



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102216825 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 27

(21) 申请号 200980000396. 7

G02B 13/18(2006. 01)

(22) 申请日 2009. 04. 03

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

099206/2008 2008. 04. 07 JP

JP 10-133109 A, 1998. 05. 22,

JP 11-084239 A, 1999. 03. 26,

JP 2001091833 A, 2001. 04. 06,

JP 2001-350093 A, 2001. 12. 21,

CN 1353317 A, 2002. 06. 12,

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 12. 02

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2009/057305 2009. 04. 03

审查员 刘汉承

(87) PCT申请的公布数据

W02009/125823 EN 2009. 10. 15

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 斋藤慎一郎

(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 魏小薇

(51) Int. Cl.

G02B 15/20(2006. 01)

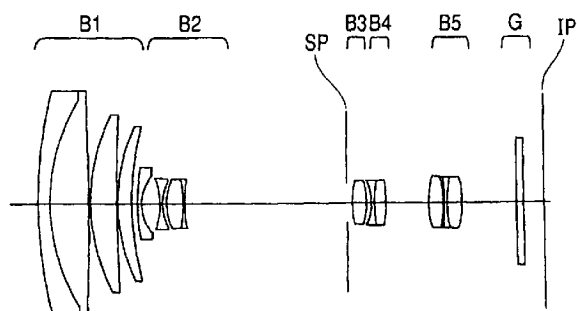
权利要求书 2 页 说明书 20 页 附图 19 页

### (54) 发明名称

变焦透镜系统和包含变焦透镜系统的相机

### (57) 摘要

本发明提供一种变焦透镜系统, 该变焦透镜系统从物侧到像侧依次包括: 具有正光焦度的第一透镜单元; 具有负光焦度的第二透镜单元; 具有正光焦度的第三透镜单元; 具有负光焦度的第四透镜单元; 和具有正光焦度的第五透镜单元。在该变焦透镜系统中, 第四透镜单元和第五透镜单元之间的放大倍率分配与作为主放大透镜单元的第二透镜单元的移动量被适当地设定, 以在整个变焦范围上实现高的变焦比和高的光学性能。



1. 一种变焦透镜系统,该变焦透镜系统从物侧到像侧依次包括:

具有正光焦度并且对于变焦不移动的第一透镜单元;

具有负光焦度的第二透镜单元;

具有正光焦度的第三透镜单元;

具有负光焦度的第四透镜单元;和

具有正光焦度并且为了变焦沿朝物侧凸起的轨迹移动的第五透镜单元,

其中,在包含于变焦透镜系统中的透镜单元之中,第二透镜单元的望远端处的成像放大倍率与广角端处的成像放大倍率的比最大,

并且,满足以下条件:

$$1.4 < \max |\beta_4 \times \beta_5| / \min |\beta_4 \times \beta_5| < 14$$

这里,  $\max |\beta_4 \times \beta_5|$  表示从广角端到望远端的变焦中第四透镜单元的横向放大倍率和第五透镜单元的横向放大倍率的积的最大值,并且,  $\min |\beta_4 \times \beta_5|$  表示从广角端到望远端的变焦中第四透镜单元的横向放大倍率和第五透镜单元的横向放大倍率的积的最小值。

2. 根据权利要求1的变焦透镜系统,

其中,满足以下条件:

$$3.0 < |f_4|/f_w < 12$$

这里,  $f_4$  表示第四透镜单元的焦距,而  $f_w$  表示变焦透镜系统的广角端处的焦距。

3. 根据权利要求1的变焦透镜系统,

其中,满足以下条件:

$$0.82 < |f_2|/f_w < 5.0$$

这里,  $f_2$  表示第二透镜单元的焦距,而  $f_w$  表示变焦透镜系统的广角端处的焦距。

4. 根据权利要求1的变焦透镜系统,

其中,满足以下条件:

$$39 < |\beta_{2T}/\beta_{2W}| < 350$$

这里,  $\beta_{2W}$  和  $\beta_{2T}$  分别表示第二透镜单元的广角端处和望远端处的横向放大倍率。

5. 一种变焦透镜系统,该变焦透镜系统从物侧到像侧依次包括:

具有正光焦度的第一透镜单元;

具有负光焦度的第二透镜单元;

具有正光焦度的第三透镜单元;

具有负光焦度的第四透镜单元;和

具有正光焦度并且为了变焦沿朝物侧凸起的轨迹移动的第五透镜单元,

其中,在包含于变焦透镜系统中的透镜单元之中,第二透镜单元的望远端处的成像放大倍率与广角端处的成像放大倍率的比最大,

并且,其中满足以下条件:

$$1.9 < \max |\beta_4 \times \beta_5| / \min |\beta_4 \times \beta_5| < 14; \text{以及}$$

$$0.4 < st_2/f_w < 20$$

这里,  $\max |\beta_4 \times \beta_5|$  表示从广角端到望远端的变焦中第四透镜单元的横向放大倍率和第五透镜单元的横向放大倍率的积的最大值,并且,  $\min |\beta_4 \times \beta_5|$  表示从广角端到望远端的变焦中第四透镜单元的横向放大倍率和第五透镜单元的横向放大倍率的积的最小

值,  $st_2$  表示从广角端到望远端的变焦中第二透镜单元的移动量, 并且,  $f_w$  表示变焦透镜系统的广角端处的焦距。

6. 根据权利要求 5 的变焦透镜系统,  
其中, 满足以下条件:

$$3.0 < |f_4|/f_w < 12$$

这里,  $f_4$  表示第四透镜单元的焦距。

7. 根据权利要求 5 的变焦透镜系统,  
其中, 满足以下条件:

$$0.82 < |f_2|/f_w < 5.0$$

这里,  $f_2$  表示第二透镜单元的焦距。

8. 根据权利要求 5 的变焦透镜系统,  
其中, 满足以下条件:

$$39 < |\beta_{2T}/\beta_{2W}| < 350$$

这里,  $\beta_{2W}$  和  $\beta_{2T}$  分别表示第二透镜单元的广角端处和望远端处的横向放大倍率。

9. 一种相机, 该相机包括:

根据权利要求 1 的变焦透镜系统; 和

用于接收通过所述变焦透镜系统形成的图像的光的固态图像拾取元件。

10. 一种相机, 该相机包括:

根据权利要求 5 的变焦透镜系统; 和

用于接收通过所述变焦透镜系统形成的图像的光的固态图像拾取元件。

## 变焦透镜系统和包含变焦透镜系统的相机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及变焦透镜系统和包含所述变焦透镜系统的相机。例如,本发明适用于摄像机、数字静态照相机、广播照相机、卤化银胶片照相机、监视照相机等。

### 背景技术

[0002] 用于具有固态图像拾取元件(例如,CCD 或 CMOS 图像传感器)的诸如摄像机或数字静态照相机的相机的拍摄(shoot)光学系统需要是具有高的变焦比和高的光学性能的变焦透镜系统。

[0003] 作为可满足所述要求的变焦透镜系统中的一种,已知一种在物侧设置具有正折光力的透镜单元的正引导型变焦透镜系统。

[0004] 正引导型变焦透镜系统可容易地被调整为具有高的变焦比,并由此常被用于特别是具有 10 或更高的变焦比的变焦透镜系统。例如,已知一种从物侧到像侧依次包含具有正折光力、负折光力、正折光力、负折光力和正折光力的五个透镜单元的变焦透镜系统(参见与美国专利申请 No. 2006/0152816 对应的日本专利申请公开 No. 2004-240398、日本专利申请公开 No. H05-215967(与美国专利 No. 5388004 对应)、日本专利申请公开 No. 2001-330777(与美国专利 No. 6631034 对应)、日本专利申请公开 No. 2002-365547 和日本专利申请公开 No. S49-066354(与美国专利 No. 3912373 对应))。

[0005] 一般地,为了在变焦透镜系统中实现高的变焦比,应增强改变整个变焦透镜系统的总变焦比的透镜单元(以下,称为主放大透镜单元)的折光力,或者,应主要增大用于变焦的主放大透镜单元的移动量。

[0006] 如果简单地增强主放大透镜单元的折光力以增大移动量,那么可以实现高的变焦比,但是,变焦时的像差变化增大,使得变得难以在整个变焦范围上获得高的光学性能。

[0007] 为了实现高的变焦比并在整个变焦范围上获得高的光学性能,适当地设定用于变焦的变焦透镜系统的各单个透镜单元的放大倍率分配(share)并适当地设定移动量是重要的。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的是,提供具有高的变焦比并可在整个变焦范围上实现高的光学性能的变焦透镜系统。

[0009] 本发明的示例性变焦透镜系统是这样一种变焦透镜系统,即,该变焦透镜系统从物侧到像侧依次包括:具有正光焦度的第一透镜单元;具有负光焦度的第二透镜单元;具有正光焦度的第三透镜单元;具有负光焦度的第四透镜单元;和具有正光焦度的第五透镜单元。在该变焦透镜系统中,第四透镜单元和第五透镜单元之间的放大倍率分配被适当地设定,并且作为主放大透镜单元的第二透镜单元的移动量被适当地设定。

### 附图说明

- [0010] 图 1 是根据实施例 1 的变焦透镜系统的广角端处的透镜的截面图。
- [0011] 图 2 示出根据实施例 1 的变焦透镜系统中的各单个透镜单元的运动轨迹 (locus)。
- [0012] 图 3 是实施例 1 的像差图 (在广角端处)。
- [0013] 图 4 是实施例 1 的像差图 (在中间点 1 处)。
- [0014] 图 5 是实施例 1 的像差图 (在中间点 2 处)。
- [0015] 图 6 是实施例 1 的像差图 (在中间点 3 处)。
- [0016] 图 7 是实施例 1 的像差图 (在中间点 4 处)。
- [0017] 图 8 是实施例 1 的像差图 (在望远端处)。
- [0018] 图 9 是根据实施例 2 的变焦透镜系统的广角端处的透镜的截面图。
- [0019] 图 10 示出根据实施例 2 的变焦透镜系统中的各单个透镜单元的运动轨迹。
- [0020] 图 11 是实施例 2 的像差图 (在广角端处)。
- [0021] 图 12 是实施例 2 的像差图 (在中间点 1 处)。
- [0022] 图 13 是实施例 2 的像差图 (在中间点 2 处)。
- [0023] 图 14 是实施例 2 的像差图 (在中间点 3 处)。
- [0024] 图 15 是实施例 2 的像差图 (在中间点 4 处)。
- [0025] 图 16 是实施例 2 的像差图 (在望远端处)。
- [0026] 图 17 是根据实施例 3 的变焦透镜系统的广角端处的透镜的截面图。
- [0027] 图 18 示出根据实施例 3 的变焦透镜系统中的各单个透镜单元的运动轨迹。
- [0028] 图 19 是实施例 3 的像差图 (在广角端处)。
- [0029] 图 20 是实施例 3 的像差图 (在中间点 1 处)。
- [0030] 图 21 是实施例 3 的像差图 (在中间点 2 处)。
- [0031] 图 22 是实施例 3 的像差图 (在中间点 3 处)。
- [0032] 图 23 是实施例 3 的像差图 (在望远端处)。
- [0033] 图 24 是根据实施例 4 的变焦透镜系统的广角端处的透镜的截面图。
- [0034] 图 25 示出根据实施例 4 的变焦透镜系统中的各单个透镜单元的运动轨迹。
- [0035] 图 26 是实施例 4 的像差图 (在广角端处)。
- [0036] 图 27 是实施例 4 的像差图 (在中间点 1 处)。
- [0037] 图 28 是实施例 4 的像差图 (在中间点 2 处)。
- [0038] 图 29 是实施例 4 的像差图 (在中间点 3 处)。
- [0039] 图 30 是实施例 4 的像差图 (在望远端处)。
- [0040] 图 31 是根据实施例 5 的变焦透镜系统的广角端处的透镜的截面图。
- [0041] 图 32 示出根据实施例 5 的变焦透镜系统中的各单个透镜单元的运动轨迹。
- [0042] 图 33 是实施例 5 的像差图 (在广角端处)。
- [0043] 图 34 是实施例 5 的像差图 (在中间点 1 处)。
- [0044] 图 35 是实施例 5 的像差图 (在中间点 2 处)。
- [0045] 图 36 是实施例 5 的像差图 (在望远端处)。
- [0046] 图 37 是根据本发明的相机的主要部分的示意图。
- [0047] 图 38 是根据本发明的相机的主要部分的示意图。

## 具体实施方式

[0048] 以下,根据附图详细描述根据本发明的每一个实施例的变焦透镜系统和包括所述变焦透镜系统的相机。

[0049] 根据本发明的变焦透镜系统包括从物侧到像侧依次设置的具有正折光力(“光焦度”=“焦距的倒数”)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。

[0050] 当执行变焦时,第二透镜单元沿光轴移动。在包含于变焦透镜系统中的多个透镜单元之中,第二透镜单元是望远端处的成像放大倍率与广角端处的成像放大倍率的比最大的主放大透镜单元。当执行变焦时,第五透镜单元沿朝物侧凸起的轨迹移动。

[0051] 图1是根据例子1的变焦透镜系统在广角端(短焦距端)处的主要部分的截面图。图2是例子1的变焦透镜系统中的透镜单元的运动轨迹的说明图。图3~8分别是例子1的变焦透镜系统的广角端、中间点1的变焦位置、中间点2的变焦位置、中间点3的变焦位置、中间点4的变焦位置和望远端(长焦距端)处的像差图。

[0052] 图9是根据例子2的变焦透镜系统在广角端处的主要部分的截面图。图10是例子2的变焦透镜系统中的透镜单元的运动轨迹的说明图。图11~16分别是例子2的变焦透镜系统的广角端、中间点1的变焦位置、中间点2的变焦位置、中间点3的变焦位置、中间点4的变焦位置和望远端处的像差图。

[0053] 图17是例子3的变焦透镜系统在广角端处的主要部分的截面图。图18是例子3的变焦透镜系统中的透镜单元的运动轨迹的说明图。图19~23分别是例子3的变焦透镜系统的广角端、中间点1的变焦位置、中间点2的变焦位置、中间点3的变焦位置和望远端处的像差图。

[0054] 图24是例子4的变焦透镜系统在广角端处的主要部分的截面图。图25是例子4的变焦透镜系统中的透镜单元的运动轨迹的说明图。图26~30分别是例子4的变焦透镜系统的广角端、中间点1的变焦位置、中间点2的变焦位置、中间点3的变焦位置和望远端处的像差图。

[0055] 图31是例子5的变焦透镜系统在广角端处的主要部分的截面图。图32是例子5的变焦透镜系统中的透镜单元的运动轨迹的说明图。图33~36分别是例子5的变焦透镜系统的广角端、中间点1的变焦位置、中间点2的变焦位置和望远端处的像差图。

[0056] 注意,各实施例中的中间点1~4的变焦位置的焦距对应于后面描述的数值实施例中的广角端和望远端之间的多个变焦位置的焦距。

[0057] 图37和图38是示出根据本发明的包含变焦透镜系统的相机的主要部分的示意图。

[0058] 根据每一个实施例的变焦透镜系统是由于摄像机、数字照相机等的拍摄透镜系统。在透镜的截面图中,左侧对应于物侧(前侧),并且,右侧对应于像侧(后侧)。

[0059] 在透镜的截面图中,第一透镜单元B1具有正折光力,第二透镜单元B2具有负折光力,第三透镜单元B3具有正折光力,第四透镜单元B4具有负折光力,第五透镜单元B5具有正折光力。

[0060] 在根据每一个实施例的变焦透镜系统中,在第三透镜单元B3的物侧设置孔径光阑SP。

[0061] 光学块 (optical block)G 对应于滤光器、面板 (平板玻璃)、石英低通滤波器或红外截止滤波器。

[0062] 当根据本发明的变焦透镜系统被用作摄像机或数字静态照相机的拍摄光学系统时,诸如 CCD 传感器或 CMOS 传感器的固态图像拾取元件 (光电换能器) 的成像面被设置在像面 IP 处。

[0063] 在示出各透镜单元的运动轨迹的说明图中,部分 (A) 示出广角端,部分 (B) 示出中间变焦位置,而部分 (C) 示出望远端。

[0064] 并且,箭头表示透镜单元在从广角端到望远端的变焦中的运动轨迹。

[0065] 在像差图中,子午像面 (meridional image plane) 和弧矢面 (sagittal plane) 分别由附图标记  $\Delta M$  和  $\Delta S$  表示。半场角 (拍摄场角的半值) 由附图标记  $\omega$  表示,并且,  $f$  数由附图标记  $Fno$  表示。

[0066] 在每一个实施例中,透镜单元在从广角端到望远端的变焦中的移动条件如下。

[0067] 在实施例 1 中,从广角端 (A) 到中间变焦位置 (B),第二透镜单元 B2 向像侧移动,而第五透镜单元 B5 沿朝物侧凸起的轨迹移动。

[0068] 从中间变焦位置 (B) 到望远端 (C),第四透镜单元 B4 和第五透镜单元 B5 相互独立地向像侧移动。对于该变焦,第一透镜单元 B1 和第三透镜单元 B3 不移动。

[0069] 在实施例 2 中,从广角端 (A) 到中间变焦位置 (B),第二透镜单元 B2 向像侧移动。第三透镜单元 B3 和第四透镜单元 B4 作为一个单元沿各自的朝物侧凸起的轨迹移动。第五透镜单元 B5 沿朝物侧凸起的轨迹移动。

[0070] 从中间变焦位置 (B) 到望远端 (C),第四透镜单元 B4 和第五透镜单元 B5 相互独立地向像侧移动。对于该变焦,第一透镜单元 B1 不移动。

[0071] 因此,在实施例 1 和 2 中,为了实现高的变焦比,使用所谓的双变焦方法。

[0072] 在实施例 3 中,当从广角端 (A) 到望远端 (C) 执行变焦时,第二透镜单元 B2 向像侧移动。第三透镜单元 B3、第四透镜单元 B4 和第五透镜单元 B5 相互独立地沿各自的朝物侧凸起的轨迹移动。对于该变焦,第一透镜单元 B1 不移动。

[0073] 在实施例 4 中,当从广角端到望远端执行变焦时,第一透镜单元 B1 沿朝像侧凸起的轨迹移动。第二透镜单元 B2 向像侧移动。第三透镜单元 B3、第四透镜单元 B4 和第五透镜单元 B5 相互独立地沿各自的朝物侧凸起的轨迹移动。

[0074] 在实施例 5 中,当从广角端到望远端执行变焦时,第二透镜单元 B2 和第四透镜单元 B4 向像侧移动。第五透镜单元 B5 沿朝物侧凸起的轨迹移动。对于该变焦,第一透镜单元 B1 和第三透镜单元 B3 不移动。

[0075] 在各实施例的变焦透镜系统中,第二透镜单元 B2 是主放大透镜单元。这里,主放大透镜单元意味着包含于变焦透镜系统中的所有透镜单元之中的望远端处的成像放大倍率与广角端处的成像放大倍率的比最大的透镜单元。

[0076] 另外,在各实施例的变焦透镜系统中,当执行变焦时,第五透镜单元 B5 沿朝物侧凸起的轨迹 (至少其一部分) 移动。

[0077] 每一个实施例采用第五透镜单元 B5 为了聚焦沿光轴移动的后焦点 (rear focus) 方法。当在望远端处从无限远处物体向近点处物体执行聚焦时,第五透镜单元 B5 为了聚焦被向前驱动。

[0078] 各实施例的变焦透镜系统采用易于保证高的变焦比并适当地校正像差的变焦类型。换句话说,透镜结构从物侧到像侧依次包含具有正折光力、负折光力、正折光力、负折光力和正折光力的透镜单元。

[0079] 如果如实施例 1~3 和实施例 5 中描述的那样在执行变焦时第一透镜单元 B1 相对于成像面是固定的,那么易于维持高的位置精度。

[0080] 另外,能够减少可移动透镜单元的数量,使得机械部件可被简化。如果机械部件被简化,那么能够减少垃圾等的产生。另外,由于当固定诸如转换器 (converter) 透镜的附件时可以保证强度,因此这是优选的。

[0081] 假定本发明被应用于如在各实施例中那样具有五个透镜单元的变焦透镜系统,其中,第二透镜单元是主放大透镜单元,并且,当执行变焦时,第五透镜单元沿朝物侧凸起的轨迹(至少其一部分)移动。在这种变焦透镜系统中,满足以下的条件式(1),或者,满足条件式(1)和(2)。

$$[0082] \quad 1.4 < \max |\beta 4 \times \beta 5| / \min |\beta 4 \times \beta 5| < 14 \dots (1)$$

$$[0083] \quad 0.4 < st2/fw < 20 \dots (2)$$

[0084] 这里,  $\max |\beta 4 \times \beta 5|$  表示从广角端到望远端的变焦中第四透镜单元的横向放大倍率  $\beta 4$  和第五透镜单元的横向放大倍率  $\beta 5$  的积的最大值。并且,  $\min |\beta 4 \times \beta 5|$  表示从广角端到望远端的变焦中第四透镜单元的横向放大倍率  $\beta 4$  和第五透镜单元的横向放大倍率  $\beta 5$  的积的最小值。

[0085] 另外,  $st2$  表示从广角端到望远端的变焦中第二透镜单元的移动量。该移动量对于向像侧的移动具有正号,并且对于相反方向的移动具有负号。并且,  $fw$  表示整个系统的广角端处的焦距。

[0086] 注意,第二透镜单元的移动量  $st2$  对应于望远端处的位置相对于广角端处的位置的位移。因此,如果第二透镜单元在广角端处的位置与第二透镜单元在望远端处的位置相同,那么第二透镜单元的移动量  $st2$  为零。另外,如果对于从广角端到望远端的变焦第二透镜单元不移动、并且另一透镜单元或固态图像拾取元件相对地移动,那么第二透镜单元的移动量  $st2$  也为零。

[0087] 条件式(1)定义第四透镜单元和第五透镜单元在变焦中的放大作用,并且是用于保证高的变焦比的条件。

[0088] 如果  $\max |\beta 4 \times \beta 5| / \min |\beta 4 \times \beta 5|$  变得比条件式(1)的下限小,那么意味着第四透镜单元和第五透镜单元的放大作用变得太小。结果,难以实现高的变焦比。另外,也变得难以减小整个系统的尺寸并减少望远端或其附近的横向色差的变化。相反,如果  $\max |\beta 4 \times \beta 5| / \min |\beta 4 \times \beta 5|$  变得比条件式(1)的上限大,那么可以容易地实现高的变焦比,但是,变焦中成像面的变化增大。结果,难以维持高的光学性能。

[0089] 条件式(1)的数值范围更优选被设定如下。

$$[0090] \quad 1.9 < \max |\beta 4 \times \beta 5| / \min |\beta 4 \times \beta 5| < 12 \dots (1a)$$

[0091] 更优选地,条件式(1a)的数值范围被设为条件式(1b)。因此,可以适当地抑制望远端或其附近的横向色差的变化,并且,可以适当地校正望远端或其附近的第五透镜单元的焦点位置的敏感性(sensitivity)。

$$[0092] \quad 4.0 < \max |\beta 4 \times \beta 5| / \min |\beta 4 \times \beta 5| < 12 \dots (1b)$$



[0093] 条件式 (2) 涉及第二透镜单元在变焦中的移动量。

[0094] 通过增大第一透镜单元的移动量,也可实现高的变焦比。但是,在这种情况下,在望远端处第一透镜单元必须大幅度地向物侧移动。因此,望远端处的透镜的总长度变大。另外,望远端处的第一透镜单元的偏心(decentering)敏感性也增大。因此,优选适当地将第二透镜单元的移动量设为满足条件式 (2)。

[0095] 如果第二透镜单元的移动量增大使得  $st2/fw$  变得比条件式 (2) 的上限大,那么,由于整个系统变长,因此这不好。相反,如果移动量减小使得  $st2/fw$  变得比条件式 (2) 的下限小,那么,由于第二透镜单元的放大倍率变得太小,因此难以实现高的变焦比。

[0096] 如果同时满足条件式 (1) 和条件式 (2),那么它不必是第一透镜单元在变焦中移动的变焦透镜系统。

[0097] 为了减小望远端处的第二透镜单元的透镜的偏心敏感性和总长度,条件式 (2) 的数值范围优选被设定如下。

[0098]  $1.0 < st2/fw < 15 \dots (2a)$

[0099] 更优选地,该数值范围应被设为满足条件式 (2b)。

[0100]  $2.0 < st2/fw < 12 \dots (2b)$

[0101] 通过满足以上的结构,实现作为本发明的初始目的的变焦透镜系统,但是,为了以小的尺寸实现可维持高的变焦比并具有高的光学性能的变焦透镜系统,优选满足以下的条件式 (3) ~ (5) 中的至少一个。

[0102]  $3.0 < |f4|/fw < 12 \dots (3)$

[0103]  $0.82 < |f2|/fw < 5.0 \dots (4)$

[0104]  $39 < |\beta 2T/\beta 2W| < 350 \dots (5)$

[0105] 这里, $f2$  表示第二透镜单元的焦距, $f4$  表示第四透镜单元的焦距,而  $\beta 2T$  和  $\beta 2W$  分别表示第二透镜单元的广角端处和望远端处的横向放大倍率。

[0106] 描述各单个条件式的技术含义。

[0107] 条件式 (3) 涉及第四透镜单元的光焦度。

[0108] 如果第四透镜单元的光焦度变得太强,使得  $|f4|/fw$  变得比条件式 (3) 的下限小,那么会在第四透镜单元中频繁地出现像差。特别地,会大大出现像场弯曲和像散。为了适当地校正这种像差,必须增大第四透镜单元的透镜的数量或使用许多的非球面。相反,如果  $|f4|/fw$  变得比条件式 (3) 的上限大,那么变得易于校正像差。但是,第四透镜单元在变焦中的移动量增大,由此透镜的总长度增大。

[0109] 更优选地,条件式 (3) 的数值范围应被设定如下。

[0110]  $3.5 < |f4|/fw < 10 \dots (3a)$

[0111] 并且,优选满足条件式 (3b)。因此,变得易于校正第四透镜单元的像差,并且能够减少变焦中的移动量。

[0112]  $4.0 < |f4|/fw < 8.0 \dots (3b)$

[0113] 条件式 (4) 涉及第二透镜单元的光焦度。

[0114] 如果  $f2/fw$  变得比条件式 (4) 的下限小,那么第二透镜单元的光焦度变得太强,由此会在第二透镜单元 B2 中频繁地出现像差。特别地,会大大出现像场弯曲。为了适当地校正这种像差,必须增大第二透镜单元的透镜的数量或使用许多的非球面。相反,如果

$|f2|/fw$  变得比条件式 (4) 的上限大, 那么变得易于校正像差。但是, 第二透镜单元在变焦中的移动量增大, 由此, 透镜的总长度增大并且前透镜直径增大。

[0115] 更优选地, 条件式 (4) 的数值范围应被设定如下。

$$[0116] \quad 0.9 < |f2|/fw < 4.0 \dots (4a)$$

[0117] 并且, 优选满足条件式 (4b)。因此, 变得易于校正第二透镜单元的像差并减小整个系统的尺寸。

$$[0118] \quad 1.5 < |f2|/fw < 4.0 \dots (4b)$$

[0119] 条件式 (5) 涉及第二透镜单元 B2 的放大作用。如果  $|\beta 2T/\beta 2W|$  变得比条件式 (5) 的下限小, 那么第二透镜单元的放大作用弱化。因此, 为了获得预定的变焦比, 必须增大第四透镜单元的焦度。从而, 变焦中的像面的变化增大并变得难以被抑制。另外, 如果  $|\beta 2T/\beta 2W|$  变得比上限大, 那么变得易于减小整个系统的尺寸并减小前透镜直径。但是, 由于像场弯曲和像散增大, 因此这不是优选的。

[0120] 更优选地, 条件式 (5) 的数值范围应被设定如下。

$$[0121] \quad 59 < |\beta 2T/\beta 2W| < 210 \dots (5a)$$

[0122] 这里, 以数值的方式描述各实施例中的第二透镜单元 B2 是主放大透镜单元。

[0123] 第  $i$  个透镜单元 ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ) 的广角端处和望远端处的横向放大倍率分别由  $\beta iW$  和  $\beta iT$  表示。在这种情况下, 第二透镜单元 B2 中的横向放大倍率的比值  $\beta 2T/\beta 2W$  比另一任意的第  $i$  个透镜单元的比值  $\beta iT/\beta iW$  大。

[0124] 换句话说, 满足下式。

$$[0125] \quad 1 \leq \frac{|\beta 2T/\beta 2W|}{|\beta iT/\beta iW|}$$

[0126] 注意, 优选在各实施例中进行设定使得满足下式。

[0127] (式 2)

$$[0128] \quad 1 < \frac{|\beta 2T/\beta 2W|}{|\beta 4T/\beta 4W|} < 1100$$

[0129] 现在, 对各单个实施例的变焦透镜系统重新进行描述。

[0130] 在实施例 1 和实施例 5 中, 孔径光阑 SP 在变焦中相对于像面是固定的。因此, 不必设置用于在变焦中移动孔径光阑 SP 的致动器, 并由此可以实现简单的结构。另外, 与孔径光阑 SP 和第三透镜单元 B3 一体地 (integrally) 移动的结构相比, 易于使得第三透镜单元 B3 小型化和轻量化。

[0131] 并且, 如果通过在变焦中固定第一透镜单元 B1 和第三透镜单元 B3 而在整个系统中将可移动透镜单元的数量控制为三个, 那么能够消除透镜在变焦中的总长度的变化。

[0132] 另外, 可以如实施例 1 和实施例 2 中描述的那样执行变焦, 其中, 第二透镜单元 B2 和第五透镜单元 B5 的组被用于从广角端到预定变焦位置的变焦, 并且, 第四透镜单元 B4 和第五透镜单元 B5 的组被用于从所述预定变焦位置到望远端的变焦。因此, 各变焦范围中的可移动透镜单元的数量变为最小 (两个)。因此, 可移动透镜单元的数量可在整个系统中被控制为三个, 同时可通过所谓的双变焦方法容易地实现高的变焦比。

[0133] 如上所述, 根据各单个实施例, 可通过透镜单元的结构和焦度布置

(arrangement),适当地设定放大倍率分配,并由此可获得具有高的变焦比和高的成像性能的变焦透镜系统。

[0134] 另外,根据各单个实施例,采用新的变焦方法,并由此可获得具有高的变焦比和小的整个系统的变焦透镜系统。

[0135] 下面,描述各透镜单元中的透镜的结构。

[0136] 在各实施例中,第一透镜单元 B1 包含:负透镜与正透镜的胶合(cement)透镜,以及在物侧具有凸面的两个正透镜。

[0137] 第二透镜单元 B2 至少包含两个负透镜和一个正透镜。

[0138] 注意,第二透镜单元 B2 优选至少包含:负透镜(该负透镜具有在物侧为凸面的弯月形状)、负透镜和正透镜。另外,优选使用非球面。

[0139] 根据该结构,易于减小前透镜直径并减小由于变焦导致的横向色差的变化。

[0140] 特别地,在各实施例中,第二透镜单元 B2 包含:具有在物侧为凸面的弯月形状的负透镜、双凹负透镜、以及双凸正透镜与双凹负透镜的胶合透镜。

[0141] 第三透镜单元 B3 包含单一的双凸正透镜。并且,在各实施例中,第三透镜单元 B3 沿具有与光轴垂直的分量的方向(在各实施例中为与光轴垂直的方向)移动,由此,图像的位置沿与光轴垂直的方向变化。

[0142] 因此,由于抖动等导致的图像的模糊被校正。换句话说,执行了图像稳定化。

[0143] 注意,第三透镜单元 B3 可包含多个透镜。在这种情况下,第三透镜单元 B3 的整体或一部分可沿具有与光轴垂直的分量的方向移动以校正图像的模糊(由于抖动导致的)。

[0144] 实施例 1~4 中的每一个中的第四透镜单元 B4 包含:负透镜和正透镜的胶合透镜。实施例 5 中的第四透镜单元 B4 包含:负透镜、正透镜、以及负透镜和正透镜的胶合透镜。

[0145] 第五透镜单元 B5 包含:双凸正透镜、以及负透镜和正透镜的胶合透镜。

[0146] 如上所述,在各实施例中,能够提供可适当地校正各种像差,具有高的变焦比和高的性能,并可被用于数字照相机、摄像机等的变焦透镜系统。

[0147] 以下,参照图 37 描述使用本发明的变焦透镜系统作为拍摄光学系统的数字静态照相机的实施例。

[0148] 在图 37 中,设置相机主体 20 和包含在实施例 1~5 中描述的变焦透镜系统中的任一个的拍摄光学系统 21。

[0149] 诸如 CCD 传感器或 CMOS 传感器的固态图像拾取元件 22 被并入相机主体中,并接收通过拍摄光学系统 21 形成的对象图像的光。存储器 23 记录与通过固态图像拾取元件 22 光电转换的对象图像对应的信息。

[0150] 取景器 24 包含液晶显示面板,并被用于观察在固态图像拾取元件 22 上形成的对象图像。

[0151] 下面,参照图 38 描述使用本发明的变焦透镜系统作为拍摄光学系统的摄像机的实施例。

[0152] 在图 38 中,设置摄像机主体 10 和包含在实施例 1~5 中描述的变焦透镜系统中的任一个的拍摄光学系统 11。

[0153] 诸如 CCD 传感器或 CMOS 传感器的固态图像拾取元件 12 被并入摄像机主体中,并

接收通过拍摄光学系统 11 形成的对象图像的光。存储器 13 记录与通过固态图像拾取元件 12 光电转换的对象图像对应的信息。

[0154] 取景器 14 被用于观察在显示装置（未示出）上显示的对象图像。

[0155] 显示装置包含上面显示在固态图像拾取元件 12 上形成的对象图像的液晶显示面板。

[0156] 这样,本发明的变焦透镜系统被应用于诸如数字静态照相机或摄像机的相机,并由此可实现具有高的光学性能的小型化相机。

[0157] 以下,描述与实施例 1 ~ 5 对应的数值实施例 1 ~ 5。在数值实施例中,  $r$  表示曲率半径。并且,  $d$  表示透镜厚度或从物侧算起的第  $i$  个透镜和第  $(i+1)$  个透镜之间的空气间隙,而  $nd$  和  $vd$  分别表示从物侧算起的第  $i$  个光学构件相对于  $d$  线的折射率和相对于  $d$  线的 Abbe 数。Abbe 数  $vd$  由下式表示。

$$[0158] \quad vd = (Nd-1)/(NF-NC)$$

[0159] 这里,  $Nd$  表示相对于  $d$  线（在 587.56nm 的波长处）的折射率,  $NF$  表示相对于  $F$  线（在 486.13nm 的波长处）的折射率,  $NC$  表示相对于  $C$  线（在 656.27nm 的波长处）的折射率,并且,  $BF$  表示通过从这些透镜的最后的表面到旁轴（paraxial）像面的距离的空气转换获得的背焦距（back focus）。这些透镜的总长度是这些透镜的最前面的表面和最后面的表面之间的距离加上背焦距  $BF$ 。

[0160] 另外,分别在表 1 ~ 5 中示出上述的条件式中的每一个和实施例 1 ~ 5 中的每一个之间的关系。

[0161] 非球面的形状由下式表达,这里,  $X$  轴对应于光轴方向,  $H$  轴对应于与光轴垂直的方向,光的传播方向为正方向,  $R$  表示旁轴曲率半径,  $k$  表示圆锥（conic）常数,而  $A_4$ 、 $A_6$ 、 $A_8$  和  $A_{10}$  表示非球面系数。

$$[0162] \quad X = \frac{\frac{H^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (1+k)\left(\frac{H}{R}\right)^2}} + A_4 H^4 + A_6 H^6 + A_8 H^8 + A_{10} H^{10}$$

[0163] 附加到表面号上的符号“\*”表示该表面具有非球面形状。非球面系数中的符号“e-x”表示“ $\times 10^{-x}$ ”。

[0164] 各数值实施例中的最后的两个表面表示构成光学块 G 的表面。

[0165] （数值实施例 1）

[0166] 单位 :mm

[0167] 表面数据

| [0168] | 表面号 | $r$      | $d$  | $nd$    | $vd$ |
|--------|-----|----------|------|---------|------|
| [0169] | 1   | 66.115   | 1.60 | 1.80518 | 25.4 |
| [0170] | 2   | 28.183   | 5.51 | 1.48749 | 70.2 |
| [0171] | 3   | -319.832 | 0.15 |         |      |
| [0172] | 4   | 28.377   | 3.59 | 1.61800 | 63.3 |
| [0173] | 5   | 235.037  | 0.15 |         |      |
| [0174] | 6   | 25.819   | 1.94 | 1.65160 | 58.5 |

|        |                                                         |          |          |         |       |       |        |
|--------|---------------------------------------------------------|----------|----------|---------|-------|-------|--------|
| [0175] | 7                                                       | 42.915   | ( 可变 )   |         |       |       |        |
| [0176] | 8                                                       | 33.928   | 0.60     | 1.88300 | 40.8  |       |        |
| [0177] | 9                                                       | 6.347    | 2.30     |         |       |       |        |
| [0178] | 10                                                      | -10.901  | 0.50     | 1.81600 | 46.6  |       |        |
| [0179] | 11                                                      | 7.451    | 0.55     |         |       |       |        |
| [0180] | 12                                                      | 8.613    | 2.10     | 1.84666 | 23.9  |       |        |
| [0181] | 13                                                      | -20.048  | 0.50     | 1.77250 | 49.6  |       |        |
| [0182] | 14                                                      | 25.633   | ( 可变 )   |         |       |       |        |
| [0183] | 15                                                      | ( 光阑 )   | $\infty$ | 0.80    |       |       |        |
| [0184] | 16                                                      | 14.709   | 1.76     | 1.48749 | 70.2  |       |        |
| [0185] | 17                                                      | -10.650  | ( 可变 )   |         |       |       |        |
| [0186] | 18                                                      | -8.077   | 0.50     | 1.88300 | 40.8  |       |        |
| [0187] | 19                                                      | 21.609   | 1.42     | 1.84666 | 23.9  |       |        |
| [0188] | 20                                                      | -22.197  | ( 可变 )   |         |       |       |        |
| [0189] | 21*                                                     | 4.876    | 1.70     | 1.58313 | 59.4  |       |        |
| [0190] | 22                                                      | -17.012  | 0.15     |         |       |       |        |
| [0191] | 23                                                      | -45.154  | 0.50     | 1.92286 | 18.9  |       |        |
| [0192] | 24                                                      | 17.344   | 1.86     | 1.80400 | 46.6  |       |        |
| [0193] | 25                                                      | -13.466  | ( 可变 )   |         |       |       |        |
| [0194] | 26                                                      | $\infty$ | 1.00     | 1.51633 | 64.1  |       |        |
| [0195] | 27                                                      | $\infty$ | 2.86     |         |       |       |        |
| [0196] | 非球面数据                                                   |          |          |         |       |       |        |
| [0197] | 第二十一表面                                                  |          |          |         |       |       |        |
| [0198] | K = -4.64973e+000 A4 = -2.06221e-004 A6 = -3.08941e-006 |          |          |         |       |       |        |
| [0199] | A8 = 1.06856e-007 A10 = 4.86653e-024                    |          |          |         |       |       |        |
| [0200] | 各种数据                                                    |          |          |         |       |       |        |
| [0201] | 变焦比                                                     | 58.34    |          |         |       |       |        |
| [0202] | 焦距                                                      | 1.96     | 8.89     | 22.96   | 70.48 | 87.89 | 114.22 |
| [0203] | F 数                                                     | 1.86     | 3.48     | 4.02    | 4.50  | 4.70  | 5.04   |
| [0204] | 场角                                                      | 30.44    | 7.37     | 2.87    | 0.93  | 0.75  | 0.58   |
| [0205] | 像高                                                      | 1.15     | 1.15     | 1.15    | 1.15  | 1.15  | 1.15   |
| [0206] | 透镜总长度                                                   | 69.86    | 69.86    | 69.86   | 69.86 | 69.86 | 69.86  |
| [0207] | BF                                                      | 11.14    | 13.70    | 15.10   | 9.23  | 7.60  | 4.99   |
| [0208] | d7                                                      | 0.80     | 13.82    | 18.16   | 21.97 | 21.97 | 21.97  |
| [0209] | d14                                                     | 22.51    | 9.49     | 5.15    | 1.34  | 1.34  | 1.34   |
| [0210] | d17                                                     | 0.70     | 0.70     | 0.70    | 0.70  | 3.70  | 6.70   |
| [0211] | d20                                                     | 6.20     | 3.63     | 2.23    | 8.10  | 6.69  | 6.30   |
| [0212] | d25                                                     | 7.61     | 10.18    | 11.58   | 5.71  | 4.07  | 1.46   |
| [0213] | 变焦透镜系统单元数据                                              |          |          |         |       |       |        |

|        |           |          |          |         |      |
|--------|-----------|----------|----------|---------|------|
| [0214] | 单元        | 引导面      | 焦距       |         |      |
| [0215] | 1         | 1        | 31.58    |         |      |
| [0216] | 2         | 8        | -4.03    |         |      |
| [0217] | 3         | 15       | 12.97    |         |      |
| [0218] | 4         | 18       | -14.59   |         |      |
| [0219] | 5         | 21       | 10.08    |         |      |
| [0220] | 6         | 26       | $\infty$ |         |      |
| [0221] | (数值实施例 2) |          |          |         |      |
| [0222] | 单位 :mm    |          |          |         |      |
| [0223] | 表面数据      |          |          |         |      |
| [0224] | 表面号       | r        | d        | nd      | vd   |
| [0225] | 1         | 96.172   | 1.60     | 1.80518 | 25.4 |
| [0226] | 2         | 33.402   | 5.43     | 1.48749 | 70.2 |
| [0227] | 3         | -134.219 | 0.15     |         |      |
| [0228] | 4         | 30.600   | 3.27     | 1.61800 | 63.3 |
| [0229] | 5         | 102.208  | 0.15     |         |      |
| [0230] | 6         | 26.644   | 3.07     | 1.61800 | 63.3 |
| [0231] | 7         | 67.065   | (可变)     |         |      |
| [0232] | 8         | -147.153 | 0.50     | 1.88300 | 40.8 |
| [0233] | 9         | 7.789    | 1.88     |         |      |
| [0234] | 10        | -36.182  | 0.50     | 1.81600 | 46.6 |
| [0235] | 11        | 10.294   | 0.17     |         |      |
| [0236] | 12        | 8.114    | 2.12     | 1.84666 | 23.9 |
| [0237] | 13        | 33.220   | 0.50     | 1.77250 | 49.6 |
| [0238] | 14        | 10.408   | (可变)     |         |      |
| [0239] | 15(光阑)    | $\infty$ | 0.84     |         |      |
| [0240] | 16        | 10.639   | 1.80     | 1.48749 | 70.2 |
| [0241] | 17        | -19.254  | (可变)     |         |      |
| [0242] | 18        | -9.228   | 0.50     | 1.88300 | 40.8 |
| [0243] | 19        | 10.395   | 1.42     | 1.84666 | 23.9 |
| [0244] | 20        | -62.190  | (可变)     |         |      |
| [0245] | 21*       | 12.675   | 1.65     | 1.58313 | 59.4 |
| [0246] | 22        | -21.413  | 0.15     |         |      |
| [0247] | 23        | 52.555   | 0.55     | 1.92286 | 18.9 |
| [0248] | 24        | 9.861    | 1.83     | 1.80400 | 46.6 |
| [0249] | 25        | -18.727  | (可变)     |         |      |
| [0250] | 26        | $\infty$ | 1.00     | 1.51633 | 64.1 |
| [0251] | 27        | $\infty$ | 3.07     |         |      |
| [0252] | 非球面数据     |          |          |         |      |

[0253] 第二十一表面

[0254]  $K = -2.67498e+000$   $A4 = -2.33040e-004$   $A6 = 8.19444e-006$

[0255]  $A8 = -7.93464e-007$   $A10 = 2.77343e-008$

[0256] 各种数据

[0257] 变焦比 55.29

[0258] 焦距 2.08 8.86 19.67 62.37 81.92 113.21

[0259] F 数 1.85 2.05 2.17 2.60 2.96 4.00

[0260] 场角 30.03 7.71 3.49 1.10 0.83 0.60

[0261] 像高 1.20 1.20 1.20 1.20 1.20 1.20

[0262] 透镜总长度 70.23 70.23 70.23 70.23 70.23 70.23

[0263] BF 10.79 12.68 13.55 8.42 6.98 4.35

[0264] d7 1.20 14.13 18.03 22.23 22.23 22.23

[0265] d14 22.37 7.53 4.11 1.34 1.34 1.34

[0266] d17 0.80 0.80 0.80 0.80 3.80 6.80

[0267] d20 6.65 6.66 5.32 9.01 7.45 7.08

[0268] d25 7.06 8.95 9.82 4.69 3.25 0.63

[0269] 变焦透镜系统单元数据

[0270] 单元 引导面 焦距

[0271] 1 1 32.41

[0272] 2 8 -4.61

[0273] 3 15 14.34

[0274] 4 18 -11.87

[0275] 5 21 8.82

[0276] 6 26  $\infty$

[0277] (数值实施例 3)

[0278] 单位 :mm

[0279] 表面数据

[0280] 表面号 r d nd vd

[0281] 1 83.025 1.60 1.80518 25.4

[0282] 2 30.779 5.53 1.48749 70.2

[0283] 3 -150.375 0.15

[0284] 4 27.824 2.90 1.61800 63.3

[0285] 5 84.099 0.15

[0286] 6 22.846 2.55 1.61800 63.3

[0287] 7 49.588 (可变)

[0288] 8 66.390 0.50 1.88300 40.8

[0289] 9 4.035 2.99

[0290] 10 -17.905 0.50 1.88300 40.8

[0291] 11 13.179 0.20

|        |                                                         |          |       |         |              |
|--------|---------------------------------------------------------|----------|-------|---------|--------------|
| [0292] | 12                                                      | 7.954    | 3.16  | 1.84666 | 23.9         |
| [0293] | 13                                                      | -15.128  | 0.50  | 1.77250 | 49.6         |
| [0294] | 14                                                      | 22.207   | (可变)  |         |              |
| [0295] | 15(光阑)                                                  | ∞        | 0.84  |         |              |
| [0296] | 16*                                                     | 17.207   | 1.80  | 1.48749 | 70.2         |
| [0297] | 17                                                      | -8.993   | (可变)  |         |              |
| [0298] | 18                                                      | -8.764   | 0.50  | 1.88300 | 40.8         |
| [0299] | 19                                                      | 45.388   | 1.42  | 1.69895 | 30.1         |
| [0300] | 20                                                      | -15.182  | (可变)  |         |              |
| [0301] | 21*                                                     | 17.307   | 1.49  | 1.58313 | 59.4         |
| [0302] | 22                                                      | -25.952  | 0.15  |         |              |
| [0303] | 23                                                      | -291.844 | 0.55  | 1.92286 | 18.9         |
| [0304] | 24                                                      | 15.514   | 1.60  | 1.80400 | 46.6         |
| [0305] | 25                                                      | -16.842  | (可变)  |         |              |
| [0306] | 26                                                      | ∞        | 1.00  | 1.51633 | 64.1         |
| [0307] | 27                                                      | ∞        | 2.89  |         |              |
| [0308] | 非球面数据                                                   |          |       |         |              |
| [0309] | 第十六表面                                                   |          |       |         |              |
| [0310] | K = -3.42823e-001 A4 = -1.59577e-004 A6 = -4.47471e-006 |          |       |         |              |
| [0311] | 第二十一表面                                                  |          |       |         |              |
| [0312] | K = -1.84301e+000 A4 = -1.63243e-004 A6 = 3.50620e-006  |          |       |         |              |
| [0313] | A8 = -5.47030e-007 A10 = 3.03881e-008                   |          |       |         |              |
| [0314] | 各种数据                                                    |          |       |         |              |
| [0315] | 变焦比                                                     | 58.32    |       |         |              |
| [0316] | 焦距                                                      | 1.86     | 10.51 | 26.17   | 56.27 108.42 |
| [0317] | F数                                                      | 1.85     | 2.47  | 2.81    | 2.59 5.00    |
| [0318] | 场角                                                      | 32.84    | 6.51  | 2.63    | 1.22 0.63    |
| [0319] | 像高                                                      | 1.20     | 1.20  | 1.20    | 1.20 1.20    |
| [0320] | 透镜总长度                                                   | 71.06    | 71.06 | 71.06   | 71.06 71.06  |
| [0321] | BF                                                      | 10.61    | 14.59 | 16.58   | 12.29 5.94   |
| [0322] | d7                                                      | 1.20     | 14.26 | 18.19   | 21.38 22.44  |
| [0323] | d14                                                     | 22.37    | 5.95  | 2.85    | 1.38 1.13    |
| [0324] | d17                                                     | 0.80     | 2.59  | 3.00    | 2.96 2.84    |
| [0325] | d20                                                     | 6.65     | 4.24  | 1.01    | 3.62 9.27    |
| [0326] | d25                                                     | 7.06     | 11.04 | 13.03   | 8.74 2.39    |
| [0327] | 变焦透镜系统单元数据                                              |          |       |         |              |
| [0328] | 单元                                                      | 引导面      | 焦距    |         |              |
| [0329] | 1                                                       | 1        | 30.84 |         |              |
| [0330] | 2                                                       | 8        | -3.64 |         |              |



|        |                                                         |               |          |         |      |
|--------|---------------------------------------------------------|---------------|----------|---------|------|
| [0331] | 3                                                       | 15            | 12.39    |         |      |
| [0332] | 4                                                       | 8             | -18.66   |         |      |
| [0333] | 5                                                       | 21            | 11.32    |         |      |
| [0334] | 6                                                       | 26            | $\infty$ |         |      |
| [0335] | (数值实施例 4)                                               |               |          |         |      |
| [0336] | 单位 :mm                                                  |               |          |         |      |
| [0337] | 表面数据                                                    |               |          |         |      |
| [0338] | 表面号                                                     | r             | d        | nd      | vd   |
| [0339] | 1                                                       | 100.285       | 1.60     | 1.80610 | 33.3 |
| [0340] | 2                                                       | 25.643        | 6.16     | 1.49700 | 81.5 |
| [0341] | 3                                                       | -153.236      | 0.15     |         |      |
| [0342] | 4                                                       | 27.371        | 2.86     | 1.61800 | 63.3 |
| [0343] | 5                                                       | 82.833        | 0.15     |         |      |
| [0344] | 6                                                       | 23.411        | 2.51     | 1.61800 | 63.3 |
| [0345] | 7                                                       | 67.351        | (可变)     |         |      |
| [0346] | 8                                                       | 34.412        | 0.50     | 1.88300 | 40.8 |
| [0347] | 9                                                       | 3.914         | 3.20     |         |      |
| [0348] | 10                                                      | -17.522       | 0.50     | 1.87273 | 25.5 |
| [0349] | 11                                                      | 14.013        | 0.20     |         |      |
| [0350] | 12                                                      | 8.147         | 3.52     | 1.84666 | 23.9 |
| [0351] | 13                                                      | -7.773        | 0.50     | 1.77250 | 49.6 |
| [0352] | 14                                                      | 22.150        | (可变)     |         |      |
| [0353] | 15(光阑)                                                  | $\infty$      | 0.84     |         |      |
| [0354] | 16*                                                     | 17.984        | 1.80     | 1.48749 | 70.2 |
| [0355] | 17                                                      | 8.568         | (可变)     |         |      |
| [0356] | 18                                                      | -8.138        | 0.50     | 1.88300 | 40.8 |
| [0357] | 19                                                      | 24.750        | 1.42     | 1.68553 | 29.7 |
| [0358] | 20                                                      | -15.648       | (可变)     |         |      |
| [0359] | 21*                                                     | 14.366        | 1.58     | 1.58313 | 59.4 |
| [0360] | 22                                                      | -22.475       | 0.15     |         |      |
| [0361] | 23                                                      | -556.537      | 0.55     | 1.92286 | 18.9 |
| [0362] | 24                                                      | 15.256        | 1.60     | 1.80295 | 47.2 |
| [0363] | 25                                                      | -17.136       | (可变)     |         |      |
| [0364] | 26                                                      | $\infty$ 1.00 | 1.51633  | 64.1    |      |
| [0365] | 27                                                      | $\infty$ 2.88 |          |         |      |
| [0366] | 非球面数据                                                   |               |          |         |      |
| [0367] | 第十六表面                                                   |               |          |         |      |
| [0368] | K = -4.76082e-001 A4 = -1.56211e-004 A6 = -4.12033e-006 |               |          |         |      |
| [0369] | 第二十一表面                                                  |               |          |         |      |

[0370]  $K = -2.02715e+000$   $A4 = -1.74932e-004$   $A6 = 5.66784e-006$

[0371]  $A8 = -7.54320e-007$   $A10 = 3.31401e-008$

[0372] 各种数据

[0373] 变焦比 57.57

[0374] 焦距 1.80 5.24 18.92 40.79 103.61

[0375] F 数 1.85 2.15 2.63 2.19 5.00

[0376] 场角 33.69 12.89 3.63 1.68 0.66

[0377] 像高 1.20 1.20 1.20 1.20 1.20

[0378] 透镜总长度 70.83 70.05 71.31 72.68 73.38

[0379] BF 10.60 12.59 15.38 12.49 5.93

[0380] d7 1.20 10.30 17.88 21.81 23.51

[0381] d14 20.95 8.70 3.05 1.60 1.19

[0382] d17 0.80 2.24 2.35 1.61 1.16

[0383] d20 6.65 5.59 2.01 4.53 10.95

[0384] d25 7.06 9.05 11.84 8.95 2.39

[0385] 变焦透镜系统单元数据

[0386] 单元 引导面 焦距

[0387] 1 1 31.12

[0388] 2 8 -3.89

[0389] 3 15 12.17

[0390] 4 18 -14.86

[0391] 5 21 10.22

[0392] 6 26  $\infty$

[0393] (数值实施例 5)

[0394] 单位 :mm

[0395] 表面数据

[0396] 表面号 r d nd vd

[0397] 1 62.500 1.60 1.80518 25.4

[0398] 2 27.020 4.61 1.51633 64.1

[0399] 3 183.420 0.15

[0400] 4 38.243 3.29 1.49700 81.5

[0401] 5 2275.767 0.15

[0402] 6 22.490 2.77 1.71300 53.9

[0403] 7 59.281 (可变)

[0404] 8 358.926 0.50 1.88300 40.8

[0405] 9 4.970 2.34

[0406] 10 -27.256 0.50 1.83481 42.7

[0407] 11 14.356 0.17

[0408] 12 7.480 2.05 1.84666 23.9

|        |                                                                                    |          |       |         |       |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|---------|-------|
| [0409] | 13                                                                                 | -27.961  | 0.50  | 1.66020 | 57.8  |
| [0410] | 14                                                                                 | 8.731    | (可变)  |         |       |
| [0411] | 15(光阑)                                                                             | $\infty$ | 0.84  |         |       |
| [0412] | 16                                                                                 | 9.667    | 2.22  | 1.58313 | 59.4  |
| [0413] | 17                                                                                 | -13.969  | (可变)  |         |       |
| [0414] | 18                                                                                 | -105.010 | 0.50  | 1.67252 | 40.7  |
| [0415] | 19                                                                                 | 18.542   | 0.48  |         |       |
| [0416] | 20                                                                                 | 119.639  | 1.13  | 1.67270 | 32.1  |
| [0417] | 21                                                                                 | -29.871  | 0.50  |         |       |
| [0418] | 22                                                                                 | -6.120   | 0.50  | 1.88300 | 40.8  |
| [0419] | 23                                                                                 | -20.641  | 1.42  | 1.84666 | 23.9  |
| [0420] | 24                                                                                 | -17.875  | (可变)  |         |       |
| [0421] | 25*                                                                                | 14.516   | 1.61  | 1.58313 | 59.4  |
| [0422] | 26                                                                                 | -18.286  | 0.15  |         |       |
| [0423] | 27                                                                                 | 89.345   | 0.55  | 1.84666 | 23.9  |
| [0424] | 28                                                                                 | 9.217    | 1.91  | 1.73915 | 53.2  |
| [0425] | 29                                                                                 | -15.047  | (可变)  |         |       |
| [0426] | 30                                                                                 | $\infty$ | 1.00  | 1.51633 | 64.1  |
| [0427] | 31                                                                                 | $\infty$ | 4.07  |         |       |
| [0428] | 非球面数据                                                                              |          |       |         |       |
| [0429] | 第二十五表面                                                                             |          |       |         |       |
| [0430] | $K = -4.19518\text{e}+000$ $A4 = -2.20815\text{e}-004$ $A6 = -1.64316\text{e}-006$ |          |       |         |       |
| [0431] | $A8 = 1.31814\text{e}-007$ $A10 = -1.65375\text{e}-009$                            |          |       |         |       |
| [0432] | 各种数据                                                                               |          |       |         |       |
| [0433] | 变焦比                                                                                | 39.61    |       |         |       |
| [0434] | 焦距                                                                                 | 1.99     | 8.92  | 21.58   | 78.94 |
| [0435] | F 数                                                                                | 1.85     | 2.23  | 2.65    | 3.63  |
| [0436] | 场角                                                                                 | 31.05    | 7.66  | 3.18    | 0.87  |
| [0437] | 像高                                                                                 | 1.20     | 1.20  | 1.20    | 1.20  |
| [0438] | 透镜总长度                                                                              | 71.29    | 71.29 | 71.29   | 71.29 |
| [0439] | BF                                                                                 | 9.64     | 12.34 | 14.09   | 7.52  |
| [0440] | d7                                                                                 | 1.20     | 14.33 | 18.28   | 22.55 |
| [0441] | d14                                                                                | 22.58    | 9.45  | 5.50    | 1.23  |
| [0442] | d17                                                                                | 0.84     | 1.07  | 1.14    | 1.22  |
| [0443] | d24                                                                                | 6.23     | 3.30  | 1.48    | 7.97  |
| [0444] | d29                                                                                | 4.91     | 7.61  | 9.36    | 2.80  |
| [0445] | 变焦透镜系统单元数据                                                                         |          |       |         |       |
| [0446] | 单元                                                                                 | 引导面      | 焦距    |         |       |
| [0447] | 1                                                                                  | 1        | 31.58 |         |       |

- [0448] 2 8 -4.01
- [0449] 3 15 10.15
- [0450] 4 18 -9.47
- [0451] 5 25 9.04
- [0452] 6 30  $\infty$
- [0453] 表 1 实施例 1 的条件式的对应值
- [0454]

|                                                                 | 广角端   | 中间点 1 | 中间点 2 | 中间点 3  | 中间点 4  | 望远端    |
|-----------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| f                                                               | 1.96  | 8.89  | 22.96 | 70.48  | 87.89  | 114.22 |
| $\beta_2$                                                       | -0.19 | -0.48 | -0.99 | -15.07 | -15.07 | -15.07 |
| $\beta_3$                                                       | -0.68 | -1.82 | -2.68 | -0.22  | -0.22  | -0.22  |
| $\beta_4$                                                       | -2.21 | -0.68 | -0.45 | -22.42 | 6.21   | 2.73   |
| $\beta_5$                                                       | -0.22 | -0.47 | -0.61 | -0.03  | 0.13   | 0.39   |
| $\beta_4 \times \beta_5$                                        | 0.48  | 0.32  | 0.27  | 0.66   | 0.82   | 1.07   |
| $\max  \beta_4 \times \beta_5  / \min  \beta_4 \times \beta_5 $ | 3.96  |       |       |        |        |        |
| st2/fw                                                          | 10.82 |       |       |        |        |        |
| $ f_4 /fw$                                                      | 7.45  |       |       |        |        |        |
| $ f_2 /fw$                                                      | 2.06  |       |       |        |        |        |
| $ \beta_{2T}/\beta_{2w} $                                       | 79.32 |       |       |        |        |        |
| $ \beta_{3T}/\beta_{3w} $                                       | 0.32  |       |       |        |        |        |
| $ \beta_{4T}/\beta_{4w} $                                       | 1.24  |       |       |        |        |        |
| $ \beta_{5T}/\beta_{5w} $                                       | 1.77  |       |       |        |        |        |
| $( \beta_{2T}/\beta_{2w} )/( \beta_{4T}/\beta_{4w} )$           | 64.21 |       |       |        |        |        |

- [0455] 表 2 实施例 2 的条件式的对应值
- [0456]

|           | 广角端   | 中间点 1 | 中间点 2 | 中间点 3  | 中间点 4  | 望远端    |
|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| F         | 2.08  | 8.86  | 19.67 | 62.37  | 81.92  | 113.21 |
| $\beta_2$ | -0.22 | -0.56 | -1.06 | -35.97 | -35.97 | -35.97 |
| $\beta_3$ | -0.84 | -3.76 | -5.27 | -0.09  | -0.09  | -0.09  |
| $\beta_4$ | -0.91 | -0.22 | -0.15 | -5.13  | 17.26  | 3.22   |

- [0457]

|                                                                 |        |       |       |       |      |      |
|-----------------------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|------|------|
| $\beta_5$                                                       | -0.39  | -0.60 | -0.70 | -0.12 | 0.05 | 0.34 |
| $\beta_4 \times \beta_5$                                        | 0.35   | 0.13  | 0.11  | 0.60  | 0.79 | 1.11 |
| $\max  \beta_4 \times \beta_5  / \min  \beta_4 \times \beta_5 $ | 10.09  |       |       |       |      |      |
| $st2/fw$                                                        | 10.13  |       |       |       |      |      |
| $ f_4 /fw$                                                      | 5.72   |       |       |       |      |      |
| $ f_2 /fw$                                                      | 2.22   |       |       |       |      |      |
| $ \beta_{2T}/\beta_{2w} $                                       | 163.50 |       |       |       |      |      |
| $ \beta_{3T}/\beta_{3w} $                                       | 0.11   |       |       |       |      |      |
| $ \beta_{4T}/\beta_{4w} $                                       | 3.54   |       |       |       |      |      |
| $ \beta_{5T}/\beta_{5w} $                                       | 0.87   |       |       |       |      |      |
| $( \beta_{2T}/\beta_{2w} )/( \beta_{4T}/\beta_{4w} )$           | 46.21  |       |       |       |      |      |

[0458] 表 3 实施例 3 的条件式的对应值

[0459]

|                                                                 | 广角端    | 中间点 1 | 中间点 2 | 中间点 3 | 望远端    |
|-----------------------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|
| F                                                               | 1.86   | 10.51 | 26.17 | 56.27 | 108.42 |
| $\beta_2$                                                       | -0.17  | -0.44 | -0.83 | -3.04 | -26.61 |
| $\beta_3$                                                       | -0.61  | -2.62 | -4.04 | -1.29 | -0.13  |
| $\beta_4$                                                       | -17.73 | -0.77 | -0.45 | -2.58 | 2.67   |
| $\beta_5$                                                       | -0.03  | -0.38 | -0.56 | -0.18 | 0.38   |
| $\beta_4 \times \beta_5$                                        | 0.58   | 0.30  | 0.25  | 0.47  | 1.01   |
| $\max  \beta_4 \times \beta_5  / \min  \beta_4 \times \beta_5 $ | 4.04   |       |       |       |        |
| $st2/fw$                                                        | 11.43  |       |       |       |        |
| $ f_4 /fw$                                                      | 10.04  |       |       |       |        |

[0460]

|                                                       |         |
|-------------------------------------------------------|---------|
| $ f_2 /fw$                                            | 1.96    |
| $ \beta_{2T}/\beta_{2w} $                             | 156.53  |
| $ \beta_{3T}/\beta_{3w} $                             | 0.21    |
| $ \beta_{4T}/\beta_{4w} $                             | 0.15    |
| $ \beta_{5T}/\beta_{5w} $                             | 12.67   |
| $( \beta_{2T}/\beta_{2w} )/( \beta_{4T}/\beta_{4w} )$ | 1039.43 |

[0461] 表 4 实施例 4 的条件式的对应值

[0462]

|                                                                 | 广角端    | 中间点 1 | 中间点 2 | 中间点 3 | 望远端    |
|-----------------------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|
| $f$                                                             | 1.80   | 5.24  | 18.92 | 40.79 | 103.61 |
| $\beta_2$                                                       | -0.17  | -0.30 | -0.70 | -2.39 | 59.23  |
| $\beta_3$                                                       | -0.62  | -1.53 | -3.14 | -1.36 | 0.05   |
| $\beta_4$                                                       | -3.44  | -1.06 | -0.44 | -1.19 | 3.55   |
| $\beta_5$                                                       | -0.16  | -0.35 | -0.62 | -0.34 | 0.30   |
| $\beta_4 \times \beta_5$                                        | 0.54   | 0.37  | 0.28  | 0.41  | 1.07   |
| $\max  \beta_4 \times \beta_5  / \min  \beta_4 \times \beta_5 $ | 3.82   |       |       |       |        |
| $st2/fw$                                                        | 10.98  |       |       |       |        |
| $ f_4 /fw$                                                      | 8.25   |       |       |       |        |
| $ f_2 /fw$                                                      | 1.95   |       |       |       |        |
| $ \beta_{2T}/\beta_{2w} $                                       | 348.41 |       |       |       |        |
| $ \beta_{3T}/\beta_{3w} $                                       | 0.08   |       |       |       |        |
| $ \beta_{4T}/\beta_{4w} $                                       | 1.03   |       |       |       |        |

[0463]

|                                                       |        |
|-------------------------------------------------------|--------|
| $ \beta_{5T}/\beta_{5w} $                             | 1.88   |
| $( \beta_{2T}/\beta_{2w} )/( \beta_{4T}/\beta_{4w} )$ | 337.62 |

[0464] 表 5 实施例 5 的条件式的对应值

[0465]

|                                                                 | 广角端   | 中间点 1 | 中间点 2 | 望远端    |
|-----------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| $f$                                                             | 1.99  | 8.92  | 21.58 | 78.94  |
| $\beta_2$                                                       | -0.19 | -0.47 | -0.87 | -12.07 |
| $\beta_3$                                                       | -0.47 | -1.07 | -1.43 | -0.21  |
| $\beta_4$                                                       | -3.31 | -1.08 | -0.77 | 59.01  |
| $\beta_5$                                                       | -0.22 | -0.52 | -0.71 | 0.02   |
| $\beta_4 \times \beta_5$                                        | 0.72  | 0.56  | 0.55  | 0.97   |
| $\max  \beta_4 \times \beta_5  / \min  \beta_4 \times \beta_5 $ | 1.76  |       |       |        |
| $st2/fw$                                                        | 10.71 |       |       |        |
| $ f_4 /fw$                                                      | 4.75  |       |       |        |
| $ f_2 /fw$                                                      | 2.01  |       |       |        |
| $ \beta_{2T}/\beta_{2w} $                                       | 63.53 |       |       |        |
| $ \beta_{3T}/\beta_{3w} $                                       | 0.45  |       |       |        |
| $ \beta_{4T}/\beta_{4w} $                                       | 17.83 |       |       |        |
| $ \beta_{5T}/\beta_{5w} $                                       | 0.09  |       |       |        |
| $( \beta_{2T}/\beta_{2w} )/( \beta_{4T}/\beta_{4w} )$           | 3.56  |       |       |        |

[0466] 虽然已参照示例性实施例描述了本发明,但应理解,本发明不限于公开的示例性实施例。以下的权利要求的范围应被赋予最宽的解释以包含所有这些变更方式和等同的结构和功能。

[0467] 本申请要求在 2008 年 4 月 7 日提交的日本专利申请 No. 2008-099206 的权益,在此通过引用并入其全部内容。

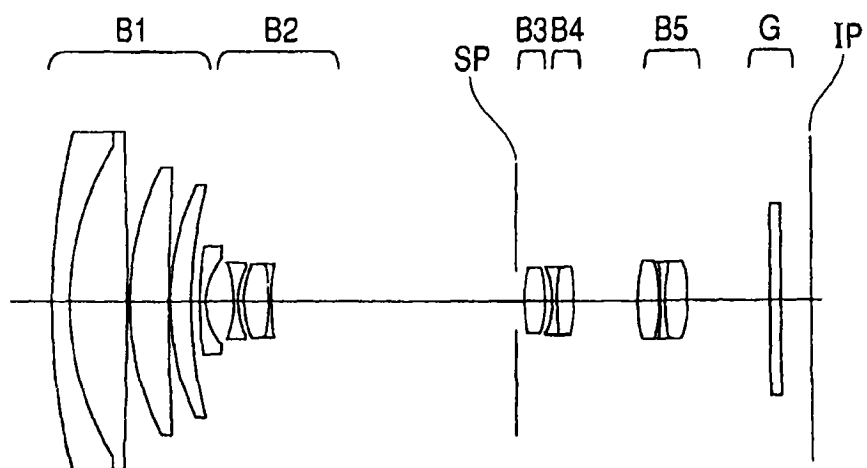


图 1

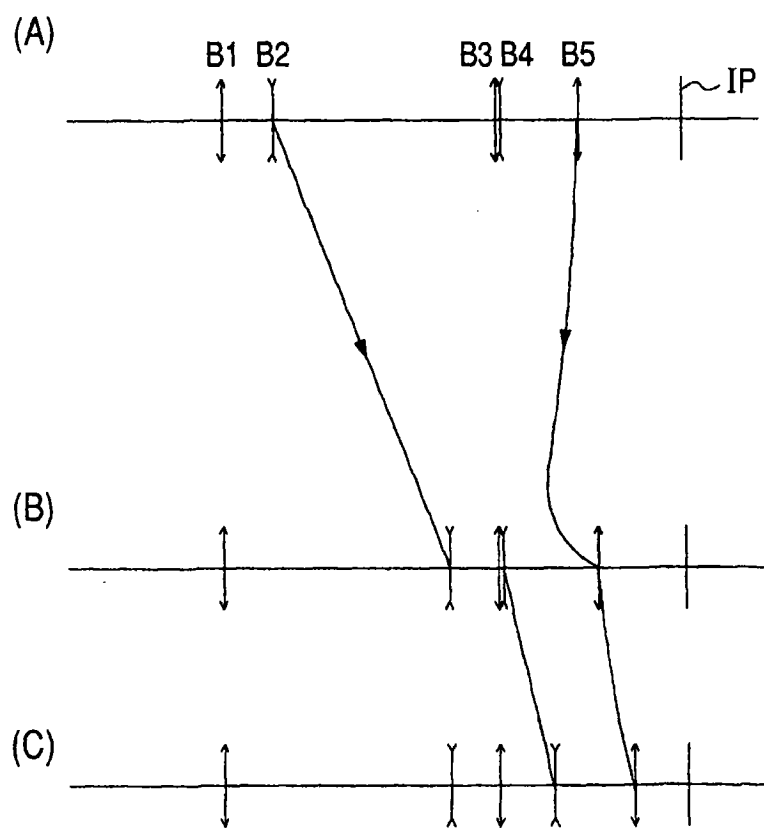


图 2



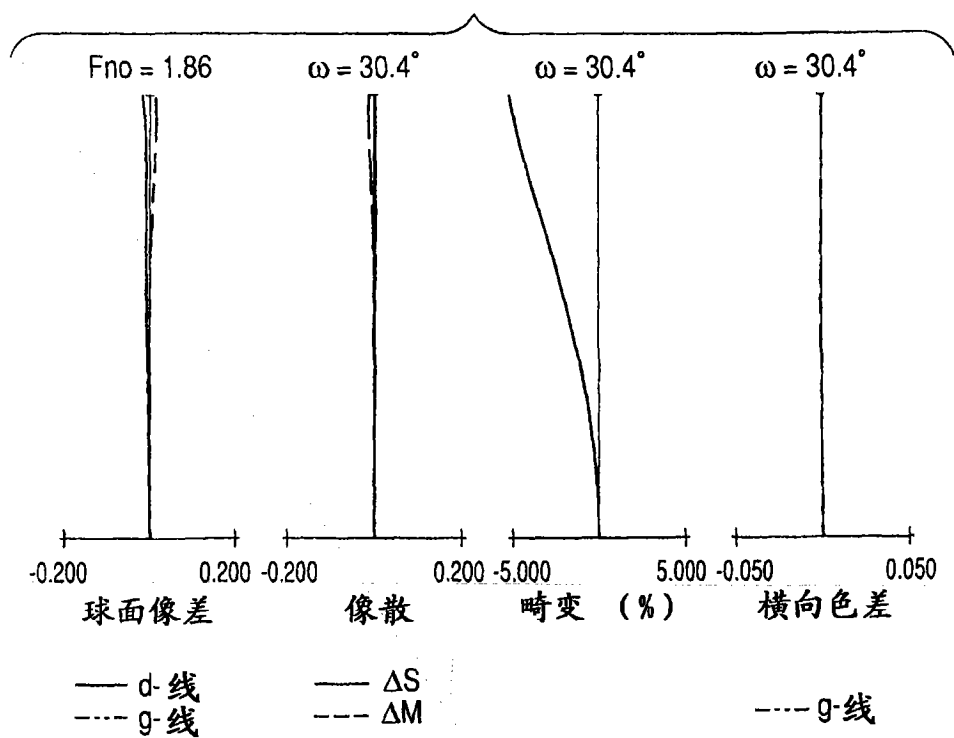


图 3

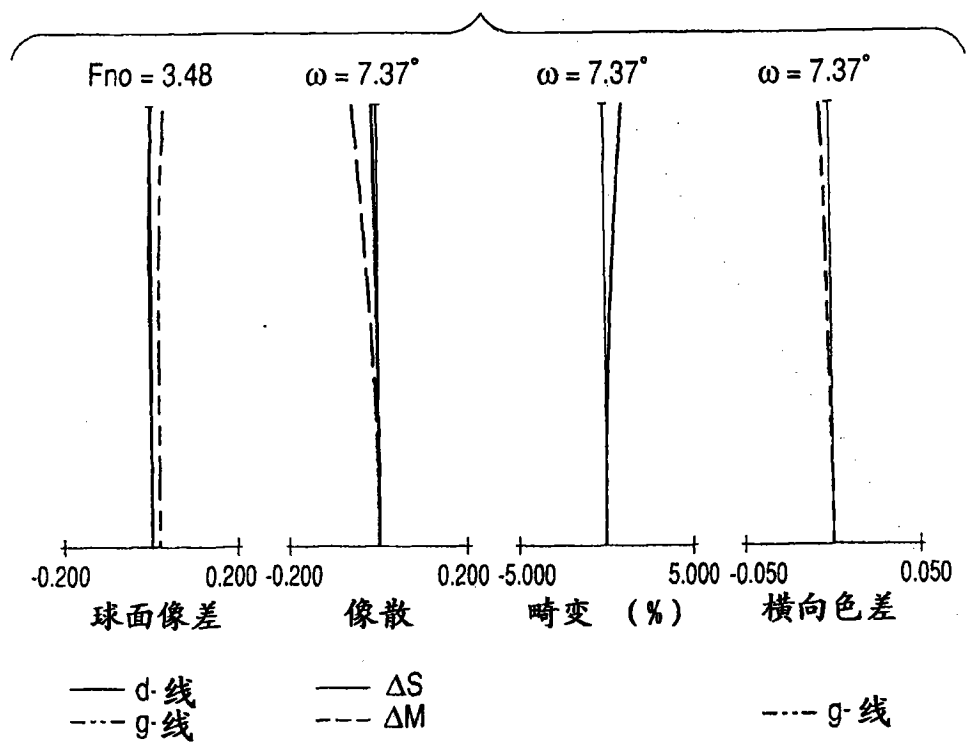


图 4

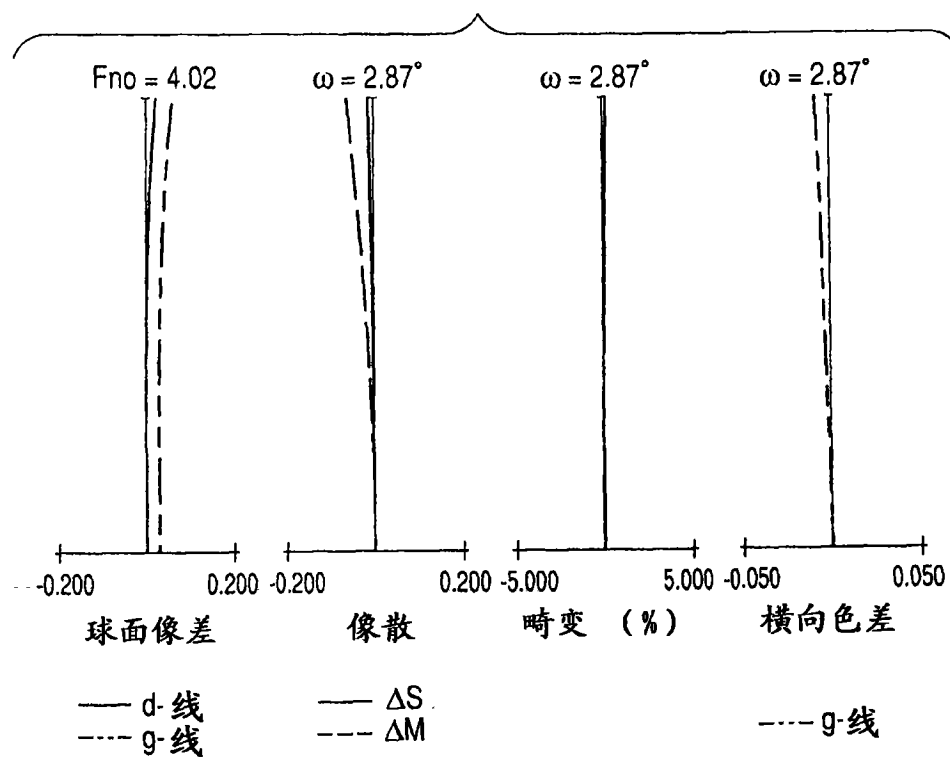


图 5

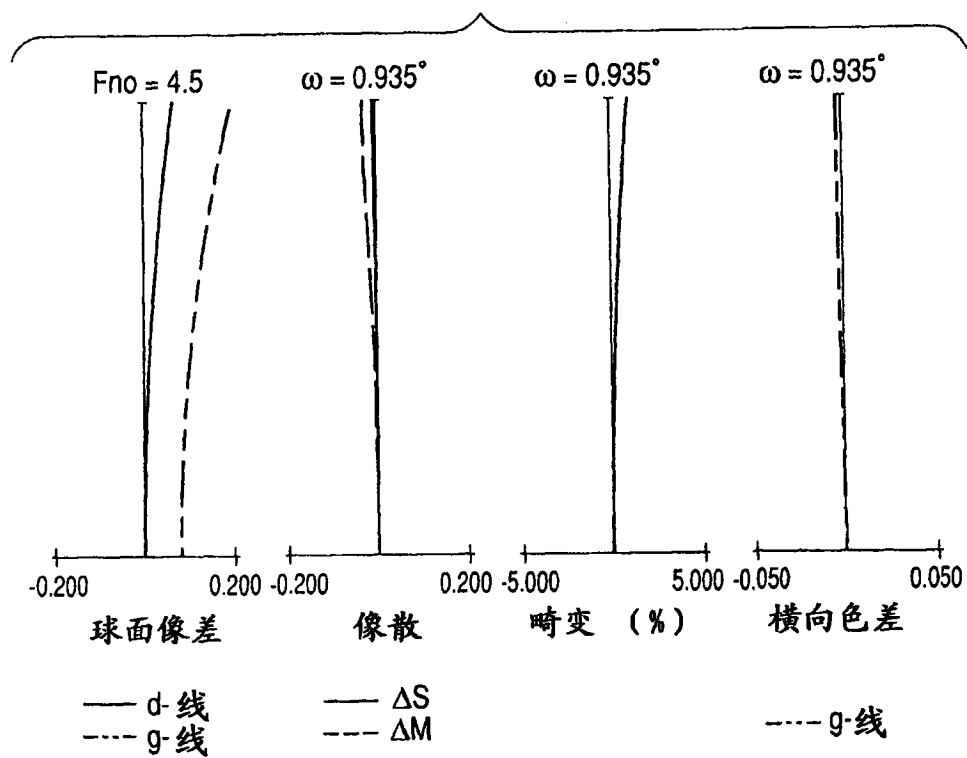


图 6

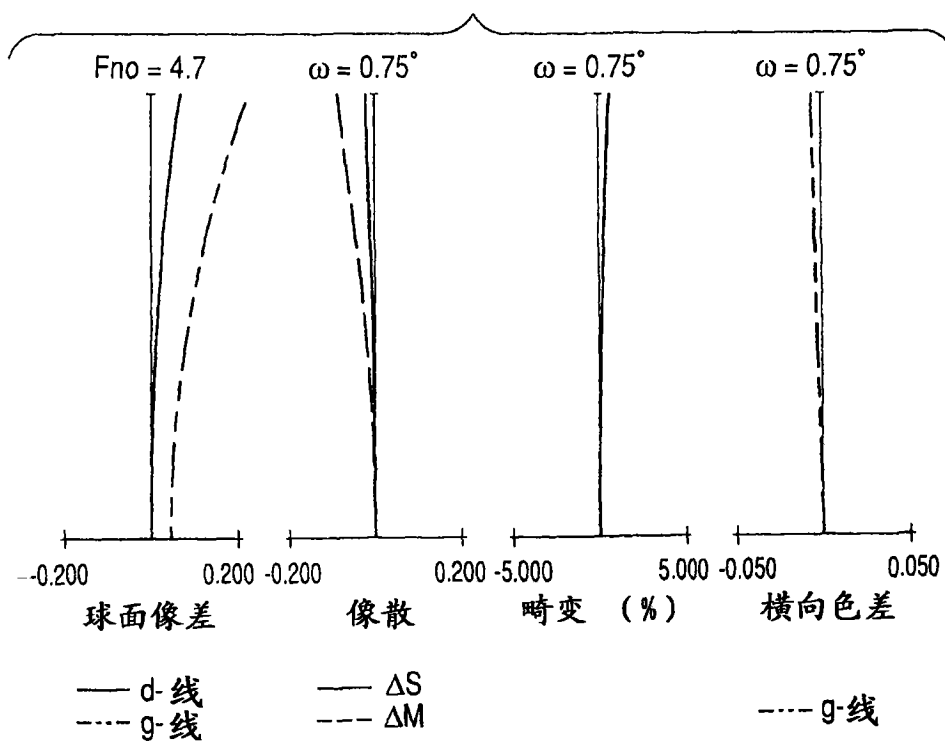


图 7

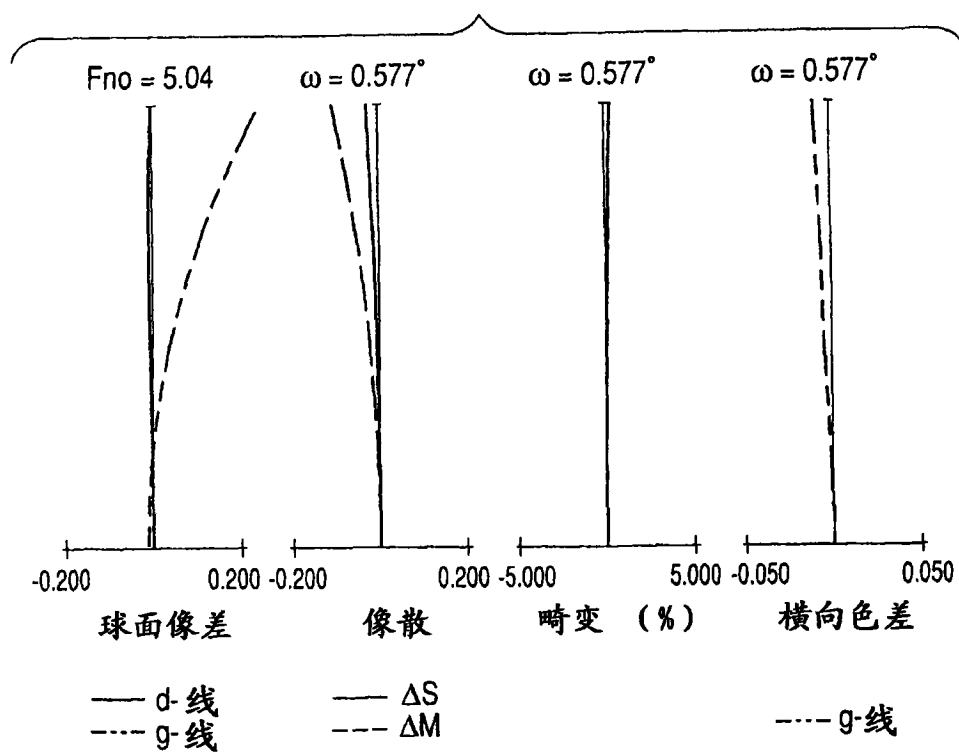


图 8

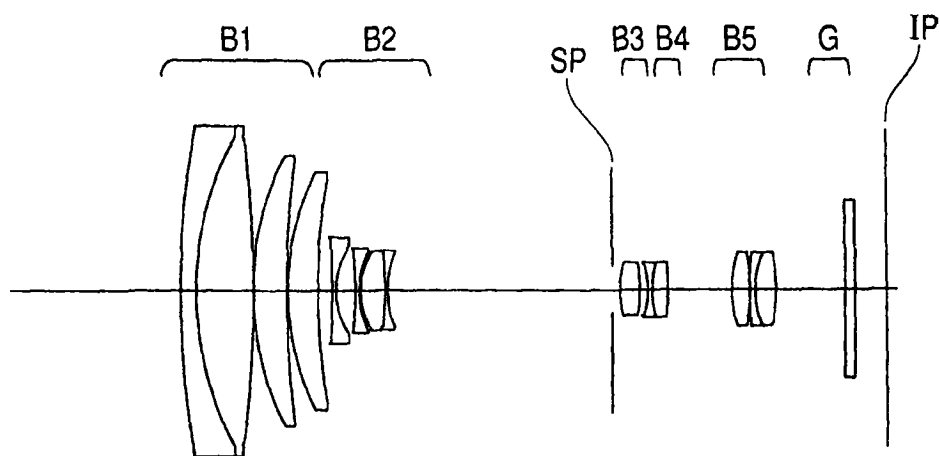


图 9

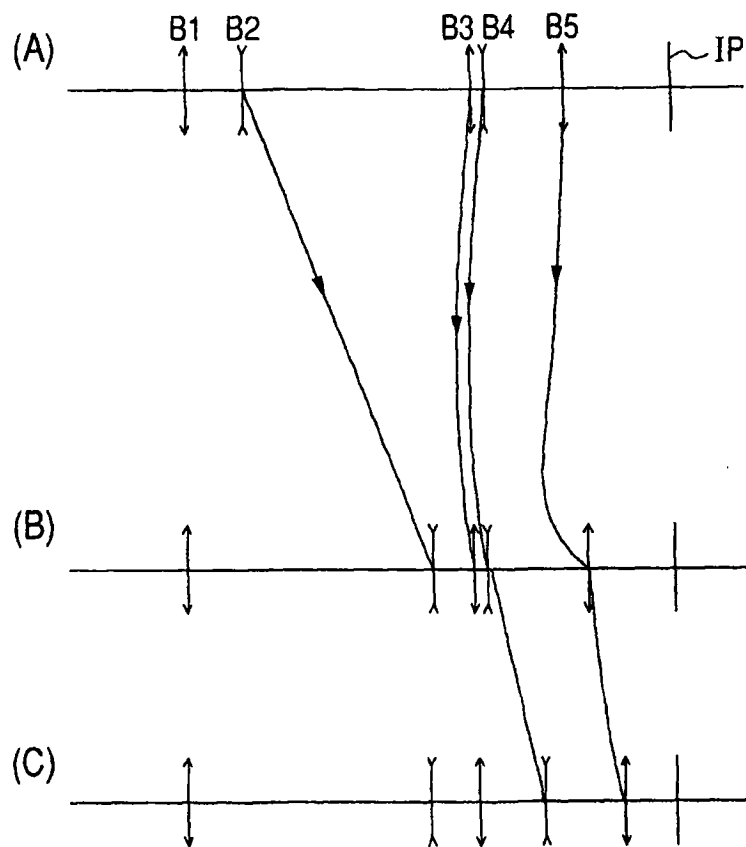


图 10

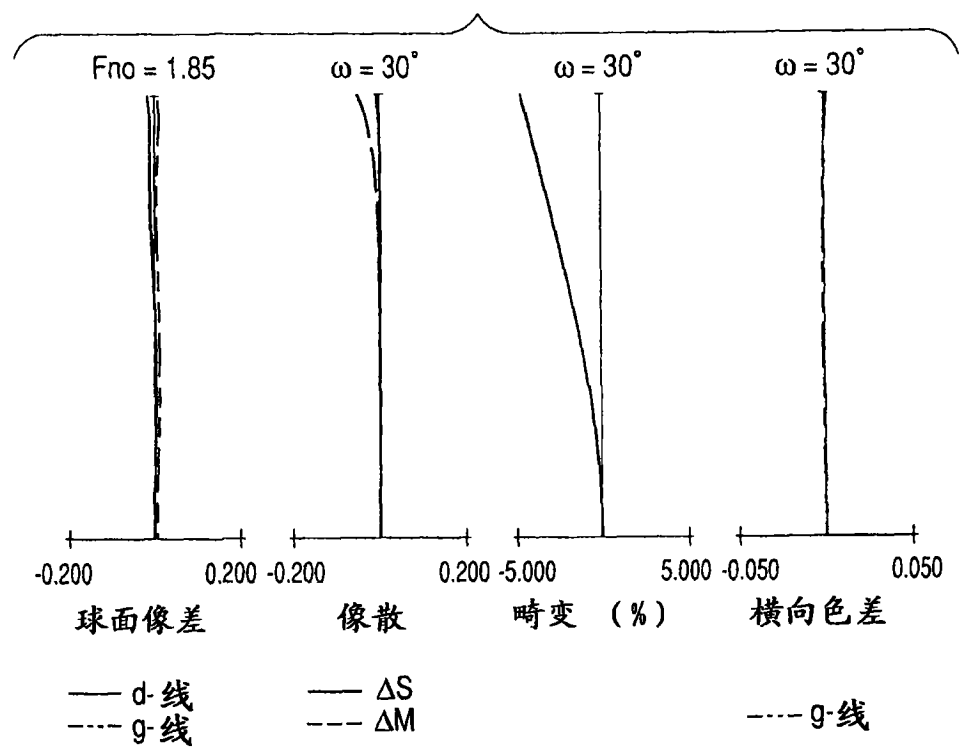


图 11

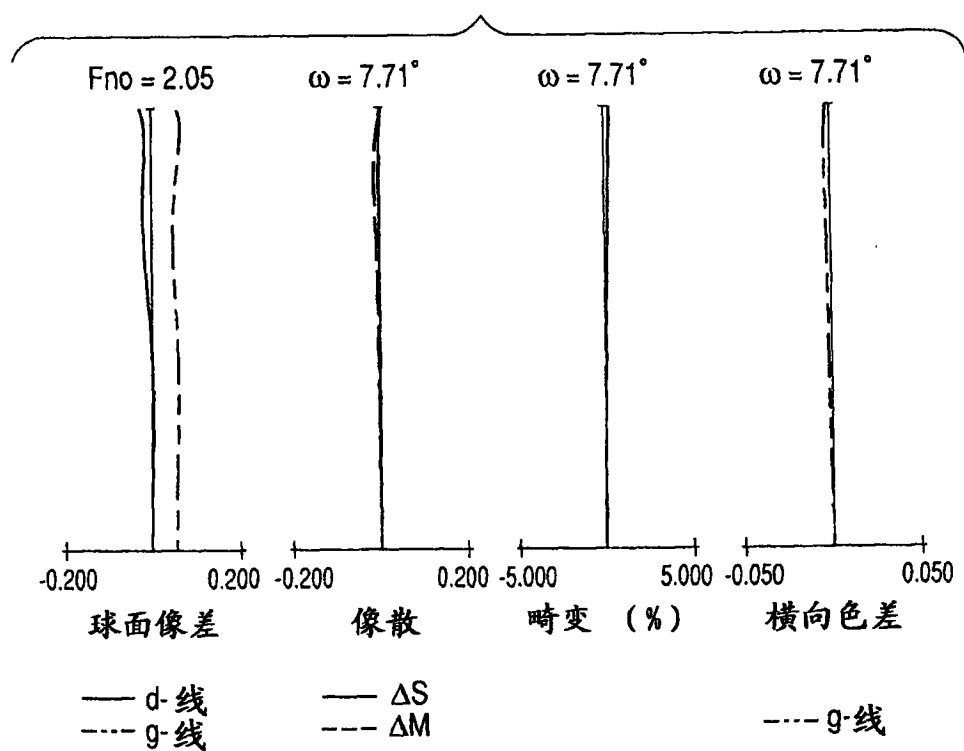


图 12

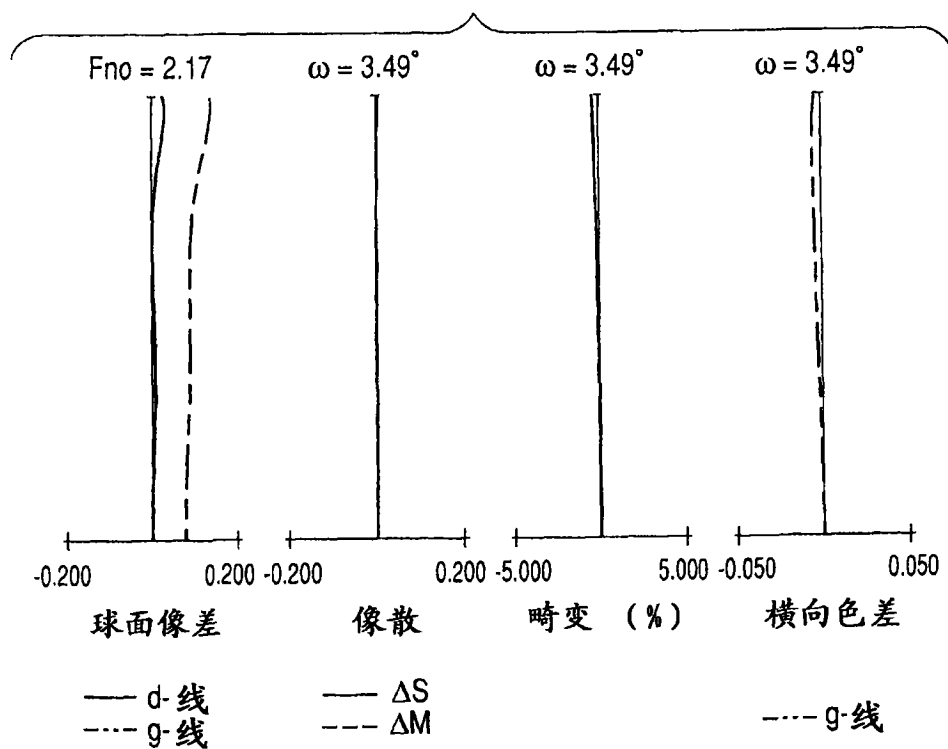


图 13

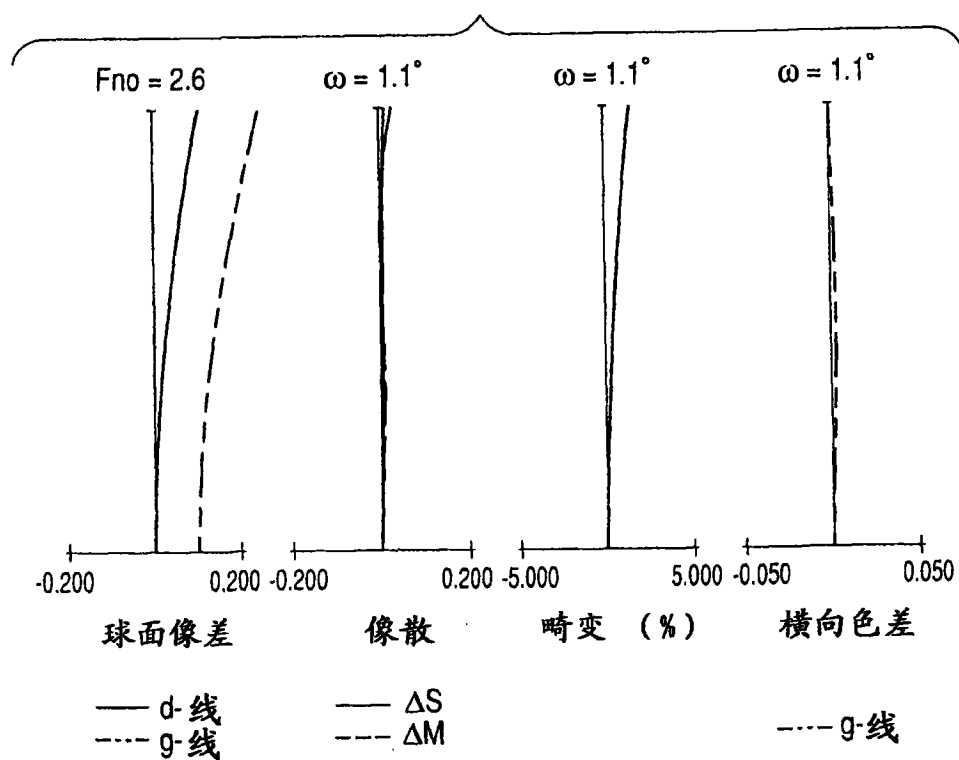


图 14

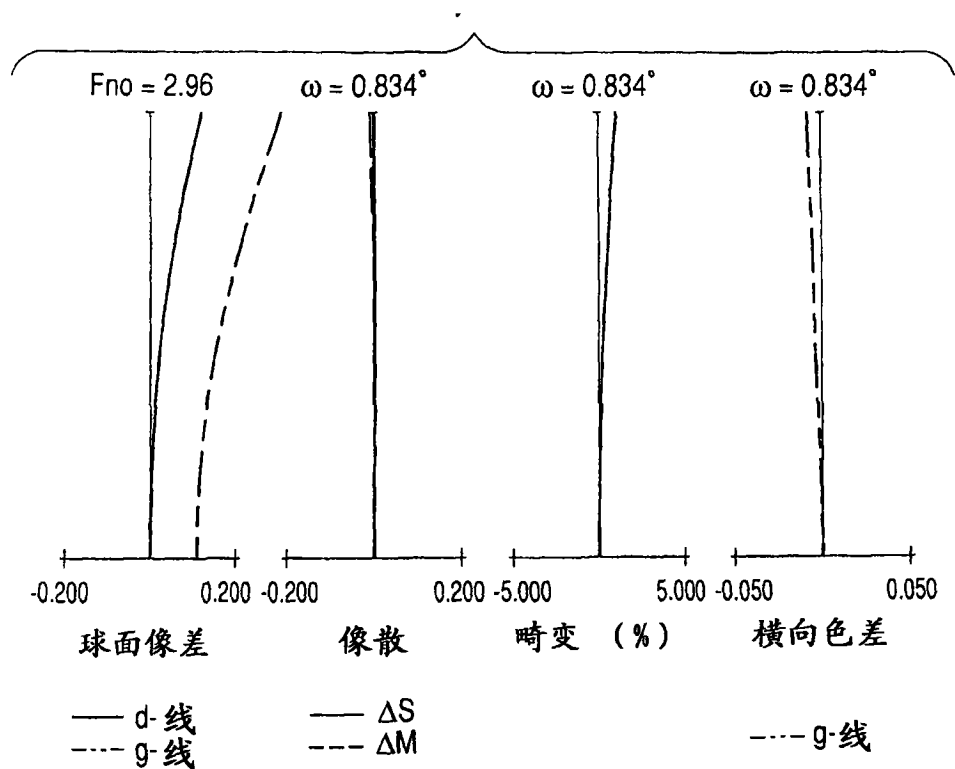


图 15

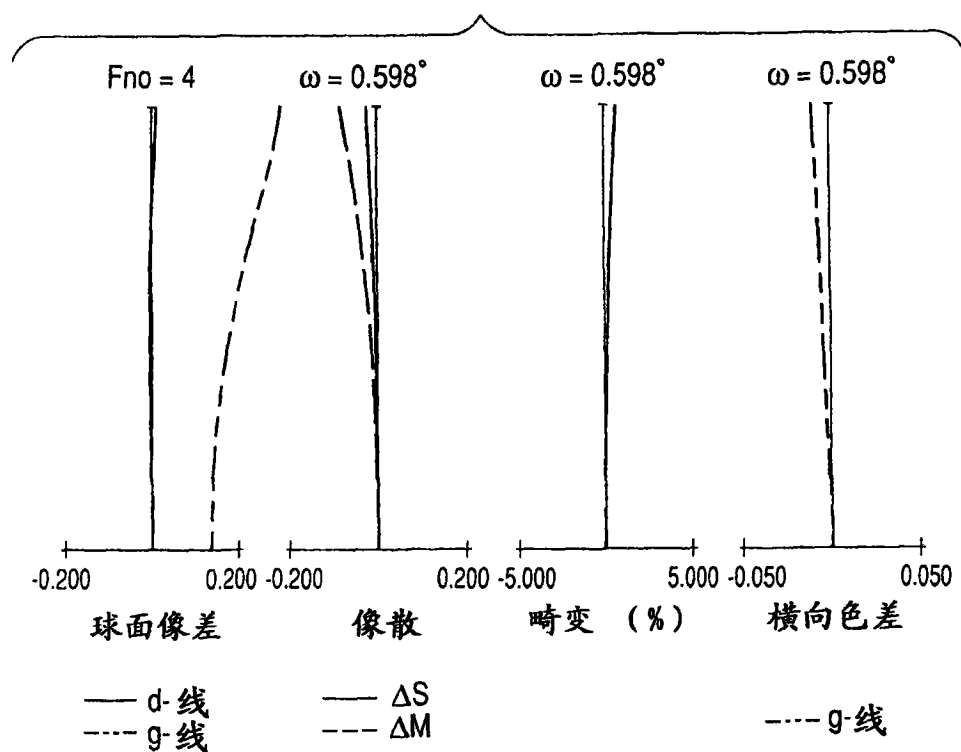


图 16

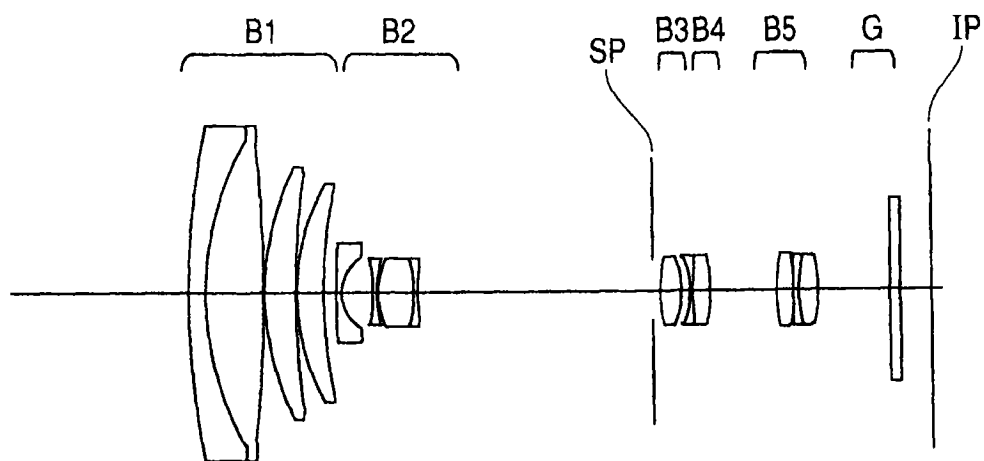


图 17

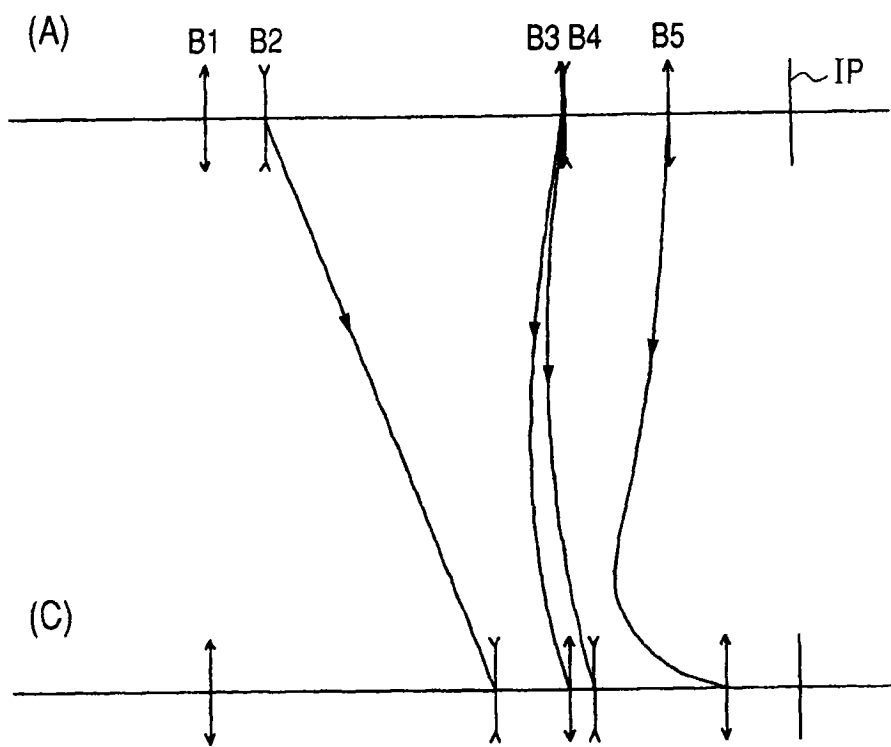


图 18



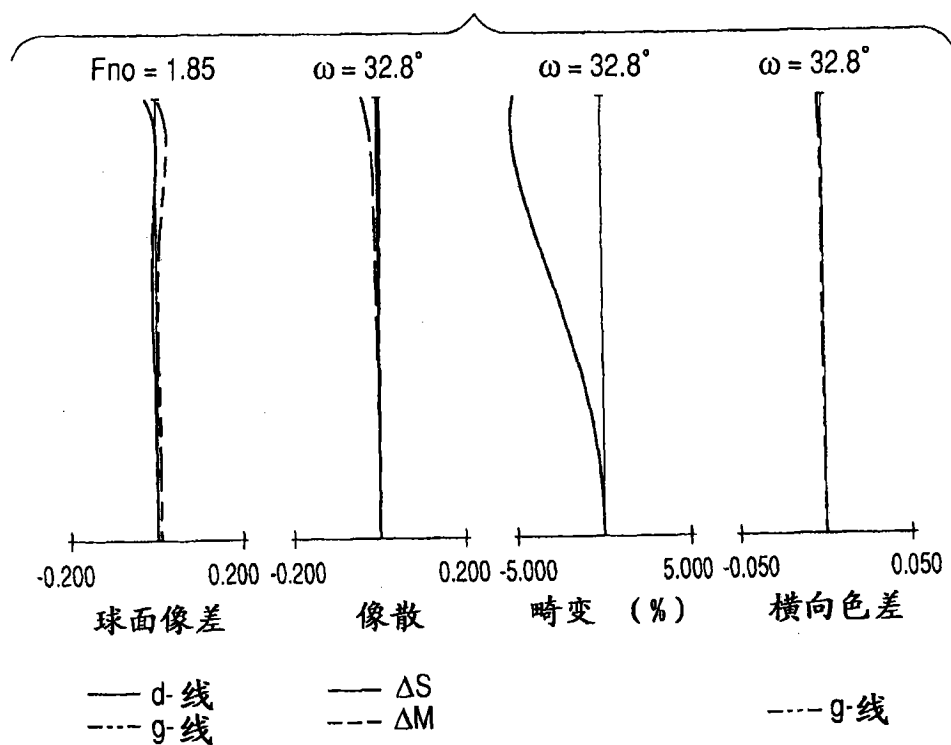


图 19

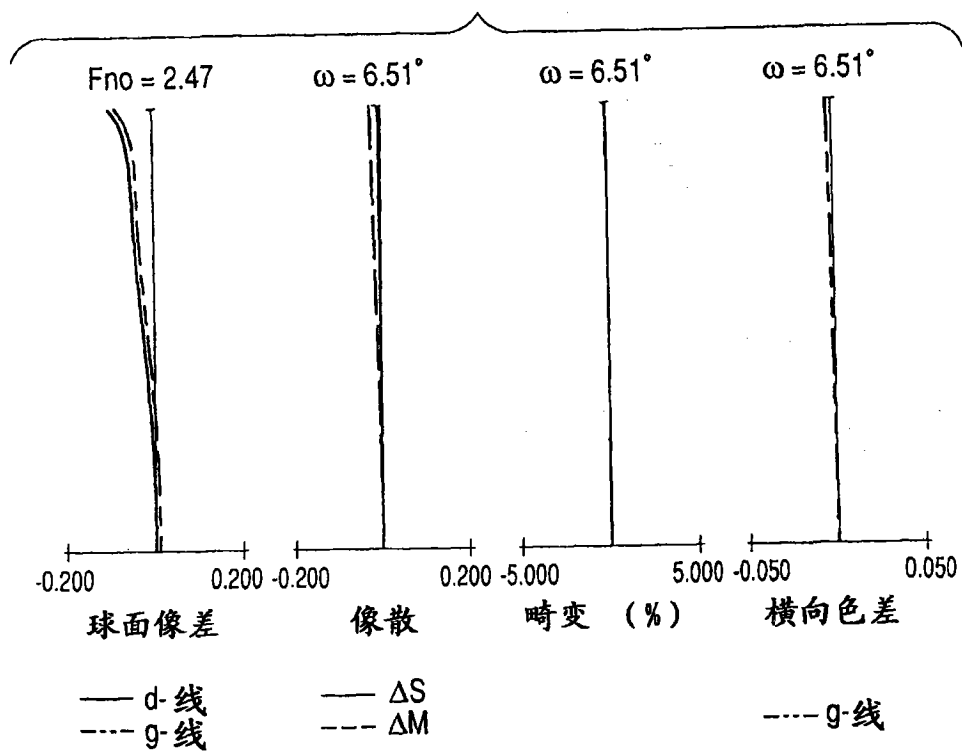


图 20

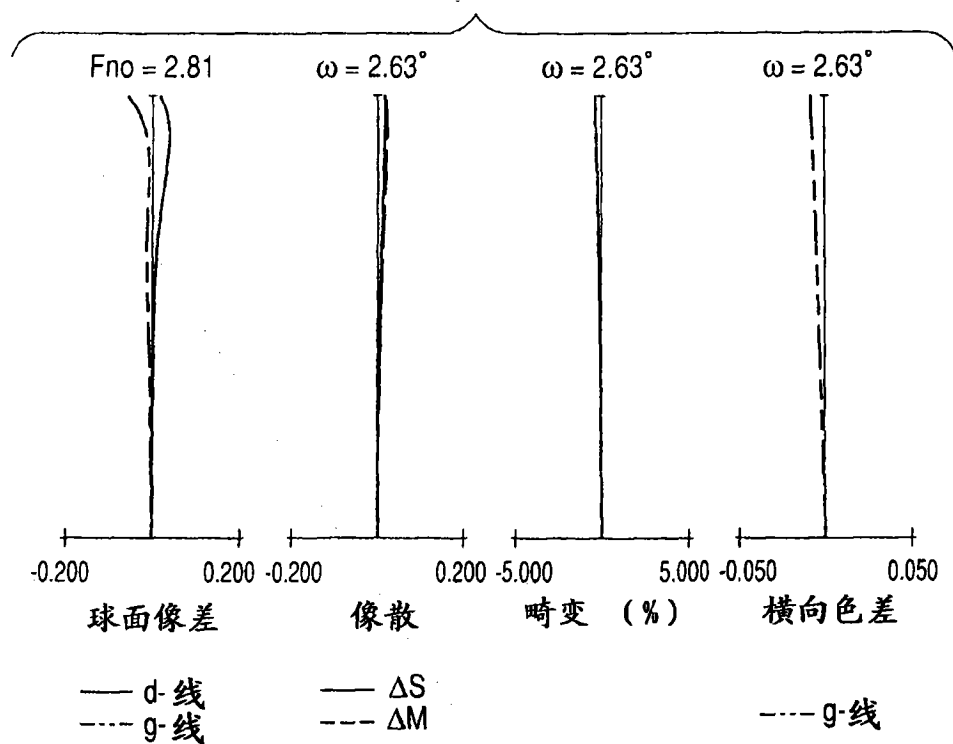


图 21

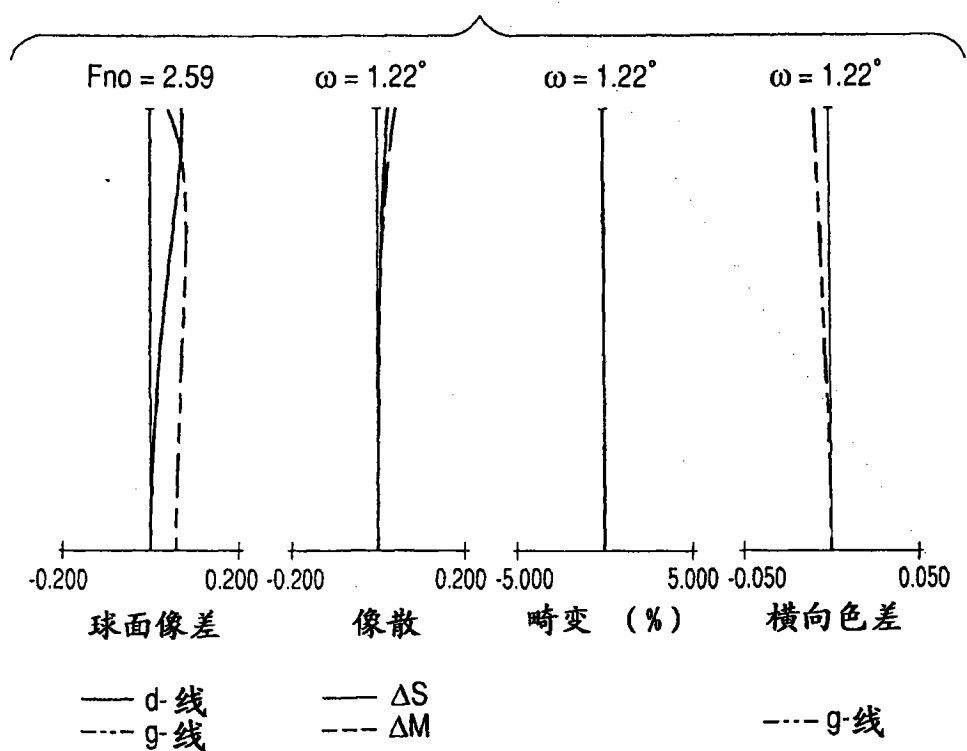


图 22

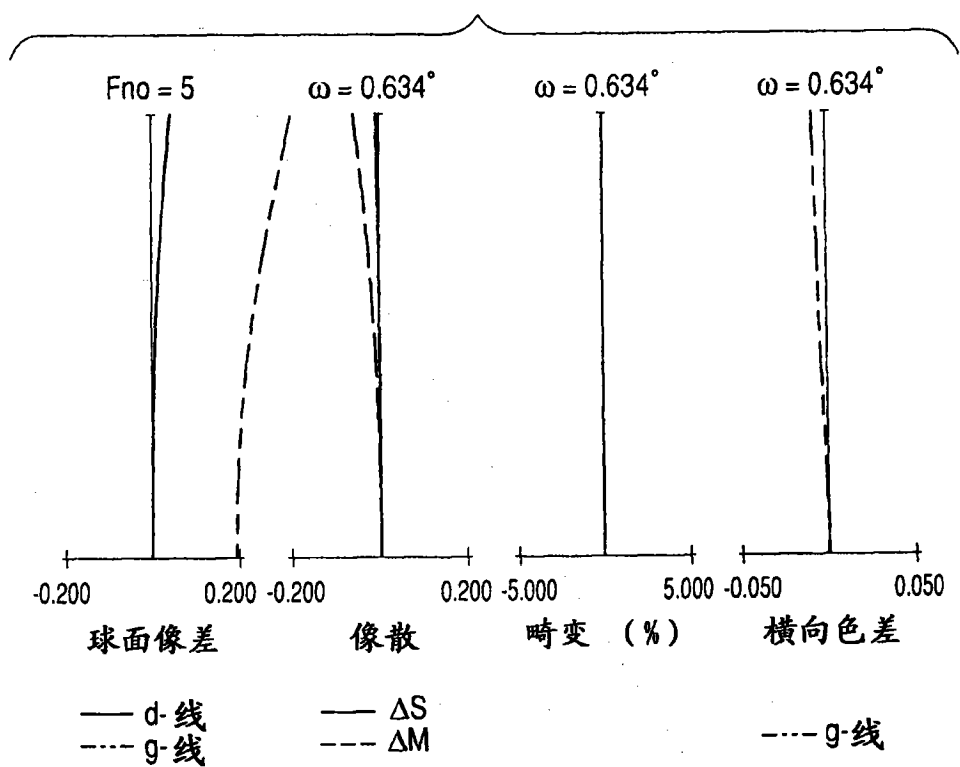


图 23

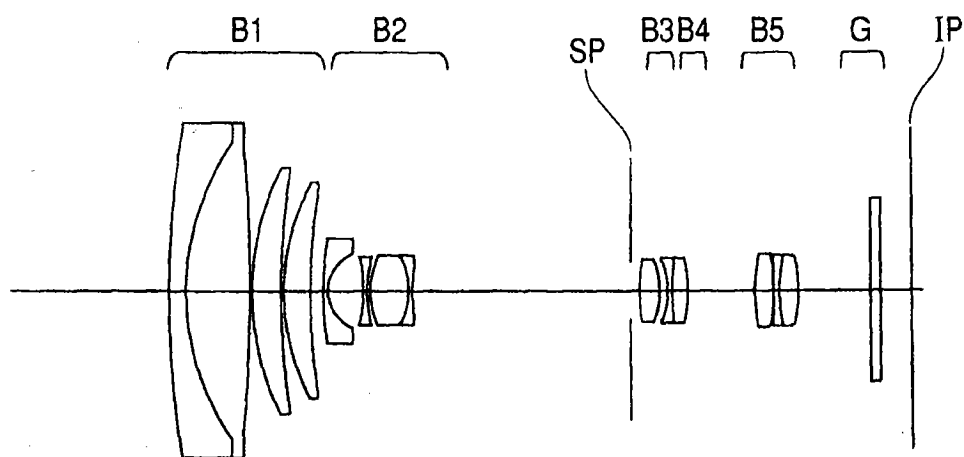


图 24

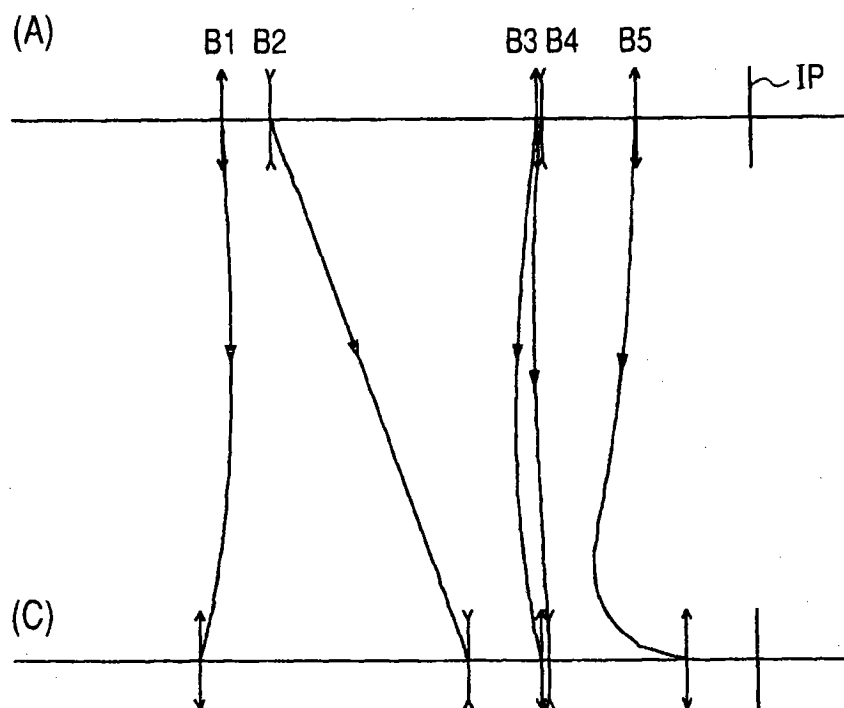


图 25

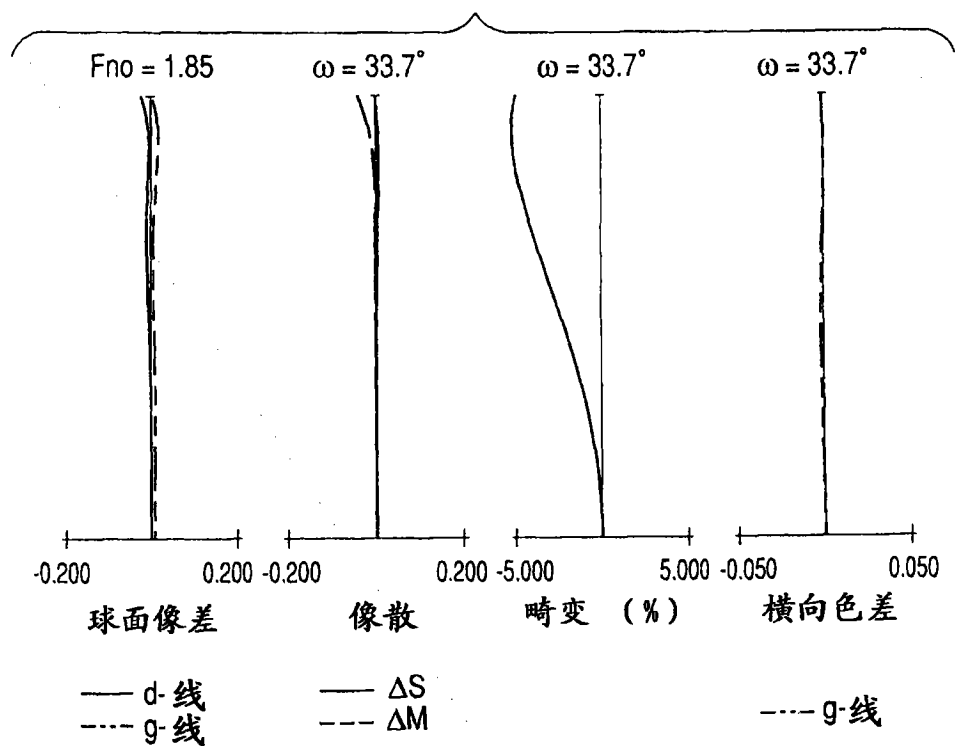


图 26

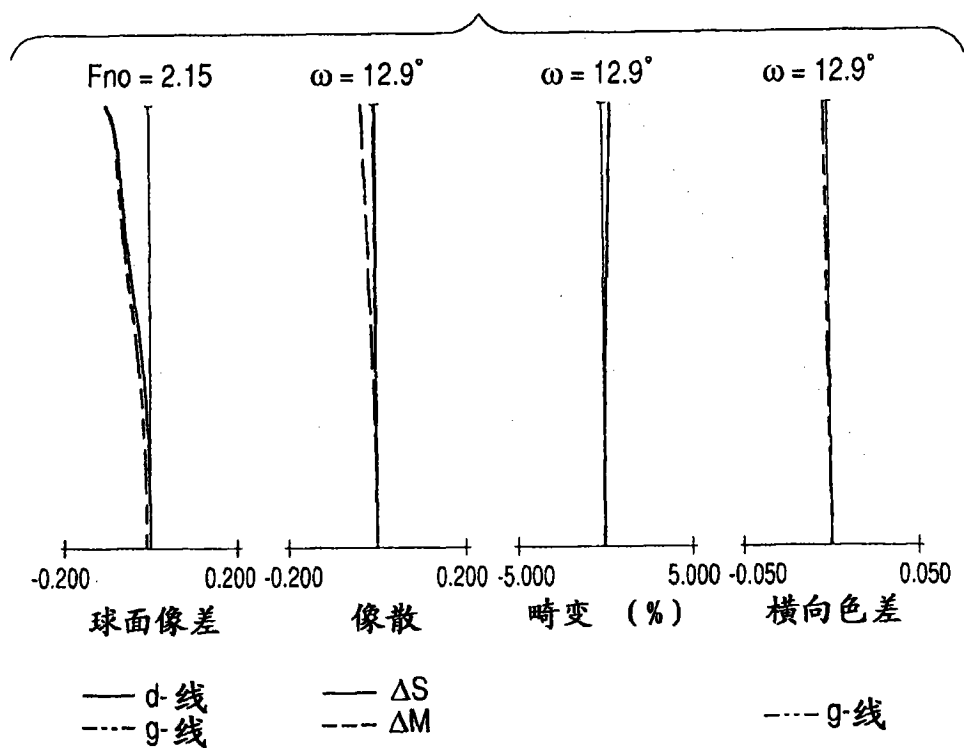


图 27

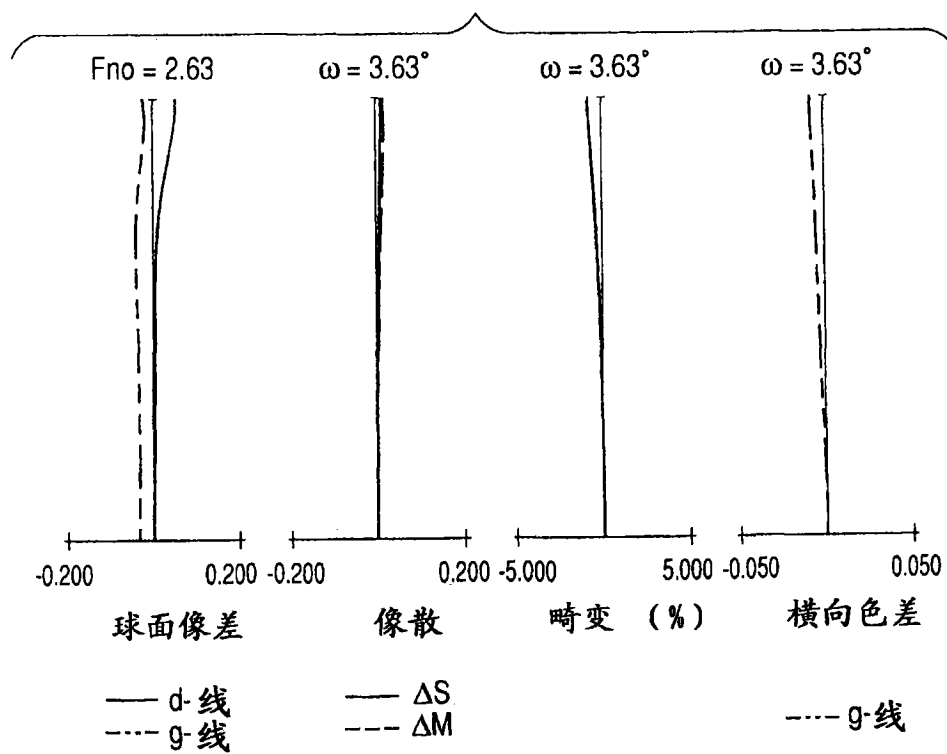


图 28

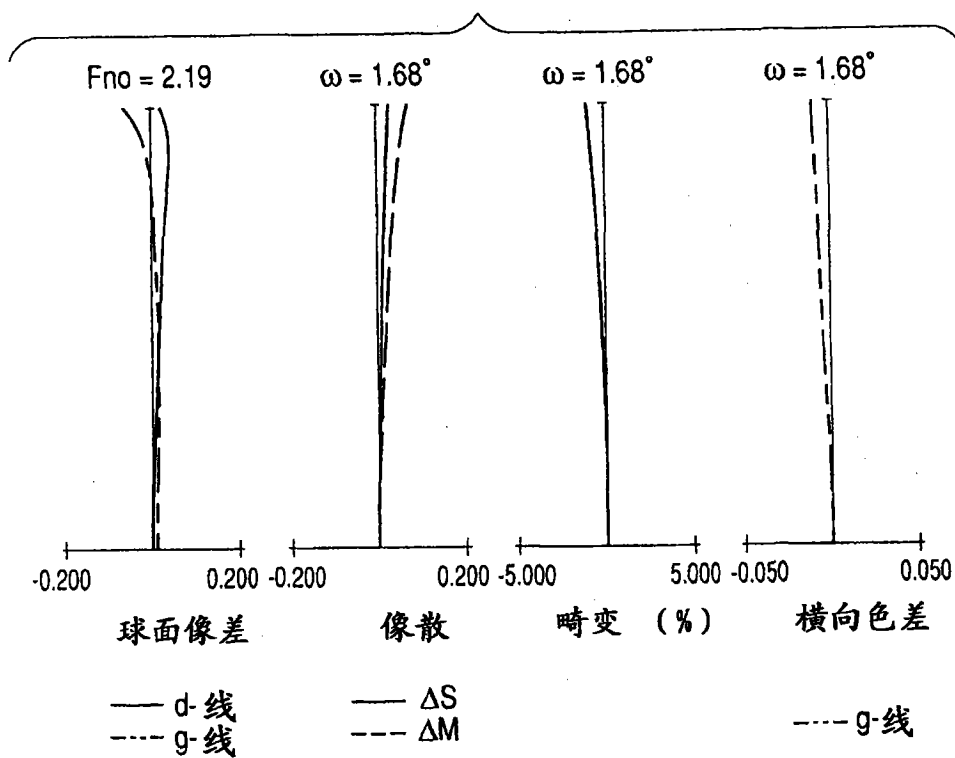


图 29

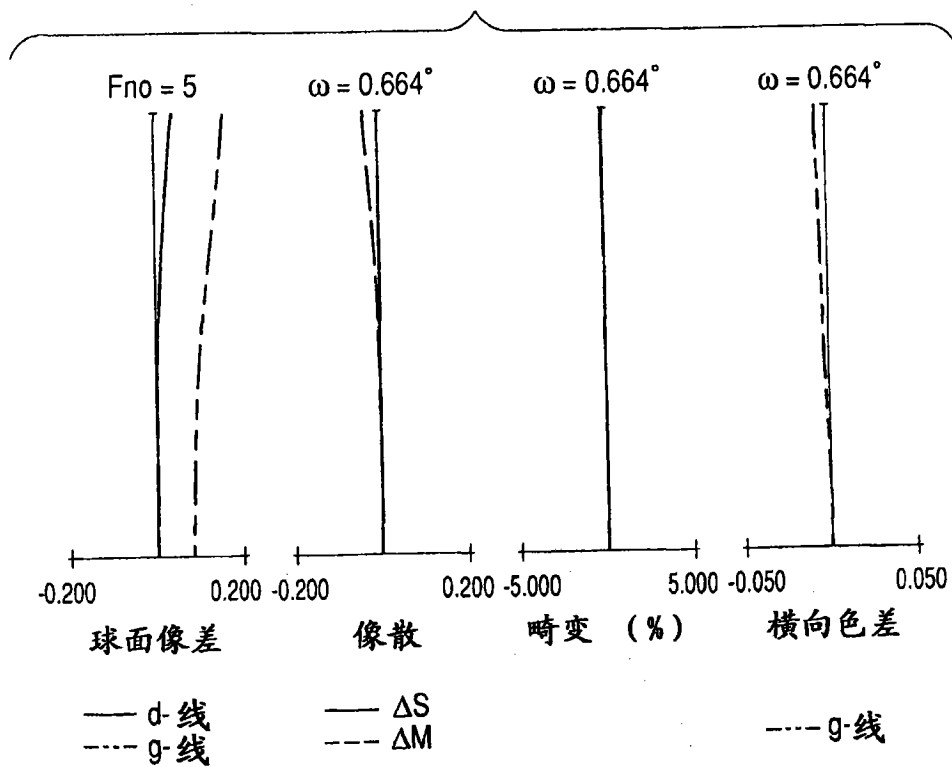


图 30

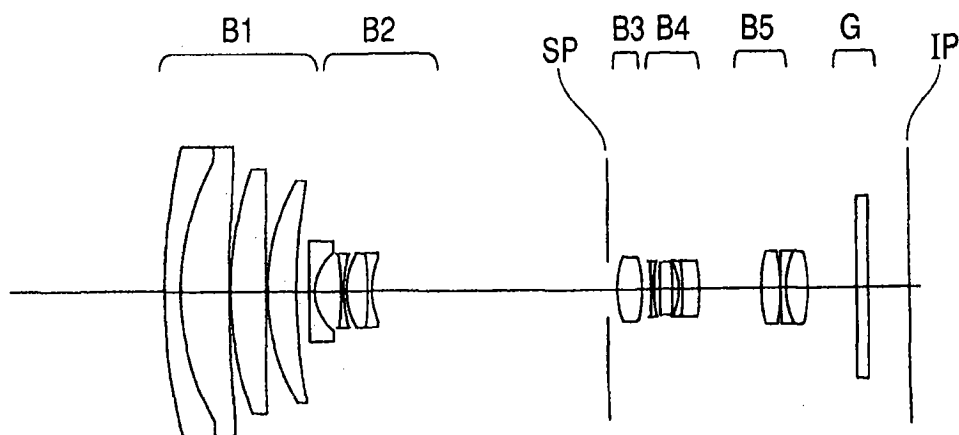


图 31

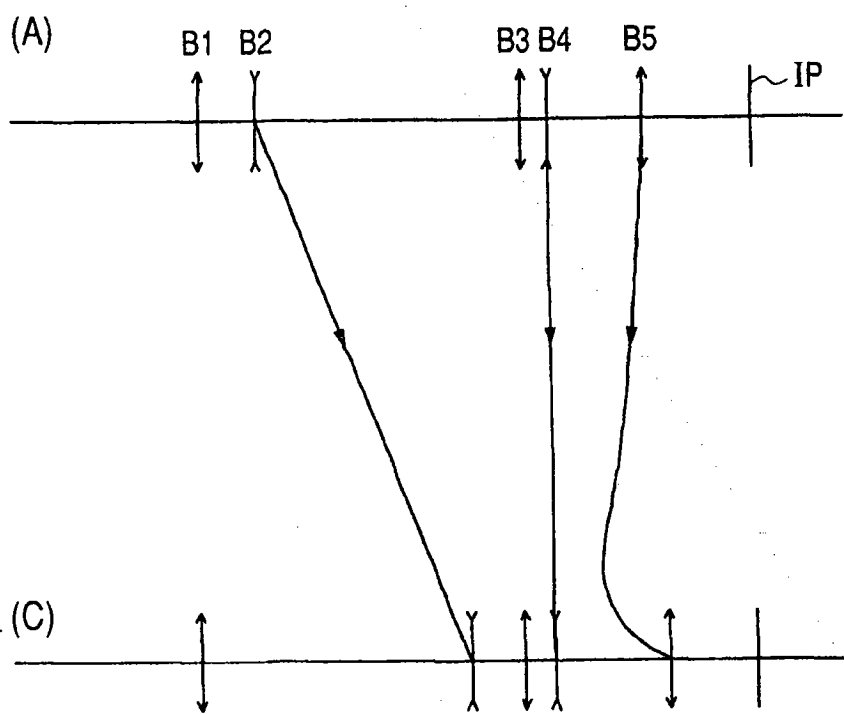


图 32

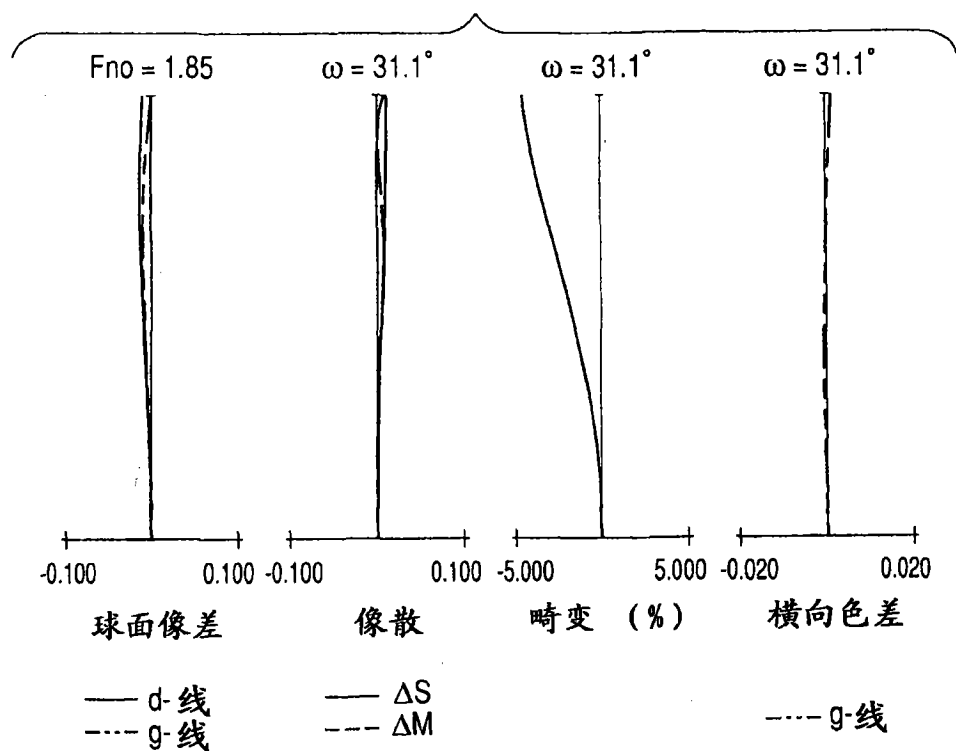


图 33

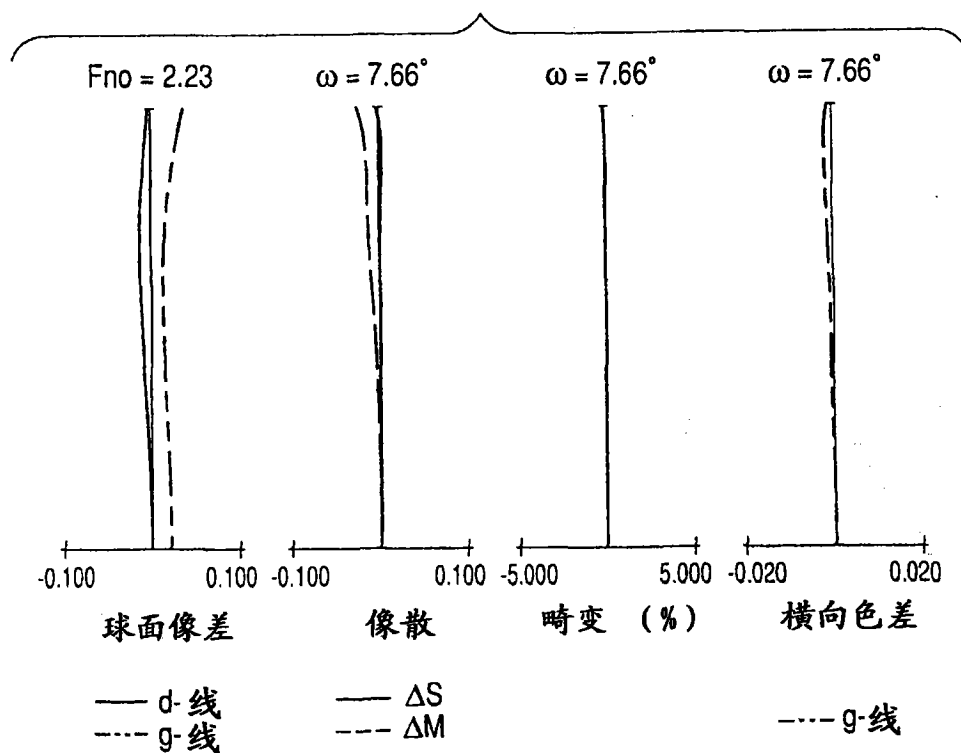


图 34



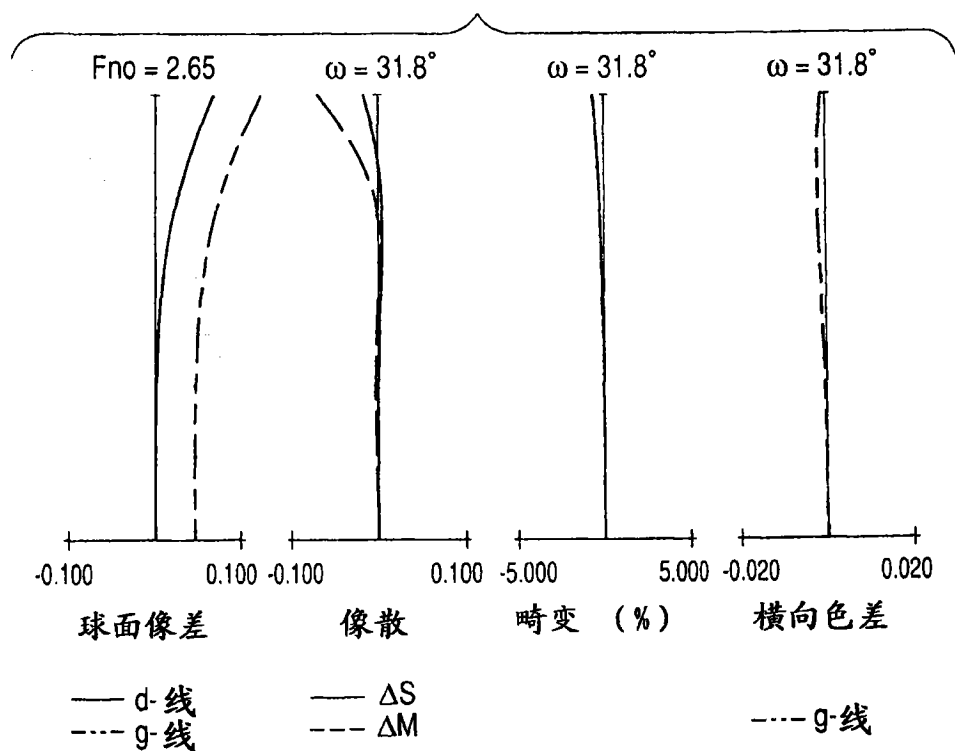


图 35

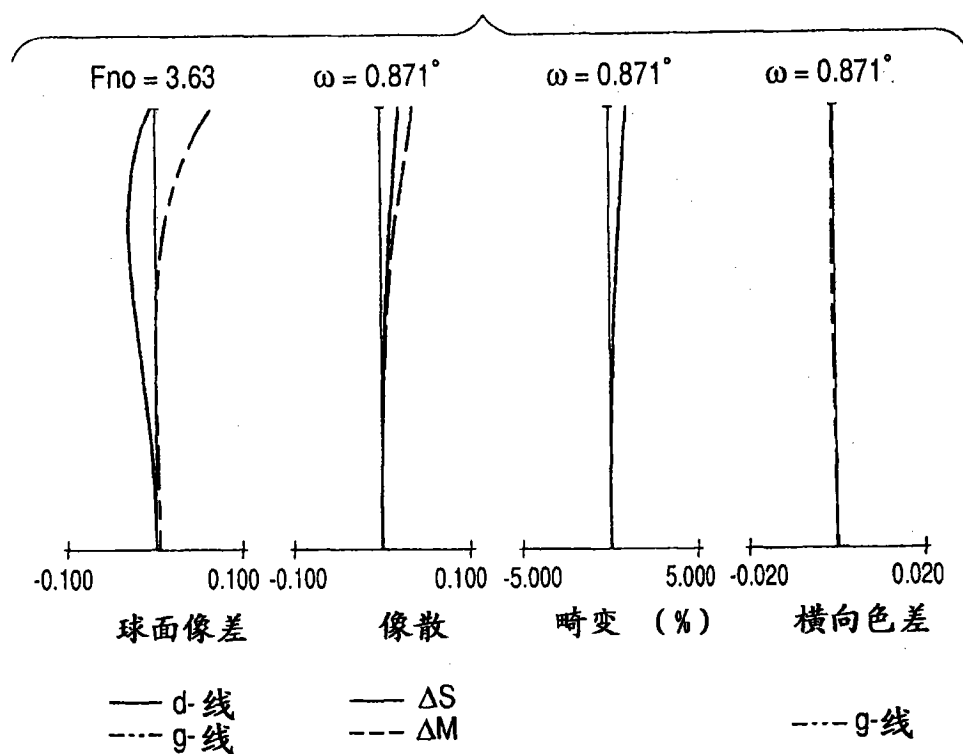


图 36

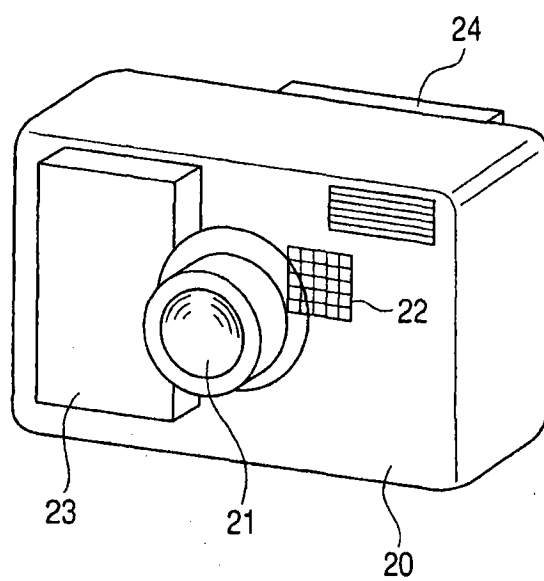


图 37

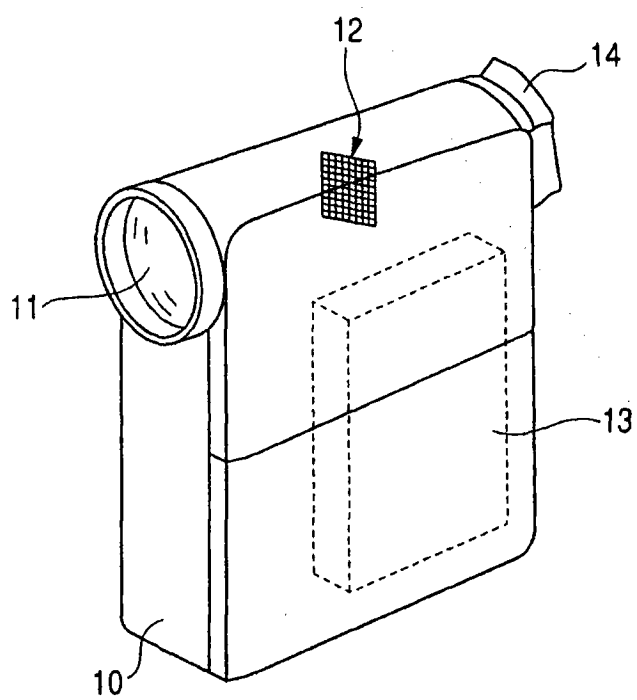


图 38