

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810168582.9

[51] Int. Cl.

G02B 15/16 (2006.01)

G02B 15/177 (2006.01)

G02B 9/12 (2006.01)

G02B 7/00 (2006.01)

H04N 5/225 (2006.01)

[43] 公开日 2009 年 4 月 15 日

[11] 公开号 CN 101408664A

[22] 申请日 2008.10.10

[21] 申请号 200810168582.9

[30] 优先权

[32] 2007.10.12 [33] JP [31] 2007-266890

[32] 2008.8.22 [33] JP [31] 2008-214095

[71] 申请人 奥林巴斯映像株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 片仓正弘

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

代理人 李 辉

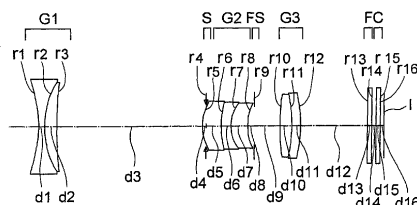
权利要求书 6 页 说明书 70 页 附图 36 页

[54] 发明名称

三单元变焦镜头和配备有它的摄像装置

[57] 摘要

一种三单元变焦镜头，其从物侧起按顺序包括：负第一透镜单元 G1、正第二透镜单元 G2 和第三透镜单元 G3，其中，在从广角端向长焦端变焦的过程中，第一透镜单元 G1 与第二透镜单元 G2 之间的距离减小，而第二透镜单元 G2 与第三透镜单元 G3 之间的距离发生改变。第一透镜单元 G1 由一个负透镜部件组成，该负透镜部件从物侧起按顺序包括具有朝向像侧的凹表面的负透镜和具有朝向物侧的凸表面的正透镜。第二透镜单元 G2 包括至少一个负透镜和多个正透镜，其中，这些透镜中的至少三个透镜被胶合到相邻透镜，第二透镜单元 G2 中包括的透镜部件的总数为两个或更少。第三透镜单元包括一透镜部件，该透镜部件由两个或更少的透镜组成。



1、一种三单元变焦镜头，该三单元变焦镜头从其物侧起按顺序包括：
具有负屈光力的第一透镜单元；

具有正屈光力的第二透镜单元；以及

具有屈光力的第三透镜单元，其中

在从广角端向长焦端变焦的过程中，第一透镜单元与第二透镜单元之间的距离减小，而第二透镜单元与第三透镜单元之间的距离发生改变，

第一透镜单元包括具有负屈光力的负透镜部件，并且所述负透镜部件从物侧起按顺序包括具有朝向像侧的凹表面的负透镜和具有朝向物侧的凸表面的正透镜，

第一透镜单元中包括的透镜部件的总数为一个，

第二透镜单元包括至少一个负透镜和多个正透镜，

第二透镜单元中的多个透镜中的至少三个透镜被胶合到相邻透镜，

第二透镜单元中包括的透镜部件的总数为两个或更少，

第三透镜单元包括由两个或更少透镜组成的透镜部件，并且

第三透镜单元中包括的透镜部件的总数为一个，

其中，术语“透镜部件”是指在光轴上与空气接触的表面仅包括两个表面的透镜组件，一个表面为物侧表面，而另一表面为像侧表面。

2、根据权利要求1所述的三单元变焦镜头，其中，第一透镜单元中的负透镜部件具有非球面胶合表面。

3、根据权利要求1所述的三单元变焦镜头，其中，第一透镜单元中的负透镜部件具有球面胶合表面。

4、根据权利要求1所述的三单元变焦镜头，其中，第一透镜单元满足以下条件：

$$0.05 < D_{G1} / f_w < 0.8 \quad \dots (1)$$

其中， D_{G1} 是第一透镜单元在光轴上的厚度，而 f_w 是该三单元变焦镜头在广角端的焦距。

5、根据权利要求1所述的三单元变焦镜头，其中，第二透镜单元中

最靠近物侧定位的透镜部件是满足以下条件的胶合透镜部件：

$$0.5 < f_{G2C1} / f_w < 5.0 \quad \dots (2)$$

其中， f_{G2C1} 是第二透镜单元中最靠近物侧定位的透镜部件的焦距，而 f_w 是该三单元变焦镜头在广角端的焦距。

6、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，第一透镜单元中的所述负透镜满足以下条件：

$$nd_{G1L1} > 1.75 \quad \dots (3)$$

其中， nd_{G1L1} 是第一透镜单元中的所述负透镜的折射率。

7、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，第一透镜单元中的所述负透镜满足以下条件：

$$vd_{G1L1} > 60 \quad \dots (4)$$

其中， vd_{G1L1} 是第一透镜单元中的所述负透镜的阿贝数。

8、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，第一透镜单元中的所述负透镜具有满足以下条件的双凹形状：

$$-0.95 < (r_{L11f} + r_{L11r}) / (r_{L11f} - r_{L11r}) < 0.95 \quad \dots (5)$$

其中， r_{L11f} 是第一透镜单元中的所述负透镜的物侧表面的近轴曲率半径，而 r_{L11r} 是第一透镜单元中的所述负透镜的像侧表面的近轴曲率半径。

9、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，第一透镜单元中的正透镜具有满足以下条件的形状：

$$-40.0 < (r_{L12f} + r_{L12r}) / (r_{L12f} - r_{L12r}) < -0.95 \quad \dots (6)$$

其中， r_{L12f} 是第一透镜单元中的所述正透镜的物侧表面的近轴曲率半径，而 r_{L12r} 是第一透镜单元中的所述正透镜的像侧表面的近轴曲率半径。

10、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，满足以下条件表达式：

$$6 \leq N \leq 7 \quad \dots (7)$$

其中， N 是该三单元变焦镜头中的透镜的总数。

11、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，第二透镜单元中最靠近物侧定位的透镜表面是非球面表面。

12、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，第二透镜单元

包括一透镜部件，该透镜部件从物侧起按顺序包括一正透镜、一负透镜和一正透镜。

13、根据权利要求 12 所述的三单元变焦镜头，其中，第二透镜单元中的透镜部件的总数为一个。

14、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，第二透镜单元包括两个都具有胶合表面的透镜部件，并且第二透镜单元中包括的透镜部件的总数为两个。

15、根据权利要求 14 所述的三单元变焦镜头，其中，第二透镜单元中的每个透镜部件都是双合透镜。

16、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，在从广角端向长焦端变焦的过程中，第二透镜单元在满足以下条件的同时进行移动：

$$0.5 < \Delta G2 / f_w < 3.0 \quad \dots (8)$$

其中， $\Delta G2$ 是从第二透镜单元在广角端的位置起到其长焦端的位置的位移量，并且朝向物侧的位移用正值表示。

17、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，第三透镜单元具有正屈光力。

18、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，第三透镜单元具有负屈光力。

19、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，通过沿光轴方向移动第三透镜单元来进行聚焦。

20、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，第三透镜单元在长焦端的位置相对于第三透镜单元在广角端的位置朝物侧位移。

21、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，其中，在从广角端向长焦端变焦的过程中，第三透镜单元仅朝物侧移动。

22、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，该三单元变焦镜头还包括设置在第一透镜单元与第二透镜单元之间的虹彩光阑。

23、根据权利要求 1 所述的三单元变焦镜头，该三单元变焦镜头还包括：

设置在第一透镜单元与第二透镜单元之间的虹彩光阑；和

设置在第二透镜单元与第三透镜单元之间的光斑光阑。

24、根据权利要求 17 所述的三单元变焦镜头，其中，第三透镜单元具有双凸形状。

25、根据权利要求 17 所述的三单元变焦镜头，其中，第三透镜单元由双凸正透镜组成。

26、一种三单元变焦镜头，该三单元变焦镜头从其物侧起按顺序包括：

具有负屈光力的第一透镜单元；

具有正屈光力的第二透镜单元；

具有正屈光力的第三透镜单元，其中

在从广角端向长焦端变焦的过程中，第一透镜单元与第二透镜单元之间的距离减小，而第二透镜单元与第三透镜单元之间的距离发生改变，还设置有随第二透镜单元整体移动的虹彩光阑，

第一透镜单元由具有负屈光力的一个负透镜部件组成，并且从物侧起按顺序包括具有朝向像侧的凹表面的负透镜和具有朝向物侧的凸表面的正透镜，

第一透镜单元中包括的透镜部件的总数为一个，

第二透镜单元包括至少一个负透镜和多个正透镜，

第二透镜单元中的多个透镜中的至少三个透镜被胶合到相邻透镜，

第二透镜单元中包括的透镜部件的总数为两个或更少，

第三透镜单元由一个正透镜部件构成，并且

第三透镜单元中的正透镜部件包括满足以下条件表达式(9)的透镜，并且第三透镜单元中的正透镜部件满足以下条件表达式(10)：

$$1.49 < n_{d_{3low}} < 2.4 \quad \dots (9)$$

$$-1.0 < (r_{3a} + r_{3b}) / (r_{3a} - r_{3b}) < 1.0 \quad \dots (10)$$

其中， $n_{d_{3low}}$ 是第三透镜部件中的正透镜部件中的对于 d 线具有最低折射率的透镜的折射率， r_{3a} 是第三透镜单元中的正透镜部件的物侧表面的近轴曲率半径，而 r_{3b} 是第三透镜单元中的正透镜部件的像侧表面的近轴曲率半径，

其中，术语“透镜部件”是指在光轴上与空气接触的表面仅包括两

个表面的透镜部件，一个表面为物侧表面，而另一表面为像侧表面。

27、根据权利要求 26 所述的三单元变焦镜头，其中，第三透镜单元满足以下条件表达式：

$$-0.40 < D_{g3} / r_{3b} < 0.0 \quad \dots (11)$$

其中， D_{g3} 是第三透镜单元在光轴上的厚度。

28、根据权利要求 26 所述的三单元变焦镜头，其中，第一透镜单元中的所述负透镜部件具有双凹形状。

29、根据权利要求 26 所述的三单元变焦镜头，其中，第一透镜单元中的所述负透镜部件中包括的所述负透镜具有满足以下条件表达式 (15) 的形状：

$$-1.0 < (r_{1na} + r_{1nb}) / (r_{1na} - r_{1nb}) < 1.0 \quad \dots (15)$$

其中， r_{1na} 是第一透镜单元中的所述负透镜部件中包括的所述负透镜的物侧表面的近轴曲率半径，而 r_{1nb} 是第一透镜单元中的所述负透镜部件中包括的所述负透镜的像侧表面的近轴曲率半径。

30、根据权利要求 26 所述的三单元变焦镜头，其中，通过朝物侧移动第三透镜单元来执行在广角端从长距离到短距离的聚焦操作，并且第一透镜单元、第二透镜单元以及第三透镜单元在该变焦镜头聚焦在广角端的最长距离上的状态下满足以下条件表达式 (13)：

$$2.0 < D_{12} / D_{23} < 8.0 \quad \dots (13)$$

其中， D_{12} 是在广角端第一透镜单元与第二透镜单元之间在光轴上的距离，而 D_{23} 是在广角端第二透镜单元与第三透镜单元之间在光轴上的距离。

31、根据权利要求 26 所述的三单元变焦镜头，其中，第一透镜单元中的所述负透镜部件具有非球面胶合表面。

32、根据权利要求 26 所述的三单元变焦镜头，其中，第一透镜单元中的所述负透镜部件具有球面胶合表面。

33、根据权利要求 26 所述的三单元变焦镜头，其中，第一透镜单元满足以下条件表达式 (14)：

$$-0.70 < D_{g1} / f_1 < -0.075 \quad \dots (14)$$

其中， D_{g1} 是第一透镜单元在光轴上的厚度，而 f_1 是第一透镜单元的焦距。

34、根据权利要求 26 所述的三单元变焦镜头，其中，第二透镜单元由一个胶合透镜部件组成。

35、根据权利要求 34 所述的三单元变焦镜头，其中，第二透镜单元中的所述一个透镜部件是从物侧起按顺序包括一正透镜、一负透镜以及一正透镜的透镜部件。

36、根据权利要求 26 所述的三单元变焦镜头，其中，第二透镜单元由两个胶合透镜部件组成。

37、根据权利要求 36 所述的三单元变焦镜头，其中，第二透镜单元由两个双胶合透镜部件组成。

38、根据权利要求 26 所述的三单元变焦镜头，其中，第三透镜单元中的所述正透镜部件是单透镜。

39、根据权利要求 26 所述的三单元变焦镜头，其中，第三透镜单元中的所述正透镜部件是胶合透镜部件。

40、根据权利要求 26 所述的三单元变焦镜头，其中，第三透镜单元中的非球面表面的总数为至多一个。

41、一种摄像装置，该摄像装置包括：
三单元变焦镜头；和

摄像组件，该摄像组件设置在该三单元变焦镜头的像侧，并且将该三单元变焦镜头形成的光学图像转换成电信号，其中，该三单元变焦镜头包括如权利要求 1 到 40 中的任一项所述的三单元变焦镜头。

42、根据权利要求 41 所述的摄像装置，其中，第三透镜单元在满足以下条件表达式 (12) 的同时进行移动：

$$-0.80 < \Delta D_{g3} / l_h(t) < 8.00 \quad \dots (12)$$

其中， ΔD_{g3} 是从第三透镜单元在广角端的位置起到其长焦端的位置的位移，朝向物侧的位移用正值表示，而 $l_h(t)$ 是长焦端的最大像高。

43、根据权利要求 41 所述的摄像装置，该摄像装置还包括图像转换部，该图像转换部通过图像处理将包含该三单元变焦镜头所造成的畸变的电信号转换成对该畸变进行了修正的图像信号。

三单元变焦镜头和配备有它的摄像装置

技术领域

本发明涉及小型变焦镜头和配备有这种变焦镜头的诸如紧凑型数字相机的摄像装置。

背景技术

迄今，在诸如数字相机和录像机的摄像装置中，已经在寻求高图像质量、高变焦比以及薄镜筒框（barrel frame）。

例如，日本专利申请特开 No. 2005-308953 公开了一种由具有负屈光力的第一透镜单元、具有正屈光力的第二透镜单元以及第三透镜单元组成的三单元变焦镜头。在该三单元变焦镜头中，第一透镜单元由一胶合透镜部件组成，该胶合透镜部件从物侧起按顺序包括一双凹负透镜和一正透镜，第二透镜单元由两个透镜组成，而第三透镜单元由一个透镜组成。这种构造有利于使该变焦镜头的尺寸变小。

然而，从第二透镜单元中的像差修正的观点来看，这种变焦镜头中的透镜数不够，并且很难在抑制诸如色差的像差产生的同时获得高变焦比。

发明内容

鉴于上述问题而提出了本发明，因此本发明的目的是提供一种有利于减小尺寸和改进性能并且能够容易地降低透镜彼此相对偏心的影响的三单元变焦镜头，并且提供一种配备有这种三单元变焦镜头的摄像装置。

本发明的一个方面提供了一种三单元变焦镜头，该三单元变焦镜头从其物侧起按顺序包括：

具有负屈光力的第一透镜单元；

具有正屈光力的第二透镜单元；以及

具有屈光力的第三透镜单元，其中

在从广角端向长焦端变焦的过程中，第一透镜单元与第二透镜单元之间的距离减小，而第二透镜单元与第三透镜单元之间的距离发生改变，

第一透镜单元包括具有负屈光力的负透镜部件，并且该负透镜部件从物侧起按顺序包括具有朝向像侧的凹表面的负透镜和具有朝向物侧的凸表面的正透镜，

第一透镜单元中包括的透镜部件的总数为一个，

第二透镜单元包括至少一个负透镜和多个正透镜，

第二透镜单元中的多个透镜中的至少三个透镜被胶合成相邻透镜，

第二透镜单元中包括的透镜部件的总数为两个或更少，

第三透镜单元包括由两个或更少透镜组成的透镜部件，并且

第三透镜单元中包括的透镜部件的总数为一个，

其中，术语“透镜部件”是指在光轴上与空气接触的表面仅包括两个表面的透镜组件，一个表面为物侧表面，而另一表面为像侧表面。

本发明另一方面提供了一种三单元变焦镜头，该三单元变焦镜头从其物侧起按顺序包括：

具有负屈光力的第一透镜单元；

具有正屈光力的第二透镜单元；

具有正屈光力的第三透镜单元，其中

在从广角端向长焦端变焦的过程中，第一透镜单元与第二透镜单元之间的距离减小，而第二透镜单元与第三透镜单元之间的距离发生改变，

还设置有随第二透镜单元整体移动的虹彩光阑，

第一透镜单元由具有负屈光力的一个负透镜部件组成，并且该负透镜部件从物侧起按顺序包括具有朝向像侧的凹表面的负透镜和具有朝向物侧的凸表面的正透镜，

第一透镜单元中包括的透镜部件的总数为一个，

第二透镜单元包括至少一个负透镜和多个正透镜，

第二透镜单元中的多个透镜中的至少三个透镜被胶合成相邻透镜，

第二透镜单元中包括的透镜部件的总数为两个或更少，

第三透镜单元由一个正透镜部件构成，并且

第三透镜单元中的正透镜部件包括满足以下条件表达式(9)的透镜，并且第三透镜单元中的正透镜部件满足以下条件表达式(10)：

$$1.49 < nd_{3low} < 2.4 \quad \dots (9)$$

$$-1.0 < (r_{3a} + r_{3b}) / (r_{3a} - r_{3b}) < 1.0 \quad \dots (10)$$

其中， nd_{3low} 是第三透镜部件中的正透镜部件中的对于 d 线具有最低折射率的透镜的折射率， r_{3a} 是第三透镜单元中的正透镜部件的物侧表面的近轴曲率半径，而 r_{3b} 是第三透镜单元中的正透镜部件的像侧表面的近轴曲率半径，

其中，术语“透镜部件”是指在光轴上与空气接触的表面仅包括两个表面的透镜部件，一个表面为物侧表面，而另一表面为像侧表面。

本发明又一方面提供了一种摄像装置，该摄像装置包括：

上述三单元变焦镜头；和

摄像组件，该摄像组件设置在该三单元变焦镜头的像侧，并且将该三单元变焦镜头形成的光学图像转换成电信号。

附图说明

图 1A、图 1B 和图 1C 是示出沿光轴截取的根据本发明的变焦镜头的第一实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的构造的截面图，其中，图 1A 示出了广角端的状态，图 1B 示出了中间状态，而图 1C 示出了长焦端的状态；

图 2A、图 2B 和图 2C 是分别与图 1A、图 1B 和图 1C 类似的示出根据本发明的变焦镜头的第二实施方式的构造的截面图；

图 3A、图 3B 和图 3C 是分别与图 1A、图 1B 和图 1C 类似的示出根据本发明的变焦镜头的第三实施方式的构造的截面图；

图 4A、图 4B 和图 4C 是分别与图 1A、图 1B 和图 1C 类似的示出根据本发明的变焦镜头的第四实施方式的构造的截面图；

图 5A、图 5B 和图 5C 是分别与图 1A、图 1B 和图 1C 类似的示出根据本发明的变焦镜头的第五实施方式的构造的截面图；

图 6A、图 6B 和图 6C 是分别与图 1A、图 1B 和图 1C 类似的示出根据本发明的变焦镜头的第六实施方式的构造的截面图；

图 7A、图 7B 和图 7C 是分别与图 1A、图 1B 和图 1C 类似的示出根据本发明的变焦镜头的第七实施方式的构造的截面图；

图 8A、图 8B 和图 8C 是分别与图 1A、图 1B 和图 1C 类似的示出根据本发明的变焦镜头的第八实施方式的构造的截面图；

图 9A、图 9B 和图 9C 是分别与图 1A、图 1B 和图 1C 类似的示出根据本发明的变焦镜头的第九实施方式的构造的截面图；

图 10A、图 10B 和图 10C 是分别与图 1A、图 1B 和图 1C 类似的示出根据本发明的变焦镜头的第十实施方式的构造的截面图；

图 11A、图 11B 和图 11C 是分别与图 1A、图 1B 和图 1C 类似的示出根据本发明的变焦镜头的第十一实施方式的构造的截面图；

图 12A、图 12B 和图 12C 是分别与图 1A、图 1B 和图 1C 类似的示出根据本发明的变焦镜头的第十二实施方式的构造的截面图；

图 13A、图 13B 和图 13C 是示出根据本发明的变焦镜头的第一实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的球差、像散、畸变以及放大率色差的图，其中，图 13A 示出了广角端的像差，图 13B 示出了中间状态下的像差，而图 13C 示出了长焦端的像差；

图 14A、图 14B 和图 14C 是示出第一实施方式的变焦镜头的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的（在 0.6 倍最大像高、0.8 倍最大像高以及 1.0 倍最大像高的位置处的）横向像差的图，其中，图 14A 示出了广角端的像差，图 14B 示出了中间状态下的像差，而图 14C 示出了长焦端的像差；

图 15A、图 15B 和图 15C 是与图 13A、图 13B 和图 13C 类似的示出第二实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 16A、图 16B 和图 16C 是与图 14A、图 14B 和图 14C 类似的示出第二实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 17A、图 17B 和图 17C 是与图 13A、图 13B 和图 13C 类似的示出第三实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 18A、图 18B 和图 18C 是与图 14A、图 14B 和图 14C 类似的示出第三实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 19A、图 19B 和图 19C 是与图 13A、图 13B 和图 13C 类似的示出第四实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 20A、图 20B 和图 20C 是与图 14A、图 14B 和图 14C 类似的示出第四实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 21A、图 21B 和图 21C 是与图 13A、图 13B 和图 13C 类似的示出第五实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 22A、图 22B 和图 22C 是与图 14A、图 14B 和图 14C 类似的示出第五实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 23A、图 23B 和图 23C 是与图 13A、图 13B 和图 13C 类似的示出第六实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 24A、图 24B 和图 24C 是与图 14A、图 14B 和图 14C 类似的示出第六实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 25A、图 25B 和图 25C 是与图 13A、图 13B 和图 13C 类似的示出第七实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 26A、图 26B 和图 26C 是与图 14A、图 14B 和图 14C 类似的示出第七实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 27A、图 27B 和图 27C 是与图 13A、图 13B 和图 13C 类似的示出第八实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 28A、图 28B 和图 28C 是与图 13A、图 13B 和图 13C 类似的示出第九实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 29A、图 29B 和图 29C 是与图 13A、图 13B 和图 13C 类似的示出第十实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 30A、图 30B 和图 30C 是与图 13A、图 13B 和图 13C 类似的示出第十一实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的图；

图 31A、图 31B 和图 31C 是与图 13A、图 13B 和图 13C 类似的示出第十二实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差的

图；

图 32 是例示了畸变修正的图；

图 33 是示出了配备有根据本发明的变焦镜头的数字相机的外观的正面立体图；

图 34 是该数字相机的背面立体图；

图 35 是该数字相机的截面图；

图 36 是该数字相机的主要部分的内部电路的框图。

具体实施方式

根据本发明的三单元变焦镜头的基本构造从其物侧起按顺序包括：具有负屈光力的第一透镜单元、具有正屈光力的第二透镜单元，以及具有屈光力的第三透镜单元，其中，在从广角端向长焦端变焦的过程中，第一透镜单元与第二透镜单元之间的距离减小，而第二透镜单元与第三透镜单元之间的距离发生改变。

按照上述，将具有负屈光力的透镜单元用作最靠近物侧的透镜单元，这有利于减小镜头的直径并且有利于在广角端获得足够宽的视角。

另外，通过改变具有负屈光力的第一透镜单元与具有正屈光力的第二透镜单元之间的距离来进行变焦。使用具有屈光力的第三透镜单元有利于控制出射光瞳的位置等。

通过按下述方式设计上述三单元变焦镜头中的各个透镜单元，可以更容易地实现尺寸减小、良好光学性能以及降低偏心影响。

应当明白，在本说明书的上下文中，术语“透镜部件”是指在光轴上与空气接触的表面仅包括两个表面的透镜部件，一个表面为物侧表面，而另一表面为像侧表面。第一透镜单元包括具有负屈光力的一个透镜部件，并且该透镜部件从物侧起按顺序包括具有朝向像侧的凹表面的负透镜和具有朝向物侧的凸表面的正透镜。换句话说，第一透镜单元中包括的透镜部件的总数为一个。

通过用一个负透镜部件构成第一透镜单元，可以容易地将第一透镜单元的厚度做小。包括正透镜和具有朝向像侧的凹表面的负透镜的负透

镜部件的构造有利于减小第一透镜单元中产生的球差和色差。另外，可以容易地抑制透镜彼此的相对偏心，并且可以减小偏心对离轴像差的影响。

第二透镜单元包括至少一个负透镜和多个正透镜，并且这些透镜中的至少三个透镜被胶合成相邻透镜。第二透镜单元中包括的透镜部件的总数被设计成两个或更少。

利用这种构造，第二透镜单元中的正屈光力被分配给多个正透镜，并且第二透镜单元中包括一负透镜。这有利于修正球差和色差。

另外，通过将至少三个透镜胶合到相邻透镜，使第二透镜单元中具有两个或更少的透镜部件，能够更容易地提供修正色差的功能，并且减小透镜彼此相对偏心对于像差的影响。

第三透镜单元由一个透镜部件构成，该透镜部件又是由两个或更少透镜组成的。换句话说，第三透镜单元中包括的透镜部件的总数为一个。

因为将第二透镜单元设计成具有放大率改变功能，所以优选的是，第三透镜单元具有如上所述的有利于使透镜单元变薄的简单构造。

用总共四个或更少的透镜部件构成变焦镜头有利于减小镜筒缩入时变焦镜头的厚度。

而且，更优选的是，采用下列特征中的任一个或一些。

优选的是，第一透镜单元中的负透镜部件具有非球面胶合表面。通过将第一透镜单元中的胶合表面设计成非球面，可以从根本上出色地修正放大率色差。

另选的是，第一透镜单元中的负透镜部件可以具有球面胶合表面。通过将第一透镜单元中的胶合表面设计成球面表面，能够以低成本制造出这种透镜单元。

还优选的是，第一透镜单元满足以下条件：

$$0.05 < D_{G1} / f_w < 0.8 \quad \dots (1)$$

其中， D_{G1} 是第一透镜单元在光轴上的厚度，而 f_w 是三单元变焦镜头在广角端的焦距。

条件表达式 (1) 指定了第一透镜单元在光轴上的优选厚度。

通过按不超出条件表达式(1)的下限的方式来设计第一透镜单元, 容易提供具有足够屈光力的正透镜, 这有利于获得良好光学性能。

按不超出条件表达式(1)的上限的方式来设计第一透镜单元有利于减小镜筒缩入时三单元变焦镜头的厚度。

还优选的是, 第二透镜单元中最靠近物侧定位的透镜部件是满足以下条件表达式的胶合透镜部件:

$$0.5 < f_{G2c1} / f_w < 5.0 \quad \dots (2)$$

其中, f_{G2c1} 是第二透镜单元中最靠近物侧定位的透镜部件的焦距, 而 f_w 是三单元变焦镜头在广角端的焦距。

条件表达式(2)涉及第二透镜单元的屈光力。

按不超出条件表达式(2)的下限的方式来设计第二透镜单元有利于减小第二透镜单元的像差。

通过按不超出条件表达式(2)的上限的方式来设计第二透镜单元, 可以将第二透镜单元设计成具有足够的屈光力, 这有利于使第二透镜单元具有足够的放大率改变功能。这还有利于减小整体长度。

还优选的是, 第一透镜单元中的负透镜满足以下条件:

$$nd_{G1L1} > 1.75 \quad \dots (3)$$

其中, nd_{G1L1} 是第一透镜单元中的负透镜的折射率。

如果满足条件表达式(3), 则第一透镜单元中最靠近物侧定位的透镜可具有适度曲率的足够负屈光力。这有利于实现尺寸减小和像差修正。

还优选的是, 第一透镜单元中的负透镜满足以下条件:

$$vd_{G1L1} > 60 \quad \dots (4)$$

其中, vd_{G1L1} 是第一透镜单元中的负透镜的阿贝数。

满足条件表达式(4)是优选的, 因为这有利于修正第一透镜单元的色差。

还优选的是, 第一透镜单元中的负透镜为双凹形状, 该双凹形状满足以下条件:

$$-0.95 < (r_{L11f} + r_{L11r}) / (r_{L11f} - r_{L11r}) < 0.95 \quad \dots (5)$$

其中, r_{L11f} 是第一透镜单元中的负透镜的物侧表面的近轴曲率半径, 而 r_{L11r}

是第一透镜单元中的负透镜的像侧表面的近轴曲率半径。

条件表达式(5)涉及三单元变焦镜头的第一透镜单元中最靠近物侧定位的负透镜。

通过按不超出条件表达式(5)的下限的方式来设计第一透镜单元中的负透镜,可以减轻负透镜的负屈光力向其物侧表面集中,从而容易抑制离轴像差的产生。

通过按不超出条件表达式(5)的上限的方式来设计第一透镜单元中的负透镜,可以使该负透镜的像侧表面的曲率变小,由此,防止与该负透镜接触的正透镜具有曲率极大的弯月形状,从而容易制造该透镜。

还优选的是,与第一透镜单元中的透镜相接触的正透镜具有满足以下条件的形状:

$$-40.0 < (r_{L12f} + r_{L12r}) / (r_{L12f} - r_{L12r}) < -0.95 \quad \dots (6)$$

其中, r_{L12f} 是第一透镜单元中的正透镜的物侧表面的近轴曲率半径,而 r_{L12r} 是第一透镜单元中的正透镜的像侧表面的近轴曲率半径。

条件表达式(6)涉及第一透镜单元中与负透镜相接触的正透镜。

通过按不超出条件表达式(6)的下限的方式来设计第一透镜单元中的正透镜,可以将其像侧的凹表面的曲率变得适当小,这使得容易从根本上抑制离轴像差的产生。

通过按不超出条件表达式(6)的上限的方式来设计第一透镜单元中的正透镜,可以容易地将负透镜的物侧表面的曲率变小,这使得容易从根本上抑制同轴像差的产生。

而且,优选的是,三单元变焦镜头满足以下条件:

$$6 \leq N \leq 7 \quad \dots (7)$$

其中,N是三单元变焦镜头中的透镜的总数。

这个条件使得容易实现像差修正、尺寸减小、性能改进以及成本之间的良好平衡(或折衷)。

通过按不超出条件表达式(7)的下限的方式来设计三单元变焦镜头,容易实现像差修正与性能改进之间的良好平衡。

通过按不超出条件表达式(7)的上限的方式来设计三单元变焦镜头,

容易实现成本减小和尺寸减小。

还优选的是，第二透镜单元中最靠近物侧定位的表面是非球面表面。

在第二透镜单元中最靠近物侧定位的表面中使用非球面表面有利于顺利地修正从广角端到长焦端的所有变焦位置上的球差。

还优选的是，第二透镜单元包括一透镜部件，该透镜部件从物侧起按顺序包括一正透镜、一负透镜和一正透镜。

该透镜部件的这种对称屈光力布置有利于修正球差和离轴像差。通过按上述顺序胶合正透镜、负透镜以及正透镜，可使透镜彼此的偏心变小，并且可以容易地将第二透镜单元设计成具有足够屈光力。另外，这种透镜构造有利于获得高变焦比。

而且，优选的是，第二透镜单元由一个透镜部件组成。这有利于使第二透镜单元的尺寸变小。

第二透镜单元可以由两个透镜部件组成，每个透镜部件都具有胶合表面。

通过将第二透镜单元设计成具有两个胶合透镜部件，可以使每个透镜部件中产生的色差变小。另外，第二透镜单元中具有与空气接触的四个透镜表面有利于控制第二透镜单元的主点(principal point)和减小像差。

而且，优选的是，第二透镜单元中的每个透镜部件都是双合透镜。在这种情况下，第二透镜单元中包括的透镜总数为四个，这有利于减小成本。

还优选的是，在从广角端向长焦端变焦的过程中，第二透镜单元按满足以下条件的方式来移动：

$$0.5 < \Delta G2 / f_w < 3.0 \quad \dots (8)$$

其中， $\Delta G2$ 是从第二透镜单元在广角端的位置起到该第二透镜单元在长焦端的位置的位移量，并且朝物侧的位移用正值来表示。

条件表达式(8)指定了第二透镜单元的提供尺寸与像差之间良好平衡(或折衷)的位移量。

通过按不超出条件表达式(8)的下限的方式来设计透镜构造，即使第二透镜单元的屈光力不高，也可以容易地实现变焦功能。另外，这种

设计有利于减小像差的变化 (variation)。

通过按不超出条件表达式 (8) 的上限的方式来设计透镜构造, 可以使第二透镜单元的位移量变得适当小, 这有利于减小三单元变焦镜头的整体长度。

而且, 在三单元变焦镜头由具有正屈光力的透镜部件构成的情况下, 容易使光束几乎垂直地入射在摄像组件上, 这样易于减小阴影等的影响。

另一方面, 如日本专利申请特开 No. 2006-351972 中公开的, 已经开发了一种摄像组件, 其中, 距离中心的位置越远, 光束的斜入射的影响减小得越多。

为了与这种摄像组件一起使用, 第三透镜单元可以由具有负屈光力的透镜部件构成。这使第三透镜单元与摄像组件的有效摄像区域的相对尺寸变的更小, 有利于减小尺寸。

可以通过沿光轴方向移动第三透镜单元来进行聚焦。

因为与第一透镜单元和第二透镜单元相比, 第三透镜单元可以更容易地做小, 所以易于减轻聚焦时的驱动负载。

该三单元变焦镜头可以按这种方式构成, 即, 使得第三透镜单元在长焦端的位置相对于其在广角端的位置朝物侧移位。

该三单元变焦镜头可以按这种方式构成, 即, 在从广角端向长焦端变焦的过程中, 第三透镜单元仅朝物侧移动。

该三单元变焦镜头可以配备有设置在第一透镜单元与第二透镜单元之间的虹彩光阑。

该三单元变焦镜头还可以配备有设置在第二透镜单元与第三透镜单元之间的光斑光阑。

第三透镜单元可以具有双凸形状。

而且, 第三透镜单元可以由双凸正透镜组成。

更优选的是, 从实现尺寸减小和更高性能等的观点来看, 可以组合应用上述特征中的一些。

在三单元变焦镜头具有聚焦功能的情况下, 上面给出的条件表达式应当被解释为其中变焦镜头聚焦在最远物点的状态下的条件。

更优选的是，如下来改变上述条件表达式中的限制值。

关于条件表达式 (1)，更优选的是，下限值为 0.1，更优选为 0.2。
更优选的是，上限值为 0.6，更优选为 0.5。

关于条件表达式 (2)，更优选的是，下限值为 0.8，更优选为 1.0。
更优选的是，上限值为 4.0，更优选为 3.0。

关于条件表达式 (3)，更优选的是，下限值为 1.80，更优选为 1.85。
对于现有透镜材料来说，不需要设置上限值。然而，优选的是，第一透镜单元中的负透镜的折射率 nd_{G1L1} 不超过 20，因为如果折射率超过 20，则需要严格的表面精度控制。

关于条件表达式 (4)，更优选的是，下限值为 65，更优选为 70。更优选的是，另外设置上限值 95。这使得易于减小异常色散对二级光谱的影响。

关于条件表达式 (5)，更优选的是，下限值为-0.5，更优选为-0.2。
更优选的是，上限值为 0.5，更优选为 0.2。

关于条件表达式 (6)，更优选的是，下限值为-30.0，更优选为-20.0。
更优选的是，上限值为-1.1，更优选为-1.2。

关于条件表达式 (8)，更优选的是，下限值为 1.0，更优选为 1.5。
更优选的是，上限值为 2.5，更优选为 2.0。

根据本发明另一方面的旨在实现上述目标的三单元变焦镜头从其物侧起按顺序包括：

具有负屈光力的第一透镜单元；
具有正屈光力的第二透镜单元；以及
具有正屈光力的第三透镜单元，其中

在从广角端向长焦端变焦的过程中，第一透镜单元与第二透镜单元之间的距离减小，而第二透镜单元与第三透镜单元之间的距离发生改变，并且

该变焦镜头还设置有随第二透镜单元整体移动的虹彩光阑。

按照上述，将具有负屈光力的透镜单元用作最靠近物侧的透镜单元，这有利于减小镜头的直径并且有利于在广角端获得足够宽的视角。

另外，通过改变具有负屈光力的第一透镜单元与具有正屈光力的第二透镜单元之间的距离来进行变焦。

另外，通过设置具有正屈光力的第三透镜单元，出射光瞳位置移开像平面，并且入射在光接收表面上的光束更加与其几乎垂直，这有利于减少色彩阴影。

设置随第二透镜单元整体移动的虹彩光阑是为了调节有效光束。这有利于减小第二透镜单元的直径并且提供足够的屈光力。

可以将虹彩光阑设置在第二透镜单元的物侧、第二透镜单元的像侧，或第二透镜单元的中部。具体来说，将虹彩光阑设置在第二透镜单元的物侧有利于减小第一透镜单元的直径和控制出射光瞳的位置。

通过按下述方式设计上述三单元变焦镜头中的各个透镜单元，可以更容易地实现尺寸减小、良好光学性能并减小偏心的影响。

应当明白，在本说明书的上下文中，术语“透镜部件”是指在光轴上与空气接触的表面仅包括两个表面的透镜部件，一个表面为物侧表面，而另一表面为像侧表面。第一透镜单元包括具有负屈光力的一个负透镜部件，而负透镜部件从物侧起按顺序包括具有朝向像侧的凹表面的负透镜和具有朝向物侧的凸表面的正透镜。

通过用一个负透镜部件来构成第一透镜单元，容易将第一透镜单元的厚度做小。这种包括负透镜和正透镜的负透镜部件的构造有利于减小第一透镜单元中产生的球差和色差。另外，可以容易地抑制透镜彼此的相对偏心，并且可以减小偏心对离轴像差的影响。

第二透镜单元包括至少一个负透镜和多个正透镜，并且这些透镜中的至少三个透镜被胶合为相邻透镜。第二透镜单元中包括的透镜部件的总数为两个或更少。

利用这种构造，第二透镜单元中的正屈光力被分配给多个正透镜，并且第二透镜单元中包括一负透镜。这有利于修正球差和色差。

另外，通过将至少三个透镜胶合为相邻透镜，使第二透镜单元中具有两个或更少透镜部件，更容易提供修正色差的功能，并且减小透镜彼此相对偏心对于像差的影响。

第三透镜单元由一个正透镜部件构成。

因为将第二透镜单元设计成具有放大率改变功能，所以优选的是，第三透镜单元具有如上所述的有利于使透镜单元变薄的简单构造。

用总共四个或更少的透镜部件来构成变焦镜头有利于减小镜筒缩入时变焦镜头的厚度。

在上述构造中，优选的是，第三透镜单元中的正透镜部件包括满足以下条件表达式（9）的透镜，并且该正镜头部件满足以下条件表达式（10）：

$$1.49 < nd_{3low} < 2.4 \quad \dots (9)$$

$$-1.0 < (r_{3a} + r_{3b}) / (r_{3a} - r_{3b}) < 1.0 \quad \dots (10)$$

其中， nd_{3low} 是第三透镜单元中的正透镜部件中的针对 d 线具有最低折射率的透镜的折射率， r_{3a} 是第三透镜单元中的正透镜部件的物侧表面的近轴曲率半径，而 r_{3b} 是第三透镜单元中的正透镜部件的像侧表面的近轴曲率半径。

条件表达式（9）指定了针对构成第三透镜单元的单个透镜或者构成第三透镜单元的单个胶合透镜中的胶合在一起的透镜当中具有最低折射率的透镜的优选折射率。

通过按满足条件表达式（9）的方式来设计第三透镜单元中的前述透镜，可以在不需要使构成第三透镜单元的透镜的曲率过大的情况下提供正屈光力。因而，易于从根本上抑制离轴慧差和场曲率的产生。

通过按不超出条件表达式（9）的下限的方式来设计第三透镜单元中的前述透镜，可以使透镜表面的曲率变小，这有利于减小慧差和场曲率。

通过按不超出条件表达式（9）的上限的方式来设计第三透镜单元中的前述透镜，可以容易地降低材料成本和制造成本。

条件表达式（10）指定了第三透镜单元中的正透镜部件的优选形状因子。

通过按满足条件表达式（10）的方式来设计第三透镜单元中的正透镜部件，可以将正屈光力分配到物侧表面和像侧表面。因而，可以在不需要将这些表面中的任一个的曲率变大的情况下提供所需正屈光力。这

有利于减小离轴像差，特别是慧差和场曲率。

通过按既不超出条件表达式(10)的下限也不超出条件表达式(10)上限的方式来设计第三透镜单元中的正透镜部件，可以使物侧表面和像侧表面的曲率变小。由此，易于减小离轴像差，特别是慧差和场曲率。

而且，更优选的是，采用下列特征中的任一个或一些。

优选的是，第三透镜单元满足以下条件表达式：

$$-0.40 < D_{g3} / r_{3b} < 0.0 \quad \dots (11)$$

其中， D_{g3} 是第三透镜单元在光轴上的厚度，而 r_{3b} 是第三透镜单元中的正透镜部件的像侧表面的近轴曲率半径。

条件表达式(11)指定了第三透镜单元的厚度与其像侧表面的近轴曲率半径之间的优选关系。

满足条件表达式(11)有利于使第三透镜单元变薄同时提供足够的正屈光力。满足条件表达式(11)还有利于减小离轴像差，特别是慧差和场曲率。

按不超出条件表达式(11)的下限的方式来设计第三透镜单元有利于使该透镜部件变薄。在第三透镜单元用作聚焦透镜单元的情况下，这种设计还有利于提供移动第三透镜单元的空间。

通过按不超出条件表达式(11)的上限的方式来设计第三透镜单元，像侧表面可以具有正屈光力，并且可以使物侧表面的正屈光力变低。这便于减小离轴像差。

优选的是，第一透镜单元中的负透镜部件具有双凹形状。

因而，负屈光力被分配给多个透镜表面，这有利于减小其中同轴边缘光线远离光轴的长焦位置处的球差。这种特征还有利于使第一透镜单元变薄。另外，这种特征允许将胶合表面的近轴曲率半径变大，并且易于减小加工误差对像差的影响。

还优选的是，第一透镜单元中的负透镜部件中包括的负透镜具有满足以下条件表达式(15)的形状：

$$-1.0 < (r_{1na} + r_{1nb}) / (r_{1na} - r_{1nb}) < 1.0 \quad \dots (15)$$

其中， r_{1na} 是第一透镜单元中的负透镜部件中包括的负透镜的物侧表面的

近轴曲率半径, 而 r_{1nb} 是第一透镜单元中的负透镜部件中包括的负透镜的像侧表面的近轴曲率半径。

条件表达式 (15) 指定了第一透镜单元中的负透镜的优选形状。

通过按不超出条件表达式 (15) 的下限的方式来设计第一透镜单元中的负透镜, 易于抑制在该负透镜的物侧表面中产生的离轴像差。

优选的是, 按不超出条件表达式 (15) 的上限的方式来设计第一透镜单元中的负透镜, 由此, 提供具有足够负屈光力的物侧表面, 从而便于减小长焦位置处的球差。另外, 如果没有超出条件表达式 (15) 的上限, 则防止了与该负透镜接触的正透镜具有极大曲率的弯月形状, 从而易于制造该透镜。

还优选的是, 通过朝物侧移动第三透镜单元来执行在广角端从长距离到短距离的聚焦操作, 并且在变焦镜头聚焦在广角端的最长距离上的状态下, 第一透镜单元、第二透镜单元和第三透镜单元满足以下条件表达式 (13):

$$2.0 < D_{12} / D_{23} < 8.0 \quad \dots (13)$$

其中, D_{12} 是在广角端第一透镜单元与第二透镜单元之间在光轴上的距离, 而 D_{23} 是在广角端第二透镜单元与第三透镜单元之间在光轴上的距离。

条件表达式 (13) 指定了在广角端第一与第二透镜单元之间的距离和第二与第三透镜单元之间的距离的优选比率。

如果满足条件表达式 (13), 则可以提供移动变焦用第二透镜单元的足够空间。即使第二透镜单元没有过度大的正屈光力, 也可以容易地减小同轴和离轴像差。另外, 可以提供移动聚焦用第三透镜单元所需的空

间, 这便于聚焦在较短距离的物体上。

通过按不超出条件表达式 (13) 的下限的方式来布置第一、第二以及第三透镜单元, 可以提供移动变焦用第二透镜单元的空间, 可以使第二透镜单元的正屈光力变小, 并且可以容易地减小同轴和离轴像差。

通过按不超出条件表达式 (13) 的上限的方式来布置第一、第二以及第三透镜单元, 可防止该变焦镜头的整体长度变得过大。另外, 这种

布置有利于提供移动聚焦用第三透镜单元所需的空間。

还优选的是，第一透镜单元中的负透镜部件具有非球面胶合表面。通过将第一透镜单元中的胶合表面设计成为非球面，可以从根本上出色地修正放大率色差。

另选的是，第一透镜单元中的负透镜部件具有球面胶合表面。通过将第一透镜单元中的胶合表面设计成为球面，可以较低成本来制造该透镜单元。

优选的是，第一透镜单元满足以下条件表达式（14）：

$$-0.70 < D_{g1} / f_1 < -0.075 \quad \dots (14)$$

其中， D_{g1} 是第一透镜单元在光轴上的厚度，而 f_1 是第一透镜单元的焦距。

条件表达式（14）指定了第一透镜单元在光轴上的优选厚度。

满足条件表达式（14）有利于获得良好的光学性能并且使变焦镜头在镜筒缩入时变薄。

通过按不超出条件表达式（14）的下限的方式来设计第一透镜单元，可以使第一透镜单元在光轴上的厚度变得适当小，这有利于使变焦镜头在镜筒缩入时变薄。另一方面，可以使第一透镜单元的负屈光力变小，这有利于减小在广角端由第一透镜单元产生的离轴像差。

通过按不超出条件表达式（14）的上限的方式来设计第一透镜单元，可以为第一透镜单元提供足够的负屈光力，这有利于获得宽视角。另外，可以减小第一透镜单元充当补偿器所需的移动量。另一方面，第一透镜单元可以在光轴上具有足够厚度，并且确保了胶合表面的形状中的足够高的自由度。这有利于减小由第一透镜单元产生的像差。

第二透镜单元可以由一个胶合透镜单元构成。这有利于使第二透镜单元的尺寸变小。

而且，优选的是，第二透镜单元中的单独透镜部件是从物侧起按顺序包括一正透镜、一负透镜以及一正透镜的透镜部件。

该透镜部件的这种对称屈光力布置有利于修正球差和离轴像差。通过按上述顺序胶合正透镜、负透镜以及正透镜，可以使透镜彼此的偏心变小，并且可以容易地将第二透镜单元设计成具有足够屈光力。另外，

这种透镜构造有利于获得高变焦比。

第二透镜单元可以由两个胶合透镜部件构成，每个透镜部件都具有胶合表面。

通过将第二透镜单元设计成具有两个胶合的透镜部件，可以将每个透镜部件中产生的色差变小。另外，第二透镜单元中具有与空气接触的四个透镜表面有利于控制第二透镜单元的主点和减小像差。

而且，优选的是，第二透镜单元中的每个透镜部件都是双合透镜。如果是这种情况，则第二透镜单元中包括的透镜的总数为四个，这有利于减小尺寸和成本。

第三透镜单元中的正透镜部件可以由单个透镜构成。

这导致变焦镜头在镜筒缩入时厚度减小，并且降低了成本。另外，在第三透镜单元用作聚焦透镜单元的情况下，可以减轻聚焦机构上的负载。

第三透镜单元中的正透镜部件可以由胶合透镜部件构成。

这有利于减小第三透镜单元中产生的色差。因而，即使透镜部件整体数量较少，也可以获得良好的光学性能。

优选的是，第三透镜单元中的非球面表面的总数为至多一个。

本发明有利于减小，特别是第三透镜单元中产生的慧差等。因而，第三透镜单元中的非球面表面的数量可以变少，由此，可以减小制造成本。

根据本发明的摄像装置包括：三单元变焦镜头和摄像组件，该摄像组件设置在该三单元变焦镜头的像侧，并且将该三单元变焦镜头形成的光学图像转换成电信号，其中，所述三单元变焦镜头是前述三单元变焦镜头中的任意一种。

因而，可以提供配备有尺寸较小并且具有良好光学性能的二单元变焦镜头的摄像装置。

而且，优选的是，第三透镜单元在满足以下条件表达式(12)的同时移动：

$$-0.80 < \Delta D_{g3} / l_h < 8.00 \quad \dots (12)$$

其中, ΔD_{g3} 是从第三透镜单元在广角端的位置起到该第三透镜单元在长焦端的位置的位移, 朝物侧的位移用正值表示, 而 l_h 是最大像高。

条件表达式 (12) 指定了第三透镜单元的优选移动量。

按满足条件表达式 (12) 的方式来设计第三透镜单元有利于在变焦过程中减小像差的变化, 并且减小用于移动透镜单元的机构上的负载。

通过按不超出条件表达式 (12) 的下限的方式来设计第三透镜单元的移动, 防止了第三透镜单元朝像侧过度移位, 这有利于减小离轴像差的变化, 如广角端与长焦端之间的慧差。这还有利于提供移动第二透镜单元的空间。

通过按不超出条件表达式 (12) 的上限的方式来设计第三透镜单元的移动, 防止了第三透镜单元朝物侧过度移位, 这有利于使变焦镜头的整体长度变小。

例如在执行后面将描述的电畸变修正或利用剪裁的伪变焦时, 可以改变像高。在这点上, 应当明白, 条件表达式 (12) 中的最大像高是指像高在可以假定的值的范围内的最大值。

而且, 优选的是, 改摄像装置具有图像转换部, 该图像转换部通过图像处理将包含因三单元变焦镜头造成的畸变的电信号转换成修正了该畸变的图像信号。

通过以电的方式来修正畸变, 可以减轻对于三单元变焦镜头的像差修正需求。因而, 变得容易按使其具有足够负屈光力的方式来设置第一透镜单元, 这有利于减小三单元变焦镜头的尺寸并且获得高变焦比。

在这点上, 可以在不同颜色的信号当中改变畸变修正量, 从而也通过图像处理来修正色差。

更优选的是, 从实现尺寸减小和更高性能等观点来看, 可以组合应用上述特征中的一些。

在三单元变焦镜头具有聚焦功能的情况下, 上面给出的条件表达式应当被解释为变焦镜头聚焦在最远物点的状态下的条件。

更优选的是, 如下来改变上述条件表达式中的限制值。

关于条件表达式 (9), 更优选的是, 下限值为 1.493, 更优选为 1.495。

更优选的是，上限值为 2.2，更优选为 1.8。

关于条件表达式 (10)，更优选的是，下限值为-0.7，更优选为-0.5。
更优选的是，上限值为 0.7，更优选为 0.5。

关于条件表达式 (11)，更优选的是，下限值为-0.30，更优选为-0.20。
更优选的是，上限值为-0.03，更优选为-0.06。

关于条件表达式 (12)，更优选的是，下限值为-0.4，更优选为-0.2。
更优选的是，上限值为 5.0，更优选为 3.5。

关于条件表达式 (13)，更优选的是，下限值为 2.5，更优选为 3.0。
更优选的是，上限值为 6.5，更优选为 5.0。

关于条件表达式 (14)，更优选的是，下限值为-0.40，更优选为-0.25。
更优选的是，上限值为-0.08，更优选为-0.09。

关于条件表达式 (15)，更优选的是，下限值为-0.5，更优选为-0.1。
更优选的是，上限值为 0.5，更优选为 0.2。

在本发明的上述模式中，更优选的是，同时满足这些条件表达式中的一些。在由上面给出的这些条件表达式中的每一个限制的数值范围内，可以应用仅由上限值或下限值施加的限制。而且，可以按任何可能组合来采用上述各种特征。

下面参照附图，对根据本发明的变焦镜头和摄像装置的实施方式进行详细描述。然而，应当明白，下述实施方式不对本发明构成限制。

下述根据实施方式的变焦镜头是变焦比大约为 3 倍、在广角端具有足够大的半视角并且获得了良好光学性能的负-正-正型（第一到第七、第十二到第十九以及第二十四实施方式）或负-正-负型（第八到第十一和第二十到第二十三实施方式）的三单元变焦镜头。

在根据第一到第十二实施方式的变焦镜头中，有效摄像区域在所有变焦位置处都恒定为矩形形状。

与下面给出的条件表达式相关联的针对每个实施方式的值都是用于其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态。

总长度是指光轴上透镜的入射表面与出射表面之间的距离与后焦距的和。后焦距由等同的空气距离来表示。

如后面结合每个实施方式描述的，在从广角端向长焦端变焦的过程中，第一透镜单元首先朝像侧移动，接着朝物侧移动，而第二透镜单元仅朝物侧移动。第三透镜单元在变焦过程中的移动根据实施方式而不同，如下所述。

在第一到第五实施方式中，第三透镜单元仅朝物侧移动。

在第六和第七实施方式中，第三透镜单元仅朝像侧移动。

在第八和第九实施方式中，第三透镜单元仅朝物侧移动。

在第十和第十一实施方式中，第三透镜单元仅朝像侧移动。

在第十二实施方式中，第三透镜单元仅朝物侧移动。

通过沿光轴方向移动第三透镜单元来进行聚焦。具体来说，在其中第三透镜单元具有正屈光力的第一到第七以及第十二实施方式中，通过朝物侧移动第三透镜单元来执行从长距离物点到短距离物点的聚焦操作。

在其中第三透镜单元具有负屈光力的第八到第十一实施方式中，通过朝像侧移动第三透镜单元来执行从长距离物点到短距离物点的聚焦操作。

平行平板包括上面涂覆有 IR 滤除涂层的低通滤波器以及 CCD 盖玻璃，如后所述。

下面，对根据本发明的变焦镜头的第一实施方式到第十二实施方式进行描述。图 1A 到 1C、2A 到 2C、3A 到 3C、4A 到 4C、5A 到 5C、6A 到 6C、7A 到 7C、8A 到 8C、9A 到 9C、10A 到 10C、11A 到 11C 以及 12A 到 12C 是示出根据第一到第十二实施方式的其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下，分别在广角端（图 1A、2A、3A、4A、5A、6A、7A、8A、9A、10A、11A 和 12A）、中间焦距状态（图 1B、2B、3B、4B、5B、6B、7B、8B、9B、10B、11B 和 12B）以及长焦端（图 1C、2C、3C、4C、5C、6C、7C、8C、9C、10C、11C 和 12C）的构造的截面图。在图 1A 到图 12C 中，G1 表示第一透镜单元，S 表示虹彩光阑，G2 表示第二透镜单元，FS 表示光斑光阑，G3 表示第三透镜单元，F 表示涂覆有波长范围限制涂层的平行平板，该涂层阻挡或减少红外光以构成低通滤波器，

C 表示构成用于电子摄像组件的盖玻璃的平行平板，而 I 表示像平面。盖玻璃 C 的表面上可以涂覆用于波长范围限制的多层涂层。可以将盖玻璃 C 设计成具有低通滤波器的功能。

下面给出的所有数值数据都用于其中变焦镜头聚焦在无限远物点的状态。在该数值数据中，尺度以 mm 为单位，而角度以度为单位。针对广角端（WE）、中间焦距状态（ST）和长焦端（TE）给出了变焦数据。

如图 1 所示，根据第一实施方式的变焦镜头具有：具有负屈光力的第一透镜单元 G1、虹彩光阑 S、具有正屈光力的第二透镜单元 G2、光斑光阑 FS 以及具有正屈光力的第三透镜单元 G3，它们从物侧起按所述顺序布置。

在从广角端向长焦端变焦的过程中，第一透镜单元 G1 首先朝像侧移动接着朝物侧移动，第二透镜单元 G2 仅朝物侧移动，第三透镜单元 G3 仅朝物侧移动。

第一透镜单元 G1 包括从物侧起按顺序由双凹负透镜和具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成的胶合透镜。第二透镜单元 G2 包括从物侧起按顺序由具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜、具有朝向物侧的凸表面的弯月形负透镜和具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成的胶合透镜。第三透镜单元 G3 包括从物侧起按顺序由双凸正透镜和具有朝向像侧的凸表面的弯月形负透镜组成的胶合透镜。

将非球面表面用于第一透镜单元 G1 中的双凹负透镜的两个侧表面、第一透镜单元 G1 中的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的物侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近像侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面以及第三透镜单元 G3 中的双凸正透镜的物侧表面，即，总共有六个非球面表面。

如图 2A、2B 和图 2C 所示，根据第二实施方式的变焦镜头具有：具有负屈光力的第一透镜单元 G1、虹彩光阑 S、具有正屈光力的第二透镜单元 G2、光斑光阑 FS 以及具有正屈光力的第三透镜单元 G3，它们从物侧起按所述顺序布置。

在从广角端向长焦端变焦的过程中,第一透镜单元 G1 首先朝像侧移动接着朝物侧移动,第二透镜单元 G2 仅朝物侧移动,第三透镜单元 G3 仅朝物侧移动。

第一透镜单元 G1 包括从物侧起按顺序由双凹负透镜和具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成的胶合透镜。第二透镜单元 G2 包括从物侧起按顺序由具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜、具有朝向物侧的凸表面的弯月形负透镜以及具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成的胶合透镜。第三透镜单元 G3 包括双凸正透镜。

将非球面表面用于第一透镜单元 G1 中的双凹负透镜的物侧表面、第一透镜单元 G1 中具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的物侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近像侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面以及第三透镜单元 G3 中的双凸正透镜的物侧表面,即,总共有五个非球面表面。

如图 3A、3B 和图 3C 所示,根据第三实施方式的变焦镜头具有:具有负屈光力的第一透镜单元 G1、虹彩光阑 S、具有正屈光力的第二透镜单元 G2、光斑光阑 FS 以及具有正屈光力的第三透镜单元 G3,它们从物侧起按所述顺序布置。

在从广角端向长焦端变焦的过程中,第一透镜单元 G1 首先朝像侧移动接着朝物侧移动,第二透镜单元 G2 仅朝物侧移动,第三透镜单元 G3 仅朝物侧移动。

第一透镜单元 G1 包括一胶合透镜,该胶合透镜从物侧起按顺序由双凹负透镜和具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第二透镜单元 G2 包括一胶合透镜,该胶合透镜从物侧起按顺序由具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜、具有朝向物侧的凸表面的弯月形负透镜以及具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第三透镜单元 G3 包括一双凸正透镜。

将非球面表面用于第一透镜单元 G1 中的双凹负透镜的两个侧表面、第一透镜单元 G1 中具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面、

第二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的物侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近像侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面,以及第三透镜单元 G3 中的双凸正透镜的物侧表面,即,总共有六个非球面表面。

如图 4A、4B 和图 4C 所示,根据第四实施方式的变焦镜头具有:具有负屈光力的第一透镜单元 G1、虹彩光阑 S、具有正屈光力的第二透镜单元 G2、光斑光阑 FS 以及具有正屈光力的第三透镜单元 G3,它们从物侧起按所述顺序布置。

在从广角端向长焦端变焦的过程中,第一透镜单元 G1 首先朝像侧移动接着朝物侧移动,第二透镜单元 G2 仅朝物侧移动,第三透镜单元 G3 仅朝物侧移动。

第一透镜单元 G1 包括一胶合透镜,该胶合透镜从物侧起按顺序由双凹负透镜和具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第二透镜单元 G2 包括一胶合透镜,该胶合透镜从物侧起按顺序由具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜、具有朝向物侧的凸表面的弯月形负透镜以及具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第三透镜单元 G3 包括一胶合透镜,该胶合透镜从物侧起按顺序由双凸正透镜和具有朝向像侧的凸表面的弯月形正透镜组成。

将非球面表面用于第一透镜单元 G1 中的双凹负透镜的物侧表面、第一透镜单元 G1 中具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的物侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近像侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面以及第三透镜单元 G3 中的双凸正透镜的物侧表面,即,总共有五个非球面表面。

如图 5A、5B 和图 5C 所示,根据第五实施方式的变焦镜头具有:具有负屈光力的第一透镜单元 G1、虹彩光阑 S、具有正屈光力的第二透镜单元 G2、光斑光阑 FS 以及具有正屈光力的第三透镜单元 G3,它们从物侧起按所述顺序布置。

在从广角端向长焦端变焦的过程中,第一透镜单元 G1 首先朝像侧移

动接着朝物侧移动，第二透镜单元 G2 仅朝物侧移动，第三透镜单元 G3 仅朝物侧移动。

第一透镜单元 G1 包括一胶合透镜，该胶合透镜从物侧起按顺序由双凹负透镜和具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第二透镜单元 G2 包括一胶合透镜，该胶合透镜从物侧起按顺序由具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜、具有朝向物侧的凸表面的弯月形负透镜以及具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第三透镜单元 G3 包括一胶合透镜，该胶合透镜从物侧起按顺序由双凸正透镜和具有朝向像侧的凸表面的弯月形正透镜组成。

将非球面表面用于第一透镜单元 G1 中的双凹负透镜的两个侧表面、第一透镜单元 G1 中具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的物侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近像侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面以及第三透镜单元 G3 中的双凸正透镜的物侧表面，即，总共有六个非球面表面。

如图 6A、6B 和图 6C 所示，根据第六实施方式的变焦镜头具有：具有负屈光力的第一透镜单元 G1、虹彩光阑 S、具有正屈光力的第二透镜单元 G2 以及具有正屈光力的第三透镜单元 G3，它们从物侧起按所述顺序布置。

在从广角端向长焦端变焦的过程中，第一透镜单元 G1 首先朝像侧移动接着朝物侧移动，第二透镜单元 G2 仅朝物侧移动，而第三透镜单元 G3 仅朝像侧移动。

第一透镜单元 G1 包括一胶合透镜，该胶合透镜从物侧起按顺序由双凹负透镜和具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第二透镜单元 G2 包括从物侧起按顺序由双凸正透镜和双凹负透镜组成的胶合透镜以及从物侧起按顺序由双凸正透镜和双凹负透镜组成的胶合透镜。第三透镜单元 G3 包括双凸正透镜。

将非球面表面用于第一透镜单元 G1 中的双凹负透镜的物侧表面、第一透镜单元 G1 中具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面、第

二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的双凸正透镜的物侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的双凹负透镜的像侧表面以及第三透镜单元 G3 中的双凸正透镜的像侧表面，即，总共有五个非球面表面。

如图 7A、7B 和图 7C 所示，根据第七实施方式的变焦镜头具有：具有负屈光力的第一透镜单元 G1、虹彩光阑 S、具有正屈光力的第二透镜单元 G2 以及具有正屈光力的第三透镜单元 G3，它们从物侧起按所述顺序布置。

在从广角端向长焦端变焦的过程中，第一透镜单元 G1 首先朝像侧移动接着朝物侧移动，第二透镜单元 G2 仅朝物侧移动，第三透镜单元 G3 仅朝像侧移动。

第一透镜单元 G1 包括一胶合透镜，该胶合透镜从物侧起按顺序由双凹负透镜和具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第二透镜单元 G2 包括从物侧起按顺序由双凸正透镜和双凹负透镜组成的胶合透镜以及从物侧起按顺序由双凸正透镜和双凹负透镜组成的胶合透镜。第三透镜单元 G3 包括双凸正透镜。

将非球面表面用于第一透镜单元 G1 中的双凹负透镜的两个侧表面、第一透镜单元 G1 中具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的双凸正透镜的物侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的双凹负透镜的像侧表面以及第三透镜单元 G3 中的双凸正透镜的像侧表面，即，总共有六个非球面表面。

如图 8A、8B 和图 8C 所示，根据第八实施方式的变焦镜头具有：具有负屈光力的第一透镜单元 G1、虹彩光阑 S、具有正屈光力的第二透镜单元 G2、光斑光阑 FS 以及具有负屈光力的第三透镜单元 G3，它们从物侧起按所述顺序布置。

在从广角端向长焦端变焦的过程中，第一透镜单元 G1 首先朝像侧移动接着朝物侧移动，第二透镜单元 G2 仅朝物侧移动，第三透镜单元 G3 仅朝物侧移动。

第一透镜单元 G1 包括一胶合透镜，该胶合透镜从物侧起按顺序由双凹负透镜和具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第二透镜单元

G2 包括一胶合透镜, 该胶合透镜从物侧起按顺序由具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜、具有朝向物侧的凸表面的弯月形负透镜以及具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第三透镜单元 G3 包括具有朝向像侧的凸表面的弯月形负透镜。

将非球面表面用于第一透镜单元 G1 中的双凹负透镜的物侧表面、第一透镜单元 G1 中具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的物侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近像侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面以及第三透镜单元 G3 中具有朝向像侧的凸表面的弯月形负透镜的物侧表面, 即, 总共有五个非球面表面。

如图 9A、9B 和图 9C 所示, 根据第九实施方式的变焦镜头具有: 具有负屈光力的第一透镜单元 G1、虹彩光阑 S、具有正屈光力的第二透镜单元 G2、光斑光阑 FS 以及具有负屈光力的第三透镜单元 G3, 它们从物侧起按所述顺序布置。

在从广角端向长焦端变焦的过程中, 第一透镜单元 G1 首先朝像侧移动接着朝物侧移动, 第二透镜单元 G2 仅朝物侧移动, 第三透镜单元 G3 仅朝物侧移动。

第一透镜单元 G1 包括一胶合透镜, 该胶合透镜从物侧起按顺序由双凹负透镜和具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第二透镜单元 G2 包括一胶合透镜, 该胶合透镜从物侧起按顺序由具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜、具有朝向物侧的凸表面的弯月形负透镜以及具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第三透镜单元 G3 包括具有朝向像侧的凸表面的弯月形负透镜。

将非球面表面用于第一透镜单元 G1 的双凹负透镜的两个侧表面、第一透镜单元 G1 中具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的物侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近像侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面以及第三透镜单元 G3 中具有朝向像侧的凸表面的弯月形负透镜的物侧表面, 即, 总共有六个非球面表面。

如图 10A、10B 和图 10C 所示, 根据第十实施方式的变焦镜头具有: 具有负屈光力的第一透镜单元 G1、虹彩光阑 S、具有正屈光力的第二透镜单元 G2 以及具有负屈光力的第三透镜单元 G3, 它们从物侧起按所述顺序布置。

在从广角端向长焦端变焦的过程中, 第一透镜单元 G1 首先朝像侧移动接着朝物侧移动, 第二透镜单元 G2 仅朝物侧移动, 第三透镜单元 G3 仅朝像侧移动。

第一透镜单元 G1 包括一胶合透镜, 该胶合透镜从物侧起按顺序由双凹负透镜和具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第二透镜单元 G2 包括从物侧起按顺序由双凸正透镜和具有朝向像侧的凸表面的弯月形正透镜组成的胶合透镜以及从物侧起按顺序由具有朝向像侧的凸表面的弯月形负透镜和具有朝向像侧的凸表面的弯月形负透镜组成的胶合透镜。第三透镜单元 G3 包括双凹负透镜。

将非球面表面用于第一透镜单元 G1 中的双凹负透镜的物侧表面、第一透镜单元 G1 中具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的双凸正透镜的物侧表面、第二透镜单元 G2 中具有朝向像侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面以及第三透镜单元 G3 中的双凹负透镜的像侧表面, 即, 总共有五个非球面表面。

如图 11A、11B 和图 11C 所示, 根据第十一实施方式的变焦镜头具有: 具有负屈光力的第一透镜单元 G1、虹彩光阑 S、具有正屈光力的第二透镜单元 G2 以及具有负屈光力的第三透镜单元 G3, 它们从物侧起按所述顺序布置。

在从广角端向长焦端变焦的过程中, 第一透镜单元 G1 首先朝像侧移动接着朝物侧移动, 第二透镜单元 G2 仅朝物侧移动, 第三透镜单元 G3 仅朝像侧移动。

第一透镜单元 G1 包括一胶合透镜, 该胶合透镜从物侧起按顺序由双凹负透镜和具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第二透镜单元 G2 包括从物侧起按顺序由双凸正透镜和具有朝向像侧的凸表面的弯月形正透镜组成的胶合透镜以及从物侧起按顺序由具有朝向像侧的凸表面的

弯月形负透镜和具有朝向像侧的凸表面的弯月形负透镜组成的胶合透镜。第三透镜单元 G3 包括双凹负透镜。

将非球面表面用于第一透镜单元 G1 中的双凹负透镜的两个侧表面、第一透镜单元 G1 中具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的双凸正透镜的物侧表面、第二透镜单元 G2 中具有朝向像侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面以及第三透镜单元 G3 中的双凹负透镜的像侧表面，即，总共有六个非球面表面。

如图 12A、12B 和图 12C 所示，根据第十二实施方式的变焦镜头具有：具有负屈光力的第一透镜单元 G1、虹彩光阑 S、具有正屈光力的第二透镜单元 G2、光斑光阑 FS 以及具有正屈光力的第三透镜单元 G3，它们从物侧起按所述顺序布置。

在从广角端向长焦端变焦的过程中，第一透镜单元 G1 首先朝像侧移动接着朝物侧移动，第二透镜单元 G2 仅朝物侧移动，第三透镜单元 G3 仅朝物侧移动。

第一透镜单元 G1 包括一胶合透镜，该胶合透镜从物侧起按顺序由双凹负透镜和具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第二透镜单元 G2 包括一胶合透镜，该胶合透镜从物侧起按顺序由具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜、具有朝向物侧的凸表面的弯月形负透镜以及具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜组成。第三透镜单元 G3 包括具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜。

将非球面表面用于第一透镜单元 G1 中的双凹负透镜的两个侧表面、第一透镜单元 G1 中的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近物侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的物侧表面、第二透镜单元 G2 中最靠近像侧定位的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的像侧表面以及第三透镜单元 G3 中的具有朝向物侧的凸表面的弯月形正透镜的两侧表面，即，总共有六个非球面表面。

下面示出了上述每个实施方式的数值数据。除了上述符号以外， f 表示整个变焦镜头系统的焦距， F_{No} 表示 F 数， ω 表示半像角，WE 表示

广角端，ST 表示中间状态，TE 表示长焦端，r1、r2、…中的每一个表示每个透镜表面的曲率半径，d1、d2、…中的每一个表示两个透镜之间的距离，nd1、nd2、…中的每一个表示每个透镜针对 d 线的折射率，而 vd1、vd2、…中的每一个表示每个透镜的阿贝数。

下面将描述的透镜系统的整体长度是通过将后焦距与从第一透镜表面起直达最后透镜表面的距离相加所得的长度。BF（后焦距）是对从最后透镜表面起直达近轴像平面的距离进行空气转换后表达的单位。

若令 x 为以光行进方向为正（向）的光轴，令 y 为与光轴正交的方向，则非球面表面的形状通过下面的表达式来描述。

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

其中，r 表示近轴曲率半径，K 表示圆锥系数，A₄、A₆、A₈、A₁₀ 以及 A₁₂ 分别表示四阶、六阶、八阶、十阶以及十二阶的非球面表面系数。而且，在非球面表面系数中，“e-n”（其中，n 为整数）表示“10⁻ⁿ”。

而且，“A”意味着表面是非球面表面，而“S”意味着表面是孔径光阑，“FS”意味着表面是光斑光阑。

实施例 1
单位 mm

表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
物平面	∞	∞		
1*	-13.266	0.70	1.90366	31.32
2*	10.640	1.43	1.94595	17.98
3*	120.518	可变		
4 (S)	∞	-0.40		
5*	5.323	2.15	1.80610	40.73
6	11.829	1.09	1.84666	23.78
7	4.228	2.00	1.58313	59.38

8*	8.800	0.74		
9 (FS)	∞	可变		
10*	31.396	1.40	1.61800	63.33
11	-16.128	1.00	1.94595	17.98
12	-17.230	可变		
13	∞	0.50	1.51633	64.14
14	∞	0.50		
15	∞	0.50	1.51633	64.14
16	∞	0.42		

像平面（光接收表面）

非球面系数

第一表面

$K=0.000$, $A_4=2.25854e-04$, $A_6=1.86696e-05$,
 $A_8=-7.96203e-07$, $A_{10}=1.00881e-08$

第二表面

$K=0.896$, $A_4=5.34315e-04$, $A_6=-6.01400e-05$,
 $A_8=3.06150e-06$, $A_{10}=-5.43479e-08$

第三表面

$K=0.000$, $A_4=1.40815e-04$, $A_6=1.94199e-05$,
 $A_8=-8.79011e-07$, $A_{10}=1.17235e-08$

第五表面

$K=-1.905$, $A_4=1.50790e-03$, $A_6=3.42444e-06$,
 $A_8=4.39108e-07$, $A_{10}=-1.94935e-08$

第八表面

$K=1.307$, $A_4=2.56621e-03$, $A_6=8.98679e-05$,
 $A_8=1.50168e-05$, $A_{10}=-9.32075e-07$

第十表面

$K=0.000$, $A_4=2.34287e-04$, $A_6=4.67565e-06$,

A8= -1.46515e-07, A10= -2.23974e-09

变焦比 2.880

组焦距

f1= -13.80 f2=14.34 f3=18.63

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.84	3.84	3.84
焦距	7.51	13.50	21.62
Fno.	3.80	4.82	6.00
2 ω (°)	62.42	33.69	20.65
BF	9.27	14.09	21.84
总长度	39.66	37.01	39.66
d3	17.30	7.83	2.77
d9	2.97	4.98	4.93
d12	7.69	12.51	20.26

实施例 2

单位 mm

表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1*	-14.278	0.70	1.90366	31.32
2	11.423	2.19	1.94595	17.98
3*	101.992	可变		
4 (S)	∞	-0.40		
5*	4.853	2.00	1.80610	40.73

6	6.262	0.70	1.84666	23.78
7	3.448	2.00	1.58313	59.38
8*	7.042	0.74		
9 (FS)	∞	可变		
10*	14.000	1.40	1.49700	81.54
11	-20.483	可变		
12	∞	0.50	1.51633	64.14
13	∞	0.50		
14	∞	0.50	1.51633	64.14
15	∞	0.42		

像平面（光接收表面）

非球面系数

第一表面

$k=0.000$, $A_4=7.74415e-05$, $A_6=1.92625e-05$,

$A_8=-6.74734e-07$, $A_{10}=7.65589e-09$

第三表面

$k=0.000$, $A_4=2.19531e-06$, $A_6=2.08307e-05$,

$A_8=-8.42305e-07$, $A_{10}=1.11273e-08$

第五表面

$k=-1.653$, $A_4=1.64937e-03$, $A_6=1.77730e-05$,

$A_8=-5.69688e-07$, $A_{10}=4.77908e-08$

第八表面

$k=0.709$, $A_4=2.24931e-03$, $A_6=1.47533e-04$,

$A_8=-2.26007e-06$, $A_{10}=8.19389e-07$

第十表面

$k=0.000$, $A_4=9.99841e-05$, $A_6=1.25435e-05$,

$A_8=-1.26758e-06$, $A_{10}=4.12786e-08$

变焦比 2.865

组焦距

f1=-14.36 f2=15.70 f3=16.96

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.84	3.84	3.84
焦距	7.51	13.50	21.51
Fno.	3.84	4.87	6.00
2 ω (°)	62.40	34.20	20.88
BF	9.77	14.47	21.92
总长度	39.66	37.53	38.96
d3	17.59	7.75	2.43
d9	2.97	5.98	5.27
d11	8.18	12.89	20.32

实施例 3

单位 mm

表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1*	-14.202	0.70	1.90366	31.32
2*	11.602	2.06	1.94595	17.98
3*	100.000	可变		
4 (S)	∞	-0.40		
5*	4.895	2.00	1.80610	40.73
6	6.312	0.70	1.84666	23.78
7	3.493	2.00	1.58313	59.38
8*	7.286	0.74		

9 (FS)	∞	可变		
10*	16.641	1.44	1.49700	81.54
11	-17.351	可变		
12	∞	0.50	1.51633	64.14
13	∞	0.50		
14	∞	0.50	1.51633	64.14
15	∞	0.42		

像平面（光接收表面）

非球面系数

第一表面

k=0.000, A4=9.96784e-05, A6=1.88177e-05,

A8= -6.94583e-07, A10=8.21071e-09

第二表面

k=1.014, A4=3.62106e-04, A6= -3.16045e-05,

A8=8.37338e-07, A10= -5.03458e-09

第三表面

k=0.000, A4=3.52517e-05, A6=1.98363e-05,

A8= -8.69684e-07, A10=1.24506e-08

第五表面

k= -1.669, A4=1.63669e-03, A6=1.85525e-05,

A8= -5.86746e-07, A10=4.17552e-08

第八表面

k=0.817, A4=2.29412e-03, A6=1.47421e-04,

A8=1.37442e-06, A10=2.88869e-07

第十表面

k=0.000, A4=1.55155e-04, A6=1.10296e-05,

A8= -1.02387e-06, A10=3.11979e-08

变焦比 2.880

组焦距

f1= -14.25 f2=15.56 f3=17.34

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.84	3.84	3.84
焦距	7.51	13.42	21.62
Fno.	3.82	4.83	6.00
2 ω (°)	62.40	34.15	20.72
BF	9.84	14.53	22.17
总长度	39.66	37.19	39.13
d3	17.61	7.90	2.54
d9	2.97	5.53	5.19
d11	8.27	12.95	20.59

实施例 4

单位 mm

表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1*	-14.017	0.70	1.90366	31.32
2	11.214	2.45	1.94595	17.98
3*	120.518	可变		
4 (S)	∞	-0.40		
5*	4.995	2.09	1.80610	40.73
6	9.180	0.91	1.84666	23.78
7	3.878	2.00	1.58313	59.38
8*	7.393	0.74		

9 (FS)	∞	可变		
10*	14.000	1.40	1.49700	81.54
11	-24.036	1.00	1.94595	17.98
12	-23.330	可变		
13	∞	0.50	1.51633	64.14
14	∞	0.50		
15	∞	0.50	1.51633	64.14
16	∞	0.42		

像平面（光接收表面）

非球面系数

第一表面

k=0.000, A4=6.93898e-05, A6=2.02050e-05,
A8= -7.16655e-07, A10=8.24537e-09

第三表面

k=0.000, A4= -5.40678e-06, A6=2.18912e-05,
A8= -9.29715e-07, A10=1.29057e-08

第五表面

k= -1.753, A4=1.61802e-03, A6=1.30324e-05,
A8= -5.37442e-07, A10=4.61596e-08

第八表面

k=1.235, A4=2.46506e-03, A6=1.74410e-04,
A8= -6.80292e-06, A10=1.62237e-06

第十表面

k=0.000, A4=1.52134e-04, A6=1.19379e-05,
A8= -1.21368e-06, A10=4.06969e-08

变焦比 2.880

组焦距

f1= -14.44 f2=14.49 f3=17.77

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.84	3.84	3.84
焦距	7.51	13.44	21.62
Fno.	3.82	4.88	6.00
2 ω (°)	62.39	34.47	20.79
BF	8.69	12.93	20.60
总长度	39.66	37.63	38.83
d3	17.12	7.62	2.09
d9	2.97	6.19	5.25
d12	7.11	11.35	19.02

实施例 5

单位 mm

表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1*	-14.496	0.70	1.90366	31.32
2*	11.651	1.60	1.94595	17.98
3*	120.518	可变		
4 (S)	∞	-0.40		
5*	5.011	2.00	1.80610	40.73
6	9.861	0.90	1.84666	23.78
7	3.994	2.00	1.58313	59.38
8*	7.362	0.64		
9 (FS)	∞	可变		
10*	14.000	1.40	1.49700	81.54

11	-25.543	1.00	1.94595	17.98
12	-24.847	可变		
13	∞	0.50	1.51633	64.14
14	∞	0.50		
15	∞	0.50	1.51633	64.14
16	∞	0.42		

像平面（光接收表面）

非球面系数

第一表面

$k=0.000$, $A_4=8.38894e-05$, $A_6=2.14564e-05$,
 $A_8=-7.37668e-07$, $A_{10}=8.01740e-09$

第二表面

$k=1.549$, $A_4=3.21241e-04$, $A_6=-2.09401e-05$,
 $A_8=4.65732e-07$, $A_{10}=-1.99254e-09$

第三表面

$k=0.000$, $A_4=3.14284e-05$, $A_6=2.28984e-05$,
 $A_8=-8.85930e-07$, $A_{10}=1.09228e-08$

第五表面

$k=-1.745$, $A_4=1.62305e-03$, $A_6=1.37282e-05$,
 $A_8=-4.14769e-07$, $A_{10}=3.67154e-08$

第八表面

$k=1.277$, $A_4=2.48100e-03$, $A_6=1.74672e-04$,
 $A_8=-3.77235e-06$, $A_{10}=1.25351e-06$

第十表面

$k=0.000$, $A_4=1.59776e-04$, $A_6=1.39303e-05$,
 $A_8=-1.32488e-06$, $A_{10}=4.37187e-08$

变焦比 2.880

组焦距

f1= -14.92 f2=14.70 f3=18.20

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.84	3.84	3.84
焦距	7.51	13.50	21.62
Fno.	3.83	4.87	6.00
2 ω (°)	62.41	34.12	20.74
BF	8.70	12.92	20.17
总长度	39.66	36.64	37.64
d3	18.05	8.08	2.53
d9	3.07	5.81	5.10
d12	7.12	11.34	18.60

实施例 6

单位 mm

表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1*	-10.953	0.50	1.49700	81.54
2	15.249	1.15	1.84666	23.78
3*	26.475	可变		
4 (S)	∞	-0.04		
5*	8.978	1.60	1.72916	54.68
6	-20.000	1.20	1.49700	81.54
7*	74.759	0.10		
8	7.513	1.75	1.83481	42.71
9	-9.872	1.74	1.76182	26.52

10	4.335	可变		
11	25.000	1.90	1.80610	40.92
12*	-12.236	可变		
13	∞	0.40	1.54771	62.84
14	∞	0.50		
15	∞	0.50	1.51633	64.14
16	∞	0.42		

像平面（光接收表面）

非球面系数

第一表面

k=0.000, A4=5.54348e-04, A6= -8.86833e-06,
A8=2.21670e-07, A10= -2.53096e-09

第三表面

k=0.000, A4=1.83539e-04

第五表面

k=0.000, A4= -1.39402e-04, A6=6.29470e-05,
A8= -1.20011e-05, A10=9.09887e-07

第七表面

k=0.000, A4=5.75303e-04, A6=6.03497e-05,
A8= -1.13984e-05, A10=9.36213e-07

第十二表面

k=0.000, A4=5.72875e-04, A6= -2.78681e-05,
A8=8.49030e-07, A10= -1.01158e-08

变焦比 2.882

组焦距

f1= -18.18 f2=10.10 f3=10.43

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.84	3.84	3.84
焦距	6.80	13.73	19.60
Fno.	3.02	4.68	6.00
2 ω (°)	65.02	30.92	22.08
BF	4.05	3.26	2.91
总长度	27.80	27.39	29.69
d3	10.74	3.88	1.59
d10	3.12	10.34	15.30
d12	2.54	1.76	1.39

实施例 7

单位 mm

表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1*	-13.115	0.50	1.49700	81.54
2*	13.089	1.15	1.84666	23.78
3*	19.241	可变		
4 (S)	∞	-0.04		
5*	8.477	1.60	1.72916	54.68
6	-12.993	1.20	1.49700	81.54
7*	22.664	0.10		
8	6.856	1.75	1.83481	42.71
9	-11.411	1.79	1.80518	25.42
10	4.409	可变		
11	25.000	1.90	1.80610	40.92
12*	-11.147	可变		

13	∞	0.40	1.54771	62.84
14	∞	0.50		
15	∞	0.50	1.51633	64.14
16	∞	0.42		

像平面（光接收表面）

非球面系数

第一表面

k=0.000, A4=1.92159e-04, A6=4.30887e-06,
A8= -1.22142e-07, A10=1.24604e-10

第二表面

k= -0.594, A4=5.50339e-05, A6= -2.06673e-05,
A8=5.14911e-07

第三表面

k=0.000, A4= -1.07581e-05

第五表面

k=0.000, A4= -5.46476e-06, A6=4.75856e-05,
A8= -8.22022e-06, A10=5.24732e-07

第七表面

k=0.000, A4=9.79257e-04, A6=3.00855e-05,
A8= -2.56486e-06, A10=1.36875e-07

第十二表面

k=0.000, A4=7.34585e-04, A6= -2.93842e-05,
A8=8.41145e-07, A10= -9.79956e-09

变焦比 2.882

组焦距

f1= -17.95 f2=9.86 f3=9.79

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.84	3.84	3.84
焦距	6.80	13.73	19.60
Fno.	3.02	4.68	6.00
2 ω (°)	64.01	30.35	21.67
BF	3.85	3.22	3.01
总长度	27.43	27.15	29.69
d3	10.54	3.85	1.59
d10	3.08	10.13	15.15
d12	2.35	1.72	1.49

实施例 8

单位 mm

表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1*	-17.195	0.70	1.90366	31.32
2	15.385	1.59	1.94595	17.98
3*	100.000	可变		
4 (S)	∞	-0.40		
5*	4.270	2.05	1.80610	40.73
6	8.640	0.70	1.84666	23.78
7	3.448	2.05	1.58313	59.38
8*	10.474	0.64		
9 (FS)	∞	可变		
10*	-21.866	1.40	1.49700	81.54
11	-39.724	可变		
12	∞	0.50	1.51633	64.14

13	∞	0.50		
14	∞	0.50	1.51633	64.14
15	∞	0.40		

像平面（光接收表面）

非球面系数

第一表面

k=0.000, A4= -1.78784e-04, A6=2.76422e-05,
A8= -7.00116e-07, A10=3.93777e-09

第三表面

k=0.000, A4= -2.24857e-04, A6=3.82950e-05,
A8= -1.19949e-06, A10=9.01148e-09

第五表面

k= -1.167, A4=1.65148e-03, A6=4.20736e-05,
A8=1.26868e-06, A10=2.41296e-08

第八表面

k=13.113, A4=4.46574e-03, A6=1.54812e-04,
A8=7.84953e-05, A10=6.83402e-06

第十表面

k=0.000, A4=8.52136e-04, A6=2.46109e-05,
A8= -1.66769e-06, A10=5.32946e-07

变焦比 2.878

组焦距

f1= -16.73 f2=9.23 f3= -100.49

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.84	3.84	3.84

焦距	7.51	13.06	21.60
Fno.	3.51	4.47	6.00
2 ω (°)	63.13	34.31	20.45
BF	4.56	5.81	9.90
总长度	32.76	26.53	26.45
d3	16.39	7.20	2.45
d9	3.07	4.78	5.36
d11	3.00	4.25	8.34

实施例 9
单位 mm

表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1*	-17.308	0.70	1.90366	31.32
2*	16.048	1.00	1.94595	17.98
3*	100.000	可变		
4 (S)	∞	-0.40		
5*	4.271	2.05	1.80610	40.73
6	8.578	0.70	1.84666	23.78
7	3.448	2.02	1.58313	59.38
8*	10.473	0.64		
9 (FS)	∞	可变		
10*	-20.803	1.40	1.49700	81.54
11	-36.578	可变		
12	∞	0.50	1.51633	64.14
13	∞	0.50		
14	∞	0.50	1.51633	64.14
15	∞	0.42		

像平面（光接收表面）

非球面系数

第一表面

$k=0.000$, $A_4=-1.62082e-04$, $A_6=2.91039e-05$,
 $A_8=-6.77478e-07$, $A_{10}=2.77738e-09$

第二表面

$k=-7.780$, $A_4=1.48650e-04$, $A_6=3.03155e-05$,
 $A_8=-5.73951e-08$, $A_{10}=-2.86094e-08$

第三表面

$k=0.000$, $A_4=-2.17097e-04$, $A_6=4.05765e-05$,
 $A_8=-1.09478e-06$, $A_{10}=5.48292e-09$

第五表面

$k=-1.161$, $A_4=1.65505e-03$, $A_6=4.06561e-05$,
 $A_8=1.08671e-06$, $A_{10}=6.57786e-08$

第八表面

$k=13.238$, $A_4=4.49522e-03$, $A_6=1.09698e-04$,
 $A_8=8.56693e-05$, $A_{10}=6.16944e-06$

第十表面

$k=0.000$, $A_4=8.44619e-04$, $A_6=1.12866e-05$,
 $A_8=3.76746e-07$, $A_{10}=3.88770e-07$

变焦比 2.880

组焦距

$f_1=-16.83$ $f_2=9.25$ $f_3=-100.00$

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.84	3.84	3.84

焦距	7.51	13.50	21.62
Fno.	3.52	4.55	6.00
2 ω (°)	62.65	33.08	20.40
BF	4.58	5.90	9.90
总长度	32.50	26.00	26.04
d3	16.73	7.06	2.66
d9	3.07	4.92	5.36
d11	3.00	4.32	8.32

实施例 10

单位 mm

表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1*	-12.658	0.50	1.49700	81.54
2	10.548	1.15	1.84666	23.78
3*	11.669	可变		
4 (S)	∞	-0.04		
5*	16.216	1.60	1.72916	54.68
6	-20.000	1.20	1.49700	81.54
7*	-4.309	0.10		
8	-8.799	1.75	1.83481	42.71
9	-9.613	0.50	1.76182	26.52
10	-24.033	可变		
11	-63.929	1.90	1.80610	40.92
12*	46.967	可变		
13	∞	0.40	1.54771	62.84
14	∞	0.50		
15	∞	0.50	1.51633	64.14

16 ∞ 0.40
像平面（光接收表面）

非球面系数

第一表面

k=0.000, A4=1.23221e-04, A6= -3.54661e-06,
A8=1.03494e-07, A10= -9.58241e-10

第三表面

k=0.000, A4= -5.10764e-05

第五表面

k=0.000, A4= -2.10331e-03, A6= -1.14105e-04,
A8= -1.82025e-05, A10= -2.69682e-06

第七表面

k=0.000, A4= -6.08013e-04, A6= -2.86534e-05,
A8= -2.29854e-05, A10=4.90151e-07

第十二表面

k=0.000, A4=1.20316e-03, A6=7.08569e-06,
A8= -3.62446e-06, A10=2.66828e-07

变焦比 2.882

组焦距

f1= -12.59 f2=9.26 f3= -33.33

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.84	3.84	3.84
焦距	6.80	13.73	19.60
Fno.	3.99	5.14	6.00
2 ω (°)	68.09	29.86	20.79

BF	4.32	4.15	2.67
总长度	34.69	29.21	30.08
d3	14.68	4.75	1.59
d10	7.03	11.66	17.17
d12	2.83	2.66	1.18

实施例 11

单位 mm

表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1*	-12.124	0.50	1.49700	81.54
2*	11.109	1.15	1.84666	23.78
3*	12.230	可变		
4 (S)	∞	-0.04		
5*	15.848	1.60	1.72916	54.68
6	-20.000	1.20	1.49700	81.54
7*	-4.305	0.10		
8	-8.555	1.75	1.83481	42.71
9	-9.656	0.50	1.76182	26.52
10	-22.922	可变		
11	-63.929	1.90	1.80610	40.92
12*	46.967	可变		
13	∞	0.40	1.54771	62.84
14	∞	0.50		
15	∞	0.50	1.51633	64.14
16	∞	0.40		

像平面（光接收表面）

非球面系数

第一表面

k=0.000, A4=9.13160e-05, A6=2.72628e-07,
A8=9.17430e-08, A10=-1.73728e-09

第二表面

k=1.207, A4=1.95029e-04, A6=-4.09681e-06,
A8=-3.66823e-07, A10=7.83972e-09

第三表面

k=0.000, A4=6.57630e-05

第五表面

k=0.000, A4=-2.05760e-03, A6=-1.10415e-04,
A8=-1.71201e-05, A10=-2.79258e-06

第七表面

k=0.000, A4=-5.76651e-04, A6=-2.39611e-05,
A8=-2.29215e-05, A10=4.40799e-07

第十二表面

k=0.000, A4=1.21846e-03, A6=-1.87774e-06,
A8=-2.39335e-06, A10=2.19720e-07

变焦比 2.882

组焦距

f1=-12.55 f2=9.27 f3=-33.33

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.84	3.84	3.84
焦距	6.80	13.73	19.60
Fno.	3.99	5.14	6.00
2ω (°)	68.03	29.87	20.78

BF	4.31	4.12	2.67
总长度	34.69	29.24	30.14
d3	14.66	4.74	1.59
d10	7.06	11.74	17.23
d12	2.83	2.67	1.18

实施例 12
单位 mm

表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1*	-23.713	0.70	1.90366	31.32
2*	18.969	1.54	1.63494	23.22
3*	100.000	可变		
4 (S)	∞	-0.40		
5*	4.385	2.18	1.80610	40.73
6	5.648	0.73	1.84666	23.78
7	3.450	2.13	1.58313	59.38
8*	8.777	0.64		
9 (FS)	∞	可变		
10*	9.572	1.40	1.49700	81.54
11*	12.809	可变		
12	∞	0.50	1.51633	64.14
13	∞	0.50		
14	∞	0.50	1.51633	64.14
15	∞	0.41		

像平面（光接收表面）

非球面系数

第一表面

k=0.000, A4=2.22078e-04, A6=8.37534e-06,
A8= -8.16149e-07, A10=1.31562e-08

第二表面

k=1.014, A4=2.39436e-03, A6=4.09562e-05,
A8= -2.46113e-06, A10= -1.60636e-08

第三表面

k=0.000, A4= -7.89414e-04, A6=2.06410e-05,
A8= -1.32623e-06, A10=3.81678e-08

第五表面

k= -1.430, A4=1.80630e-03, A6=4.88714e-05,
A8= -1.54594e-06, A10=1.11460e-07

第八表面

k=6.388, A4=3.94460e-03, A6=5.66061e-04,
A8= -4.60055e-05, A10=1.75053e-05

第十表面

k=0.000, A4= -9.15114e-06, A6=6.05375e-05,
A8=1.79123e-05, A10= -4.84755e-07

第十一表面

k=0.000, A4= -6.32528e-04, A6= -9.76173e-06,
A8=1.82808e-05, A10=2.04038e-07

变焦比 2.880

组焦距

f1= -16.88 f2=9.90 f3=66.64

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.50	3.50	3.50

焦距	7.51	13.51	21.62
Fno.	3.53	4.60	6.00
2ω (°)	56.28	30.30	18.63
BF	4.57	6.91	11.71
总长度	31.70	26.11	26.12
d3	15.14	5.98	1.49
d9	3.07	4.30	4.00
d11	3.00	5.35	10.14

在第十三到第二十四实施方式中，将根据第一到第十二实施方式的变焦镜头分别用在具有以电的方式修正畸变的摄像装置中，其中，有效摄像区域的形状在变焦时发生改变。因此，在第十三到第二十四实施方式中，变焦位置处的像高和视角不同于各自对应实施方式中的像高和视角。

在第十三到第二十四实施方式中，以电的方式修正了发生在广角位置处的筒畸变，并记录或显示经过如此修正的图像。

在根据这些实施方式的变焦镜头中，筒畸变发生在广角端的矩形光电转换表面上。而在长焦端和靠近中间焦距状态下，畸变得到了抑制。

为了以电的方式修正畸变，将有效摄像区域设计成在广角端为筒形，而靠近中间焦距位置和在长焦端为矩形。另外，利用图像处理通过图像转换将已经预先设定的有效摄像区域转换为减少了畸变的矩形图像信息。

将广角端的最大像高 IH_w 设计成小于中间焦距状态下的最大像高 IH_s 和长焦端的最大像高 IH_l 。

在第十三到第二十四实施方式中，按这样的方式来设计有效摄像区域，即，广角端的有效摄像区域在较短边方向上的尺寸等于在光电转换表面的较短边方向上的尺寸，并且在图像处理之后，剩余了大约-3 %的畸变。当然，可以将小于上述区域的筒状区域设置为有效摄像区域，并且可以记录/再现通过将这种区域转换成矩形区域所得的图像。

第十三实施方式中使用的变焦镜头与根据第一实施方式的变焦镜头

相同。

第十四实施方式中使用的变焦镜头与根据第二实施方式的变焦镜头相同。

第十五实施方式中使用的变焦镜头与根据第三实施方式的变焦镜头相同。

第十六实施方式中使用的变焦镜头与根据第四实施方式的变焦镜头相同。

第十七实施方式中使用的变焦镜头与根据第五实施方式的变焦镜头相同。

第十八实施方式中使用的变焦镜头与根据第六实施方式的变焦镜头相同。

第十九实施方式中使用的变焦镜头与根据第七实施方式的变焦镜头相同。

第二十实施方式中使用的变焦镜头与根据第八实施方式的变焦镜头相同。

第二十一实施方式中使用的变焦镜头与根据第九实施方式的变焦镜头相同。

第二十二实施方式中使用的变焦镜头与根据第十实施方式的变焦镜头相同。

第二十三实施方式中使用的变焦镜头与根据第十一实施方式的变焦镜头相同。

第二十四实施方式中使用的变焦镜头与根据第十二实施方式的变焦镜头相同。

实施例 13 中的像高和全像角的数据如下所示。

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.58	3.84	3.84
焦距	7.51	13.50	21.62
Fno.	3.80	4.82	6.00

2ω (°)	57.71	33.69	20.65
---------------	-------	-------	-------

实施例 14 中的像高和全像角的数据如下所示。

实施例 14

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.59	3.84	3.84
焦距	7.51	13.50	21.51
Fno.	3.84	4.87	6.00
2ω (°)	57.78	34.20	20.88

实施例 15 中的像高和全像角的数据如下所示。

实施例 15

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.58	3.84	3.84
焦距	7.51	13.42	21.62
Fno.	3.82	4.83	6.00
2ω (°)	57.74	34.15	20.72

实施例 16 中的像高和全像角的数据如下所示。

实施例 16

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.59	3.84	3.84
焦距	7.51	13.44	21.62
Fno.	3.82	4.88	6.00
2ω (°)	57.79	34.47	20.79

实施例 17 中的像高和全像角的数据如下所示。

实施例 17

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.59	3.84	3.84
焦距	7.51	13.50	21.62
Fno.	3.83	4.87	6.00
2ω (°)	57.81	34.12	20.74

实施例 18 中的像高和全像角的数据如下所示。

实施例 18

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.64	3.84	3.84
焦距	6.80	13.73	19.60
Fno.	3.02	4.68	6.00
2ω (°)	61.61	30.92	22.08

实施例 19 中的像高和全像角的数据如下所示。

实施例 19

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.68	3.84	3.84
焦距	6.80	13.73	19.60
Fno.	3.02	4.68	6.00
2ω (°)	61.28	30.35	21.67

实施例 20 中的像高和全像角的数据如下所示。

实施例 20

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.57	3.84	3.84
焦距	7.51	13.06	21.60
Fno.	3.51	4.47	6.00
2 ω (°)	57.97	34.31	20.45

实施例 21 中的像高和全像角的数据如下所示。

实施例 21

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.58	3.84	3.84
焦距	7.51	13.50	21.62
Fno.	3.52	4.55	6.00
2 ω (°)	57.86	33.08	20.40

实施例 22 中的像高和全像角的数据如下所示。

实施例 22

变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.55	3.84	3.84
焦距	6.80	13.73	19.60
Fno.	3.99	5.14	6.00
2 ω (°)	62.23	29.86	20.79

实施例 23 中的像高和全像角的数据如下所示。

实施例 23

变焦数据

WE	ST	TE
----	----	----

IH	3.55	3.84	3.84
焦距	6.80	13.73	19.60
Fno.	3.99	5.14	6.00
2ω (°)	62.25	29.87	20.78

实施例 24 中的像高和全像角的数据如下所示。

实施例 24
变焦数据

	WE	ST	TE
IH	3.31	3.50	3.50
焦距	7.51	13.51	21.62
Fno.	3.53	4.60	6.00
2ω (°)	52.97	30.30	18.63

图 13A 到 31C 示出了根据第一到第十二实施方式的变焦镜头的其中该变焦镜头聚焦在无限远物点的状态下的像差图。

图 13A、15A、17A、19A、21A、23A、25A、27A、28A、29A、30A 以及 31A 示出了广角端的球差 (SA)、像散 (AS)、畸变 (DT) 以及放大率色差 (CC)。

图 13B、15B、17B、19B、21B、23B、25B、27B、28B、29B、30B 以及 31B 示出了中间状态下的球差 (SA)、像散 (AS)、畸变 (DT) 以及放大率色差 (CC)。

图 13C、15C、17C、19C、21C、23C、25C、27C、28C、29C、30C 以及 31C 示出了长焦端的球差 (SA)、像散 (AS)、畸变 (DT) 以及放大率色差 (CC)。

在这些像差图中，符号 “ ω ” 表示半视角。

在这些像差图中，图 14A 到 14C、16A 到 16C、18A 到 18C、20A 到 20C、22A 到 22C、24A 到 24C 以及 26A 到 26C 示出了根据第一到第十一实施方式的变焦镜头的其中该变焦镜头聚焦在无限远物点的状态的横向像差。

图 14A、16A、18A、20A、22A、24A 以及 26A 示出了广角端的横向像差 (DYY)。

图 14B、16B、18B、20B、22B、24B 以及 26B 示出了中间状态下的横向像差 (DYY)。

图 14C、16C、18C、20C、22C、24C 以及 26C 示出了长焦端的横向像差 (DYY)。

在每个聚焦位置上,从这些横向像差图中的左侧起按顺序示出了 0.6 倍于最大像高、0.8 倍于最大像高以及 1.0 倍于最大像高的位置处的横向像差。在这些横向像差图中,垂直轴表示沿 Y 方向的孔径比,而水平轴表示沿 Y 方向的横向像差的量。

下面,给出了这些实施方式中的条件表达式 (1) 到 (8) 的值。

	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4
(1) D_{G1}/f_w	0.28	0.39	0.37	0.42
(2) f_{G2C1}/f_w	1.19	1.17	1.18	1.16
(3) nd_{G1L1}	1.90366	1.90366	1.90366	1.90366
(4) vd_{G1L1}	-	-	-	-
(5) $(r_{L11f}+r_{L11r}) / (r_{L11f}-r_{L11r})$	0.110	0.111	0.101	0.111
(6) $(r_{L12f}+r_{L12r}) / (r_{L12f}-r_{L12r})$	-1.19	-1.25	-1.26	-1.21
(7) N	7	6	6	7
(8) $\Delta G2/f_w$	1.94	1.93	1.94	1.89

	实施例 5	实施例 6	实施例 7
(1) D_{G1}/f_w	0.31	0.24	0.24
(2) f_{G2C1}/f_w	1.16	1.60	1.44
(3) nd_{G1L1}	1.90366	-	-
(4) vd_{G1L1}	-	81.54	81.54
(5) $(r_{L11f}+r_{L11r}) / (r_{L11f}-r_{L11r})$			

	0.109	-0.164	0.001
(6) $(r_{L12f}+r_{L12r}) / (r_{L12f}-r_{L12r})$	-1.21	-3.72	-5.26
(7) N	7	7	7
(8) $\Delta G2/f_w$	1.80	1.62	1.65

	实施例 8	实施例 9	实施例 10
(1) D_{G1}/f_w	0.31	0.23	0.24
(2) f_{G2C1}/f_w	0.97	0.97	2.62
(3) nd_{G1L1}	1.90366	1.90366	-
(4) vd_{G1L1}	-	-	81.54
(5) $(r_{L11f}+r_{L11r}) / (r_{L11f}-r_{L11r})$	0.06	0.04	0.09
(6) $(r_{L12f}+r_{L12r}) / (r_{L12f}-r_{L12r})$	-1.36	-1.38	-19.82
(7) N	6	6	7
(8) $\Delta G2/f_w$	1.02	1.01	1.25

	实施例 11	实施例 12
(1) D_{G1}/f_w	0.24	0.30
(2) f_{G2C1}/f_w	2.57	0.98
(3) nd_{G1L1}	-	1.90366
(4) vd_{G1L1}	81.54	-
(5) $(r_{L11f}+r_{L11r}) / (r_{L11f}-r_{L11r})$	0.04	0.11
(6) $(r_{L12f}+r_{L12r}) / (r_{L12f}-r_{L12r})$	-20.81	-1.47
(7) N	7	6
(8) $\Delta G2/f_w$	1.25	1.07

	实施例 13	实施例 14	实施例 15	实施例 16
(1) D_{G1}/f_w	0.28	0.39	0.37	0.42
(2) f_{G2C1}/f_w	1.19	1.17	1.18	1.16
(3) nd_{G1L1}	1.90366	1.90366	1.90366	1.90366
(4) vd_{G1L1}	-	-	-	-
(5) $(r_{L11f}+r_{L11r}) / (r_{L11f}-r_{L11r})$	0.110	0.111	0.101	0.111
(6) $(r_{L12f}+r_{L12r}) / (r_{L12f}-r_{L12r})$	-1.19	-1.25	-1.26	-1.21
(7) N	7	6	6	7
(8) $\Delta G2/f_w$	1.94	1.93	1.94	1.89

	实施例 17	实施例 18	实施例 19
(1) D_{G1}/f_w	0.31	0.24	0.24
(2) f_{G2C1}/f_w	1.16	1.60	1.44
(3) nd_{G1L1}	1.90366	-	-
(4) vd_{G1L1}	-	81.54	81.54
(5) $(r_{L11f}+r_{L11r}) / (r_{L11f}-r_{L11r})$	0.109	-0.164	0.001
(6) $(r_{L12f}+r_{L12r}) / (r_{L12f}-r_{L12r})$	-1.21	-3.72	-5.26
(7) N	7	7	7
(8) $\Delta G2/f_w$	1.80	1.62	1.65

	实施例 20	实施例 21	实施例 22
(1) D_{G1}/f_w	0.31	0.23	0.24
(2) f_{G2C1}/f_w	0.97	0.97	2.62
(3) nd_{G1L1}	1.90366	1.90366	-

(4) vd_{G1L1}	-	-	81.54
(5) $(r_{L11f}+r_{L11r}) / (r_{L11f}-r_{L11r})$	0.06	0.04	0.09
(6) $(r_{L12f}+r_{L12r}) / (r_{L12f}-r_{L12r})$	-1.36	-1.38	-19.82
(7) N	6	6	7
(8) $\Delta G2/f_w$	1.02	1.01	1.25

	实施例 23	实施例 24
(1) D_{G1}/f_w	0.24	0.30
(2) f_{G2C1}/f_w	2.57	0.98
(3) nd_{G1L1}	-	1.90366
(4) vd_{G1L1}	81.54	-
(5) $(r_{L11f}+r_{L11r}) / (r_{L11f}-r_{L11r})$	0.04	0.11
(6) $(r_{L12f}+r_{L12r}) / (r_{L12f}-r_{L12r})$	-20.81	-1.47
(7) N	7	6
(8) $\Delta G2/f_w$	1.25	1.07

此外，下面给出了这些实施方式中的条件表达式的值。

	实施例 1, 13	实施例 2, 14	实施例 3, 15	实施例 4, 16
(9) nd_{3low}	1.618	1.497	1.497	1.497
(10) $(r_{3a}+r_{3b}) / (r_{3a}-r_{3b})$	0.291	-0.188	-0.021	-0.250
(11) D_{g3}/r_{3b}	-0.139	-0.068	-0.083	-0.103
(12) $\Delta D_{g3}/lh$	3.272	3.166	3.209	3.102
(13) D_{12}/D_{23}	4.556	4.634	4.639	4.505
(14) D_{g1}/f_l	-0.154	-0.201	-0.193	-0.218

(15) $(r_{1na}+r_{1nb}) / (r_{1na}-r_{1nb})$	0.110	0.111	0.101	0.111
	实施例 5, 17	实施例 6, 18	实施例 7, 19	
(9) nd_{3low}	1.497	1.8061	1.8061	
(10) $(r_{3a}+r_{3b}) / (r_{3a}-r_{3b})$	-0.279	0.343	0.383	
(11) D_{g3}/r_{3b}	0.097	-0.155	-0.170	
(12) $\Delta D_{g3}/l_h$	2.988	-0.299	-0.221	
(13) D_{12}/D_{23}	4.759	3.433	3.405	
(14) D_{g1}/f_l	-0.154	-0.091	0.092	
(15) $(r_{1na}+r_{1nb}) / (r_{1na}-r_{1nb})$	0.109	-0.164	0.001	

顺便提及, 为了防止出现重影和光斑, 通常将防反射涂层涂覆在透镜与空气接触的表面上。

另一方面, 在胶合透镜的胶合表面处, 胶合剂的折射率远高于空气的折射率。因此, 在许多情况下, 反射率最初为单层涂层的水平或者更低, 从而, 在很少的情况下才涂覆涂层。然而, 当实际上对胶合表面涂覆防反射涂层时, 可以进一步减小重影和光斑, 并且获得更满意的图像。

具体来说, 为了在像差修正上获得良好的效果, 近来已经将具有高折射率的玻璃材料广泛用于摄像机的光学系统。然而, 在将具有高折射率的玻璃材料用作胶合透镜时, 胶合表面处的反射变得不可忽略。在这种情况下, 在胶合表面上涂覆防反射涂层特别有效。

日本专利申请特开公报 No. Hei 2-27301、No. 2001-324676、No. 2005-92115 以及美国专利 No. 7116482 中已经公开了胶合表面涂层的有效应用。在这些专利文献中, 描述了正的前端 (preceding) 变焦镜头系统的第一透镜单元中的胶合透镜表面涂层, 并且可以对本发明的具有正屈光力的第一透镜单元中的胶合透镜表面来执行与这些专利文献中公开的相同的应用。

作为要使用的涂层材料, 根据胶合材料的折射率和作为基底的透镜的折射率, 可以恰当地选择具有较高折射率的诸如 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 CeO_2 、 SnO_2 、 In_2O_3 、 ZnO 以及 Y_2O_3 的涂层材料, 和具有较低折射率的诸如 MgF_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 的涂层材料, 并且将它们设置成满足相位条件的膜厚度。

自然, 与透镜的和空气接触的表面上的涂层类似, 还可以把胶合表面上的涂层设成多层涂层。通过将膜厚度和层数不少于两层的涂层材料恰当地组合起来, 可以进一步减小反射率, 并且可以控制光谱特征和角特征。

而且, 不言而喻, 对于除了第一透镜单元中的透镜以外的其它透镜的胶合表面, 基于类似的思想, 在胶合表面上涂覆涂层也是有效的。

(畸变修正)

另外, 在使用本发明的变焦镜头系统时, 以电的方式执行对图像畸变的数字修正。下面将描述对图像畸变进行数字修正的基本概念。

例如, 如图 32 所示, 以光轴和摄像平面的交点为中心, 与有效摄像平面的较长边内接的半径为 R 的圆的圆周(像高)的放大率是固定的, 并且令该圆为修正的基础参照。接下来, 沿大致径向方向移动除了半径 R 以外的其它任意半径 $r(\omega)$ 的圆周(像高)上的每个点, 并且通过在同圆心圆上移动使半径变为 $r'(\omega)$ 来进行修正。

例如, 在图 32 中, 朝着半径为 R 的圆的中心, 将定位在该圆的内部的任意半径 $r_1(\omega)$ 的圆周上的点 P_1 移至要修正的半径为 $r_1'(\omega)$ 的圆周上的点 P_2 。而且, 朝(沿)着远离该圆的中心的方向, 将定位在该圆的外部任意半径 $r_2(\omega)$ 的圆周上的点 Q_1 移至要修正的半径为 $r_2'(\omega)$ 的圆周上的点 Q_2 。

这里, $r_1'(\omega)$ 可以表达如下:

$$r_1'(\omega) = \alpha \cdot f \cdot \tan \omega \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

其中, ω 是物的半像角, 而 f 是成像光学系统(本发明中的变焦镜头系统)的焦距。

这里, 如果令与半径为 R 的圆(像高)相对应的理想像高为 Y , 则

$$\alpha = R / Y = R / (f \cdot \tan \omega)。$$

理想的是，该光学系统是相对于光轴旋转对称的。换句话说，畸变也按相对于光轴旋转对称的方式出现。从而，如上所述，对于以电的方式修正光学畸变的情况来说，若可以通过以再现图像的光轴与摄像平面的交点为中心，固定与有效摄像平面的较长边内接的半径为 R 的圆的圆周（像高）的放大率，并且沿大致径向方向移动除了半径 R 以外的其它任意半径 $r(\omega)$ 的圆周（像高）上的每个点，并且在同心圆上移动使半径变为 $r'(\omega)$ 来进行修正，则就数据量和计算量而言可以认为是有利的。

顺便提及，光学图像在电子摄像组件拍摄图像的时间点处不再是连续量（由于采样）。从而，只要电子摄像组件上的像素不是以径向方式排列，在光学图像上精确绘制的半径为 R 的圆就不再是精确的圆。

换句话说，关于针对每个离散坐标点表达的图像数据的形状修正，不存在可以固定放大率的圆。因此，针对每个像素 (X_i, Y_j) ，可以使用一种确定移动目的地的坐标 (X'_i, Y'_j) 的方法。当两个或更多个点 (X_i, Y_j) 已经移至坐标 (X'_i, Y'_j) 时，采用每个像素的平均值。而且，当不存在已经移动的点时，可以利用一些周围像素的坐标值 (X'_i, Y'_j) 来执行插值。

当特别是在具有变焦镜头系统的电子摄像装置中相对于光轴的畸变因光学系统或电子摄像组件的加工误差而显著时，并且当光学图像上绘制的半径为 R 的圆变得不对称时，这种方法对于修正来说是有效的。而且，当在摄像组件或多种输出装置中将信号再现成图像时出现几何畸变时，这种方法对于修正来说也是有效的。

在本发明的电子摄像装置中，为了计算修正量 $r'(\omega) - r(\omega)$ ，可以构造这样一种布置，即，将 $r(\omega)$ ，换句话说，半像角与像高之间的关系，或者真实像高 r 与理想像高 r' / α 之间的关系，记录在内置于该电子摄像装置中的记录介质内。

为了使畸变修正之后的图像不在沿较短边方向的两端极其缺乏光量，半径 R 可以满足以下条件表达式。

$$0 \leq R \leq 0.6 L_s$$

其中， L_s 是有效摄像表面的较短边的长度。

优选的是，半径 R 满足以下条件表达式。

$$0.3L_s \leq R \leq 0.6L_s$$

而且，最有利的是，使半径 R 与同实质有效摄像平面的较短边方向内部接触的圆的半径相匹配。对于放大率在半径 $R = 0$ 附近，换句话说，在轴附近固定的修正的情况来说，对于大量图像来说稍微不利，但可以确保即使加宽角度也可使尺寸变小的效果。

将需要修正的焦距区间分成多个焦点区。而且，在划分出的焦点区中的长焦端附近，可以利用与在获得基本满足下面的关系的修正结果的情况下同样的修正量来进行修正：

$$r'(\omega) = \alpha \cdot f \cdot \tan \omega。$$

然而，这种情况下，在划分出的焦点区中的广角端，一定程度上保持了划分出的焦点区的广角端的筒状畸变。而且，当划分出的焦点区的数量增大时，出现了在记录介质中额外保存修正所需特定数据的需求。因此，优选的是，不增大划分出的焦点区的数量。因此，预先计算出与划分出的焦点区中的每一个焦距相关联的一个或多个系数。可以基于仿真测量或实际装备测量来确定这些系数。

可以计算出划分出的焦点区中的长焦端附近的修正结果大致满足下面的关系时的修正量：

$$r_1'(\omega) = \alpha \cdot f \cdot \tan \omega，$$

并且可以通过统一乘以针对该修正量的每个焦距的系数，将该修正量设为最终修正量。

另外，当通过对无穷远物体成像而获得的图像中不存在畸变时，下面的关系成立。

$$f = y / \tan \omega。$$

这里， y 表示像点距离光轴的高度（像高）， f 表示成像系统（本发明中的变焦镜头系统）的焦距，而 ω 表示与从摄像平面起连接到位置 y 的像点对应的物点方向相对于光轴的角度（物半像角）。

当成像系统中存在筒状畸变时，上述关系变为：

$$f > y / \tan \omega。$$

换句话说,如果令成像系统的焦距 f 和像高 y 固定,则 ω 的值变大。

(数字相机)

图 33 到图 35 是根据本发明的将上述变焦镜头系统并入摄像光学系统 141 中的数字相机的结构的概念图。图 33 是示出数字相机 140 的外观的立体前视图,图 34 是其立体后视图,而图 35 是示出数字相机 140 的结构示意性截面图。图 33 和图 35 示出了摄像光学系统 141 的未缩入状态。在这个实施例的情况下,数字相机 140 包括:具有摄像光路 142 的摄像光学系统 141、具有取景器(finder)光路 144 的取景器光学系统 143、快门按钮 145、闪光灯 146、液晶显示监视器 147、焦距改变按钮 161,以及设置改变按钮 162 等,并且在摄像光学系统 141 的未缩入状态下,通过滑动盖 160,摄像光学系统 141、取景器光学系统 143 以及闪光灯 146 可被盖 160 覆盖。而且,当盖 160 打开并且数字相机 140 被设置在拍照状态下时,摄像光学系统 141 呈现出图 33 所示的未缩入状态,而当设置在数字相机 140 上部的快门按钮 145 被按下时,与快门按钮 145 被按下同步地,由诸如第一实施方式中的变焦镜头系统的摄像光学系统 141 来拍摄照片。由摄像光学系统 141 形成的物体像经由盖玻璃 C 和涂覆有波长区限制涂层的低通滤波器而形成在 CCD 149 的摄像表面上。被 CCD 149 作为光而接收的物体像经由处理装置 151 作为电子图像显示在设置于数字相机 140 背面上的液晶显示监视器 147 上。而且,处理装置 151 连接有记录装置 152,该记录装置还可以记录拍摄到的电子图像。记录装置 152 可以与处理装置 151 分离设置,或者可以通过以电的方式记录或写入在软盘、存储卡或 MO 等中来形成。而且,可以将该相机形成其中设置有银盐胶片而非 CCD 149 的银盐型相机。

而且,取景器光路 144 上设置有取景器物镜光学系统 153。取景器物镜光学系统 153 由多个透镜单元(该图中为三个透镜单元)和两个棱镜组成,并且是由其中焦距与摄像光学系统 141 的变焦镜头系统同步地改变的变焦光学系统构成的。由取景器物镜光学系统 153 形成的物体像形成在作为正像部件的正像棱镜 153 的视场框 157 上。正像棱镜 155 的背侧上设置有用将正像引导至观察者的眼睛的目镜光学系统 159。目镜

光学系统 159 的出射侧设置有盖部件 150。

因为按这种方式构造的数字相机 140 具有根据本发明的摄像光学系统 141，在缩入状态下具有极小的厚度，以及高放大率下整个变焦区中极其稳定的成像性能，所以能够实现高性能、小型化以及宽视角。

（内部电路结构）

图 36 是数字相机 140 的主要部件的内部电路的结构框图。在下面的描述中，上述处理装置 151 例如包括：CDS/ADC 部 124、临时存储器 117 以及图像处理部 118，并且存储装置 152 例如包括存储介质部 119。

如图 36 所示，数字相机 140 包括：操作部 112、连接至操作部 112 的控制部 113、经由总线 114 和总线 115 连接至控制部 113 的控制信号输出端口的临时存储器 117 和成像驱动电路 116、图像处理部 118、存储介质部 119、显示部 120 以及设置信息存储器部 121。

临时存储器 117、图像处理部 118、存储介质部 119、显示部 120 以及设置信息存储器部 121 被构造成能够经由总线 122 相互输入和输出数据。而且，CCD 149 和 CDS/ADC 部 124 连接至成像驱动电路 116。

操作部 112 包括多种输入按钮和开关，并且是向控制部通知（由数字相机的用户）经由这些输入按钮和开关从外部输入的事件信息的电路。

控制部 113 是中央处理单元（CPU），并且具有该图中未示出的内置计算机程序存储器。控制部 113 是根据存储在该计算机程序存储器中的计算机程序，在接收到数字相机的用户经由操作部 112 输入的指令和命令时控制整个数字相机 140 的电路。

CCD 149 以光的形式接收经由根据本发明的摄像光学系统 141 而形成的物体像。CCD 149 是由成像驱动电路 116 驱动和控制的摄像组件，并将物体像的每个像素的光量转换成电信号，输出至 CDS/ADC 部 124。

CDS/ADC 部 124 是用于放大从 CCD 149 输入的电信号的电路，并且执行模/数转换，将仅经过放大并转换成数字数据的图像原始数据（裸数据，下文中，称为“RAW 数据”）输出至临时存储器 117。

临时存储器 117 是例如包括 SDRAM（同步动态随机存取存储器）的缓冲器，并且是临时存储从 CDS/ADC 部 124 输出的 RAW 数据的存储

器装置。图像处理部 118 是读取存储在临时存储器 117 中的 RAW 数据，或存储在存储介质部 119 中的 RAW 数据的电路，并且基于控制部 113 指定的图像质量参数以电的方式执行包括畸变修正在内的多种图像处理。

存储介质部 119 是可拆地安装的例如包括闪速存储器的卡或棒形式的记录介质。存储介质部 119 是将从临时存储器 117 传来的 RAW 数据和在图像处理部 118 中进行图像处理的图像数据记录并保持在卡状闪速存储器和棒状闪速存储器中的装置的控制电路。

显示部 120 包括液晶显示监视器，并且是在液晶显示监视器上显示图像和操作菜单的电路。设置信息存储器部 121 包括其中预先存储有各种图像质量参数的 ROM 部，和存储有通过对操作部 112 的输入操作而在从 ROM 部读取到的图像质量参数中选出的图像质量参数的 RAM 部。设置信息存储存储器 121 是控制对这些存储器的输入和输出的电路。

按这种方式构造的数字相机 140 具有根据本发明的摄像光学系统 141，其在具有足够的广角区和紧凑的结构的同时，在高放大率下的整个放大率区中具有极其稳定的成像性能。因此，可以实现高性能、小型化以及宽视角。而且，可以在广角侧端和长焦侧端实现快速聚焦操作。

如上所述，根据本发明的三单元变焦镜头有利于减小尺寸并获得良好的性能。可以将根据本发明的三单元变焦镜头适当地应用至可以容易地抑制透镜彼此偏心的影响的变焦镜头中。

根据本发明，即使将第二透镜单元设置成在变焦的过程中提供放大率变化，也容易抑制像差中的变化，并且可以提供有利于减小尺寸并减小透镜彼此相对偏心的三单元变焦镜头。

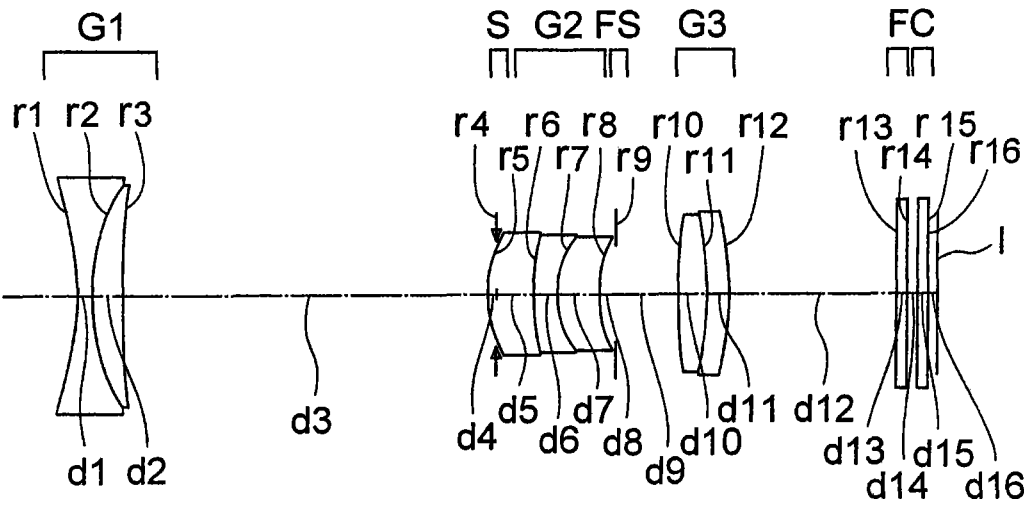


图 1A

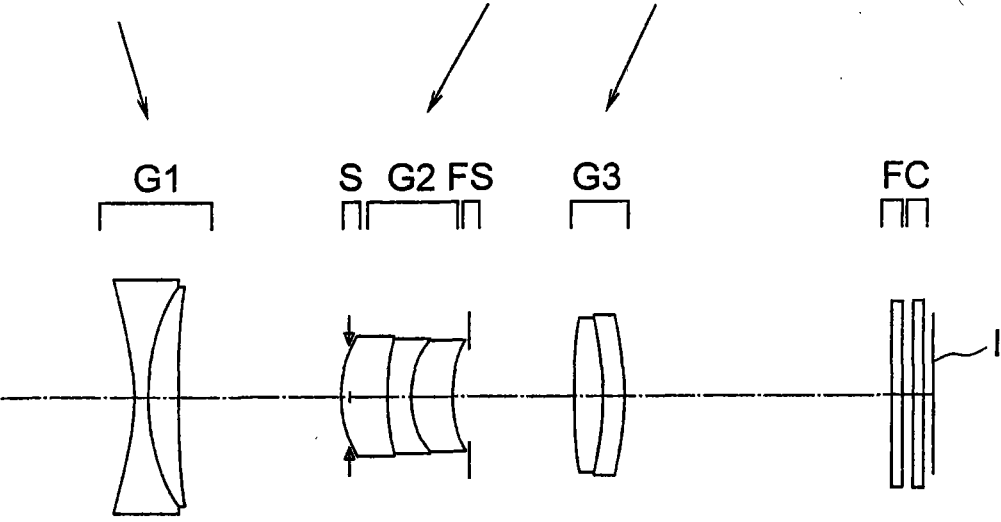


图 1B

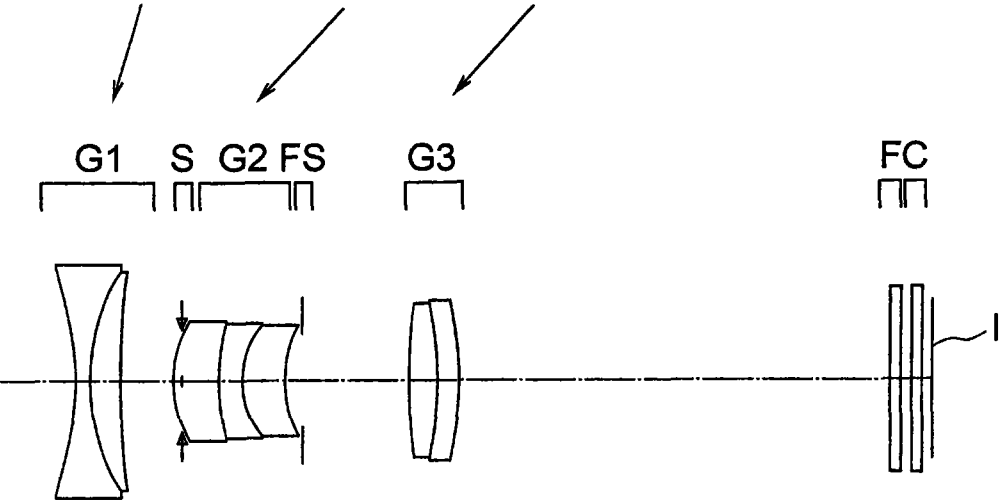


图 1C

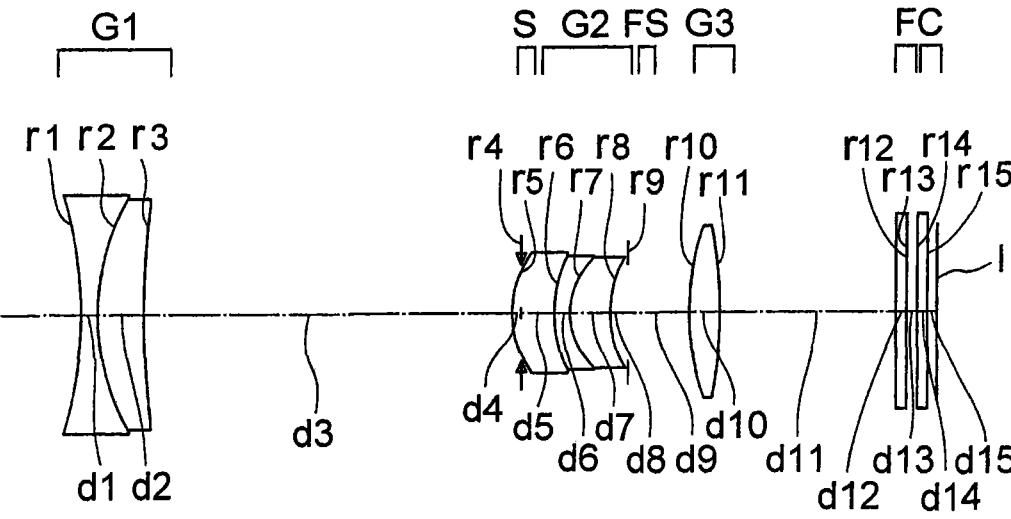


图 2A

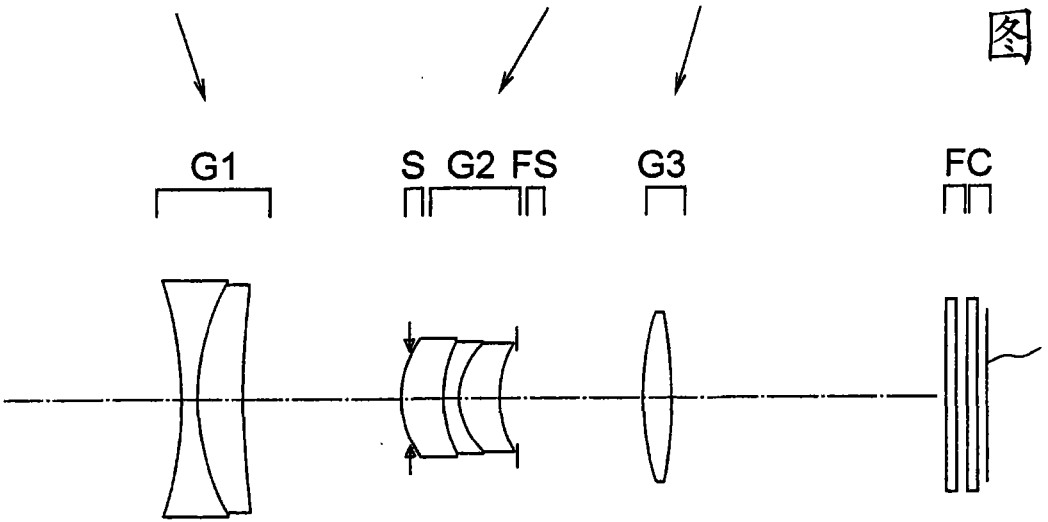


图 2B

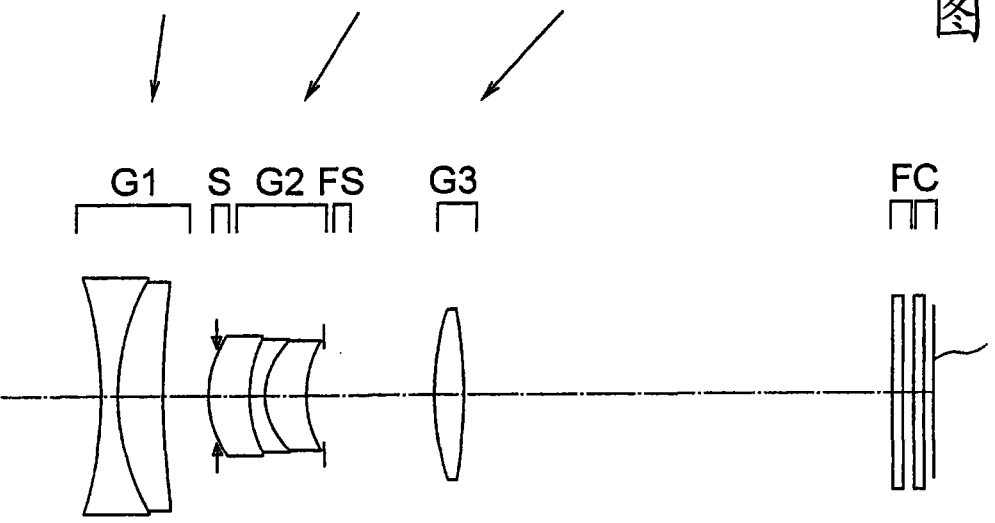
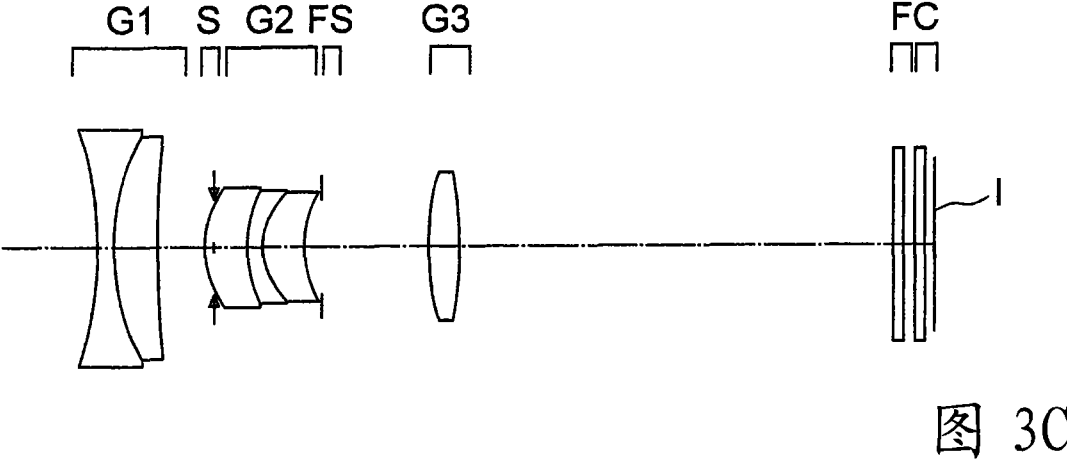
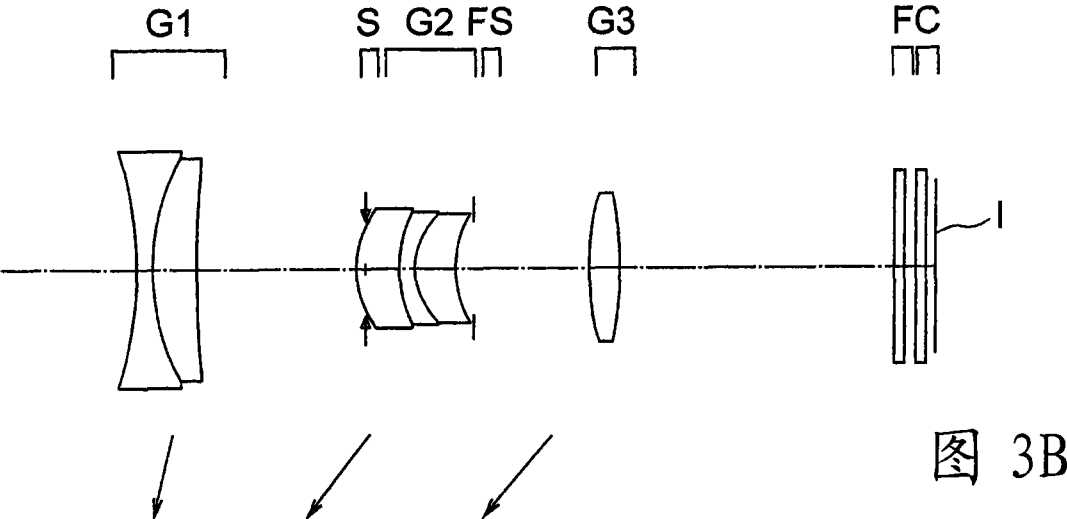
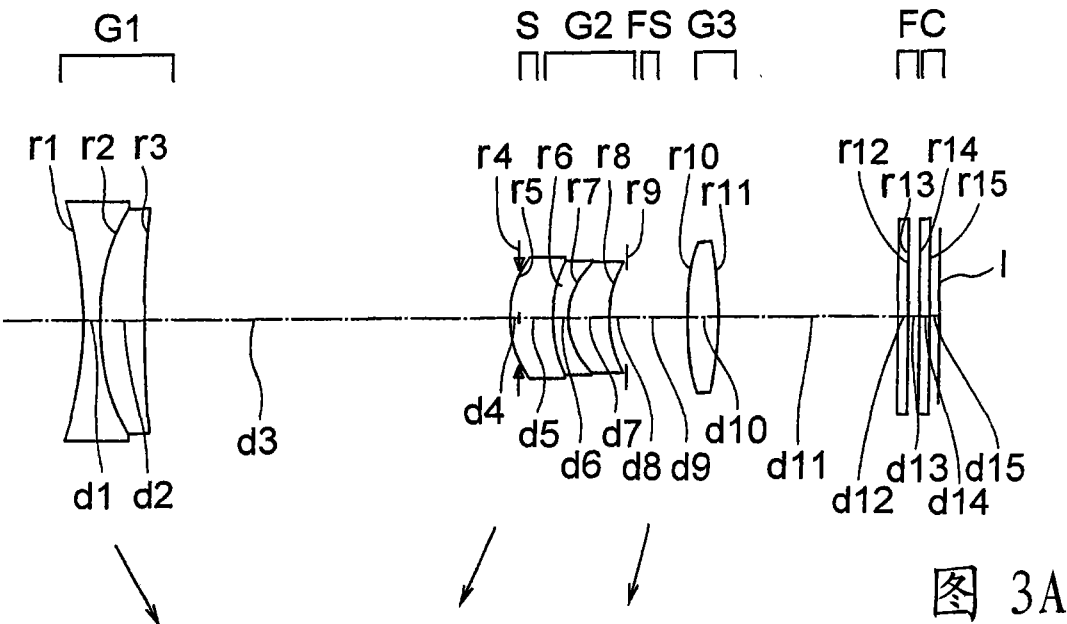


图 2C



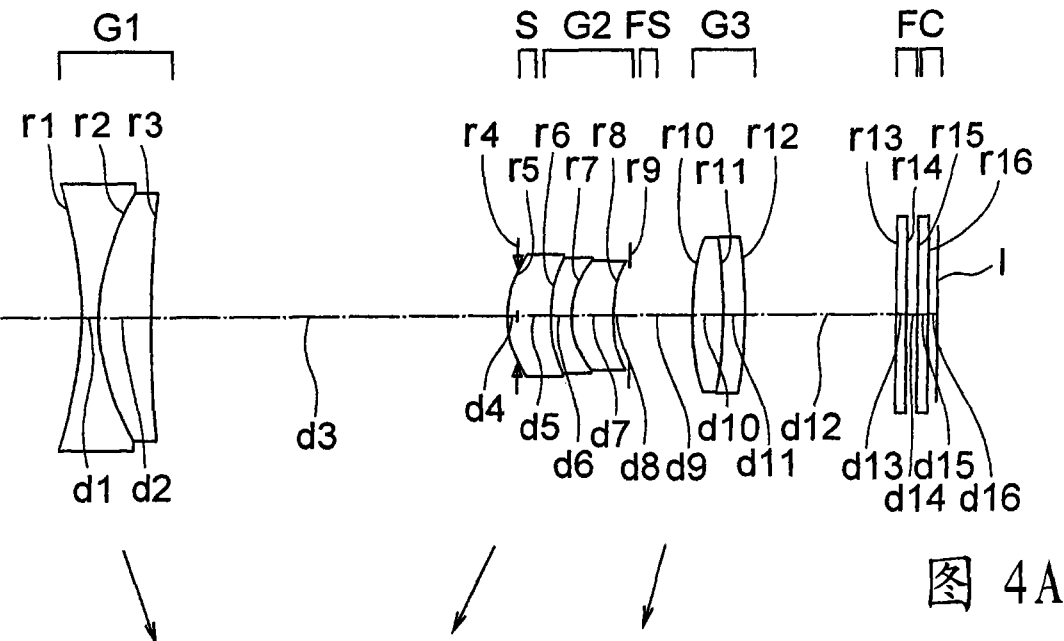


图 4A

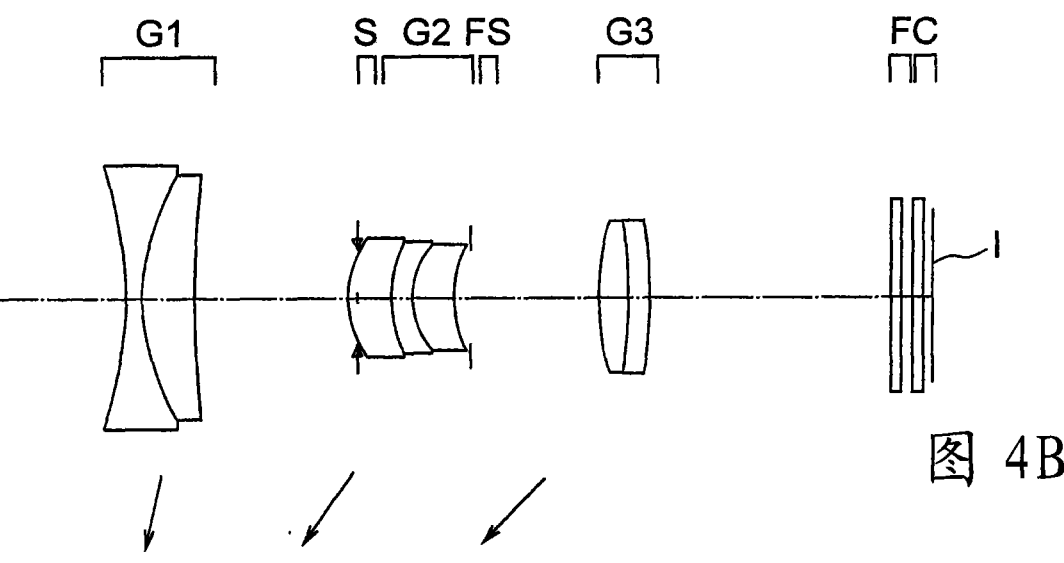


图 4B

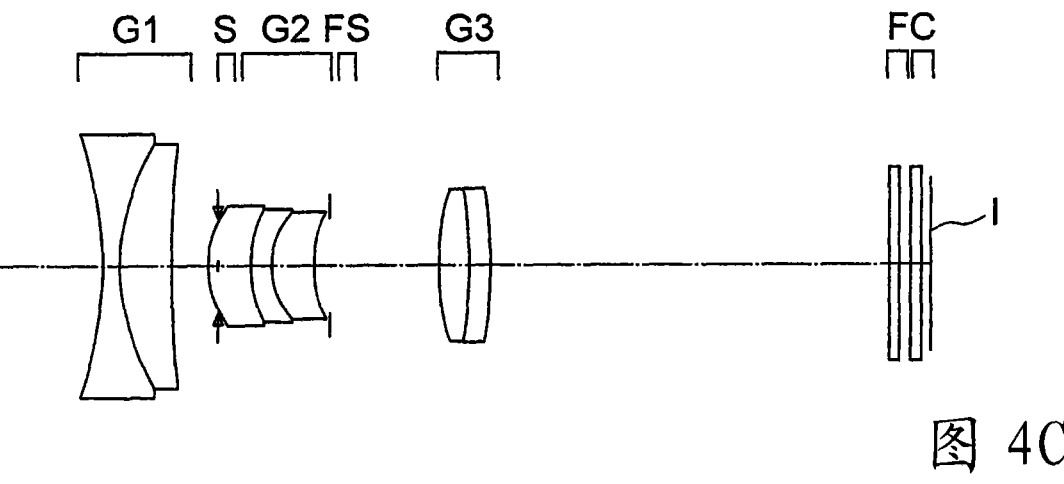
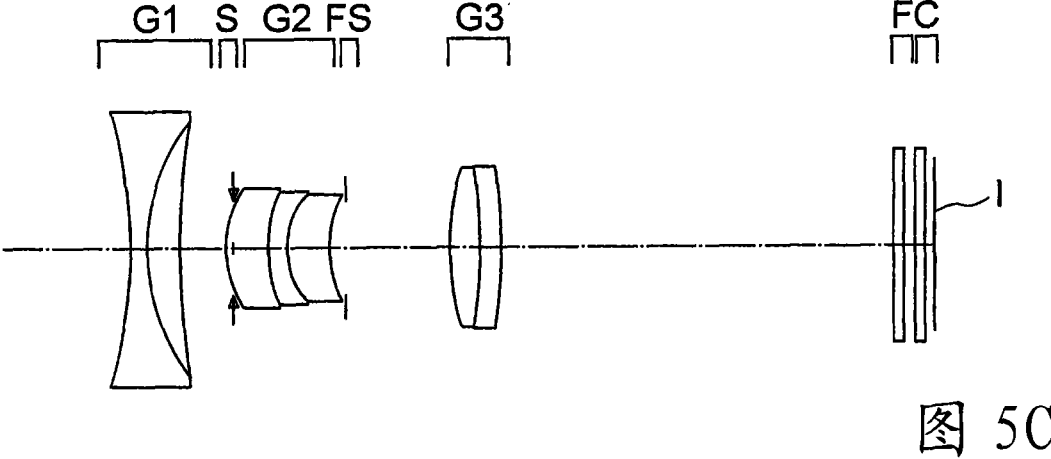
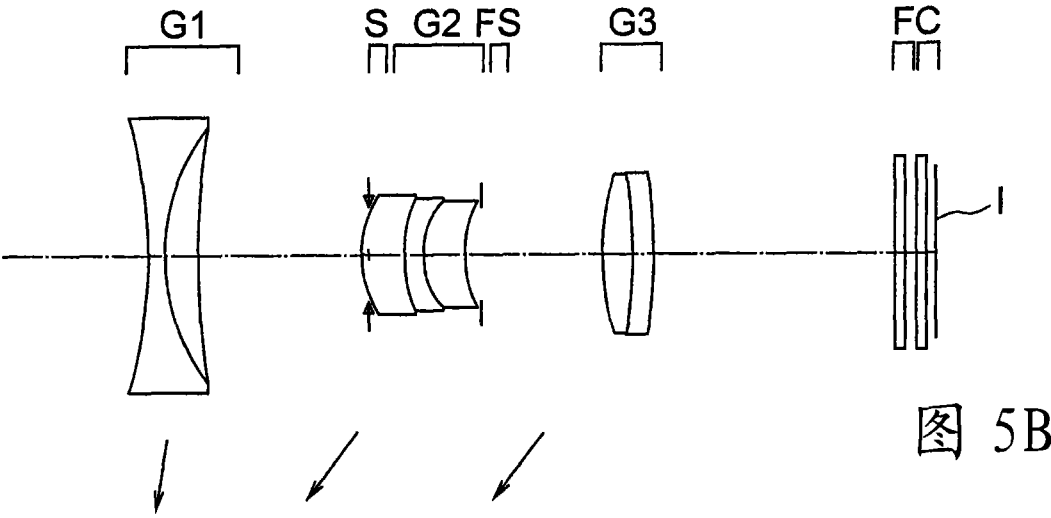
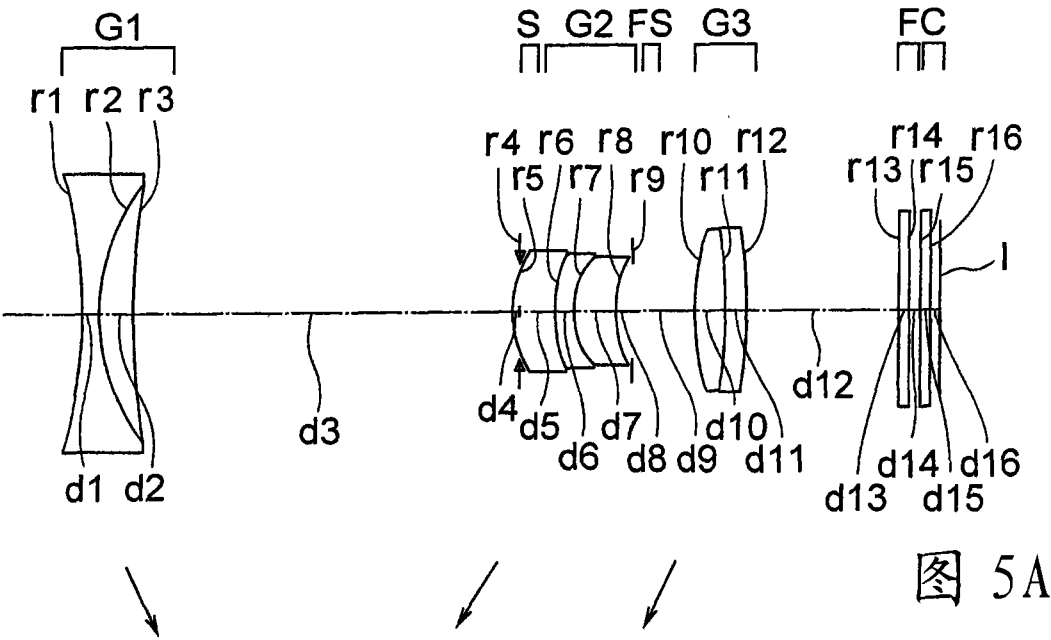
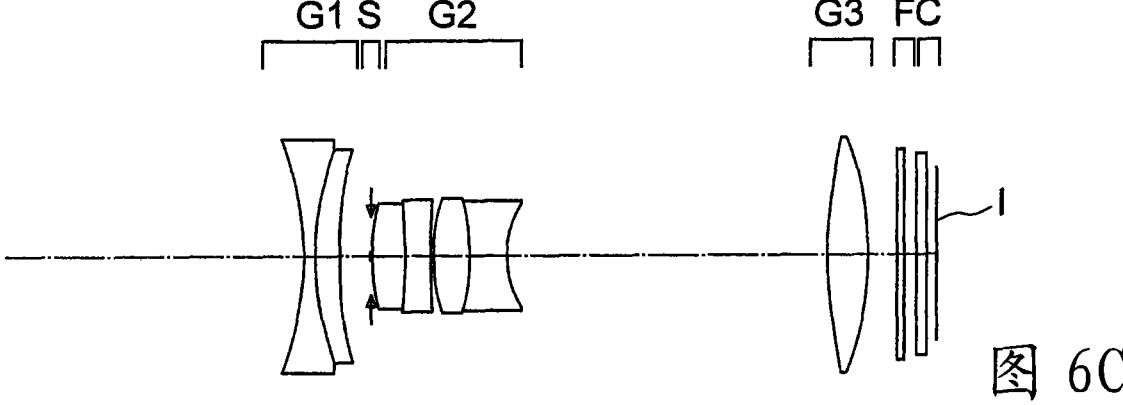
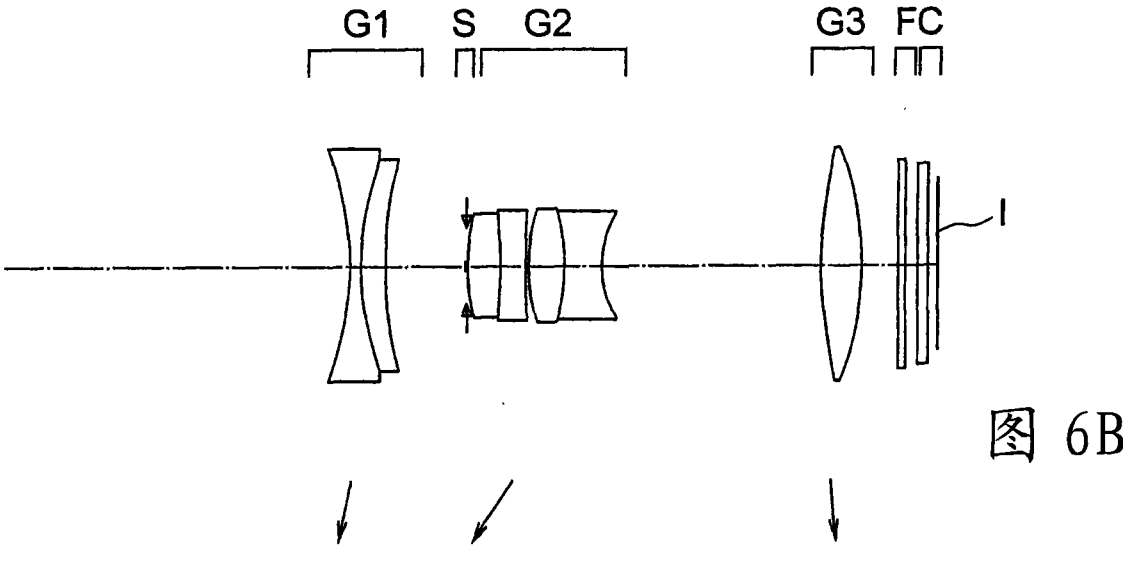
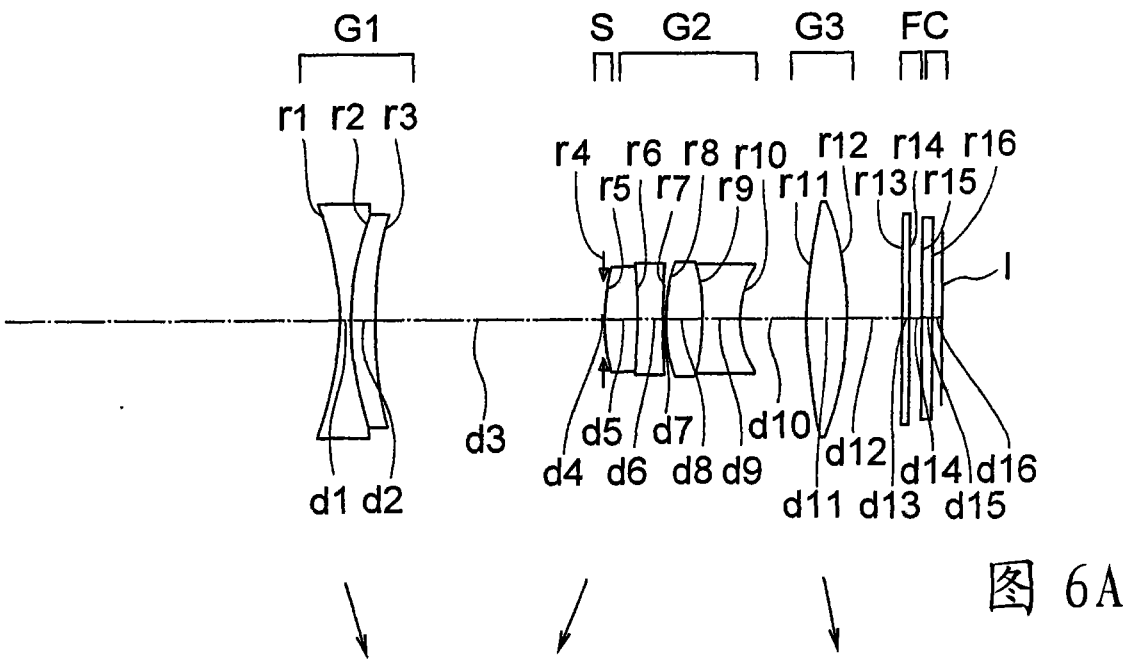
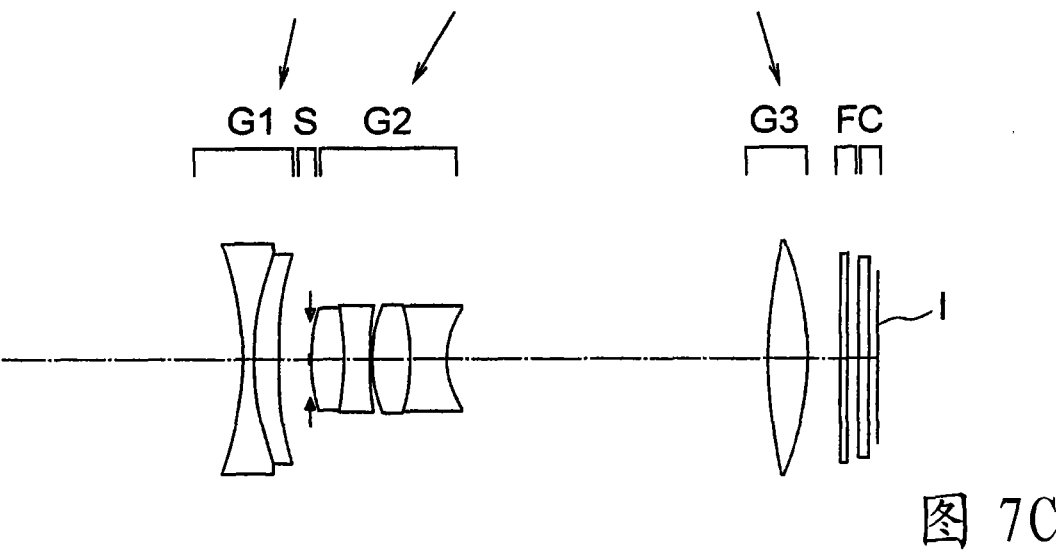
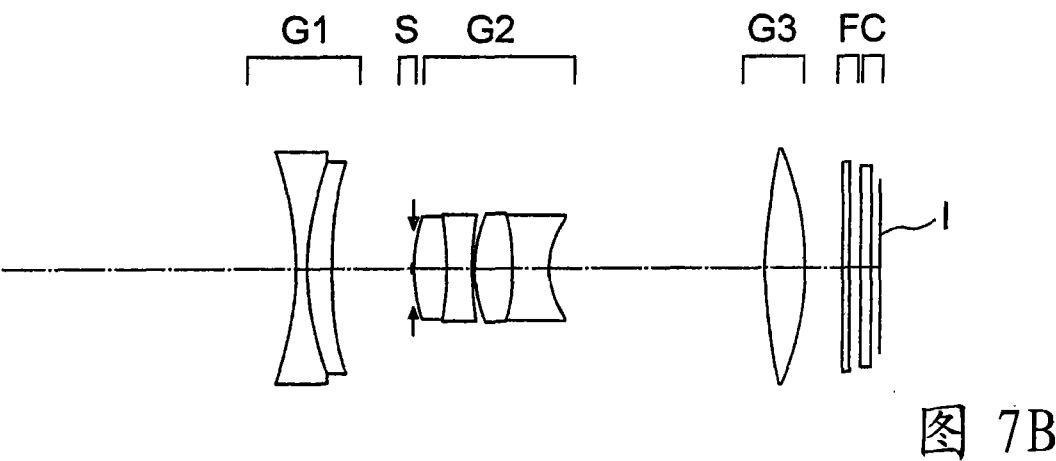
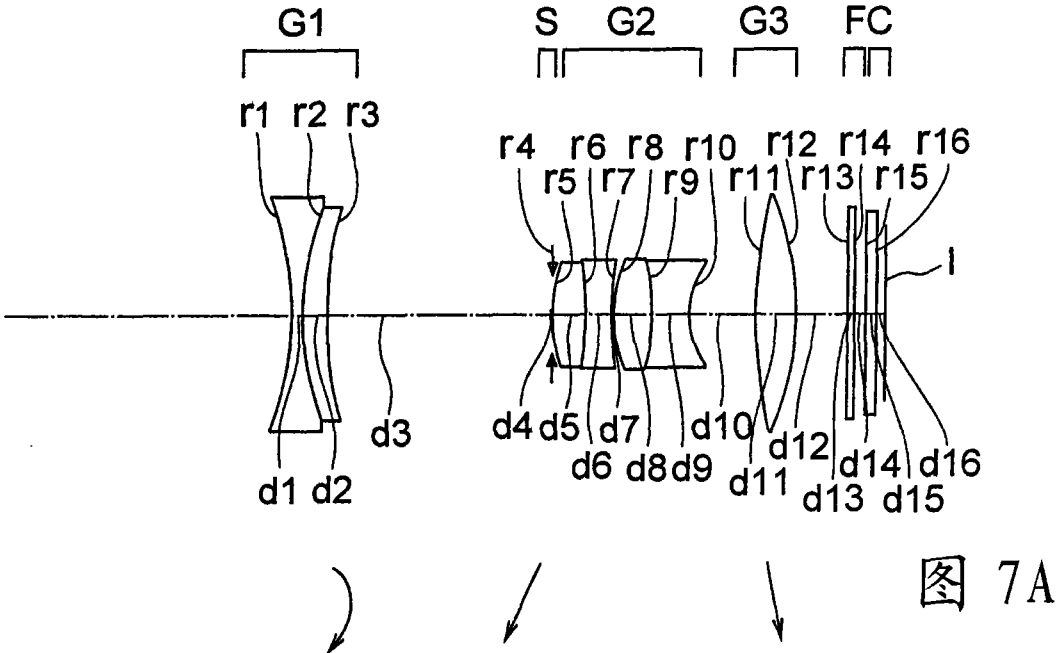
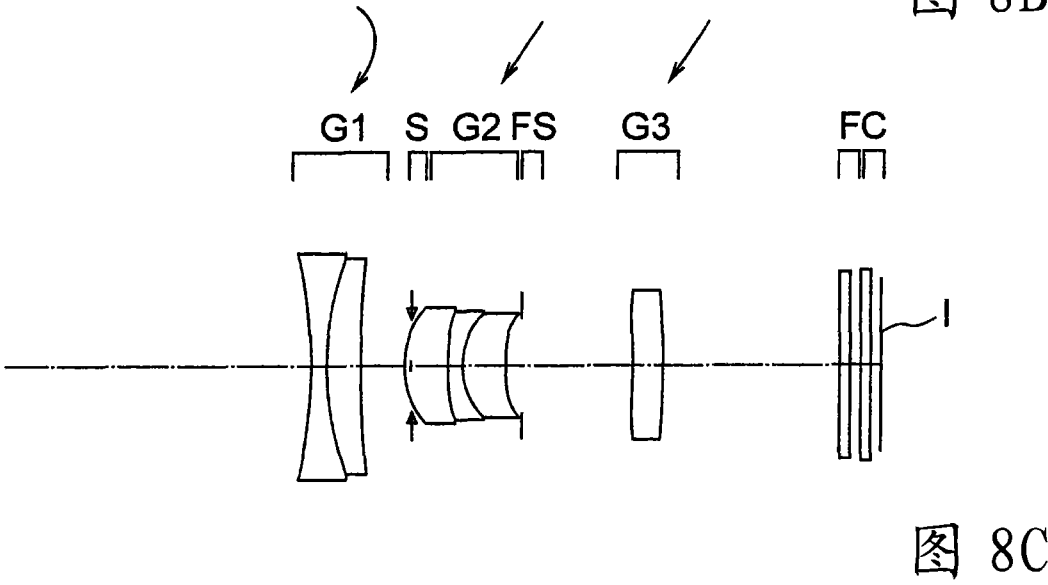
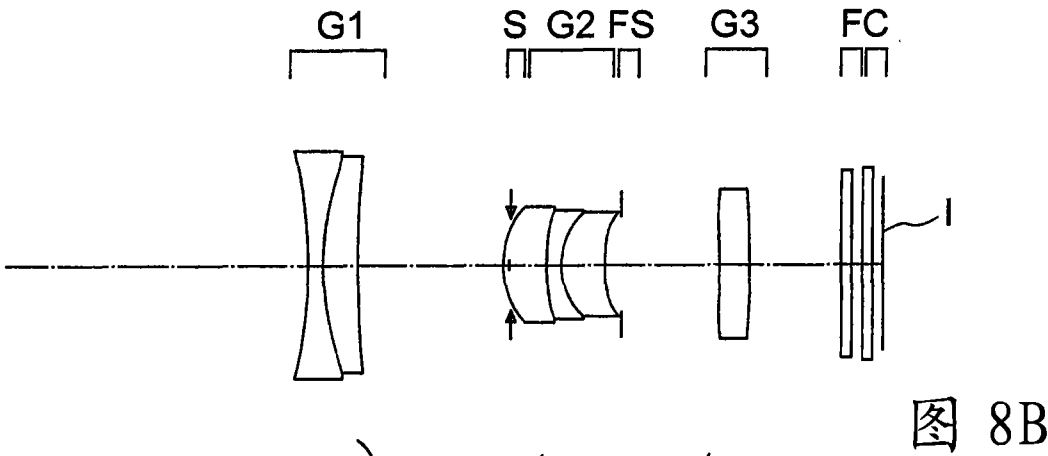
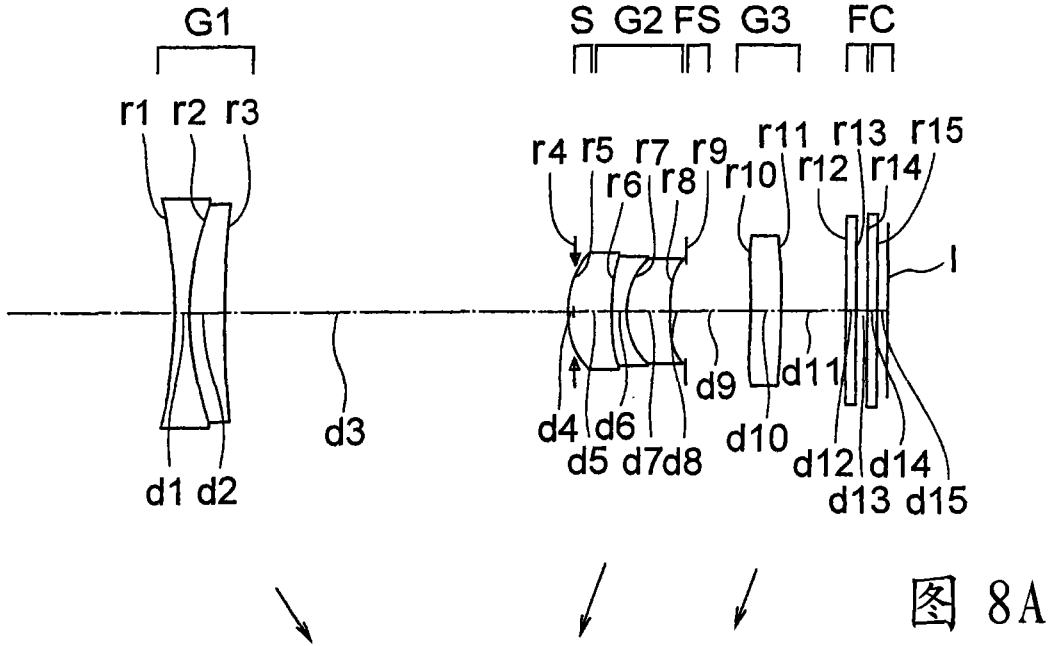


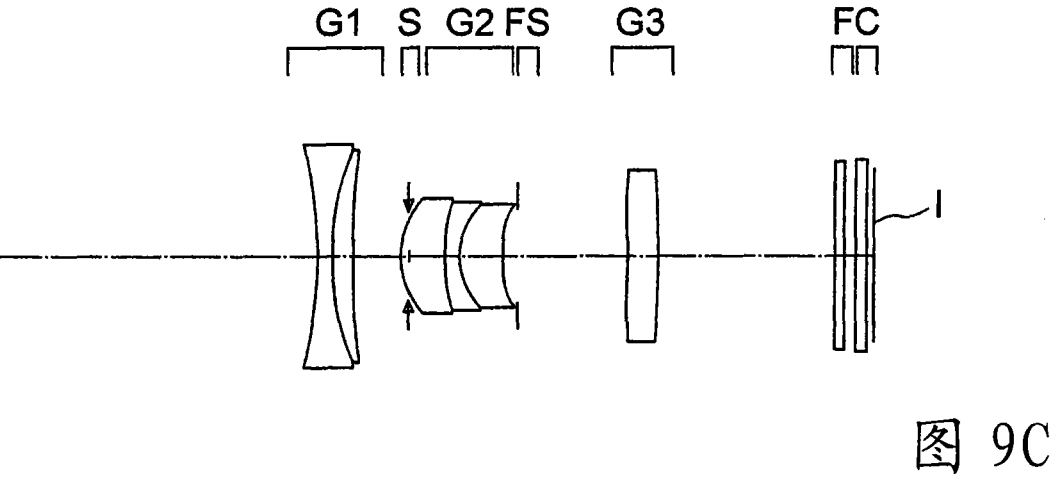
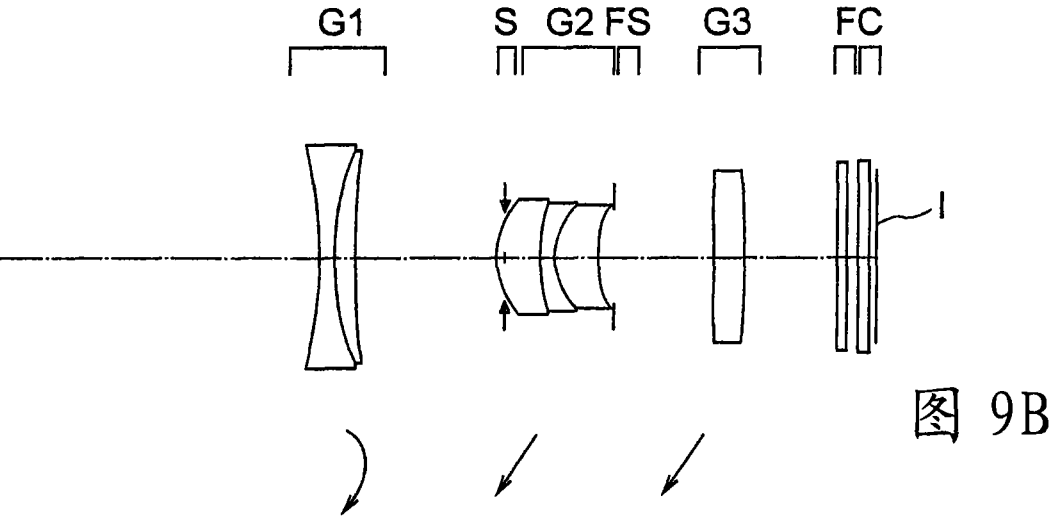
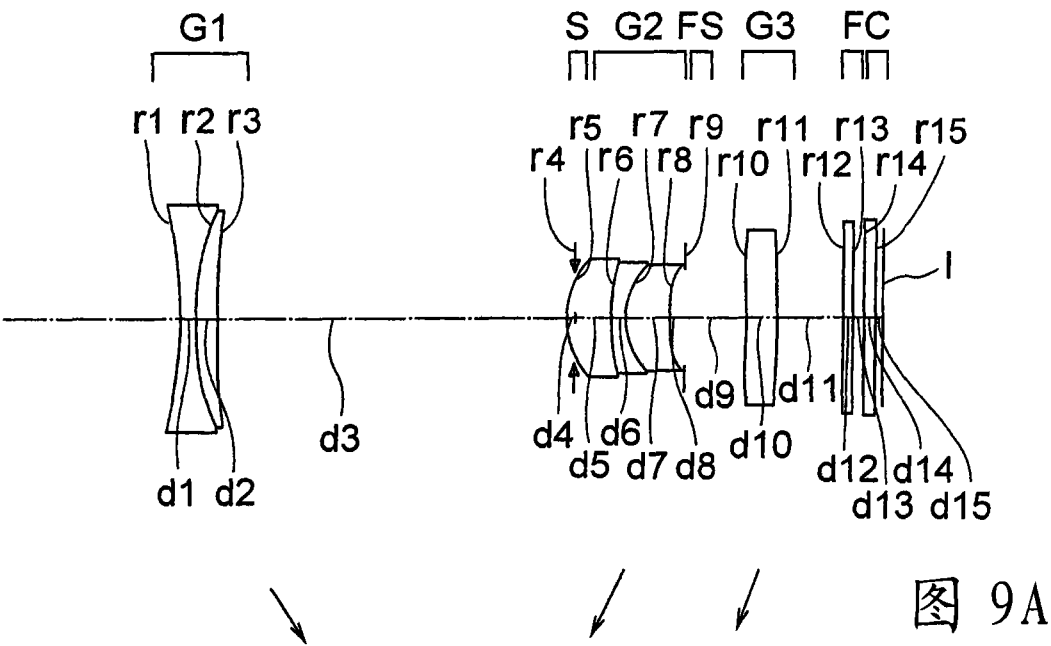
图 4C

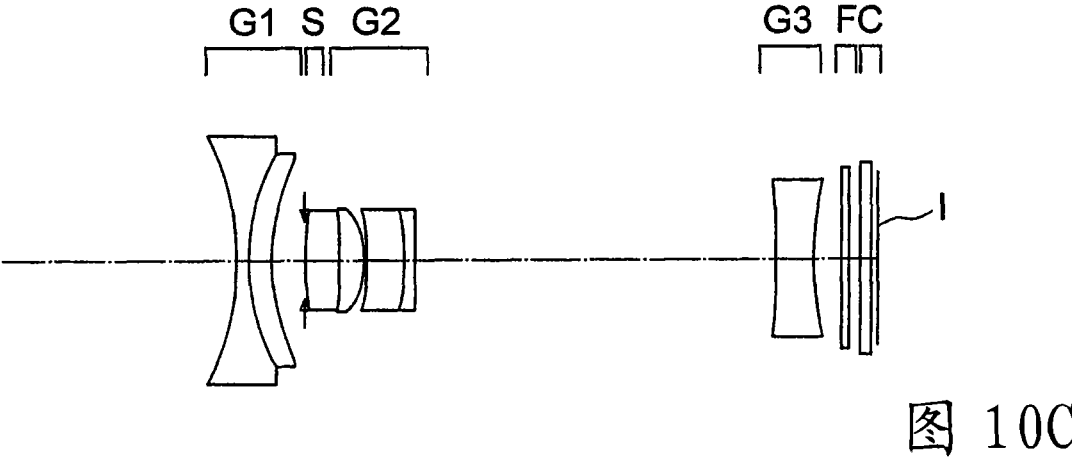
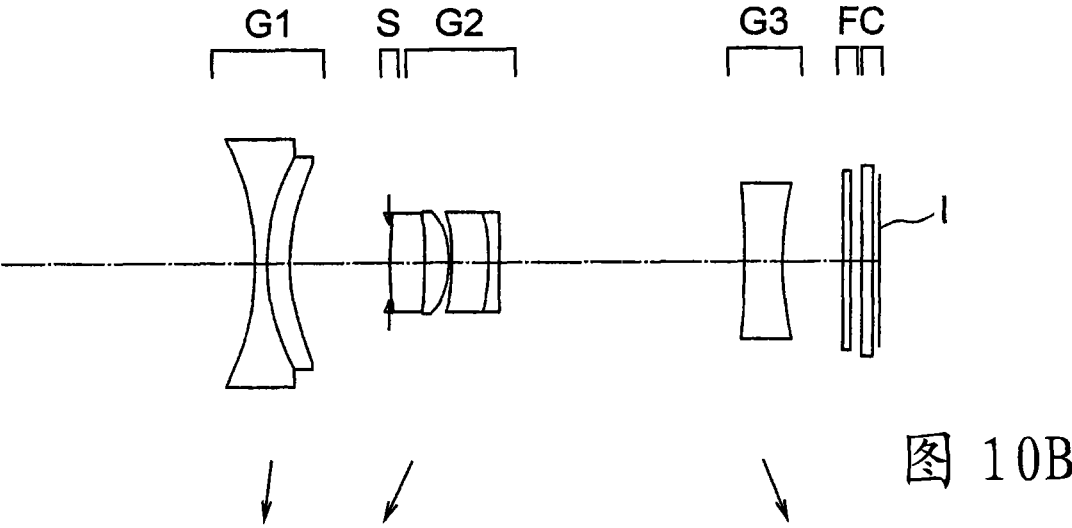
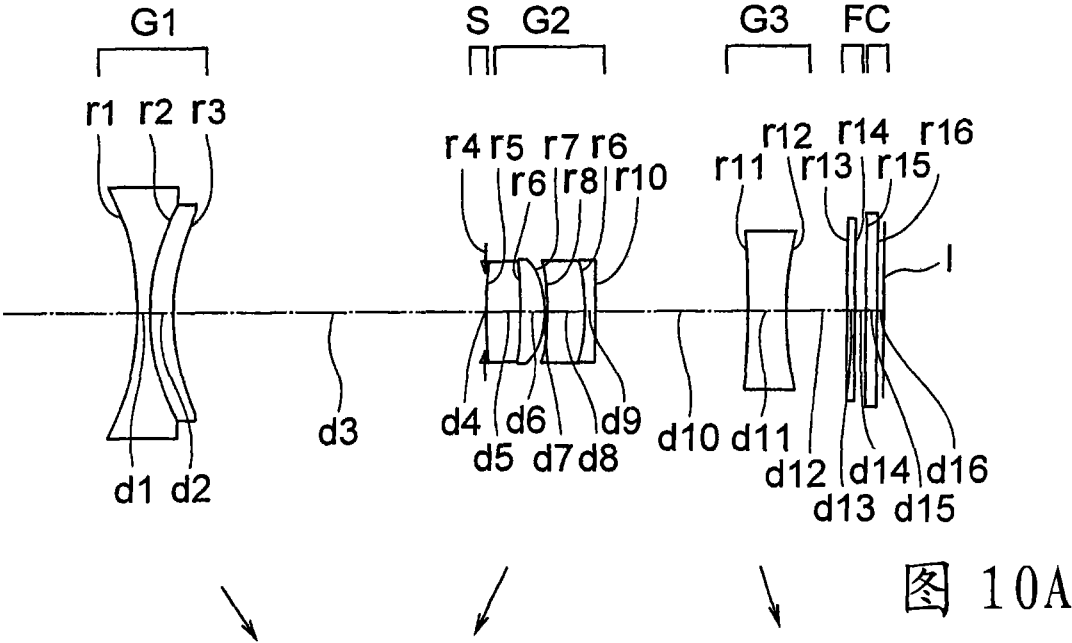


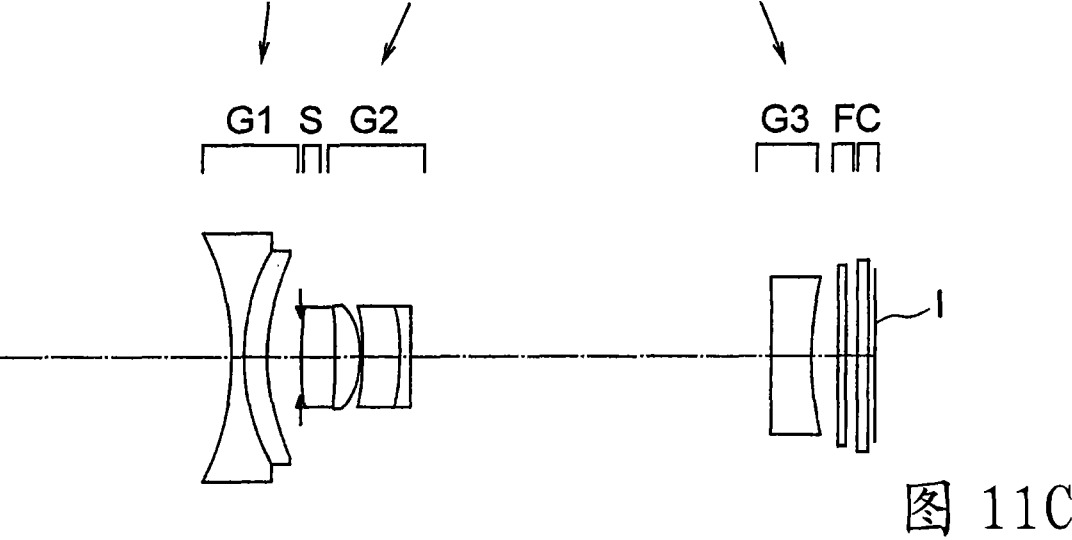
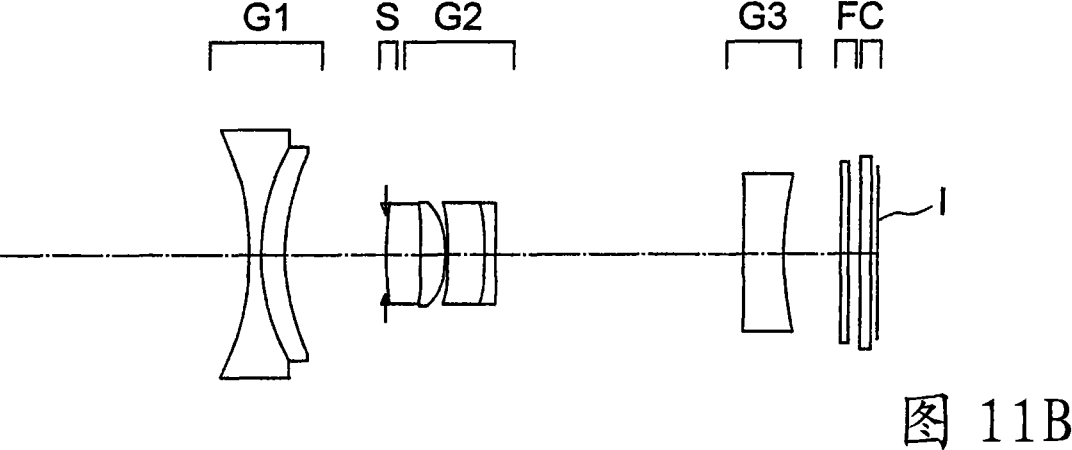
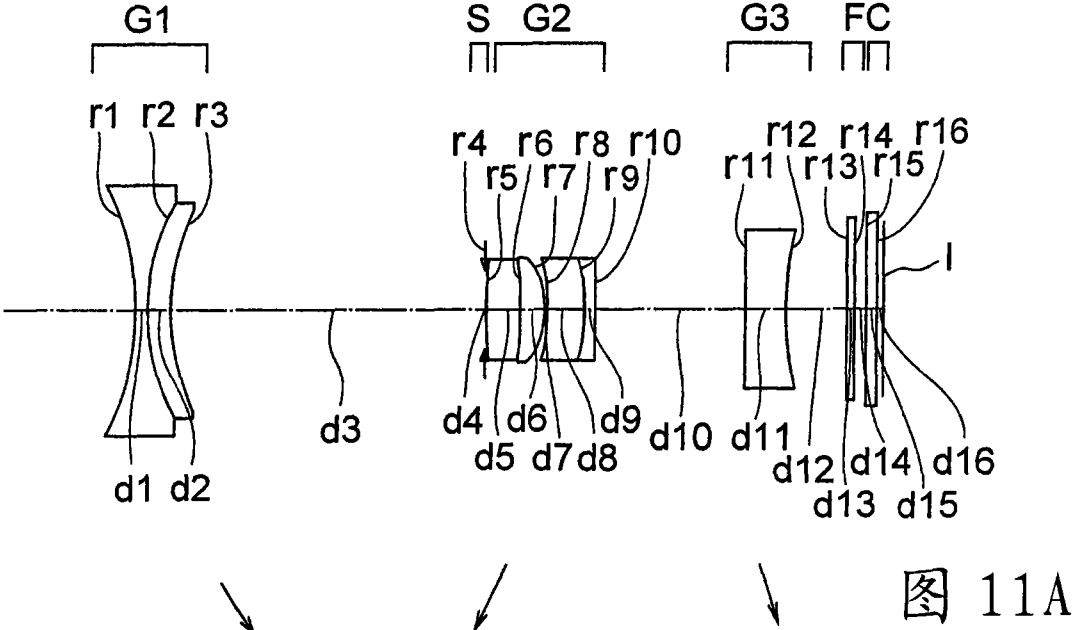


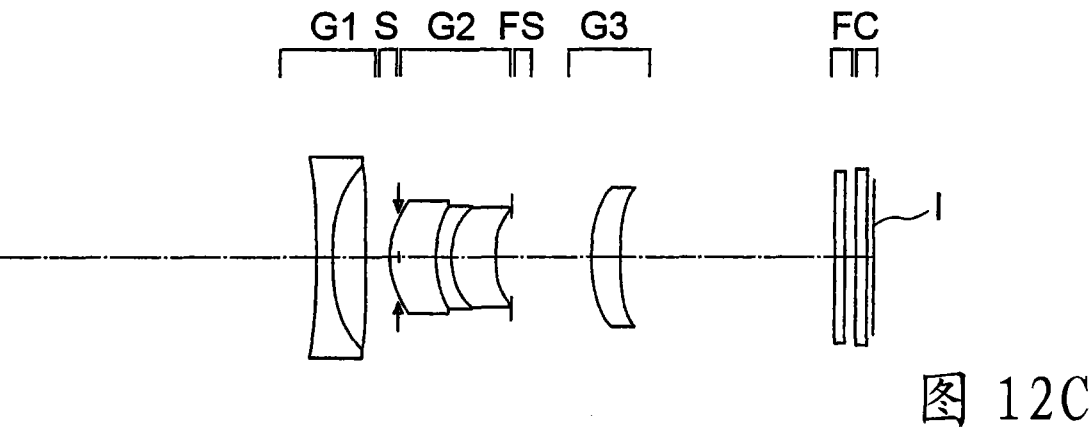
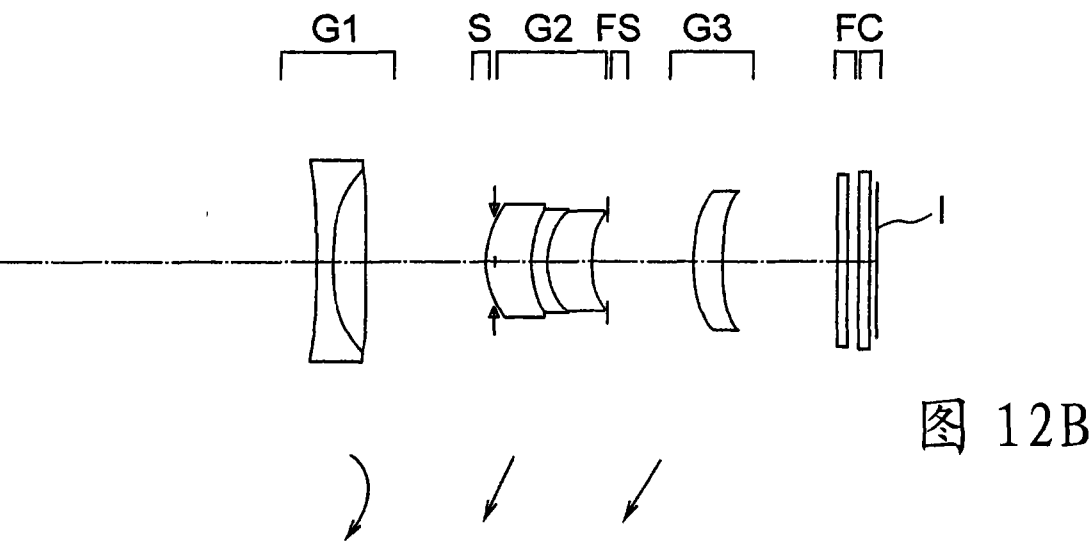
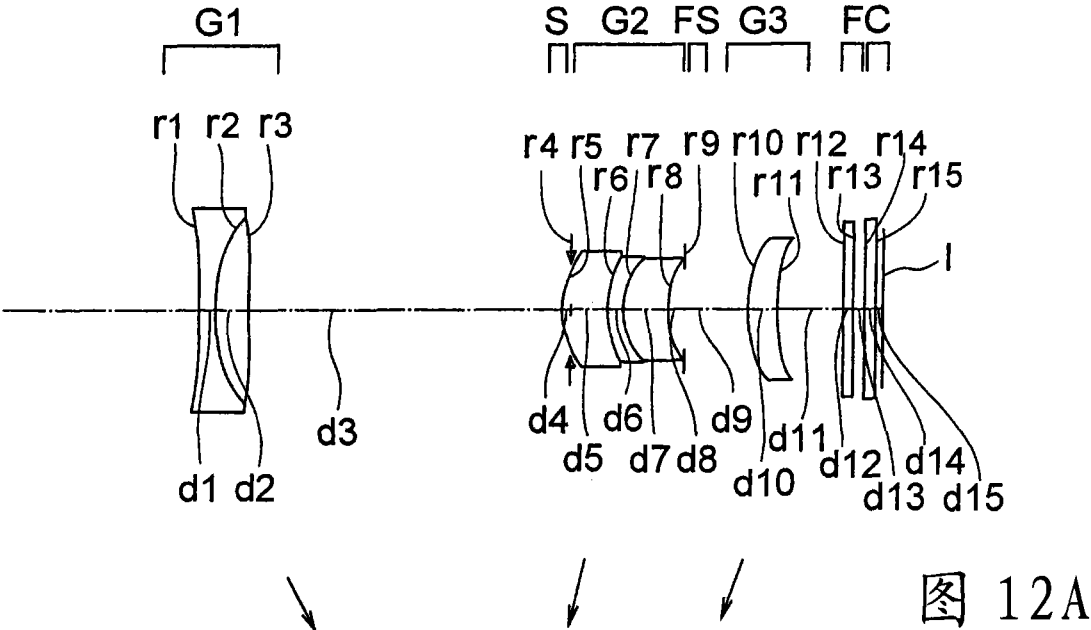












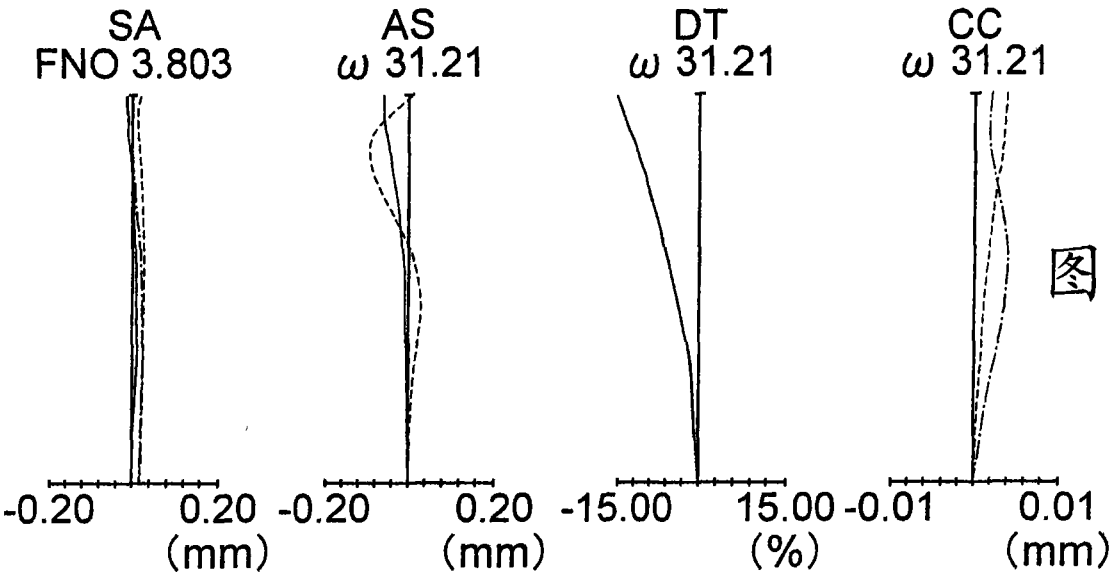


图 13A

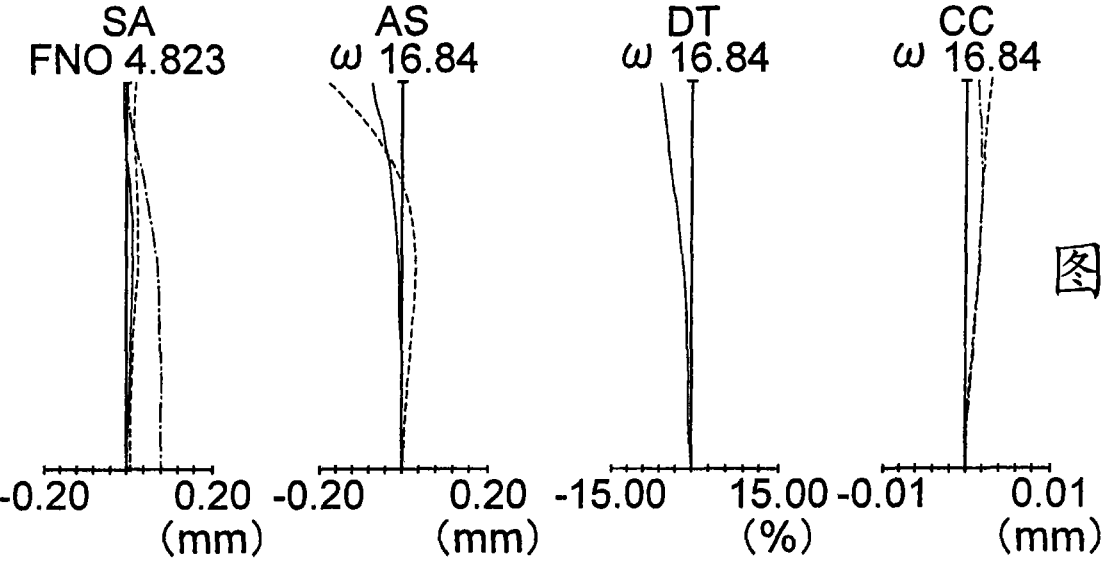


图 13B

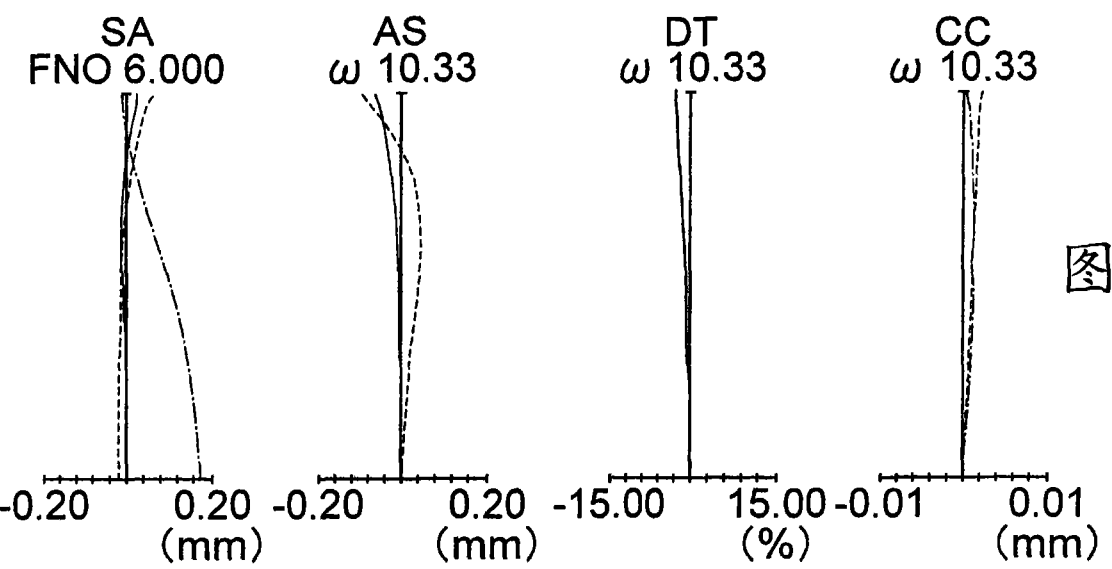


图 13C

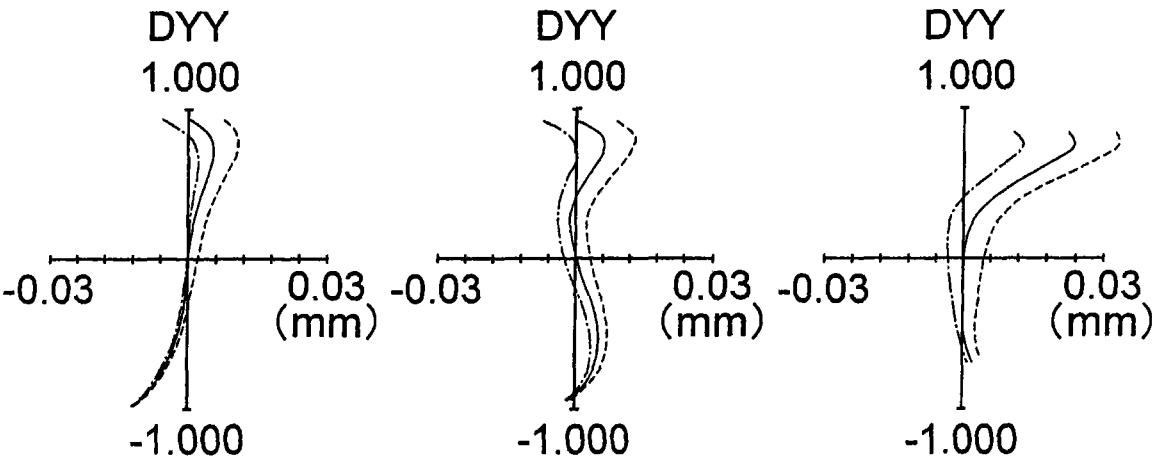


图 14A

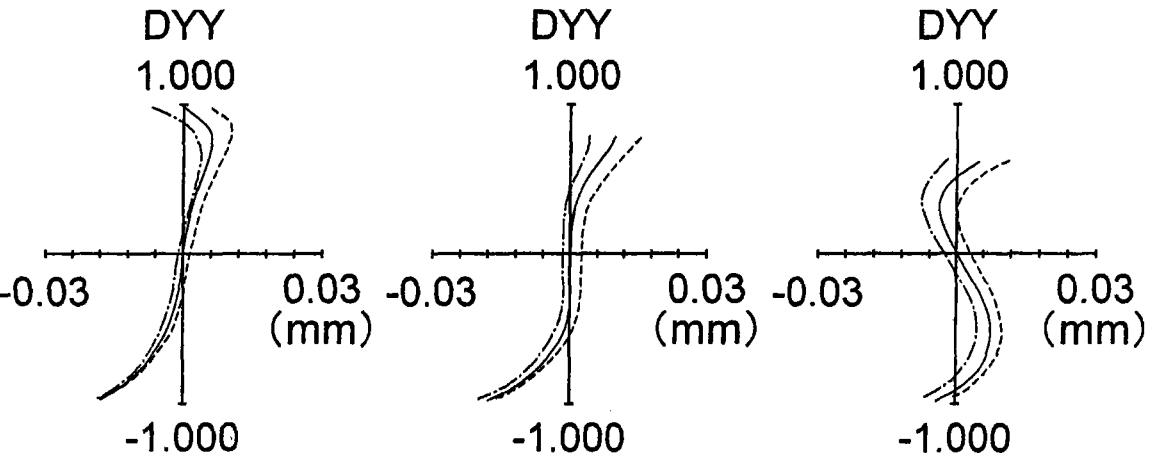


图 14B

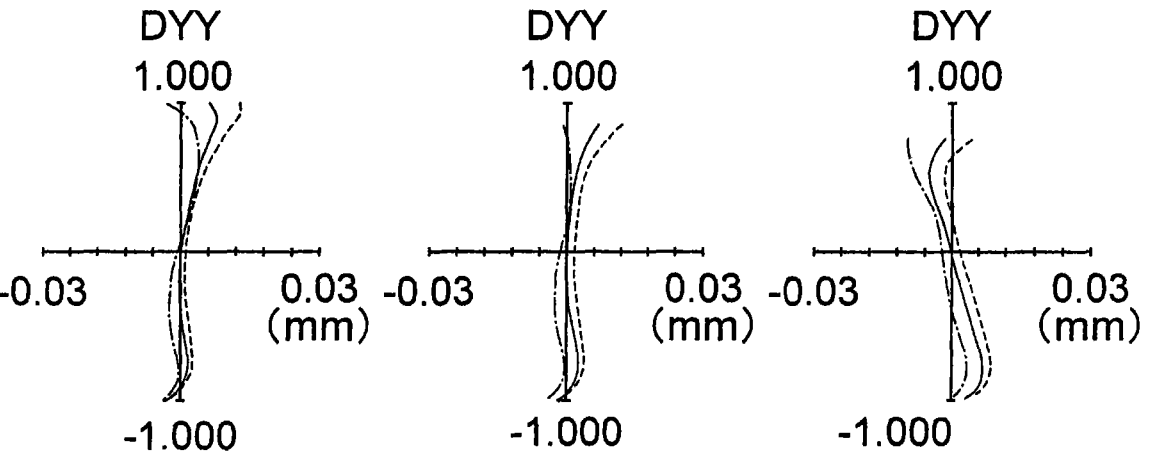


图 14C

486.13 ———
656.27 - - - - -
587.56 ———

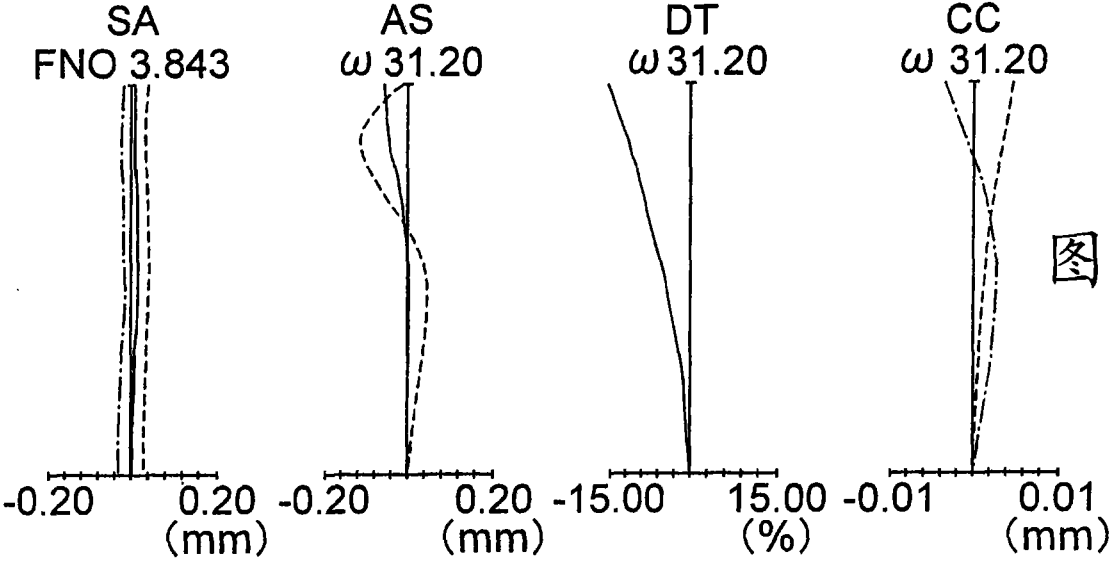


图 15A

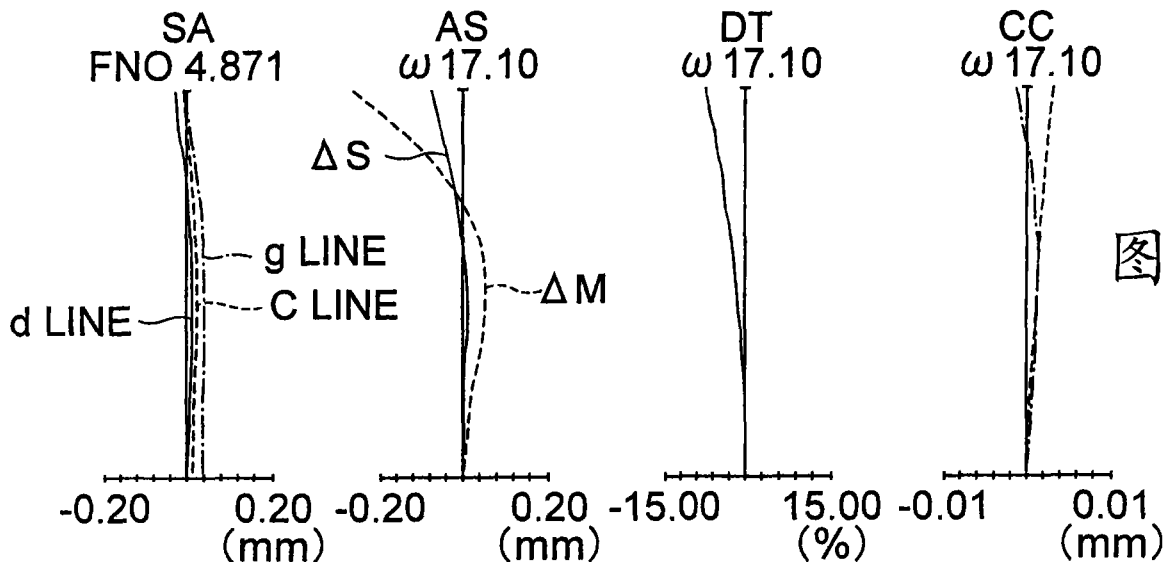


图 15B

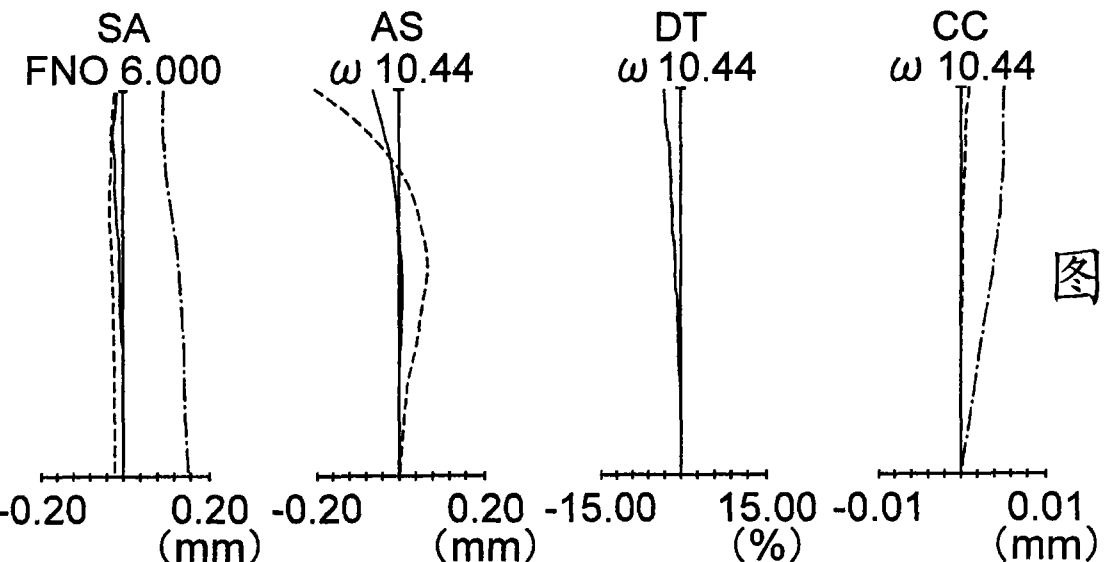


图 15C

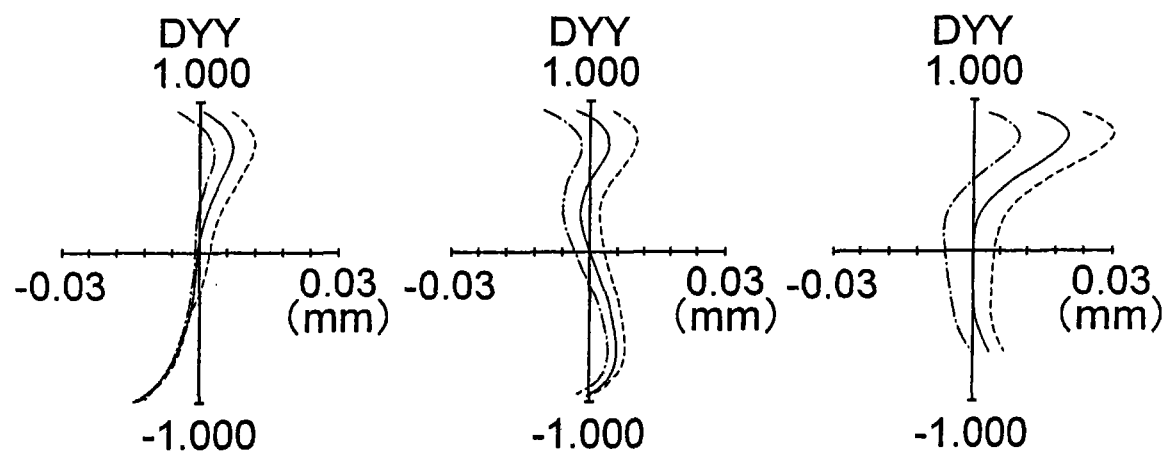


图 16A

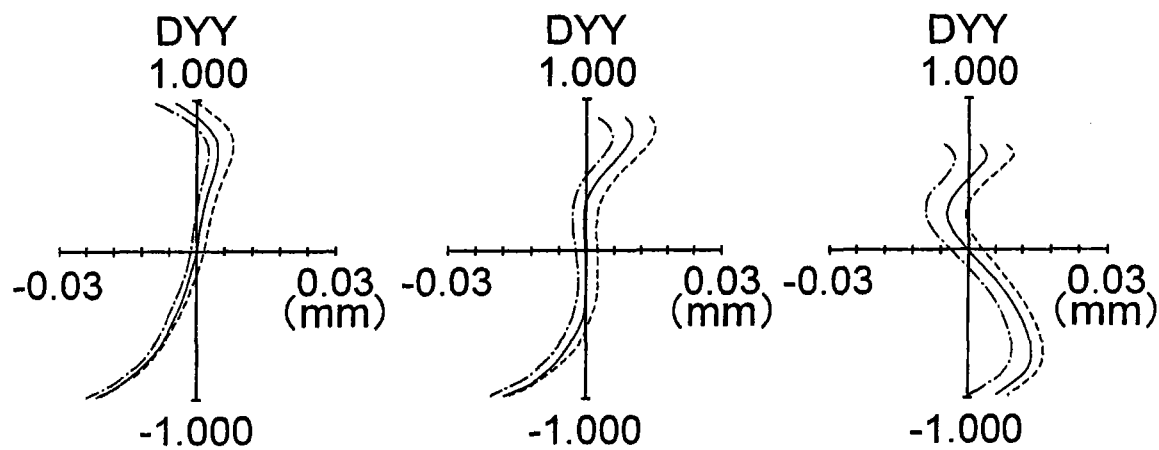


图 16B

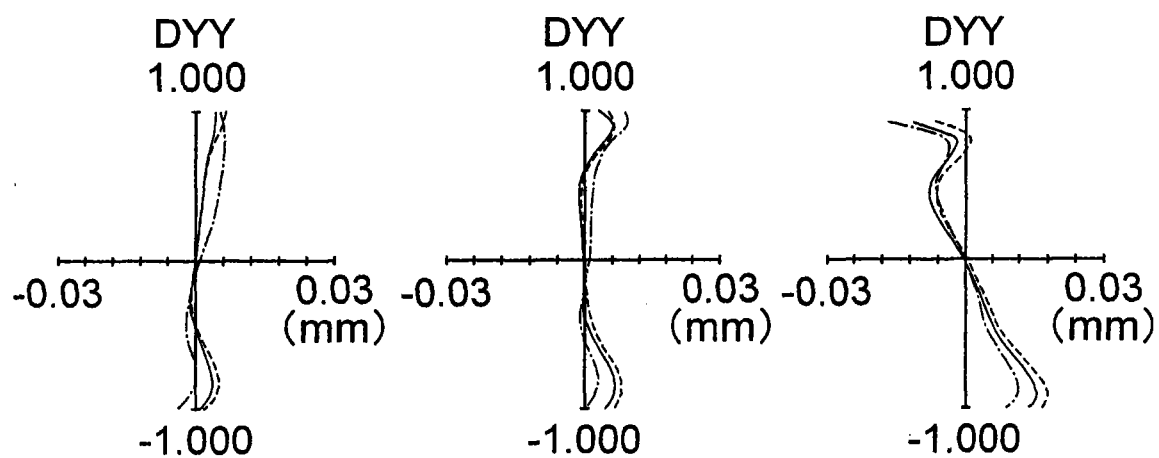


图 16C

486.13 ———
656.27 - - - -
587.56 ———

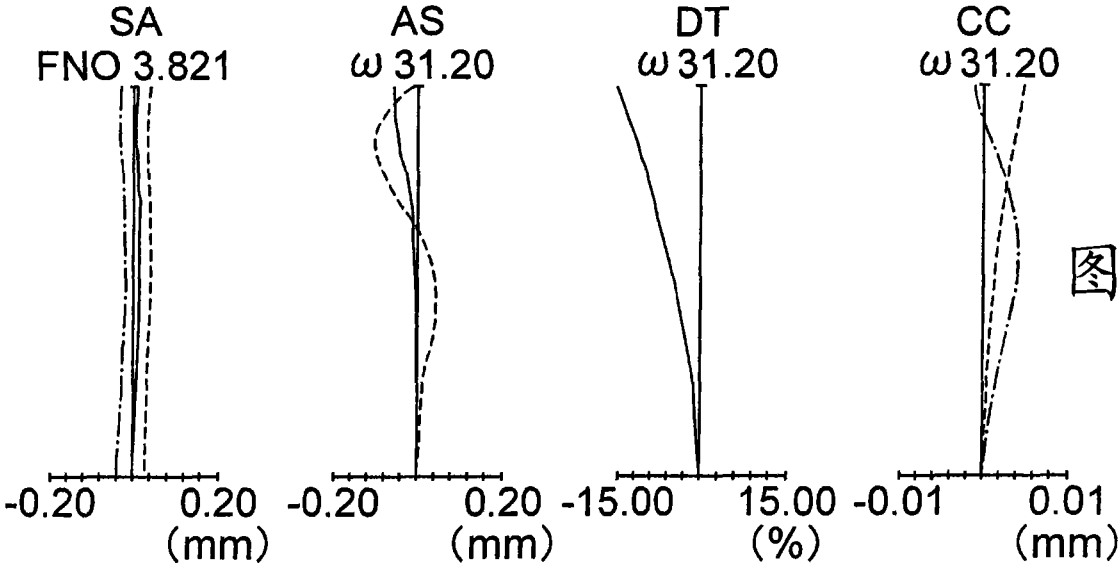


图 17A

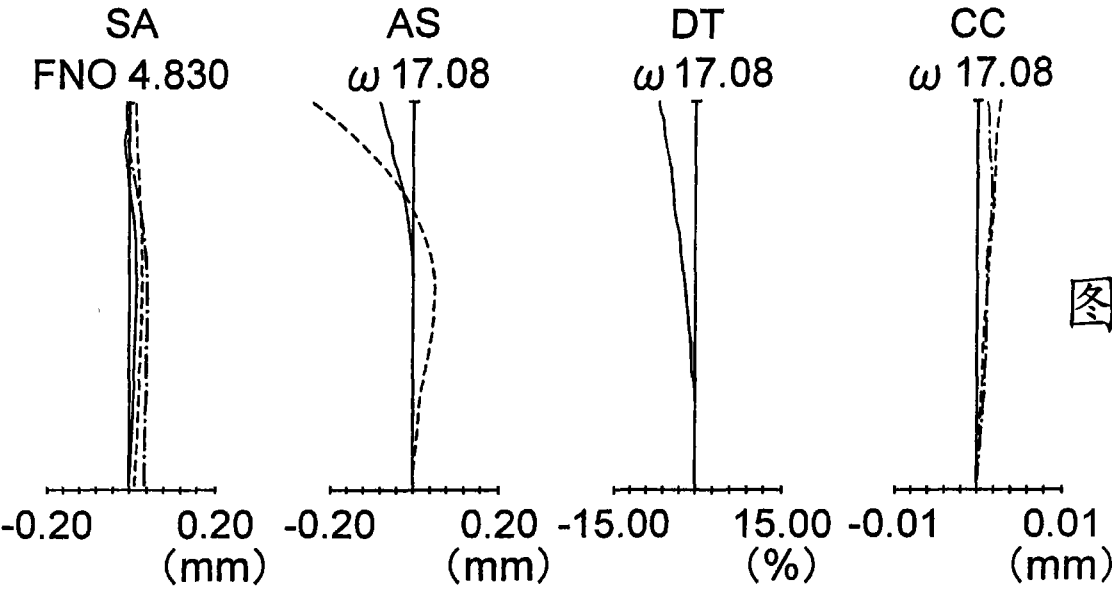


图 17B

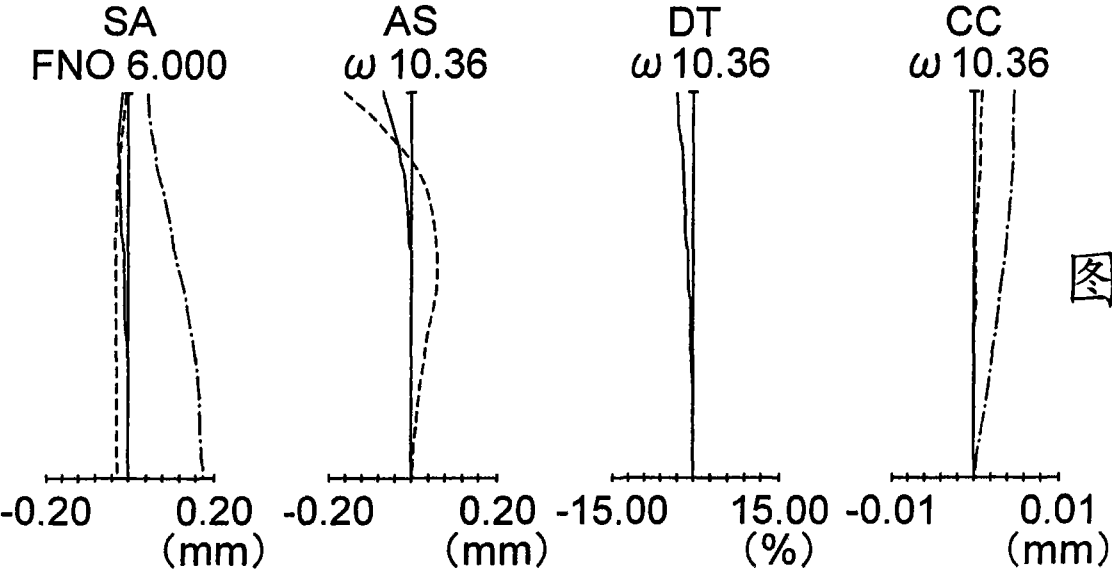


图 17C

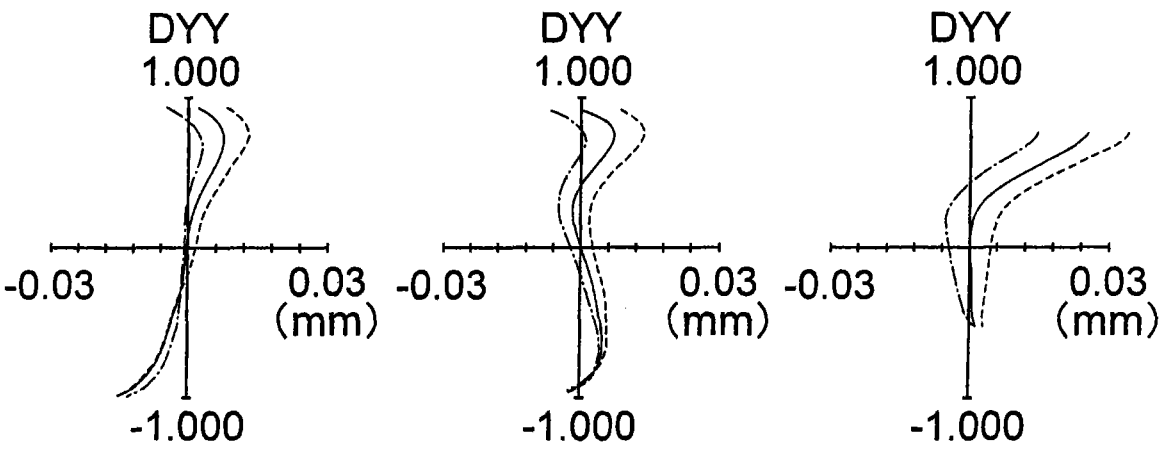


图 18A

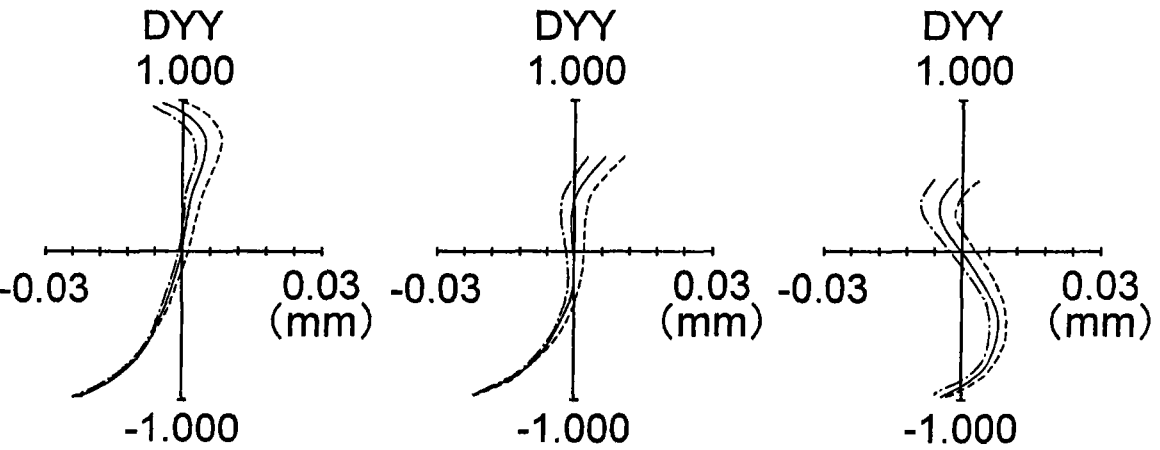


图 18B

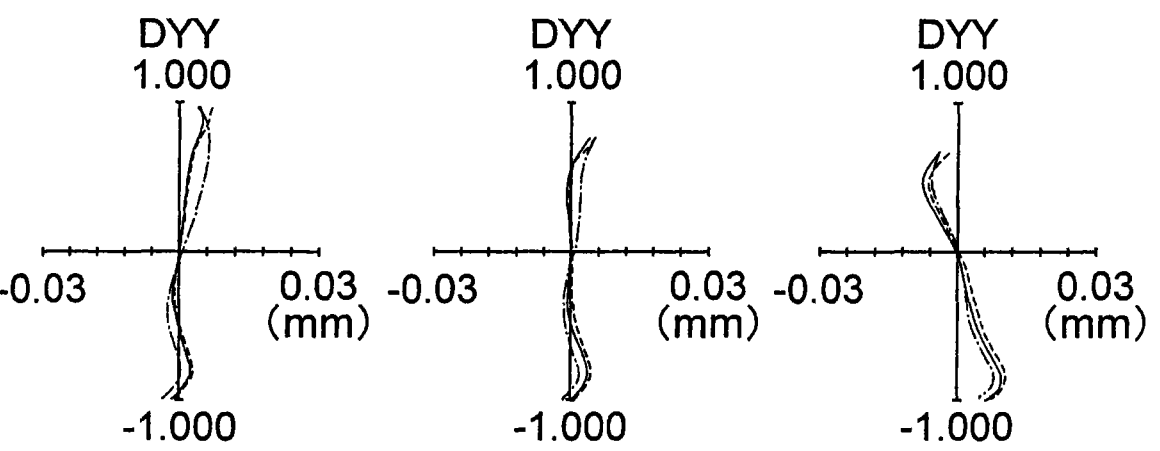


图 18C

486.13 ----
656.27 - - - -
587.56 ————

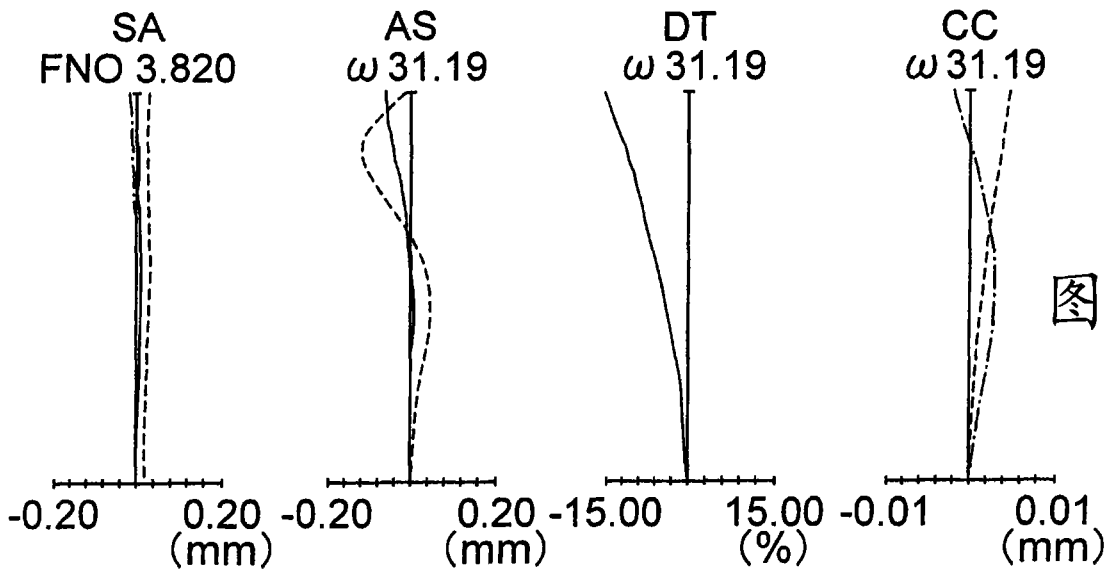


图 19A

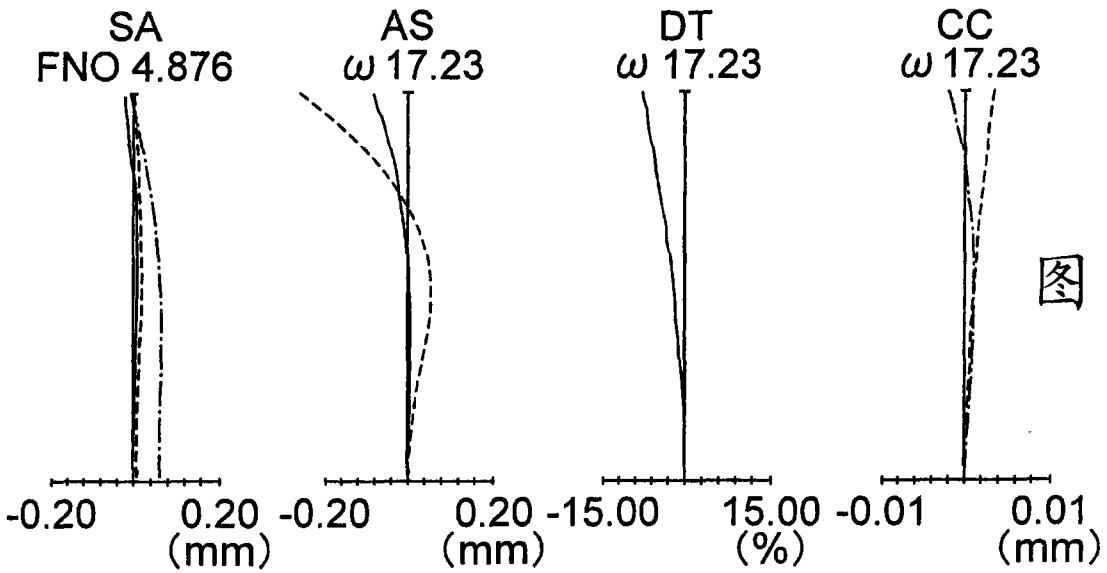


图 19B

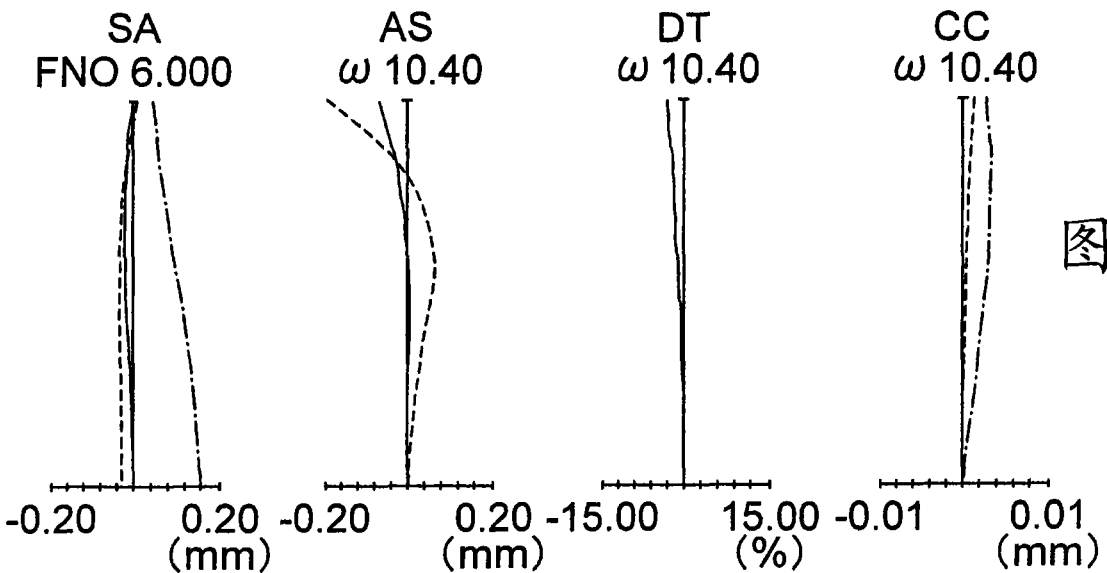


图 19C

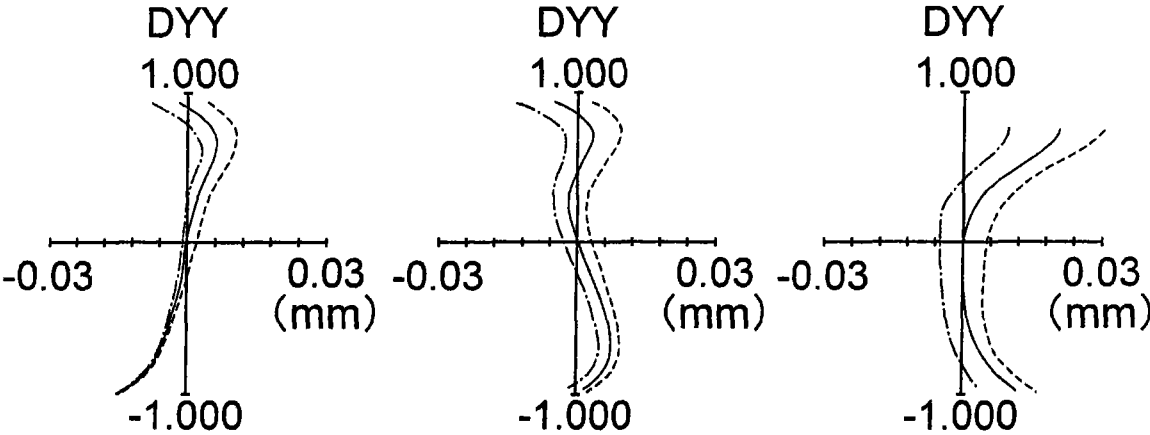


图 20A

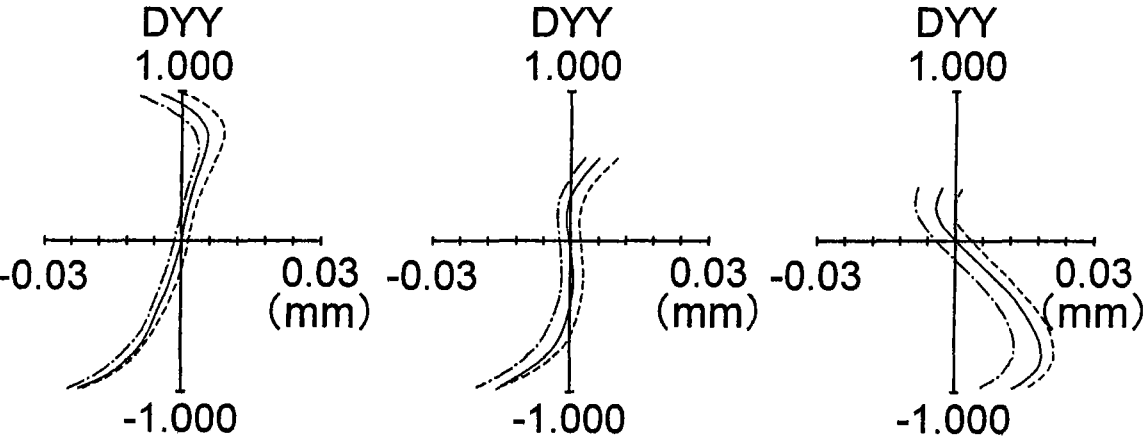


图 20B

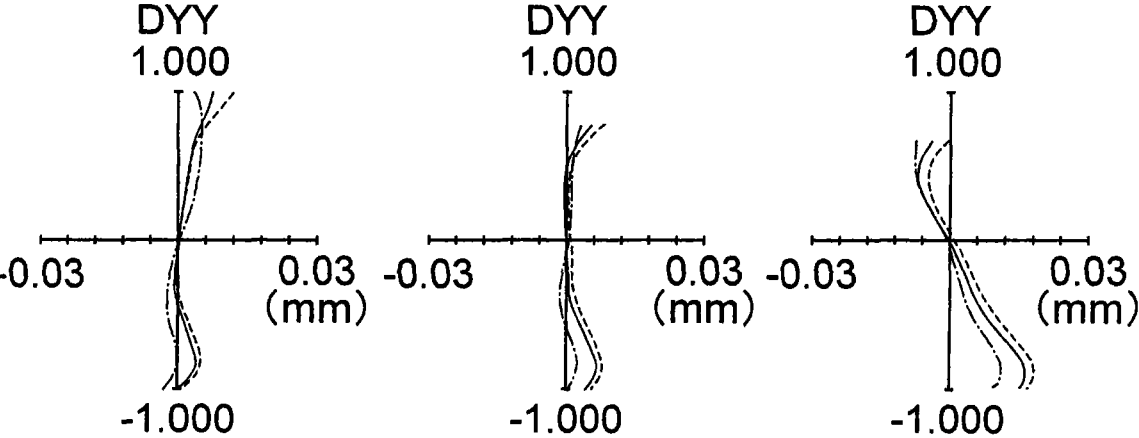


图 20C

486.13 ----
656.27 - - - -
587.56 ————

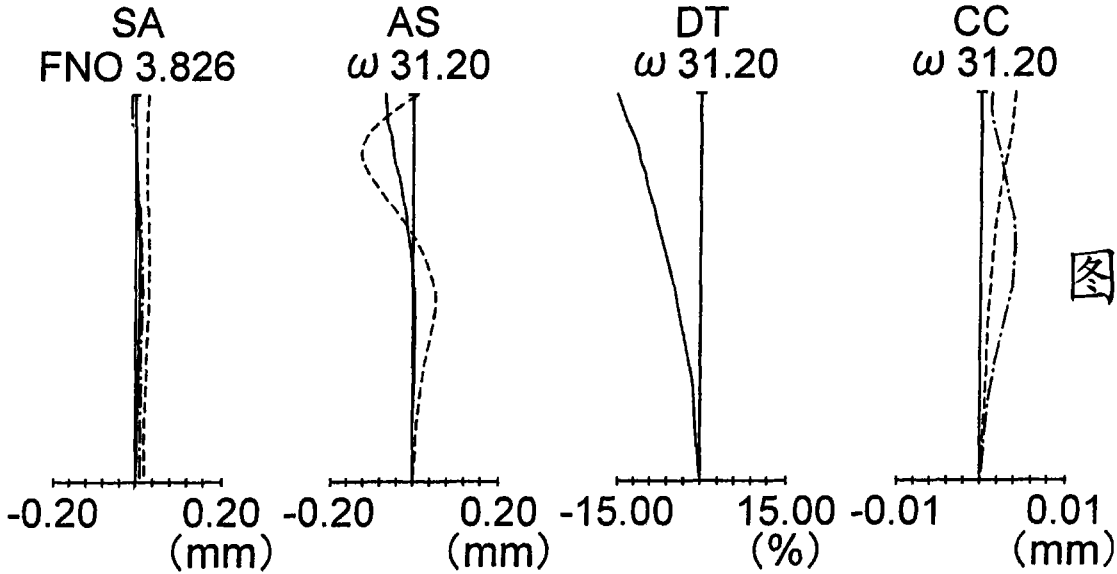


图 21A

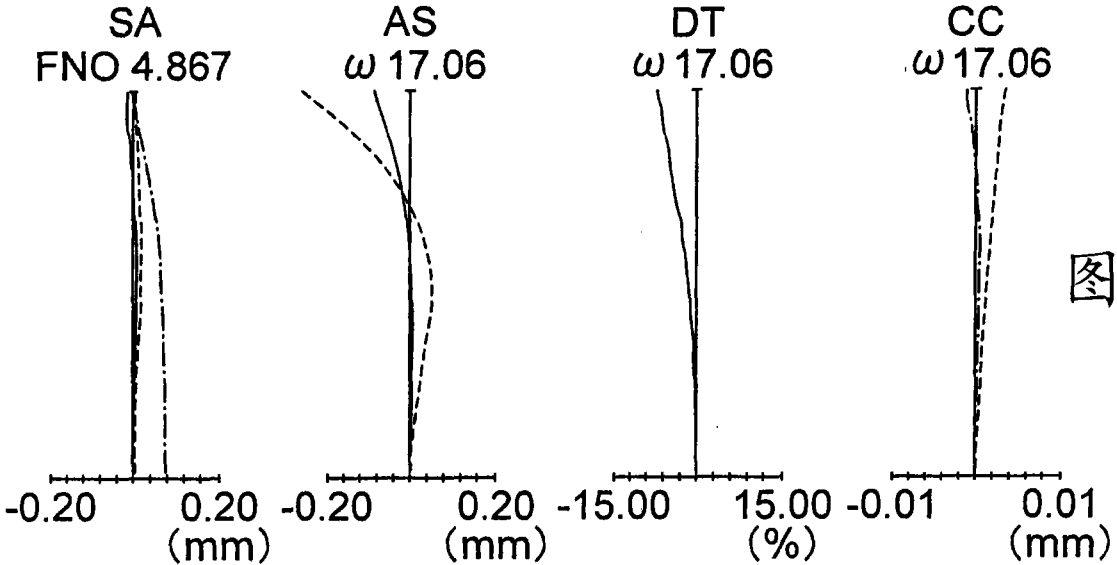


图 21B

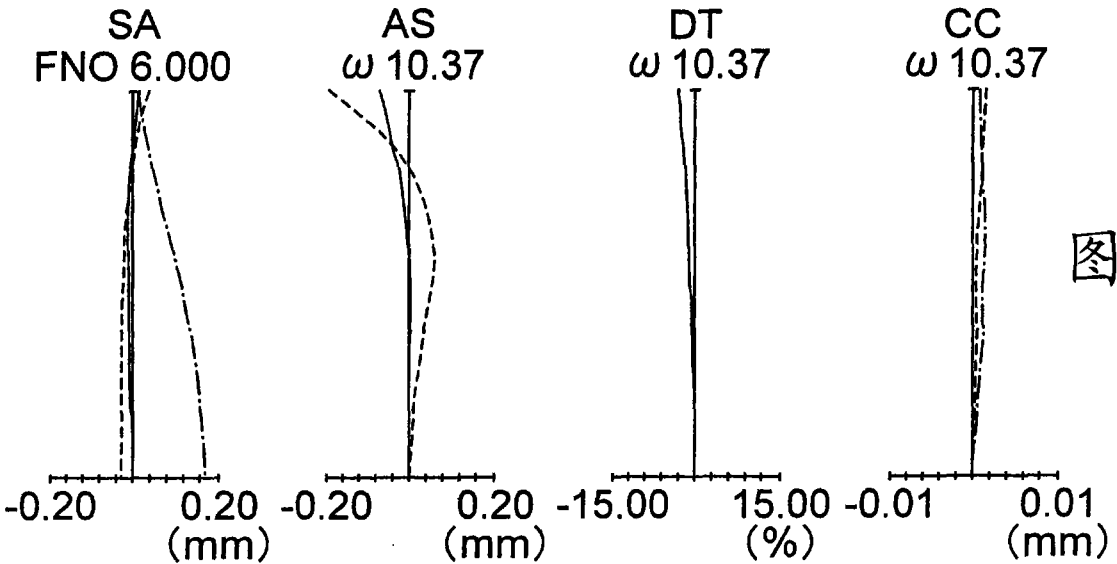


图 21C

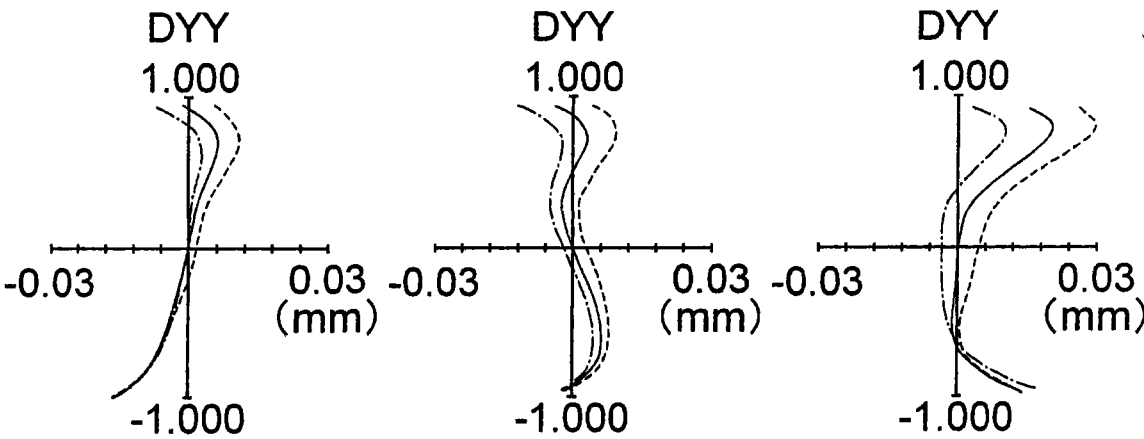


图 22A

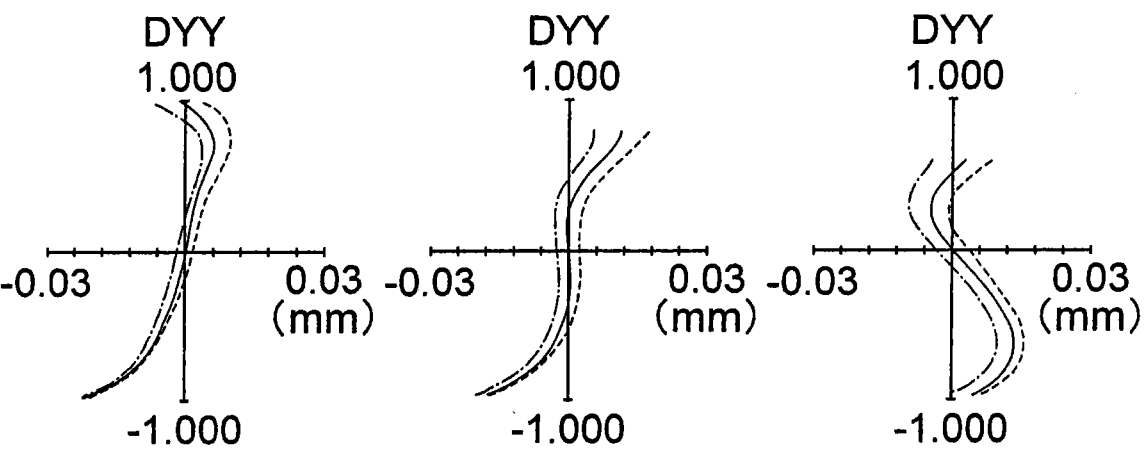


图 22B

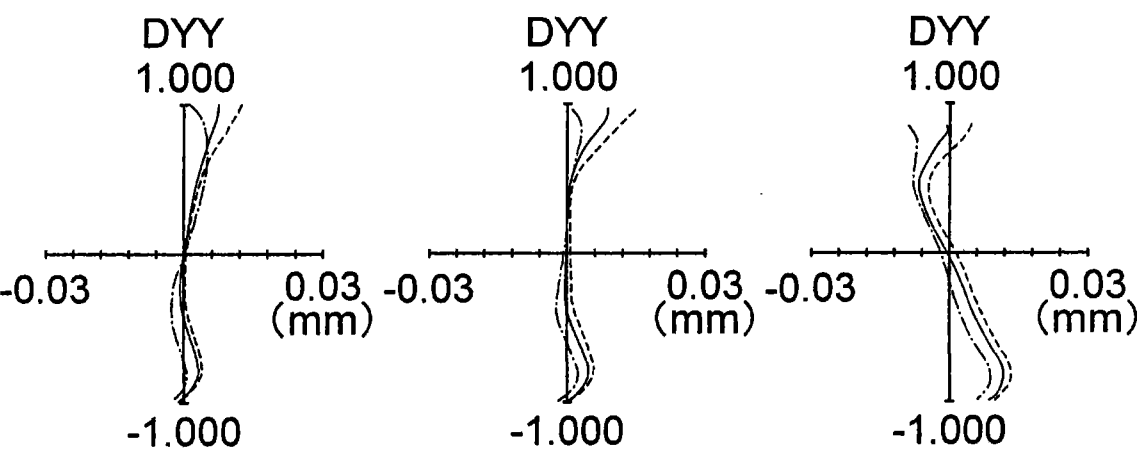


图 22C

486.13 ----
656.27 - - - -
587.56 ————

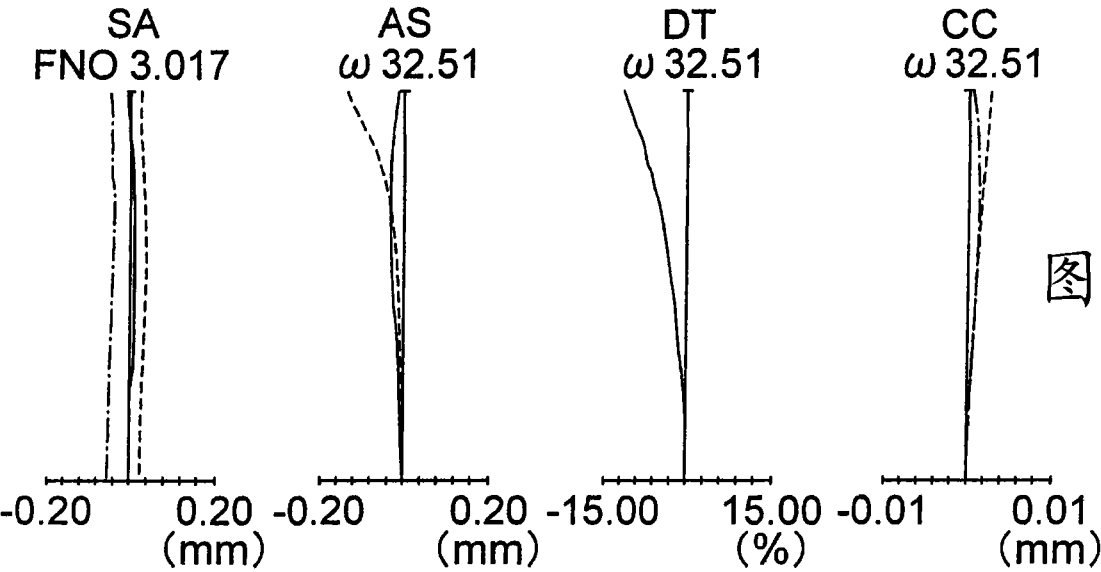


图 23A

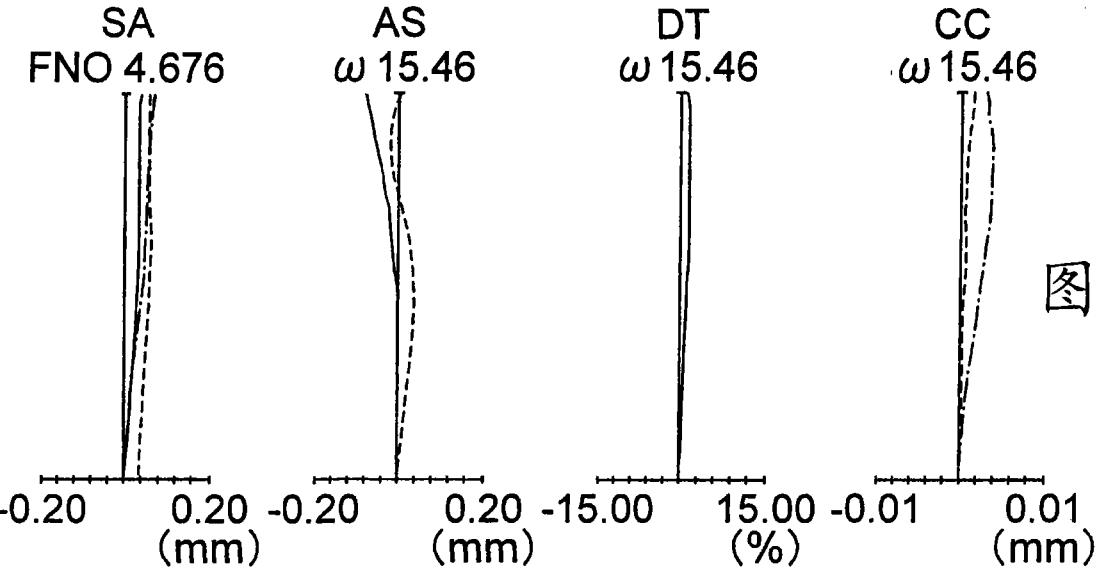


图 23B

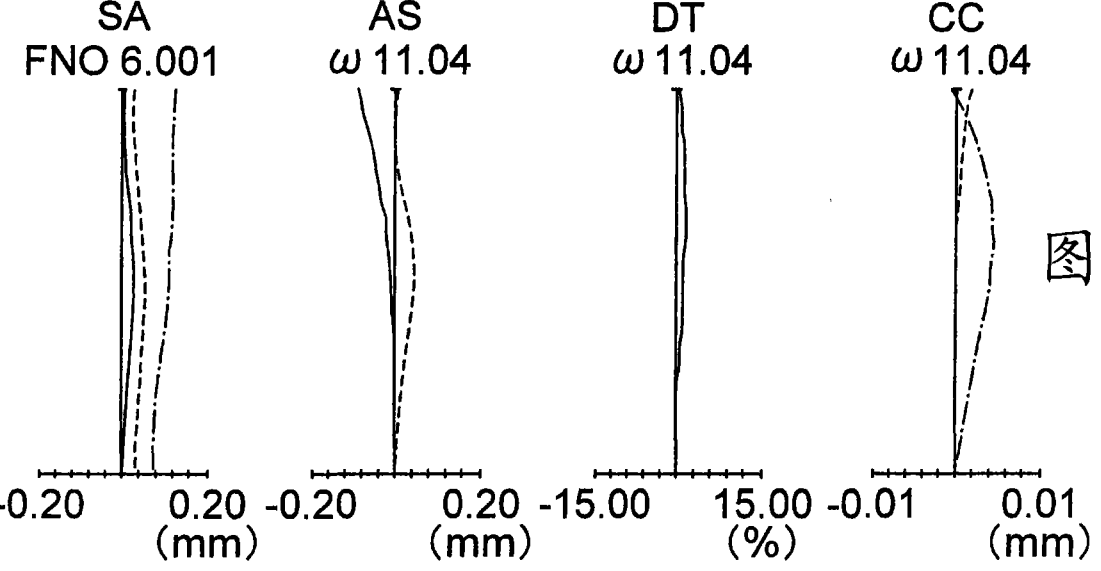


图 23C

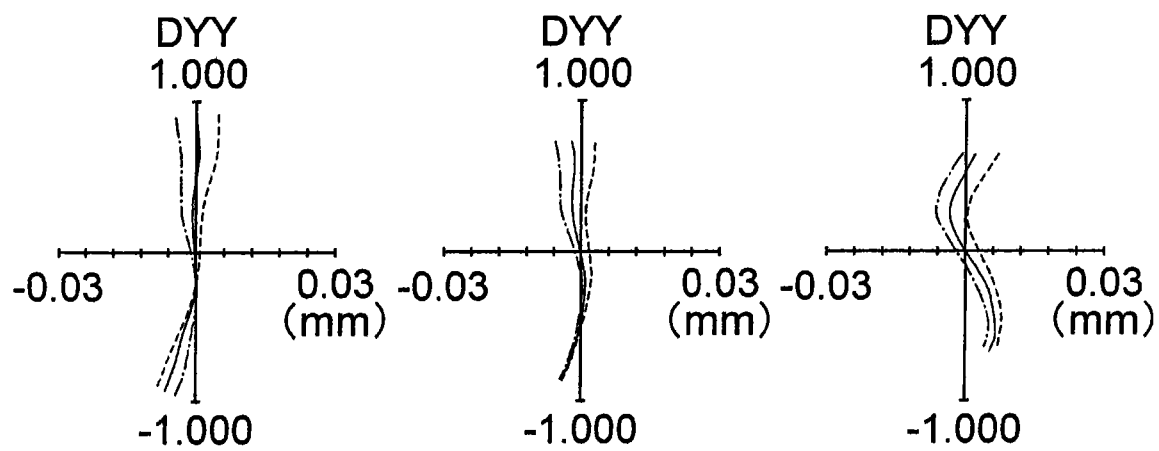


图 24A

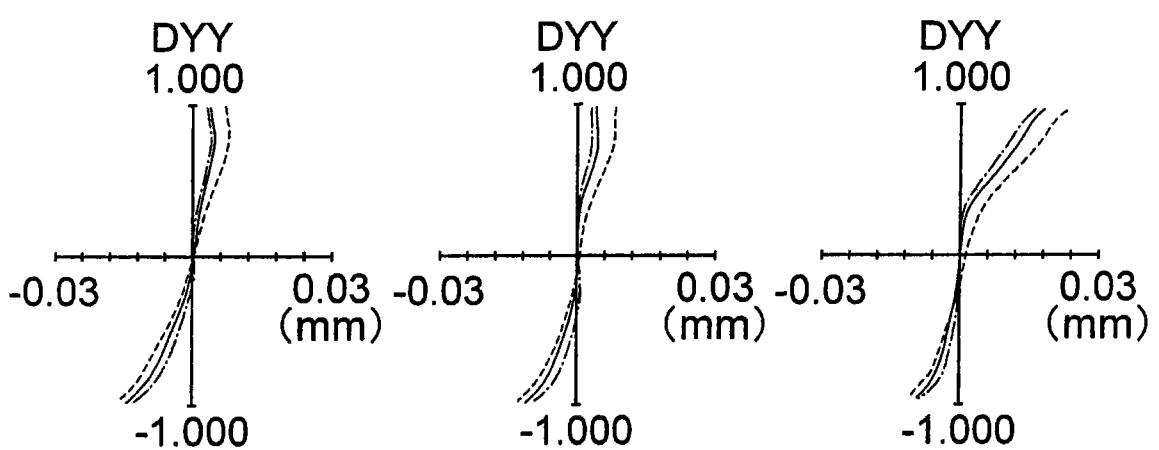


图 24B

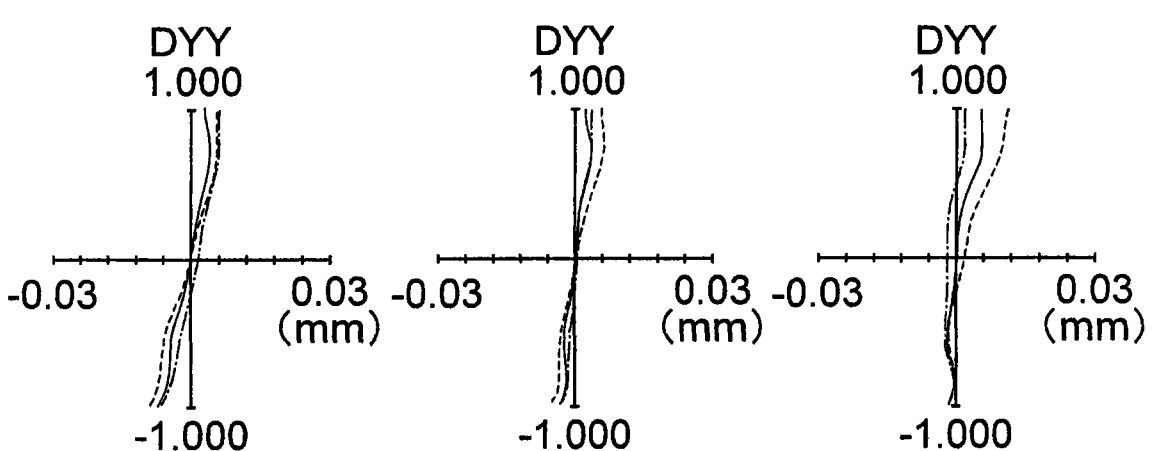
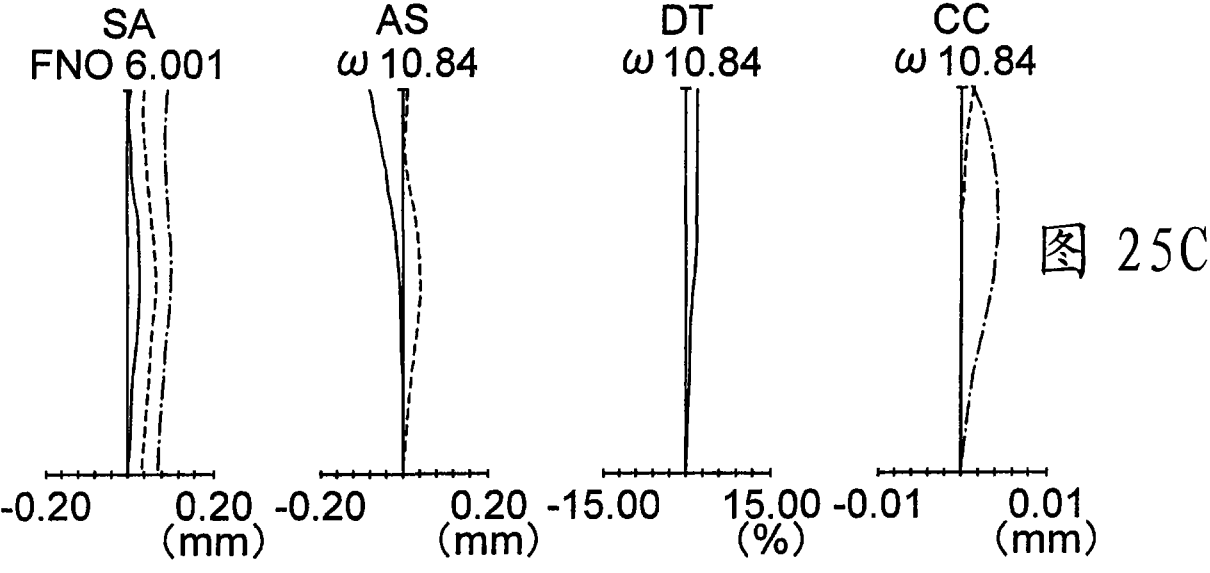
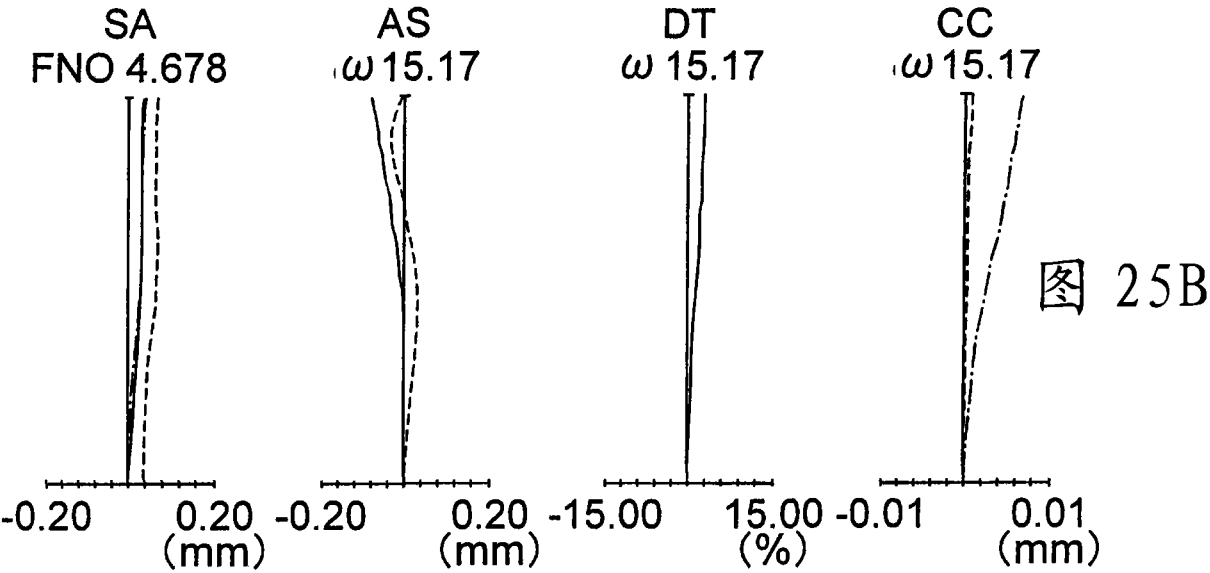
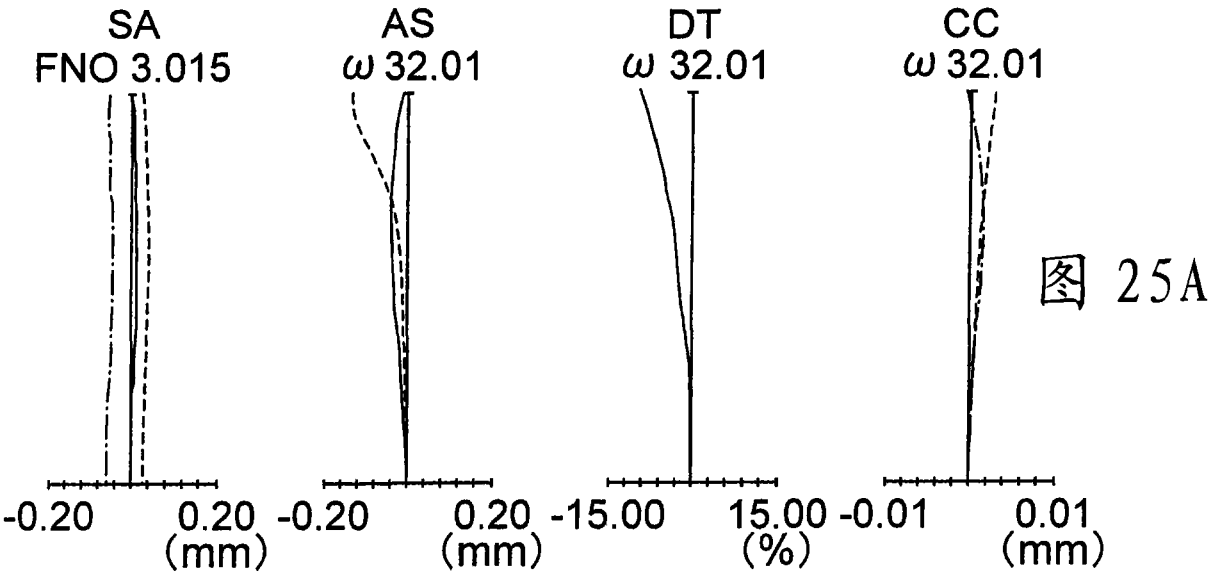


图 24C

486.13 ———
656.27 - - - - -
587.56 ———



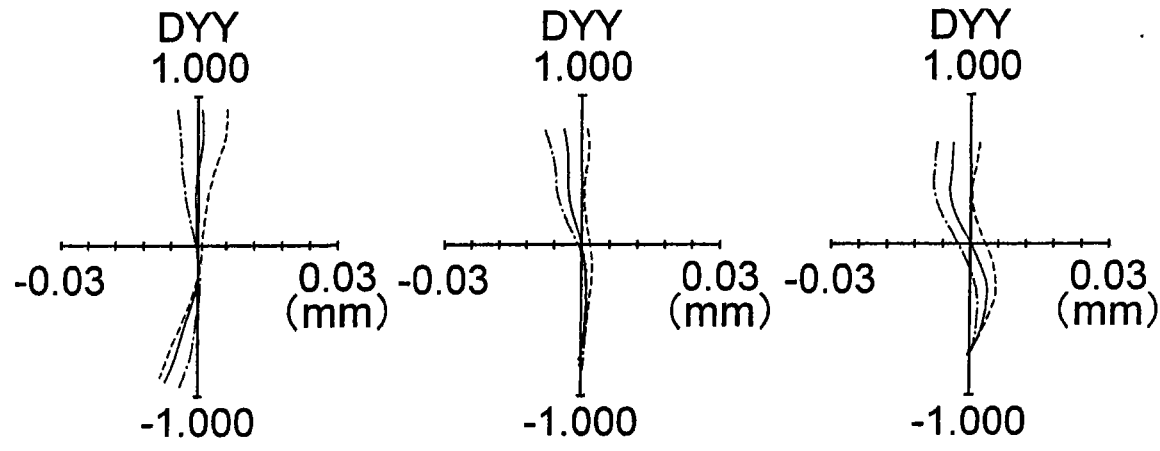


图 26A

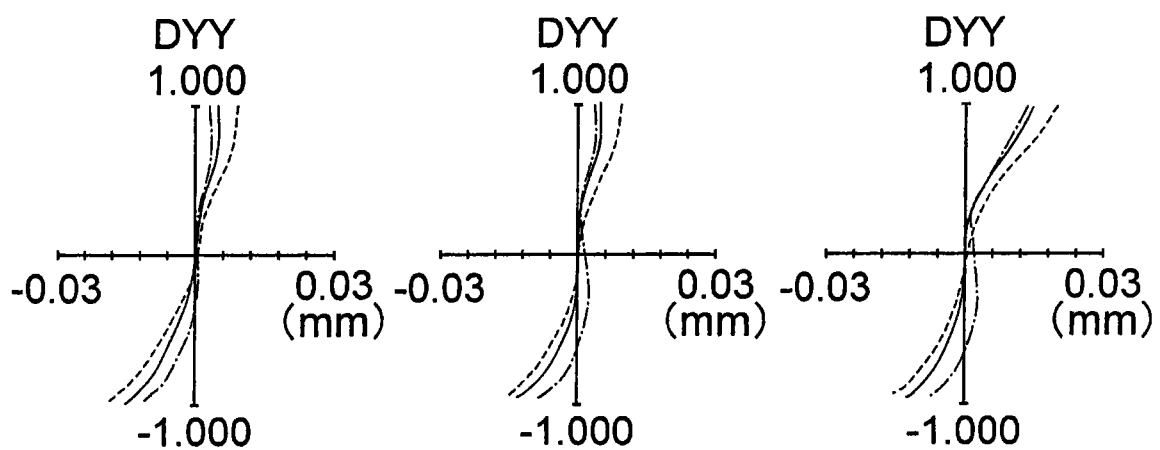


图 26B

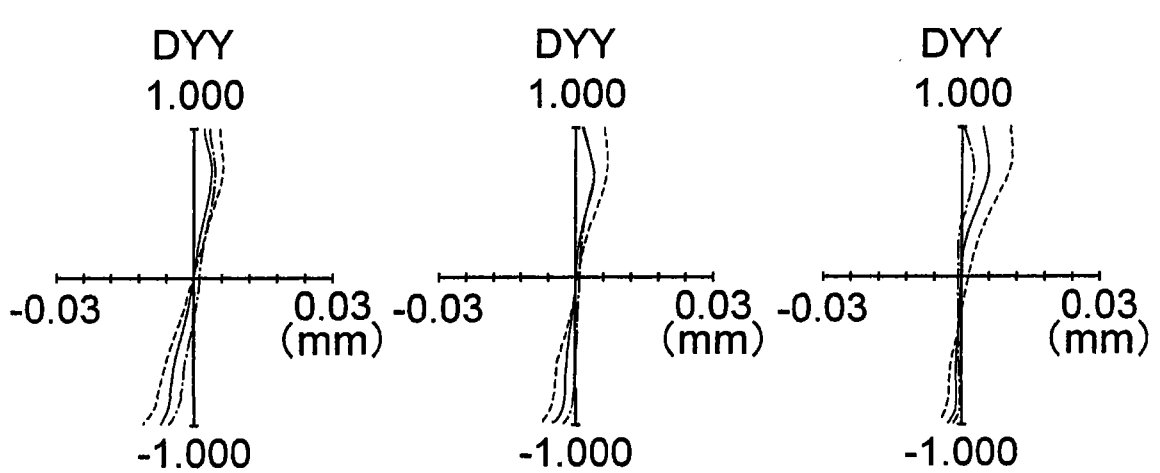


图 26C

486.13 ———
656.27 - - - - -
587.56 ———

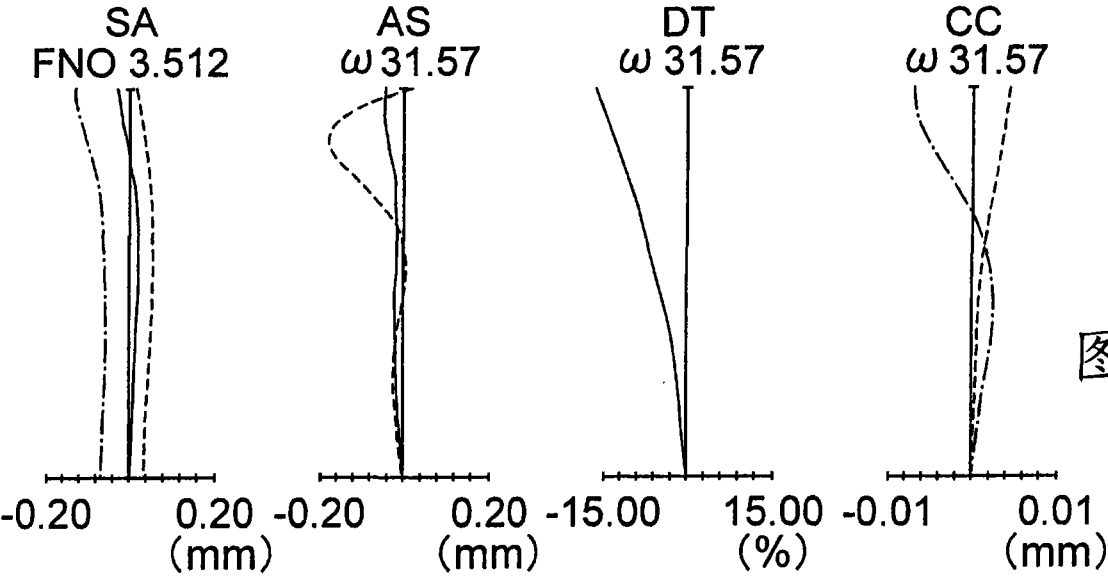


图 27A

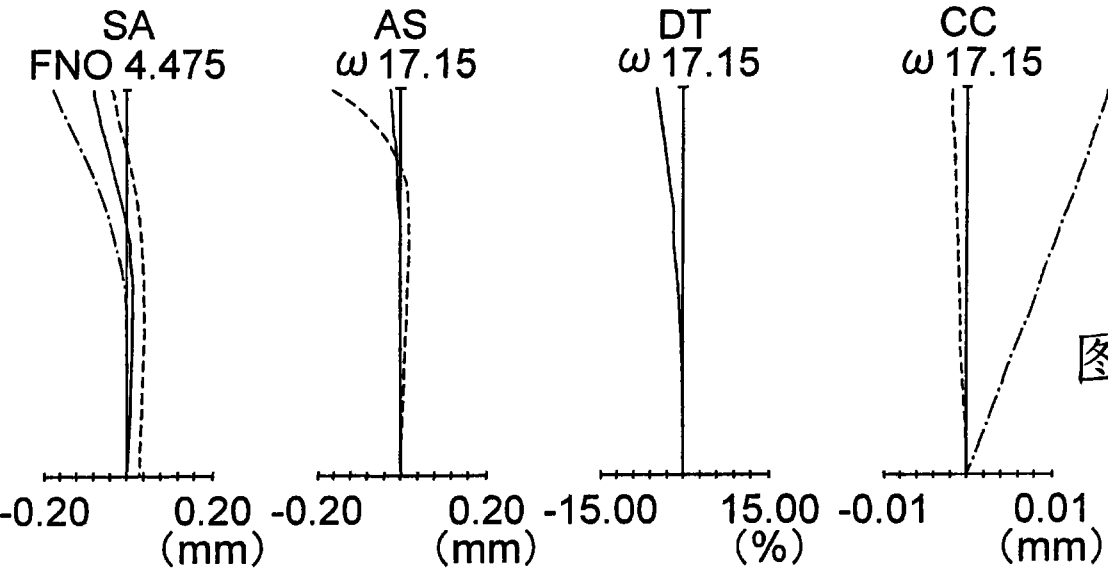


图 27B

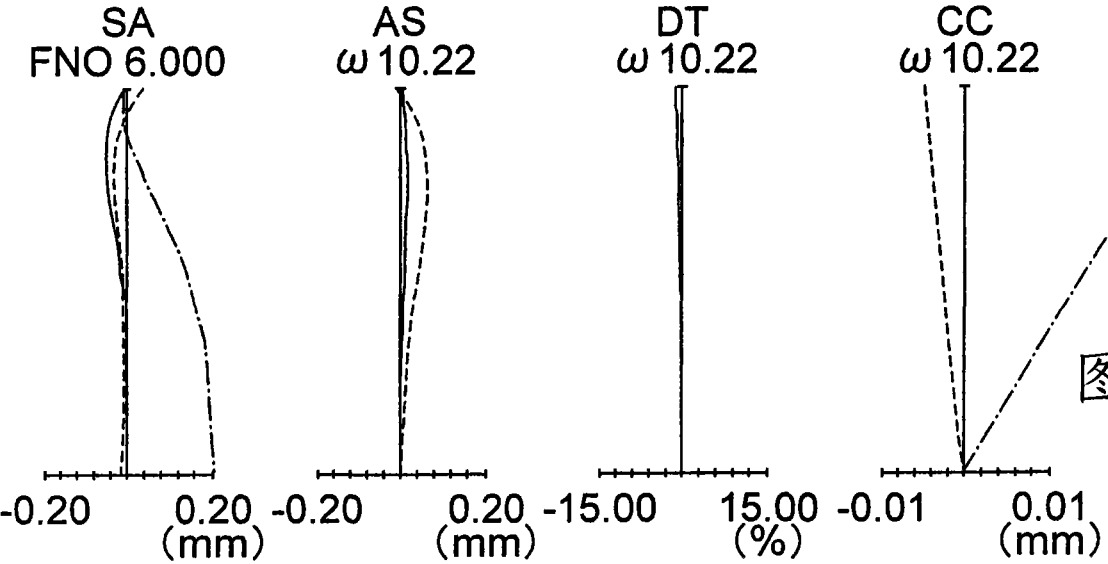
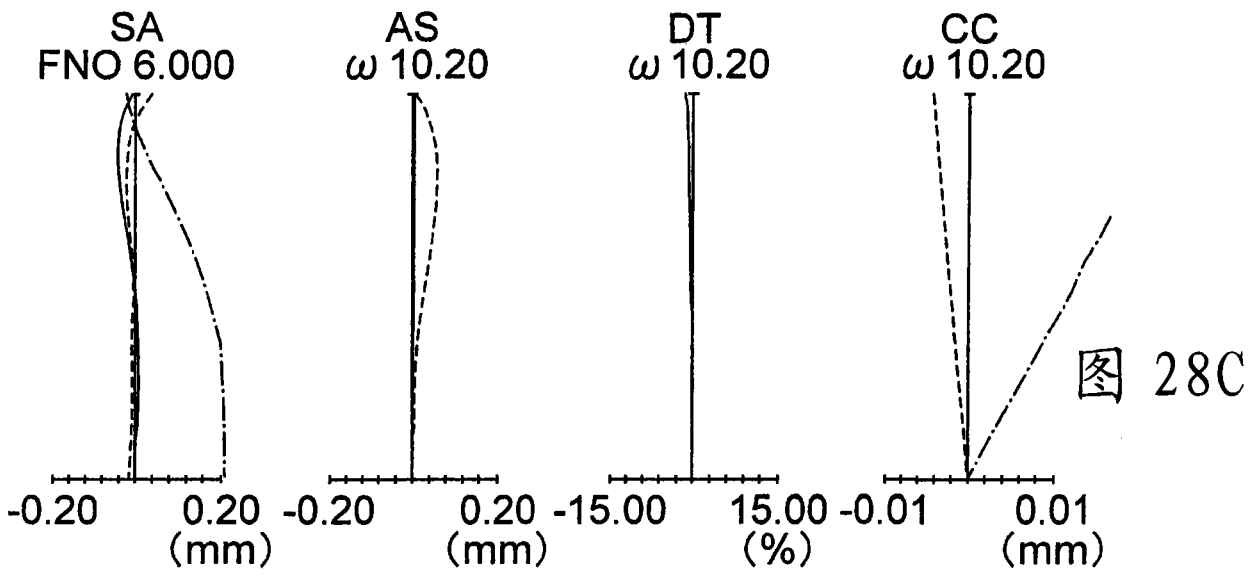
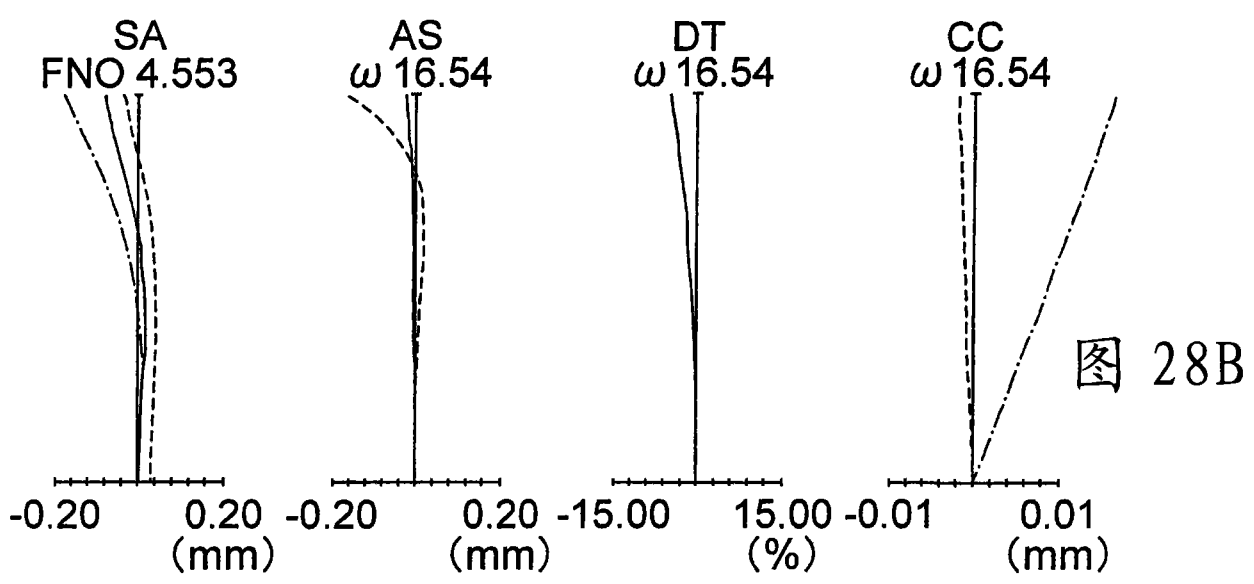
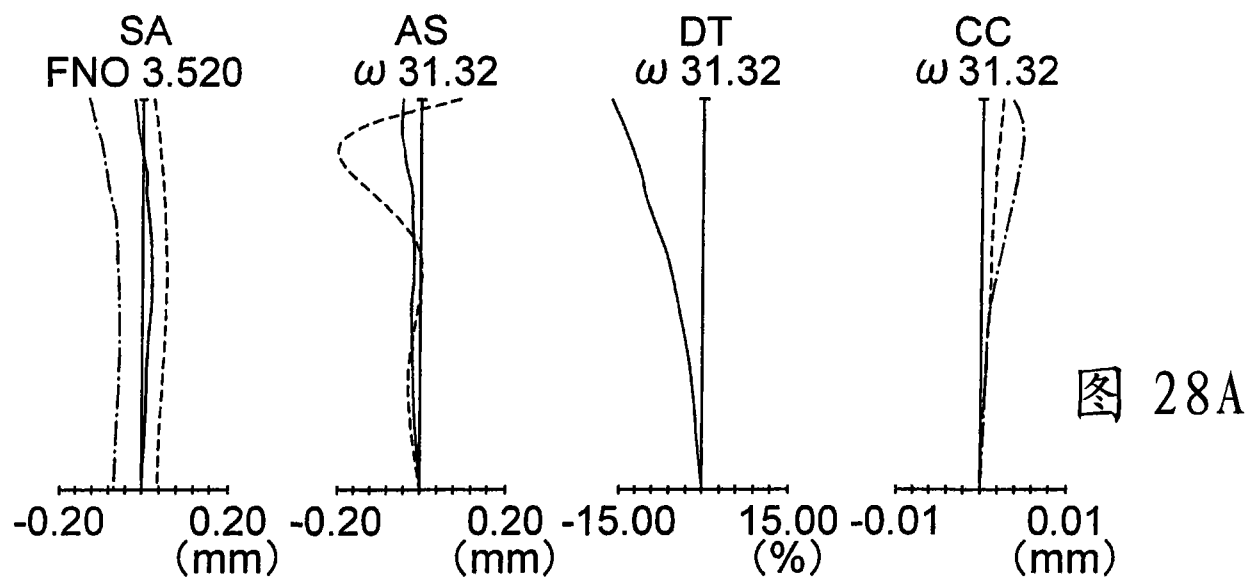


图 27C



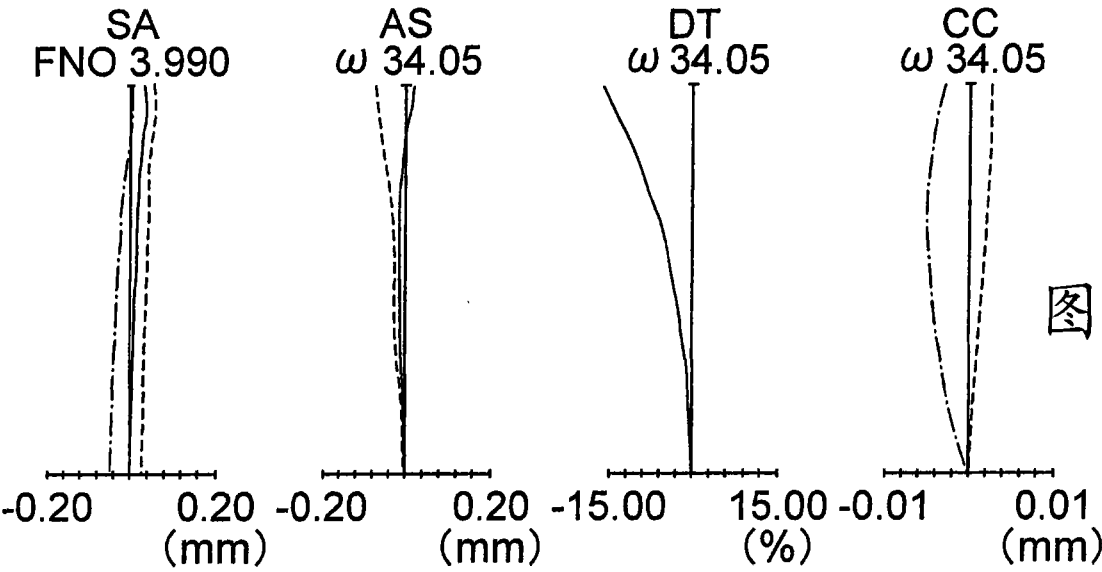


图 29A

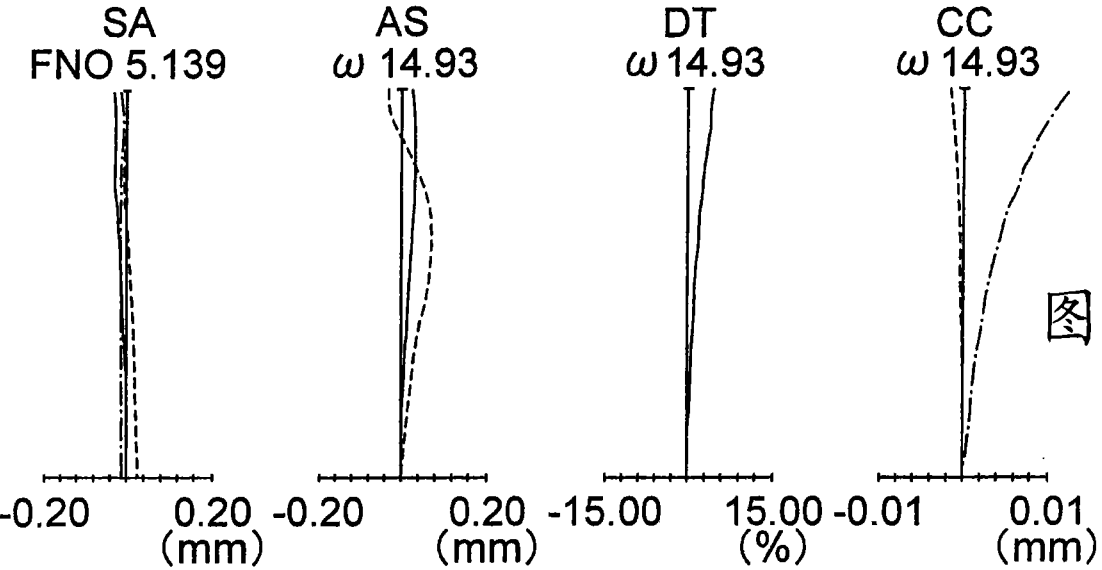


图 29B

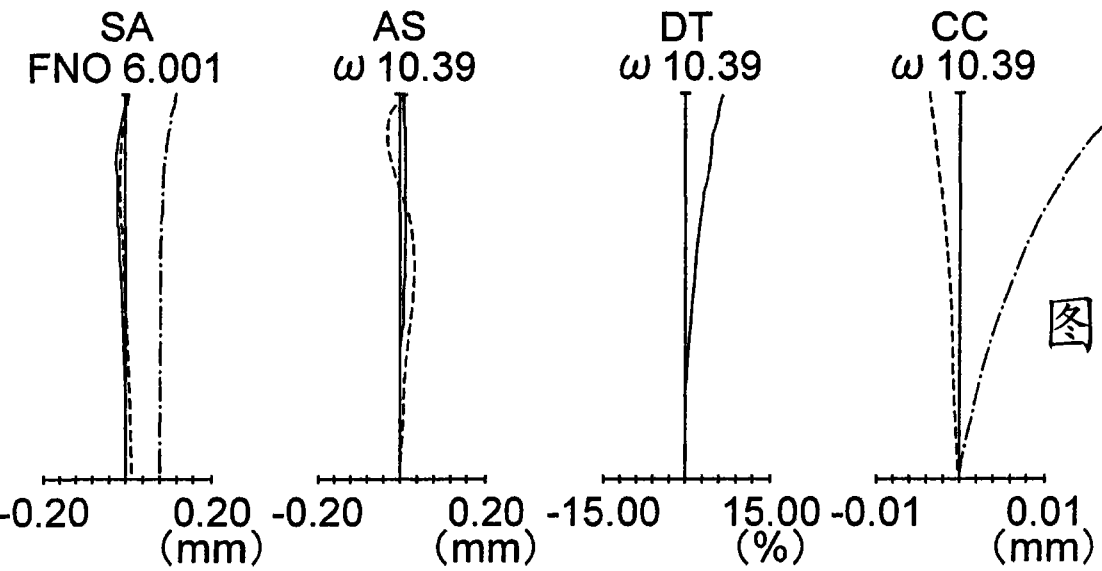
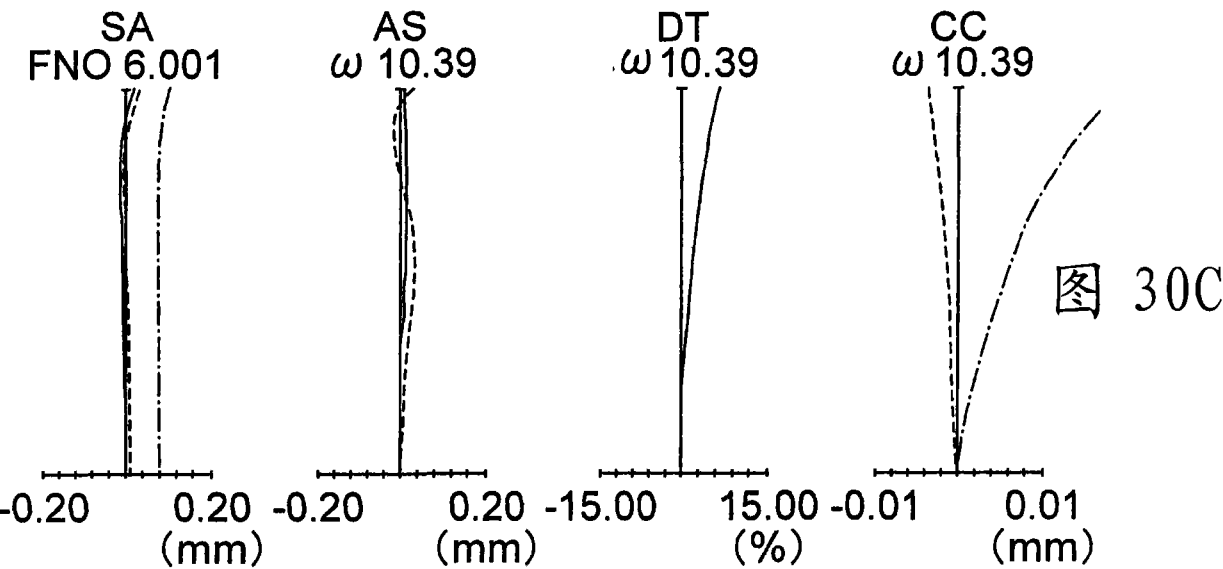
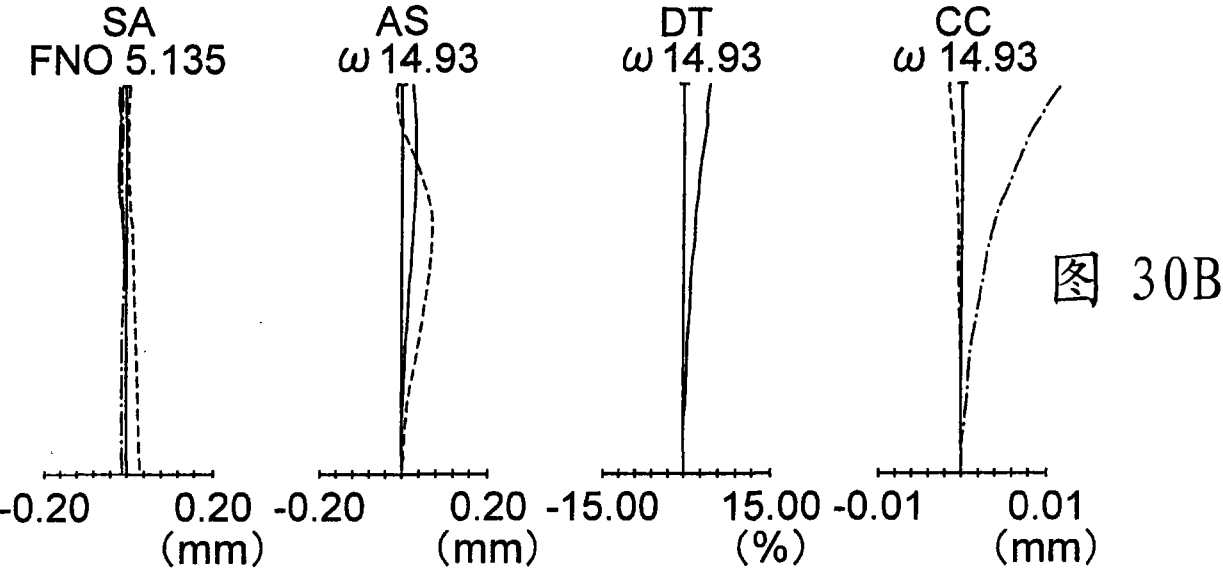
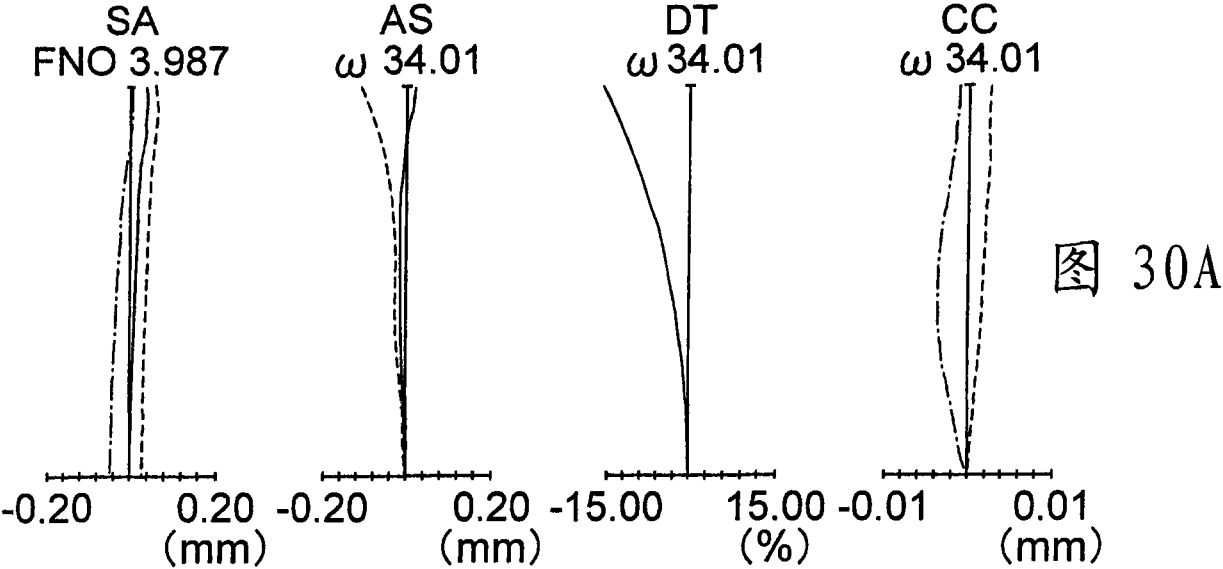
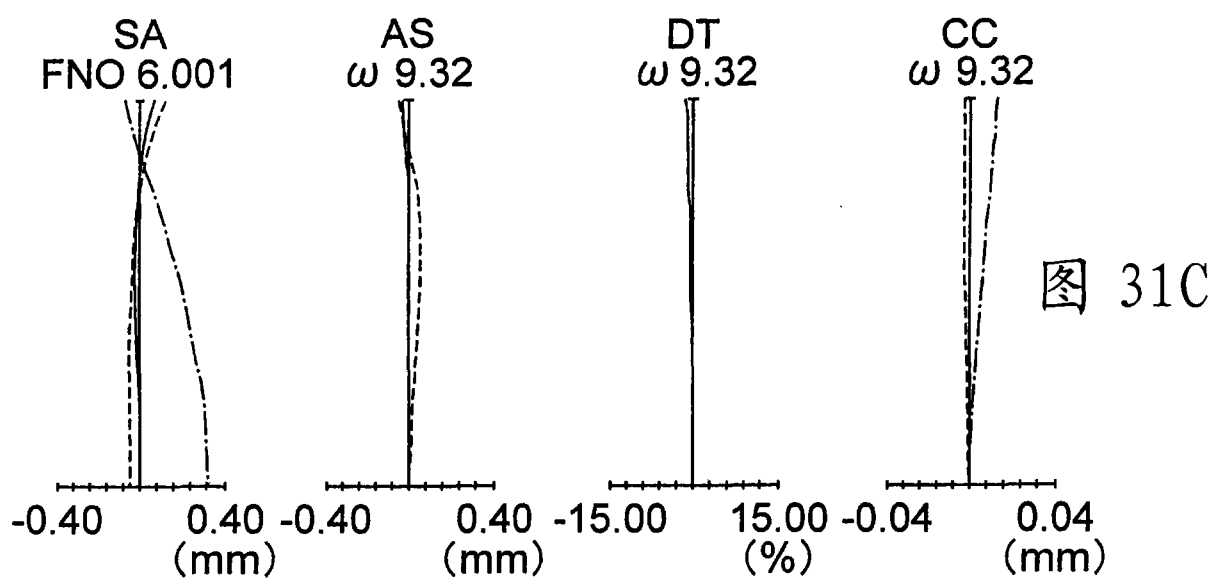
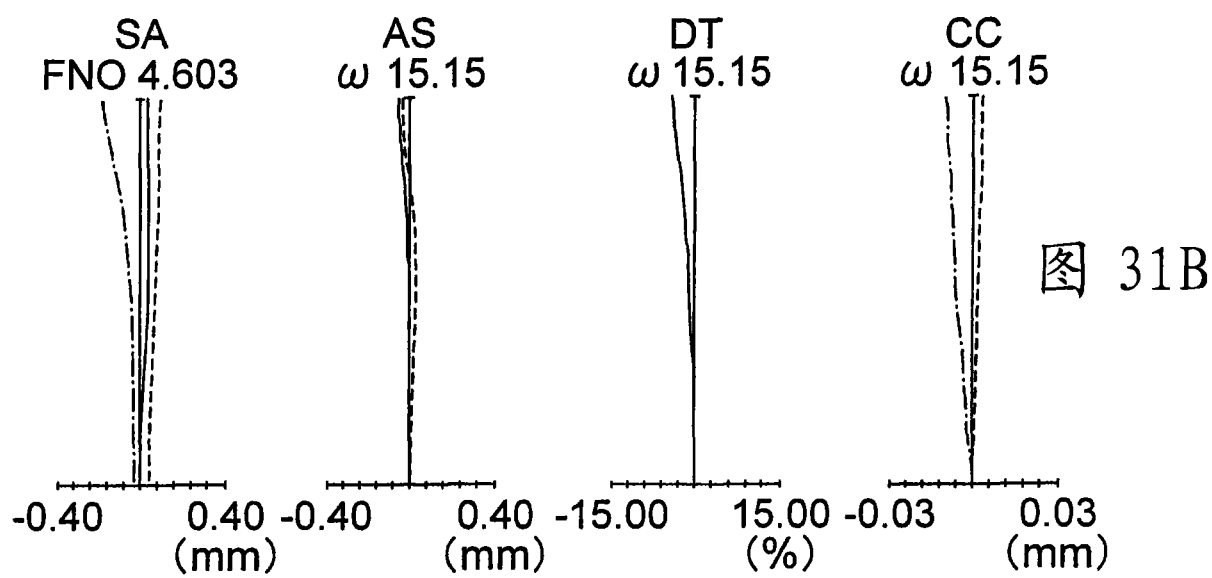
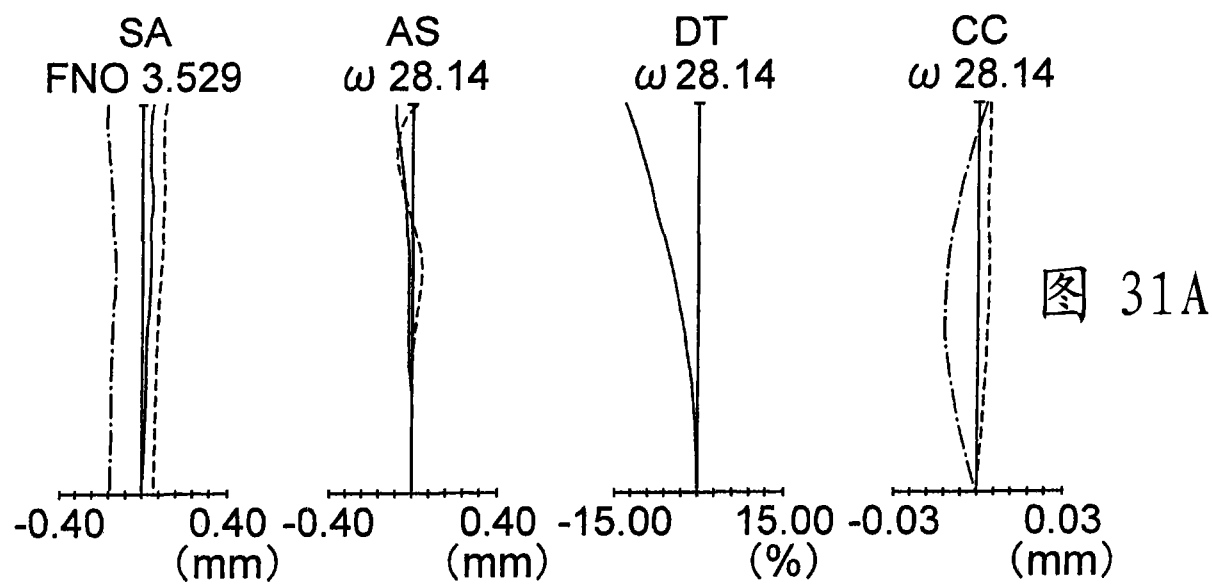


图 29C





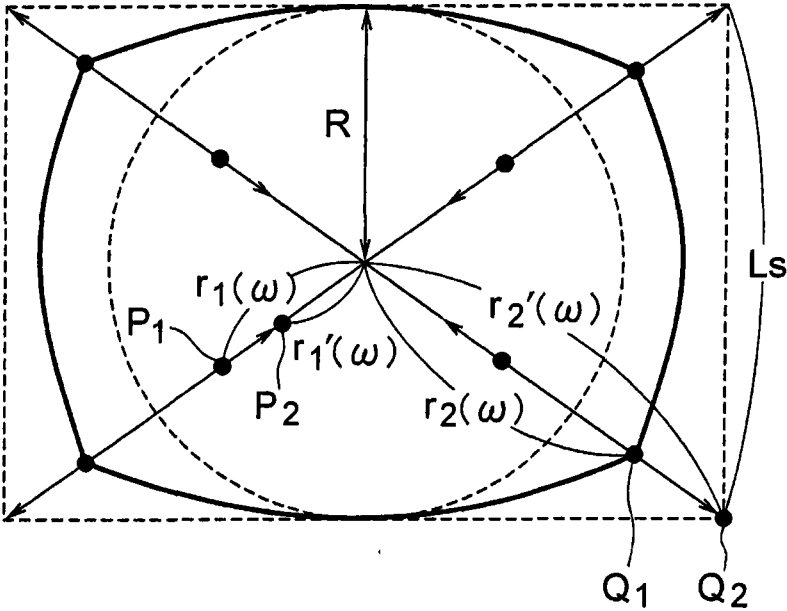


图 32

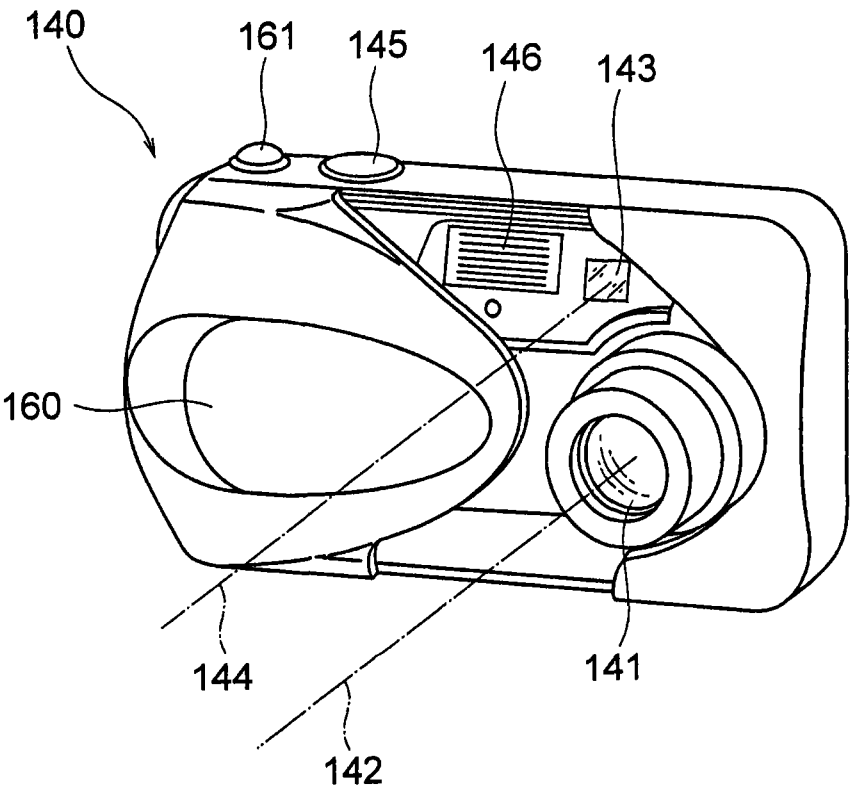


图 33

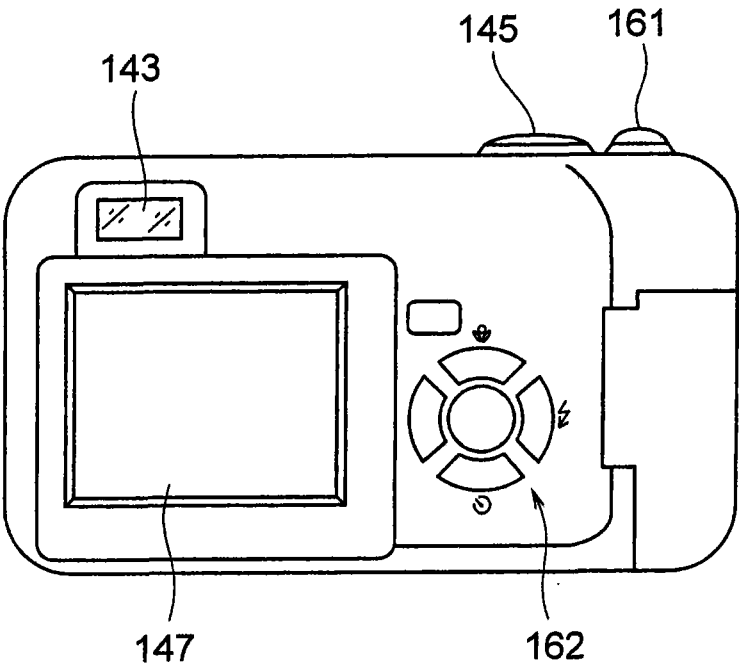


图 34

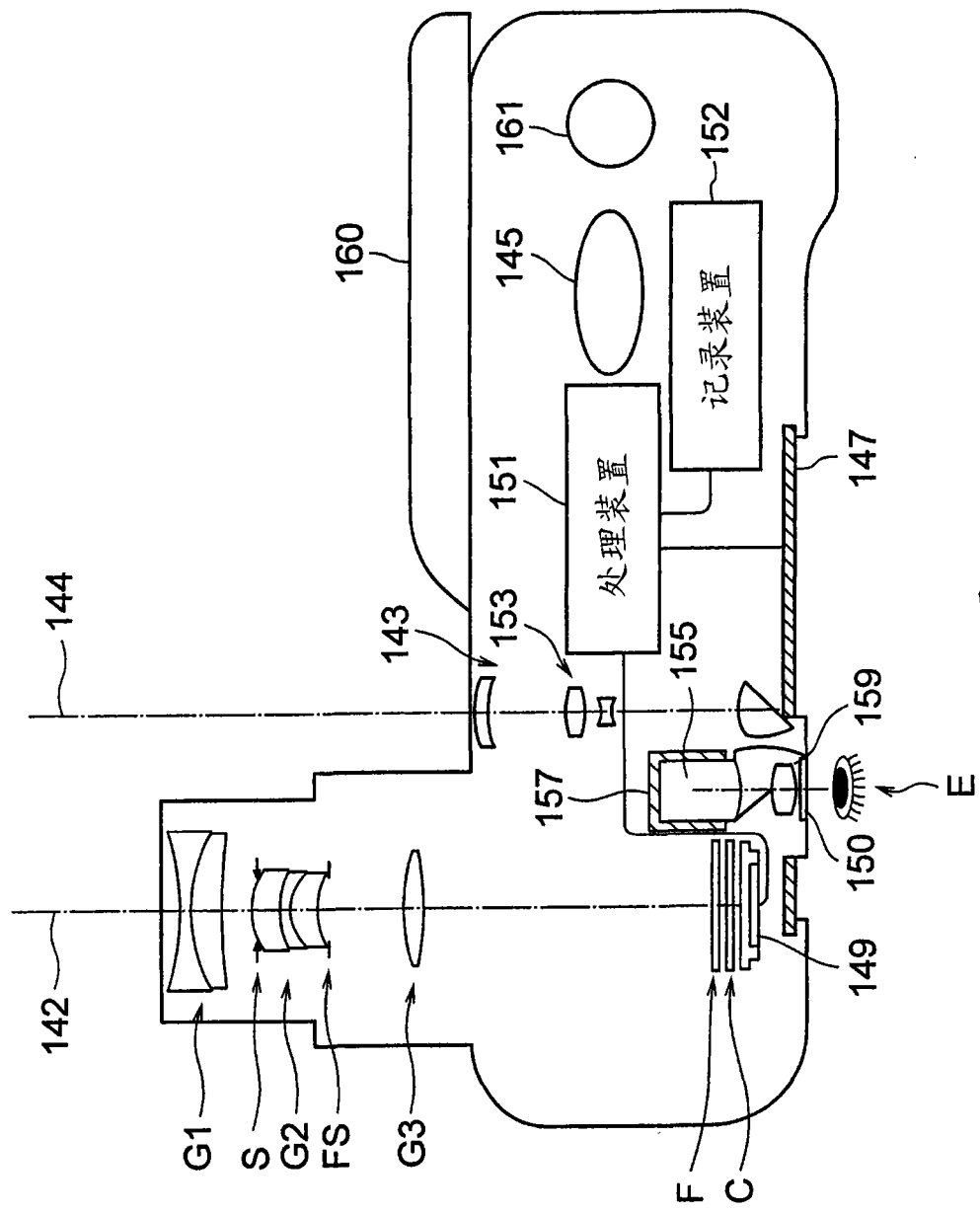


图 35

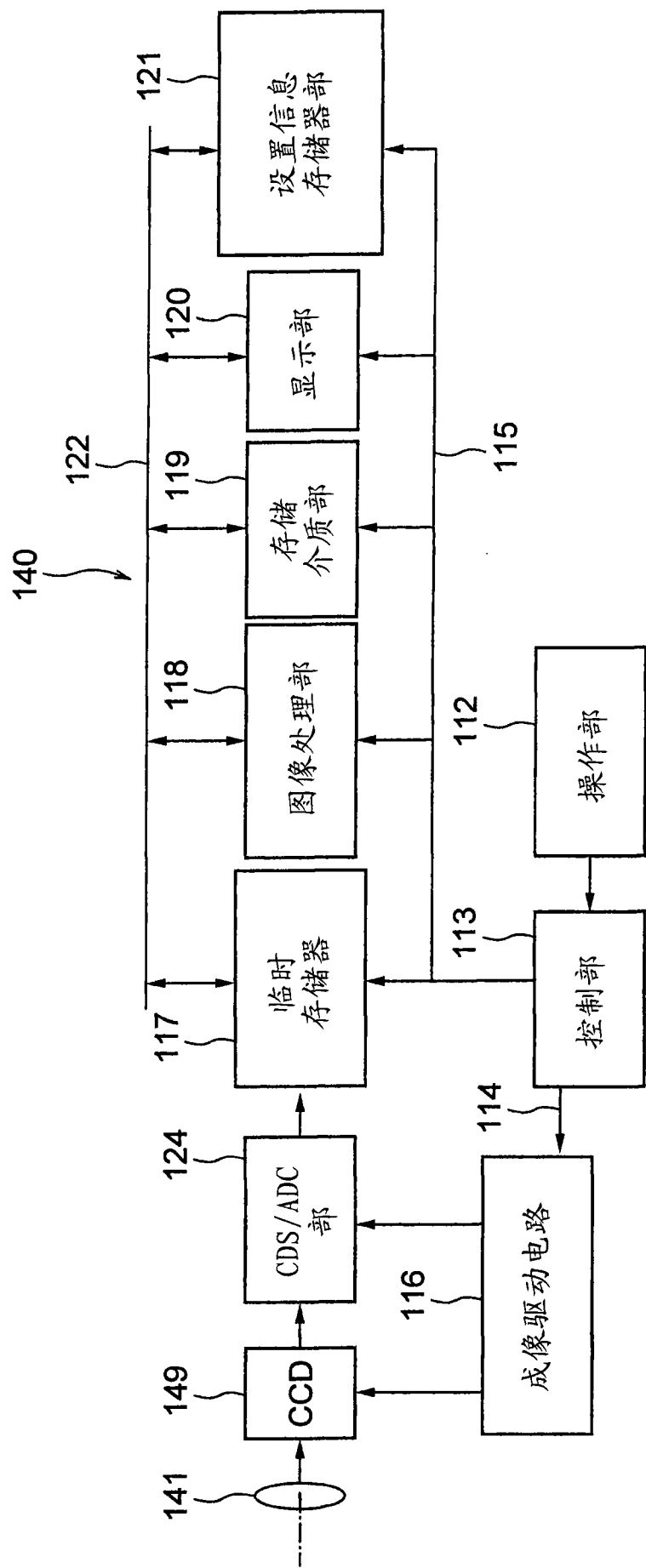


图 36