



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102033304 B

(45) 授权公告日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201010293322. 1

(22) 申请日 2010. 09. 27

(30) 优先权数据

2009-232227 2009. 10. 06 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 木村友纪

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 杨小明

(51) Int. Cl.

G02B 15/173 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1700049 A, 2005. 11. 23,

CN 101470255 A, 2009. 07. 01,

US 2009/0174952 A1, 2009. 07. 09,

JP 特開 2006-215257 A, 2006. 08. 17,

CN 1877387 A, 2006. 12. 13,

CN 101369049 A, 2009. 02. 18,

审查员 李雪春

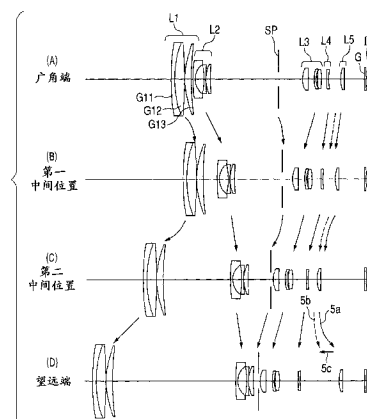
权利要求书 3 页 说明书 24 页 附图 22 页

(54) 发明名称

变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的图像拾
取设备

(57) 摘要

本发明涉及一种变焦透镜系统和包括变焦透
镜系统的图像拾取设备。一种变焦透镜系统从物
侧到像侧包括：第一透镜单元、第二透镜单元、第
三透镜单元、第四透镜单元和具有正折光力的第
五透镜单元，其中：在从广角端变焦到望远端时，
第一、第二、第三和第四透镜单元移动，以使得第
一透镜单元和第二透镜单元之间的间隔在望远端
处大于在广角端处，第二透镜单元和第三透镜单
元之间的间隔在望远端处小于在广角端处，并且
第三透镜单元和第四透镜单元之间的距离变化；
并且适当地设置第一透镜单元的焦距和整个系统
在广角端处和在望远端处的焦距。



1. 一种变焦透镜系统,按照从物侧到像侧的顺序包括:

第一透镜单元,所述第一透镜单元具有正折光力;

第二透镜单元,所述第二透镜单元具有负折光力;

第三透镜单元,所述第三透镜单元具有正折光力;

第四透镜单元,所述第四透镜单元具有负折光力;和

第五透镜单元,所述第五透镜单元具有正折光力,

其中:

在从广角端变焦到望远端时,第一透镜单元、第二透镜单元、第三透镜单元和第四透镜单元移动,以使得第一透镜单元和第二透镜单元之间的间隔在望远端处大于在广角端处,第二透镜单元和第三透镜单元之间的间隔在望远端处小于在广角端处,并且第三透镜单元和第四透镜单元之间的间隔变化;并且

满足以下条件表达式:

$$8.0 < f1/fw < 25.0 ; \text{和}$$

$$0.35 < f1/ft < 0.70$$

其中, $f1$ 表示第一透镜单元的焦距,而 fw 和 ft 分别表示整个系统在广角端处的焦距和在望远端处的焦距。

2. 根据权利要求1所述的变焦透镜系统,其中,满足以下条件表达式:

$$5.0 < f5/fw < 15.0$$

其中, $f5$ 表示第五透镜单元的焦距。

3. 根据权利要求1所述的变焦透镜系统,其中,满足以下条件表达式:

$$0.4 < m4/m3 < 1.5$$

其中, $m3$ 和 $m4$ 分别表示伴随从广角端到望远端的变焦的第三透镜单元和第四透镜单元的移动量。

4. 根据权利要求1所述的变焦透镜系统,其中,满足以下条件表达式:

$$-12.0 < f1/f2 < -4.0$$

其中, $f2$ 表示第二透镜单元的焦距。

5. 根据权利要求1所述的变焦透镜系统,其中,满足以下条件表达式:

$$1.0 < m1/m3 < 2.7$$

其中, $m1$ 和 $m3$ 分别表示伴随从广角端到望远端的变焦的第一透镜单元和第三透镜单元的移动量。

6. 根据权利要求1所述的变焦透镜系统,其中:

在变焦时第一透镜单元沿着朝像面凸出的轨迹移动;并且

满足以下条件表达式:

$$0.05 < m1mid/|m1| < 0.60$$

其中, $m1$ 表示伴随从广角端到望远端的变焦的第一透镜单元的移动量,以及 $m1mid$ 表示从广角端到第一透镜单元位于最靠近像面处的变焦位置的第一透镜单元的移动量。

7. 根据权利要求1所述的变焦透镜系统,还包括置于第二透镜单元和第三透镜单元之间的孔径光阑,

其中,在变焦时所述孔径光阑沿着与第三透镜单元的轨迹不同的轨迹移动。

8. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中,满足以下条件表达式:

$$10 < (\beta_{2t} \times \beta_{3t}) / (\beta_{2w} \times \beta_{3w}) < 40$$

其中, β_{2w} 和 β_{2t} 分别表示第二透镜单元在广角端处的横向倍率和在望远端处的横向倍率,而 β_{3w} 和 β_{3t} 分别表示第三透镜单元在广角端处的横向倍率和在望远端处的横向倍率。

9. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中,满足以下条件表达式:

$$-2.8 < f_2/f_w < -1.5$$

其中, f_2 表示第二透镜单元的焦距。

10. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中,满足以下条件表达式:

$$1.0 < \beta_{4t} / \beta_{4w} < 3.0$$

其中, β_{4w} 和 β_{4t} 分别表示第四透镜单元在广角端处的横向倍率和在望远端处的横向倍率。

11. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中:

第一透镜单元包括胶合透镜,在所述胶合透镜中,正透镜和负透镜被胶合;并且满足以下条件表达式:

$$-0.0016vd_{1p} + 0.641 < \theta_g F_{1p}$$

其中, vd_{1p} 和 $\theta_g F_{1p}$ 分别表示构成所述胶合透镜的所述正透镜的材料的阿贝数和部分色散比,其中用 $(N_g - N_F) / (N_F - N_C)$ 表达部分色散比,其中,分别用 NC、NF、Ng 表示 C 线、F 线和 g 线上的折射率。

12. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中,满足以下条件表达式:

$$0.7 < L_t/f_t < 1.4$$

其中, L_t 表示在望远端处第一透镜单元中位置最靠近物侧的透镜表面和像面之间的距离。

13. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中,满足以下条件表达式:

$$1.5 < (\beta_{2t} / \beta_{2w}) / (\beta_{3t} / \beta_{3w}) < 5.0$$

其中, β_{2w} 和 β_{2t} 分别表示第二透镜单元在广角端处的横向倍率和在望远端处的横向倍率,而 β_{3w} 和 β_{3t} 分别表示第三透镜单元在广角端处的横向倍率和在望远端处的横向倍率。

14. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中,所述第四透镜单元由一个透镜部件组成。

15. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中,所述第五透镜单元由一个透镜部件组成。

16. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,还包括具有正折光力或负折光力的第六透镜单元,所述第六透镜单元被设置在第五透镜单元的像侧。

17. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,所述变焦透镜系统在固态图像拾取元件上形成图像。

18. 一种图像拾取设备,包括:

根据权利要求 1-17 中的任何一个所述的变焦透镜系统;和

固态图像拾取元件,所述固态图像拾取元件接收由所述变焦透镜系统形成的光的图

像。

变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的图像拾取设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种变焦透镜系统和包括所述变焦透镜系统的图像拾取设备,所述变焦透镜系统特别适合于使用固态图像拾取元件的图像拾取设备(例如,视频相机、电子静态相机、广播相机或监视相机)或者例如卤化银胶片相机的图像拾取设备。

背景技术

[0002] 近年来,使用固态图像拾取元件的图像拾取设备(例如,视频相机、数字静态相机、广播相机或监视相机)以及卤化银胶片相机具有高性能,并且整个设备的尺寸缩小。此外,用于图像拾取设备的摄影光学系统需要是总透镜长度短、尺寸紧凑和变焦比高的高分辨率变焦透镜系统。作为满足要求的变焦透镜系统之一,已知一种称为后焦点型(rear focus type)的变焦透镜系统,其通过移动除了物侧的第一个透镜单元之外的透镜单元来执行聚焦。

[0003] 通常,后焦点型变焦透镜系统的第一透镜单元的有效直径小于通过移动第一透镜单元来执行聚焦的其它类型的变焦透镜系统,以易于实现尺寸小的整个透镜系统。另外,可易于执行微距摄影(macro photography)。此外,由于移动小且轻的透镜单元,所以所述透镜单元的小驱动力足以使得可实现快速聚焦。作为后焦点型变焦透镜系统,已知这样一种变焦透镜系统,其按照从物侧到像侧的顺序包括:具有正折光力的第一透镜单元、具有负折光力的第二透镜单元、具有正折光力的第三透镜单元、以及后面的一个或多个透镜单元。在它们之中,已知一种包括5个透镜单元的五单元变焦透镜系统,这5个透镜单元按照从物侧到像侧的顺序具有:正折光力、负折光力、正折光力、负折光力和正折光力(美国专利 No. 7, 177, 092)。另外,已知一种包括6个透镜单元的六单元变焦透镜系统,这6个透镜单元按照从物侧到像侧的顺序具有:正折光力、负折光力、正折光力、负折光力、正折光力和负折光力(美国专利 No. 6, 373, 639)。

[0004] 通常,为了获得整个系统尺寸缩小同时具有预先确定的变焦比的变焦透镜系统,需要增强构成所述变焦透镜系统的每个透镜单元的折光力(光焦度或焦距的倒数)以减少透镜数量。然而,这样的变焦透镜系统具有伴随变焦的大的像差变化,并且难以在整个变焦范围上获得高的光学性能。特别是,难以校正各种像差,例如,望远端处的色差。为了在上述五单元变焦透镜系统或六单元变焦透镜系统中获得良好的光学性能,同时获得高变焦比并且缩小整个透镜系统的尺寸,适当地设置每个透镜单元的折光力和透镜构造(configuration)以及每个透镜单元在变焦时的移动条件是重要的。特别是,适当地设置第一透镜单元的折光力以及第一、第三和第四透镜单元在变焦时的移动条件是重要的。除非适当地设置这些结构,否则难以获得整个系统小、视场角宽、变焦比高并且光学性能高的变焦透镜系统。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种整个光学系统小、视场角宽、变焦比高并且在整个变焦

范围上光学性能高的变焦透镜系统,以及提供一种包括所述变焦透镜系统的图像拾取设备。

[0006] 根据本发明的变焦透镜系统按照从物侧到像侧的顺序包括:第一透镜单元,所述第一透镜单元具有正折光力;第二透镜单元,所述第二透镜单元具有负折光力;第三透镜单元,所述第三透镜单元具有正折光力;第四透镜单元,所述第四透镜单元具有负折光力;和第五透镜单元,所述第五透镜单元具有正折光力,其中,在从广角端变焦到望远端时,第一透镜单元、第二透镜单元、第三透镜单元和第四透镜单元移动,以使得第一透镜单元和第二透镜单元之间的间隔在望远端处大于在广角端处,第二透镜单元和第三透镜单元之间的间隔距离在望远端处小于在广角端处,以及第三透镜单元和第四透镜单元之间的间隔变化;并且满足以下条件表达式:

[0007] $8.0 < f1/fw < 25.0$;和

[0008] $0.35 < f1/ft < 0.70$,

[0009] 其中, $f1$ 表示第一透镜单元的焦距, fw 和 ft 分别表示整个系统在广角端处的焦距和在望远端处的焦距。

[0010] 从以下参照附图对示例性实施例的描述,本发明的进一步的特征将变得清晰。

附图说明

[0011] 图1示出根据本发明的第一实施例的在广角端处的透镜截面(A)、在第一中间变焦位置处的透镜截面(B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面(C)和在望远端处的透镜截面(D)。

[0012] 图2A是根据本发明的第一实施例的广角端处的像差图。

[0013] 图2B是根据本发明的第一实施例的第一中间变焦位置处的像差图。

[0014] 图2C是根据本发明的第一实施例的第二中间变焦位置处的像差图。

[0015] 图2D是根据本发明的第一实施例的望远端处的像差图。

[0016] 图3示出根据本发明的第二实施例的在广角端处的透镜截面(A)、在第一中间变焦位置处的透镜截面(B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面(C)和在望远端处的透镜截面(D)。

[0017] 图4A是根据本发明的第二实施例的广角端处的像差图。

[0018] 图4B是根据本发明的第二实施例的第一中间变焦位置处的像差图。

[0019] 图4C是根据本发明的第二实施例的第二中间变焦位置处的像差图。

[0020] 图4D是根据本发明的第二实施例的望远端处的像差图。

[0021] 图5示出根据本发明的第三实施例的在广角端处的透镜截面(A)、在第一中间变焦位置处的透镜截面(B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面(C)和在望远端处的透镜截面(D)。

[0022] 图6A是根据本发明的第三实施例的广角端处的像差图。

[0023] 图6B是根据本发明的第三实施例的第一中间变焦位置处的像差图。

[0024] 图6C是根据本发明的第三实施例的第二中间变焦位置处的像差图。

[0025] 图6D是根据本发明的第三实施例的望远端处的像差图。

[0026] 图7示出根据本发明的第四实施例的在广角端处的透镜截面(A)、在第一中间变

焦位置处的透镜截面 (B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面 (C) 和在望远端处的透镜截面 (D)。

[0027] 图 8A 是根据本发明的第四实施例的广角端处的像差图；

[0028] 图 8B 是根据本发明的第四实施例的第一中间变焦位置处的像差图。

[0029] 图 8C 是根据本发明的第四实施例的第二中间变焦位置处的像差图。

[0030] 图 8D 是根据本发明的第四实施例的望远端处的像差图。

[0031] 图 9 示出根据本发明的第五实施例的在广角端处的透镜截面 (A)、在第一中间变焦位置处的透镜截面 (B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面 (C) 和在望远端处的透镜截面 (D)。

[0032] 图 10A 是根据本发明的第五实施例的广角端处的像差图。

[0033] 图 10B 是根据本发明的第五实施例的第一中间变焦位置处的像差图。

[0034] 图 10C 是根据本发明的第五实施例的第二中间变焦位置处的像差图。

[0035] 图 10D 是根据本发明的第五实施例的望远端处的像差图。

[0036] 图 11 示出根据本发明的第六实施例的在广角端处的透镜截面 (A)、在第一中间变焦位置处的透镜截面 (B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面 (C) 和在望远端处的透镜截面 (D)。

[0037] 图 12A 是根据本发明的第六实施例的广角端处的像差图。

[0038] 图 12B 是根据本发明的第六实施例的第一中间变焦位置处的像差图。

[0039] 图 12C 是根据本发明的第六实施例的第二中间变焦位置处的像差图。

[0040] 图 12D 是根据本发明的第六实施例的望远端处的像差图。

[0041] 图 13 示出根据本发明的第七实施例的在广角端处的透镜截面 (A)、在第一中间变焦位置处的透镜截面 (B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面 (C) 和在望远端处的透镜截面 (D)。

[0042] 图 14A 是根据本发明的第七实施例的广角端处的像差图。

[0043] 图 14B 是根据本发明的第七实施例的第一中间变焦位置处的像差图。

[0044] 图 14C 是根据本发明的第七实施例的第二中间变焦位置处的像差图。

[0045] 图 14D 是根据本发明的第七实施例的望远端处的像差图。

[0046] 图 15 是示出在其中将根据本发明的变焦透镜系统应用于数字相机的主要部分的示意图。

具体实施方式

[0047] 以下描述根据本发明的变焦透镜系统和包括所述变焦透镜系统的图像拾取设备。根据本发明的变焦透镜系统至少包括 5 个透镜单元, 这 5 个透镜单元按照从物侧到像侧的顺序为: 具有正折光力的第一透镜单元、具有负折光力的第二透镜单元、具有正折光力的第三透镜单元、具有负折光力的第四透镜单元和具有正折光力的第五透镜单元。在变焦时, 第一透镜单元至第四透镜单元移动。具体而言, 在从广角端变焦到望远端时, 第一透镜单元、第二透镜单元和第三透镜单元移动, 以使得第一透镜单元和第二透镜单元之间的间隔在望远端处大于在广角端处, 同时第二透镜单元和第三透镜单元之间的间隔在望远端处小于在广角端处。此外, 第四透镜单元沿着与第三透镜单元的轨迹不同的轨迹移动, 以使得第三透

镜单元和第四透镜单元之间的间隔变化。

[0048] 图 1 示出根据本发明的第一实施例的变焦透镜系统分别在广角端（短焦距端）处的透镜截面 (A)、在第一中间变焦位置处的透镜截面 (B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面 (C) 和在望远端（长焦距端）处的透镜截面 (D)。图 2A、图 2B、图 2C 和图 2D 分别是根据第一实施例的变焦透镜系统在广角端处、在第一中间变焦位置处、在第二中间变焦位置处和在望远端处的像差图。

[0049] 图 3 示出根据本发明的第二实施例的变焦透镜系统分别在广角端处的透镜截面 (A)、在第一中间变焦位置处的透镜截面 (B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面 (C) 和在望远端处的透镜截面 (D)。图 4A、图 4B、图 4C 和图 4D 分别是根据第二实施例的变焦透镜系统在广角端处、在第一中间变焦位置处、在第二中间变焦位置处和在望远端处的像差图。

[0050] 图 5 示出根据本发明的第三实施例的变焦透镜系统分别在广角端处的透镜截面 (A)、在第一中间变焦位置处的透镜截面 (B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面 (C) 和在望远端处的透镜截面 (D)。

[0051] 图 6A、图 6B、图 6C 和图 6D 是根据第三实施例的变焦透镜系统分别在广角端处、在第一中间变焦位置处、在第二中间变焦位置处和在望远端处的像差图。

[0052] 图 7 示出根据本发明的第四实施例的变焦透镜系统分别在广角端的透镜截面 (A)、在第一中间变焦位置处的透镜截面 (B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面 (C) 和在望远端处的透镜截面 (D)。图 8A、图 8B、图 8C 和图 8D 分别是根据第四实施例的变焦透镜系统在广角端处、在第一中间变焦位置处、在第二中间变焦位置处和在望远端处的像差图。

[0053] 图 9 示出根据本发明的第五实施例的变焦透镜系统分别在广角端的透镜截面 (A)、在第一中间变焦位置处的透镜截面 (B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面 (C) 和在望远端处的透镜截面 (D)。图 10A、图 10B、图 10C 和图 10D 分别是根据第五实施例的变焦透镜系统在广角端处、在第一中间变焦位置处、在第二中间变焦位置处和在望远端处的像差图。

[0054] 图 11 示出根据本发明的第六实施例的变焦透镜系统分别在广角端处的透镜截面 (A)、在第一中间变焦位置处的透镜截面 (B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面 (C) 和在望远端处的透镜截面 (D)。图 12A、图 12B、图 12C 和图 10D 分别是根据第六实施例的变焦透镜系统在广角端处、在第一中间变焦位置处、在第二中间变焦位置处和在望远端处的像差图。

[0055] 图 13 示出根据本发明的第七实施例的变焦透镜系统分别在广角端处的透镜截面 (A)、在第一中间变焦位置处的透镜截面 (B)、在第二中间变焦位置处的透镜截面 (C) 和在望远端处的透镜截面 (D)。图 14A、图 14B、图 14C 和图 14D 分别是根据第七实施例的变焦透镜系统在广角端处、在第一中间变焦位置处、在第二中间变焦位置处和在望远端处的像差图。

[0056] 图 15 是示出包括本发明的变焦透镜系统的相机（图像拾取设备）的主要部分的示意图。每个实施例的变焦透镜系统为用于图像拾取设备（例如，视频相机、数字相机和卤化银胶片相机）的摄影透镜系统。在透镜截面中，左侧对应于对象侧（物侧）（前侧），而右侧对应于像侧（后侧）。在透镜截面中， i 表示从物侧起的透镜单元的顺序， L_i 表示第 i 个透镜单元。在分别在图 1、图 3、图 7、图 11 和图 13 中示出的第一实施例、第二实施例、第四

实施例、第六实施例和第七实施例的透镜截面中,变焦透镜系统包括:具有正折光力的第一透镜单元 L1、具有负折光力的第二透镜单元 L2、具有正折光力的第三透镜单元 L3、具有负折光力的第四透镜单元 L4 和具有正折光力的第五透镜单元 L5。这些实施例中的每一个都描述了正引导 (positive-lead) 型五单元变焦透镜系统。

[0057] 在图 5 中示出的第三实施例的透镜截面中,变焦透镜系统包括:具有正折光力的第一透镜单元 L1、具有负折光力的第二透镜单元 L2、具有正折光力的第三透镜单元 L3、具有负折光力的第四透镜单元 L4、具有正折光力的第五透镜单元 L5 和具有负折光力的第六透镜单元 L6。第三实施例描述正引导型六单元变焦透镜系统。在图 9 中示出的第五实施例的透镜截面中,变焦透镜系统包括:具有正折光力的第一透镜单元 L1、具有负折光力的第二透镜单元 L2、具有正折光力的第三透镜单元 L3、具有负折光力的第四透镜单元 L4、具有正折光力的第五透镜单元 L5 和具有正折光力的第六透镜单元 L6。第五实施例描述正引导型六单元变焦透镜系统。

[0058] 在每个实施例中,孔径光阑 SP 置于第三透镜单元 L3 的物侧。光学块 G 对应于滤光器、面板、晶体低通滤光器、红外切割滤光器等。当变焦透镜系统用作视频相机或数字静态相机的摄影光学系统时,将诸如电荷耦合器件 (CCD) 传感器或互补金属氧化物半导体 (CMOS) 传感器的固态图像拾取元件 (光电变换元件) 的成像面设为像面 IP。作为备选的方案,当变焦透镜系统用于卤化银胶片相机时,将与胶片表面对应的感光表面设为像面 IP。在像差图中,d、g、C 和 F 分别表示 d 线、g 线、C 线和 F 线。 ΔM 和 ΔS 分别表示子午像面 (meridional image plane) 和弧矢像面 (sagittal image plane)。横向色差用 g 线、C 线和 F 线表示。符号 ω 表示半视场角 (成像视场的角度的一半值),以及 F_{no} 表示 F 数。此外,在下述每个实施例中,广角端和望远端是指当用于变倍的透镜单元位于可沿着光轴机械移动的范围的每个末端处的变焦位置。在每个实施例中,箭头指示从广角端到望远端的变焦或者聚焦时的移动轨迹。

[0059] 在每个实施例中,当执行变焦时,至少第一透镜单元 L1 至第四透镜单元 L4 移动。在这种情况下,第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 之间的间隔在望远端处大于在广角端处,而第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 之间的间隔在望远端处小于在广角端处。具体而言,在从广角端变焦到望远端时,第一透镜单元 L1 如箭头所示沿着朝像侧凸出的轨迹移动。这里,在变焦期间第一透镜单元 L1 最靠近像面的变焦位置为第一中间变焦位置。整个系统在广角端处的焦距和在望远端处的焦距分别表示为 f_w 和 f_t 。在这种情况下,当整个系统的焦距为 f_{m2} 时,满足以下等式 (A) 的焦距 f_{m2} 的变焦位置为第二中间变焦位置。

[0060] $f_{m2} = (f_w \times f_t)^{1/2} \dots (A)$

[0061] 第二透镜单元 L2 以非线性方式朝像侧移动。第三透镜单元 L3 朝物侧移动。第四透镜单元 L4 沿着与第三透镜单元 L3 的轨迹不同的轨迹朝物侧单调 (monotonously) 移动,或者沿着朝物侧凸出的轨迹移动。第四透镜单元 L4 的移动轨迹为朝物侧凸出的轨迹,因此,第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 之间的间隔被有效利用以有效地减小总透镜长度。第五透镜单元 L5 沿着朝物侧凸出的轨迹移动,以校正伴随变倍的像面变化。另外,采用后焦点型,其中,在光轴上移动第五透镜单元 L5 以进行聚焦。通过如每个透镜截面中的箭头 5c 所示的那样将第五透镜单元 L5 驱动到前侧,执行在望远端从无限远处的物体到短距离处的物体的聚焦。关于第五透镜单元 L5 的实线曲线 5a 和虚线曲线 5b 分别表示用于

校正当聚集在无限远处的物体或者短距离处的物体上时伴随从广角端到望远端的变焦的像面变化的移动轨迹。注意：可通过移动第四透镜单元 L4 来执行聚焦。在分别于图 5 和图 9 中示出的第三实施例和第五实施例中，第六透镜单元 L6 不为了变焦而移动。在每个实施例中，孔径光阑 SP 独立于透镜单元移动。

[0062] 在每个实施例的变焦透镜系统中，从物侧到像侧提供至少五个透镜单元，这五个透镜单元包括：具有正折光力的第一透镜单元 L1、具有负折光力的第二透镜单元 L2、具有正折光力的第三透镜单元 L3、具有负折光力的第四透镜单元 L4 和具有正折光力的第五透镜单元 L5。以此方式，通过将具有负折光力的第四透镜单元 L4 置于比孔径光阑 SP 更靠近像面侧，前透镜有效直径可小于包括具有正折光力的透镜单元、负折光力的透镜单元、正折光力的透镜单元和正折光力的透镜单元的四单元变焦透镜系统的前透镜有效直径，从而容易地实现宽视场角。原因如下。在离轴光束的情况下，相对于孔径光阑 SP，距离光轴的光束高度在物侧和像侧之间颠倒 (inverted)。当离轴光束穿过相对于孔径光阑 SP 被置于像面侧的具有负折光力的透镜单元时，离轴光束受到发散作用，而其光束高度被颠倒的在孔径光阑 SP 的物侧的离轴光束受到会聚作用。因此，在包括相对于孔径光阑 SP 在像面侧的具有负折光力的第四透镜单元 L4 的透镜构造中，可使得穿过前透镜（第一透镜单元 L1）的离轴光束的入射高度小。另外，在每个实施例中，移动第一透镜单元 L1、第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 来进行变焦。

[0063] 在这种情况下，第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 之间的间隔在望远端处相对于在广角端处增大，从而增加第二透镜单元 L2 的倍率。然后，移动每个透镜单元，以使得第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 之间的间隔减小。因此，第三透镜单元 L3 被构造成具有使得伴随变焦的变动（例如球面像差或像场弯曲）被有效抑制的变倍效果。另外，第四透镜单元 L4 沿着与第三透镜单元 L3 的轨迹不同的轨迹移动，并且第四透镜单元 L4 被构造成具有变倍效果，从而作为整个变焦透镜系统实现高变焦比。在上述五单元变焦透镜系统或六单元变焦透镜系统中，当试图实现 20 或更高的高变焦比时，可能在望远端处发生大的纵向色差。为了避免这种情况，优选与倍率成比例地弱化第一透镜单元 L1 的折光力。

[0064] 然而，如果弱化第一透镜单元 L1 的折光力，则伴随从广角端到望远端的变焦的第一透镜单元的移动量增大，因此，总透镜长度在望远端处增大。总透镜长度的增大不仅导致摄影时操控 (handle) 摄影透镜的难度，而且还导致第一透镜单元和比第一透镜单元要靠近像面的各透镜单元之间的相对偏心，所述相对偏心易于由构成透镜筒的各部件之间的小的间隙（松弛）产生。结果，倾向于容易地发生成像性能或周边光量的劣化。另外，当在试图实现宽视场角（其半视场角在广角端处约为 35 度或更大）的同时试图弱化第一透镜单元 L1 的折光力时，第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 的折光力变得太强，以至于不能充分地校正变焦时的周边像面变化和闪耀 (flare)。因此，在每个实施例中，用 f_1 表示第一透镜单元 L1 的焦距，并分别用 f_w 和 f_t 表示整个系统在广角端处的焦距和在望远端处的焦距。在这种情况下，满足以下条件表达式。

[0065] $8.0 < f_1/f_w < 25.0 \dots (1)$

[0066] $0.35 < f_1/f_t < 0.70 \dots (2)$

[0067] 接着，对条件表达式 (1) 和 (2) 的技术意义进行描述。条件表达式 (1) 和 (2) 分别定义在广角端处和在望远端处相对于整个系统的焦距的第一透镜单元 L1 的折光力。如

果第一透镜单元 L1 的折光力变得如此小,以至于条件表达式 (1) 中的上限值被超过,则第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 的折光力变得太大,以至于不能实现宽视场角(其半视场角在广角端处约为 35 度或更大),这不是所期望的。结果,难以充分地校正变焦时周边像面变化和屏幕上的闪耀。另外,第一透镜单元 L1 在变焦时的移动量增大,因此,总透镜长度和前透镜有效直径增大。另一方面,如果第一透镜单元 L1 的折光力变得如此大,以至于条件表达式 (1) 中的下限值被超过,则第一透镜单元 L1 处的离轴光束的入射高度增大。然后,在广角端处发生大的横向色差,使得难以通过其它透镜单元校正横向色差。

[0068] 如果第一透镜单元 L1 的折光力变得如此小,以至于条件表达式 (2) 中的上限值被超过,则第一透镜单元 L1 在变焦时的移动量增大,使得总透镜长度和前透镜有效直径增大。另一方面,如果第一透镜单元 L1 的折光力变得如此大,以至于条件表达式 (2) 中的下限值被超过,则在望远端处发生大的纵向色差,使得难以在整个变焦范围中实现良好的光学性能。优选如下设置条件表达式 (1) 和 (2) 中的数值范围。

[0069] $10.0 < f1/fw < 23.0 \dots (1a)$

[0070] $0.4 < f1/ft < 0.7 \dots (2a)$

[0071] 更优选地,如下设置条件表达式 (1a) 和 (2a) 中的数值范围。

[0072] $12.0 < f1/fw < 22.0 \dots (1b)$

[0073] $0.45 < f1/ft < 0.70 \dots (2b)$

[0074] 在每个实施例中,通过上述每个元件的结构,可获得这样的变焦透镜系统,所述变焦透镜系统的整个光学系统小、视场角宽、变焦比高、光学性能高(充分地校正像差,例如,整个变焦范围上的纵向色差、横向色差、球面像差和像场弯曲)的。在每个实施例中,更优选地,满足以下条件中的至少一个。分别用 $f2$ 和 $f5$ 表示第二透镜单元 L2 的焦距和第五透镜单元 L5 的焦距。分别用 $m1$ 、 $m3$ 和 $m4$ 表示第一透镜单元 L1、第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 随着从广角端到望远端的变焦的移动量。注意,假定:当在光轴方向上每个透镜单元在望远端处的位置相对于所述透镜单元在广角端处的位置在像面侧时,移动量的符号是正的,同时如果在光轴方向上每个透镜单元在望远端处的位置相对于所述透镜单元在广角端处的位置在物侧,则所述符号是负的。认为第一透镜单元 L1 在变焦期间最靠近像面时的变焦位置是第一中间变焦位置,在这种情况下,用 $m1mid$ 表示第一透镜单元 L1 从广角端到第一中间变焦位置的移动量。该移动量的符号与以上所述的相同。当透镜单元在第一中间变焦位置处的位置在所述透镜单元在广角端处的位置的像面侧时,所述符号被定义为正,同时当透镜单元在第一中间变焦位置处的位置在所述透镜单元在广角端处的位置的物侧时,所述符号被定义为负。

[0075] 分别用 $\beta 2w$ 和 $\beta 2t$ 表示第二透镜单元 L2 在广角端处的横向倍率和在望远端处的横向倍率。分别用 $\beta 3w$ 和 $\beta 3t$ 表示第三透镜单元 L3 在广角端处的横向倍率和在望远端处的横向倍率。分别用 $\beta 4w$ 和 $\beta 4t$ 表示第四透镜单元 L4 在广角端处的横向倍率和在望远端处的横向倍率。第一透镜单元 L1 包括胶合透镜,在所述胶合透镜中,负透镜 G11 和正透镜 G12 被胶合。用 $vd1p$ 表示形成构成胶合透镜的正透镜 G12 的材料的阿贝数,用 $\theta gF1p$ 表示所述材料的部分色散比 (partial dispersion ratio)。这里,用等式 $\theta gF = (Ng - NF) / (NF - NC)$ 表达部分色散比 θgF ,其中,分别用 NC 、 NF 、 Ng 表示 C 线、F 线和 g 线上的折射率。用 Lt 表示在望远端处第一透镜单元 L1 中最靠近物侧的第一透镜表面和像面之间的距离。

在这种情况下,优选满足以下条件表达式中的至少一个。

[0076] $5.0 < f_5/f_w < 15.0 \dots (3)$

[0077] $0.4 < m_4/m_3 < 1.5 \dots (4)$

[0078] $-12.0 < f_1/f_2 < -4.0 \dots (5)$

[0079] $1.0 < m_1/m_3 < 2.7 \dots (6)$

[0080] $0.05 < m_{lmid}/|m_l| < 0.60 \dots (7)$

[0081] $10 < (\beta_{2t} \times \beta_{3t})/(\beta_{2w} \times \beta_{3w}) < 40 \dots (8)$

[0082] $-2.8 < f_2/f_w < -1.5 \dots (9)$

[0083] $1.0 < \beta_{4t}/\beta_{4w} < 3.0 \dots (10)$

[0084] $-0.0016vd_{lp} + 0.641 < \theta_{gFlp} \dots (11)$

[0085] $0.7 < L_t/f_t < 1.4 \dots (12)$

[0086] $1.5 < (\beta_{2t}/\beta_{2w})/(\beta_{3t}/\beta_{3w}) < 5.0 \dots (13)$

[0087] 接着,对上述条件表达式的技术意义进行描述。

[0088] 条件表达式 (3) 定义第五透镜单元 L5 的折光力。如果第五透镜单元 L5 的折光力变得如此小,以至于条件表达式 (3) 中的上限值被超过,则不能通过第五透镜单元 L5 充分地校正伴随变倍的像面变化,特别是在靠近望远端的变焦范围内不能通过第五透镜单元 L5 充分地校正伴随变倍的像面变化。结果,第五透镜单元在变焦时的移动量变得太大,以至于总透镜长度增大,这不是所期望的。另外,在靠近望远端的变焦范围内,第五透镜单元 L5 的伴随聚焦的移动量变得太大,以至于不能将到可被拍摄的短距离处的物体的距离设置为短值。另一方面,如果第五透镜单元 L5 的折光力变得如此大,以至于条件表达式 (3) 中的下限值被超过,则伴随聚焦的像差(例如,纵向色差、横向色差和像场弯曲)的变化变得太大,因此,关于短距离处的物体的光学性能劣化。

[0089] 条件表达式 (4) 定义第四透镜单元 L4 随着变焦相对于第三透镜单元 L3 的移动量。如果第四透镜单元 L4 随着变焦的移动量 m_4 变得如此大,以至于条件表达式 (4) 的上限值被超过,则随着变焦在第四透镜单元 L4 中产生的像场弯曲的变动量变得太大,这难以通过其它透镜单元来校正。另一方面,如果第四透镜单元 L4 随着变焦的移动量 m_4 变得如此小,以至于条件表达式 (4) 中的下限值被超过,则不能将足够的倍率给予第四透镜单元 L4,因此,难以获得高变焦比。

[0090] 条件表达式 (5) 定义第一透镜单元 L1 的折光力和第二透镜单元 L2 的折光力之间的比率。如果第二透镜单元 L2 的折光力变得如此小,以至于条件表达式 (5) 中的上限值被超过,则用于确保必要的倍率的第二透镜单元 L2 的移动量增大,因此,总透镜长度和前透镜有效直径增大。另一方面,如果第二透镜单元 L2 的折光力变得如此大,以至于条件表达式 (5) 中的下限值被超过,则随着变焦,在第二透镜单元 L2 中产生大的横向色差。另外,像场弯曲的变动变得太大,这难以通过其它透镜单元校正。

[0091] 条件表达式 (6) 定义在变焦时第一透镜单元 L1 的移动量和第三透镜单元 L 的移动量。如果第一透镜单元 L1 随着变焦的移动量变得如此大,以至于条件表达式 (6) 的上限值被超过,则总透镜长度增大。另外,另一方面,如果第一透镜单元 L1 的移动量变得如此小,以至于条件表达式 (6) 中的下限值被超过,则难以通过第二透镜单元 L2 获得足够的倍率,并且难以获得高变焦比。

[0092] 条件表达式 (7) 定义第一透镜单元 L1 随着变焦的移动轨迹。在变焦时,第一透镜单元 L1 在变焦时沿着朝像面侧凸出的轨迹移动。因此,在从广角端到第一中间变焦位置附近的范围内入瞳距离变短,从而实现小的前透镜有效直径。如果第一透镜单元 L1 从广角端到第一中间变焦位置的移动量变得如此大,以至于条件表达式 (7) 的上限值被超过,则像场弯曲的变动在作为移动轨迹的拐点的第一中间变焦位置附近变得太大。难以通过其它透镜单元校正所述变动。另一方面,如果第一透镜单元 L1 朝像面侧的移动量变得如此小,以至于条件表达式 (7) 中的下限值被超过,则在第一中间变焦位置附近穿过前透镜 (第一透镜单元 L1) 的离轴光束的入射高度变高,以使得前透镜有效直径增大,这不是所期望的。

[0093] 条件表达式 (8) 定义第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 的倍率。如果第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 的倍率变得如此大,以至于条件表达式 (8) 中的上限值被超过,则伴随变焦的横向色差、球面像差、像场弯曲变动等变得太大,这难以通过其它透镜单元来校正。如果第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 的倍率变得如此小,以至于条件表达式 (8) 中的下限值被超过,则难以获得高变焦比。

[0094] 条件表达式 (9) 定义第二透镜单元 L2 的折光力。如果第二透镜单元 L2 的折光力变得如此大,以至于条件表达式 (9) 中的上限值被超过,则在广角端处在第二透镜单元 L2 中产生大的横向色差或像场弯曲,这难以通过其它透镜单元来校正。另一方面,如果第二透镜单元 L2 的折光力变得如此小,以至于条件表达式 (9) 中的下限值被超过,则用于确保必要的倍率的第二透镜单元 L2 的移动量增大,因此,总透镜长度和前透镜有效直径增大。

[0095] 条件表达式 (10) 定义第四透镜单元 L4 的倍率。如果第四透镜单元 L4 的倍率变得如此大,以至于条件表达式 (10) 中的上限值被超过,则在第四透镜单元 L4 中产生的像场弯曲的变动量变得太大,这难以通过其它透镜单元来校正。另一方面,如果第四透镜单元 L4 的倍率变得如此小,以至于条件表达式 (10) 中的下限值被超过,则难以获得高变焦比。

[0096] 条件表达式 (11) 定义构成第一透镜单元 L1 中所包括的胶合透镜的正透镜 G12 的材料。如果正透镜 G12 的材料的部分色散比 θ_{gF1p} 变得如此小,以至于条件表达式 (11) 的左侧被超过,则难以校正构成胶合透镜的负透镜 G11 中所产生的二次光谱。特别是,在望远端处,纵向色差和横向色差的二次光谱增大。结果,特别是,在望远端处,所拍摄的图像的轮廓处的颜色或分辨率劣化,因此,难以获得高光学性能。

[0097] 条件表达式 (12) 定义望远端处的总透镜长度和整个系统在望远端处的焦距之间的比率 (望远率)。如果望远率变得如此大,以至于条件表达式 (12) 中的上限值被超过,则难以缩小变焦透镜系统的尺寸。另一方面,如果望远率变得如此小,以至于条件表达式 (12) 中的下限值被超过,则第一透镜单元 L1 或第二透镜单元 L2 的折光力变得太大。结果,伴随变焦的各种像差 (例如,球面像差、色差和像场弯曲) 的变动变得太大,这难以通过其它透镜单元来校正。

[0098] 条件表达式 (13) 定义第二透镜单元 L2 的倍率和第三透镜单元 L3 的倍率之间的比率。如果第二透镜单元 L2 的倍率变得如此大,以至于条件表达式 (13) 中的上限值被超过,则伴随变焦的各种像差 (例如,在第二透镜单元 L2 中产生的横向色差和像场弯曲) 的变动变得太大,这难以通过其它透镜单元来校正。另一方面,如果第三透镜单元 L3 的倍率变得如此大,以至于条件表达式 (13) 中的下限值被超过,则伴随变焦而在第三透镜单元 L3 中产生的球面像差的变动变得太大,这难以通过其它透镜单元来校正。注意:优选如下设置

条件表达式 (3) 至 (10)、(12) 和 (13) 的数值范围。

[0099] $5.5 < f5/fw < 13.0 \dots (3a)$

[0100] $0.5 < m4/m3 < 1.3 \dots (4a)$

[0101] $-10.0 < f1/f2 < -5.0 \dots (5a)$

[0102] $1.2 < m1/m3 < 2.3 \dots (6a)$

[0103] $0.10 < ml_{mid}/|ml| < 0.45 \dots (7a)$

[0104] $12 < (\beta 2t \times \beta 3t)/(\beta 2w \times \beta 3w) < 32 \dots (8a)$

[0105] $-2.6 < f2/fw < -1.7 \dots (9a)$

[0106] $1.1 < \beta 4t/\beta 4w < 2.5 \dots (10a)$

[0107] $0.75 < Lt/ft < 1.30 \dots (12a)$

[0108] $1.8 < (\beta 2t/\beta 2w)/(\beta 3t/\beta 3w) < 4.0 \dots (13a)$

[0109] 另外,更优选如下设置条件表达式 (3a) 至 (10a)、(12a) 和 (13a) 的数值范围,以优化每个条件表达式的上述效果。

[0110] $6.0 < f5/fw < 12.0 \dots (3b)$

[0111] $0.6 < m4/m3 < 1.1 \dots (4b)$

[0112] $-9.0 < f1/f2 < -6.0 \dots (5b)$

[0113] $1.3 < m1/m3 < 2.0 \dots (6b)$

[0114] $0.15 < ml_{mid}/|ml| < 0.35 \dots (7b)$

[0115] $15 < (\beta 2t \times \beta 3t)/(\beta 2w \times \beta 3w) < 27 \dots (8b)$

[0116] $-2.5 < f2/fw < -1.8 \dots (9b)$

[0117] $1.15 < \beta 4t/\beta 4w < 2.00 \dots (10b)$

[0118] $0.8 < Lt/ft < 1.2 \dots (12b)$

[0119] $2.0 < (\beta 2t/\beta 2w)/(\beta 3t/\beta 3w) < 3.2 \dots (13b)$

[0120] 根据每个实施例,通过上述结构,可获得整个光学系统小、视场角宽、变焦比高(约 30)、整个变焦范围上光学性能高的变焦透镜系统。

[0121] 在每个实施例中,希望在变焦时孔径光阑 SP 沿着与第三透镜单元 L3 的轨迹不同的轨迹移动。在变焦时孔径光阑 SP 独立于第三透镜单元 L3 移动,因此,与孔径光阑 SP 置于第三透镜单元 L3 附近并且与第三透镜单元 L3 作为一个单元一起移动的情况相比,入瞳位置变短。因此,可降低穿过第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 的离轴光束的入射高度,因此,可减小构成透镜单元的各透镜的有效直径和厚度。另外,在孔径光阑 SP 与第三透镜单元 L3 作为一个单元一起移动的情况下,当试图从广角端到第二中间变焦位置在屏幕周边中确保足够的光量时,周边光量在屏幕周边中急剧降低。另一方面,当孔径光阑 SP 独立于第三透镜单元 L3 从广角端移动合适量到达第一中间变焦位置时,由于轴向光通量发散,所以可减小光阑直径。通过减小光阑直径和将孔径光阑 SP 置于第三透镜单元 L3 的物侧,可切断周边角中到达低图像高度的离轴光束的一部分,因此,可略微降低周边光量,以使得周边光量的降低不显著。另外,当孔径光阑 SP 从第一中间变焦位置朝物侧移动到望远端时,可因此获得切断离轴光通量的闪耀分量的效果。注意:孔径光阑 SP 的光阑直径在每个变焦位置处可以是固定的或者可变的。当光阑直径固定时,孔径光阑 SP 的控制变得容易。

[0122] 另一方面,当孔径光阑 SP 的光阑直径可变,以从第一中间变焦位置到望远端减小

时,可从第一中间变焦位置到望远端切断离轴光束的闪耀分量。此外,穿过离轴光通量的前透镜的入射光的高度降低,因此,可减小前透镜有效直径。希望第四透镜单元 L4 由一个透镜部件构成。当第四透镜单元 L4 由一个透镜部件构成时,可容易地减小总透镜长度,并且可减轻第四透镜单元 L4 的重量,这对于变焦时的驱动是有利的。这里,一个透镜部件不仅适用于透镜单元由单个透镜构成的情况,而且还适用于透镜单元由胶合透镜构成的情况,在所述胶合透镜中,一个或多个正透镜和负透镜被胶合。当使用胶合透镜时,在实现变焦透镜系统的宽视场角的情况下,易于在广角端处适当地校正的横向色差。希望第五透镜单元 L5 由一个透镜部件构成。移动第五透镜单元 L5 来校正伴随变焦的像面变化,并且移动第五透镜单元 L5 来进行聚焦。因此,其移动量大,并且其驱动频率高。因此,优选地,用一个透镜部件构成第五透镜单元 L5 以减轻重量,以使得可减小驱动扭矩。接着,对每个实施例的透镜构造进行描述。

[0123] 第一实施例

[0124] 第一实施例描述五单元变焦透镜系统,所述五单元变焦透镜系统按照从物侧到像侧的顺序包括:具有正折光力的透镜单元、具有负折光力的透镜单元、具有正折光力的透镜单元、具有负折光力的透镜单元和具有正折光力的透镜单元。第一透镜单元 L1 由胶合透镜和物侧为凸表面的弯月形正透镜 G13 构成,在所述胶合透镜中,正透镜 G12 和物侧为凸表面的弯月形负透镜 G11 被胶合。第一透镜单元 L1 由三个透镜构成,因此,在可适当地校正像差(例如,球面像差、纵向色差和横向色差)的同时,获得高变焦比。第二透镜单元 L2 由三个透镜构成,这三个透镜按照从物侧到像侧的顺序包括:具有朝物侧的凸表面的弯月形负透镜、具有朝像面侧的凹表面的负透镜和具有朝物侧的凸表面的正透镜,从而抑制伴随变焦的像差变化。第三透镜单元 L3 由具有朝物侧的凸表面的正透镜、具有朝像面侧的凹表面的负透镜和具有朝像面侧的凸表面的正透镜构成。通过第三透镜单元 L3 的该构造,可将第三透镜单元 L3 的物侧主点置于第三透镜单元 L3 中最靠近物侧的透镜表面附近,这对减小前透镜直径是有利的。如上所述,第四透镜单元 L4 和第五透镜单元 L5 均由一个透镜部件构成。通过上述构造,实现广角端处 $\omega = 37.9$ 度的半视场角和 26.8 的变焦比。注意:可移动整个第三透镜单元 L3 或第三透镜单元 L3 的一部分,或者移动第四透镜单元 L4,以在与光轴垂直的方向上具有分量,以校正当变焦透镜系统颤动时所拍摄的图像中的模糊。

[0125] 第二实施例

[0126] 根据第二实施例的变焦透镜系统为与第一实施例类似的五单元变焦透镜系统。根据第二实施例的变焦透镜系统中的每个透镜单元的构造与第一实施例相同。第四透镜单元 L4 在从广角端变焦到望远端时沿着朝物侧凸出的轨迹移动,因此,望远率减小。在第二实施例中,实现广角端处 $\omega = 37.8$ 度的半视场角和 26.8 的变焦比。

[0127] 第三实施例

[0128] 根据第三实施例的变焦透镜系统为六单元变焦透镜系统,所述六单元变焦透镜系统按照从物侧到像侧的顺序包括:具有正折光力的透镜单元、具有负折光力的透镜单元、具有正折光力的透镜单元、具有负折光力的透镜单元、具有正折光力的透镜单元和具有负折光力的透镜单元。第三实施例通过将一个透镜单元添加到根据第一或第二实施例的变焦透镜系统来促进更高水平的像差校正。第六透镜单元 L6 不为了变焦而移动,并且被置于靠近像面的位置处。由于将第六透镜单元 L6 置于靠近成像装置的前侧就足够了,所以可实

现根据第三实施例的变焦透镜系统,而不会使得第一或第二实施例的透镜筒结构变复杂太多。构成第六透镜单元 L6 的透镜的物侧的透镜表面为非球形,因此,可适当地校正像场弯曲。可将像侧的透镜表面设置为非球形,以获得类似的效果。在第三实施例中,实现广角端处 $\omega = 37.8$ 度的半视场角和 20 的变焦比。

[0129] 第四实施例

[0130] 根据第四实施例的变焦透镜系统为与第一实施例类似的五单元变焦透镜系统。每个透镜单元的透镜构造与第一实施例相同。在第四实施例中,实现广角端处 $\omega = 42.0$ 度的半视场角和 30 的变焦比。为了增大广角端处的视场角,必须增大第二透镜单元 L2 的折光力,但是随之,在广角端处在第二透镜单元 L2 中发生沿向上方向的大的像场弯曲。因此,将第二透镜单元 L2 最靠近物侧的透镜的像面侧的透镜表面设置为非球形,使得曲率半径在透镜周边局部地增大(折光力弱化)。因此,在广角端处校正了像场弯曲,使得像面的平坦性得到改进。

[0131] 第五实施例

[0132] 根据第五实施例的变焦透镜系统为六单元变焦透镜系统,所述六单元变焦透镜系统按照从物侧到像侧的顺序包括:具有正折光力的透镜单元、具有负折光力的透镜单元、具有正折光力的透镜单元、具有负折光力的透镜单元、具有正折光力的透镜单元和具有正折光力的透镜单元。在第五实施例中,实现广角端处 $\omega = 44.9$ 度的半视场角和 30 的变焦比。第六透镜单元 L6 中的物侧的透镜在物侧具有下述透镜表面,所述透镜表面由于与第三实施例中相同的理由而被设置为非球形。当试图同时实现广角端处的宽视场角和高变焦比时,穿过第二透镜单元 L2 的周边光通量的入射角和光束的入射高度在广角端和望远端之间大大不同。因此,在透镜单元中发生大的横向色差、像场弯曲等。另外,伴随变焦的这些像差的变动增大。因此,第二透镜单元 L2 由包括负透镜、负透镜、负透镜和正透镜的四个透镜构成,因此,伴随变焦的像差变动被抑制为小。另外,一个透镜表面具有非球形,使得向上方向上的像场弯曲,特别是广角端处的向上方向上的像场弯曲被适当地校正。

[0133] 第六实施例

[0134] 根据第六实施例的变焦透镜系统为与第一实施例类似的五单元变焦透镜系统。每一个透镜单元的透镜构造与第一实施例相同。在第六实施例中,为了实现广角端处 $\omega = 45.7$ 度的半视场角和 30 的变焦比,第四透镜单元 L4 为由正透镜和负透镜构成的胶合透镜,因此,伴随变焦的横向色差和像场弯曲变动可被适当地校正。另外,构成第二透镜单元 L2 的透镜由折射率高的玻璃材料制成,以抑制当实现宽视场角和高变焦比时伴随第二透镜单元 L2 的折光力的增大的负方向上的匹兹伐和 (Petzval sum) 的增大。

[0135] 第七实施例

[0136] 根据第七实施例的变焦透镜系统为与第一实施例类似的五单元变焦透镜系统。在第七实施例中,为了在广角端处实现更宽的视场角,第二透镜单元 L2 由包括非球面的四个透镜构成,因此,广角端处的各种像差(例如,横向色差和像场弯曲)被适当地校正。其它透镜单元的构造与第一实施例相同。在第七实施例中,实现广角端处 $\omega = 47.1$ 度的半视场角和 30 的变焦比。

[0137] 以上对本发明的示例性实施例进行了描述,但是本发明不限于这些实施例,可在本发明的精神范围内对这些实施例进行各种修改和改变。

[0138] 接着,参照图 15 对将根据本发明的变焦透镜系统用作摄影光学系统的数字静态相机的实施例进行描述。在图 15 中,所述数字静态相机包括相机主体 20 和摄影光学系统 21,摄影光学系统 21 由上述第一至第七实施例中的变焦透镜系统中的任何一种构成。所述数字静态相机还包括结合在相机主体中的用于接收由摄影光学系统 21 形成的目标的图像的固态图像拾取元件(光电变换元件)22,例如 CCD 传感器或 CMOS 传感器。所述数字静态相机还包括用于记录与目标的图像对应的信息的存储器 23,固态图像拾取元件 22 已对所述信息执行光电转换。所述数字静态相机还包括由液晶显示面板等构成的取景器 24,用于观察在固态图像拾取元件 22 上形成的目标的图像。以此方式,通过将根据本发明的变焦透镜系统用于图像拾取设备(例如,数字静态相机或视频相机),可提供光学性能高的小尺寸图像拾取设备。在每个实施例中,在广角端处大量地产生负畸变,因此,固态图像拾取元件的成像范围被设置成比其它变焦位置处的成像范围小的范围。可通过用于处理来自固态图像拾取元件的信号的处理电路来电子校正所获得的图像信息的畸变,以输出畸变小图像。

[0139] 接着,对分别与本发明的第一至第七实施例对应的数值实施例 1 至 7 进行描述。在每个数值实施例中, i 表示从物侧起的光学表面的顺序, r_i 表示第 i 个光学表面(第 i 个表面)的曲率半径, d_i 表示第 i 个表面和第 $(i+1)$ 个表面之间的间隔, n_{di} 和 v_{di} 分别表示第 i 个光学构件的材料相对于 d 线的折射率和阿贝数。另外, k 表示偏心, A_4 、 A_6 和 A_8 表示非球面系数,并用 x 表示距离光轴高度 h 的位置在光轴方向上相对于表面顶点的位移。然后,用以下等式表达非球形。

$$[0140] \quad x = (h^2/R) / [1 + [1 - (1+k)(h/R)^2]^{1/2}] + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8$$

[0141] 其中, R 表示近轴曲率半径。另外,表达式“E-Z”表示 10^{-Z} 。数值实施例中的最后两个表面为光学块(例如,滤光器、面板等)的表面。在每个实施例中,后焦距(BF)以空气中的等同长度表示透镜末端表面和近轴像面之间的距离。总透镜长度为最靠近物侧的透镜表面和最后的透镜表面之间的距离加上后焦距。另外,表 1 中示出每个数值实施例和上述条件表达式之间的对应关系。半视场角为通过光束迹线确定的值。

[0142] 数值实施例 1

[0143] 单位 :mm

[0144] 表面数据

[0145]	表面编号	r	d	n_d	v_d
[0146]	1	121.799	1.60	1.80610	33.3
[0147]	2	49.556	4.62	1.49700	81.5
[0148]	3	-194.668	0.18		
[0149]	4	42.248	3.00	1.60311	60.6
[0150]	5	133.383	(可变)		
[0151]	6	84.974	1.00	1.88300	40.8
[0152]	7	8.369	4.26		
[0153]	8	-24.608	0.70	1.77250	49.6
[0154]	9	58.741	0.22		
[0155]	10	18.926	2.07	1.94595	18.0

[0156]	11	102.403	(可变)		
[0157]	12(光阑)	∞	(可变)		
[0158]	13*	10.353	2.80	1.58313	59.4
[0159]	14*	-109.462	2.90		
[0160]	15	23.498	0.70	1.84666	23.9
[0161]	16	9.540	0.66		
[0162]	17	18.598	1.97	1.48749	70.2
[0163]	18	-25.104	(可变)		
[0164]	19	782.644	0.70	1.48749	70.2
[0165]	20	24.650	(可变)		
[0166]	21	17.657	1.65	1.48749	70.2
[0167]	22	-1178.697	(可变)		
[0168]	23	∞	0.80	1.51633	64.1
[0169]	24	∞	0.50		
[0170]	像面	∞			
[0171]	非球面数据				
[0172]	第十三表面				
[0173]	K = 5.51145e-001 A4 = -1.38948e-004 A6 = -8.42963e-007 A8 = -1.89369e-008				
[0174]	第十四表面				
[0175]	K = -1.00023e+001 A4 = 4.54336e-005				
[0176]	各种数据				
[0177]	变焦比	26.79			
[0178]	焦距	5.15	8.68	26.98	137.95
[0179]	F 数	2.87	3.56	4.75	5.76
[0180]	半视场角	37.9	24.9	8.16	1.60
[0181]	图像高度	3.49	3.88	3.88	3.88
[0182]	总透镜长度	90.92	85.01	103.56	127.20
[0183]	BF	10.18	12.52	20.94	10.73
[0184]	d 5	0.78	6.37	31.22	57.27
[0185]	d11	31.79	22.02	10.64	2.46
[0186]	d12	10.87	4.78	1.08	0.80
[0187]	d18	2.59	4.26	6.26	8.71
[0188]	d20	5.68	6.01	4.38	18.20
[0189]	d22	9.15	11.50	19.92	9.70
[0190]	变焦透镜单元数据				
[0191]	单元	第一表面	焦距		
[0192]	1	1	78.27		
[0193]	2	6	-10.23		

[0194]	3	13	18.01		
[0195]	4	19	-52.23		
[0196]	5	21	35.70		
[0197]	数值实施例 2				
[0198]	表面数据				
[0199]	表面编号	r	d	nd	vd
[0200]	1	80.182	1.30	1.80610	33.3
[0201]	2	40.624	4.45	1.49700	81.5
[0202]	3	-170.485	0.15		
[0203]	4	34.906	3.03	1.48749	70.2
[0204]	5	119.592	(可变)		
[0205]	6	173.754	0.80	1.88300	40.8
[0206]	7	8.185	4.05		
[0207]	8	-27.621	0.65	1.71300	53.9
[0208]	9	38.562	0.15		
[0209]	10	16.494	1.88	1.94595	18.0
[0210]	11	60.078	(可变)		
[0211]	12(光阑)	∞	(可变)		
[0212]	13*	9.219	2.84	1.58313	59.4
[0213]	14*	-108.583	2.30		
[0214]	15	20.560	0.70	1.84666	23.9
[0215]	16	8.647	0.81		
[0216]	17	25.715	1.83	1.48749	70.2
[0217]	18	-20.447	(可变)		
[0218]	19	-484.878	0.70	1.48749	70.2
[0219]	20	21.397	(可变)		
[0220]	21	15.939	1.60	1.48749	70.2
[0221]	22	420.512	(可变)		
[0222]	23	∞	0.80	1.51633	64.1
[0223]	24	∞	0.50		
[0224]	像面	∞			
[0225]	非球面数据				
[0226]	第十三表面				
[0227]	K = -2.92836e-001 A4 = -6.68119e-005 A6 = -4.40175e-009 A8 = -2.63210e-009				
[0228]	第十四表面				
[0229]	K = -1.00023e+001 A4 = 5.42174e-005				
[0230]	各种数据				
[0231]	变焦比	26.79			

[0232]	焦距	5.15	8.75	26.81	137.95
[0233]	F 数	2.87	3.34	3.87	5.36
[0234]	半视场角	37.8	24.7	8.17	1.59
[0235]	图像高度	3.49	3.88	3.88	3.88
[0236]	总透镜长度	86.60	80.76	97.88	111.23
[0237]	BF	10.00	13.85	23.54	10.17
[0238]	d 5	0.70	5.22	27.37	47.09
[0239]	d11	31.03	18.99	4.99	1.71
[0240]	d12	10.04	7.04	8.20	1.31
[0241]	d18	4.14	4.11	1.74	7.15
[0242]	d20	3.44	4.33	4.81	16.58
[0243]	d22	8.97	12.82	22.51	9.14
[0244]	变焦透镜单元数据				
[0245]	单元	第一表面	焦距		
[0246]	1	1	65.50		
[0247]	2	6	-9.49		
[0248]	3	13	17.37		
[0249]	4	19	-42.02		
[0250]	5	21	33.94		
[0251]	数值实施例 3				
[0252]	表面数据				
[0253]	表面编号	r	d	nd	vd
[0254]	1	78.086	1.60	1.90366	31.3
[0255]	2	39.847	3.67	1.59282	68.6
[0256]	3	418.743	0.18		
[0257]	4	45.410	2.94	1.60311	60.6
[0258]	5	366.835	(可变)		
[0259]	6	86.051	1.00	1.88300	40.8
[0260]	7	8.932	4.86		
[0261]	8	-23.483	0.70	1.71300	53.9
[0262]	9	79.273	0.16		
[0263]	10	20.553	2.14	1.94595	18.0
[0264]	11	91.399	(可变)		
[0265]	12(光阑)	∞	(可变)		
[0266]	13*	9.821	2.95	1.58313	59.4
[0267]	14*	-100.820	2.81		
[0268]	15	21.920	0.70	1.84666	23.9
[0269]	16	8.977	0.65		
[0270]	17	18.440	2.03	1.48749	70.2

[0271]	18	-21.144	(可变)		
[0272]	19	-213.307	0.70	1.48749	70.2
[0273]	20	21.591	(可变)		
[0274]	21	15.322	1.65	1.48749	70.2
[0275]	22	137.623	(可变)		
[0276]	23*	-362.086	0.80	1.55332	71.7
[0277]	24	132.929	1.00		
[0278]	25	∞	0.80	1.51633	64.1
[0279]	26	∞	0.50		
[0280]	像面	∞			
[0281]	非球面数据				
[0282]	第十三表面				
[0283]	K = 5.27858e-001 A4 = -1.60043e-004 A6 = -1.04638e-006 A8 = -2.61534e-008				
[0284]	第十四表面				
[0285]	K = -1.00023e+001 A4 = 5.73948e-005				
[0286]	第二十三表面				
[0287]	K = -2.64122e+005 A4 = -9.88034e-005 A6 = 3.99352e-006				
[0288]	各种数据				
[0289]	变焦比	20.00			
[0290]	焦距	5.15	8.79	23.03	103.00
[0291]	F 数	2.87	3.38	3.85	5.35
[0292]	半视场角	37.8	24.7	9.53	2.14
[0293]	图像高度	3.49	3.88	3.88	3.88
[0294]	总透镜长度	90.30	83.46	95.23	113.13
[0295]	BF	2.03	2.03	2.03	2.03
[0296]	d 5	0.78	6.11	25.69	48.39
[0297]	d11	34.34	21.31	7.83	1.87
[0298]	d12	10.03	6.37	5.76	1.40
[0299]	d18	2.00	1.79	2.68	7.04
[0300]	d20	4.20	6.10	5.91	14.77
[0301]	d22	7.38	10.22	15.80	8.09
[0302]	变焦透镜单元数据				
[0303]	单元	第一表面	焦距		
[0304]	1	1	71.83		
[0305]	2	6	-10.88		
[0306]	3	13	16.85		
[0307]	4	19	-40.18		
[0308]	5	21	35.21		

[0309]	6	23	-175.62		
[0310]	数值实施例 4				
[0311]	表面数据				
[0312]	表面编号	r	d	nd	vd
[0313]	1	122.347	1.60	1.80610	33.3
[0314]	2	49.639	4.89	1.49700	81.5
[0315]	3	-177.205	0.18		
[0316]	4	42.896	3.00	1.60311	60.6
[0317]	5	138.111	(可变)		
[0318]	6	93.418	1.00	1.84862	40.0
[0319]	7*	7.704	5.02		
[0320]	8	-30.312	0.70	1.77250	49.6
[0321]	9	36.110	0.30		
[0322]	10	18.112	2.00	1.94595	18.0
[0323]	11	95.392	(可变)		
[0324]	12(光阑)	∞	(可变)		
[0325]	13*	10.384	2.91	1.58313	59.4
[0326]	14*	-93.636	3.16		
[0327]	15	29.195	0.70	1.84666	23.9
[0328]	16	9.894	0.45		
[0329]	17	17.618	1.81	1.48749	70.2
[0330]	18	-19.844	(可变)		
[0331]	19	367.114	0.70	1.48749	70.2
[0332]	20	22.067	(可变)		
[0333]	21	17.549	1.65	1.48749	70.2
[0334]	22	-2151.908	(可变)		
[0335]	23	∞	0.80	1.51633	64.1
[0336]	24	∞	(可变)		
[0337]	像面	∞			
[0338]	非球面数据				
[0339]	第七表面				
[0340]	K = -7.87705e-002 A4 = -2.08842e-005 A6 = -6.77575e-008 A8 = 5.93737e-009				
[0341]	A10 = -3.42438e-010				
[0342]	第十三表面				
[0343]	K = 6.61411e-001 A4 = -1.47276e-004 A6 = -9.84917e-007 A8 = -2.08424e-008				
[0344]	第十四表面				
[0345]	K = -1.00023e+001 A4 = 6.40118e-005				

[0346]	各种数据				
[0347]	变焦比	29.89			
[0348]	焦距	4.42	7.59	23.90	132.00
[0349]	F 数	2.87	3.42	4.30	5.76
[0350]	半视场角	42.0	27.7	9.11	1.67
[0351]	图像高度	3.49	3.88	3.88	3.88
[0352]	总透镜长度	91.50	85.29	102.05	127.23
[0353]	BF	10.12	11.63	19.58	10.66
[0354]	d 5	0.78	6.57	30.23	56.61
[0355]	d11	33.4	122.40	8.31	1.73
[0356]	d12	10.41	5.12	3.39	1.35
[0357]	d18	2.00	3.67	5.89	9.81
[0358]	d20	4.72	5.84	4.59	17.00
[0359]	d22	9.09	10.60	18.55	9.64
[0360]	变焦透镜单元数据				
[0361]	单元	第一表面	焦距		
[0362]	1	1	77.27		
[0363]	2	6	-9.53		
[0364]	3	13	17.28		
[0365]	4	19	-48.19		
[0366]	5	21	35.72		
[0367]	数值实施例 5				
[0368]	表面数据				
[0369]	表面编号	r	d	nd	vd
[0370]	1	85.200	1.60	1.80000	29.8
[0371]	2	41.164	6.05	1.49700	81.5
[0372]	3	1981.992	0.18		
[0373]	4	42.972	3.38	1.71300	53.9
[0374]	5	163.523	(可变)		
[0375]	6	120.140	1.00	1.80400	46.6
[0376]	7	8.988	3.38		
[0377]	8	21.988	0.80	1.85960	40.4
[0378]	9*	11.179	2.96		
[0379]	10	-121.625	0.70	1.81600	46.6
[0380]	11	30.103	0.30		
[0381]	12	16.537	2.12	1.92286	18.9
[0382]	13	73.840	(可变)		
[0383]	14(光阑)	∞	(可变)		
[0384]	15*	7.856	2.62	1.58313	59.4

[0385]	16*	21.340	3.07		
[0386]	17	17.051	0.70	1.80518	25.4
[0387]	18	8.004	0.32		
[0388]	19	9.507	2.79	1.48749	70.2
[0389]	20	-9.954	(可变)		
[0390]	21	-7.647	0.70	1.77250	49.6
[0391]	22	-16.822	(可变)		
[0392]	23	28.147	1.70	1.48749	70.2
[0393]	24	-96.067	(可变)		
[0394]	25*	68.321	1.00	1.55332	71.7
[0395]	26	153.178	1.00		
[0396]	27	∞	0.80	1.51633	64.1
[0397]	28	∞	0.50		
[0398]	像面	∞			
[0399]	非球面数据				
[0400]	第九表面				
[0401]	$K = -8.45926\text{e-}001$ $A4 = 3.70989\text{e-}005$ $A6 = -1.14391\text{e-}007$				
[0402]	第十五表面				
[0403]	$K = 7.23287\text{e-}002$ $A4 = -1.12090\text{e-}004$ $A6 = -1.00884\text{e-}006$ $A8 = -3.88181\text{e-}008$				
[0404]	第十六表面				
[0405]	$K = -1.00023\text{e+}001$ $A4 = 2.35114\text{e-}004$				
[0406]	第二十五表面				
[0407]	$K = -4.82923\text{e+}001$ $A4 = -1.50317\text{e-}004$ $A6 = 2.85996\text{e-}006$				
[0408]	各种数据				
[0409]	变焦比	29.86			
[0410]	焦距	3.95	7.34	21.44	117.99
[0411]	F 数	2.77	3.34	4.34	5.76
[0412]	半视场角	44.9	28.2	10.1	1.86
[0413]	图像高度	3.49	3.88	3.88	3.88
[0414]	总透镜长度	91.75	85.38	101.15	126.62
[0415]	BF	2.03	2.03	2.03	2.03
[0416]	d 5	0.78	6.46	25.81	50.32
[0417]	d13	30.98	16.87	5.76	1.57
[0418]	d14	11.13	8.04	5.60	1.32
[0419]	d20	1.90	1.91	1.93	1.96
[0420]	d22	2.69	5.91	8.63	24.05
[0421]	d24	6.88	8.79	16.03	10.00
[0422]	变焦透镜单元数据				

[0423]	单元	第一表面	焦距		
[0424]	1	1	71.32		
[0425]	2	6	-8.80		
[0426]	3	15	12.65		
[0427]	4	21	-18.77		
[0428]	5	23	44.86		
[0429]	6	25	221.96		
[0430]	数值实施例 6				
[0431]	表面数据				
[0432]	表面编号	r	d	nd	vd
[0433]	1	79.548	1.40	2.00069	25.5
[0434]	2	48.163	4.93	1.49700	81.5
[0435]	3	46140.146	0.15		
[0436]	4	47.433	3.21	1.77250	49.6
[0437]	5	153.622	(可变)		
[0438]	6	180.621	1.10	1.88300	40.8
[0439]	7	9.363	4.17		
[0440]	8	77.921	1.00	1.85960	40.4
[0441]	9*	10.888	2.59		
[0442]	10	18.975	2.23	1.94595	18.0
[0443]	11	105.900	(可变)		
[0444]	12(光阑)	∞	(可变)		
[0445]	13*	7.739	2.90	1.58313	59.4
[0446]	14*	19.349	3.62		
[0447]	15	16.658	0.70	1.80518	25.4
[0448]	16	7.512	0.22		
[0449]	17	8.191	2.59	1.48749	70.2
[0450]	18	-9.227	(可变)		
[0451]	19	-7.147	0.55	1.77250	49.6
[0452]	20	-22.848	1.00	1.48749	70.2
[0453]	21	-16.607	(可变)		
[0454]	22	29.150	1.70	1.48749	70.2
[0455]	23	-37.230	(可变)		
[0456]	24	∞	0.80	1.51633	64.1
[0457]	25	∞	0.80		
[0458]	像面	∞			
[0459]	非球面数据				
[0460]	第九表面				
[0461]	K = -8.88155e-001 A4 = -5.86626e-005 A6 = -2.32149e-007 A8				

= -3.41828e-009

[0462] 第十三表面

[0463] $K = -2.16367e-001$ $A4 = -6.54315e-006$ $A6 = 2.96112e-007$ $A8 = -2.57814e-008$

[0464] 第十四表面

[0465] $K = -1.00023e+001$ $A4 = 3.61034e-004$

[0466] 各种数据

[0467] 变焦比 29.87

[0468] 焦距 3.85 7.40 21.13 114.99

[0469] F-number 2.87 3.78 4.65 5.76

[0470] 半视场角 45.7 28.4 10.3 1.93

[0471] 图像高度 3.49 3.88 3.88 3.88

[0472] 总透镜长度 90.07 80.37 101.14 126.73

[0473] BF 9.13 10.88 16.70 9.94

[0474] d 5 0.78 4.47 26.76 53.64

[0475] d11 37.08 21.57 7.65 1.59

[0476] d12 5.42 1.25 2.59 1.34

[0477] d18 1.95 2.03 2.03 2.06

[0478] d21 1.63 6.10 11.34 24.09

[0479] d23 7.81 9.55 15.37 8.61

[0480] 变焦透镜单元数据

[0481] 单元 第一表面 焦距

[0482] 1 1 74.39

[0483] 2 6 -9.18

[0484] 3 13 12.39

[0485] 4 19 -15.88

[0486] 5 22 33.82

[0487] 数值实施例 7

[0488] 表面数据

[0489] 表面编号 r d nd vd

[0490] 1 88.341 1.40 2.00069 25.5

[0491] 2 51.711 4.76 1.49700 81.5

[0492] 3 -533.545 0.15

[0493] 4 47.021 3.21 1.77250 49.6

[0494] 5 134.387 (可变)

[0495] 6 222.276 1.00 1.88300 40.8

[0496] 7 9.418 3.74

[0497] 8 33.065 1.00 1.85960 40.4

[0498] 9* 9.308 1.94

[0499]	10	24.992	1.00	1.48749	70.2
[0500]	11	18.144	0.84		
[0501]	12	16.663	2.28	1.92286	18.9
[0502]	13	75.945	(可变)		
[0503]	14(光阑)	∞	(可变)		
[0504]	15*	7.809	2.51	1.55332	71.7
[0505]	16*	33.977	3.17		
[0506]	17	15.741	0.70	1.80518	25.4
[0507]	18	8.129	0.42		
[0508]	19	11.872	2.28	1.48749	70.2
[0509]	20	-10.484	(可变)		
[0510]	21	-7.560	0.55	1.80400	46.6
[0511]	22	78.309	1.25	1.48749	70.2
[0512]	23	-11.119	(可变)		
[0513]	24	27.138	1.70	1.48749	70.2
[0514]	25	-33.257	(可变)		
[0515]	26	∞	0.80	1.51633	64.1
[0516]	27	∞	1.00		
[0517]	像面	∞			
[0518]	非球面数据				
[0519]	第九表面				
[0520]	$K = -2.37707\text{e}+000 \quad A4 = 1.61662\text{e}-004 \quad A6 = -1.57508\text{e}-006$				
[0521]	第十五表面				
[0522]	$K = -3.51719\text{e}-001 \quad A4 = -9.49961\text{e}-006 \quad A6 = -4.43262\text{e}-007 \quad A8 = 5.01439\text{e}-009$				
[0523]	第十六表面				
[0524]	$K = -1.00023\text{e}+001 \quad A4 = 1.75529\text{e}-004$				
[0525]	各种数据				
[0526]	变焦比	29.56			
[0527]	焦距	3.65	7.07	19.95	108.00
[0528]	F 数	2.87	3.70	4.56	5.76
[0529]	半视场角	47.1	28.7	10.9	1.96
[0530]	图像高度	3.49	3.88	3.88	3.70
[0531]	总透镜长度	89.74	83.62	99.91	127.25
[0532]	BF	8.51	9.88	16.60	9.33
[0533]	d 5	0.70	7.53	27.32	54.61
[0534]	d13	34.88	21.32	7.34	1.60
[0535]	d14	7.78	2.89	2.71	2.38
[0536]	d20	2.61	2.72	2.72	2.79

[0537]	d23	1.36	5.38	9.31	22.64
[0538]	d25	6.98	8.35	15.08	7.81
[0539]	变焦透镜单元数据				
[0540]	单元	第一表面	焦距		
[0541]	1	1	75.11		
[0542]	2	6	-8.94		
[0543]	3	15	12.48		
[0544]	4	21	-16.34		
[0545]	5	24	30.94		
[0546]	表 1				

条件表达式	数值实施例						
	1	2	3	4	5	6	7
(1)	15.20	12.72	13.95	17.50	18.05	19.32	20.56
(2)	0.567	0.475	0.697	0.585	0.604	0.647	0.695
(3)	6.93	6.59	6.84	8.09	11.35	8.78	8.47
(4)	0.681	0.816	0.691	0.622	0.998	0.995	0.992
(5)	-7.65	-6.90	-6.60	-8.11	-8.10	-8.10	-8.40
(6)	1.89	1.51	1.40	1.73	1.42	1.57	1.68
(7)	0.163	0.237	0.300	0.174	0.182	0.265	0.163
(8)	23.1	22.2	17.1	25.6	18.7	17.9	18.2
(9)	-1.99	-1.84	-2.11	-2.16	-2.23	-2.39	-2.45
(10)	1.18	1.22	1.21	1.19	1.75	1.72	1.69
(11)左侧	0.511	0.511	0.531	0.511	0.511	0.511	0.511
(11) 右侧	0.539	0.539	0.544	0.539	0.539	0.539	0.539
(12)	0.922	0.806	1.098	0.964	1.073	1.102	1.178
(13)	2.57	2.09	2.63	3.00	2.37	2.17	2.19

[0548] 尽管已参照示例性实施例对本发明进行了描述,但是应理解,本发明不限于所公开的示例性实施例。以下权利要求的范围应被赋予最宽泛的解释,以包括所有这样的修改以及等同的结构和功能。

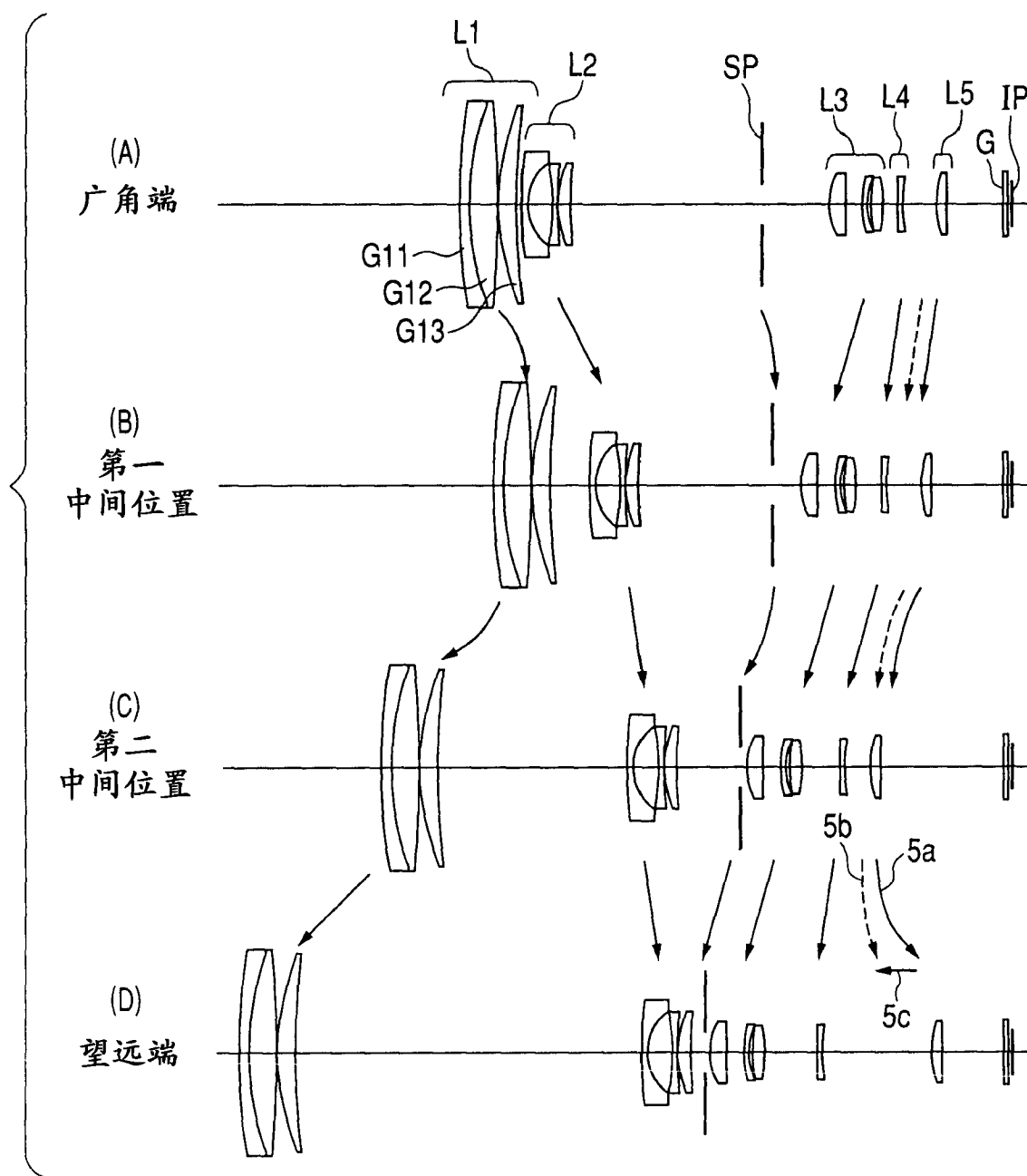


图 1

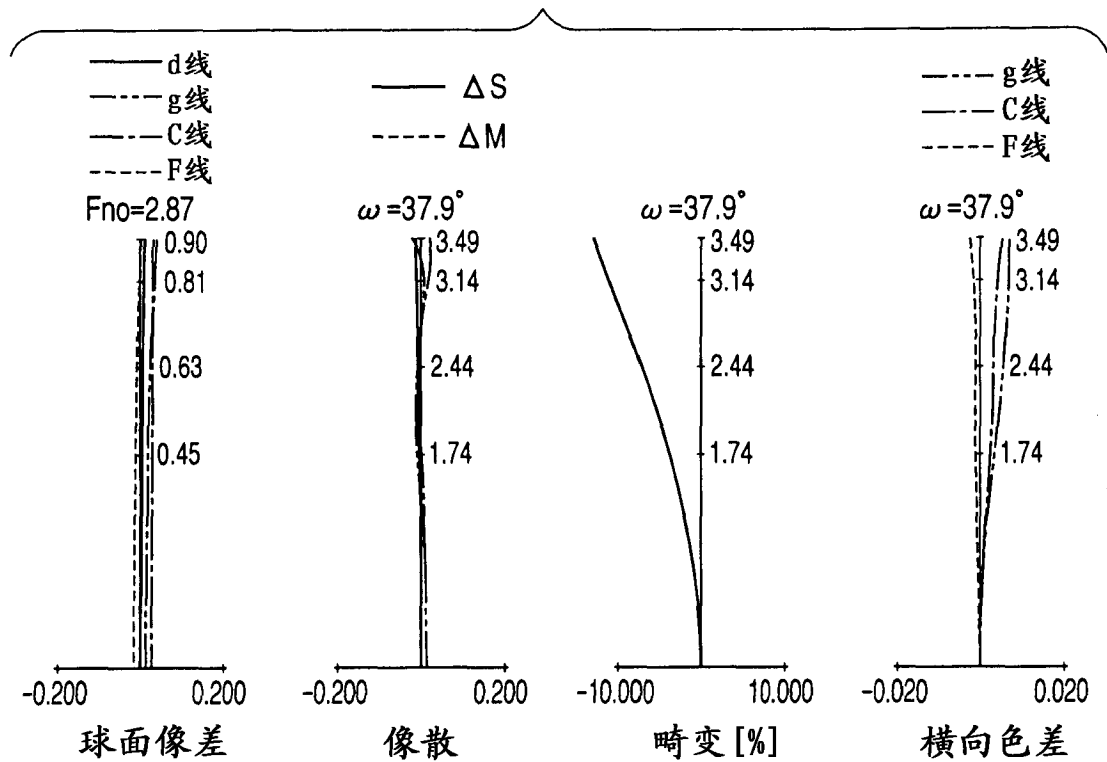


图 2A

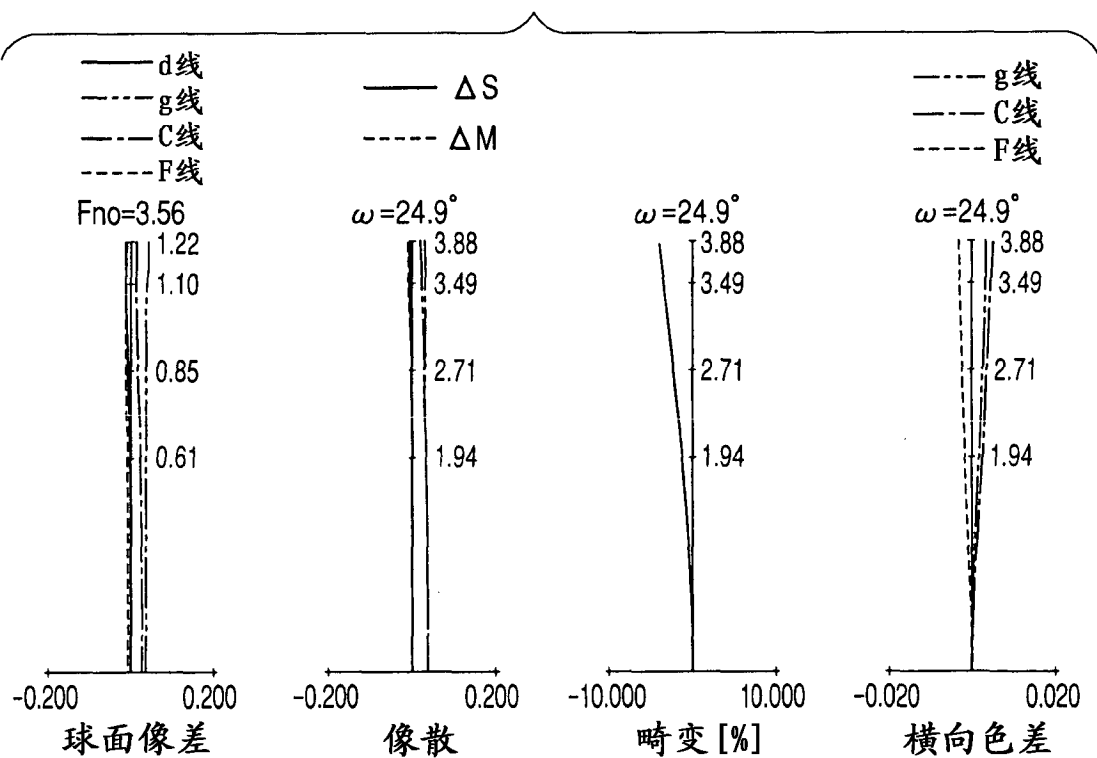


图 2B

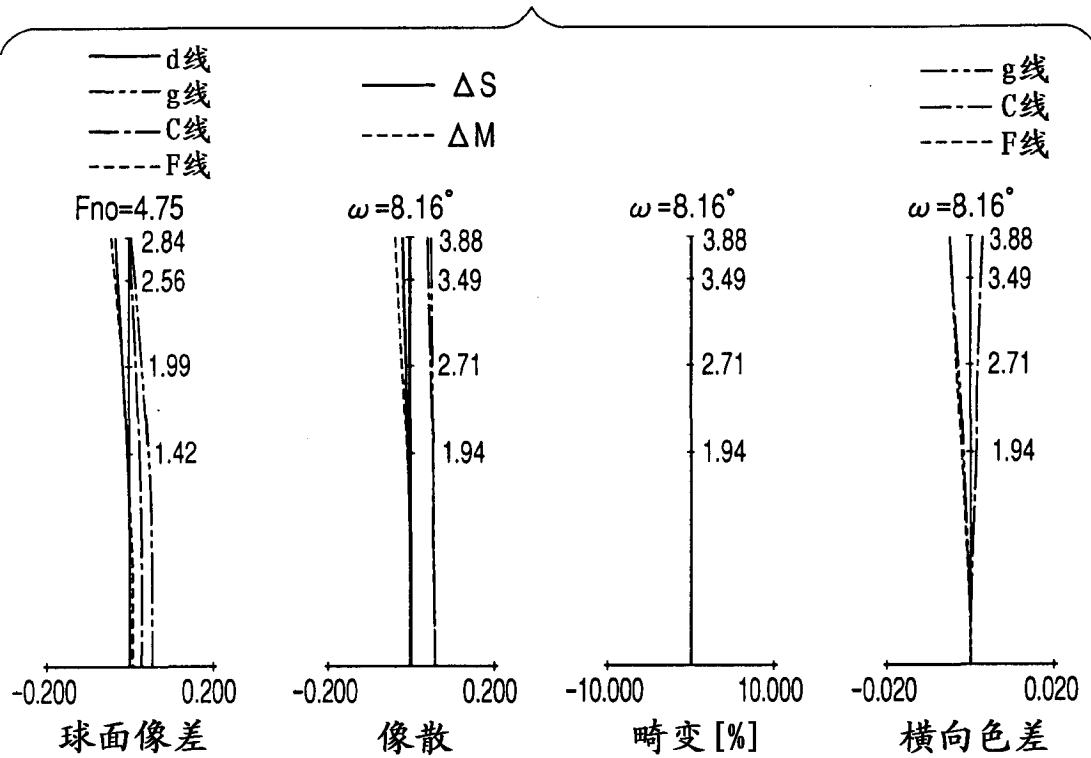


图 2C

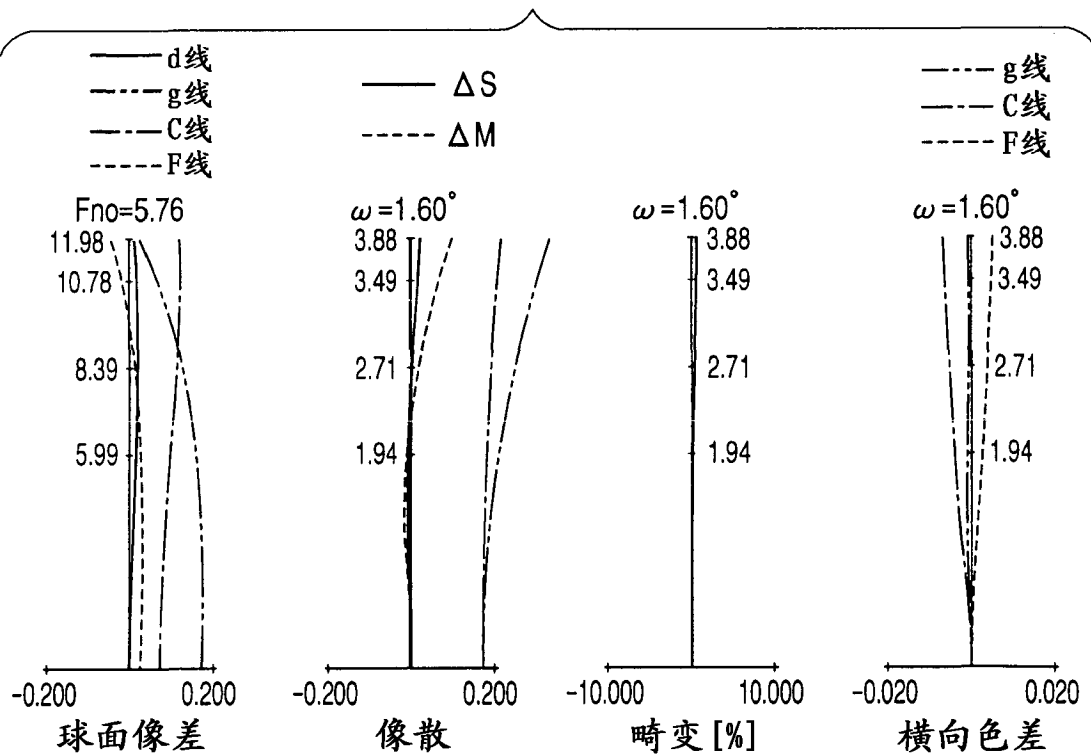


图 2D

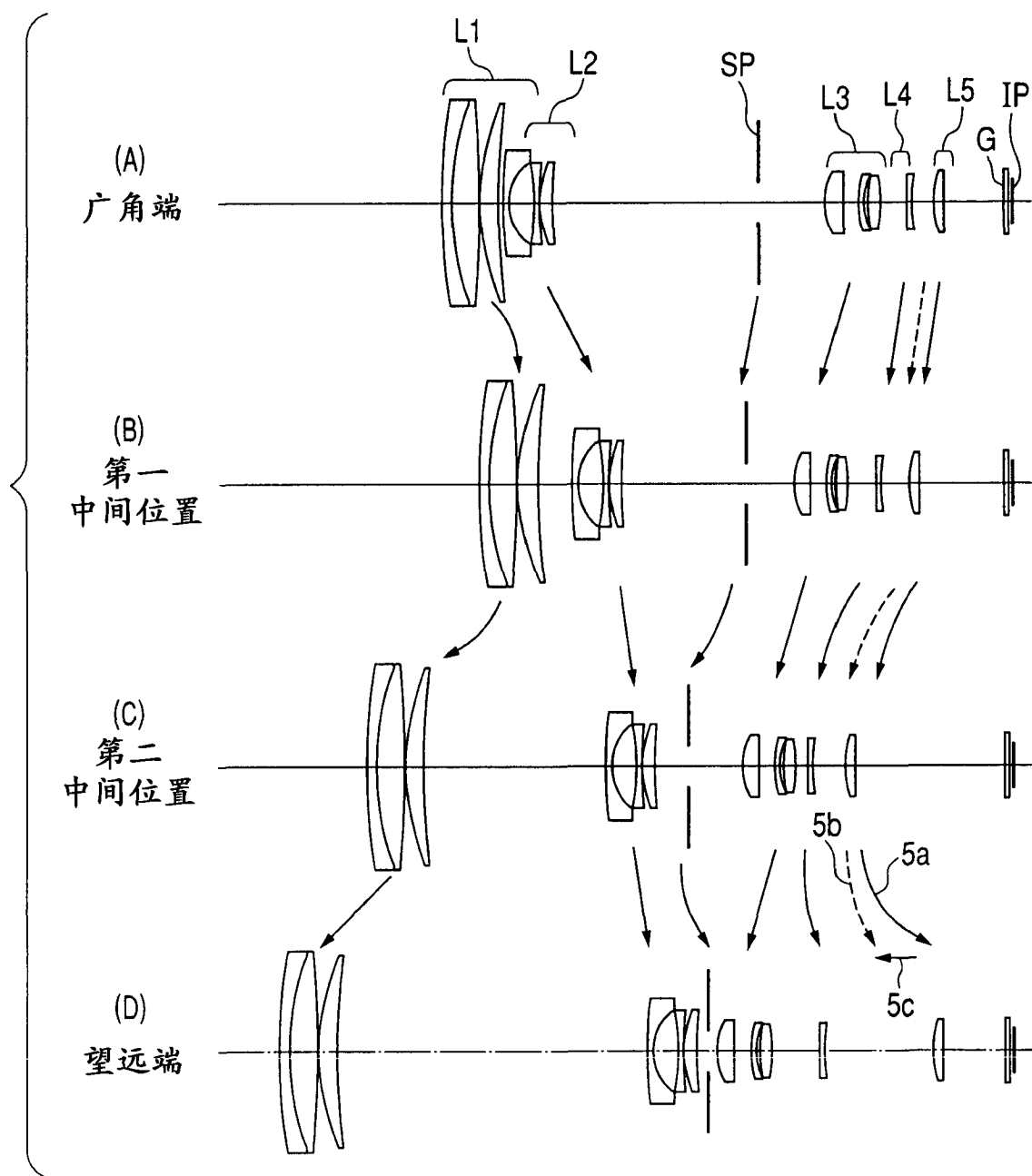


图 3

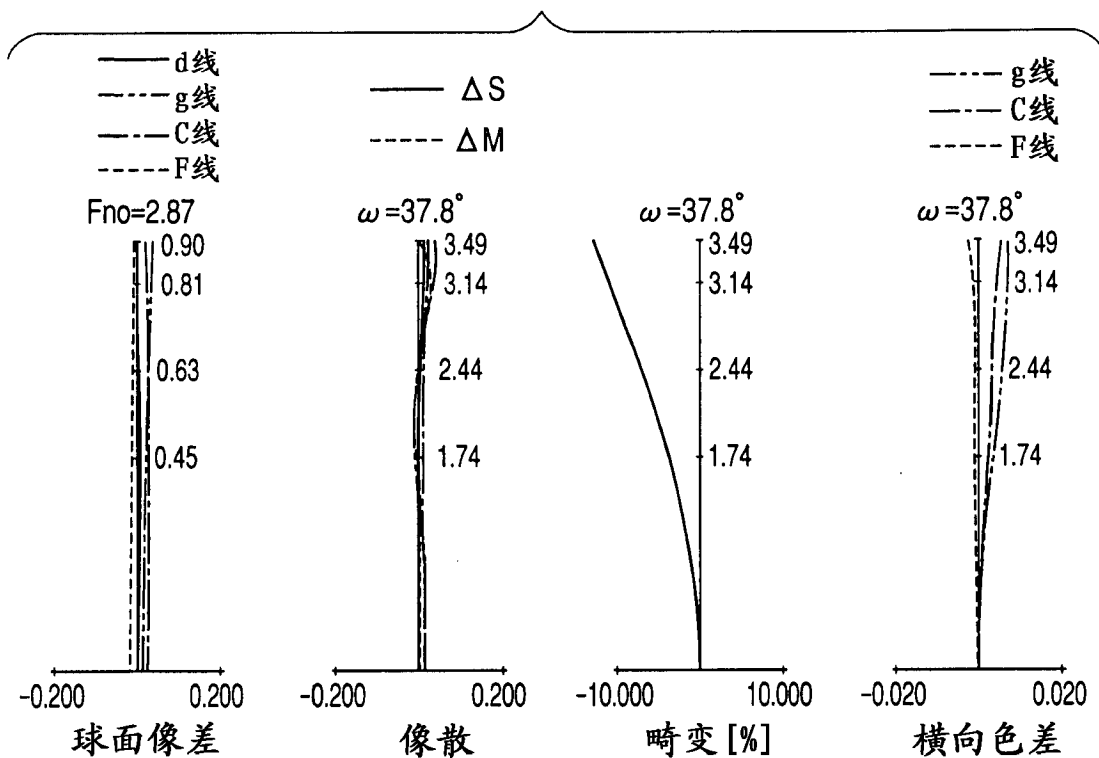


图 4A

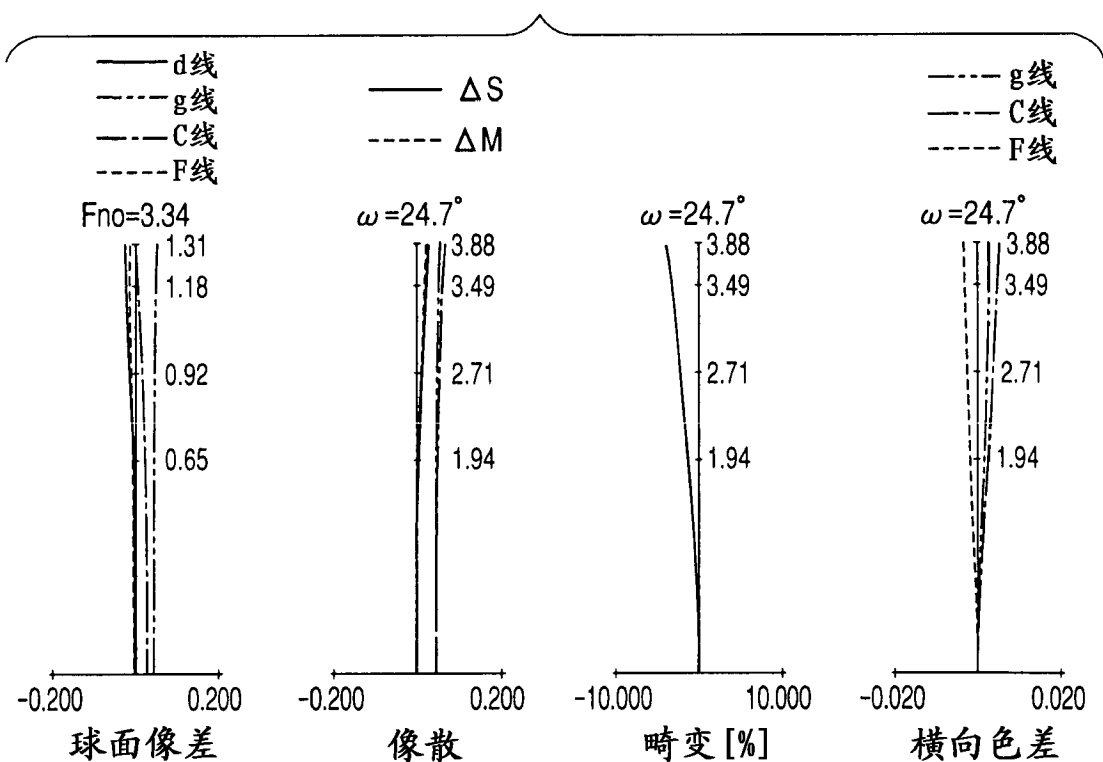


图 4B

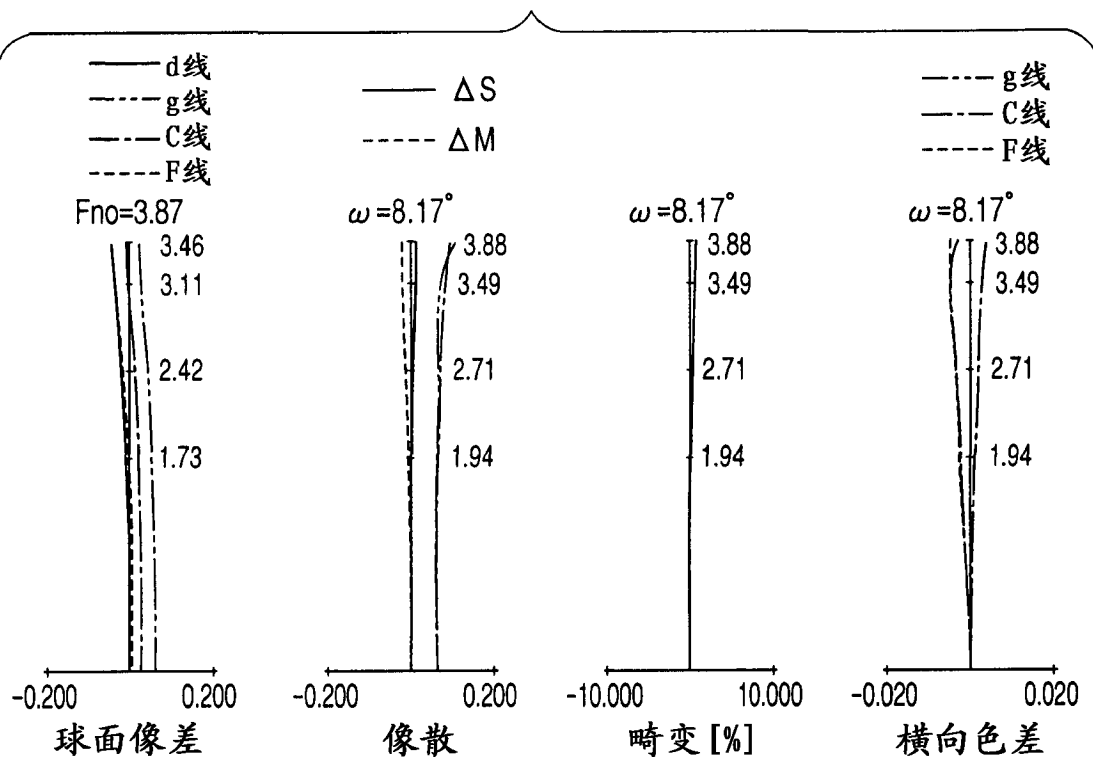


图 4C

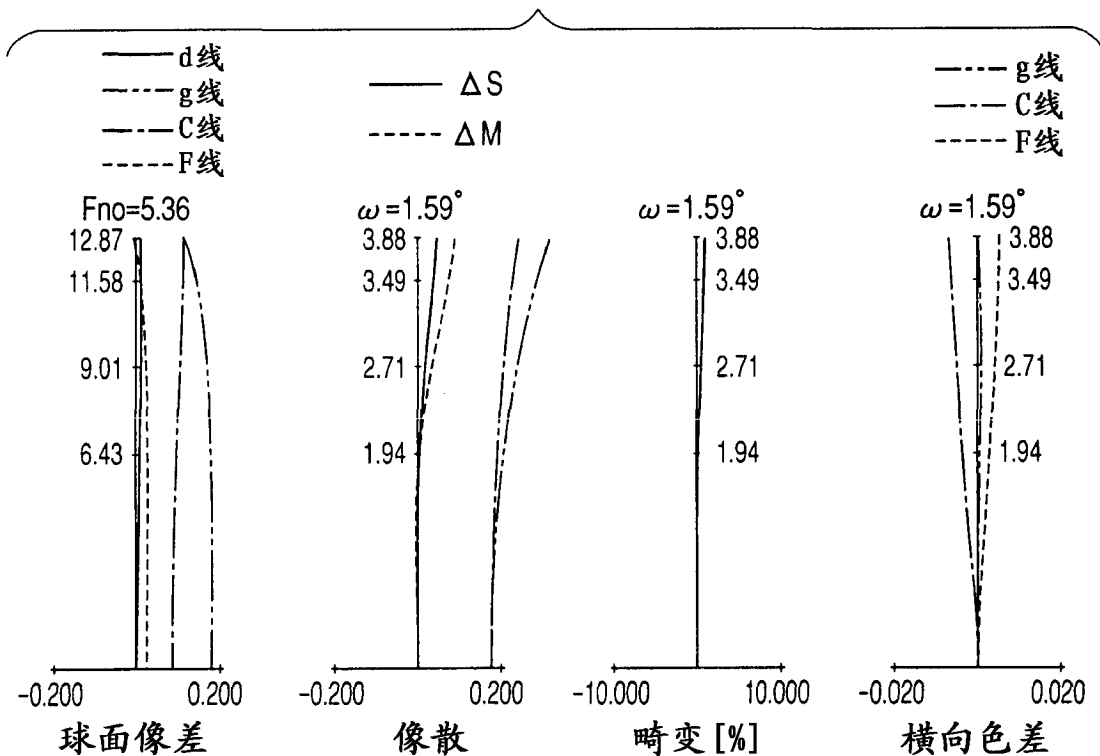


图 4D

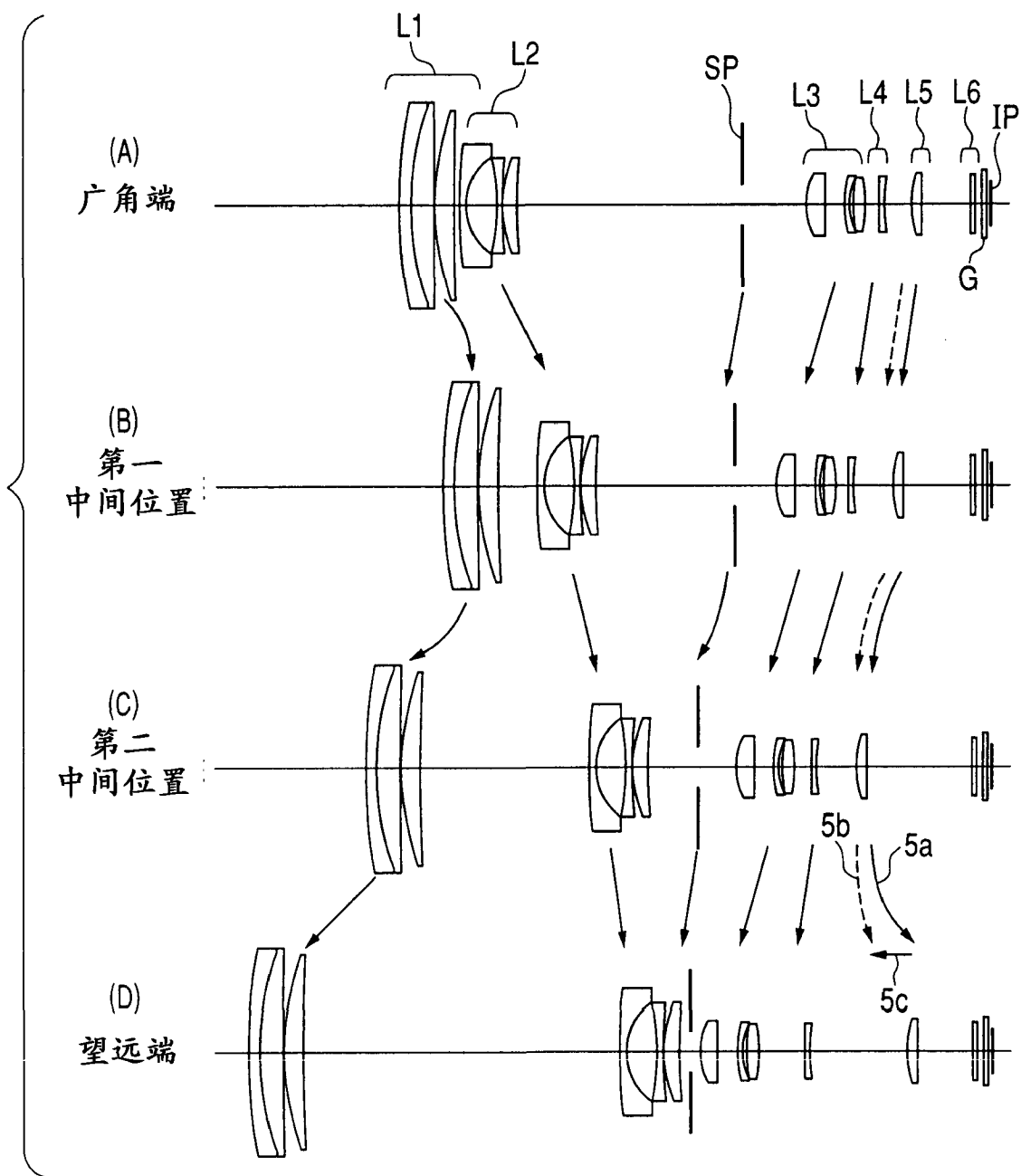


图 5

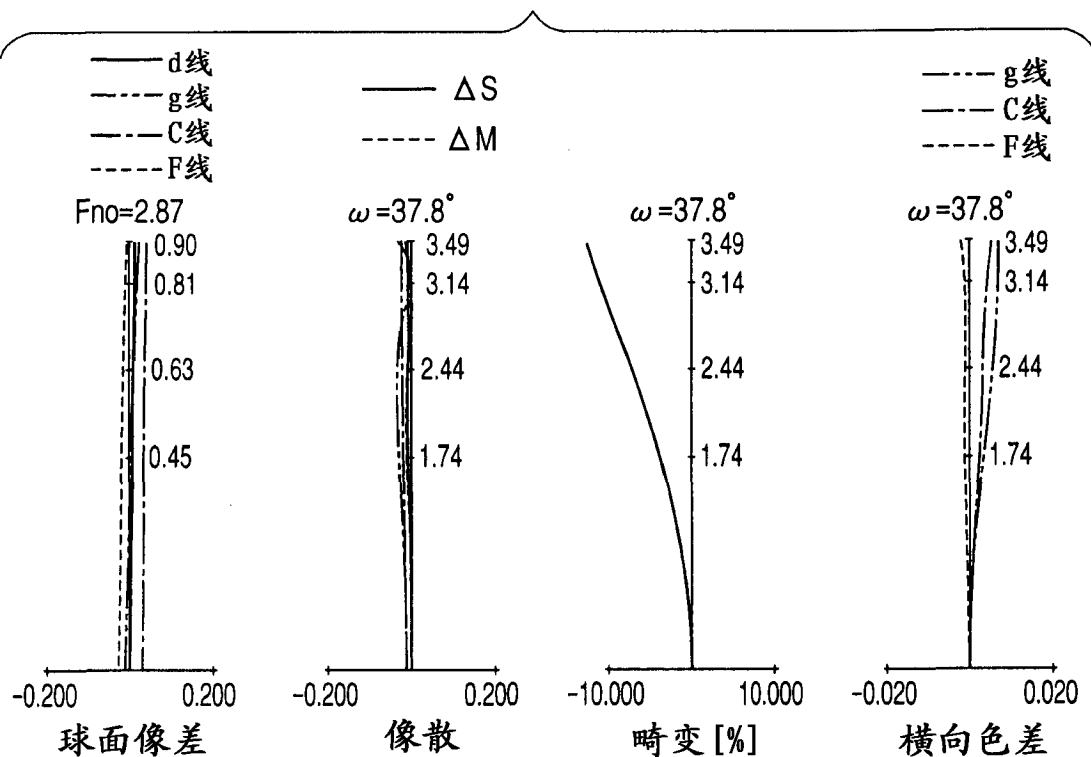


图 6A

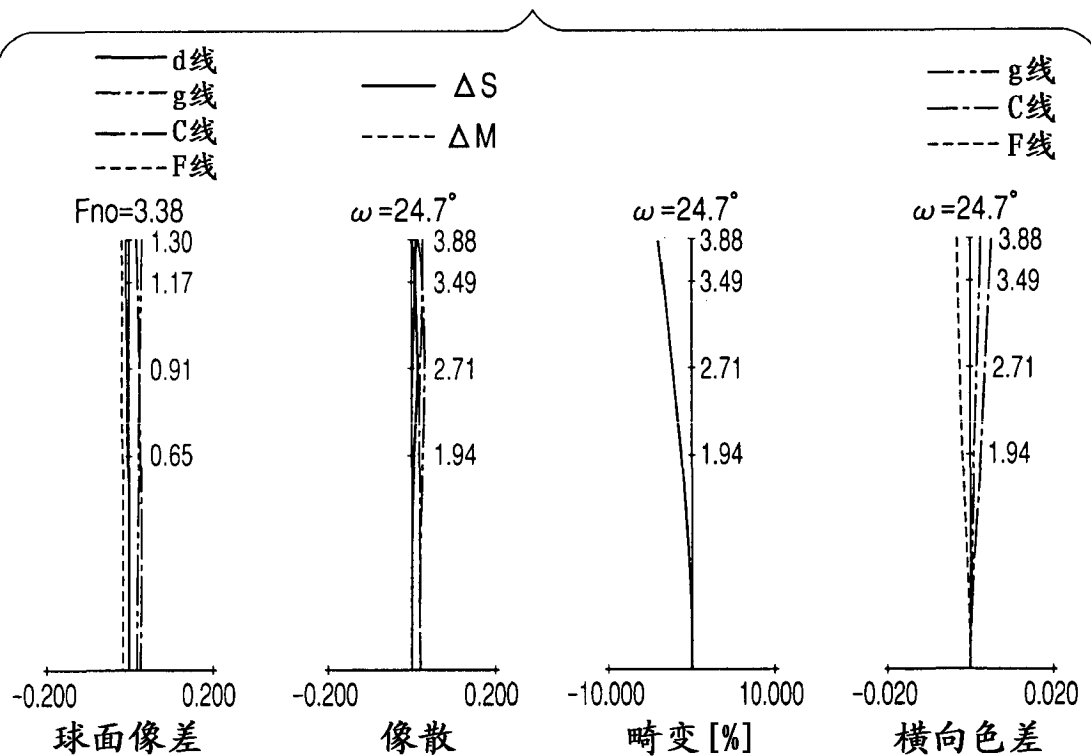


图 6B

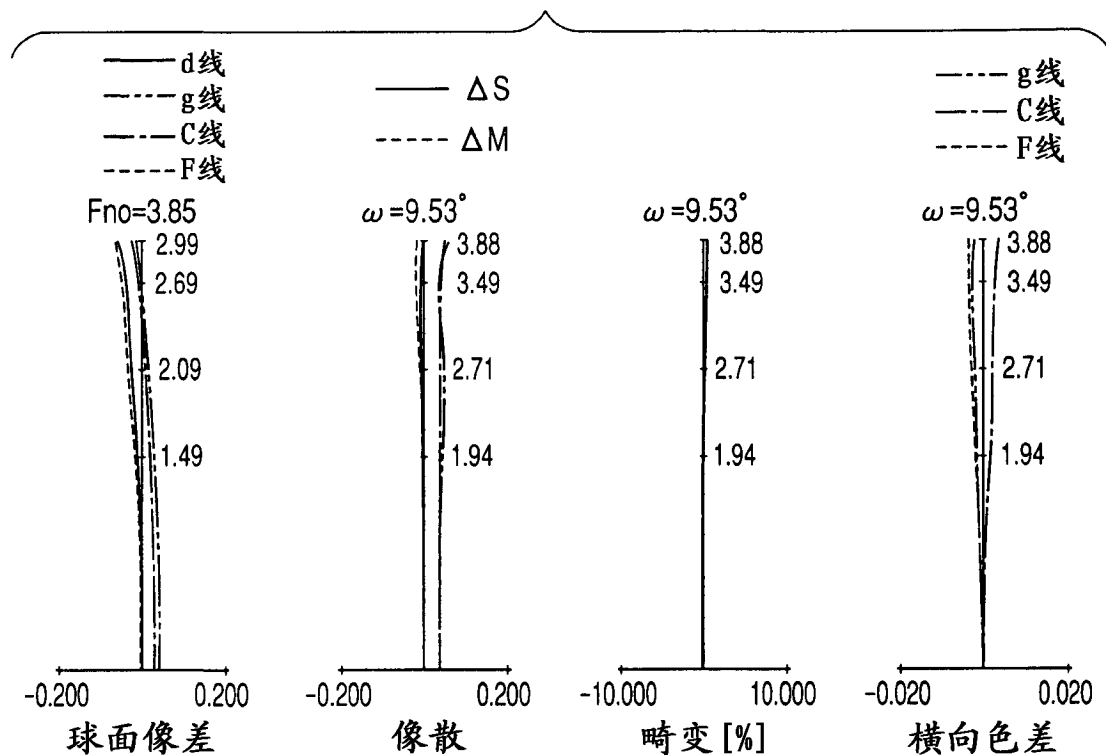


图 6C

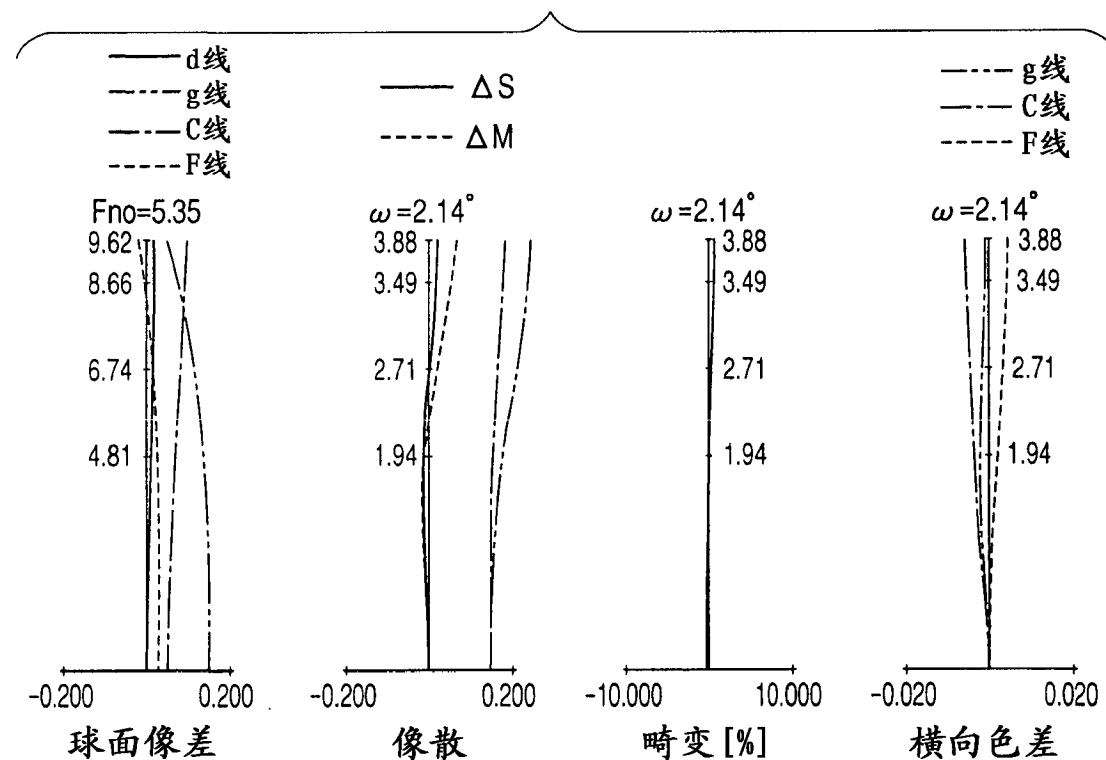


图 6D

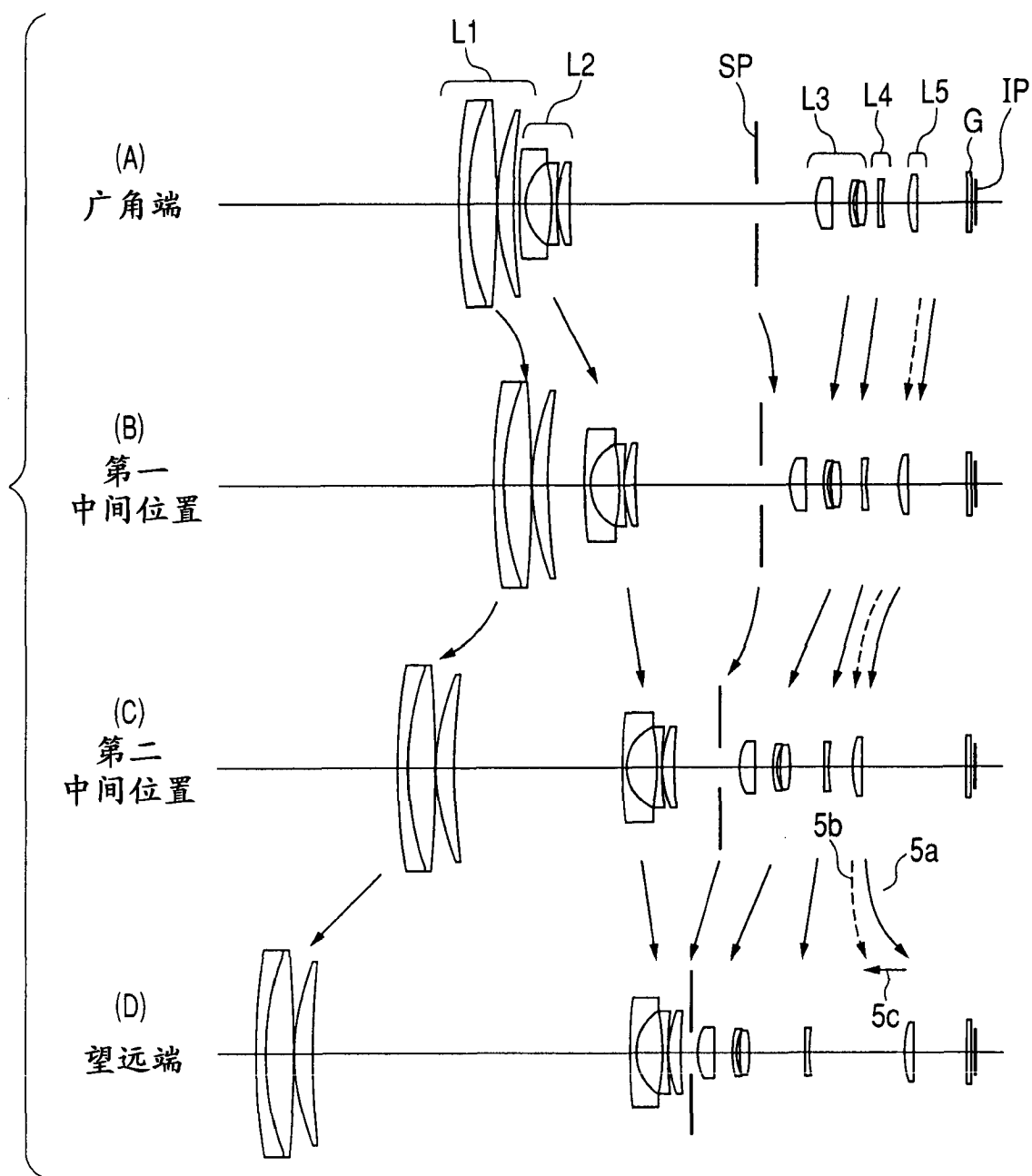


图 7

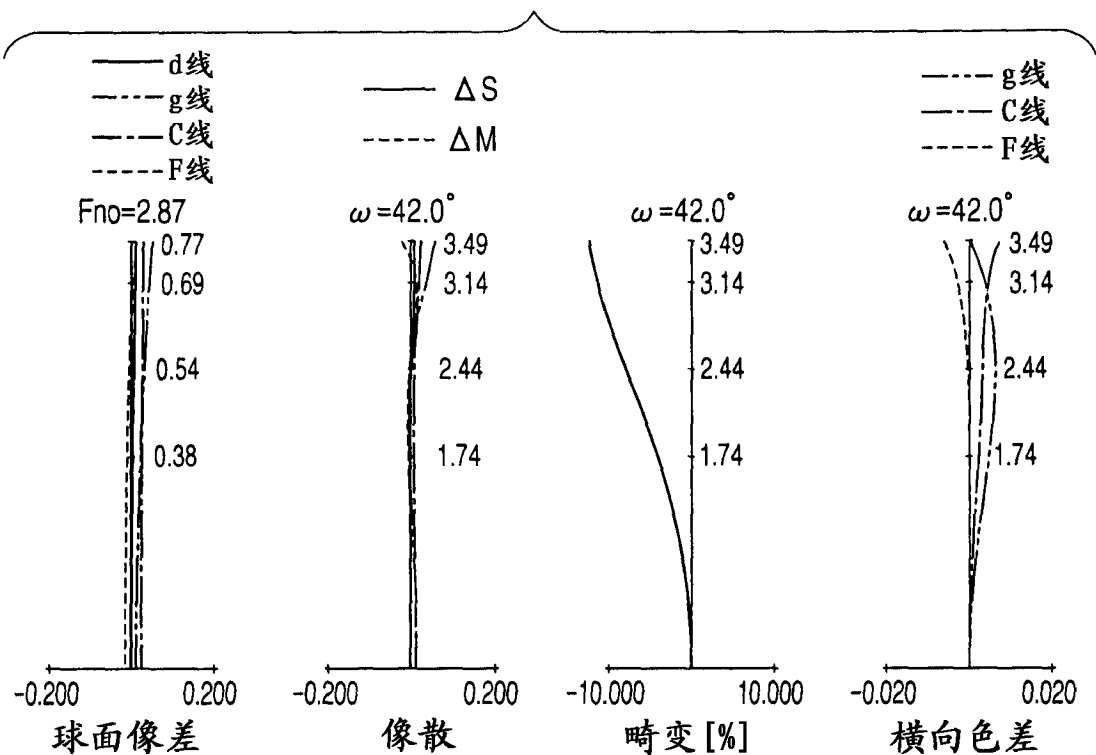


图 8A

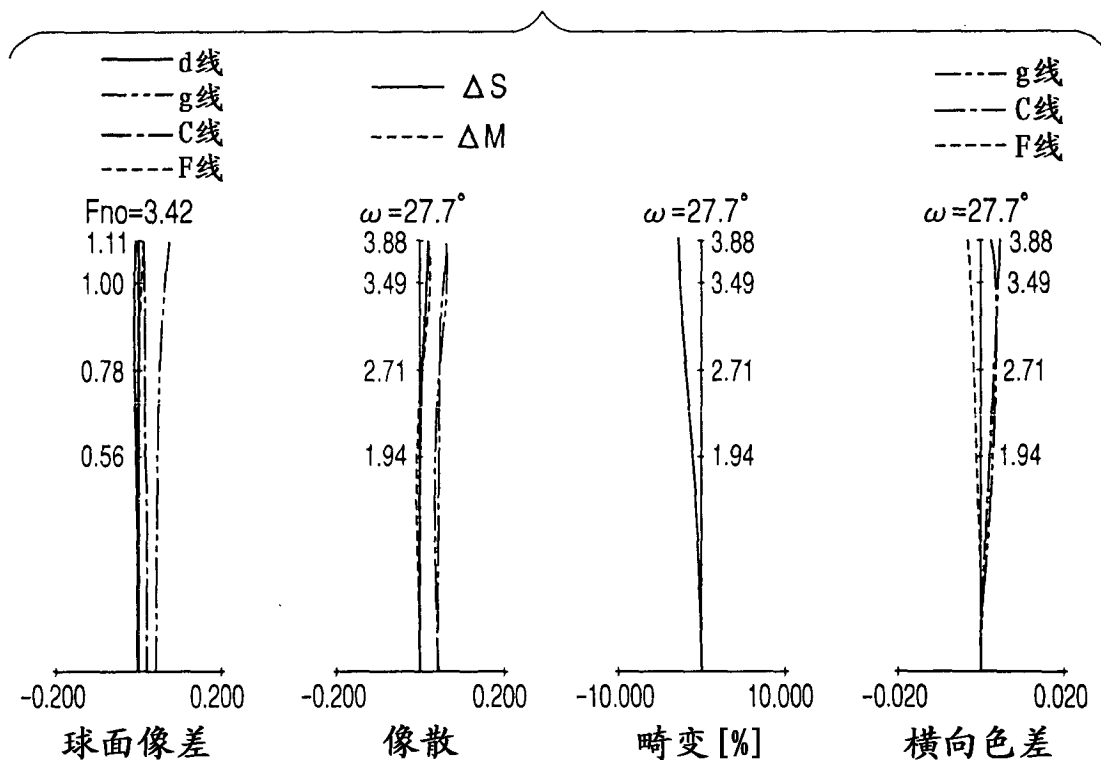


图 8B

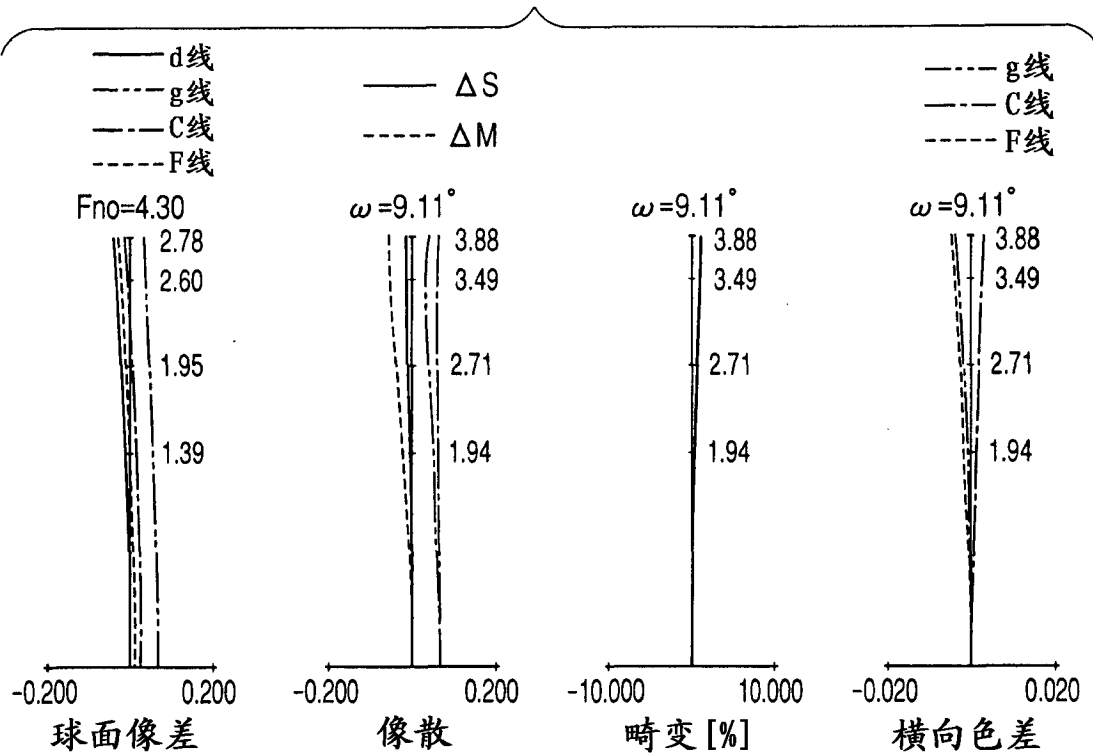


图 8C

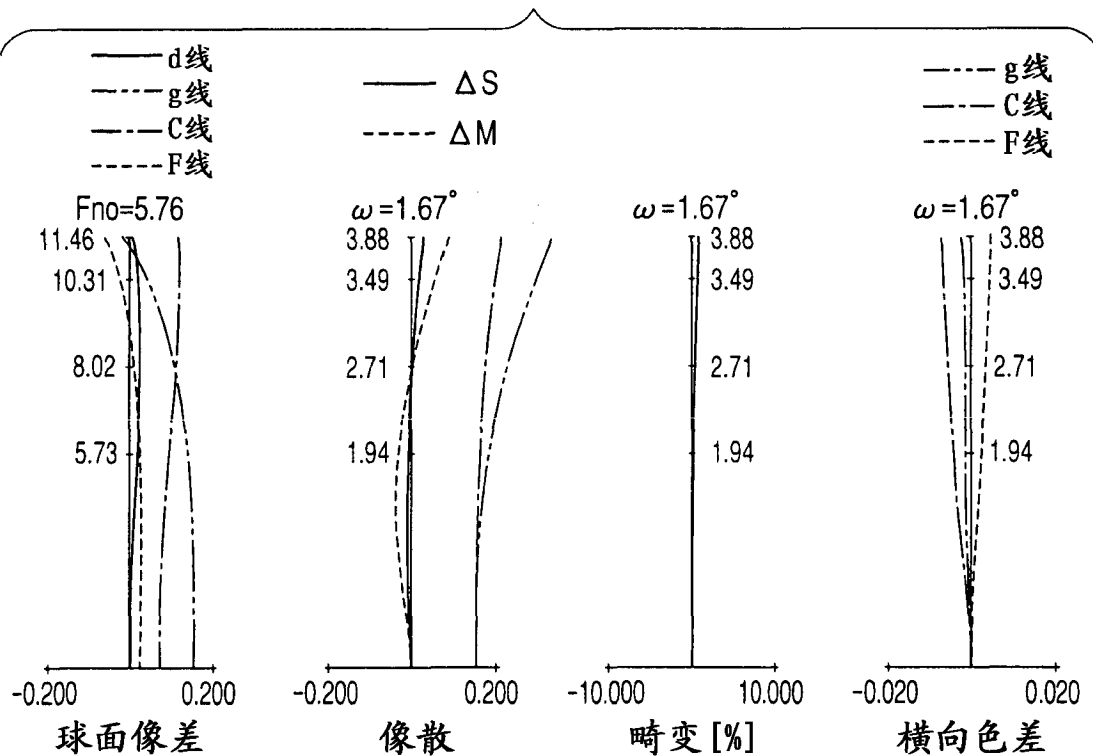


图 8D

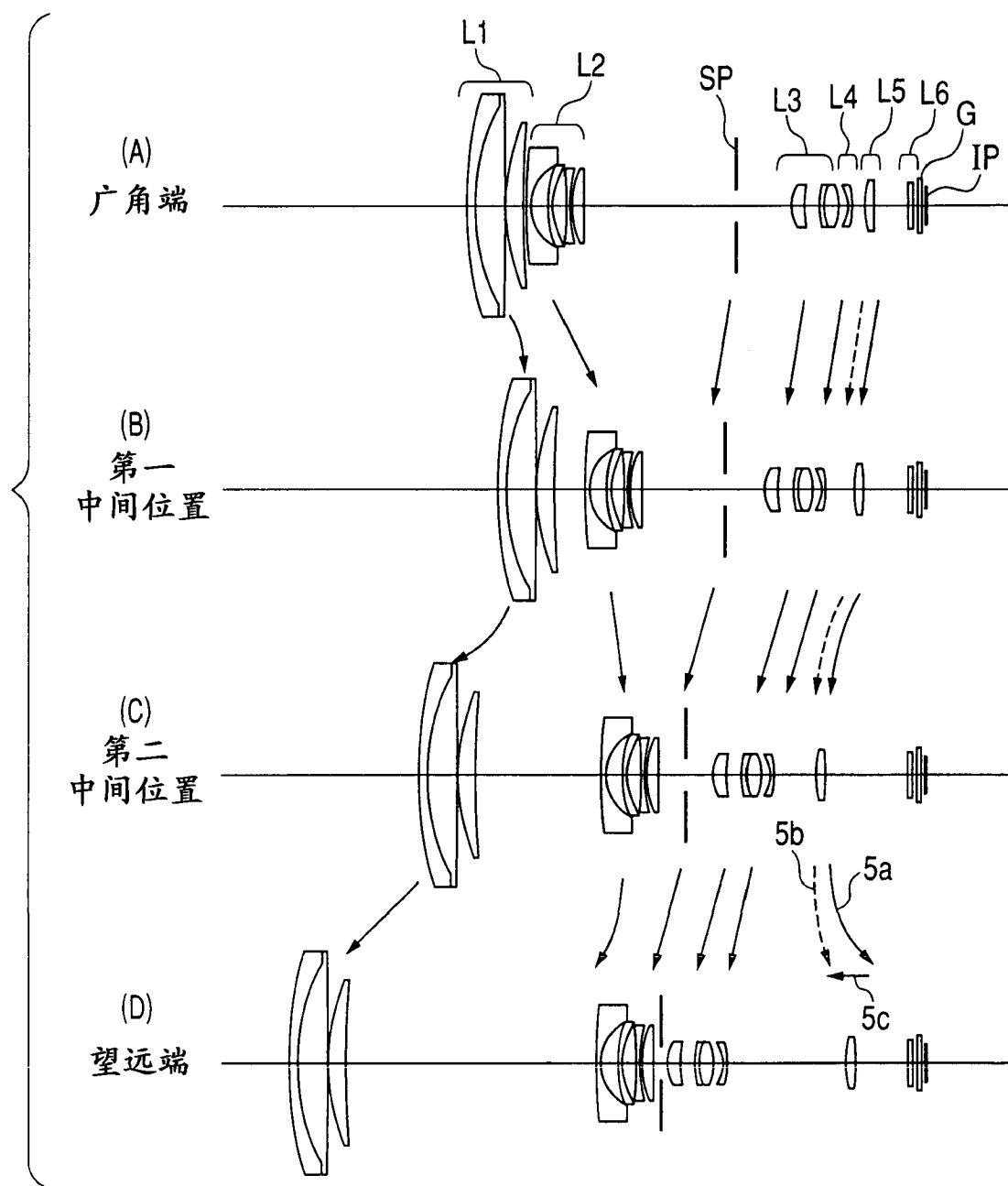


图 9

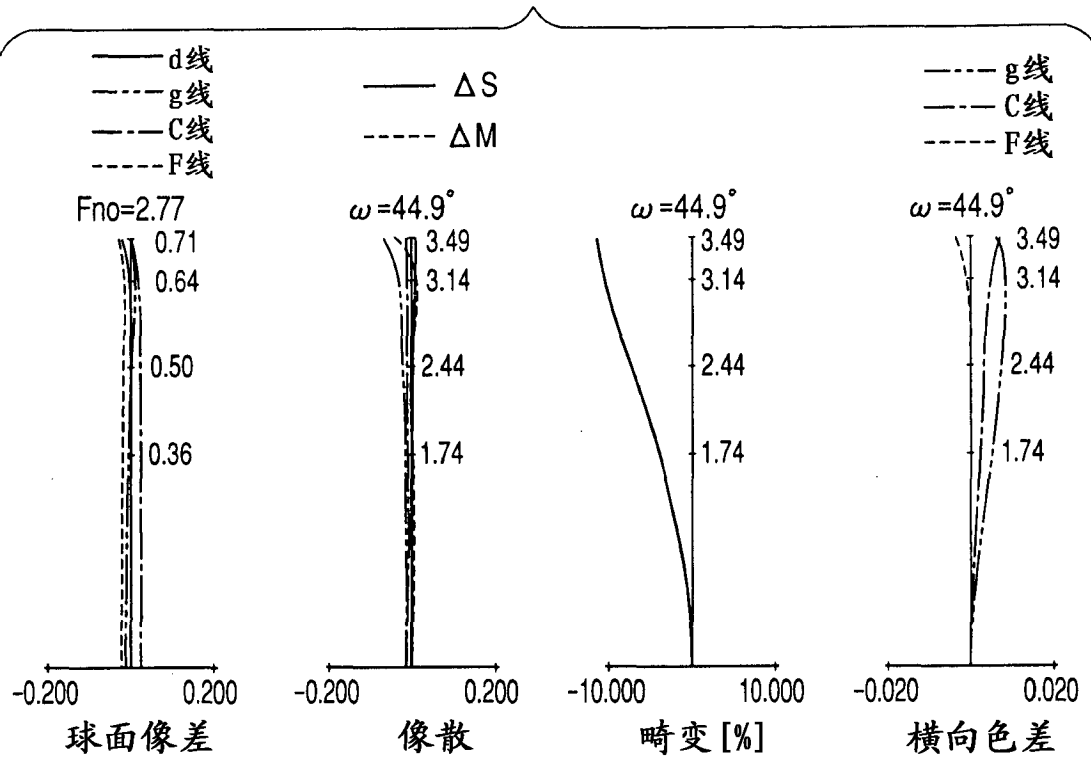


图 10A

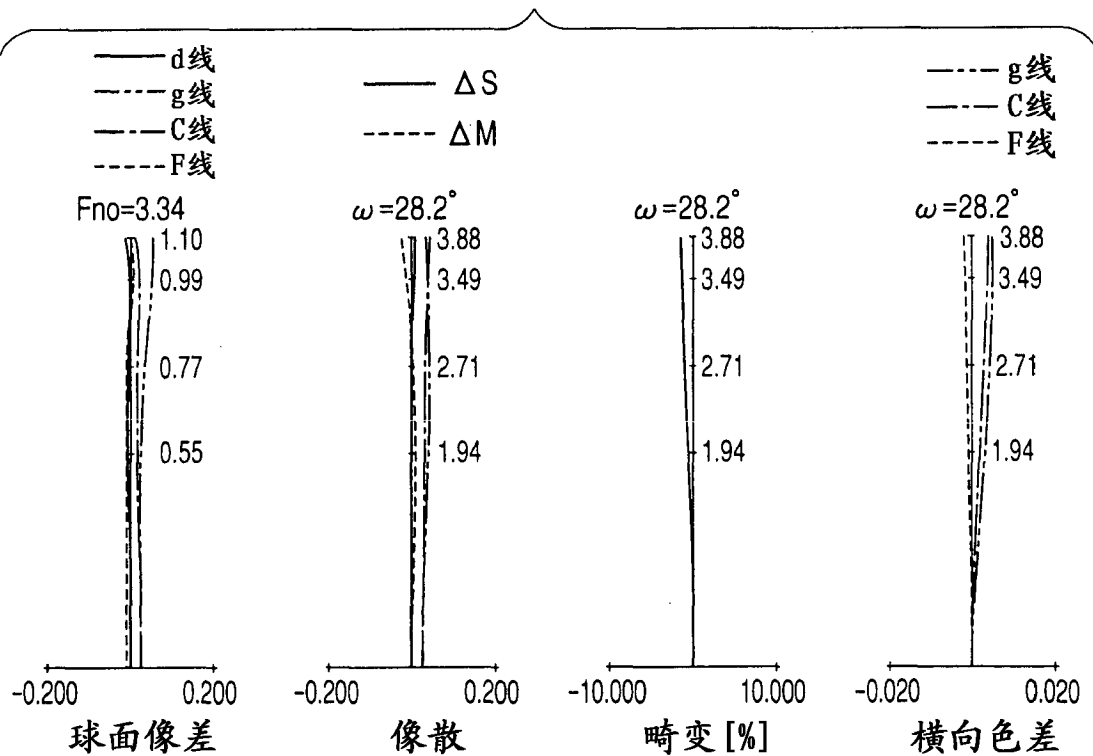


图 10B

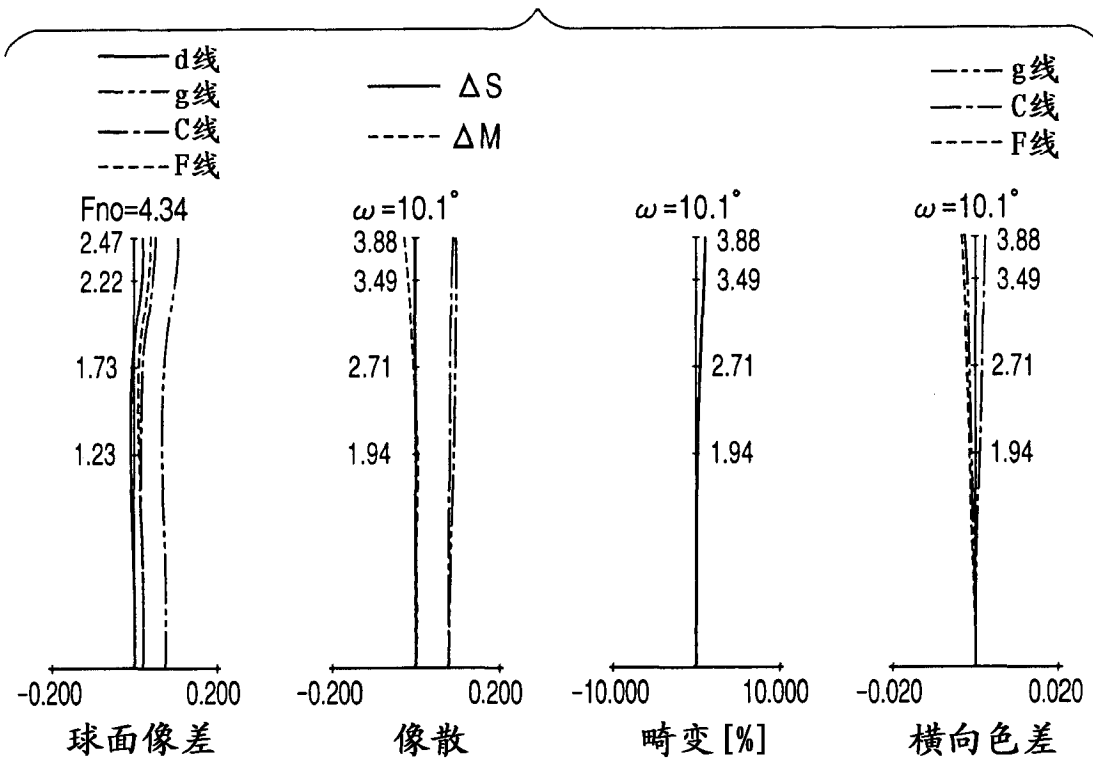


图 10C

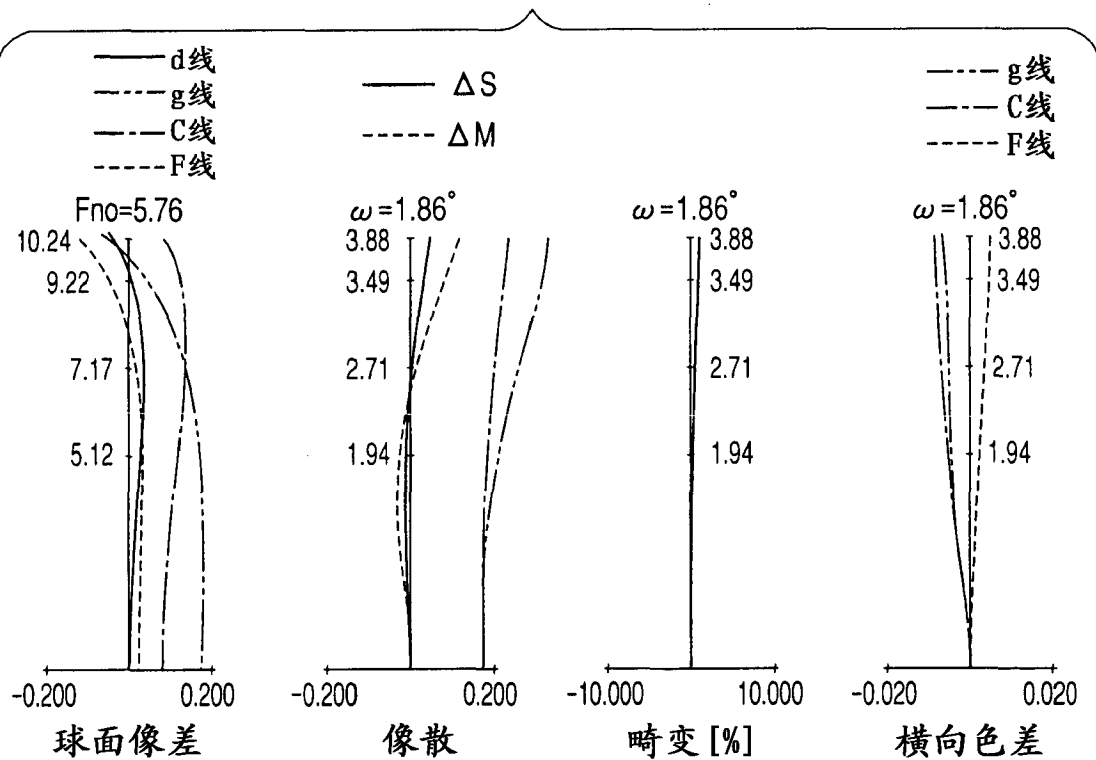


图 10D

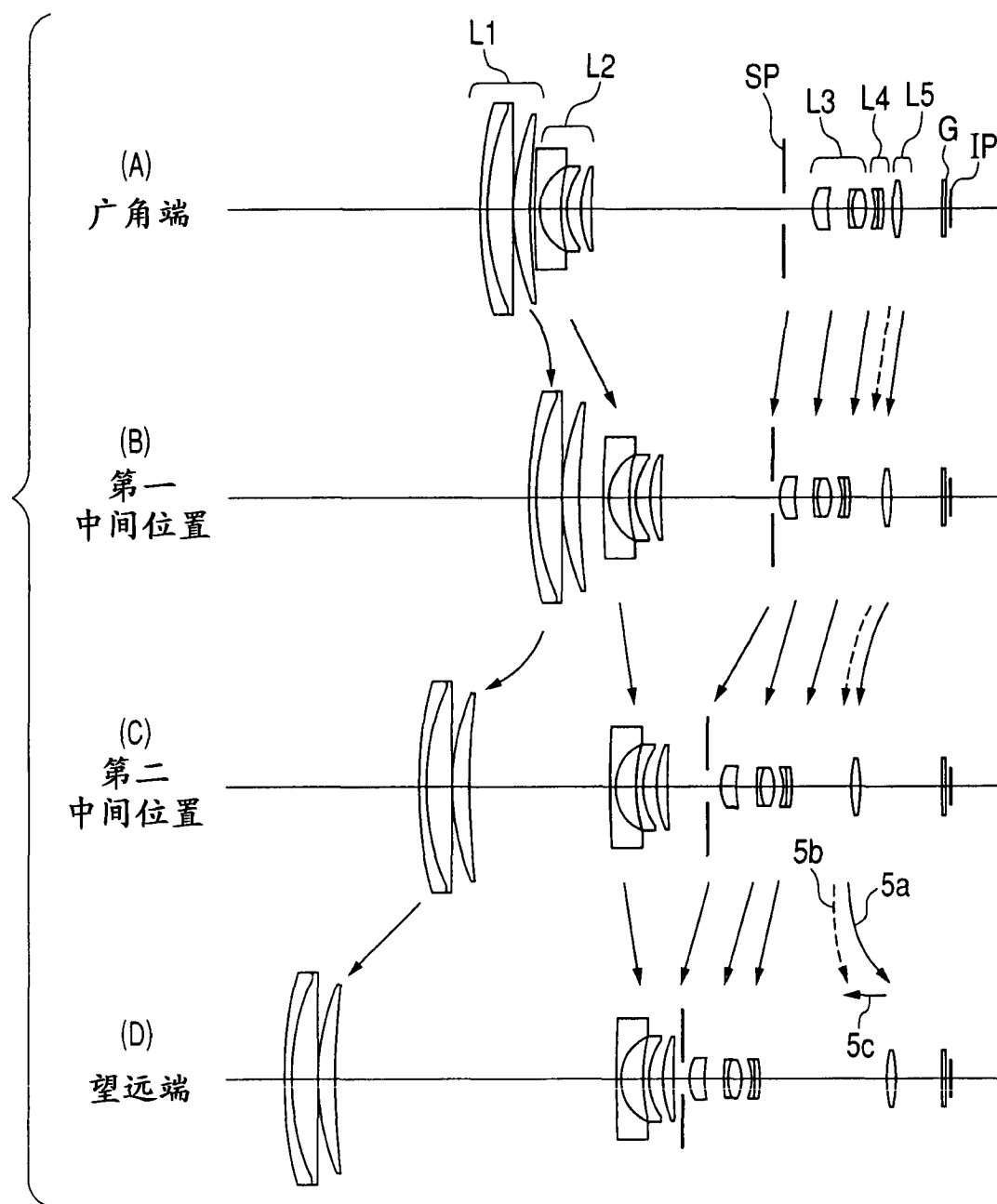


图 11

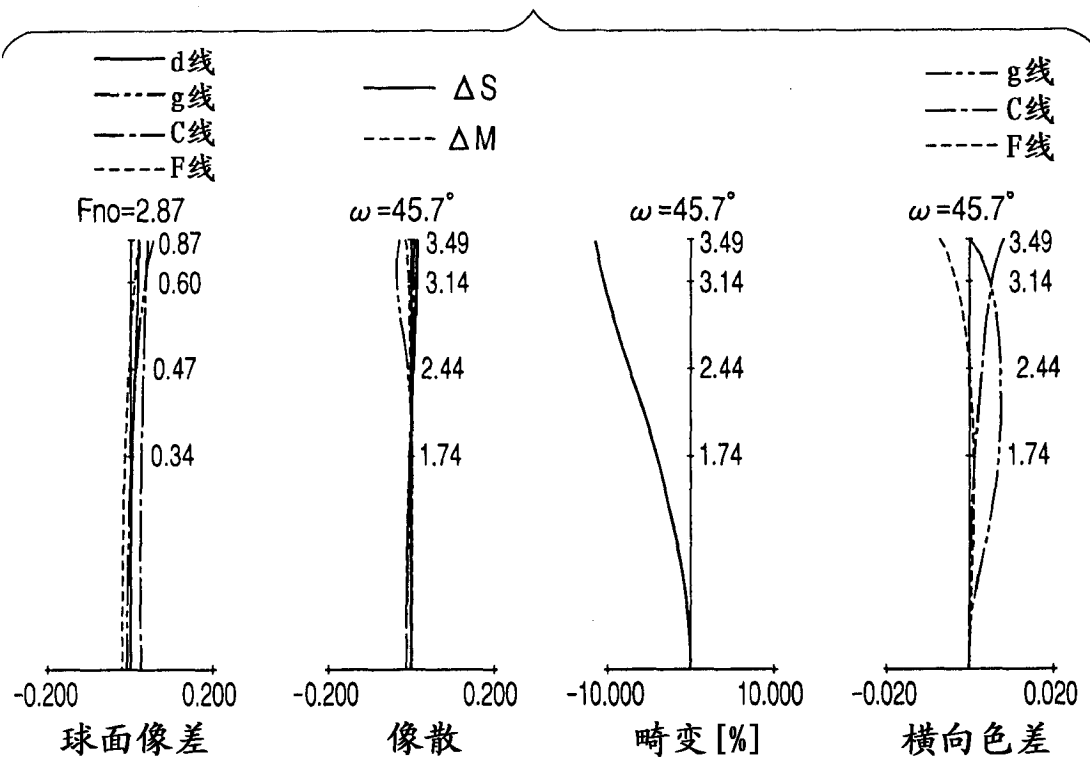


图 12A

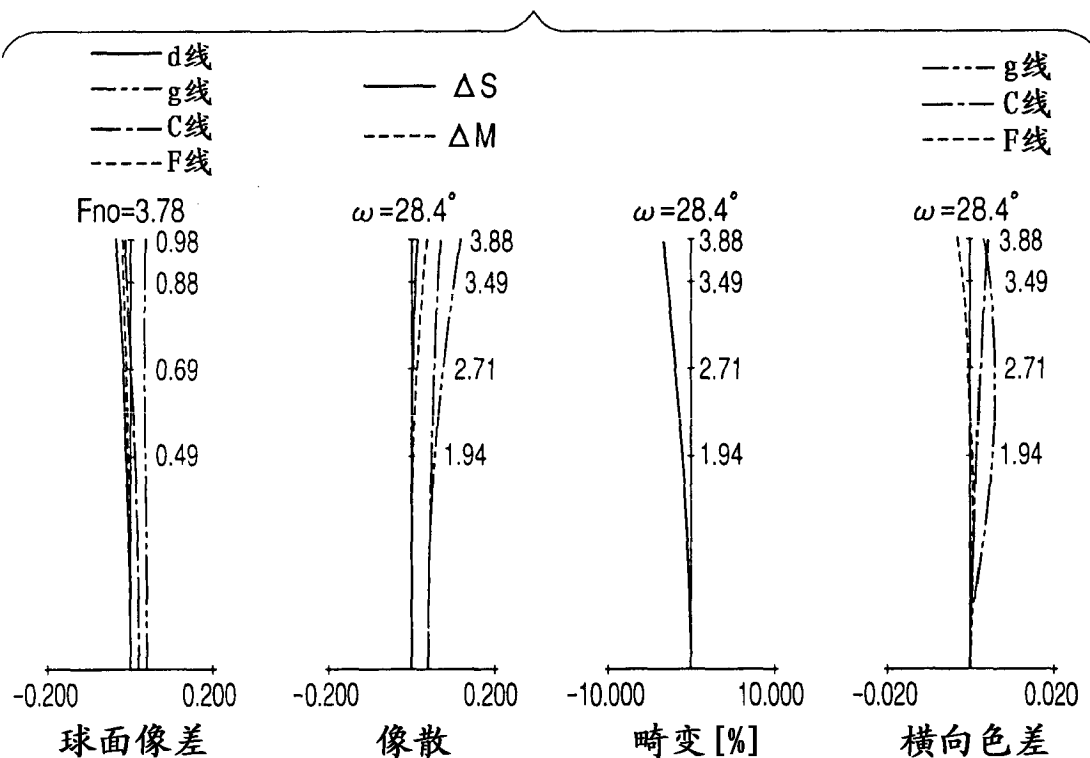


图 12B

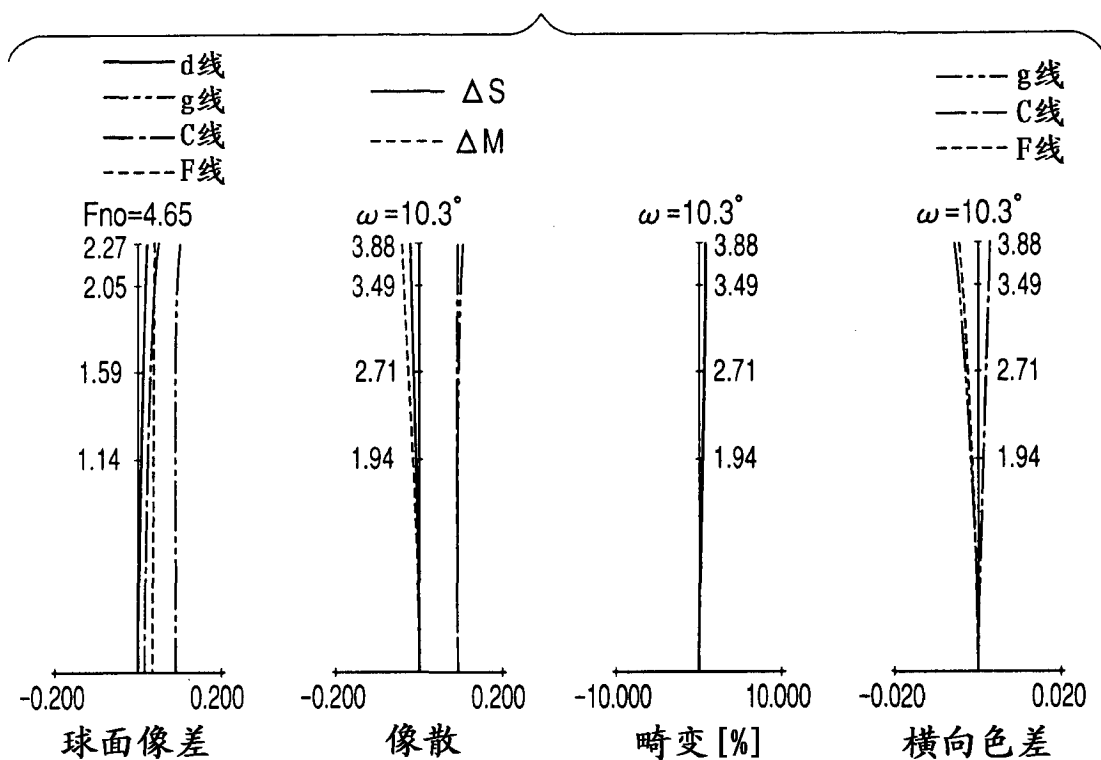


图 12C

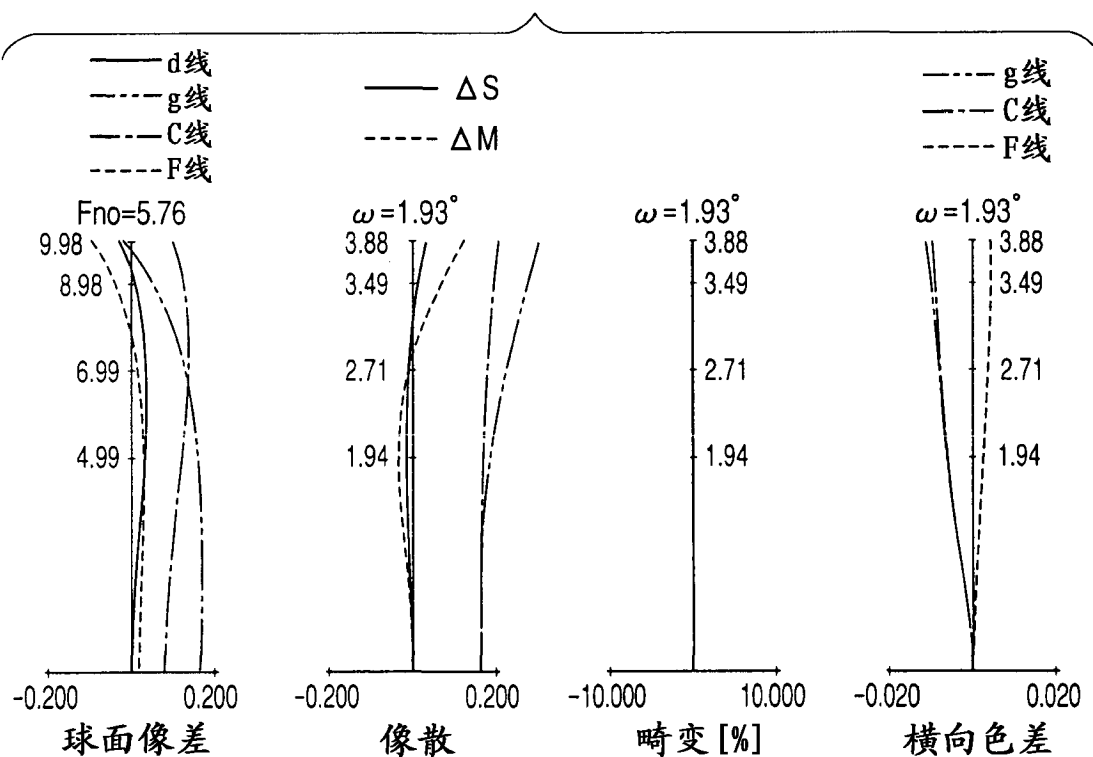


图 12D

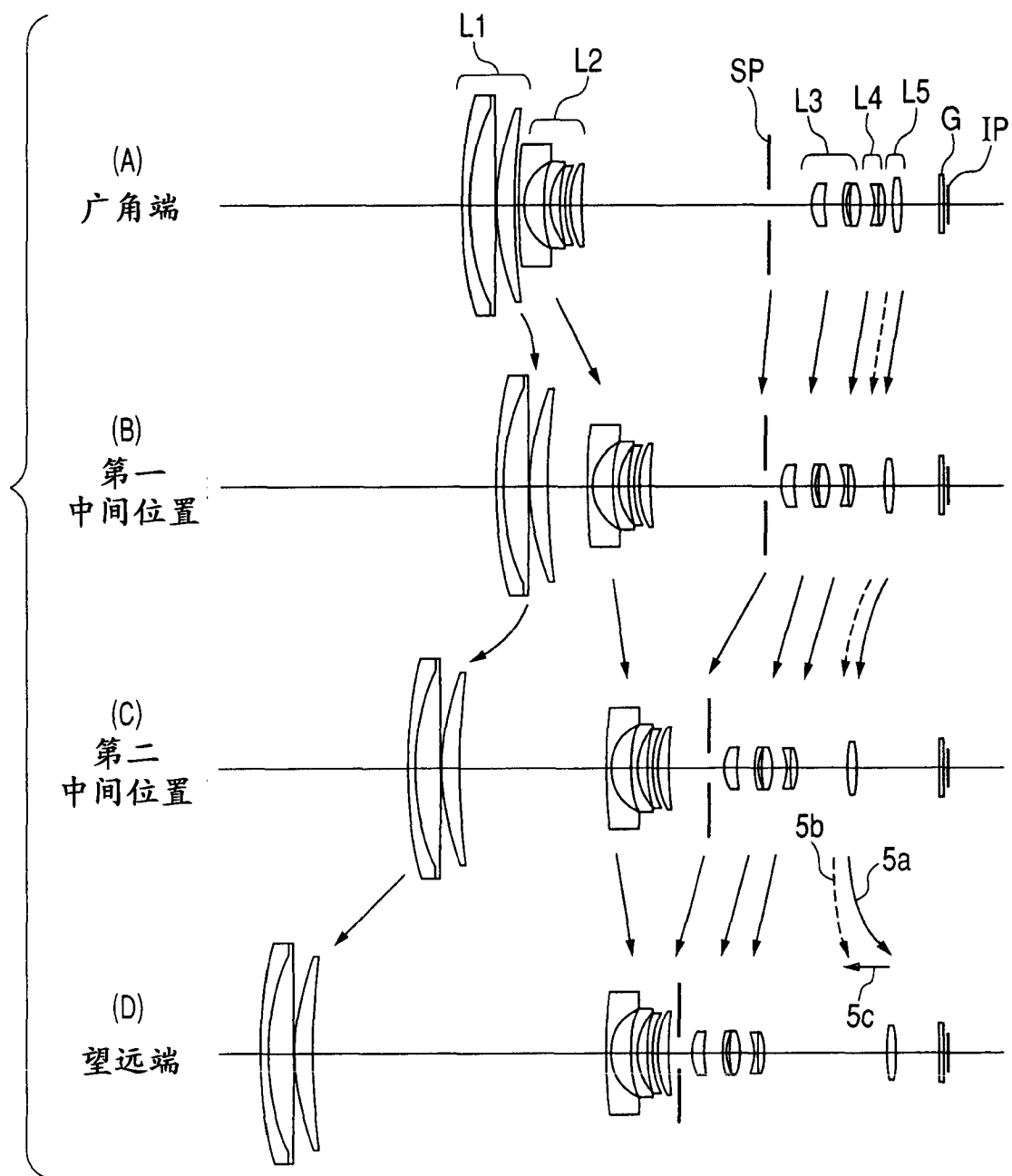


图 13

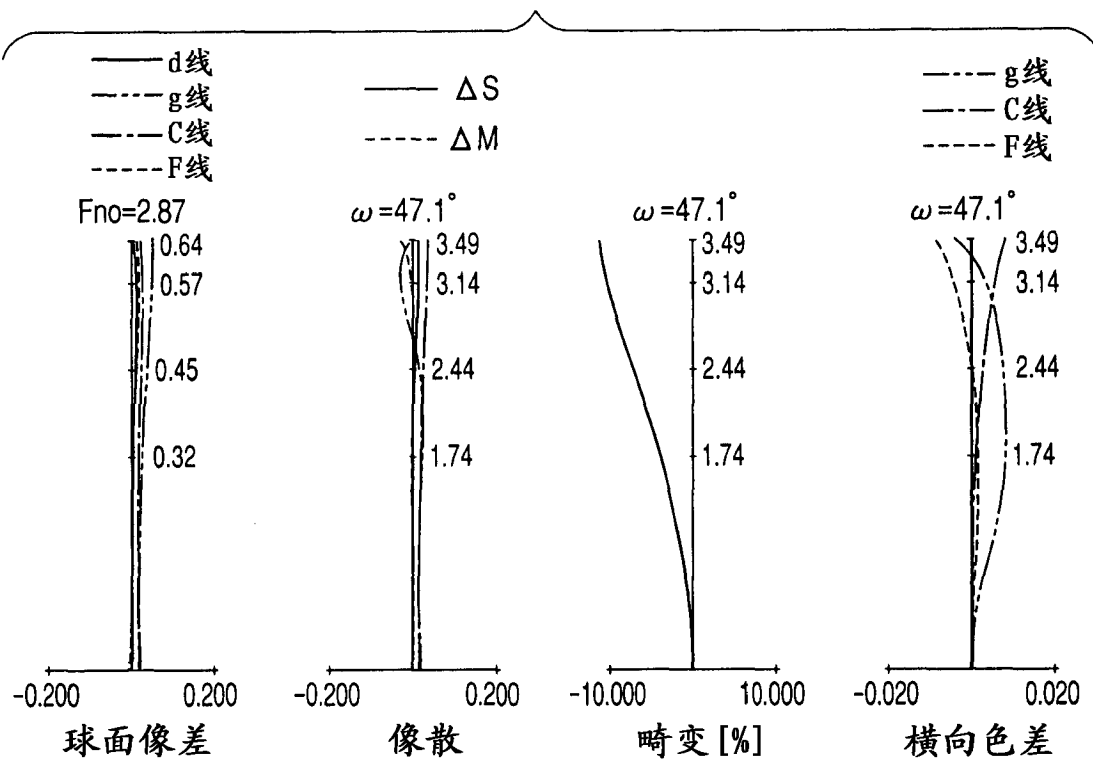


图 14A

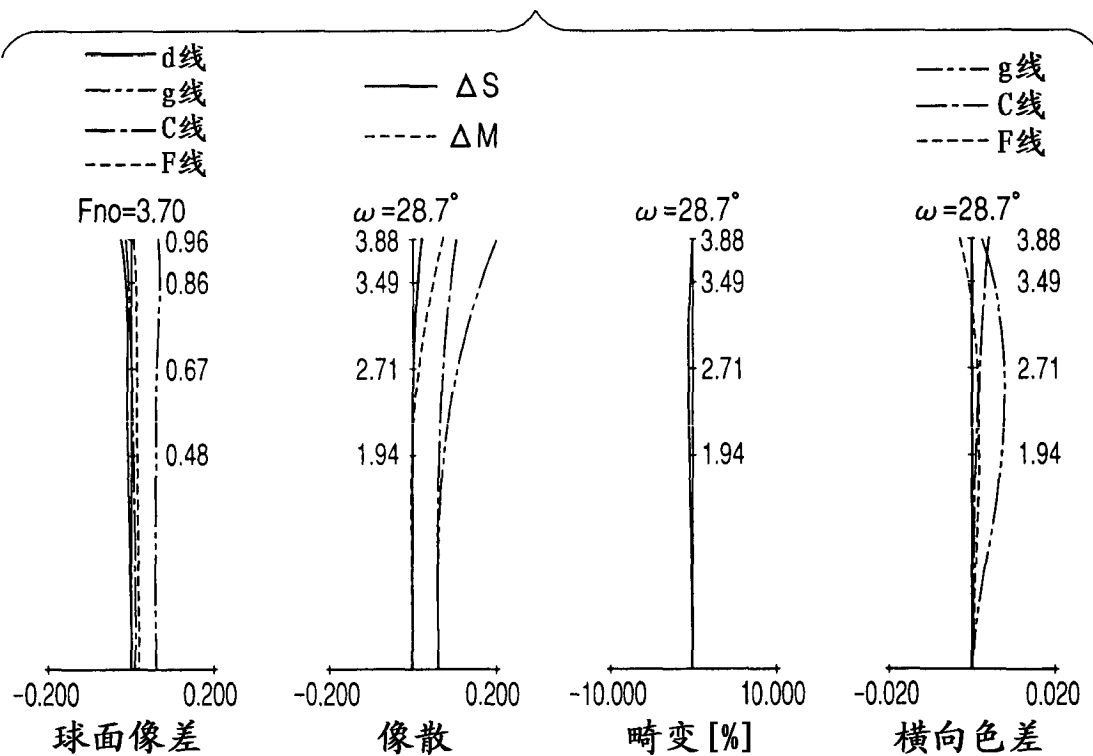


图 14B

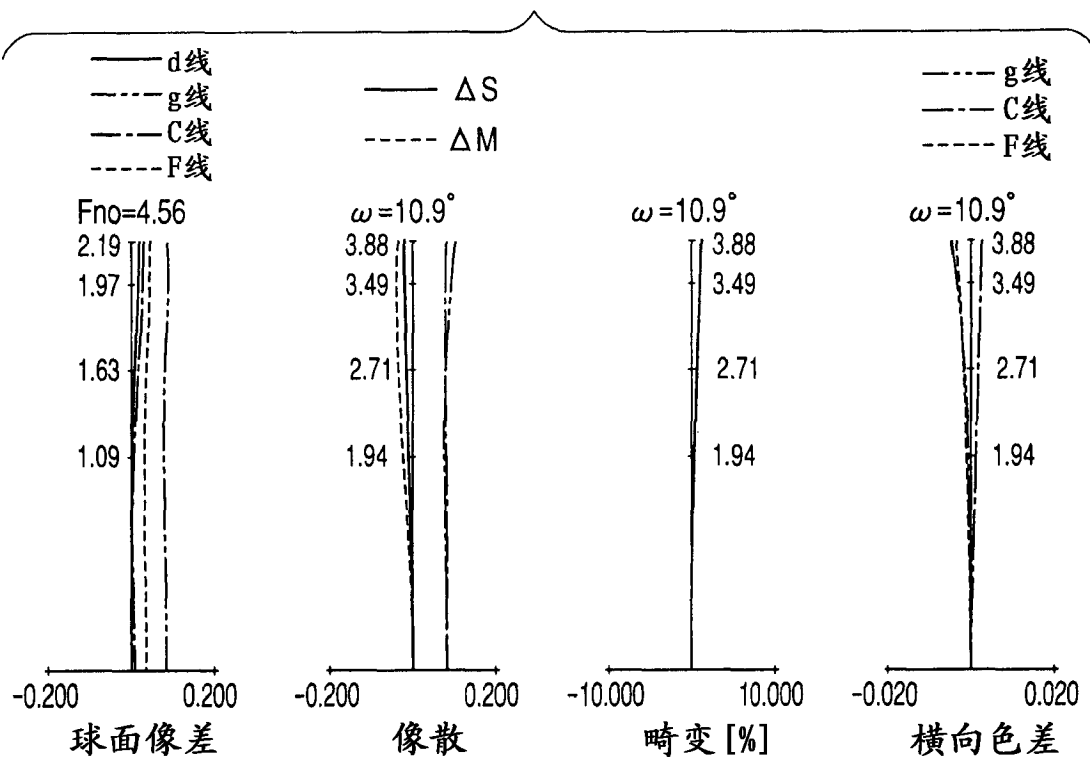


图 14C

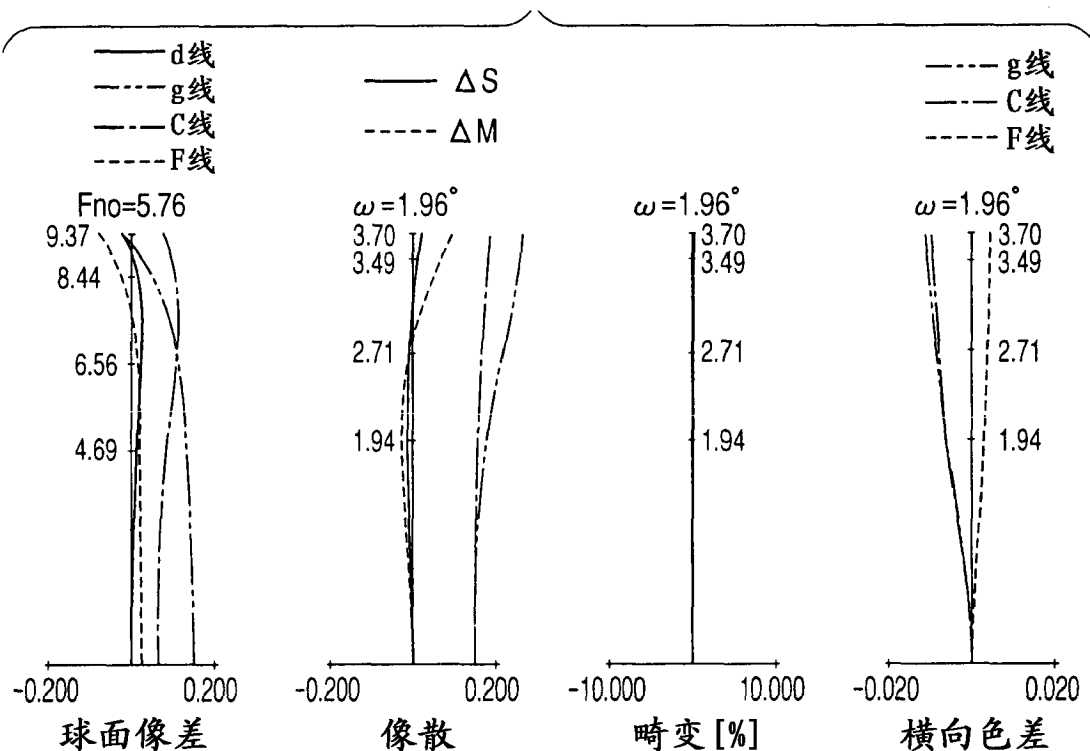


图 14D

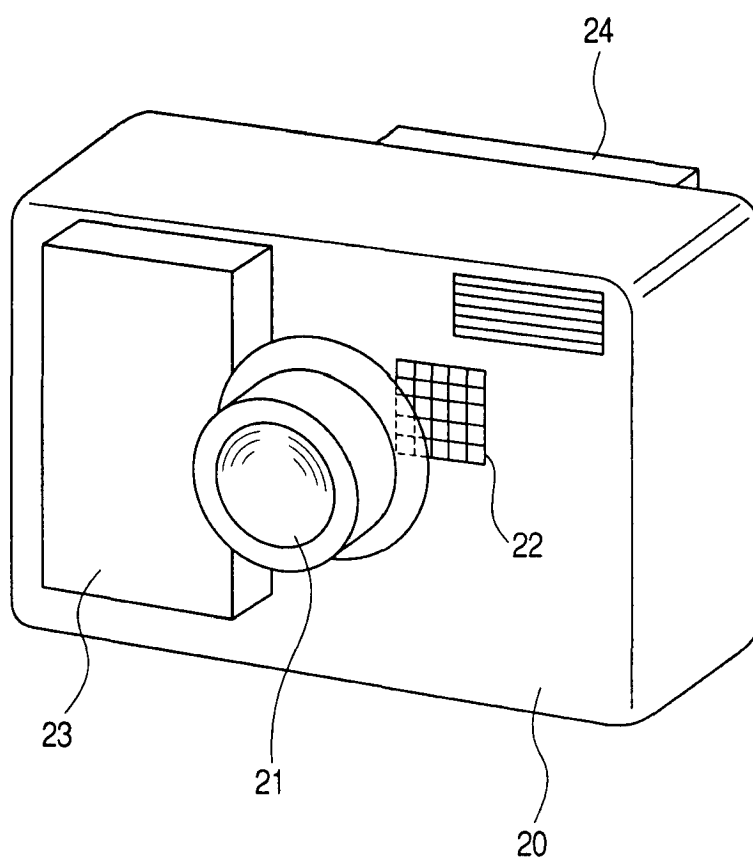


图 15