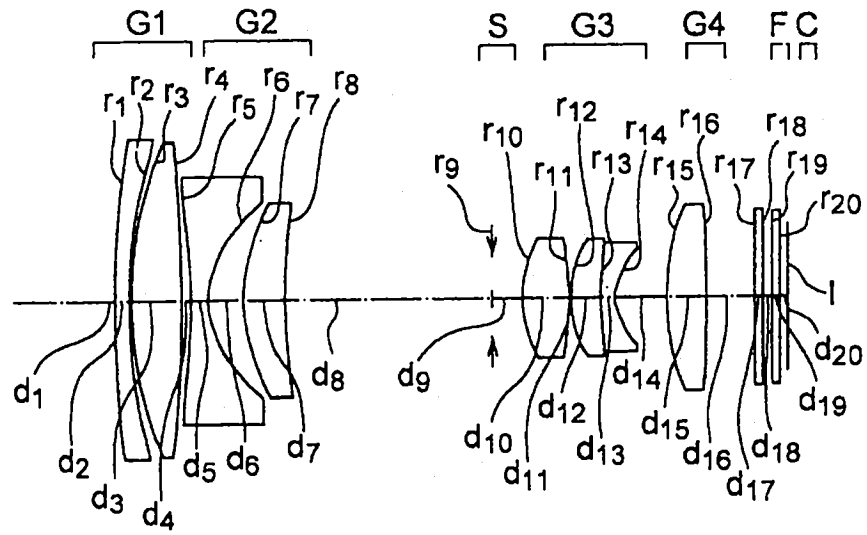


图 8A

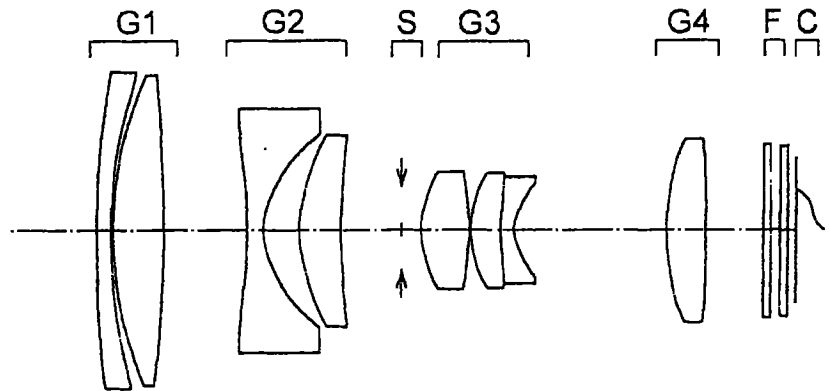


图 8B

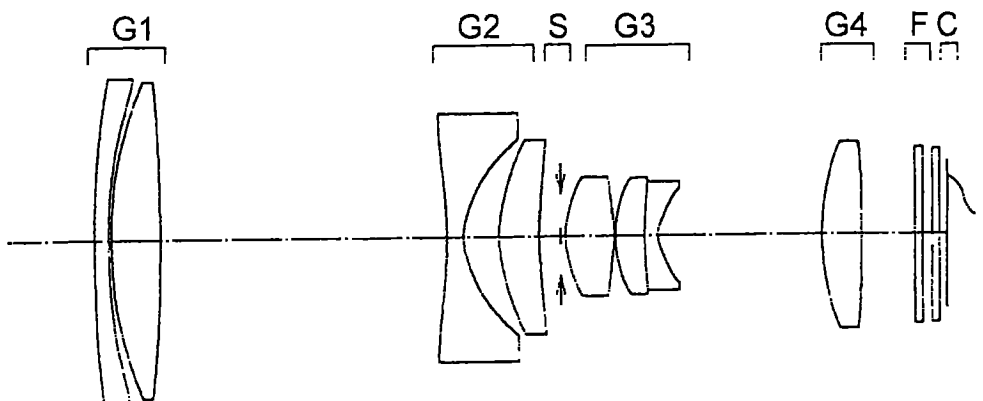


图 8C

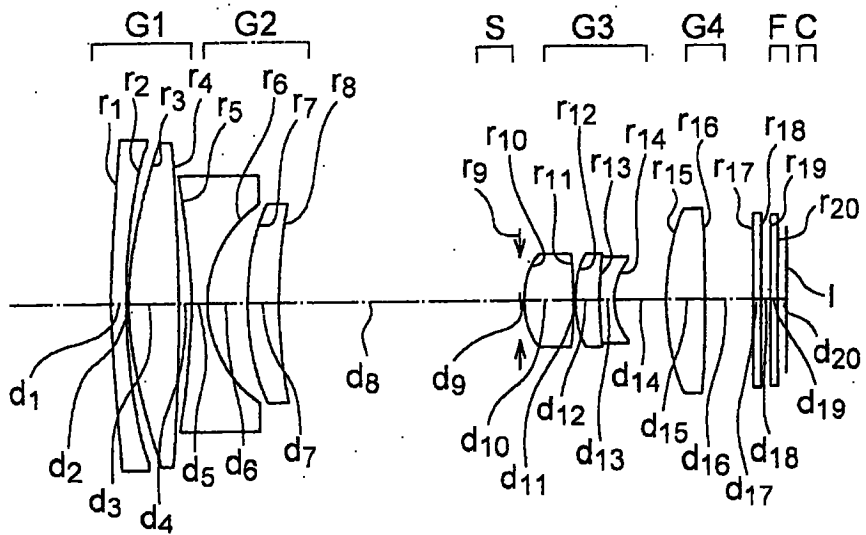


图 9A

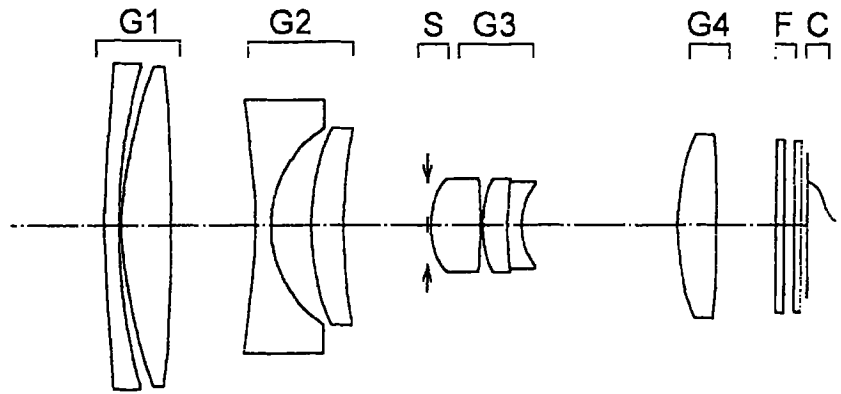


图 9B

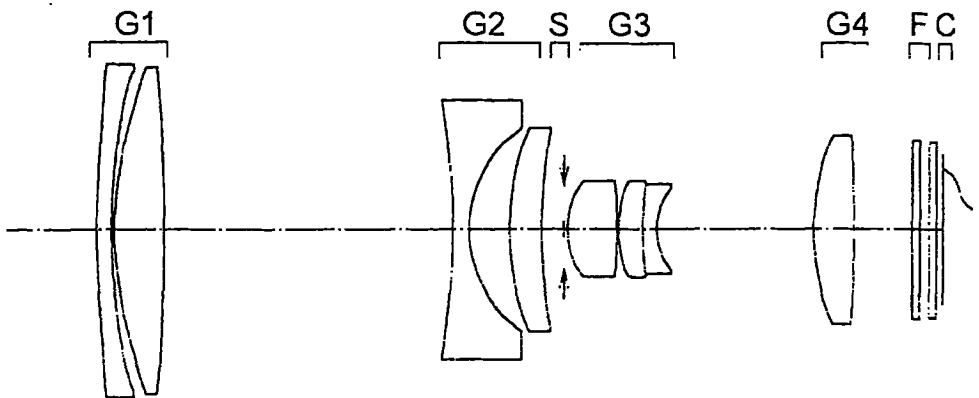


图 9C

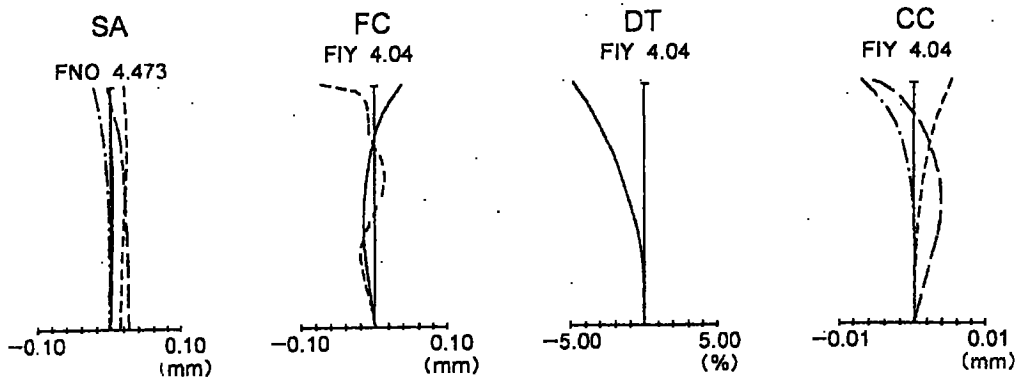


图 10A

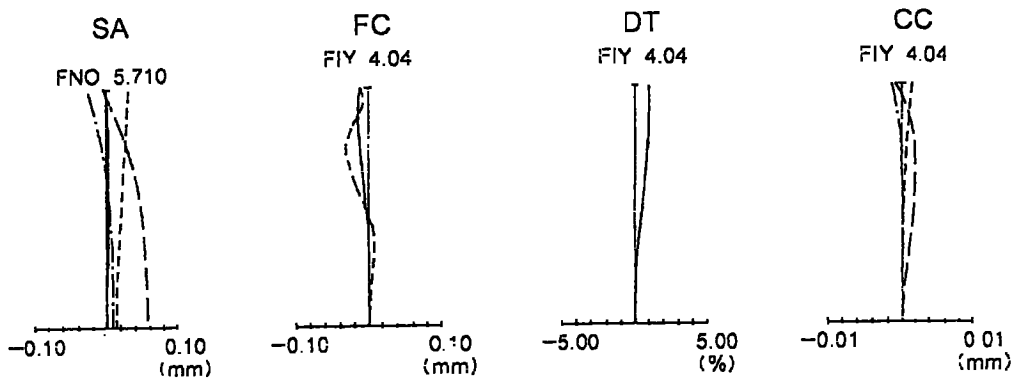


图 10B

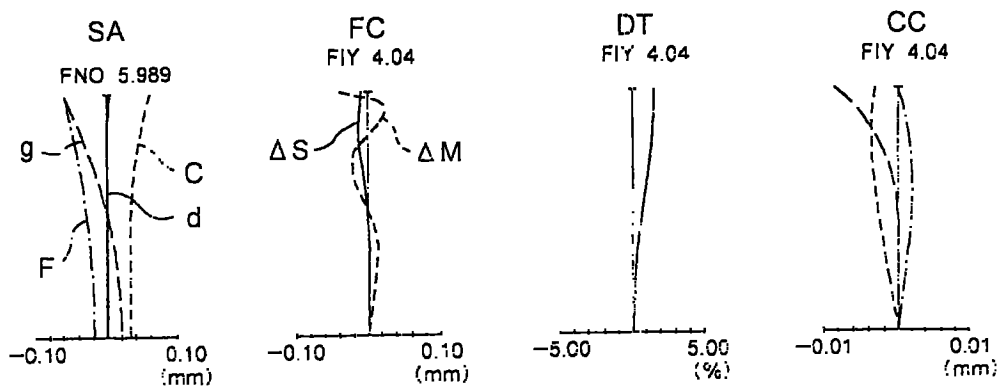


图 10C

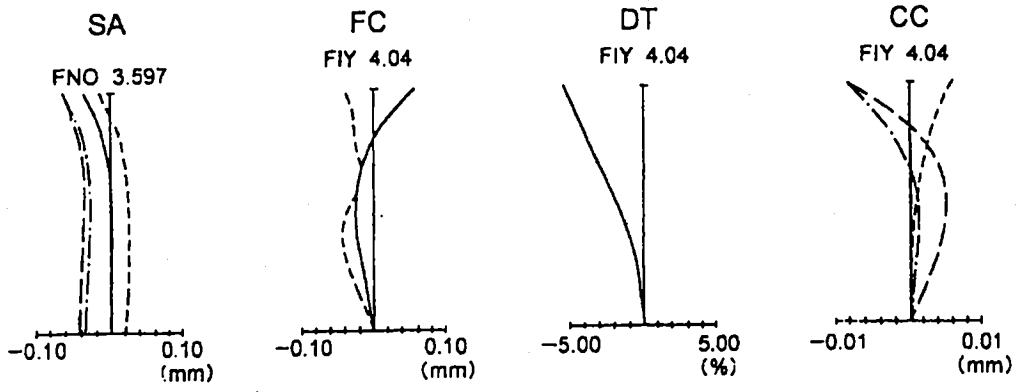


图 11A

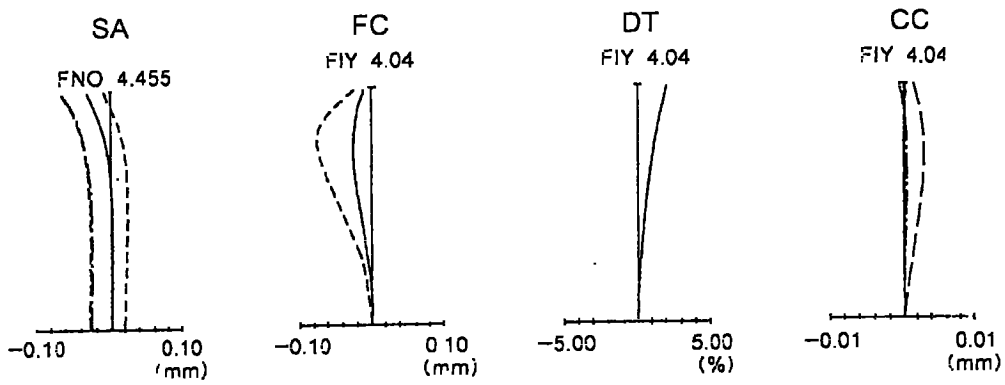


图 11B

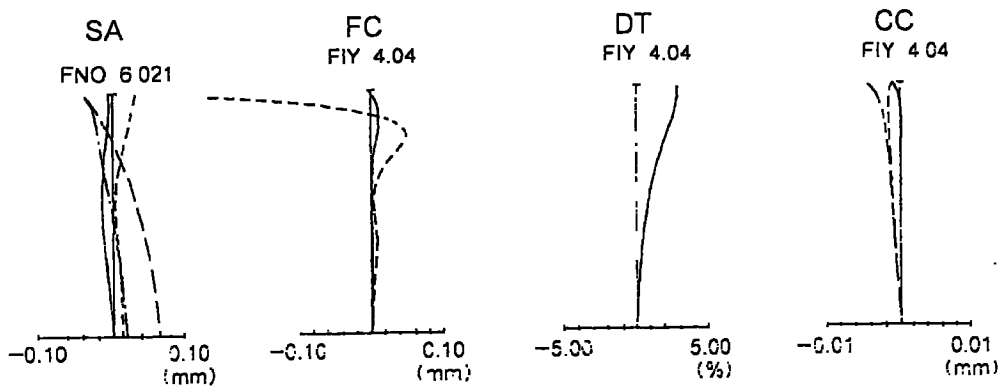


图 11C

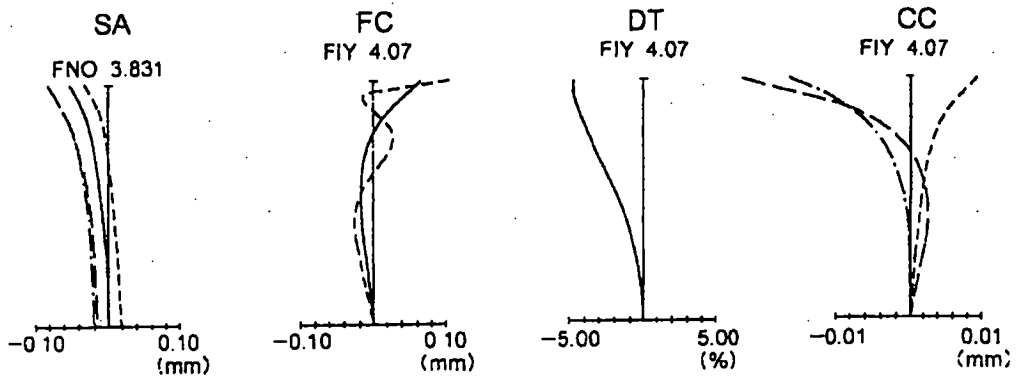


图 12A

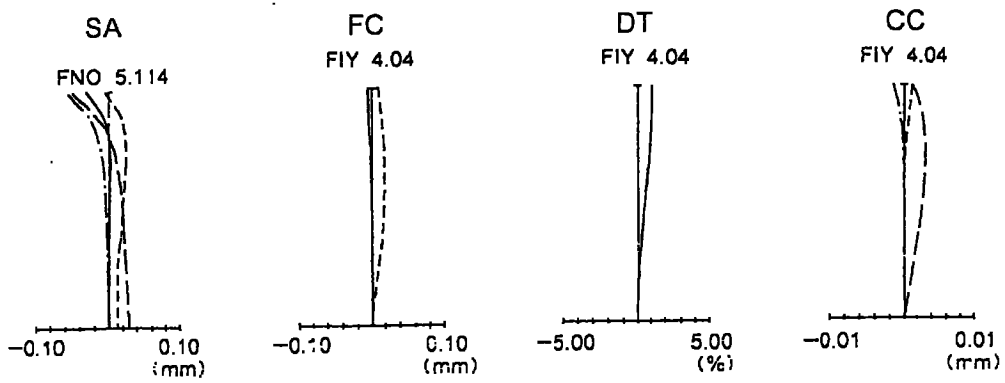


图 12B

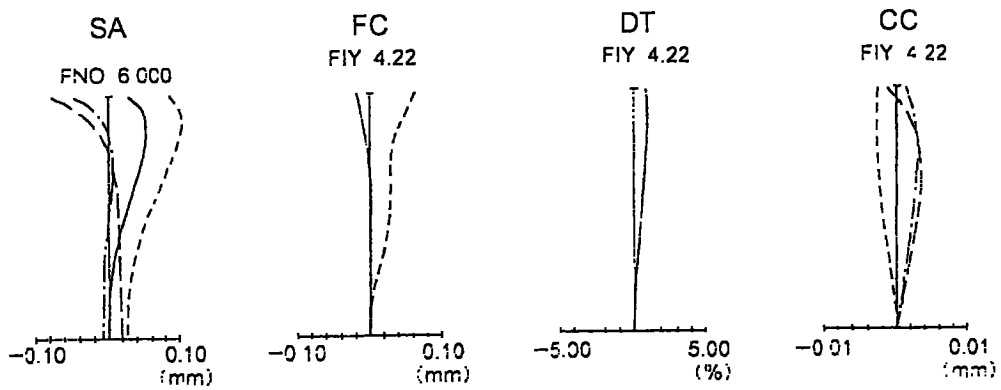


图 12C

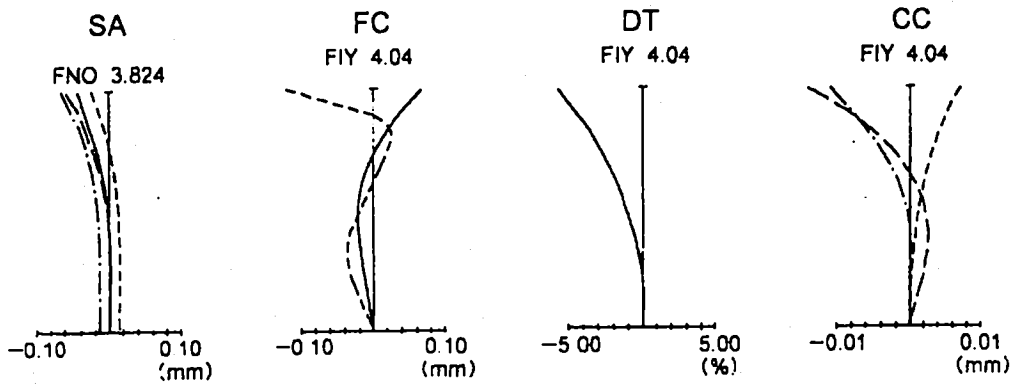


图 13A

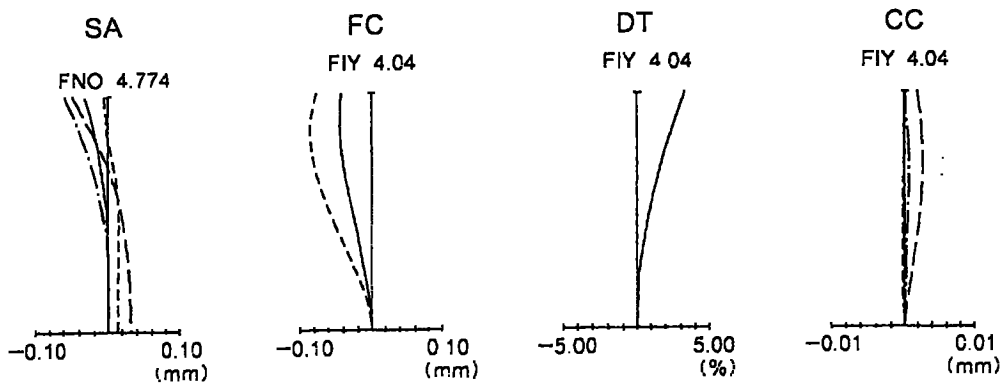


图 13B

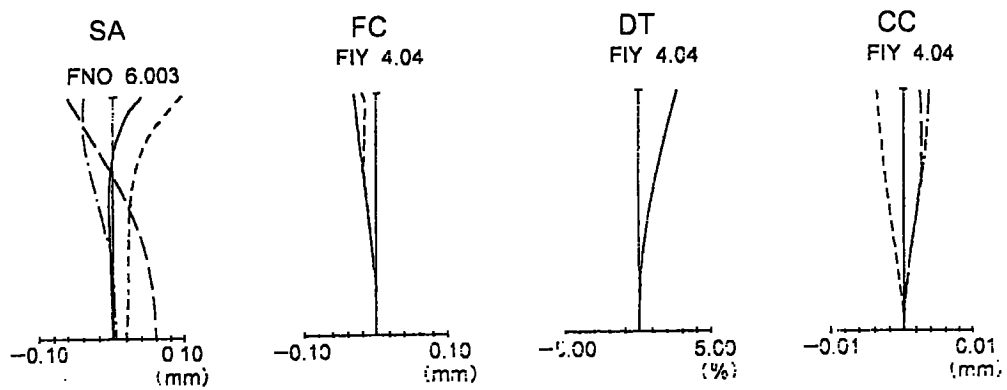


图 13C

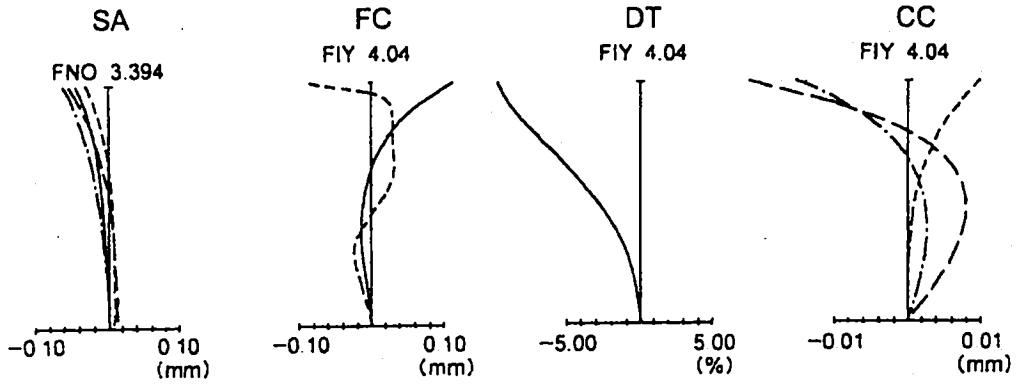


图 14A

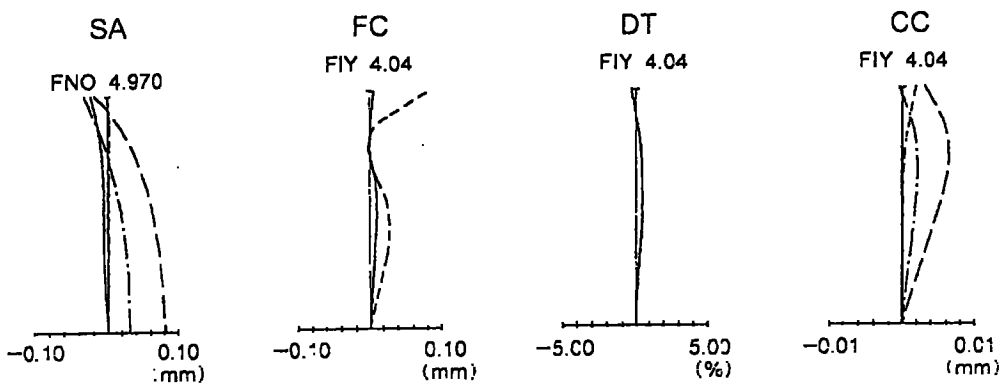


图 14B

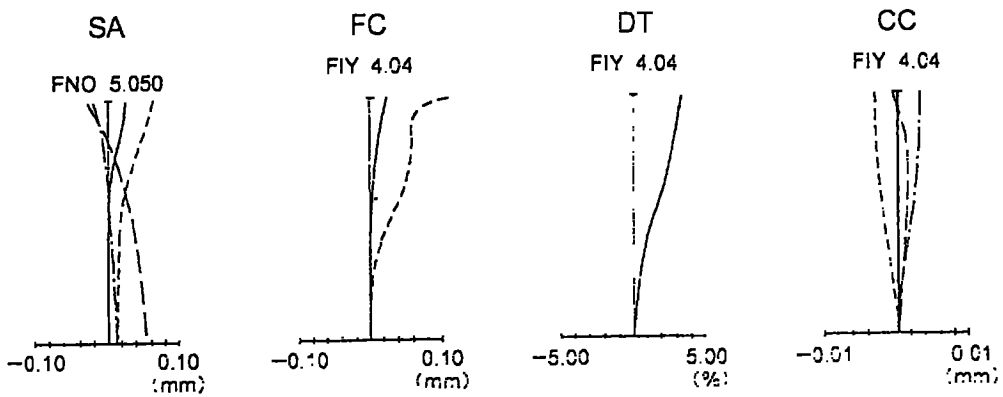


图 14C

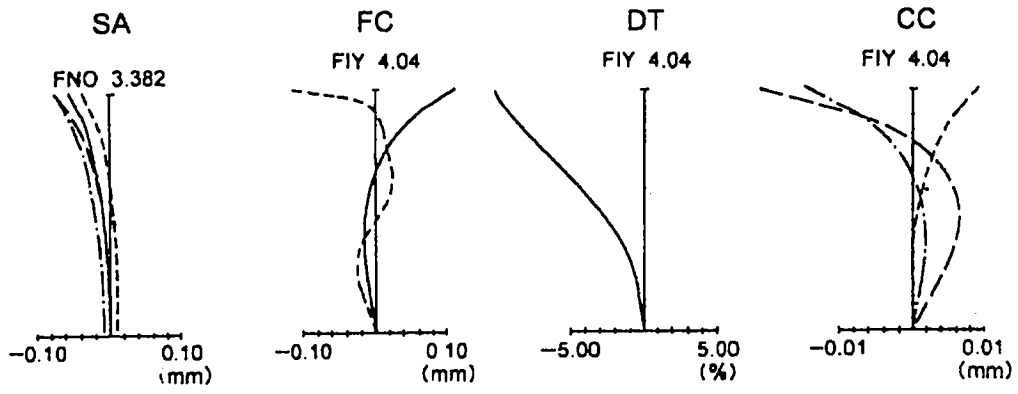


图 15A

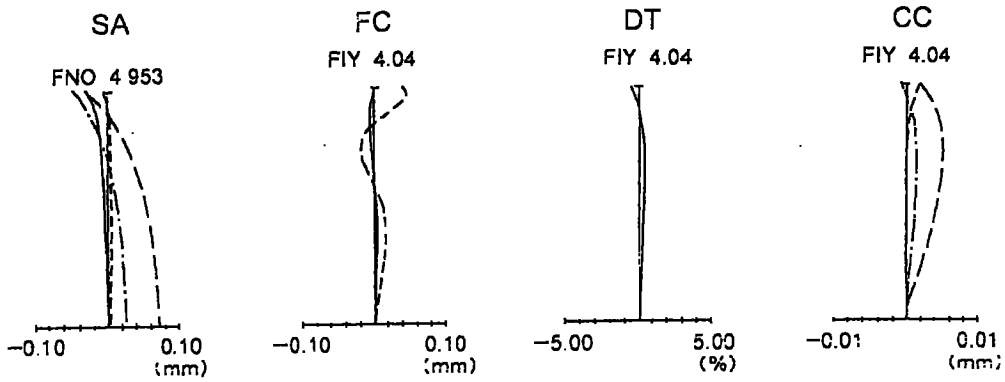


图 15B

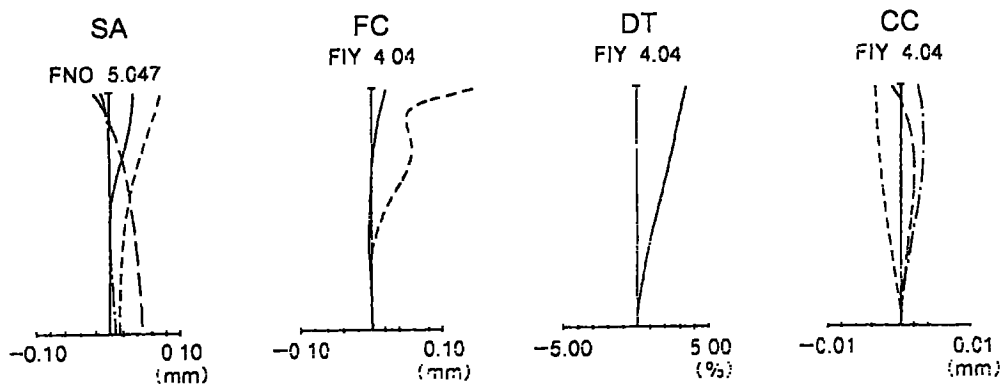


图 15C

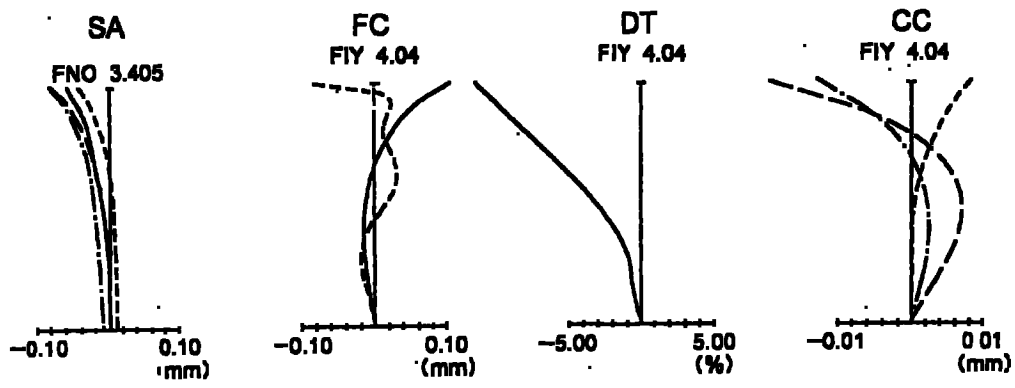


图 16A

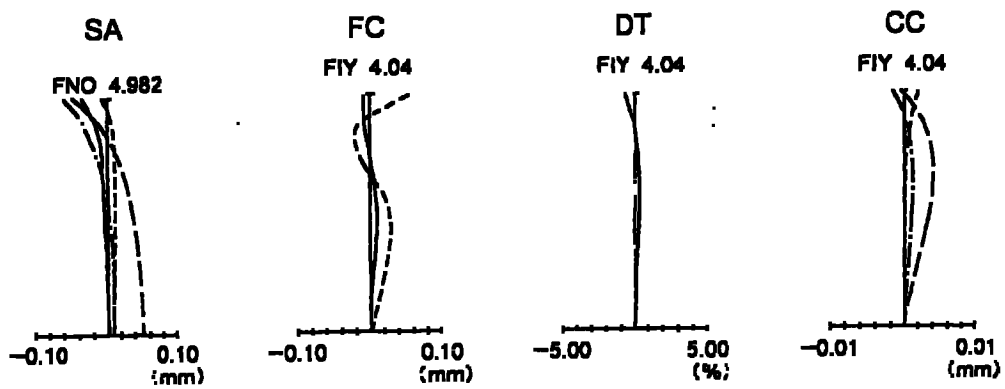


图 16B

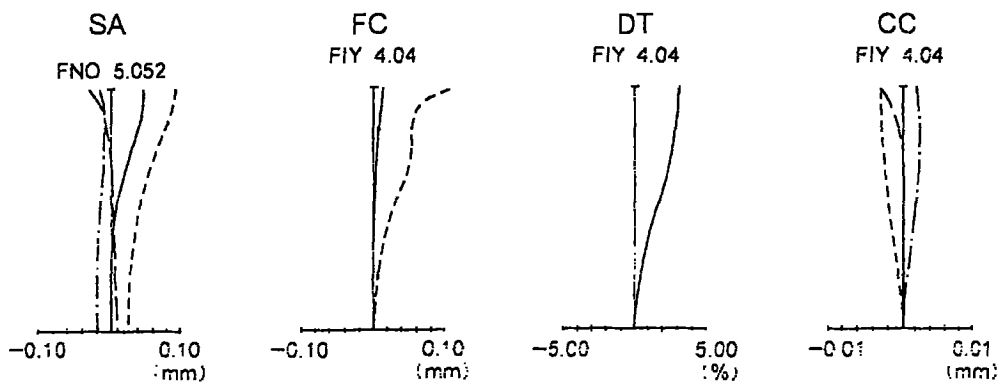


图 16C

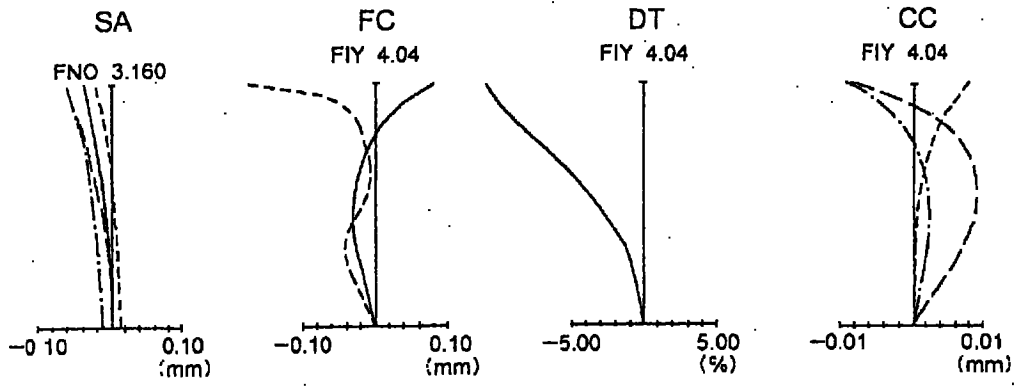


图 17A

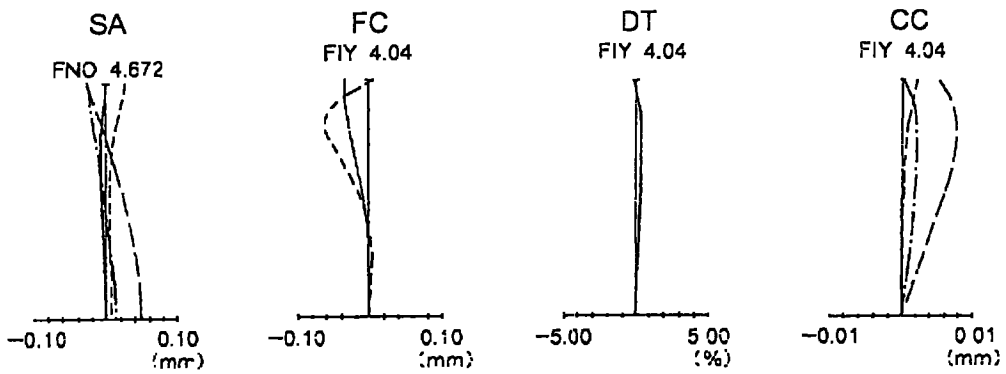


图 17B

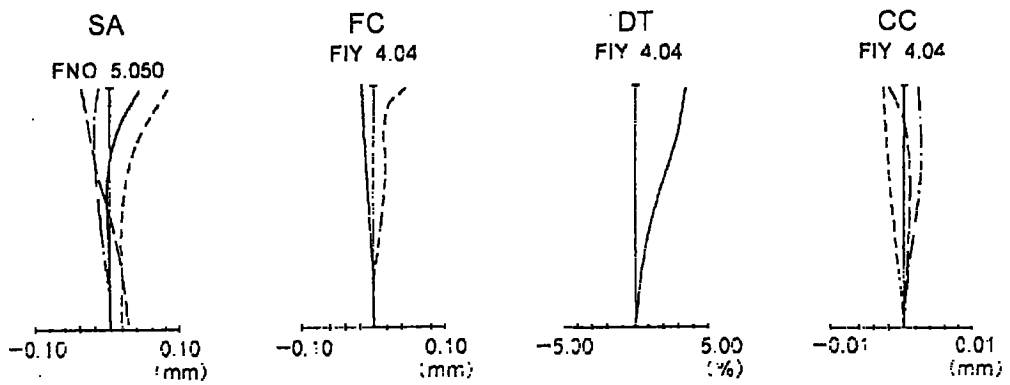


图 17C

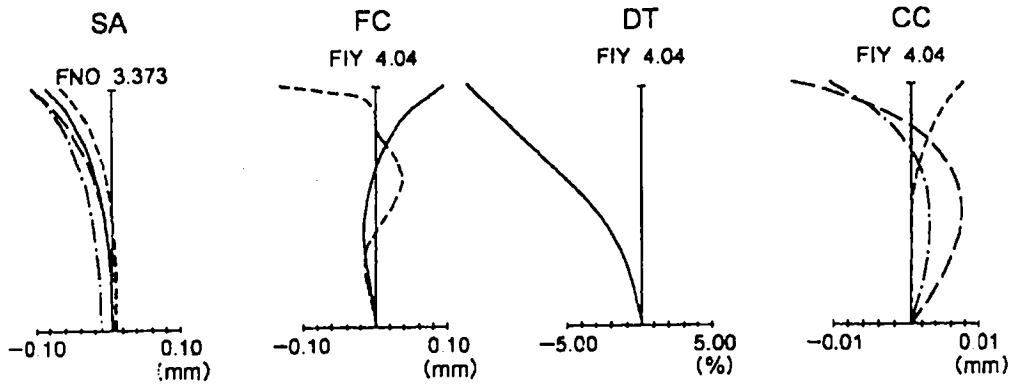


图 18A

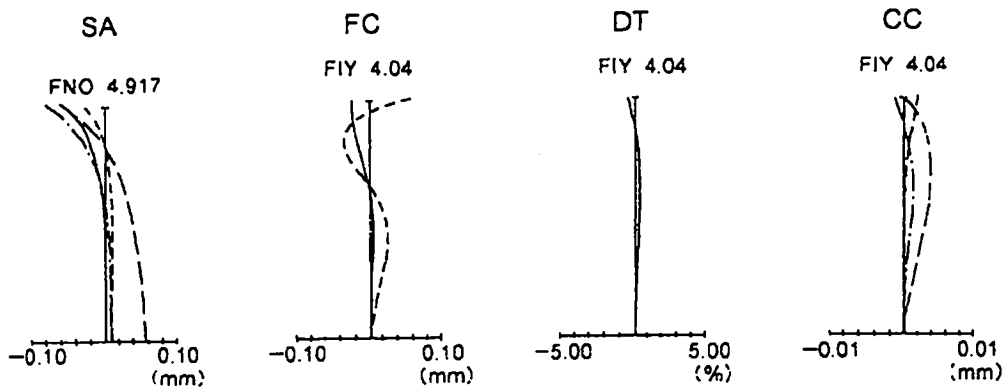


图 18B

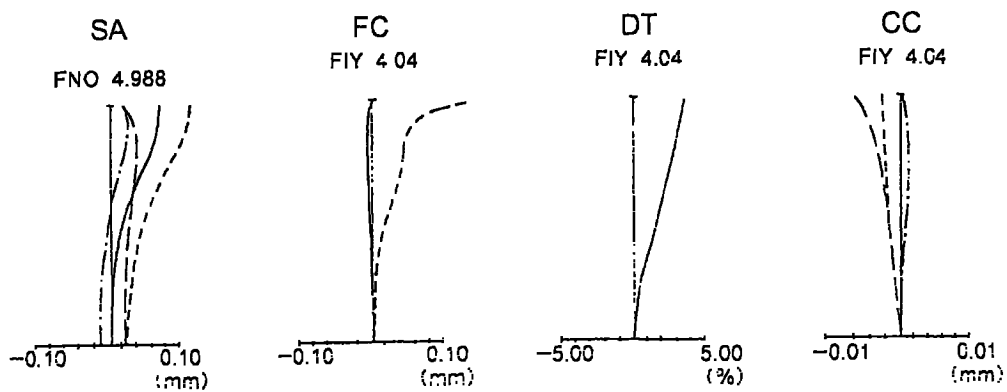


图 18C

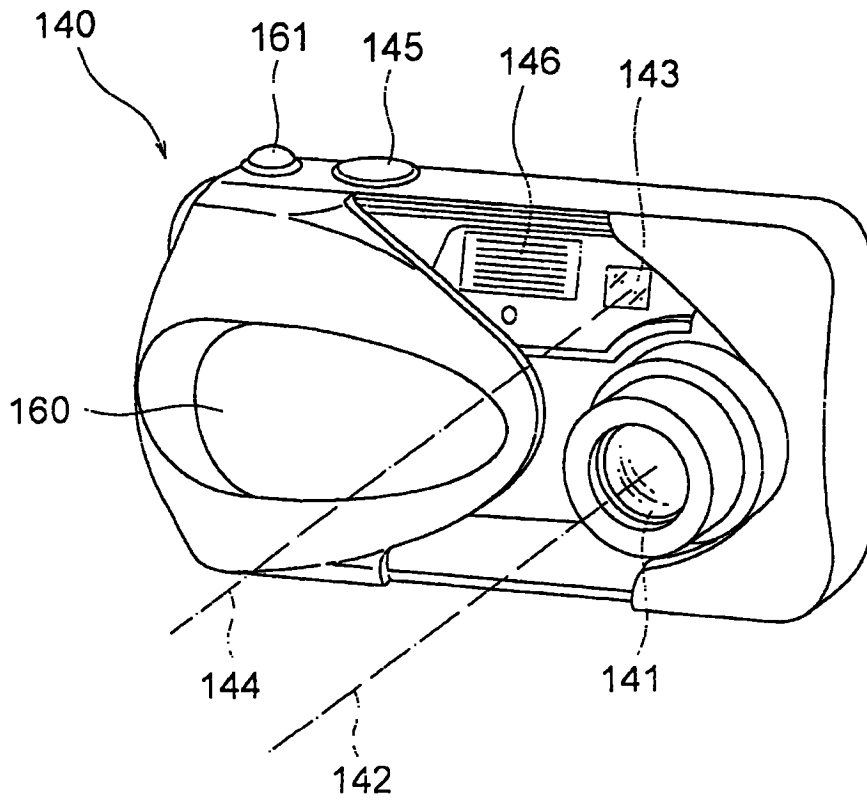


图 19

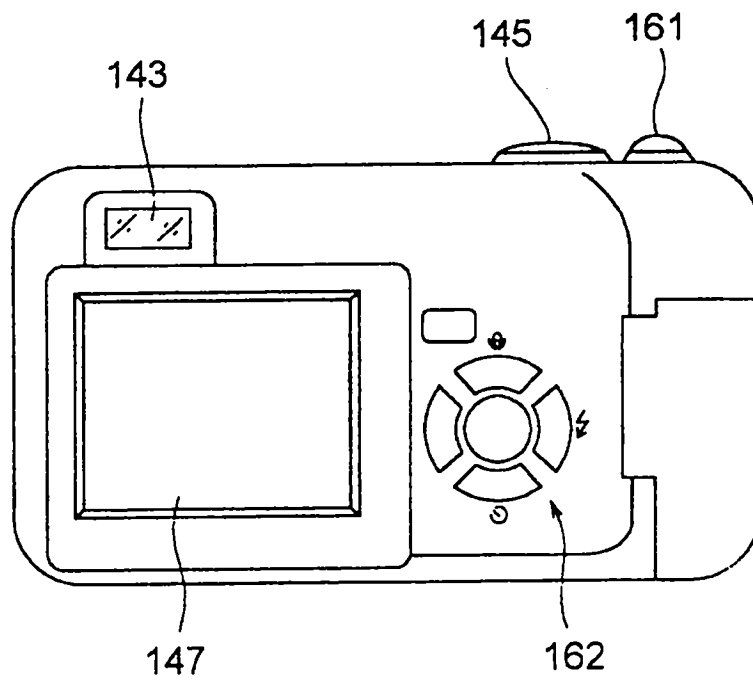


图 20

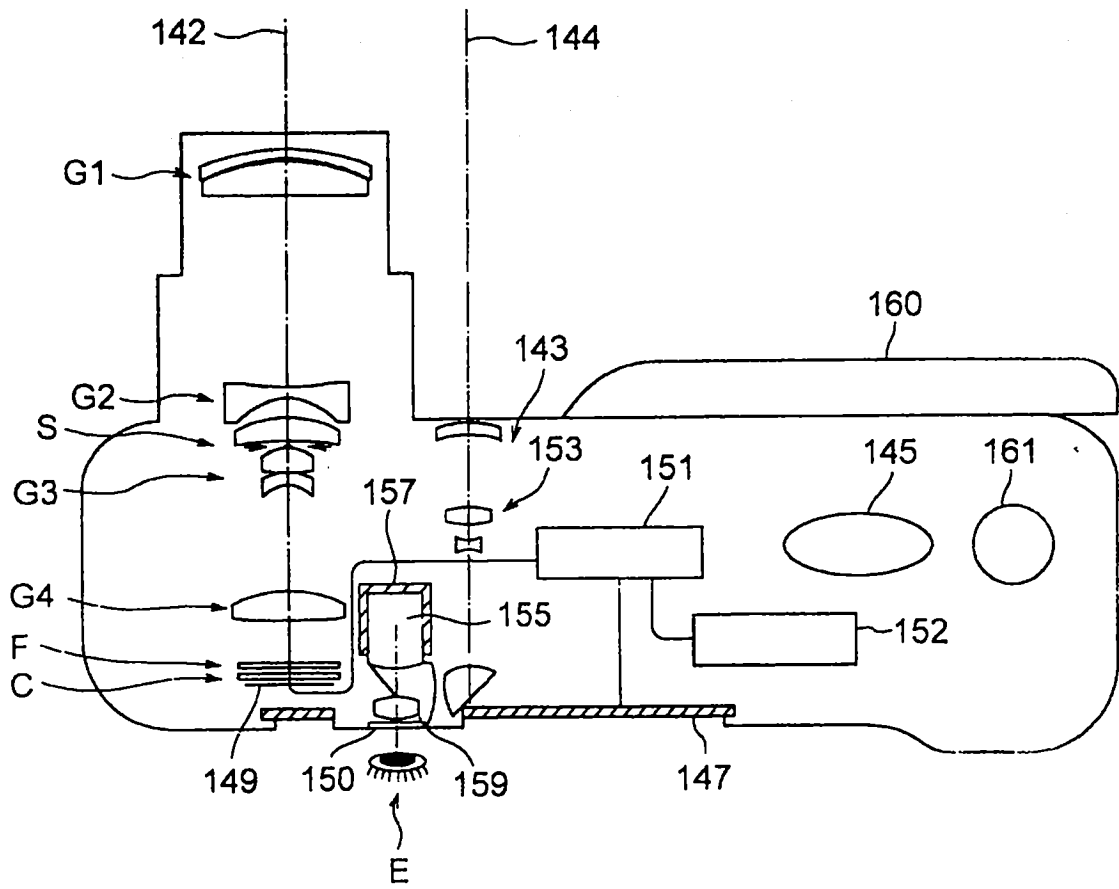


图 21