



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102096179 B

(45) 授权公告日 2012. 11. 14

(21) 申请号 201010575598. 9

(22) 申请日 2010. 12. 07

(30) 优先权数据

2009-281431 2009. 12. 11 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 杨国权

(51) Int. Cl.

G02B 15/173 (2006. 01)

H04N 5/225 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006/0279850 A1, 2006. 12. 14,

CN 101369049 A, 2009. 02. 18,

JP 特开 2009-236973 A, 2009. 10. 15,

US 2009/0116120 A1, 2009. 05. 07,

审查员 王振佳

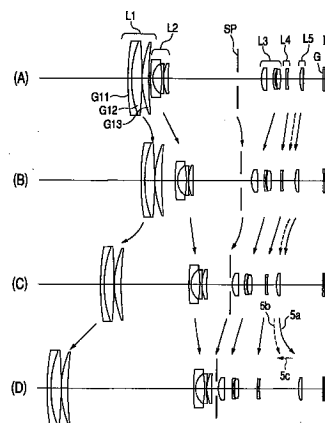
权利要求书 2 页 说明书 23 页 附图 19 页

(54) 发明名称

变焦透镜和包括变焦透镜的图像拾取设备

(57) 摘要

本发明涉及变焦透镜和包括变焦透镜的图像拾取设备。变焦透镜从物体侧到像面侧依次包括：正的第一透镜单元；负的第二透镜单元；光阑；正的第三透镜单元；负的第四透镜单元；和正的第五透镜单元，其中：在变焦期间，第一透镜单元沿着朝向像面侧凸出的轨迹移动，第二透镜单元朝向像面侧移动，并且光阑移动；与广角端处相比，在望远端处在第一透镜单元与第二透镜单元之间的间隔增大，在第二透镜单元与第三透镜单元之间的间隔减小，并且在孔径光阑与第三透镜单元之间的间隔减小，适当地设置第四透镜单元的焦距、整个系统在望远端处的焦距和第一透镜单元的移动量。



1. 一种变焦透镜,从物体侧到像面侧依次包括:

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;

孔径光阑;

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;以及

具有正折光力的第五透镜单元,其中:

在从广角端到望远端的变焦期间,第一透镜单元沿着朝向像面侧凸出的轨迹移动,第二透镜单元朝向像面侧移动,并且孔径光阑移动;

与广角端处相比,在望远端处,在第一透镜单元与第二透镜单元之间的间隔增大,在第二透镜单元与第三透镜单元之间的间隔减小,并且在孔径光阑与第三透镜单元之间的间隔减小;以及

满足以下条件表达式:

$0.10 < |f_4/f_t| < 0.45$; 以及

$0.03 < m_{lmid}/|m_l| < 0.70$,

其中 f_4 表示第四透镜单元的焦距, f_t 表示在望远端处整个系统的焦距, m_l 表示在从广角端到望远端的变焦期间第一透镜单元在光轴方向上的移动量, 并且 m_{lmid} 表示从广角端到第一透镜单元位于最接近像面侧的位置时的变焦位置的、第一透镜单元在光轴方向上的移动量。

2. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜, 其中满足以下条件表达式:

$0.05 < (dspw-dspt)/d_{23w} < 0.40$,

其中 $dspw$ 和 $dspt$ 各自表示: 在广角端处在孔径光阑与第三透镜单元的最接近物体侧的透镜表面之间的间隔; 和在望远端处在孔径光阑与第三透镜单元的最接近物体侧的透镜表面之间的间隔, 并且 d_{23w} 表示在广角端处在第二透镜单元的最接近像面侧的透镜表面与第三透镜单元的最接近物体侧的透镜表面之间的间隔。

3. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜, 其中满足以下条件表达式:

$8.0 < f_1/f_w < 30.0$,

其中 f_1 表示第一透镜单元的焦距, 并且 f_w 表示在广角端处整个系统的焦距。

4. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜, 其中:

第一透镜单元包括一个或更多个正透镜; 并且

满足以下条件表达式:

$v_{d1p} > 65.0$; 和

$nd_{1p} > -0.0050 \cdot v_{d1p} + 1.885$,

其中 nd_{1p} 表示被布置为最接近物体侧的正透镜的材料的关于 d 线的折射率, 并且 v_{d1p} 表示所述材料的阿贝数。

5. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜, 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放大倍数和在望远端处的横向放大倍数, 并且 β_{3w} 和 β_{3t} 分别表示第三透镜单元在广角端处的横向放大倍数和在

望远端处的横向放大倍数。

6. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中满足以下条件表达式:

$$-12.0 < f_1/f_2 < -4.0,$$

其中 f_1 表示第一透镜单元的焦距,并且 f_2 表示第二透镜单元的焦距。

7. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中满足以下条件表达式:

$$2.0 < f_5/f_w < 15.0,$$

其中 f_5 表示第五透镜单元的焦距,并且 f_w 表示在广角端处整个系统的焦距。

8. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中满足以下条件表达式:

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

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放大倍数和在望远端处的横向放大倍数,并且 β_{3w} 和 β_{3t} 分别表示第三透镜单元在广角端处的横向放大倍数和在望远端处的横向放大倍数。

9. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中满足以下条件表达式:

$$-3.5 < m_1/m_2 < 0.0,$$

其中 m_2 表示第二透镜单元的从广角端到望远端的在光轴方向上的移动量。

10. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中满足以下条件表达式:

$$0.7 < BF_t/BF_w < 1.3,$$

其中 BF_w 和 BF_t 分别表示在广角端处的后焦距和在望远端处的后焦距。

11. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中第四透镜单元由一个透镜组件组成。

12. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜,其中第五透镜单元由一个透镜组件组成。

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

14. 一种图像拾取设备,包括:

根据权利要求 1 到 13 中任何一个所述的变焦透镜;以及
接收由变焦透镜形成的光图像的固态图像拾取元件。

变焦透镜和包括变焦透镜的图像拾取设备

技术领域

[0001] 本发明涉及变焦透镜和包括变焦透镜的图像拾取设备,其特别适合于使用固态图像拾取元件的图像拾取设备(例如摄像机、电子静态照相机、广播照相机或监视器照相机)或者例如卤化银胶片照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(例如摄像机、数字静态照相机、广播照相机或监视器照相机)以及卤化银胶片照相机具有高性能,并且整个设备尺寸缩小。因而,要求用于图像拾取设备的摄影光学系统为具有短的总透镜长度、紧凑尺寸和高变焦比的高分辨率的变焦透镜。作为满足要求的变焦透镜之一,已知存在一种所谓的后对焦(rear focus)类型变焦透镜,其通过移动除物体侧的第一透镜单元以外的透镜单元来执行聚焦。

[0003] 通常,与通过移动第一透镜单元执行聚焦的其它类型变焦透镜相比,后对焦类型变焦透镜的第一透镜单元的有效直径更小,从而容易实现整个透镜系统的小尺寸。另外,近距离拍摄、特别是超级近距离拍摄变得容易。此外,由于移动小的和轻的透镜单元,因此透镜单元的小的驱动力足以使得可以实现快速聚焦。作为后对焦类型变焦透镜,已知存在一种变焦透镜,其从物体侧到像侧依次包括: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和后续的一个或更多个透镜单元。在它们之中,已知存在一种包括五个透镜单元的五单元变焦透镜,其从物体侧到像侧依次具有: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,已知存在一种包括六个透镜单元的六单元变焦透镜,其从物体侧到像侧依次具有: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, 124, 972)。

[0004] 通常,为了获得在具有预定变焦比的同时具有尺寸缩小的整个系统的变焦透镜,构成变焦透镜的每个透镜单元的折光力(光焦度=焦距的倒数)需要被增强以便减少透镜的数量。然而,这种变焦透镜具有很多伴随变焦的像差变化,并且难以在整个变焦范围之上获得高光学性能。另外,如果为了实现高变焦比而增大用于变焦的透镜单元的移动量,则总透镜长度和前透镜有效直径增大,并且难以在整个变焦范围之上获得高光学性能。

[0005] 为了在上述五单元变焦透镜或六单元变焦透镜中获得良好的光学性能的同时实现高变焦比并且使整个透镜系统的尺寸缩小,重要的是适当地设置每个透镜单元的折光力和在变焦期间每个透镜单元的移动条件。特别地,重要的是适当地设置第四透镜单元的折光力和在变焦期间第一透镜单元的移动条件。除非适当地设置那些结构,否则难以获得具有小的整个系统、广场角、高变焦比和高光学性能的变焦透镜。

发明内容

[0006] 根据本发明的变焦透镜从物体侧到像面侧依次包括: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;孔径光阑;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；以及具有正折光力的第五透镜单元，其中：在从广角端到望远端的变焦期间，第一透镜单元沿着朝向像面侧凸出的轨迹移动，第二透镜单元朝向像面侧移动，并且孔径光阑移动；与广角端处相比，在望远端处，在第一透镜单元与第二透镜单元之间的间隔增大，在第二透镜单元与第三透镜单元之间的间隔减小，并且在孔径光阑与第三透镜单元之间的间隔减小；并且满足以下条件表达式：

[0007] $0.10 < |f_4/f_t| < 0.45$ ；以及

[0008] $0.03 < m_{lmid}/|m_l| < 0.70$ ，

[0009] 其中 f_4 表示第四透镜单元的焦距， f_t 表示在望远端处整个系统的焦距， m_l 表示在从广角端到望远端的变焦期间第一透镜单元在光轴方向上的移动量，并且 m_{lmid} 表示从广角端到第一透镜单元位于最接近像面侧的位置时的变焦位置的、第一透镜单元在光轴方向上的移动量。

[0010] 根据本发明，可以获得具有小的整个光学系统、广场角、高变焦比以及整个变焦范围之上的高光学性能的变焦透镜。

[0011] 从以下参考附图的示例性实施例的描述中本发明更多的特征将变得清晰。

附图说明

[0012] 图 1 示出透镜截面，并且 (A)、(B)、(C) 和 (D) 分别表示根据本发明第一实施例的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的状态。

[0013] 图 2A、图 2B、图 2C 和图 2D 是根据本发明第一实施例的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的像差图。

[0014] 图 3 示出透镜截面，并且 (A)、(B)、(C) 和 (D) 分别表示根据本发明第二实施例的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的状态。

[0015] 图 4A、图 4B、图 4C 和图 4D 是根据本发明第二实施例的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的像差图。

[0016] 图 5 示出透镜截面，并且 (A)、(B)、(C) 和 (D) 分别表示根据本发明第三实施例的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的状态。

[0017] 图 6A、图 6B、图 6C 和图 6D 是根据本发明第三实施例的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的像差图。

[0018] 图 7 示出透镜截面，并且 (A)、(B)、(C) 和 (D) 分别表示根据本发明第四实施例的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的状态。

[0019] 图 8A、图 8B、图 8C 和图 8D 是根据本发明第四实施例的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的像差图。

[0020] 图 9 示出透镜截面，并且 (A)、(B)、(C) 和 (D) 分别表示根据本发明第五实施例的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的状态。

[0021] 图 10A、图 10B、图 10C 和图 10D 是根据本发明第五实施例的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的像差图。

[0022] 图 11 示出透镜截面，并且 (A)、(B)、(C) 和 (D) 分别表示根据本发明第六实施例的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的状态。

[0023] 图 12A、图 12B、图 12C 和图 12D 是根据本发明第六实施例的分别在广角端处、第一

中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的像差图。

[0024] 图 13 是示出在本发明的变焦透镜被应用于数字照相机时的主要部分的示意图。

具体实施方式

[0025] 现在将根据附图详细描述本发明的优选实施例。

[0026] 在下文中,描述根据本发明的变焦透镜和包括根据本发明的变焦透镜的图像拾取设备。根据本发明的变焦透镜至少包括五个透镜单元,其从物体侧到像侧依次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、孔径光阑、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。还存在其中将具有正折光力或负折光力的第六透镜单元布置在第五透镜单元的像侧的情况。在变焦期间至少移动第一透镜单元和第二透镜单元。

[0027] 具体地说,在从广角端到望远端的变焦期间,第一透镜单元沿着朝向像面侧凸出的轨迹移动,使得与广角端相比在望远端处在第一透镜单元和第二透镜单元之间的间隔增大而在第二透镜单元和第三透镜单元之间的间隔减小。另外,第二透镜单元向像面侧移动。孔径光阑移动使得第三透镜单元的间隔改变。如果将第六透镜单元布置在第五透镜单元的像侧,则不为了变焦而移动第六透镜单元,但是可以在必要时为了像差校正而移动第六透镜单元。

[0028] 图 1 中的 (A)-(D) 示出根据本发明第一实施例的变焦透镜的分别在广角端(短焦距端)处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端(长焦距端)处的透镜截面。图 2A、图 2B、图 2C 和图 2D 是根据第一实施例的变焦透镜的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的像差图。图 3 中的 (A)、(B)、(C) 和 (D) 示出根据本发明第二实施例的变焦透镜的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的透镜截面。图 4A、图 4B、图 4C 和图 4D 是根据第二实施例的变焦透镜的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的像差图。图 5 中的 (A)-(D) 示出根据本发明第三实施例的变焦透镜的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的透镜截面。

[0029] 图 6A、图 6B、图 6C 和图 6D 是根据第三实施例的变焦透镜的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的像差图。图 7 中的 (A)-(D) 示出根据本发明第四实施例的变焦透镜的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的透镜截面。图 8A、图 8B、图 8C 和图 8D 是根据第四实施例的变焦透镜的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的像差图。图 9 中的 (A)-(D) 示出根据本发明第五实施例的变焦透镜的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的透镜截面。图 10A、图 10B、图 10C 和图 10D 是根据第五实施例的变焦透镜的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的像差图。图 11 中的 (A)-(D) 示出根据本发明第六实施例的变焦透镜的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的透镜截面。图 12A、图 12B、图 12C 和图 12D 是根据第六实施例的变焦透镜的分别在广角端处、第一中间变焦位置处、第二中间变焦位置处和望远端处的像差图。

[0030] 图 13 是示出包括本发明的变焦透镜的照相机(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是用于图像拾取设备（例如摄像机、数字照相机和卤化银胶片照相机）的拍摄透镜系统。在透镜截面中，左侧对应于被摄体侧（物体侧）（前侧），而右侧对应于像侧（后侧）。在透镜截面中， i 表示从物体侧开始的透镜单元的次序，并且 L_i 表示第 i 个透镜单元。

[0031] 在图 1、图 5、图 7 和图 9 中分别示出的第一实施例、第三实施例、第四实施例和第五实施例的透镜截面中，变焦透镜包括具有正折光力的第一透镜单元 L_1 、具有负折光力的第二透镜单元 L_2 、具有正折光力的第三透镜单元 L_3 、具有负折光力的第四透镜单元 L_4 和具有正折光力的第五透镜单元 L_5 。那些实施例中的每一个实施例描述正引导 (positive-lead) 类型的五单元变焦透镜。

[0032] 在图 3 中示出的第二实施例的透镜截面中，变焦透镜包括具有正折光力的第一透镜单元 L_1 、具有负折光力的第二透镜单元 L_2 、具有正折光力的第三透镜单元 L_3 、具有负折光力的第四透镜单元 L_4 、具有正折光力的第五透镜单元 L_5 和具有正折光力的第六透镜单元 L_6 。第二实施例描述正引导类型的六单元变焦透镜。在图 11 中示出的第六实施例的透镜截面中，变焦透镜包括具有正折光力的第一透镜单元 L_1 、具有负折光力的第二透镜单元 L_2 、具有正折光力的第三透镜单元 L_3 、具有负折光力的第四透镜单元 L_4 、具有正折光力的第五透镜单元 L_5 和具有负折光力的第六透镜单元 L_6 。第六实施例描述正引导类型的六单元变焦透镜。

[0033] 在每个实施例中，孔径光阑 SP 被布置在第三透镜单元 L_3 的物体侧。光学块 G 对应于滤光器、面板 (face plate)、晶体低通滤波器、红外截止滤波器等。当变焦透镜被用作摄像机或数字静态照相机的摄影光学系统时，布置与固态图像拾取元件（光电变换器元件）（例如电荷耦合器件 (CCD) 传感器或互补金属氧化物半导体 (CMOS) 传感器）的成像平面对应的感光表面作为像面 IP。可替代地，当变焦透镜用于卤化银胶片照相机时布置与胶片表面对应的感光表面。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 分别表示子午像面和弧矢像面。横向色差由 g 线、 C 线和 F 线表示。符号 ω 表示半场角（成像场的角度的半值），并且 F_{no} 表示 F 数。此外，在如下所述的每个实施例中，广角端和望远端指的是在用于变焦的透镜单元位于沿光轴的机械可移动范围的每一端处时的变焦位置。在每个实施例中，箭头指出在从广角端到望远端的变焦期间或在聚焦期间的移动轨迹。

[0034] 在每个实施例中，在变焦期间至少移动第一透镜单元 L_1 和第二透镜单元 L_2 。在该情况下，与广角端相比在望远端处在第一透镜单元 L_1 和第二透镜单元 L_2 之间的间隔增大，使得第二透镜单元 L_2 的变焦比增大。在第二透镜单元 L_2 和第三透镜单元 L_3 之间的间隔减小，使得第三透镜单元 L_3 具有用于减少由变焦而引起的球面像差和像场弯曲的变化的变焦效果。具体地说，在从广角端到望远端的变焦期间第一透镜单元 L_1 沿着如箭头所示出的朝向像侧凸出的轨迹移动。

[0035] 这里，第一透镜单元 L_1 位于变焦期间最接近像面侧的位置时的变焦位置是第一中间变焦位置。由 f_w 和 f_t 分别表示在广角端处和在望远端处整个系统的焦距。在该情况下，当由 f_{m2} 表示整个系统的焦距时，满足以下公式的焦距 f_{m2} 的变焦位置是第二中间变焦位置。

[0036]
$$f_{m2} = (f_w \cdot f_t)^{1/2} \dots (A)$$

[0037] 与广角端处相比在望远端处第二透镜单元 L_2 向像面侧移动。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。第三透镜单元 L3 向物体侧移动或者不移动。第四透镜单元 L4 向物体侧或向像 面侧单调地移动,或者不移动。

[0038] 第五透镜单元 L5 以非直线的方式移动,从而校正由变焦引起的像面变化。另外,采用后对焦类型,在其中在光轴上移动第五透镜单元 L5 以用于聚焦。在望远端处从无限远处的物体到近距离处的物体的聚焦中,如每个透镜截面中的箭头 5c 所示的,将第五透镜单元 L5 带向前侧。与第五透镜单元 L5 有关的实线曲线 5a 和虚线曲线 5b 分别表示用于校正正在聚焦无限远处的物体或近距离处的物体时由从广角端到望远端的变焦引起的像面变化的移动轨迹。请注意,可以通过移动第四透镜单元 L4 来执行聚焦。

[0039] 在图 3 和图 11 示出的第二实施例和第六实施例中,不为了变焦而移动第六透镜单元 L6。为了获得五单元变焦透镜中的高变焦比,更好的是设置具有大的变焦作用的第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 的在变焦期间的大的移动量。然而,利用该方法,在广角端处在第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 之间的间隔增大。因此,如果使孔径光阑 SP 与第三透镜单元 L3 成一体,则在广角端处在第一透镜(第一透镜单元 L1)和孔径光阑 SP 之间的间隔增大,并且因此构成第一透镜单元 L1 的透镜变大。为了避免这个,与其它透镜单元独立地移动孔径光阑 SP,使得与广角端处相比在望远端处在孔径光阑 SP 和第三透镜单元 L3 之间的间隔变小。由于在从广角端到中间变焦范围的范围中孔径光阑 SP 被布置为具有比第三透镜单元 L3 更接近物体侧的间隔,因此与将孔径光阑 SP 布置在第三透镜单元 L3 附近使得它们一体地移动的情况相比,入射光瞳距离减小。因此,可以减小经过第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 的离轴光束的入射高度。因此,可以获得构成透镜单元的透镜的厚度和有效直径减小的效果。另外,如果与第三透镜单元 L3 一体地移动孔径光阑 SP,则在从广角端到中间变焦范围的范围中为了确保在屏幕的周边上足够的光量,在屏幕的周边上周边光量被急剧地减少。

[0040] 另一方面,如果在从广角端到中间变焦范围的范围中将孔径光阑 SP 从第三透镜单元 L3 向物体侧移动适当的量,则由于轴向光束发散 而可以减小孔径光阑直径。通过减小孔径光阑直径并且通过将孔径光阑 SP 布置在物体侧,可以截去以周边的场角到达低图像高度的离轴光束的一部分。因此,在屏幕的周边上的光量的减少可以是平缓的,并且因此周边光量的减少不显著。另外,由于在中间变焦范围中孔径光阑被布置为比第三透镜单元 L3 更接近物体侧,因此可以截去离轴光束的闪光(flare)组分。请注意,在每个变焦位置处孔径光阑直径可以是固定的或可变的。优选的是孔径光阑直径是固定的,因为孔径光阑 SP 的控制变得容易。

[0041] 另一方面,孔径光阑直径可以是可变的,从而在从中间变焦范围到望远端的范围中减小孔径光阑直径。根据该配置,可以在从中间变焦范围到望远端的范围中截去离轴光束的闪光组分并且可以减小离轴光束经过的前透镜上的高度,并且因此可以减小前透镜有效直径。在每个实施例中,如上所述地移动孔径光阑 SP,从而在接近广角端的变焦位置处减小距离经过前透镜的周边光束的光轴的高度。结果,由在第一中间变焦位置处周边光束的入射高度确定前透镜有效直径。为了实现前透镜有效直径的进一步减小,优选的是减小在第一中间变焦位置处经过前透镜的光束的入射高度。因此,优选的是在变焦期间第一透镜单元 L1 沿着朝向像面侧凸出的轨迹移动,从而在第一中间变焦位置处更接近孔径光阑 SP。请注意,将第一透镜单元 L1 朝向像面侧移动到第一中间变焦位置并且随后在望远端处从

第一中间变焦位置朝向物体侧移动的方法可以给予第二透镜单元 L2 足够的变焦比。上述描述是在每个实施例中用于实现高变焦比和小的前透镜有效直径的在变焦期间的孔径光阑和透镜单元的移动轨迹的条件。

[0042] 接下来,描述被布置为比孔径光阑 SP 更接近像面侧的第四透镜单元 L4 的负折光力。由于具有负折光力的透镜单元被布置为比孔径光阑 SP 更接近像面侧,因此与包括正透镜、负透镜、正透镜和正透镜的四单元结构的变焦透镜相比,前透镜有效直径可以减小,这对于实现广场角是有利的。理由被描述如下。离轴光束在相对于孔径光阑 SP 的物体侧和像面侧之间具有相对于光轴反转的光束高度。离轴光束在经过被布置为比孔径光阑 SP 更接近像面侧的具有负折光力的透镜单元时受发散作用的影响,但是比其处光束入射高度被反转的孔径光阑 SP 更接近物体侧的离轴光束受会聚作用的影响。因此,在其中具有负折光力的第四透镜单元 L4 被布置为比孔径光阑 SP 更接近像面侧的结构可以进一步减小经过前透镜的离轴光束的入射高度。另外,由于第四透镜单元 L4 可以分担变焦比,因此与包括正透镜、负透镜、正透镜和正透镜的四单元结构的变焦透镜相比,该结构还对于实现变焦透镜的高变焦比是有利的。在每个实施例中,如上所述,设置在变焦期间第一透镜单元 L1 和孔径光阑 SP 的移动轨迹,并且适当地设置被布置为比孔径光阑 SP 更接近像面侧的第四透镜单元 L4 的负折光力,从而实现高变焦比和前透镜有效直径的减小。

[0043] 在每个实施例中,第四透镜单元 L4 的焦距由 f_4 表示,并且整个系统在望远端处的焦距由 f_t 表示。相对于广角端在望远端处第一透镜单元 L1 在光轴方向上的移动量由 m_1 表示,并且从广角端到第一透镜单元 L1 位于最接近像面侧的位置时的变焦位置的、第一透镜单元 L1 在光轴方向上的移动量由 m_{mid} 表示。因而,满足以下条件表达式。

$$[0044] \quad 0.10 < |f_4/f_t| < 0.45 \quad \dots (1)$$

$$[0045] \quad 0.03 < m_{\text{mid}}/|m_1| < 0.70 \quad \dots (2)$$

[0046] 移动量 m_1 是第一透镜单元 L1 在广角端处的位置与在望远端处的位置之间的差,并且移动量 m_{mid} 是第一透镜单元 L1 在广角端处的位置与在第一中间变焦位置处的位置之间的差。另外,如果透镜单元在望远端和第一中间变焦位置中的每一个处的位置与在广角端处的位置相比更接近像面侧,则移动量的符号被设为正的。

[0047] 接下来,描述条件表达式 (1) 和 (2) 的技术意义。条件表达式 (1) 限定第四透镜单元 L4 的折光力。如果第四透镜单元 L4 的折光力变得太小以致超过条件表达式 (1) 的上限值,则施加到孔径光阑 SP 的像面侧的离轴光束的发散作用变得太小。结果,经过前透镜(第一透镜单元 L1)的离轴光束的入射高度变大,并且因此变得难以实现前透镜有效直径的减小。另外,第四透镜单元 L4 的变焦的分担变得太小,并且因此变得难以实现高变焦比。如果第四透镜单元 L4 的折光力变得太大以致低于条件表达式 (1) 的下限值,则施加到离轴光束的第四透镜单元 L4 的发散作用变得太大,并且产生的像场弯曲或横向色差变得太大,并且因此变得难以由其它透镜单元校正所产生的像场弯曲或横向色差。

[0048] 条件表达式 (2) 限定伴随变焦的第一透镜单元 L1 的移动轨迹。第一透镜单元 L1 沿着朝向像面侧凸出的轨迹移动,并且因此在从广角端到第一中间变焦位置附近的范围中入射光瞳距离减小。因此,实现小的前透镜有效直径。如果第一透镜单元 L1 在第一中间变焦位置处的移动量变得太大以致超过条件表达式 (2) 的上限值,则在作为移动轨迹的拐点的第一中间变焦位置附近的像场弯曲的变化变得太大,并且因此变得难以由其它透镜单元

校正该拐点。相反,如果第一透镜单元 L1 向像面侧的移动量变得太小以致低于条件表达式 (2) 的下限值,则在第一中间变焦位置附近经过前透镜的离轴光束的入射高度增大,并且因此前透镜有效直径不适当地增大。更优选的是如下设置条件表达式 (1) 和 (2) 的数值范围。

$$[0049] \quad 0.12 < |f4/ft| < 0.42 \quad \dots (1a)$$

$$[0050] \quad 0.08 < m1mid/|m1| < 0.65 \quad \dots (2a)$$

[0051] 另外,更优选的是设置条件表达式 (1a) 和 (2a) 的数值范围。

$$[0052] \quad 0.13 < |f4/ft| < 0.40 \quad \dots (1b)$$

$$[0053] \quad 0.12 < m1mid/|m1| < 0.60 \quad \dots (2b)$$

[0054] 利用上述结构,可以获得具有小的前透镜有效直径、广场角、高变焦比以及在整个变焦范围之上充分校正包括轴上色差、横向色差、球面像差和像场弯曲的各种像差的高光学性能的变焦透镜。

[0055] 在每个实施例中,更优选的是满足以下条件中的一个或多个。由 dspw 和 dspt 分别表示在广角端处和在望远端处在孔径光阑 SP 与第三透镜单元 L3 的最接近物体侧的透镜表面之间的间隔。由 d23w 表示在广角端处在第二透镜单元 L2 的最接近像面侧的透镜表面与第三透镜单元 L3 的最接近物体侧的透镜表面之间的间隔。第一透镜单元 L1、第二透镜单元 L2 和第五透镜单元 L5 的焦距分别由 f1、f2 和 f5 表示。整个系统在广角端处的焦距由 fw 表示。第一透镜单元 L1 包括一个或多个正透镜。在正透镜之中被布置为最接近物体侧的正透镜的材料的关于 d 线的折射率由 nd1p 表示,并且该材料的阿贝数由 vd1p 表示。

[0056] 第二透镜单元 L2 在广角端处的横向放大倍数和在望远端处的横向放大倍数分别由 $\beta 2w$ 和 $\beta 2t$ 表示。第三透镜单元 L3 在广角端处的横向放大倍数和在望远端处的横向放大倍数分别由 $\beta 3w$ 和 $\beta 3t$ 表示。第二透镜单元 L2 的从广角端到望远端的在光轴方向上的移动量由 m2 表示。在广角端处的后焦距(back focus)和在望远端处的后焦距分别由 BFw 和 BFt 表示。在该情况下,优选的是满足以下条件表达式中的一个或多个。

$$[0057] \quad 0.05 < (dspw-dspt)/d23w < 0.40 \quad \dots (3)$$

$$[0058] \quad 8.0 < f1/fw < 30.0 \quad \dots (4)$$

$$[0059] \quad vd1p > 65.0 \quad \dots (5)$$

$$[0060] \quad nd1p > -0.0050 \cdot vd1p + 1.885 \quad \dots (6)$$

$$[0061] \quad 1.5 < (\beta 2t/\beta 2w)/(\beta 3t/\beta 3w) < 5.0 \quad \dots (7)$$

$$[0062] \quad -12.0 < f1/t2 < -4.0 \quad \dots (8)$$

$$[0063] \quad 2.0 < f5/fw < 15.0 \quad \dots (9)$$

$$[0064] \quad 10 < (\beta 2t \cdot \beta 3t)/(\beta 2w \cdot \beta 3w) < 40 \quad \dots (10)$$

$$[0065] \quad -3.5 < m1/m2 < 0.0 \quad \dots (11)$$

$$[0066] \quad 0.7 < BFt/BFw < 1.3 \quad \dots (12)$$

[0067] 请注意,后焦距被定义为在透镜最后表面和旁轴图像表面之间的距离的空气换算值 (air-converted value)。另外,移动量 m2 是第二透镜单元 L2 在广角端处的位置与在望远端处的位置之间的差。另外,当相对于广角端在望远端处透镜更接近像面侧时,移动量 m2 的符号被认为是正的。

[0068] 接下来,描述上述条件表达式的技术意义。条件表达式 (3) 限定孔径光阑 SP 的伴随变焦的移动。如果在广角端处孔径光阑 SP 与第三透镜单元 L3 之间的间隔变得太大以致超过条件表达式 (3) 的上限值,则在广角端处经过第三透镜单元 L3 的轴上光束的入射高度变得太大。结果,构成第三透镜单元 L3 的透镜的有效直径不适当地变得太大。另外,构成第三透镜单元 L3 的正透镜的中心厚度增大,并且整个第三透镜单元 L3 在光轴方向上的厚度增大,并且因此总透镜长度增大。相反,如果在广角端处在孔径光阑 SP 与第三透镜单元 L3 之间的间隔变得太小以致低于条件表达式 (3) 的下限值,则在从广角端到中间变焦范围的范围中入射光瞳距离变得太大,并且因此前透镜有效直径增大。

[0069] 条件表达式 (4) 限定第一透镜单元 L1 的折光力。如果第一透镜单元 L1 的折光力变得太小以致超过条件表达式 (4) 的上限值,则为了在广角端处实现具有大约 35 度或更大的成像半场角的广场角,第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 的折光力变得太大。结果,变得难以充分地校正正在变焦期间的在屏幕周边上的图像表面变化和闪光。另外,在变焦期间第一透镜单元 L1 的移动量增大,并且因此总透镜长度和前透镜有效直径增大。相反,如果第一透镜单元 L1 的折光力变得太大以致低于条件表达式 (4) 的下限值,则在其中第一透镜单元 L1 上的离轴光束的入射高度较大的广角端处产生很多横向色差,并且因此变得难以由其它透镜单元校正横向色差。

[0070] 条件表达式 (5) 和 (6) 限定被包括在第一透镜单元 L1 中的并且被布置为最接近物体侧的正透镜 G1p 的材料。如果正透镜 G1p 的材料的阿贝数 v_{d1p} 变得太小以致低于条件表达式 (5) 的右侧的值,则变得难以校正第一透镜单元 L1 中产生的二级光谱。特别地,在望远端处轴上色差和横向色差的二级光谱增大。结果,特别是在望远端处所拍摄图像的被摄体的轮廓上的颜色污染 (color stain) 增大,并且分辨率减小,因此变得难以获得高光学性能。另外,如果正透镜 G1p 的材料的折射率变得太小以致低于由条件表达式 (6) 的右侧限定的值,则正透镜 G1p 的透镜表面的曲率变大 (陡峭)。因此,产生很多球面像差,并且因此变得难以由其它透镜校正球面像差。

[0071] 条件表达式 (7) 限定在第二透镜单元 L2 的变焦比与第三透镜单元 L3 的变焦比之间的比。如果第二透镜单元 L2 的变焦比变得太大以致超过条件表达式 (7) 的上限值,则伴随变焦在第二透镜单元 L2 中产生的例如横向色差和像场弯曲的各种像差变化变得太大,并且因此变得难以由其它透镜校正像差变化。相反,如果第三透镜单元 L3 的变焦比变得太大以致低于条件表达式 (7) 的下限值,则伴随变焦的在第三透镜单元 L3 中产生的球面像差变得太大,因此变得难以由其它透镜单元校正球面像差。

[0072] 条件表达式 (8) 限定在第一透镜单元 L1 的折光力与第二透镜单元 L2 的折光力之间的比。如果第二透镜单元 L2 的折光力变得太小以致超过条件表达式 (8) 的上限值,则用于确保为第二透镜单元 L2 所需的变焦比的移动量增大,并且因此总透镜长度和前透镜有效直径增大。相反,如果第二透镜单元 L2 的折光力变得太大以致低于条件表达式 (8) 的下限值,则由第二透镜单元 L2 产生很多横向色差或像场弯曲,并且伴随变焦的变化变得太大,并且因此变得难以由其它透镜单元对其进行校正。

[0073] 条件表达式 (9) 限定第五透镜单元 L5 的折光力。如果第五透镜单元 L5 的折光力变得太小以致超过条件表达式 (9) 的上限值,则在接近望远端的变焦位置处用于伴随变焦的像面变化的校正能力变得不足。结果,第五透镜单元 L5 在变焦期间的移动量变得太大使

得总透镜长度增大。另外,在接近望远端的变焦位置处,第五透镜单元 L5 伴随聚焦的移动量变得太大以致不能设定到近距离处的物体的距离。另一方面,如果第五透镜单元 L5 的折光力变得太大以致低于条件表达式 (9) 的下限值,则伴随聚焦的例如轴上色差、横向色差和像场弯曲的像差的变化变得太大,并且因此在近距离处的物体的光学性能恶化。

[0074] 条件表达式 (10) 限定第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 的变焦比。如果第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 的变焦比变得太大 以致超过条件表达式 (10) 的上限值,则伴随变焦的横向色差、球面像差和像场弯曲的变化变得太大,并且因此变得难以由其它透镜单元校正该变化。如果第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 的变焦比变得太小以致低于条件表达式 (10) 的下限值,则变得难以获得高变焦比。

[0075] 条件表达式 (11) 限定第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 在变焦期间的移动量。如果与广角端处相比在望远端处第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 向同一方向的位置移动以致超过条件表达式 (11) 的上限值,则变得难以由第二透镜单元 L2 获得足够的变焦比,并且因此变得难以获得高变焦比。另外,相反,如果第一透镜单元 L1 的移动量变得太大以致低于条件表达式 (11) 的下限值,则总透镜长度增大,并且在接近望远端的变焦位置处经过第一透镜单元 L1 的离轴光束的入射高度增大,并且因此前透镜有效直径增大。

[0076] 条件表达式 (12) 限定在广角端处的后焦距和在望远端处的后焦距之间的比。如果在望远端处后焦距变得太长以致超过条件表达式 (12) 的上限值,则在望远端处的总透镜长度增大。如果在望远端处后焦距变得太短以致低于条件表达式 (12) 的下限值,则变得难以吸收由透镜的制造误差引起的后焦距的变化,并且因此变得难以确保对无限远距离物体的聚焦。请注意,优选的是如下设置条件表达式 (3)-(5) 和 (7)-(12) 中的数值范围。

[0077] $0.07 < (\text{dspw}-\text{dspt})/\text{d23w} < 0.35 \dots (3a)$

[0078] $9.0 < \text{f1}/\text{fw} < 25.0 \dots (4a)$

[0079] $\text{vd1p} > 66.5 \dots (5a)$

[0080] $1.8 < (\beta 2t/\beta 2w)/(\beta 3t/\beta 3w) < 4.0 \dots (7a)$

[0081] $-10.0 < \text{f1}/\text{t2} < -5.0 \dots (8a)$

[0082] $2.5 < \text{f5}/\text{fw} < 13.0 \dots (9a)$

[0083] $12 < (\beta 2t \cdot \beta 3t)/(\beta 2w \cdot \beta 3w) < 33 \dots (10a)$

[0084] $-3.0 < \text{m1}/\text{m2} < -0.2 \dots (11a)$

[0085] $0.8 < \text{BFt}/\text{BFw} < 1.2 \dots (12a)$

[0086] 另外,更优选的是如下设置条件表达式 (3a)-(5a) 和 (7a)-(12a) 中的 数值范围以便使由每个条件表达式获得的效果最大化。

[0087] $0.08 < (\text{dspw}-\text{dspt})/\text{d23w} < 0.30 \dots (3b)$

[0088] $10.0 < \text{f1}/\text{fw} < 22.0 \dots (4b)$

[0089] $\text{vd1p} > 68.0 \dots (5b)$

[0090] $2.0 < (\beta 2t/\beta 2w)/(\beta 3t/\beta 3w) < 3.2 \dots (7b)$

[0091] $-9.0 < \text{f1}/\text{f2} < -6.0 \dots (8b)$

[0092] $3.0 < \text{f5}/\text{fw} < 12.0 \dots (9b)$

[0093] $15 < (\beta 2t \cdot \beta 3t)/(\beta 2w \cdot \beta 3w) < 28 \dots (10b)$

[0094] $-2.5 < \text{m1}/\text{m2} < -0.3 \dots (11b)$

[0095] $0.90 < \text{BFt}/\text{BFw} < 1.15 \dots (12b)$

[0096] 在每个实施例中,优选的是由一个透镜组件构成第四透镜单元 L4。

[0097] 该一个透镜组件有助于减小总透镜长度,并且可以减少第四透镜单元 L4 的重量,这对于在变焦期间驱动是有利的。一个透镜组件可以由单透镜或包括一个或更多个正透镜和负透镜的胶合透镜构成。胶合透镜可以有助于在实现变焦透镜的广角端时适当校正广角端处的横向色差。与第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 的移动量相比,第四透镜单元 L4 在变焦期间的移动量不大,但是分担变焦比从而有助于实现高变焦比。优选的是由一个透镜组件构成第五透镜单元 L5。移动第五透镜单元 L5 以用于伴随变焦的图像表面校正和用于聚焦。因此,移动量较大,并且其频率较高。为此,优选的是由一个透镜组件构成第五透镜单元 L5,从而实现用于减少驱动力矩的轻重量。

[0098] 在每个实施例中,利用上述结构,实现广角端处的 32 度或更大的成像半场角和 20 或更大的变焦比。请注意,可以移动整个第三透镜单元 L3 或第三透镜单元 L3 的一部分以及第四透镜单元 L4 使得具有在与光轴垂直的方向上的分量,用于校正所拍摄图像的模糊。孔径光阑 SP 的开口直径在变焦期间可以是恒定的或可变的。如果孔径光阑 SP 的开口直径是恒定的,则孔径光阑直径的控制可以被简化。另一方面,如果在任何变焦位置处球面像差或闪光较大,则在孔径光阑 SP 的开口直径被控制为在变焦位置处较小时,可以截去不必要的光从而改善光学特性。如上所述,根据每个实施例,可以获得具有小的前透镜有效直径、小的总透镜长度、广角角和高变焦比的变焦透镜。接下来,描述各个实施例的透镜结构。

[0099] 第一实施例

[0100] 在下文中,参考图 1 中的 (A)-(D),描述本发明的第一实施例的变焦透镜。第一实施例的变焦透镜从物体侧到像侧依次包括: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、光阑(孔径光阑)SP、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。在第一实施例中,移动每个透镜单元以用于变焦。在该情况下,与在广角端处相比,在望远端处在第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 之间的间隔变得更大,以便增大第二透镜单元 L2 的变焦比。然后,移动每个透镜单元,使得在第二透镜单元 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 具有变焦效果,并且因此可以有效地抑制伴随变焦的像场弯曲和球面像差的变化。

[0101] 第一透镜单元 L1 由胶合有正透镜 G12 和在物体侧具有凸表面的弯月形状的负透镜 G11 的胶合透镜、以及在物体侧具有凸表面的弯月形状的正透镜 G13 构成。第一透镜单元 L1 由三个透镜构成,并且因此在可以适当地校正例如球面像差、轴上色差和横向色差的像差的同时获得高变焦比。第二透镜单元 L2 由三个透镜构成,其从物体侧到像侧依次包括在物体侧具有凸表面的弯月形状的负透镜、具有朝向像面侧的凹表面的负透镜和具有朝向物体侧的凸表面的正透镜,以便由此抑制伴随变焦的各种像差变化。第三透镜单元 L3 由具有朝向物体侧的凸表面的正透镜、具有朝向像面侧的凹表面的负透镜和具有朝向像面侧的凸表面的正透镜构成。利用第三透镜单元 L3 的该配置,第三透镜单元 L3 的物体侧主点可以被布置在第三透镜单元 L3 中的最接近物体侧的透镜表面的附近,这对于减小前透镜直径是有利的。在第一实施例中,利用上述配置,实现广角端处的 $\omega = 37.9$ 度的成像半场角和 26.8 的变焦比。

[0102] 第二实施例

[0103] 参考图 3 中的 (A)-(D), 描述本发明的第二实施例的变焦透镜。该变焦透镜从物体侧到像侧依次包括: 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。在第二实施例中, 移动第一透镜单元 L1 到第五透镜单元 L5 以用于变焦。在第二实施例中, 实现广角端处的 $\omega = 44.9$ 度的半场角和大约 30 的变焦系数 (zoom factor)。与第一实施例相比, 添加了一个透镜单元以成为六单元结构, 并且因此有助于更高的像差校正。不为了变焦而移动第六透镜单元 L6, 并且将第六透镜单元 L6 布置在接近图像表面的位置处。就在成像设备 (固态图像拾取元件) 的前方固定第六透镜单元 L6 是足够的, 并且因此可以在不使第一实施例的透镜镜筒结构如此复杂的情况下实现本实施例的变焦透镜。由于使构成第六透镜单元 L6 的正透镜的物体侧表面具有非球面形状, 因此适当地校正像场弯曲。非球面形状可以被应用于像侧表面从而获得相同的效果。

[0104] 为了实现广角端处的半场角和高变焦比, 经过第二透镜单元 L2 的周边光束的入射角和入射高度在广角端处与望远端处之间大大地不同。因此, 由变焦引起的在这些透镜单元中产生的像场弯曲和横向色差的变化 (变焦变化) 导致问题。因此, 第二透镜单元 L2 由四个透镜构成, 使得伴随变焦的各种像差的变焦变化被抑制为是小的, 并且使透镜的一个表面具有非球面形状。因此, 特别地, 适当地校正在广角端处产生的在过方向 (over direction) 上的像场弯曲。透镜单元的其它透镜结构与第一实施例的相同。

[0105] 第三实施例

[0106] 参考图 5 中的 (A)-(D), 描述本发明的第三实施例的变焦透镜。透镜结构是与第一实施例相同的五单元结构。移动第一透镜单元 L1 到第五透镜单元 L5 以用于变焦。为了在第三实施例中实现广角端处的 $\omega = 45.7$ 度的成像半场角和大约 30 的变焦系数, 第四透镜单元 L4 由包括正透镜和负透镜的胶合透镜 (透镜组件) 构成。因此, 适当地校正伴随变焦的像场弯曲和横向色差的变化。另外, 为了增大在广角端处的成像场角, 必须增大第二透镜单元 L2 的折光力。伴随此, 在广角端处在第二透镜单元 L2 中产生在过方向上的大的像场弯曲。因此, 使第二透镜单元 L2 的位于最接近物体侧的位置处的透镜的像面侧的表面具有非球面形状, 在其中在透镜表面附近局部的曲率半径增大 (即, 焦度变弱)。因此, 在广角端处校正像场弯曲, 使得适当地保持图像表面的平坦性。另外, 构成第二透镜单元 L2 的透镜由具有高折射率的玻璃材料制成。因此, 抑制由半场角和高变焦比引起的伴随第二透镜单元 L2 的折光力增大的匹兹伐和 (Petzval sum) 在负方向上的增大。透镜单元的其它透镜结构与第一实施例的相同。

[0107] 第四实施例

[0108] 参考图 7 中的 (A)-(D), 描述本发明的第四实施例的变焦透镜。透镜结构是与第三实施例相同的五单元结构。移动第一透镜单元 L1 到第五透镜单元 L5 以用于变焦。在本实施例中, 为了实现广角端处的更广的场角, 第二透镜单元 L2 由每个都具有非球面的四个透镜构成, 从而抑制广角端处的例如横向色差和像场弯曲的各种像差的出现。在第四实施例中, 实现广角端处的 $\omega = 47.1$ 度的成像半场角和大约 30 的变焦系数。透镜单元的其它透镜结构与第三实施例的相同。

[0109] 第五实施例

[0110] 参考图 9 中的 (A)-(D), 描述本发明的第五实施例的变焦透镜。透镜结构是与第一实施例相同的五单元结构。在本实施例中, 不为了变焦而移动第三透镜单元 L3。因此, 用于驱动第三透镜单元 L3 的致动器变得不必要, 使得透镜驱动机构可以被简化, 这对于功耗的减少和对于无声的驱动是有利的。在第五实施例中, 实现广角端处的 $\omega = 37.9$ 度的成像半场角和大约 20 的变焦系数。

[0111] 第六实施例

[0112] 参考图 11 中的 (A)-(D), 描述本发明的第六实施例的变焦透镜。该变焦透镜从物体侧到像侧依次包括: 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。不为了变焦而移动第四透镜单元 L4 和第六透镜单元 L6。因此, 实现用于驱动透镜单元的致动器的数量的减少和透镜驱动机构的简化, 并且因此与驱动透镜单元的情况相比, 本实施例对于功耗的减少和对于无声的驱动是有利的。另外, 第六透镜单元 L6 被布置在接近图像表面的位置处。由于构成第六透镜单元 L6 的透镜的物体侧的表面具有非球面形状, 因此适当地校正像场弯曲。非球面形状可以被应用于像侧表面从而获得相同的效果。在第六实施例中, 实现广角端处的 $\omega = 36.0$ 度的成像半场角和大约 20 的变焦系数。

[0113] 上面描述了本发明的示例性实施例, 但是本发明不限于那些实施例, 其可以在精神的范围内被各种各样地修改或改变。在实施例中的上述光学系统适合于用于照相机的成像透镜。在照相机是数字静态照相机或数字摄像机时, 照相机包括接收由成像透镜形成的图像的光的固态图像拾取元件。在每个实施例中, 在广角端附近大大地产生负畸变像差, 使得固态图像拾取元件的成像范围被设定为小于其它变焦位置中的成像范围的范围。所获得的图像信息的畸变可以在处理固态图像拾取元件的图像数据的信号处理电路中被在电学上校正, 并且因此可以输出具有很少的畸变的图像。

[0114] 接下来, 参考图 13 描述在其中将根据本发明的变焦透镜用作摄影光学系统的数字静态照相机的实施例。在图 13 中, 数字静态照相机包括照相机主体 20 和由上面在第一到第六实施例中描述的变焦透镜中的任何一个构成的摄影光学系统 21。数字静态照相机还包括被并入照相机主体中的、用于接收由摄影光学系统 21 形成的被摄体的图像的固态图像拾取元件 (光电变换器元件) 22, 例如 CCD 传感器或 CMOS 传感器。数字静态照相机还包括存储器 23, 用于记录与已经由固态图像拾取元件 22 对其执行光电转换的被摄体的图像对应的信息。数字静态照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 上形成的被摄体的图像。以这种方式, 通过将根据本发明的变焦透镜用于图像拾取设备 (例如数字静态照相机或摄像机), 可以提供具有高光学性能的小型图像拾取设备。在每个实施例中, 在广角端处大大地产生负畸变, 并且因此固态图像拾取元件的成像范围被设定为小于在其它变焦位置处的范围。可以由用于处理来自固态图像拾取元件的信号信号处理电路来在电学上校正所获得的图像信息的畸变, 从而输出具有很少的畸变的图像。

[0115] 在下文中, 描述分别与本发明的实施例对应的数值实施例。在每个数值实施例中, 表面号 i 表示从物体侧开始的光学表面的次序, r_i 表示第 i 个光学表面的曲率半径, d_i 表示在第 i 个表面与第 $(i+1)$ 个表面之间的距离, 并且 n_{di} 和 v_{di} 分别表示第 i 个光学部件

的材料关于 d 线的折射率和阿贝数。后焦距 (BF) 被定义为在透镜最后表面与旁轴图像表面之间的距离的空气换算值, 并且总透镜长度被定义为通过将后焦距 (BF) 添加到在透镜前表面与透镜最后表面之间的距离而获得的值。长度的单位是 mm。另外, K 表示离心率, A4、A6、A8 和 A10 表示非球面系数, 并且在距离光轴的高度 H 的位置处相对于表面顶点的在光轴方向上的位移由 x 表示。因而, 由以下等式来表达非球面形状。

[0116] (等式 1)

[0117]

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8 + A10H^{10}$$

[0118] 其中 R 表示曲率半径。此外, 例如, “e-z”的表述意味着“10^{-z}”。另外, 在上述条件表达式与每个数值实施例之间的对应被示出在表 1 中。符号 f 表示焦距, Fno 表示 F 数, 并且 ω 表示半场角。半场角是由光束径迹 (trace) 确定的值。

[0119] 数值实施例 1

[0120] 单位 :mm

[0121] 表面数据

[0122]	表面号 (i)	r	d	nd	vd
[0123]	1	121.799	1.60	1.80610	33.3
[0124]	2	49.556	4.62	1.49700	81.5
[0125]	3	-194.668	0.18		
[0126]	4	42.248	3.00	1.60311	60.6
[0127]	5	133.383	(可变)		
[0128]	6	84.974	1.00	1.88300	40.8
[0129]	7	8.369	4.26		
[0130]	8	-24.608	0.70	1.77250	49.6
[0131]	9	58.741	0.22		
[0132]	10	18.926	2.07	1.94595	18.0
[0133]	11	102.403	(可变)		
[0134]	12(光阑)	∞	(可变)		
[0135]	13 *	10.353	2.80	1.58313	59.4
[0136]	14 *	-109.462	2.90		
[0137]	15	23.498	0.70	1.84666	23.9
[0138]	16	9.540	0.66		
[0139]	17	18.598	1.97	1.48749	70.2
[0140]	18	-25.104	(可变)		
[0141]	19	782.644	0.70	1.48749	70.2
[0142]	20	24.650	(可变)		
[0143]	21	17.657	1.65	1.48749	70.2
[0144]	22	-1178.697	(可变)		

[0145]	23	∞	0.80	1.51633	64.1
[0146]	24	∞	0.50		
[0147]	像面	∞			
[0148]	非球面表面数据				
[0149]	第十三表面				
[0150]	$K = 5.51145\text{e-}001$	$A4 = -1.38948\text{e-}004$	$A6 = -8.42963\text{e-}007$	$A8$	$= -1.89369\text{e-}008$
[0151]	第十四表面				
[0152]	$K = -1.00023\text{e+}001$	$A4 = 4.54336\text{e-}005$			
[0153]	各种数据				
[0154]	变焦比	26.79			
[0155]	焦距	5.15	8.68	26.98	137.95
[0156]	F 数	2.87	3.56	4.75	5.76
[0157]	半场角	37.9	24.9	8.16	1.60
[0158]	图像高度	3.49	3.88	3.88	3.88
[0159]	总透镜长度	90.92	85.01	103.56	127.20
[0160]	BF	10.18	12.52	20.94	10.73
[0161]	d5	0.78	6.37	31.22	57.27
[0162]	d11	31.79	22.02	10.64	2.46
[0163]	d12	10.87	4.78	1.08	0.80
[0164]	d18	2.59	4.26	6.26	8.71
[0165]	d20	5.68	6.01	4.38	18.20
[0166]	d22	9.15	11.50	19.92	9.70
[0167]	变焦透镜单元数据				
[0168]	单元	第一表面	焦距		
[0169]	1	1	78.27		
[0170]	2	6	-10.23		
[0171]	3	13	18.01		
[0172]	4	19	-52.23		
[0173]	5	21	35.70		
[0174]	数值实施例 2				
[0175]	表面数据				
[0176]	表面号 (i)	r	d	nd	vd
[0177]	1	85.200	1.60	1.80000	29.8
[0178]	2	41.164	6.05	1.49700	81.5
[0179]	3	1981.992	0.18		
[0180]	4	42.972	3.38	1.71300	53.9
[0181]	5	163.523	(可变)		
[0182]	6	120.140	1.00	1.80400	46.6

[0183]	7	8.988	3.38		
[0184]	8	21.988	0.80	1.85960	40.4
[0185]	9 *	11.179	2.96		
[0186]	10	-121.625	0.70	1.81600	46.6
[0187]	11	30.103	0.30		
[0188]	12	16.537	2.12	1.92286	18.9
[0189]	13	73.840	(可变)		
[0190]	14(光阑)	∞	(可变)		
[0191]	15 *	7.856	2.62	1.58313	59.4
[0192]	16 *	21.340	3.07		
[0193]	17	17.051	0.70	1.80518	25.4
[0194]	18	8.004	0.32		
[0195]	19	9.507	2.79	1.48749	70.2
[0196]	20	-9.954	(可变)		
[0197]	21	-7.647	0.70	1.77250	49.6
[0198]	22	-16.822	(可变)		
[0199]	23	28.147	1.70	1.48749	70.2
[0200]	24	-96.067	(可变)		
[0201]	25 *	68.321	1.00	1.55332	71.7
[0202]	26	153.178	1.00		
[0203]	27	∞	0.80	1.51633	64.1
[0204]	28	∞	0.50		
[0205]	像面	∞			
[0206]	非球面表面数据				
[0207]	第九表面				
[0208]	K = -8.45926e-001 A4 = 3.70989e-005 A6 = -1.14391e-007				
[0209]	第十五表面				
[0210]	K = 7.23287e-002 A4 = -1.12090e-004 A6 = -1.00884e-006 A8 = -3.88181e-008				
[0211]	第十六表面				
[0212]	K = -1.00023e+001 A4 = 2.35114e-004				
[0213]	第二十五表面				
[0214]	K = -4.82923e+001 A4 = -1.50317e-004 A6 = 2.85996e-006				
[0215]	各种数据				
[0216]	变焦比	29.86			
[0217]	焦距	3.95	7.34	21.44	117.99
[0218]	F 数	2.77	3.34	4.34	5.76
[0219]	半场角	44.9	28.2	10.1	1.86
[0220]	图像高度	3.49	3.88	3.88	3.88

[0221]	总透镜长度	91.75	85.38	101.15	126.62
[0222]	BF	2.03	2.03	2.03	2.03
[0223]	d5	0.78	6.46	25.81	50.32
[0224]	d13	30.98	16.87	5.76	1.57
[0225]	d14	11.13	8.04	5.60	1.32
[0226]	d20	1.90	1.91	1.93	1.96
[0227]	d22	2.69	5.91	8.63	24.05
[0228]	d24	6.88	8.79	16.03	10.00
[0229]	变焦透镜单元数据				
[0230]	单元	第一表面	焦距		
[0231]	1	1	71.32		
[0232]	2	6	-8.80		
[0233]	3	15	12.65		
[0234]	4	21	-18.77		
[0235]	5	23	44.86		
[0236]	6	252	21.96		
[0237]	数值实施例 3				
[0238]	表面数据				
[0239]	表面号 (i)	r	d	nd	vd
[0240]	1	79.548	1.40	2.00069	25.5
[0241]	2	48.163	4.93	1.49700	81.5
[0242]	3	46140.146	0.15		
[0243]	4	47.433	3.21	1.77250	49.6
[0244]	5	153.622	(可变)		
[0245]	6	180.621	1.10	1.88300	40.8
[0246]	7	9.363	4.17		
[0247]	8	77.921	1.00	1.85960	40.4
[0248]	9 *	10.888	2.59		
[0249]	10	18.975	2.23	1.94595	18.0
[0250]	11	105.900	(可变)		
[0251]	12(光阑)	∞	(可变)		
[0252]	13 *	7.739	2.90	1.58313	59.4
[0253]	14 *	19.349	3.62		
[0254]	15	16.658	0.70	1.80518	25.4
[0255]	16	7.512	0.22		
[0256]	17	8.191	2.59	1.48749	70.2
[0257]	18	-9.227	(可变)		
[0258]	19	-7.147	0.55	1.77250	49.6
[0259]	20	-22.848	1.00	1.48749	70.2

[0260]	21	-16.607	(可变)		
[0261]	22	29.150	1.70	1.48749	70.2
[0262]	23	-37.230	(可变)		
[0263]	24	∞	0.80	1.51633	64.1
[0264]	25	∞	0.80		
[0265]	像面	∞			
[0266]	非球面表面数据				
[0267]	第九表面				
[0268]	K = -8.88155e-001	A4 = -5.86626e-005	A6 = -2.32149e-007	A8	
	= -3.41828e-009				
[0269]	第十三表面				
[0270]	K = -2.16367e-001	A4 = -6.54315e-006	A6 = 2.96112e-007	A8	
	= -2.57814e-008				
[0271]	第十四表面				
[0272]	K = -1.00023e+001	A4 = 3.61034e-004			
[0273]	各种数据				
[0274]	变焦比	29.87			
[0275]	焦距	3.85	7.40	21.131	14.99
[0276]	F 数	2.87	3.78	4.65	5.76
[0277]	半场角	45.7	28.4	10.3	1.93
[0278]	图像高度	3.49	3.88	3.88	3.88
[0279]	总透镜长度	90.07	80.37	101.14	126.73
[0280]	BF	9.13	10.88	16.70	9.94
[0281]	d5	0.78	4.47	26.76	53.64
[0282]	d11	37.08	21.57	7.65	1.59
[0283]	d12	5.42	1.25	2.59	1.34
[0284]	d18	1.95	2.03	2.03	2.06
[0285]	d21	1.63	6.10	11.34	24.09
[0286]	d23	7.81	9.55	15.37	8.61
[0287]	变焦透镜单元数据				
[0288]	单元	第一表面	焦距		
[0289]	1	1	74.39		
[0290]	2	6	-9.18		
[0291]	3	13	12.39		
[0292]	4	19	-15.88		
[0293]	5	22	33.82		
[0294]	数值实施例 4				
[0295]	表面数据				
[0296]	表面号 (i)	r	d	nd	vd

[0297]	1	88.341	1.40	2.00069	25.5
[0298]	2	51.711	4.76	1.49700	81.5
[0299]	3	-533.545	0.15		
[0300]	4	47.021	3.21	1.77250	49.6
[0301]	5	134.387	(可变)		
[0302]	6	222.276	1.00	1.88300	40.8
[0303]	7	9.418	3.74		
[0304]	8	33.065	1.00	1.85960	40.4
[0305]	9 *	9.308	1.94		
[0306]	10	24.992	1.00	1.48749	70.2
[0307]	11	18.144	0.84		
[0308]	12	16.663	2.28	1.92286	18.9
[0309]	13	75.945	(可变)		
[0310]	14(光阑)	∞	(可变)		
[0311]	15 *	7.809	2.51	1.55332	71.7
[0312]	16 *	33.977	3.17		
[0313]	17	15.741	0.70	1.80518	25.4
[0314]	18	8.129	0.42		
[0315]	19	11.872	2.28	1.48749	70.2
[0316]	20	-10.484	(可变)		
[0317]	21	-7.560	0.55	1.80400	46.6
[0318]	22	78.309	1.25	1.48749	70.2
[0319]	23	-11.119	(可变)		
[0320]	24	27.138	1.70	1.48749	70.2
[0321]	25	-33.257	(可变)		
[0322]	26	∞	0.80	1.51633	64.1
[0323]	27	∞	1.00		
[0324]	像面	∞			
[0325]	非球面表面数据				
[0326]	第九表面				
[0327]	K = -2.37707e+000	A4 = 1.61662e-004	A6 = -1.57508e-006		
[0328]	第十五表面				
[0329]	K = -3.51719e-001	A4 = -9.49961e-006	A6 = -4.43262e-007	A8 =	
	5.01439e-009				
[0330]	第十六表面				
[0331]	K = -1.00023e+001	A4 = 1.75529e-004			
[0332]	各种数据				
[0333]	变焦比	29.56			
[0334]	焦距	3.65	7.07	19.95	108.00

[0335]	F 数	2.87	3.70	4.56	5.76
[0336]	半场角	47.1	28.7	10.9	1.96
[0337]	图像高度	3.49	3.88	3.88	3.70
[0338]	总透镜长度	89.74	83.62	99.91	127.25
[0339]	BF	8.51	9.88	16.60	9.33
[0340]	d5	0.70	7.53	27.32	54.61
[0341]	d13	34.882	1.32	7.34	1.60
[0342]	d14	7.78	2.89	2.71	2.38
[0343]	d20	2.61	2.72	2.72	2.79
[0344]	d23	1.36	5.38	9.31	22.64
[0345]	d25	6.98	8.35	15.08	7.81
[0346]	变焦透镜单元数据				
[0347]	单元	第一表面	焦距		
[0348]	1	1	75.11		
[0349]	2	6	-8.94		
[0350]	3	15	12.48		
[0351]	4	21	-16.34		
[0352]	5	24	30.94		
[0353]	数值实施例 5				
[0354]	表面数据				
[0355]	表面号 (i)	r	d	nd	vd
[0356]	1	88.862	1.30	1.90366	31.3
[0357]	2	50.706	6.58	1.43387	95.1
[0358]	3	-294.700	0.18		
[0359]	4	46.692	4.60	1.60311	60.6
[0360]	5	201.469	(可变)		
[0361]	6	209.273	0.65	1.91082	35.3
[0362]	7	8.482	3.68		
[0363]	8	-39.316	0.50	1.83481	42.7
[0364]	9	24.823	0.56		
[0365]	10	20.991	1.97	2.00178	19.3
[0366]	11 *	-276.414	(可变)		
[0367]	12 (光阑)	∞	(可变)		
[0368]	13 *	12.722	2.15	1.58313	59.4
[0369]	14 *	-42.406	3.73		
[0370]	15	37.545	0.60	2.00069	25.5
[0371]	16	11.693	0.30		
[0372]	17	14.132	1.91	1.51742	52.4
[0373]	18	-16.875	0.30		

[0374]	19	∞	(可变)		
[0375]	20	-165.497	0.55	1.59282	68.6
[0376]	21	12.483	(可变)		
[0377]	22	14.630	3.28	1.69680	55.5
[0378]	23	-20.789	0.50	1.94595	18.0
[0379]	24	-41.827	(可变)		
[0380]	25	∞	0.80	1.51633	64.1
[0381]	26	∞	0.50		
[0382]	像面	∞			
[0383]	非球面表面数据				
[0384]	第十一表面				
[0385]	K =	-6.00511e+002	A4 =	-3.47482e-005	A6 = -2.10099e-007
[0386]	第十三表面				
[0387]	K =	2.30042e+000	A4 =	-1.82916e-004	A6 = -2.13114e-006
					A8 = -1.06313e-008
[0388]	A10 =	-1.07559e-009			
[0389]	第十四表面				
[0390]	K =	-1.00023e+001	A4 =	6.90199e-005	A6 = -3.08796e-007
[0391]	各种数据				
[0392]	变焦比	20.00			
[0393]	焦距	5.15	8.13	23.07	103.00
[0394]	F 数	2.87	3.11	3.30	3.91
[0395]	半场角	37.9	26.3	9.49	2.15
[0396]	图像高度	3.49	3.88	3.88	3.88
[0397]	总透镜长度	105.66	98.67	111.64	122.17
[0398]	BF	8.50	8.04	8.83	8.33
[0399]	d5	0.78	8.42	36.61	59.17
[0400]	d11	33.20	15.64	4.89	1.62
[0401]	d12	11.86	14.79	10.33	1.57
[0402]	d19	1.26	3.97	9.01	10.99
[0403]	d21	16.73	14.48	8.65	7.17
[0404]	d24	7.47	7.01	7.80	7.30
[0405]	变焦透镜单元数据				
[0406]	单元	第一表面	焦距		
[0407]	1	1	80.90		
[0408]	2	6	-9.85		
[0409]	3	13	15.85		
[0410]	4	20	-19.56		
[0411]	5	22	17.52		

[0412] 数值实施例 6

[0413] 表面数据

[0414] 表面号 (i) r d nd vd

[0415] 1 114.980 1.20 1.90366 31.3

[0416] 2 42.641 0.15

[0417] 3 43.124 3.37 1.59282 68.6

[0418] 4 -192.018 0.16

[0419] 5 35.490 2.61 1.60311 60.6

[0420] 6 149.203 (可变)

[0421] 7 213.504 0.75 1.88300 40.8

[0422] 8 8.812 4.04

[0423] 9 -21.897 0.65 1.71300 53.9

[0424] 10 49.832 0.15

[0425] 11 19.595 1.80 1.94595 18.0

[0426] 12 154.459 (可变)

[0427] 13(光阑) ∞ (可变)

[0428] 14 * 11.364 2.98 1.58313 59.4

[0429] 15 * -108.280 3.60

[0430] 16 25.650 0.60 1.84666 23.9

[0431] 17 10.138 0.49

[0432] 18 15.249 2.07 1.48749 70.2

[0433] 19 -27.912 0.30

[0434] 20 ∞ (可变)

[0435] 21 165.797 0.60 1.48749 70.2

[0436] 22 17.437 (可变)

[0437] 23 13.492 1.85 1.48749 70.2

[0438] 24 -193.547 (可变)

[0439] 25 * -75.848 0.75 1.55332 71.7

[0440] 26 55.219 1.00

[0441] 27 ∞ 0.80 1.51633 64.1[0442] 28 ∞ 0.50[0443] 像面 ∞

[0444] 非球面表面数据

[0445] 第十四表面

[0446] $K = 6.70000e-001$ $A4 = -1.05133e-004$ $A6 = -6.34101e-007$ $A8$
 $= -1.04927e-008$

[0447] 第十五表面

[0448] $K = -1.00023e+001$ $A4 = 5.28572e-005$

[0449] 第二十五表面

[0450]	K = -1.10605e+004 A4 = -3.01010e-004 A6 = 5.44350e-006			
[0451]	各种数据			
[0452]	变焦比	19.78		
[0453]	焦距	5.50	9.80	24.50 108.80
[0454]	F 数	2.87	3.44	4.01 5.21
[0455]	半场角	36.0	22.4	9.03 2.02
[0456]	图像高度	3.49	3.88	3.88 3.88
[0457]	总透镜长度	91.76	83.93	94.18 106.11
[0458]	BF	2.03	2.03	2.03 2.03
[0459]	d6	0.70	5.50	22.50 41.00
[0460]	d12	33.27	20.21	10.24 2.60
[0461]	d13	9.90	5.86	3.58 1.35
[0462]	d20	1.70	6.17	11.66 14.98
[0463]	d22	8.77	8.18	4.96 11.18
[0464]	d24	7.26	7.85	11.07 4.85
[0465]	变焦透镜单元数据			
[0466]	单元	第一表面	焦距	
[0467]	1	1	60.31	
[0468]	2	7	-9.96	
[0469]	3	14	18.29	
[0470]	4	21	-40.03	
[0471]	5	23	25.95	
[0472]	6	25	-57.63	
[0473]	表 1			
[0474]	表 1			
[0475]				

条件表 达式	数值实施 例 1	数值实施 例 2	数值实施 例 3	数值实施 例 4	数值实施 例 5	数值实施 例 6
(1)	0.379	0.159	0.138	0.151	0.190	0.368
(2)	0.163	0.182	0.265	0.163	0.423	0.545
(3)	0.236	0.233	0.096	0.127	0.228	0.198
(4)	15.2	18.1	19.3	20.6	15.7	11.0
(5)	81.5	81.5	81.5	81.5	95.1	68.6
(6)左侧	1.497	1.497	1.497	1.497	1.434	1.593
(6)右侧	1.478	1.478	1.478	1.478	1.410	1.542
(7)	2.57	2.37	2.17	2.19	2.69	2.59
(8)	-7.65	-8.10	-8.10	-8.40	-8.22	-6.06
(9)	6.93	11.35	8.78	8.47	3.40	4.72
(10)	23.13	18.74	17.93	18.16	24.12	18.46
(11)	-1.795	-2.377	-2.262	-2.287	-0.394	-0.553
(12)	1.054	1.000	1.088	1.097	0.980	1.000

[0476] 虽然已经参考示例性实施例描述了本发明,但是应当理解,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将被给予最宽的解释从而包括所有这样的修改、等同的结构与功能。

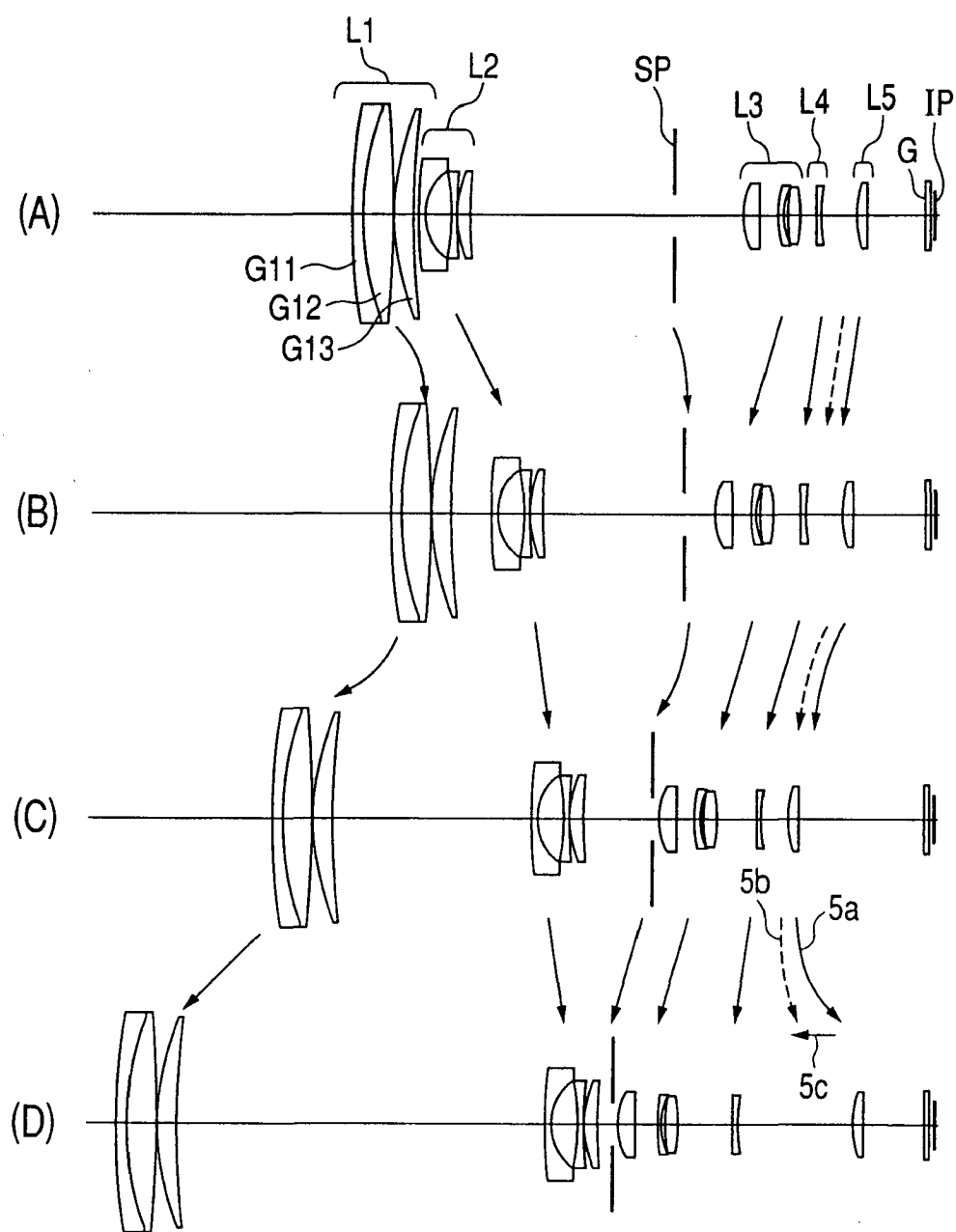


图 1

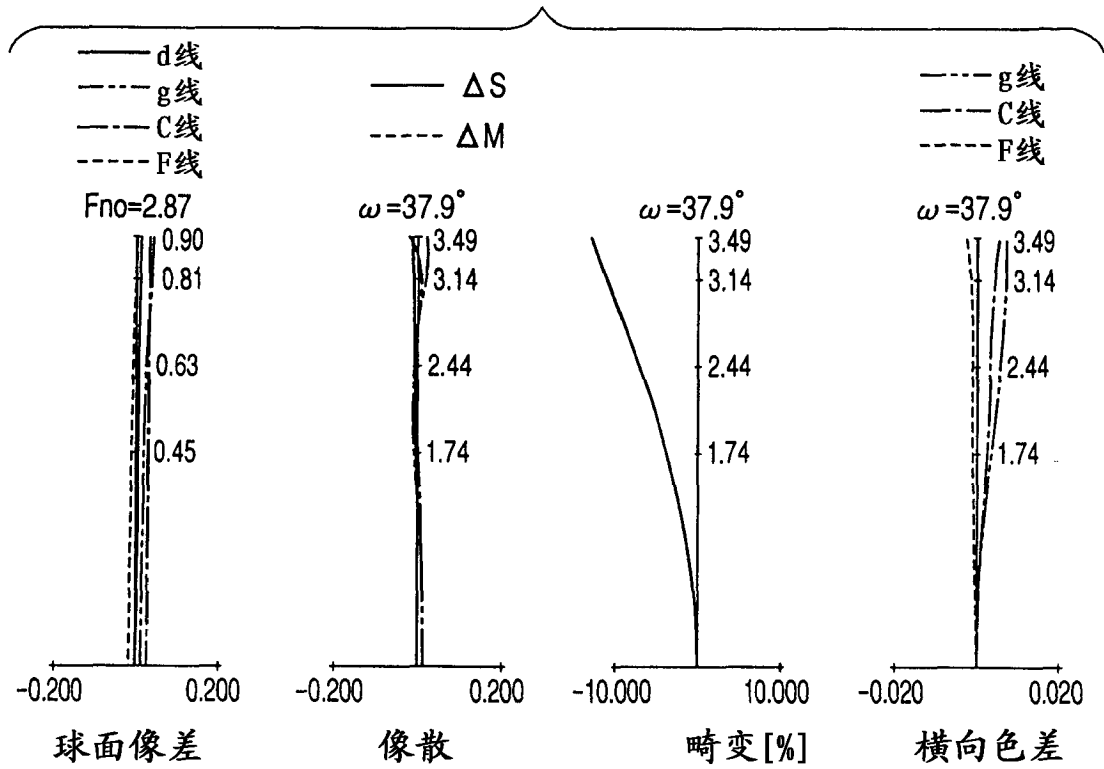


图 2A

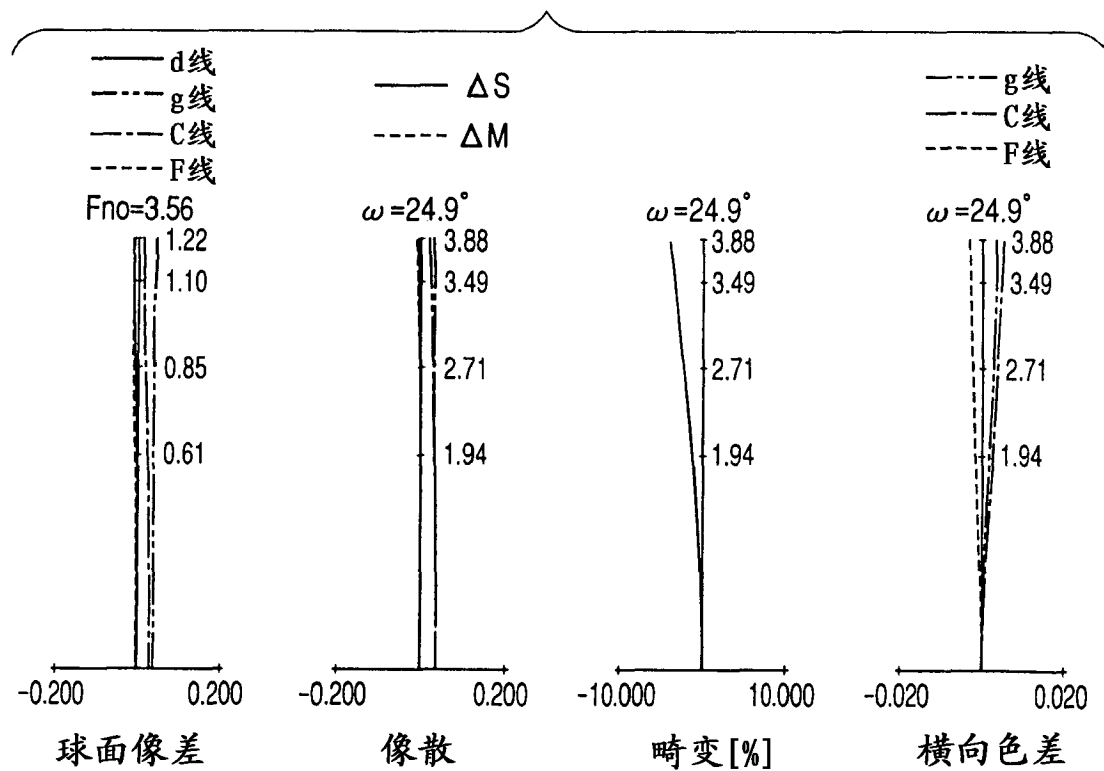


图 2B

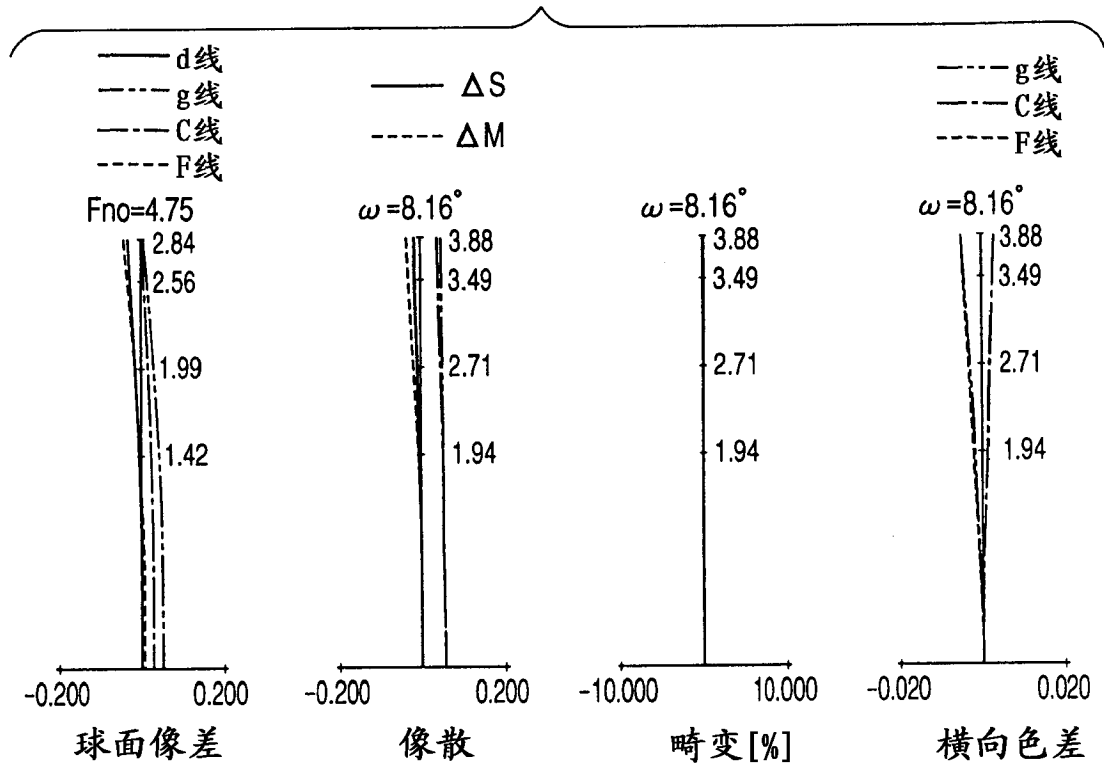


图 2C

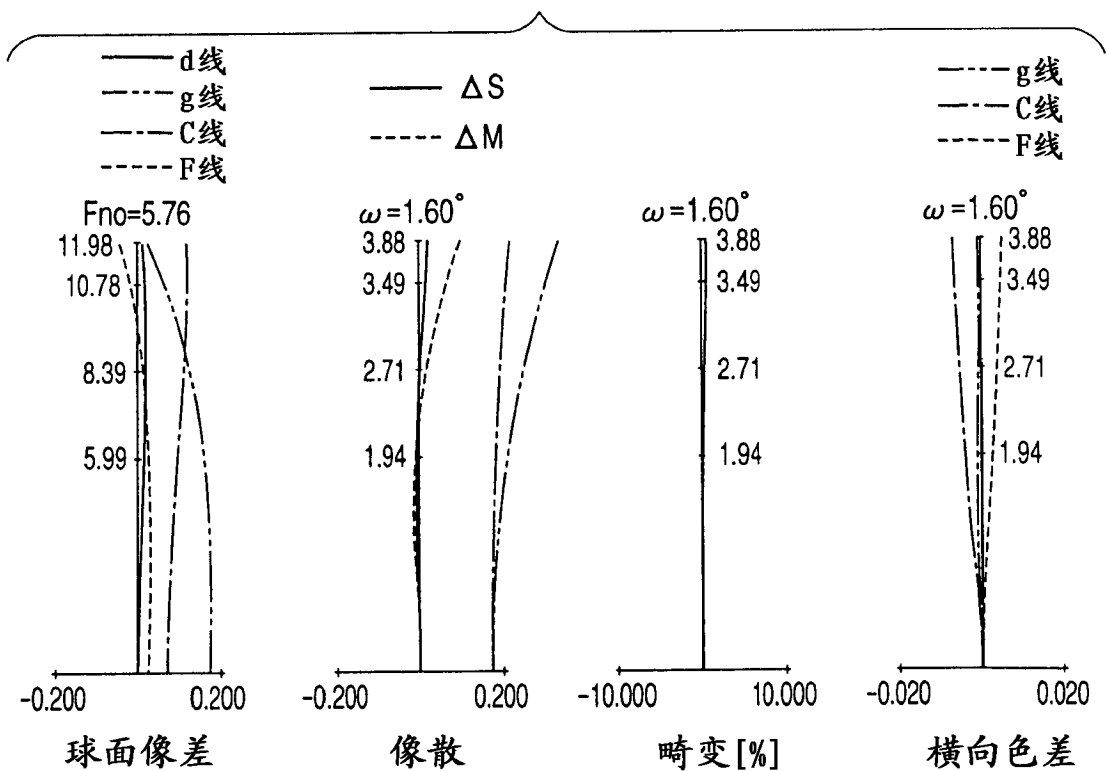


图 2D

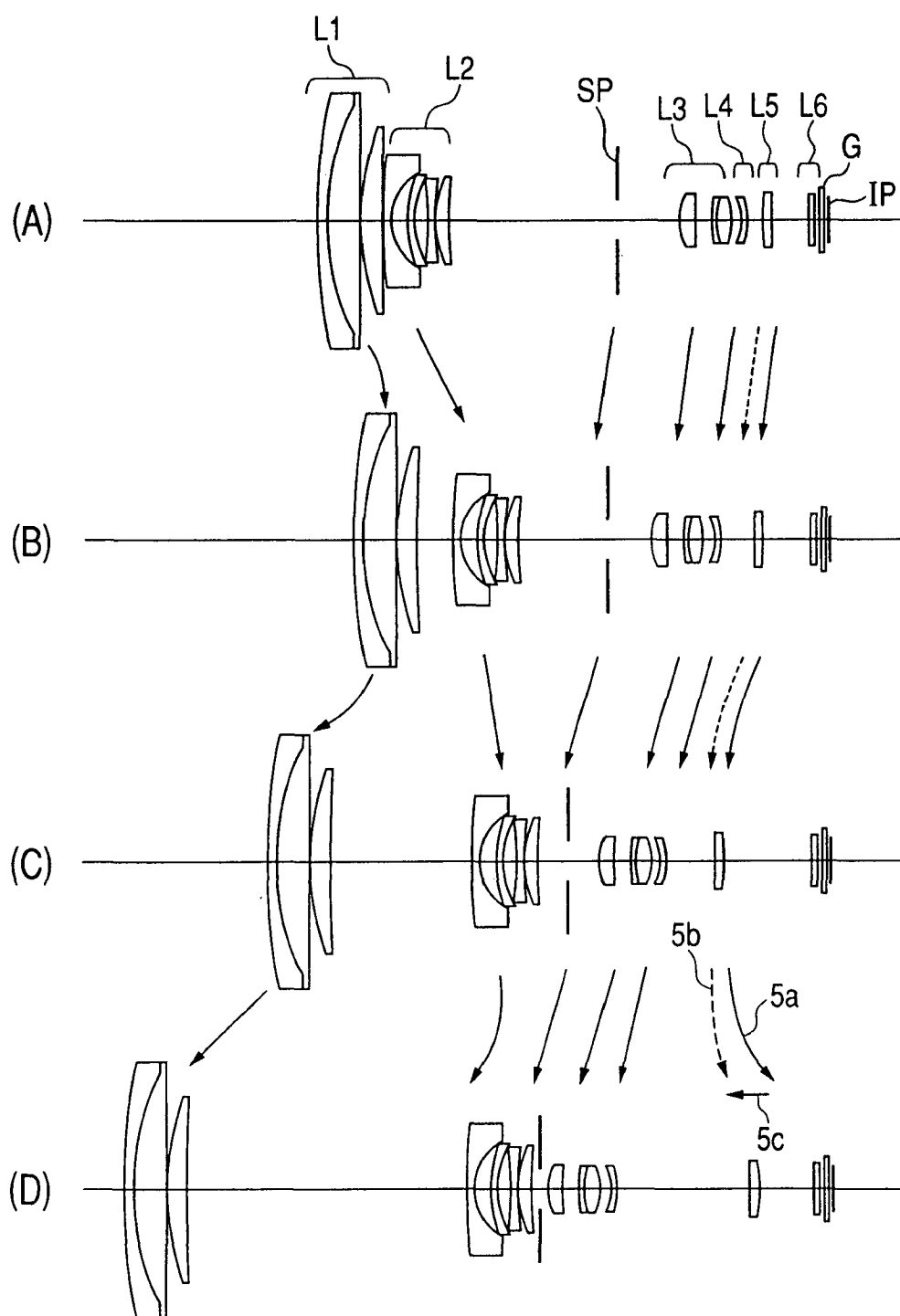


图 3

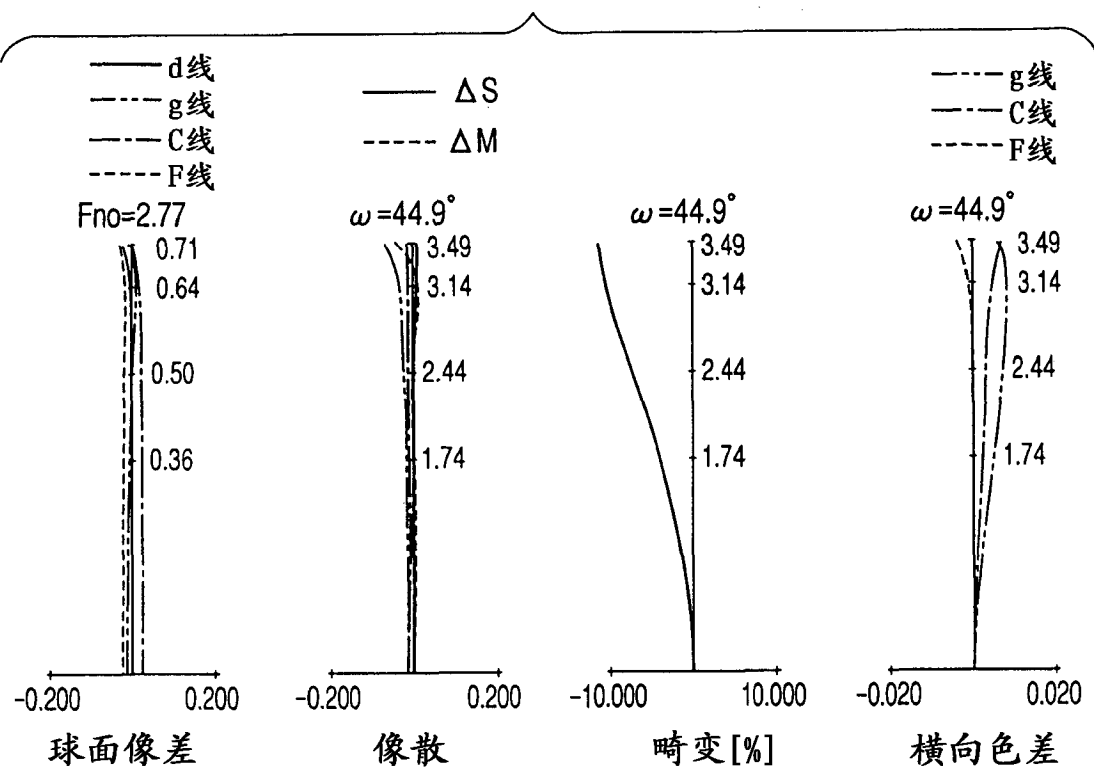


图 4A

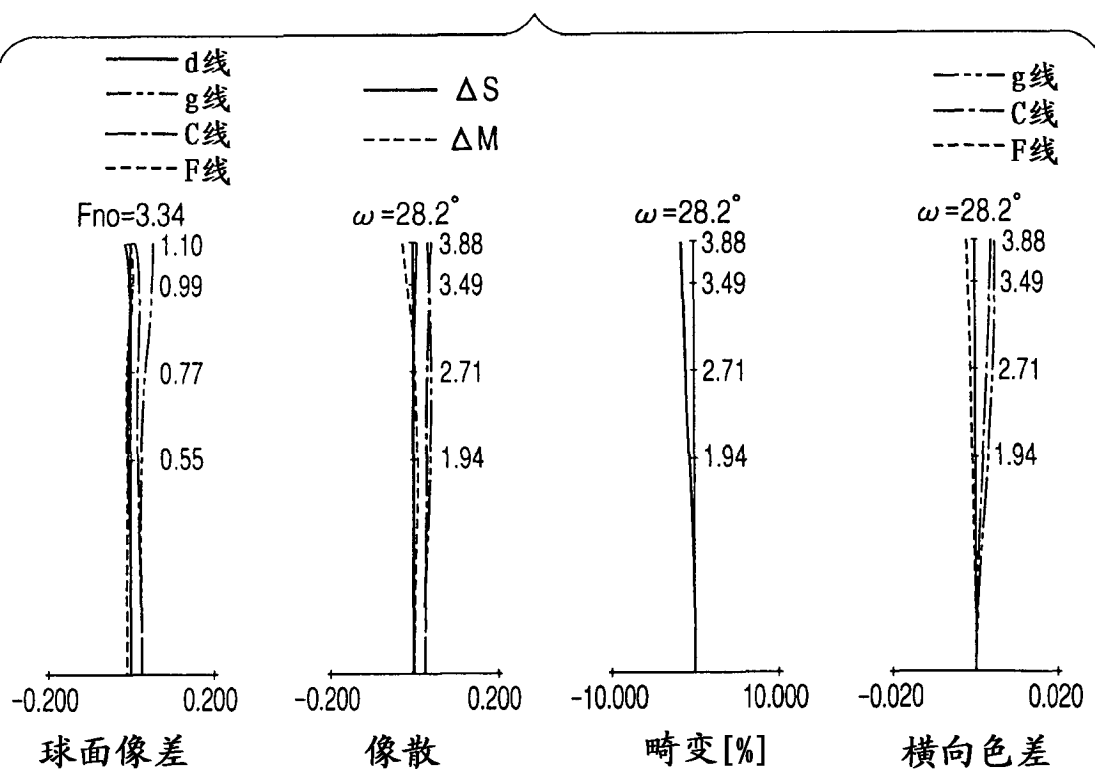


图 4B

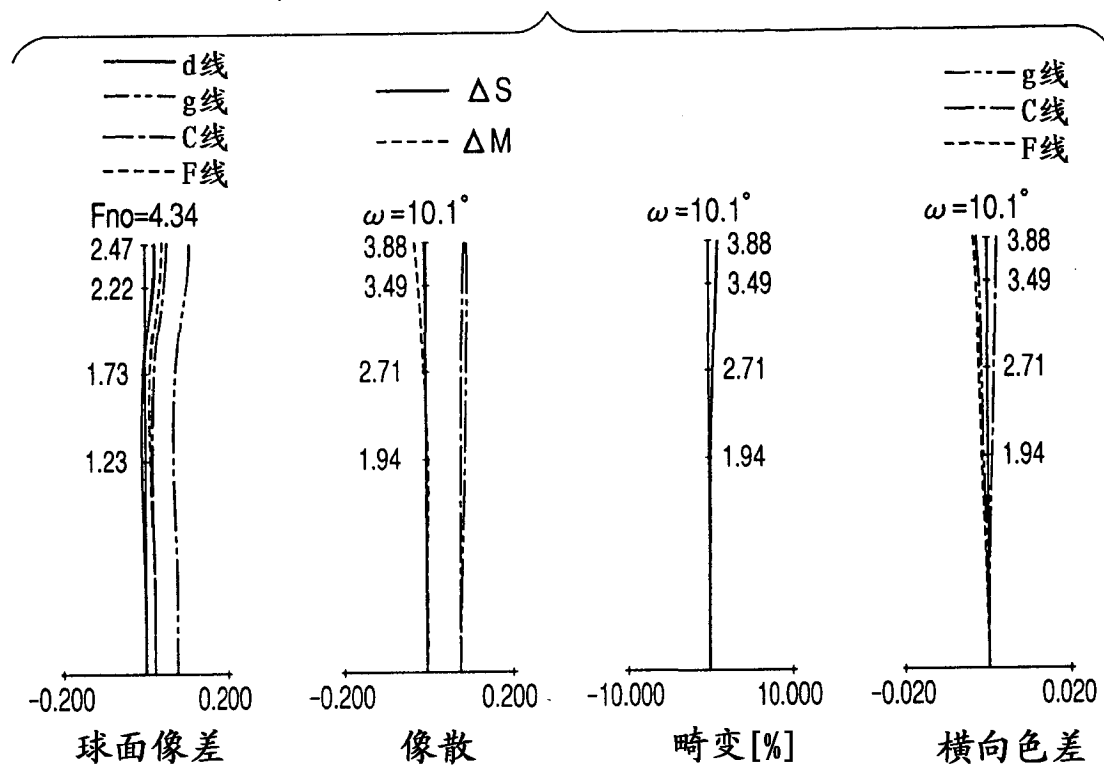


图 4C

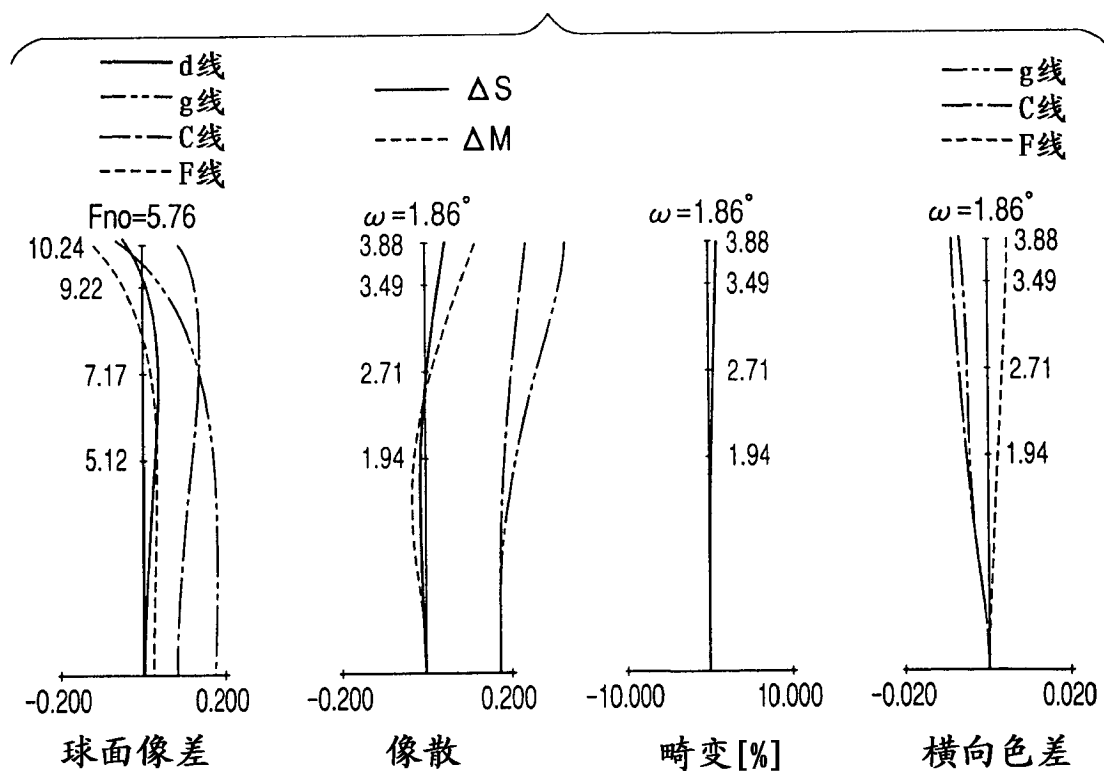


图 4D

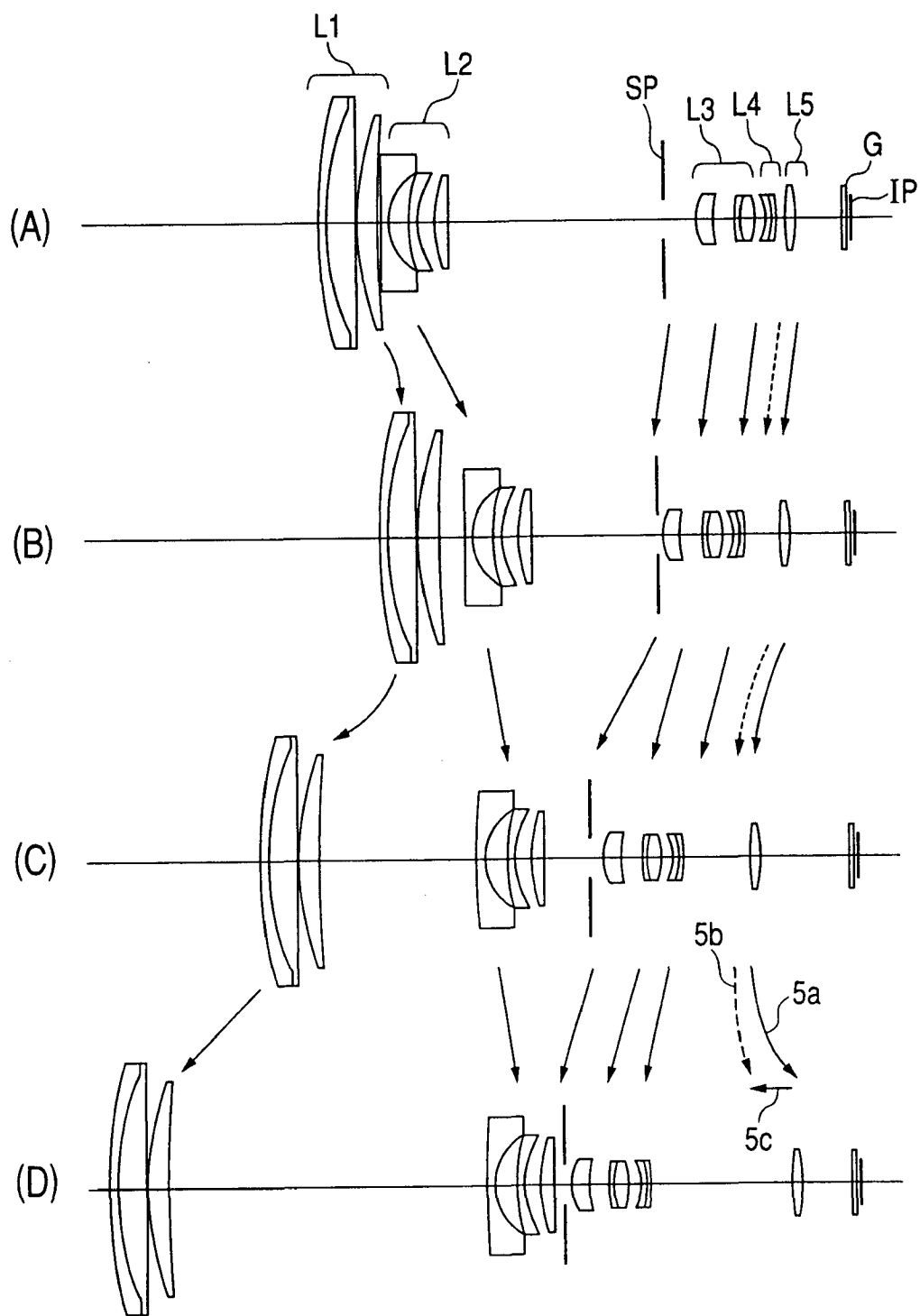


图 5

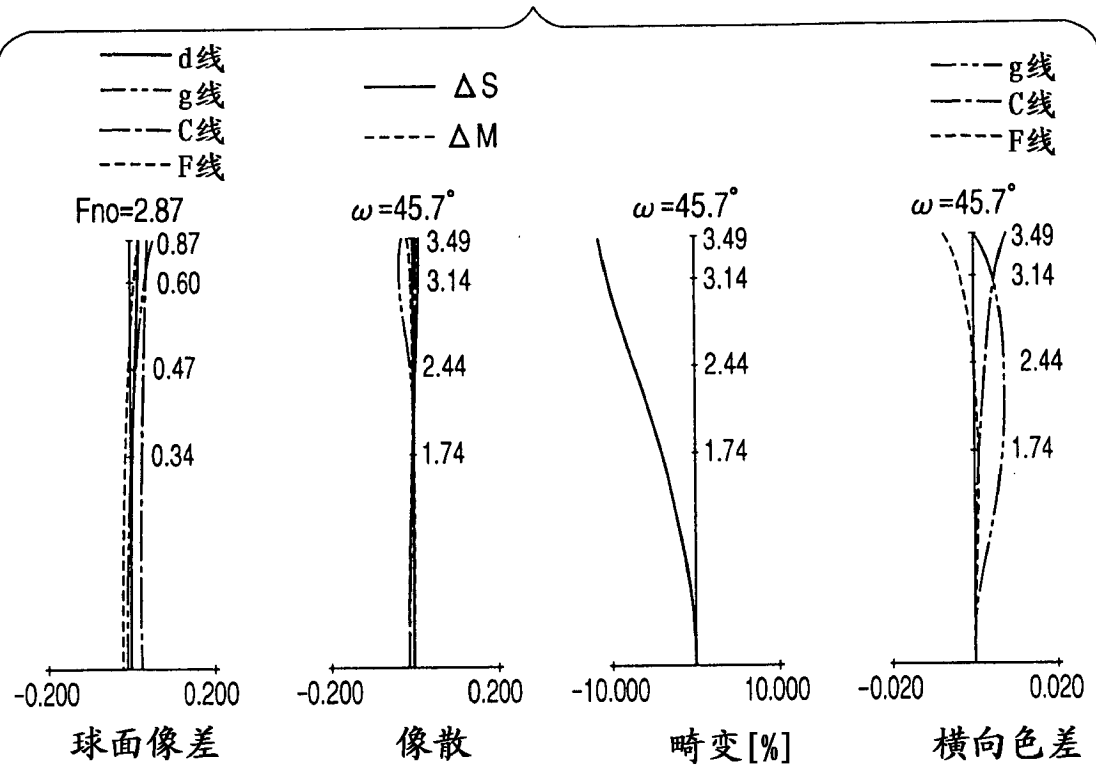


图 6A

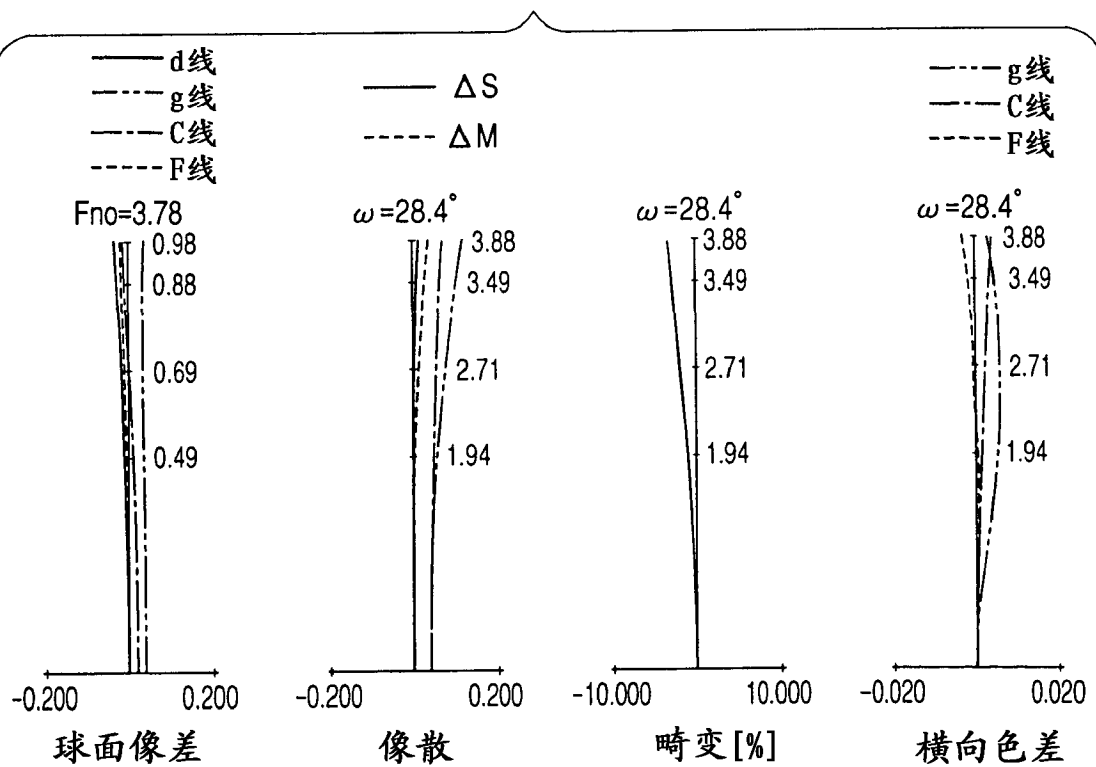


图 6B

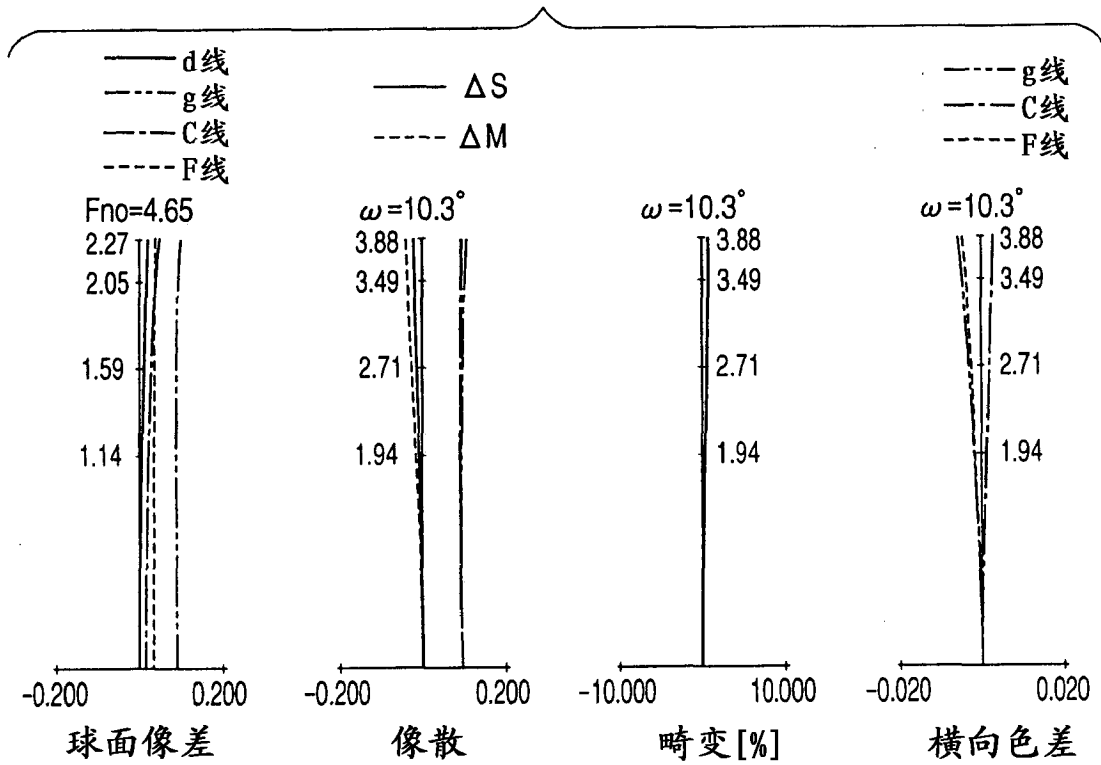


图 6C

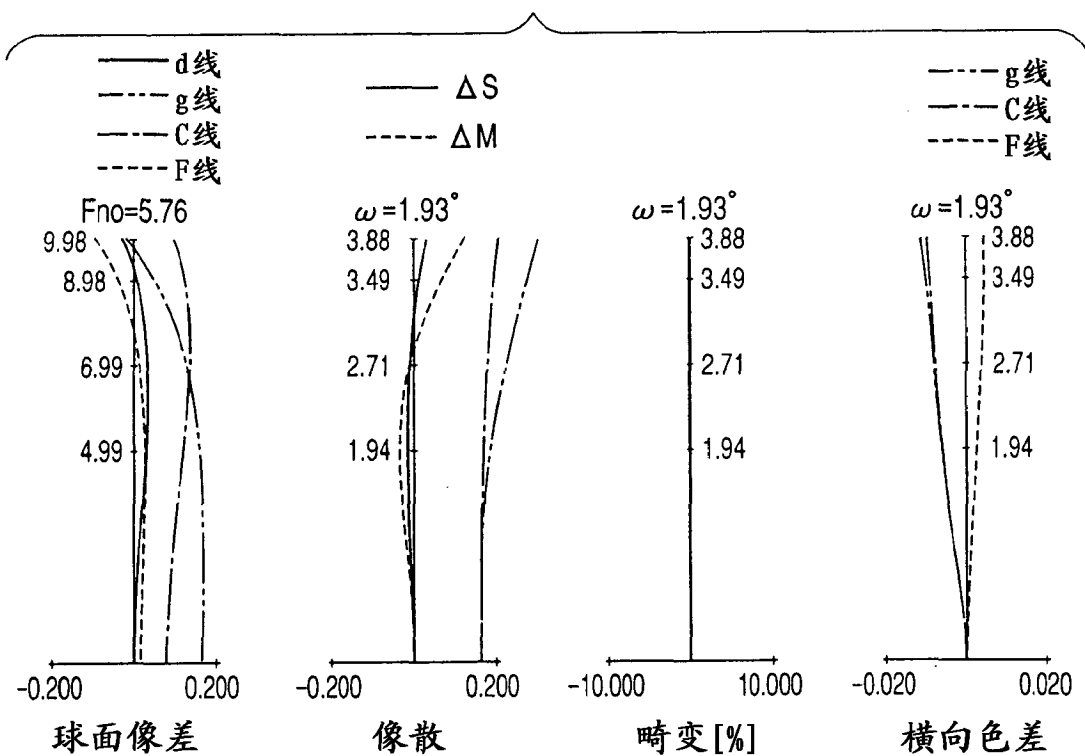


图 6D

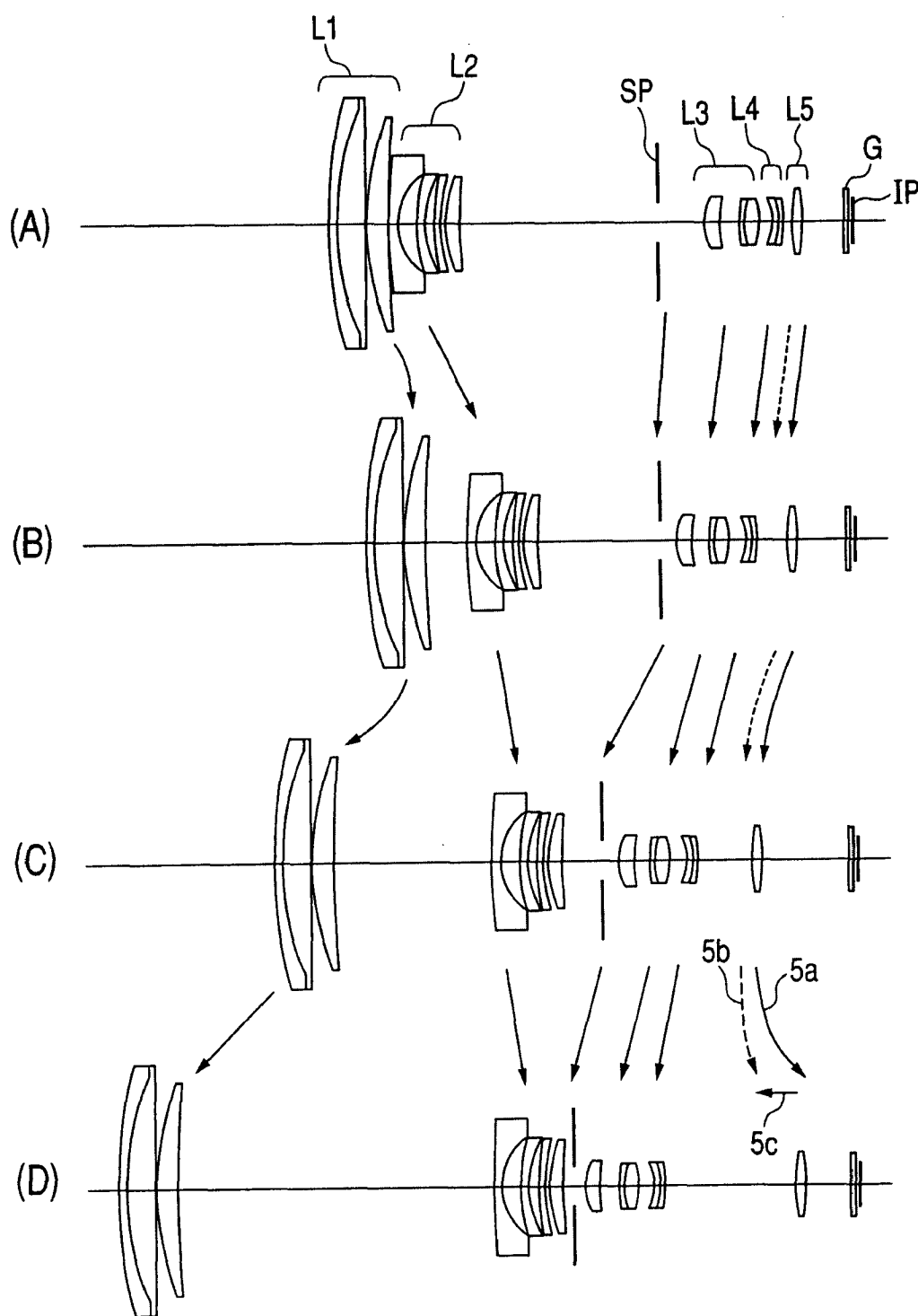


图 7

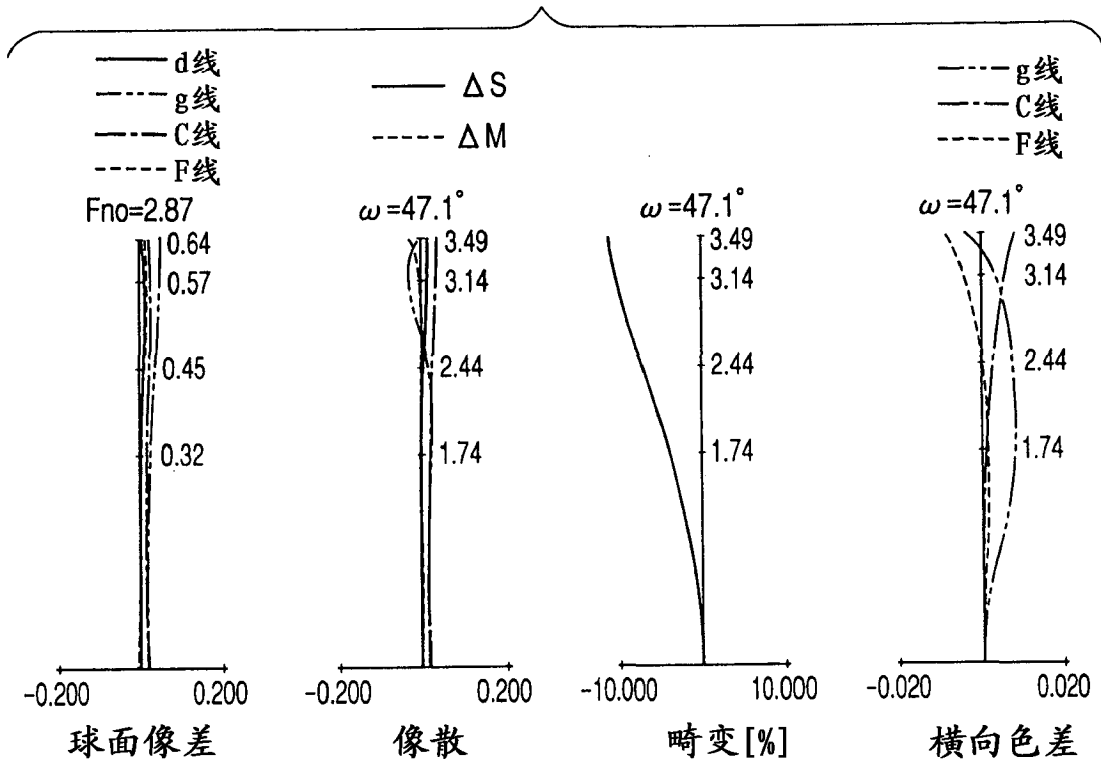


图 8A

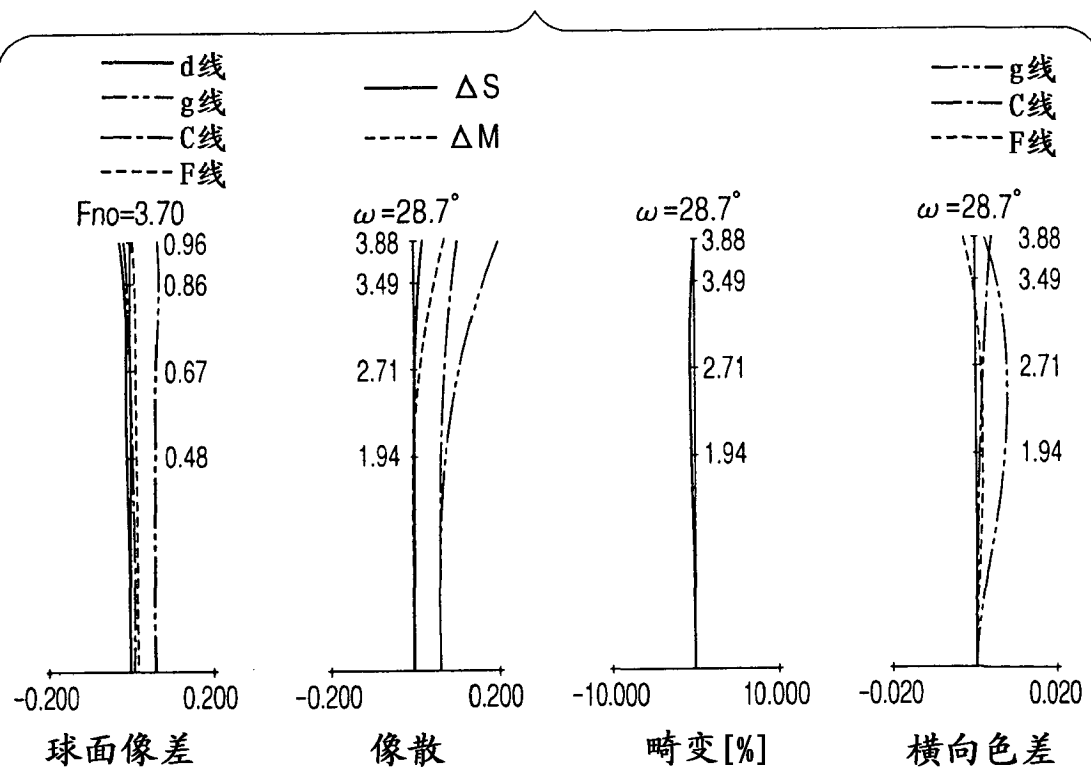


图 8B

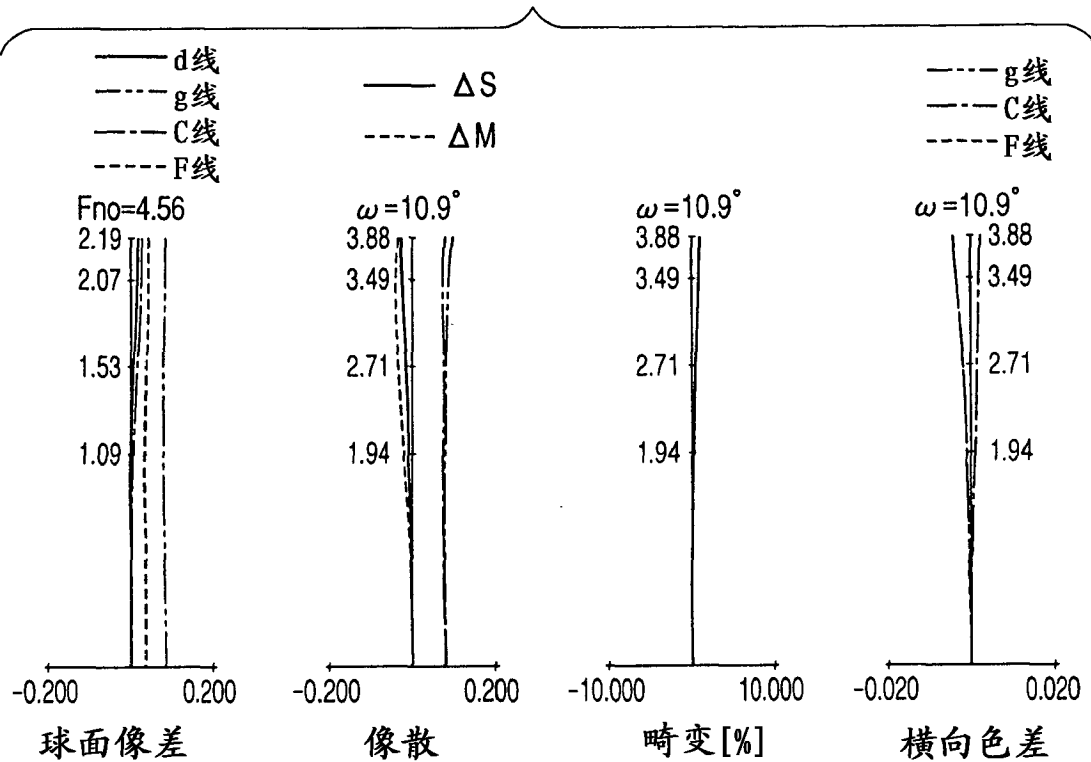


图 8C

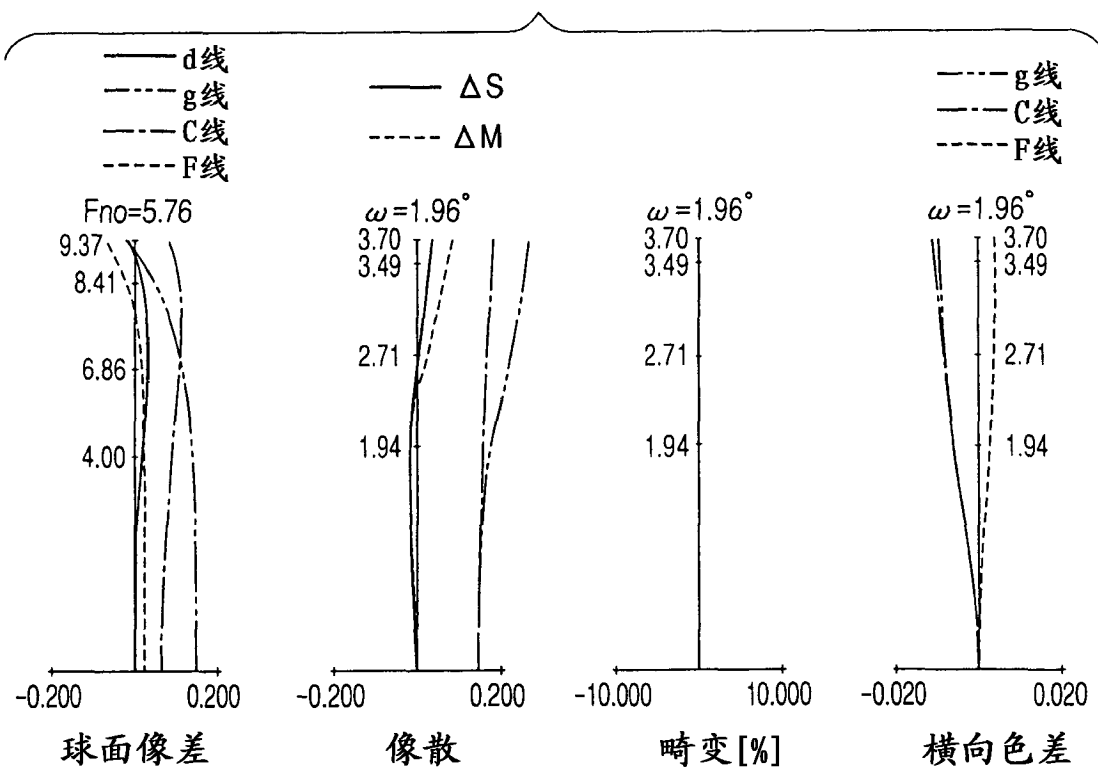


图 8D

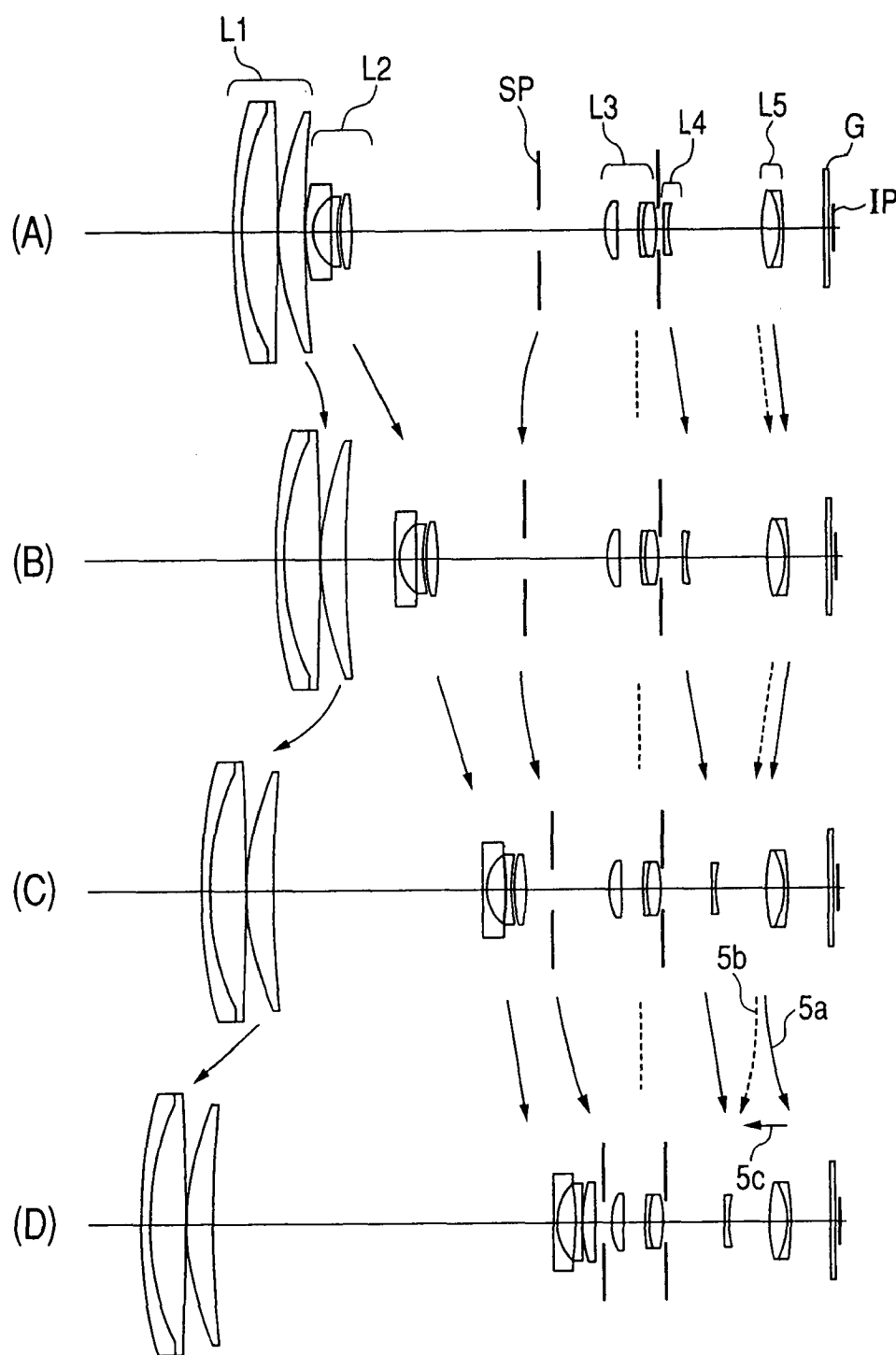


图 9

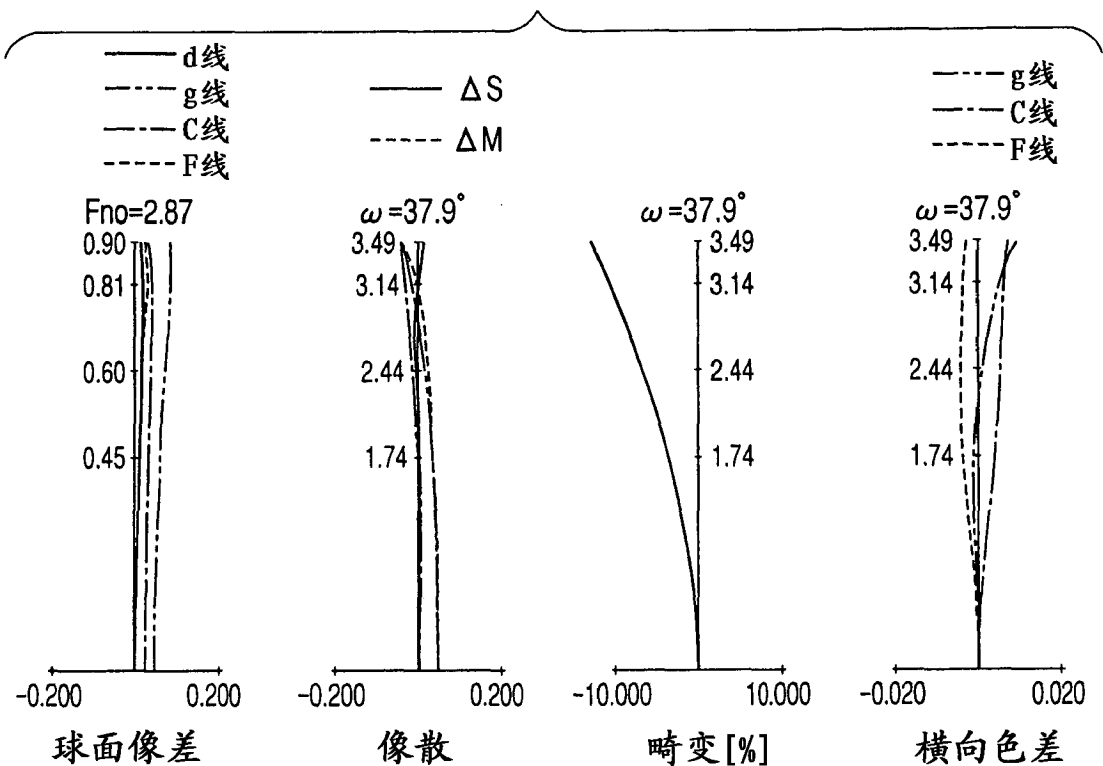


图 10A

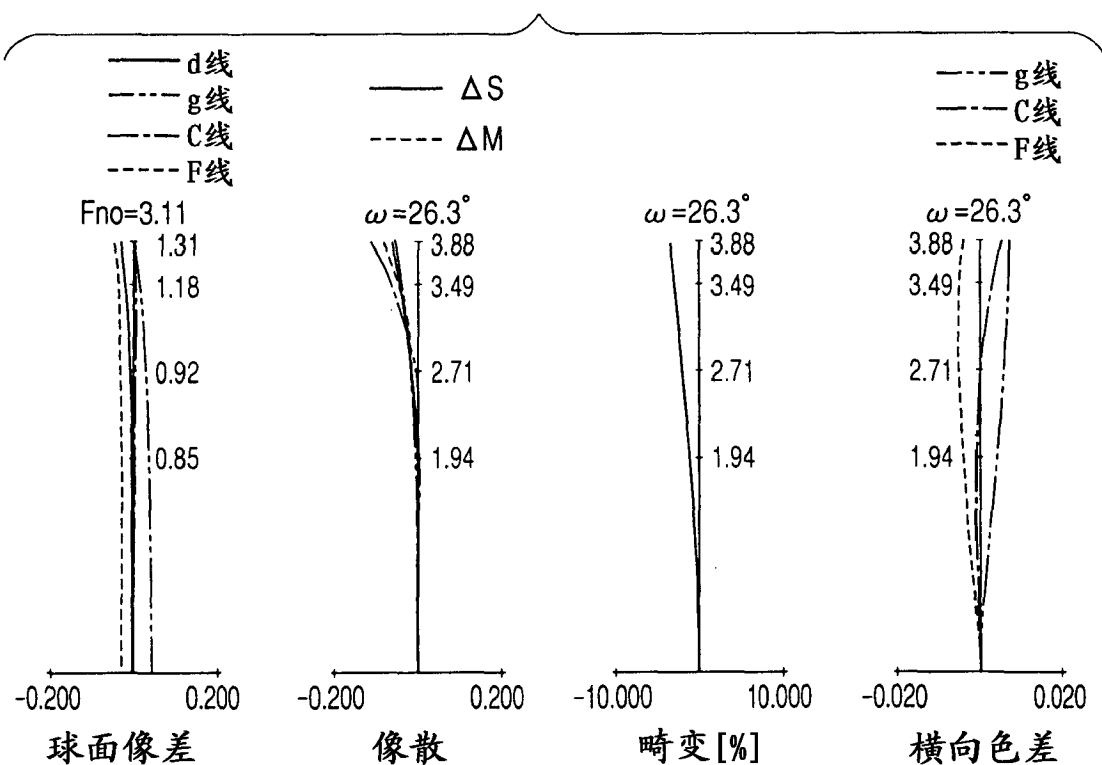


图 10B

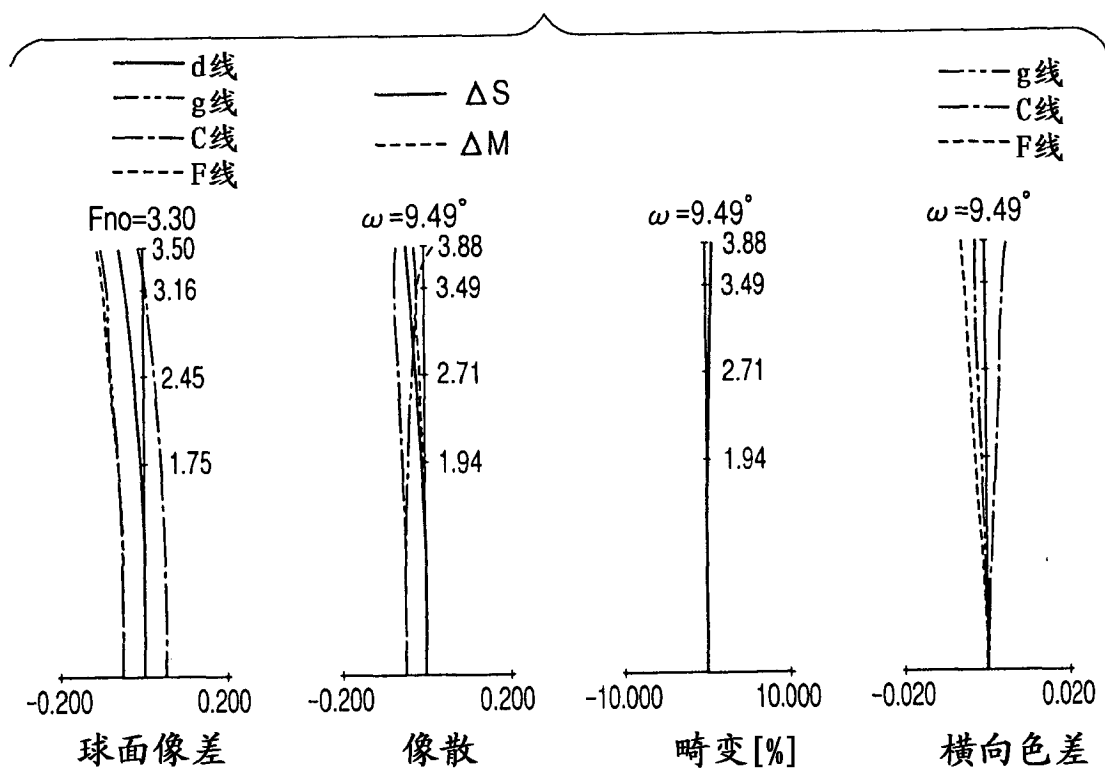


图 10C

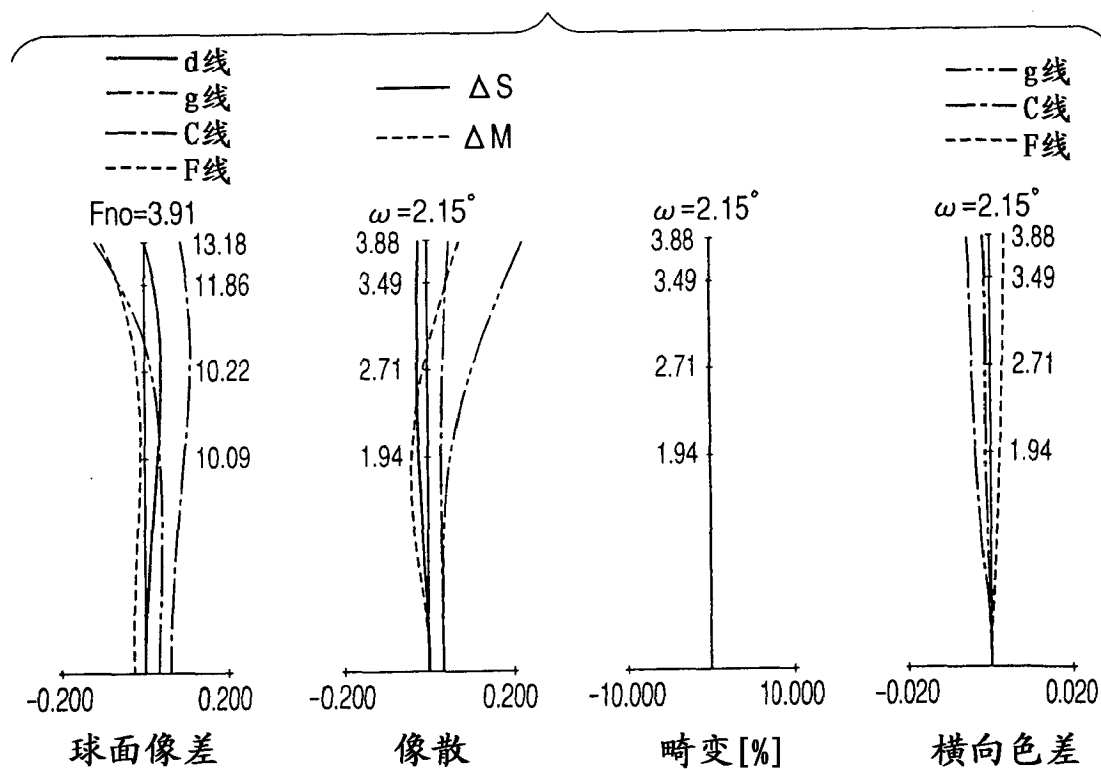


图 10D

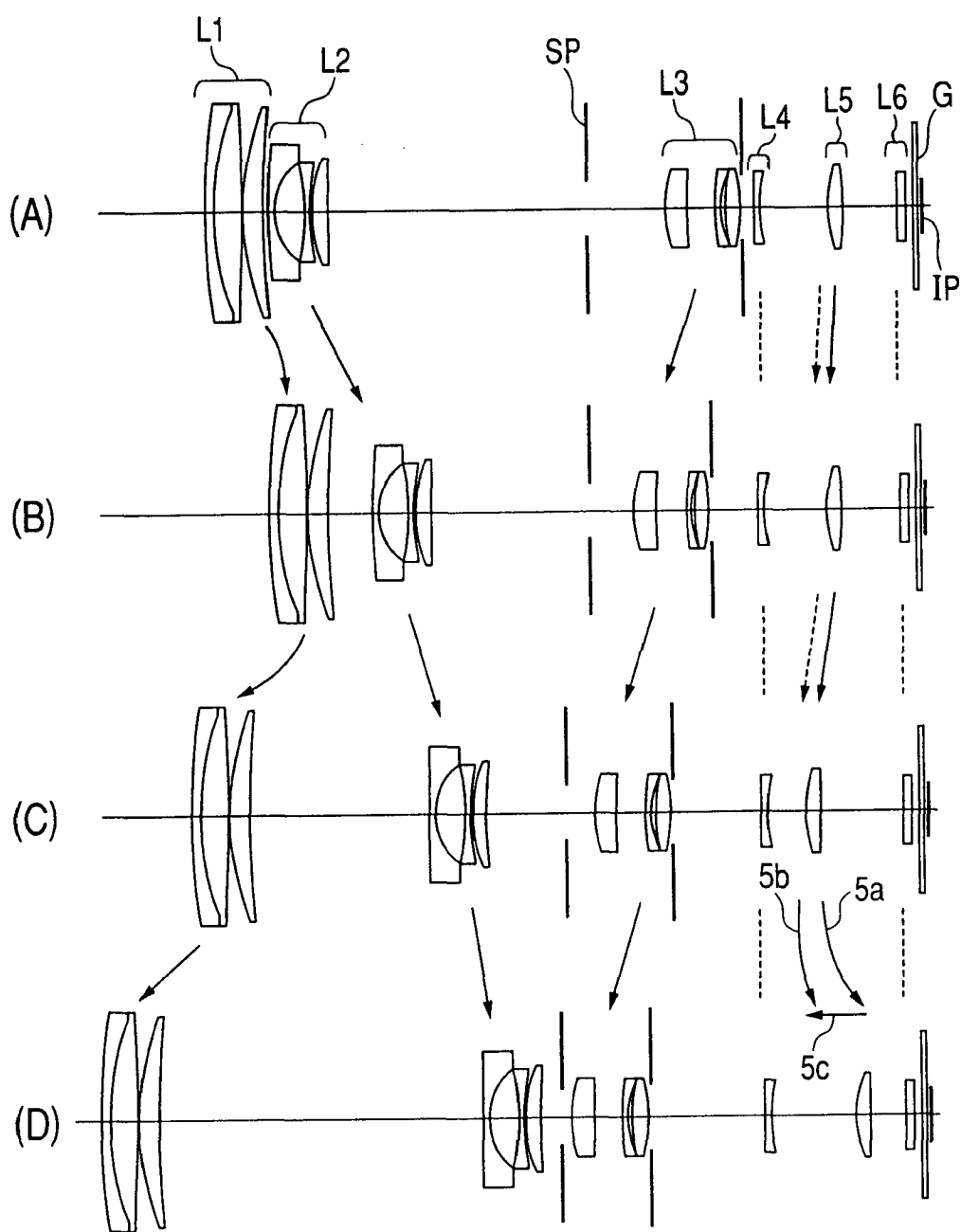


图 11

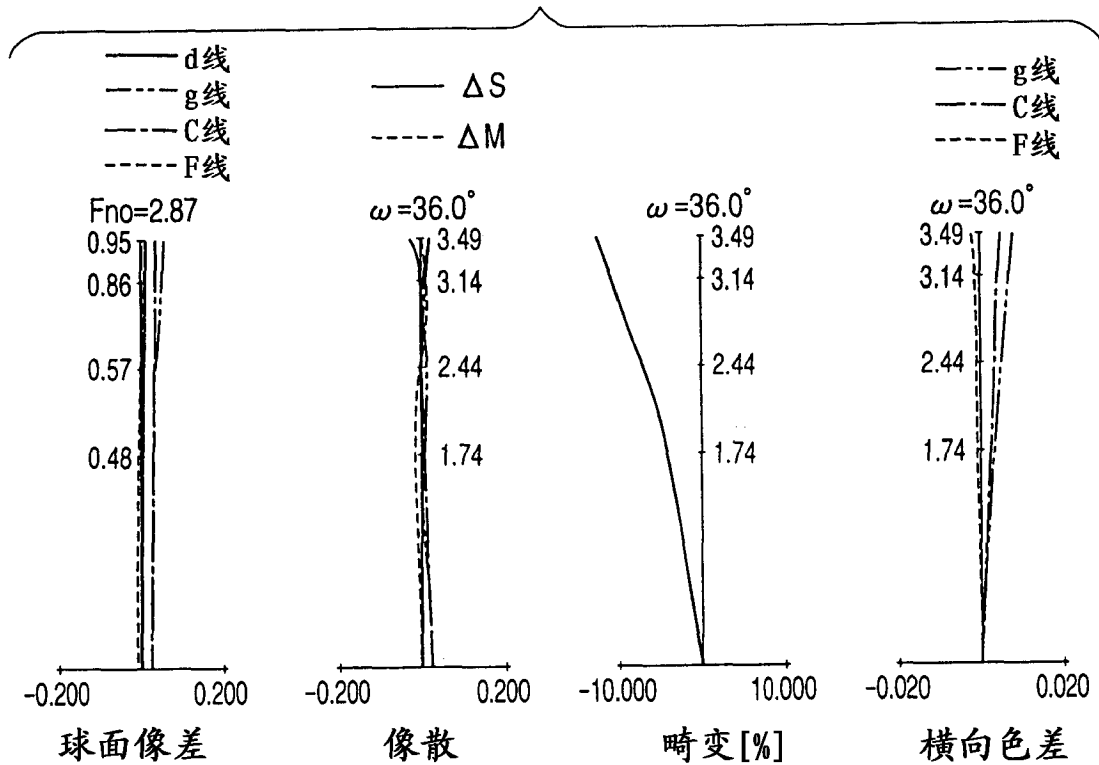


图 12A

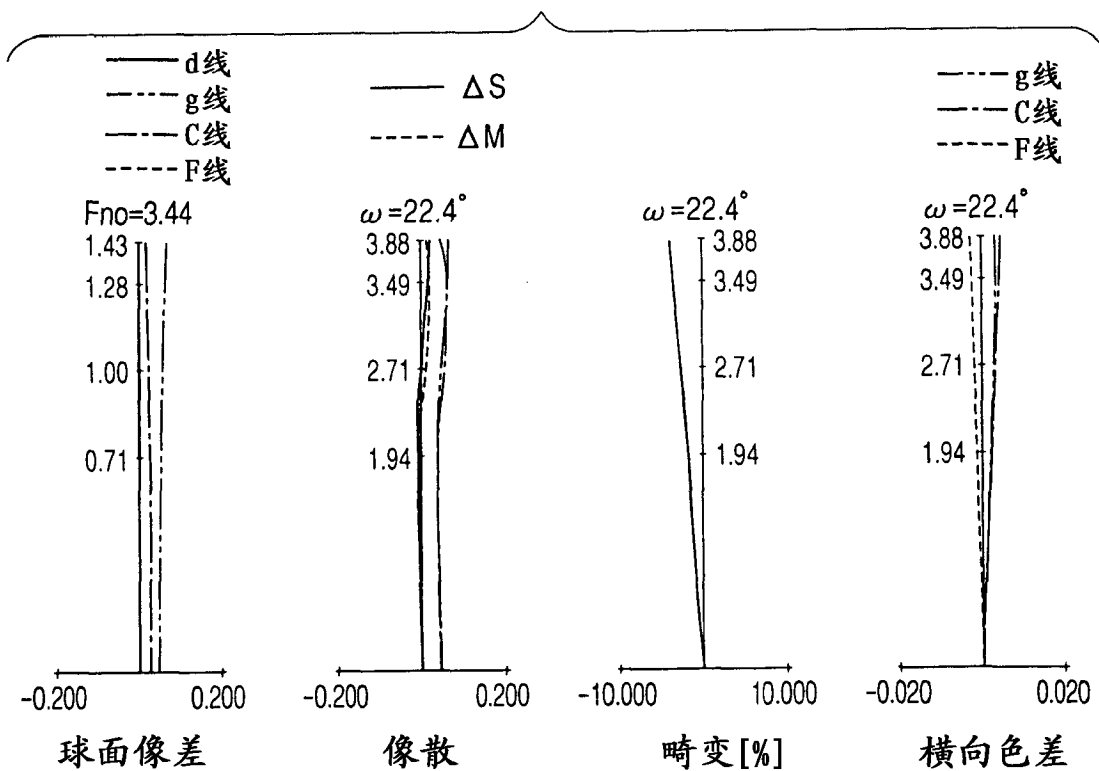


图 12B

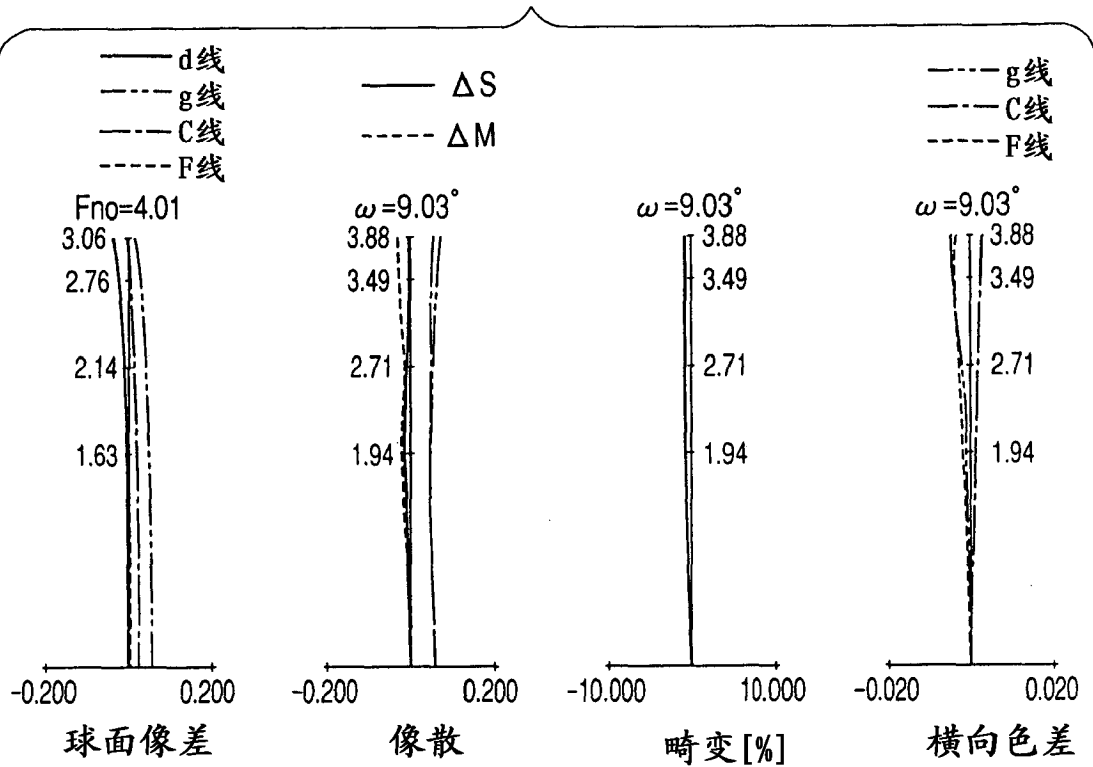


图 12C

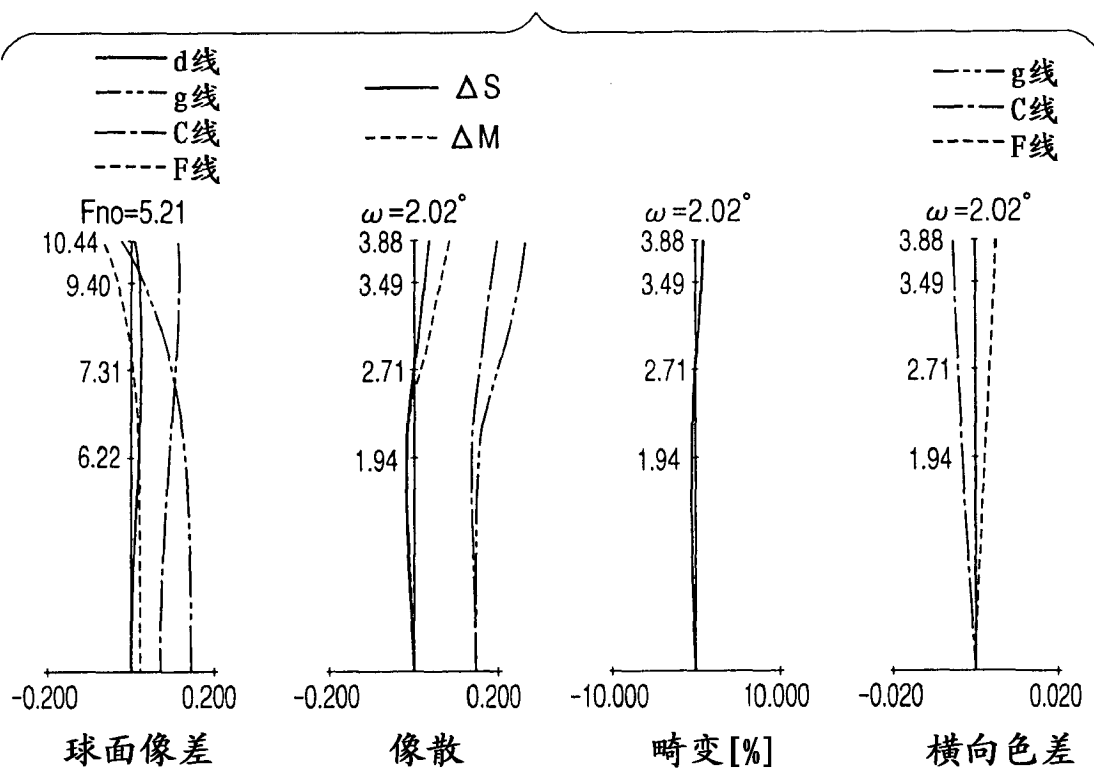


图 12D

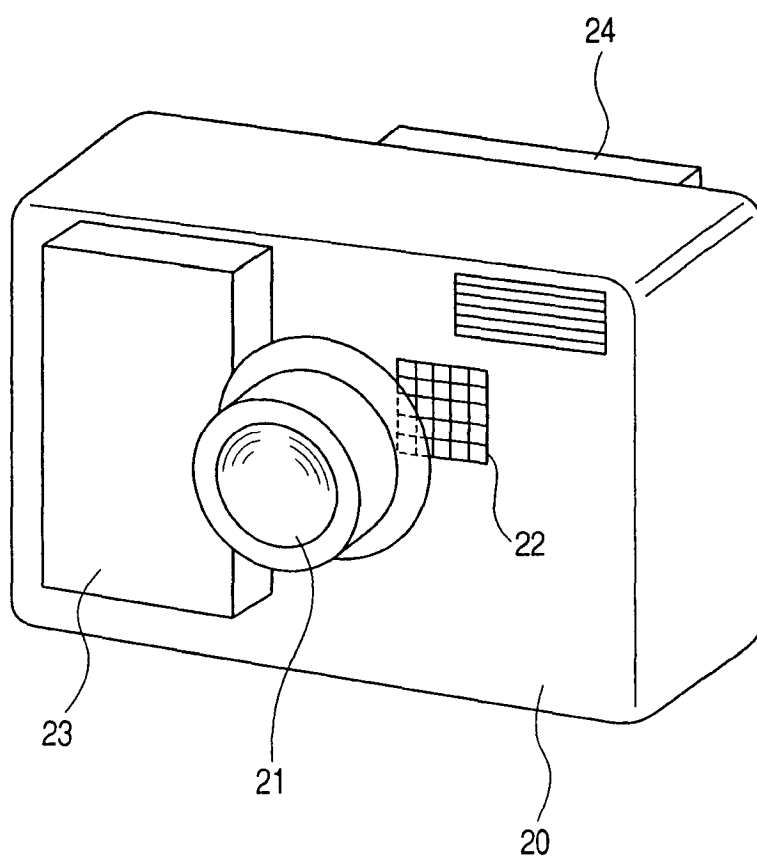


图 13