



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102338928 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 11

(21) 申请号 201110197694. 9

(22) 申请日 2011. 07. 15

(30) 优先权数据

2010-163029 2010. 07. 20 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 藤崎丰克

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专  
利商标事务所 11038

代理人 杨小明

(51) Int. Cl.

G02B 15/20 (2006. 01)

H04N 5/225 (2006. 01)

审查员 伏霞

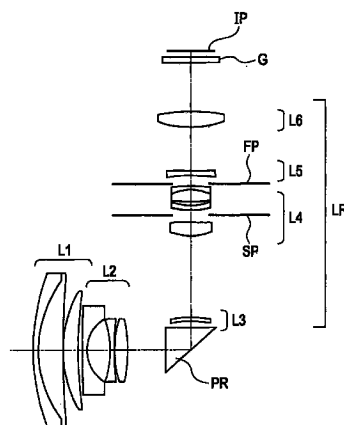
权利要求书2页 说明书20页 附图12页

### (54) 发明名称

变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的图像拾取装置

### (57) 摘要

本发明涉及一种变焦透镜系统和包括该变焦透镜系统的图像拾取装置。所述变焦透镜系统从物侧到像侧依次包括：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；用于弯曲光路的棱镜；以及包含多个透镜单元的后组，其中，与在广角端处相比，在望远端处，相对于成像面，第一透镜单元向物侧移动，而第二透镜单元向像侧移动，并且，第一透镜单元和第二透镜单元在从广角端到望远端的变焦中相对于像面的移动量  $M_1$  和  $M_2$ 、第二透镜单元的焦距  $f_2$ 、以及整个系统的在望远端处的焦距  $f_t$  分别被适当地设定。



1. 一种变焦透镜系统,从物侧到像侧依次包括:

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;

用于弯曲光路的棱镜;和

包含多个透镜单元的后组,

其中,与在广角端处相比,在望远端处,相对于成像面,第一透镜单元向物侧移动,而第二透镜单元向像侧移动,并且满足以下的条件式:

$$0.1 < |M1/M2| < 20.0$$

$$0.050 < |f2/ft| < 0.175$$

$$1.809 \leq DM23t/fw < 10.0,$$

其中, M1 和 M2 分别表示第一透镜单元和第二透镜单元在从广角端到望远端的变焦中相对于像面的移动量, f2 表示第二透镜单元的焦距, DM23t 表示第二透镜单元和为了变焦而移动的透镜单元之中的从物侧算起的第三个设置的透镜单元之间的望远端处的光轴上的间隔, fw 表示整个系统的在广角端处的焦距,以及 ft 表示整个系统的在望远端处的焦距。

2. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统,其中,满足以下的条件式:

$$4.5 < f1/fw < 10.0,$$

其中, f1 表示第一透镜单元的焦距。

3. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统,其中,满足以下的条件式:

$$3.0 < \beta 2t / \beta 2w < 6.0,$$

其中,  $\beta 2w$  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倍率。

4. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统,其中,满足以下的条件式:

$$0.02 < M2/ft < 0.2.$$

5. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统,其中,满足以下的条件式:

$$0.1 < |f2/fM3| < 0.6,$$

其中, fM3 表示为了变焦而移动的透镜单元之中的从物侧算起的第三个设置的透镜单元的焦距。

6. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统,

其中,所述后组从物侧到像侧依次包括具有负折光力的第三透镜单元、具有正折光力的第四透镜单元、具有负折光力的第五透镜单元和具有正折光力的第六透镜单元,并且,

其中,第三透镜单元和第五透镜单元不为了变焦而移动,而第四透镜单元和第六透镜单元为了变焦而移动。

7. 根据权利要求 6 的变焦透镜系统,其中,第三透镜单元包含单个负透镜。

8. 根据权利要求 6 的变焦透镜系统,其中,第五透镜单元包含单个负透镜。

9. 根据权利要求 6 的变焦透镜系统,其中,第四透镜单元移动以具有沿与光轴方向垂直的方向的成分,使得由于变焦透镜系统的抖动导致的拍摄图像的模糊被校正。

10. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统,

其中,所述后组从物侧到像侧依次包括具有正折光力的第三透镜单元和具有正折光力的第四透镜单元,并且,

其中,第三透镜单元和第四透镜单元为了变焦而移动。

11. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统,

其中,所述后组从物侧到像侧依次包括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,并且,

其中,第四透镜单元不为了变焦而移动,而第三透镜单元和第五透镜单元为了变焦而移动。

12. 根据权利要求 11 的变焦透镜系统,其中,第四透镜单元包含单个负透镜。

13. 根据权利要求 10 的变焦透镜系统,其中,第三透镜单元移动以具有沿与光轴方向垂直的方向的成分,使得由于变焦透镜系统的抖动导致的拍摄图像的模糊被校正。

14. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统,其中,在固态图像拾取元件上形成图像。

15. 一种图像拾取装置,包括:

变焦透镜;和

图像传感器,所述图像传感器被配置为接收通过所述变焦透镜形成的图像;

其中,所述变焦透镜从物侧到像侧依次包括:

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;

用于弯曲光路的棱镜;和

包含多个透镜单元的后组,

其中,与在广角端处相比,在望远端处,相对于成像面,第一透镜单元向物侧移动,而第二透镜单元向像侧移动,并且满足以下的条件式:

$$0.1 < |M1/M2| < 20.0$$

$$0.050 < |f2/ft| < 0.175$$

$$1.809 \leq DM23t/fw < 10.0,$$

其中, M1 和 M2 分别表示第一透镜单元和第二透镜单元在从广角端到望远端的变焦中相对于像面的移动量, f2 表示第二透镜单元的焦距, DM23t 表示第二透镜单元和为了变焦而移动的透镜单元之中的从物侧算起的第三个设置的透镜单元之间的望远端处的光轴上的间隔, fw 表示整个系统的在广角端处的焦距,以及 ft 表示整个系统的在望远端处的焦距。

## 变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的图像拾取装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的图像拾取装置。本发明适用于例如摄像机、数字静态照相机、监视照相机、卤化银胶片照相机或广播照相机。

### 背景技术

[0002] 近年来,使用固态图像拾取元件的图像拾取装置在功能上变得更加复杂并且在尺寸上变得更小。作为在这些图像拾取装置中使用的拍摄光学系统,需要具有高变焦比和小尺寸的变焦透镜系统。

[0003] 为了实现照相机的小型化和变焦透镜系统的高变焦比,已知存在可回缩的变焦透镜系统,在可回缩的变焦透镜系统中,透镜单元之间的间隔在非拍摄时间段中变得比在拍摄时间段中小,使得变焦透镜系统在非拍摄时间段中容纳于照相机体中。另外,已知存在光路弯曲变焦透镜系统,光路弯曲变焦透镜系统包含用于将拍摄光学系统的光路弯曲 90 度的反射部件以减小照相机厚度。

[0004] 美国专利 No. 7382548 和日本专利申请公开 No. 2007-279541 公开了具有约 6 ~ 10 的变焦比的变焦透镜系统。具体地,该变焦透镜系统从物侧到像侧依次包括正折光力透镜单元、负折光力透镜单元、正折光力透镜单元和正折光力透镜单元。第一透镜单元和第三透镜单元为了变焦而移动。在第二透镜单元和第三透镜单元之间设置用于弯曲光路的弯曲单元。日本专利申请公开 No. 2008-191291 公开了从物侧到像侧依次包括正折光力透镜单元、负折光力透镜单元、正折光力透镜单元、负折光力透镜单元和正折光力透镜单元(五个透镜单元)的变焦透镜系统。用于弯曲光路的反射单元被设置在第一透镜单元或第二透镜单元中。

[0005] 一般地,可通过增加构成变焦透镜系统的各透镜单元的折光力(光焦度或焦距的倒数)和通过减少透镜的数量实现变焦透镜系统的小型化。但是,具有这种结构的变焦透镜系统具有为了确保伴随透镜表面的折光力增加的边缘厚度而增加透镜的厚度、以及特别是增加前透镜有效直径的缺点。作为结果,难以减小透镜总长。另外,同时,在望远端处出现包含色差的更多的像差,并由此难以校正这些像差。

[0006] 因此,适当地设定变焦透镜系统的透镜结构并且适当地设定反射部件在光路中的位置和透镜单元在变焦中的移动量是重要的。特别地,如果透镜单元的折光力或变倍用透镜单元在变焦操作中的移动量没有被适当地设定,那么像差的波动在变焦操作中增加。另外,变得难以实现整个透镜系统的小型化。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的是提供可容易地以高的变焦比获得良好质量的图像并且可减小照相机厚度的变焦透镜系统和使用该变焦透镜系统的图像拾取装置。

[0008] 根据本发明的变焦透镜系统从物侧到像侧依次包括:

[0009] 具有正折光力的第一透镜单元;

- [0010] 具有负折光力的第二透镜单元；
- [0011] 用于弯曲光路的棱镜；和
- [0012] 包含多个透镜单元的后组，
- [0013] 其中，与在广角端处相比，在望远端处，相对于成像面，第一透镜单元向物侧移动，而第二透镜单元向像侧移动，并且满足以下的条件式：
- [0014]  $0.1 < |M1/M2| < 20.0$
- [0015]  $0.050 < |f2/ft| < 0.175$
- [0016] 其中，M1 和 M2 分别表示第一透镜单元和第二透镜单元在从广角端到望远端的变焦中相对于像面的移动量，f2 表示第二透镜单元的焦距，以及 ft 表示整个系统的在望远端处的焦距。
- [0017] 参照附图阅读示例性实施例的以下说明，本发明的其它特征将变得清晰。

### 附图说明

- [0018] 图 1 是根据本发明的例子 1 的广角端处的透镜截面图。
- [0019] 图 2A、图 2B 和图 2C 分别是根据与本发明的例子 1 对应的数值例 1 的广角端、中间变焦位置和望远端处的像差图。
- [0020] 图 3 是根据本发明的例子 2 的广角端处的透镜截面图。
- [0021] 图 4A、图 4B 和图 4C 分别是根据与本发明的例子 2 对应的数值例 2 的广角端、中间变焦位置和望远端处的像差图。
- [0022] 图 5 是根据本发明的例子 3 的广角端处的透镜截面图。
- [0023] 图 6A、图 6B 和图 6C 分别是根据与本发明的例子 3 对应的数值例 3 的广角端、中间变焦位置和望远端处的像差图。
- [0024] 图 7 是根据本发明的例子 4 的广角端处的透镜截面图。
- [0025] 图 8A、图 8B 和图 8C 分别是根据与本发明的例子 4 对应的数值例 4 的广角端、中间变焦位置和望远端处的像差图。
- [0026] 图 9 是根据本发明的例子 5 的广角端处的透镜截面图。
- [0027] 图 10A、图 10B 和图 10C 分别是根据与本发明的例子 5 对应的数值例 5 的广角端、中间变焦位置和望远端处的像差图。
- [0028] 图 11 是根据本发明的例子 1 的变焦透镜系统的透镜截面图。
- [0029] 图 12 是根据本发明的图像拾取装置的主要部分的示意图。

### 具体实施方式

- [0030] 现在将根据附图详细描述本发明的优选实施例。
- [0031] 以下，描述根据本发明的变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的图像拾取装置。根据本发明的变焦透镜系统从物侧到像侧依次包括：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；用于弯曲光路的棱镜；和包含多个透镜单元的后组。与在广角端处相比，在望远端处，相对于成像面，第一透镜单元向物侧移动，而第二透镜单元向像侧移动。
- [0032] 后组从物侧到像侧依次包括具有负折光力的第三透镜单元、具有正折光力的第四

透镜单元、具有负折光力的第五透镜单元和具有正折光力的第六透镜单元。第三透镜单元和第五透镜单元不为了变焦而移动,而第四透镜单元和第六透镜单元为了变焦而移动。作为替代方案,后组从物侧到像侧依次包括具有正折光力的第三透镜单元和具有正折光力的第四透镜单元。第三透镜单元和第四透镜单元为了变焦而移动。作为替代方案,其中,所述后组从物侧到像侧依次包括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。第四透镜单元不为了变焦而移动,而第三透镜单元和第五透镜单元为了变焦而移动。

[0033] 图 1 是根据本发明的例子 1 的变焦透镜系统的广角端(短焦距端)处的透镜截面图。图 2A、图 2B 和图 2C 分别是根据例子 1 的变焦透镜系统的广角端、中间变焦位置和望远端(长焦距端)处的像差图。图 3 是根据本发明的例子 2 的变焦透镜系统的广角端处的透镜截面图。图 4A、图 4B 和图 4C 分别是根据例子 2 的变焦透镜系统的广角端、中间变焦位置和望远端处的像差图。图 5 是根据本发明的例子 3 的变焦透镜系统的广角端处的透镜截面图。图 6A、图 6B 和图 6C 分别是根据例子 3 的变焦透镜系统的广角端、中间变焦位置和望远端处的像差图。图 7 是根据本发明的例子 4 的变焦透镜系统的广角端处的透镜截面图。图 8A、图 8B 和图 8C 分别是根据例子 4 的变焦透镜系统的广角端、中间变焦位置和望远端处的像差图。图 9 是根据本发明的例子 5 的变焦透镜系统的广角端处的透镜截面图。图 10A、图 10B 和图 10C 分别是根据例子 5 的变焦透镜系统的广角端、中间变焦位置和望远端处的像差图。在各例子中,光路通过设置在棱镜中的内反射表面弯曲,但是,为了方便,以展开的状态示出各透镜截面图中的光路。图 11 是根据本发明的例子 1 的通过设置在反射单元(棱镜)中的内反射表面弯曲光路时的透镜截面图。

[0034] 图 12 是包括根据本发明的变焦透镜系统的照相机(图像拾取装置)的主要部分的示意图。各例子的变焦透镜系统是用于诸如摄像机、数字照相机和卤化银胶片照相机的图像拾取装置的拍摄透镜系统。在透镜截面图中,左侧与被摄体侧(物侧)(前方)对应,右侧与像侧(后方)对应。在透镜截面图中,透镜单元从物侧起的次序由  $i$  表示,并且,第  $i$  个透镜单元由  $L_i$  表示。变焦透镜系统包括:包含多个透镜单元的后组 LR;限制光束的孔径光阑 SP;截止不希望的光的耀斑(flare)光阑 FP;具有内反射表面以使光路弯曲 90 度或约 90 度的棱镜(反射单元)PR;和与滤光器、面板、晶体低通滤波器、红外截止滤波器等对应的光学块 G。

[0035] 作为像面 IP,当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,设置诸如电荷耦合器件(CCD)传感器或互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器的固态图像拾取元件(光电转换元件)的成像面。作为替代方案,当对于卤化银胶片照相机使用变焦透镜系统时,设置与胶片表面对应的感光表面。在像差图中, $d$  和  $g$  分别表示  $d$  线和  $g$  线。 $\Delta M$  和  $\Delta S$  分别表示子午像面和弧矢像面。横向色差由  $g$  线表达。符号  $\omega$  表示半场角(拍摄场角的半值(half value)), $F_{no}$  表示 F 数。并且,在以下描述的各例子中,广角端和望远端指的是当变倍用透镜单元沿光轴位于机械可动范围的各端部时的变焦位置。

[0036] 各例子中的变焦透镜系统从物侧到像侧依次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  $L_2$ 、用于使光路弯曲的棱镜 PR 和包括多个透镜单元的后组 LR。与在广角端处相比,在望远端处,第一透镜单元  $L_1$  相对于成像面向物侧移动,而第二透镜单元  $L_2$  相对于成像面向像侧移动,以执行变焦。

[0037] 在各例子中,在变焦中,与在广角端处相比,在望远端处,第一透镜单元 L1 移动为更接近物侧。因此,广角端处的透镜总长减小,并由此减小前透镜有效直径,并且,获得高变焦比。特别地,在各例子中,具有正折光力的第一透镜单元 L1 向物侧移动,使得第二透镜单元 L2 具有大的变倍效果。因此,在不太多增加第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 的折光力的情况下,获得约 10 的高变焦比。

[0038] 第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 在从广角端到望远端的变焦中相对于像面的移动量分别由 M1 和 M2 表示。第二透镜单元 L2 的焦距由 f2 表示,整个系统的在望远端处的焦距由 ft 表示。然后,满足以下的条件式:

$$[0039] \quad 0.1 < |M1/M2| < 20.0 \dots (1)$$

$$[0040] \quad 0.050 < |f2/ft| < 0.175 \dots (2)$$

[0041] 其中,相对移动量 M1 和 M2 中的每一个是与广角端处相比望远端处各透镜单元关于像面的在光轴方向上的位移(位置之间的差值),并且,其符号在物侧为负并且在像侧为正。

[0042] 条件式(1)限定第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 在从广角端到望远端的变倍中的有助于变倍的相对于像面的相对移动量 M1 和 M2 的适当的范围,以在减小前透镜直径的同时实现高变焦比。一般地,可通过增加有助于变倍的透镜单元的折光力和通过增加移动量来获得宽场角和高变焦比。但是,如果折光力增加得太多,那么变得难以校正像差,结果是不能获得良好的性能。另外,如果为了校正像差而增加构成透镜的数量,那么变得难以实现薄的照相机。并且,如果移动量被设为太大,那么透镜总长也变大,结果是难以实现照相机的小型化。如果第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 的移动量 M1 和 M2 之间的比变得低于条件式(1)的下限,那么为了以小的移动量实现高变焦比,需要增加第一透镜单元 L1 的折光力。作为结果,前透镜有效直径增加。另外,变得主要在望远端处难以校正球面像差和轴向色差,并且难以在变焦中间范围中校正彗形像差。另外,由于第一透镜单元 L1 的折光力增加,因此,各透镜单元的倾斜/平行偏心敏感度增加。作为结果,由于由机械部件的空隙或间隙导致的偏心,变得难以在组装照相机时和在正常的拍摄中获得良好的光学性能。

[0043] 如果第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 的移动量 M1 和 M2 之间的比变得大于条件式(1)的上限,那么,为了以小的移动量实现高变焦比,需要增加第二透镜单元 L2 的折光力。从而,变得主要在广角端处难以校正像场弯曲和横向色差、难以在望远端处校正轴向色差并且难以在画面周边在整个变焦范围中抑制像面波动。另外,由于主要有助于变倍的第二透镜单元 L2 的折光力增加,因此各透镜单元的倾斜/平行偏心敏感度增加。因此,由于由机械部件的空隙或间隙导致的偏心,变得难以在组装照相机时和在正常的拍摄中获得良好的光学性能。并且,当第一透镜单元 L1 的移动量 M1 增加时,图像模糊在变焦中增加,结果是变得难以在拍摄运动图像时获得良好的光学性能。

[0044] 为了设定第二透镜单元 L2 的焦距 f2 和整个系统在望远端处的焦距 ft 之间的适当的比,限定条件式(2),以实现高变焦比,同时在整个变焦范围上获得良好的光学性能。如果第二透镜单元 L2 的焦距变小以相对于整个系统的焦距 ft 低于条件式(2)的下限,那么变得主要难以在广角端处校正像场弯曲和横向色差,并且难以在画面周边在整个变焦范围中抑制像面波动。另外,由于主要有助于变倍的第二透镜单元 L2 的折光力增加,因此各透

镜单元的倾斜 / 平行偏心敏感度增加。作为结果, 由于由机械部件的空隙或间隙导致的偏心, 变得难以在组装照相机时和在正常的拍摄中获得良好的光学性能。如果第二透镜单元 L2 的焦距变大以相对于整个系统的焦距  $f_t$  超出条件式 (2) 的上限, 那么为了实现高变焦比需要增加第二透镜单元 L2 的移动量。作为结果, 透镜总长增加, 并且, 照相机变大。另外, 第一透镜单元和第二透镜单元的有效直径增加, 这是不好的。

[0045] 如上所述, 广角端处和望远端处的第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 的移动量以及第二透镜单元 L2 的折光力被适当地设定, 使得满足条件式 (1) 和 (2)。因此, 提供具有高的变焦比和小的前透镜有效直径、同时在整个变焦范围上保持高的光学性能的小的变焦透镜系统。

[0046] 注意, 更优选将条件式 (1) 和 (2) 的数值范围设定如下。

[0047]  $0.2 < |M1/M2| < 15.0 \cdots (1a)$

[0048]  $0.100 < |f2/f_t| < 0.175 \cdots (2a)$

[0049] 更优选将条件式 (1a) 和 (2a) 的数值范围设定如下。

[0050]  $0.36 < |M1/M2| < 12.00 \cdots (1b)$

[0051]  $0.120 < |f2/f_t| < 0.170 \cdots (2b)$

[0052] 通过上述的结构, 能够获得具有宽场角和高的变焦比并且在整个变焦范围上具有高的光学性能的小的变焦透镜系统。

[0053] 在本发明中, 更优选满足以下条件中的一个或更多个。第一透镜单元 L1 的焦距由  $f_1$  表示。整个系统在广角端处的焦距由  $f_w$  表示。第二透镜单元 L2 在广角端处和望远端处的横向倍率分别由  $\beta_{2w}$  和  $\beta_{2t}$  表示。

[0054] 第二透镜单元 L2 和第三移动透镜单元 (第三移动透镜单元是从物侧算起的第三移动单元并且为了变焦而移动) 之间的望远端处的间隔由  $DM_{23t}$  表示。第三移动透镜单元 (第三移动透镜单元是从物侧算起的第三移动单元并且为了变焦而移动) 的焦距由  $f_{M3}$  表示。然后, 优选满足以下的条件式中的一个或更多个。

[0055]  $4.5 < f_1/f_w < 10.0 \cdots (3)$

[0056]  $3.0 < \beta_{2t}/\beta_{2w} < 6.0 \cdots (4)$

[0057]  $0.02 < M2/f_t < 0.20 \cdots (5)$

[0058]  $1.0 < DM_{23t}/f_w < 10.0 \cdots (6)$

[0059]  $0.1 < |f2/f_{M3}| < 0.6 \cdots (7)$

[0060] 条件式 (3) 限定第一透镜单元 L1 的焦距  $f_1$  和整个系统在广角端处的焦距  $f_w$  之间的适当的比, 以减小整个系统的尺寸, 同时实现高的变焦比。如果第一透镜单元 L1 的焦距  $f_1$  变得太小以相对于整个系统在广角端处的焦距  $f_w$  低于条件式 (3) 的下限, 那么变得在实现宽场角时主要难以在广角端处校正横向色差。另外, 当实现高变焦比时, 轴向色差和横向色差在望远端处增大。另外, 变得难以确保构成第一透镜单元 L1 的正透镜的边缘厚度。作为结果, 为了制造, 需要增加有效直径, 并且, 前透镜有效直径增加, 这是不好的。并且, 在组装过程中, 第一透镜单元 L1 的偏心敏感度增加, 从而导致劣化的光学性能, 这是不好的。如果第一透镜单元 L1 的焦距  $f_1$  变大以相对于整个系统在广角端处的焦距  $f_w$  超出条件式 (3) 的上限, 那么当实现高变焦比时第一透镜单元 L1 的移动量在变焦操作中增加。因此, 整个系统变大。另外, 变得难以在望远端处校正球面像差。此外, 第一透镜单元 L1 的

移动量在变焦操作中增加,由此变焦中的图像模糊增加。作为结果,变得难以在拍摄运动图像时获得良好的光学性能。

[0061] 为了在整个系统小时获得高变焦比,条件式(4)限定广角端处和望远端处的第二透镜单元 L2 的适当的横向倍率  $\beta_{2w}$  和  $\beta_{2t}$ 。如果广角端处的第二透镜单元 L2 的横向倍率  $\beta_{2w}$  太大以相对于望远端处的横向倍率  $\beta_{2t}$  低于条件式(4)的下限,那么变焦中的第二透镜单元 L2 的移动量变大。因此,透镜总长增加到大尺寸,这是不好的。如果广角端处的第二透镜单元 L2 的横向倍率  $\beta_{2w}$  变得太小以与望远端处的横向倍率  $\beta_{2t}$  相比超出条件式(4)的上限值,那么变得难以在整个变焦范围上校正彗形像差和像面波动。另外,由于前透镜有效直径增加,因此变得难以实现整个系统的小型化。

[0062] 为了在整个系统小时获得高变焦比,条件式(5)限定第二透镜单元 L2 在变焦中的移动量 M2 和整个系统在望远端处的焦距  $f_t$  之间的适当的比。如果第二透镜单元 L2 的移动量 M2 太小以与整个系统在望远端处的焦距  $f_t$  相比低于条件式(5)的下限值,那么,为了实现高的变焦比,必须增加主要有助于变倍的第二透镜单元 L2 的折光力。作为结果,变得主要难以在广角端处校正像场弯曲和横向色差,并且难以在画面周边在整个变焦范围中抑制像面波动。另外,各透镜单元的倾斜/平行偏心敏感度增加。作为结果,由于由机械部件的空隙或间隙导致的偏心,因此变得难以在组装照相机时和在正常的拍摄中获得良好的光学性能。如果第二透镜单元 L2 的移动量 M2 变大以与整个系统的在望远端处的焦距  $f_t$  相比超出条件式(5)的上限,那么为了实现高变焦比,透镜总长增加,从而导致整个照相机的尺寸大。另外,第一透镜单元和第二透镜单元的有效直径增加,这是不好的。

[0063] 为了在整个系统小时获得高的变焦比,条件式(6)限定从物侧算起的第二移动透镜单元 L2 和第三移动透镜单元 LM3 之间的望远端处的在光轴上的距离 DM23t 与整个系统在广角端处的焦距  $f_w$  的适当的比。其中,第三移动透镜单元 LM3 与例子 1~3 中的第四透镜单元 L4、例子 4 中的第三透镜单元 L3 和例子 5 中的第三透镜单元 L3 对应。如果从物侧算起的第二移动透镜单元 L2 和第三移动透镜单元 LM3 之间的望远端处的在光轴上的距离 DM23t 变得小于整个系统在广角端处的焦距  $f_w$  而低于条件式(6)的下限值,那么由于用于弯曲光路的棱镜而出现周边光量的渐晕(vignetting)。作为结果,变得难以获得良好的光学性能。如果从物侧算起的第二移动透镜单元和第三移动透镜单元之间的望远端处的光轴上的距离 DM23t 变得比整个系统在广角端处的焦距  $f_w$  大而超出条件式(6)的上限,那么透镜总长增加。作为结果,变得难以实现整个系统的小型化。另外,为了获得高变焦比,必须增加第二移动透镜单元 L2 和第三移动透镜单元 LM3 的折光力。作为结果,各透镜单元的倾斜/平行偏心敏感度增加。作为结果,由于由机械部件的空隙或间隙导致的偏心,变得难以在组装照相机时和在正常的拍摄中获得良好的光学性能。

[0064] 为了在整个系统小时获得高的变焦比,条件式(7)限定从物侧算起的第二移动透镜单元 L2 和第三移动透镜单元 LM3 的焦距  $f_2$  和  $f_{M3}$  之间的适当的比。如果焦距  $f_2$  太小以与焦距  $f_{M3}$  相比低于条件式(7)的下限值,那么变得主要难以在广角端处校正像场弯曲和横向色差,并且难以在画面周边在整个变焦范围中抑制像面波动。另外,通过棱镜使光路弯曲之后的透镜总长变长,结果是变得难以实现照相机的小型化。并且,各透镜单元的倾斜/平行偏心敏感度增加。作为结果,由于由机械部件的空隙或间隙导致的偏心,因此变得难以在组装照相机时和在正常的拍摄中获得良好的光学性能。如果焦距  $f_2$  变得太大以与焦

距  $f_{M3}$  相比超出条件式 (7) 的上限, 那么, 为了获得高变焦比, 透镜总长变长, 并由此变得难以实现照相机的小型化。

[0065] 注意, 为了进一步在实现整个透镜系统的小型化的同时减小像差校正和变焦操作中的像差波动, 优选将条件式 (3) ~ (6) 的数值范围设定如下。

[0066]  $4.6 < f_1/f_w < 9.0 \cdots (3a)$

[0067]  $3.0 < \beta_{2t}/\beta_{2w} < 5.0 \cdots (4a)$

[0068]  $0.04 < M_2/f_t < 0.18 \cdots (5a)$

[0069]  $1.5 < DM_{23t}/f_w < 6.0 \cdots (6a)$

[0070]  $0.20 < |f_2/f_{M3}| < 0.55 \cdots (7a)$

[0071] 在各例子中, 为了减小第一透镜单元 L1 的有效透镜直径, 构成第一透镜单元 L1 的透镜的数量被设定为尽可能地少。在各例子中, 第一透镜单元 L1 从物侧到像侧依次包括负透镜、正透镜和正透镜 (三个透镜)。

[0072] 特别地, 第一透镜单元 L1 包含胶合透镜 (在该胶合透镜中, 正透镜和负透镜被胶合) 和正透镜。因此, 当实现高变焦比时出现的球面像差和色差被适当地校正。

[0073] 各例子中的第二透镜单元 L2 具有一个或更多个非球面表面。特别地, 在各例子中, 在第二透镜单元 L2 中的最接近物侧的透镜的一侧或两侧形成非球面表面。因此, 主要在广角端的横向色差和整个变焦范围中的像场弯曲被适当地校正。

[0074] 现在描述图 1、图 3 和图 5 所示的例子 1 ~ 3。在例子 1 ~ 3 的透镜截面图中, 具有正折光力的第一透镜单元由 L1 表示, 并且, 具有负折光力的第二透镜单元由 L2 表示。后组 LR 包含具有负折光力的第三透镜单元 L3、具有正折光力的第四透镜单元 L4、具有负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。在例子 1 ~ 3 中描述六单元变焦透镜系统。对于从广角端到望远端的变焦, 第一透镜单元 L1、第二透镜单元 L2、第四透镜单元 L4 和第六透镜单元 L6 如箭头表示的那样移动。

[0075] 特别地, 对于从广角端到望远端的变焦, 相对于像面, 第一透镜单元 L1 向物侧移动, 第二透镜单元 L2 向像侧移动, 并且第四透镜单元 L4 向物侧移动。因此, 在实现高变焦比时第二透镜单元 L2 的变倍负担减小, 并且, 第二透镜单元 L2 被小型化, 以减小应用变焦透镜系统的整个照相机的厚度。另外, 整个变焦范围中的像场弯曲减小, 同时在整个变焦范围上获得高的光学性能。在具有两个拐点的轨迹中, 第六透镜单元 L6 向像侧移动、然后向物侧移动, 并且接着向像侧移动。另外, 采用为了聚焦而在光轴上移动第六透镜单元 L6 的后焦点类型。因此, 与对于聚焦使用前组 (第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2) 的情况相比, 整个系统被小型化。

[0076] 当在望远端处执行从无限远物体到近距离物体的聚焦时, 如箭头 6c 所示, 第六透镜单元 L6 被送出到前方。关于第六透镜单元 L6 的实线曲线 6a 和虚线曲线 6b 分别表示用于当在无限远物体上和在近距离物体上执行聚焦时校正由于从广角端到望远端的变焦导致的像面波动的移动轨迹。另外, 在例子 1 ~ 3 中, 对于聚焦可以使用具有负折光力的第五透镜单元 L5。在这种情况下, 通过将第五透镜单元 L5 送出到后面来执行从无限远物体到近距离物体的聚焦。

[0077] 在例子 1 ~ 3 中, 棱镜 PR、第三透镜单元 L3 和第五透镜单元 L5 不为了变焦而移动。注意, 第三透镜单元 L3 和第五透镜单元 L5 可以为了变焦根据需要独立于其它透镜单

元地移动。第三透镜单元 L3 和第五透镜单元 L5 中的每一个由单个负透镜构成,使得透镜总长减小并且整个系统被小型化。第四透镜单元 L4 至少包含一个负透镜和两个正透镜,使得适当地执行像差校正。

[0078] 特别地,第四透镜单元 L4 从物侧到像侧依次包括正透镜、负透镜和胶合透镜(在该胶合透镜中,正透镜和负透镜被胶合)。因此,整个变焦范围中的球面像差和彗形像差以及由于防抖操作中的偏心导致的彗形像差和横向色差被适当地校正。另外,第四透镜单元 L4 具有一个或更多个非球面表面。因此,由于变焦导致的球面像差的波动被适当地校正。在例子 1 和例子 2 中,在第四透镜单元 L4 中设置孔径光阑 SP,而在第四透镜单元 L4 的像侧设置耀斑光阑 FP,并且,两个光阑为了变焦与第四透镜单元 L4 一体化地移动。在例子 3 中,孔径光阑 SP 被设置在第四透镜单元 L4 的物侧并且为了变焦而独立地移动。耀斑光阑 FP 被设置在第四透镜单元 L4 的像侧并且为了变焦而与第四透镜单元 L4 一体化地移动。

[0079] 在例子 1~3 中,具有正折光力的第四透镜单元 L4 的一部分或全部移动以具有沿与光轴垂直的方向的成分,由此使图像沿与光轴垂直的方向位移。因此,由于整个光学系统(变焦透镜系统)的抖动(倾斜)导致的拍摄图像的模糊被校正,结果是获得良好的光学性能。注意,作为第四透镜单元 L4 的一部分或全部的替代,第五透镜单元 L5 可移动以具有沿与光轴垂直的方向的成分,以校正拍摄图像的模糊。

[0080] 在本例子和下述的各例子中,在不新添加诸如可变角度棱镜的光学部件或用于防抖操作的透镜单元的情况下执行防抖操作,以防止整个光学系统变大。注意,在本例子和下述的各例子中,透镜单元的全部或部分为了防抖操作沿与光轴垂直的方向移动,但是,可通过移动透镜单元的全部或部分以具有沿与光轴垂直的方向的成分来校正图像模糊。例如,如果允许镜筒结构的复杂化,那么可为了防抖操作而旋转透镜单元的全部或部分(旋转中心在光轴上)。

[0081] 描述图 7 所示的例子 4。在例子 4 的透镜截面图中,具有正折光力的第一透镜单元由 L1 表示,并且,具有负折光力的第二透镜单元由 L2 表示。后组 LR 包含具有正折光力的第三透镜单元 L3 和具有正折光力的第四透镜单元 L4。在例子 4 中描述四单元变焦透镜系统。对于从广角端到望远端的变焦,第一透镜单元 L1、第二透镜单元 L2、第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 如箭头表示的那样移动。特别地,对于从广角端到望远端的变焦,第一透镜单元 L1 向物侧移动,第二透镜单元 L2 向像侧移动,并且,第三透镜单元 L3 向物侧移动。第二透镜单元 L2 向像侧移动,使得执行主要的变倍。并且,第四透镜单元 L4 移动以具有朝物侧凸起的轨迹,以校正由于变倍导致的像面波动。另外,通过第四透镜单元 L4 执行聚焦。由于第四透镜单元 L4 的移动轨迹朝物侧凸起,因此第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 之间的空间被有效使用,并由此可以有效地减小透镜总长。

[0082] 关于第四透镜单元 L4 的实线曲线 4a 和虚线曲线 4b 分别表示用于当在无限远物体上和在近距离物体上执行聚焦时校正由于变倍导致的像面波动的移动轨迹。另外,当在望远端处执行从无限远物体到近距离物体的聚焦时,第四透镜单元 L4 由箭头 4c 表示的那样被送出到前方。在例子 4 中,棱镜 PR 不为了变焦而移动。孔径光阑 SP 被设置在第三透镜单元 L3 中,而耀斑光阑 FP 被设置在第三透镜单元 L3 的像侧,并且,两个光阑在变焦操作中与第三透镜单元 L3 一体化地移动。在例子 4 中,第三透镜单元 L3 的一部分或全部移动以具有沿与光轴垂直的方向的成分,由此使图像沿与光轴垂直的方向位移。因此,由于整个

光学系统（变焦透镜系统）的抖动（倾斜）导致的拍摄图像的模糊被校正，结果是获得良好的光学性能。

[0083] 第三透镜单元 L3 至少包含一个负透镜和两个正透镜使得适当地执行像差校正。特别地，第三透镜单元 L3 包含正透镜、负透镜和胶合透镜（在该胶合透镜中，正透镜和负透镜被胶合）。因此，整个变焦范围中的球面像差和彗形像差以及由于防抖操作中的偏心导致的彗形像差和横向色差被适当地校正。第三透镜单元 L3 具有一个或更多个非球面表面。因此，由于变焦导致的球面像差的波动被适当地校正。

[0084] 描述图 9 所示的例子 5。在例子 5 的透镜截面图中，具有正折光力的第一透镜单元由 L1 表示，并且，具有负折光力的第二透镜单元由 L2 表示。后组 LR 包含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。在例子 5 中描述五单元变焦透镜系统。在例子 5 中，对于从广角端到望远端的变焦，第一透镜单元 L1、第二透镜单元 L2、第三透镜单元 L3 和第五透镜单元 L5 如箭头表示的那样移动。因此，第二透镜单元的变倍被部分地分担，结果是在实现高变焦比的同时使得第二透镜单元薄并且减小照相机厚度。另外，整个变焦范围中的像场弯曲被校正，结果是获得良好的光学性能。

[0085] 在例子 5 中，如箭头所示，相对于像面，对于从广角端到望远端的变焦，第一透镜单元 L1 向物侧移动，第二透镜单元 L2 向像侧移动，并且，第三透镜单元 L3 向物侧移动。在具有两个拐点的轨迹中，第五透镜单元 L5 为了变焦向像侧移动、然后向物侧移动，并且接着向像侧移动。采用为了聚焦在光轴上移动第五透镜单元 L5 的后焦点类型。因此，关于第五透镜单元 L5 的实线曲线 5a 和虚线曲线 5b 分别表示用于当在无限远物体上和在近距离物体上执行聚焦时校正由于从广角端到望远端的变焦导致的像面波动的移动轨迹。

[0086] 在各例子中，例如，当在望远端处执行从无限远物体到近距离物体的聚焦时，第五透镜单元 L5 如箭头 5c 表示的那样被送出到前方。另外，可通过具有负折光力的第四透镜单元 L4 执行聚焦。在这种情况下，通过将第四透镜单元 L4 送出到后方来执行从无限远物体到近距离物体的聚焦。孔径光阑 SP 被设置在第三透镜单元 L3 中，而耀斑光阑 FP 被设置在第三透镜单元 L3 的像侧，并且，这两个光阑在变焦操作中与第三透镜单元 L3 一体化地移动。在例子 5 中，棱镜 PR 和第四透镜单元 L4 不为了变焦而移动。注意，用于变焦的第四透镜单元 L4 可根据需要独立于其它透镜单元地移动。在例子 5 中，第三透镜单元 L3 移动以具有沿与光轴垂直的方向的成分，由此使图像沿与光轴垂直的方向位移。因此，由于整个光学系统（变焦透镜系统）的抖动（倾斜）导致的拍摄图像的模糊被校正，使得获得良好的光学性能。在例子 5 中，可以为了校正由于变焦透镜系统的振动导致的拍摄场角的抖动而使用第四透镜单元 L4。第三透镜单元 L3 至少包含一个负透镜和两个正透镜，结果是适当地执行像差校正。特别地，第三透镜单元 L3 包含正透镜、负透镜和胶合透镜（在该胶合透镜中，正透镜和负透镜被胶合）。

[0087] 因此，整个变焦范围中的球面像差和彗形像差以及由于防抖操作中的偏心导致的彗形像差和横向色差被适当地校正。第三透镜单元 L3 具有一个或更多个非球面表面。因此，由于变焦导致的球面像差的波动被适当地校正。在例子 5 中，第四透镜单元 L4 由单个负透镜构成。因此，减小透镜总长，并由此实现照相机的小型化。第五透镜单元 L5 由单个正透镜构成。根据各例子，通过上述的结构，能够提供整个光学系统的尺寸小、具有约 10 的

高变焦比并且在整个变焦范围上具有高的光学性能的变焦透镜系统。另外,由于各例子的变焦透镜系统如图 11 所示的那样在第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 之间包含用于弯曲来自物侧的光的反射部件 PR,因此,可以容易地减小照相机的厚度方向的尺寸。

[0088] 图 11 中的表示部件的附图标记与附图所示的那些相同。然后,在各例子中,参照图 12 描述使用根据各例子的变焦透镜系统作为拍摄光学系统的数字静态照相机。在例子 12 中,数字静态照相机包括照相机体 20 和由在例子 1 ~ 5 中描述的变焦透镜系统中的任一个构成的拍摄光学系统 21。数字静态照相机也包括照相机体 20 和由以上在例子 1 ~ 5 中描述的变焦透镜系统中的任一个构成的拍摄光学系统 21。PR 指的是棱镜。数字静态照相机还包括被并入照相机体中用于接收通过拍摄光学系统 21 形成的被摄体的图像的诸如 CCD 传感器或 CMOS 传感器的固态图像拾取元件(光电转换元件)22。数字静态照相机还包括用于记录与通过固态图像拾取元件 22 被执行了光电转换的被摄体的图像对应的信息的存储器 23。数字静态照相机还包括由液晶显示面板等构成的用于观察在固态图像拾取元件 22 上形成的被摄体的图像的取景器 24。以这种方式,通过使用用于诸如数字静态照相机的图像拾取装置的根据本发明的变焦透镜系统,能够提供具有高的光学性能的小尺寸图像拾取装置。

[0089] 下面描述分别与本发明的例子 1 ~ 5 对应的数值例 1 ~ 5。在各数值例中,i 表示从物侧算起的光学表面的次序,ri 表示第 i 个光学表面(第 i 个表面)的曲率半径,di 表示第 i 个表面和第(i+1)个表面之间的距离,ndi 和 vdi 分别表示关于 d 线的第 i 个光学部件的材料的折射率和 Abbe 数。另外,k 表示偏心度(eccentricity),A4、A6、A8 和 A10 表示非球面系数,并且,距光轴高度为 h 的位置处关于表面顶点的沿光轴方向的位移由 x 表示。然后,非球面形状由下式表达。

$$[0090] \quad x = (h^2 / R) / [1 + [1 - (1+k)(h/R)^2]^{1/2}] + A4h^4 + A6h^6 + A8h^8$$

[0091] 其中,R 表示旁轴曲率半径。另外,例如,表达方式“E-Z”表示  $10^{-Z}$ 。数值例中的最后两个表面是诸如滤波器、面板等的光学块的表面。在各例子中,后焦距(BF)表示透镜端表面和旁轴像面之间的作为空气换算长度的距离。透镜总长是最接近物侧的表面和最后表面之间的距离加上后焦距。另外,在表 1 中示出各数值例和上述的条件式之间的对应关系。

[0092] 数值例 1

[0093] 单位 :mm

[0094] 表面数据

[0095]

| 表面号 | r       | d    | nd      | vd   |
|-----|---------|------|---------|------|
| 1   | 34.069  | 1.00 | 1.84666 | 23.9 |
| 2   | 19.659  | 4.00 | 1.60311 | 60.6 |
| 3   | 120.229 | 0.10 |         |      |
| 4   | 20.434  | 2.50 | 1.69680 | 55.5 |
| 5   | 73.395  | (可变) |         |      |
| 6   | 327.566 | 0.80 | 1.84954 | 40.1 |
| 7*  | 5.888   | 4.00 |         |      |
| 8   | -12.349 | 0.60 | 1.88300 | 40.8 |
| 9   | 45.742  | 0.10 |         |      |
| 10  | 22.231  | 2.10 | 1.94595 | 18.0 |

[0096]

|           |          |      |         |      |
|-----------|----------|------|---------|------|
| 11        | -23.709  | (可变) |         |      |
| 12        | $\infty$ | 8.50 | 1.83400 | 37.2 |
| 13        | $\infty$ | 0.80 |         |      |
| 14        | -16.680  | 0.60 | 1.80518 | 25.4 |
| 15        | -23.146  | (可变) |         |      |
| 16*       | 9.602    | 2.30 | 1.55332 | 71.7 |
| 17*       | -39.480  | 1.00 |         |      |
| 18 (光阑)   | $\infty$ | 1.00 |         |      |
| 19        | 11.792   | 0.70 | 1.84666 | 23.9 |
| 20        | 7.863    | 0.70 |         |      |
| 21*       | 28.350   | 2.00 | 1.55332 | 71.7 |
| 22        | -7.457   | 0.60 | 1.77250 | 49.6 |
| 23        | -16.922  | 0.35 |         |      |
| 24 (耀斑光阑) | $\infty$ | (可变) |         |      |
| 25        | -23.266  | 0.70 | 1.48749 | 70.2 |
| 26        | 57.732   | (可变) |         |      |
| 27        | 15.839   | 2.60 | 1.48749 | 70.2 |
| 28        | -30.026  | (可变) |         |      |
| 29        | $\infty$ | 1.00 | 1.51633 | 64.1 |
| 30        | $\infty$ | 1.0  |         |      |
| 像面        | $\infty$ |      |         |      |

[0097] 非球面表面数据

[0098] 第七表面

[0099]  $K=-1.71269e-001$   $A4=-2.50781e-005$ 

[0100] 第十六表面

[0101]  $K=-1.71698e+000$   $A4=9.69184e-005$   $A6=-1.01040e-006$   $A8=1.76003e-008$ 

[0102] 第十七表面

[0103]  $K=1.79790e+001$   $A4=5.87754e-006$ 

[0104] 第二十一表面

[0105]  $K=6.18823e+000$   $A4=-7.36522e-005$ 

[0106] 各种数据

[0107] 变焦比 9.50

[0108]

|      |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 焦距   | 5.13  | 11.50 | 48.74 | 36.04 | 5.83  |
| F 数  | 3.40  | 4.69  | 5.74  | 5.27  | 3.62  |
| 场角   | 33.31 | 18.62 | 4.55  | 6.14  | 30.90 |
| 像高   | 3.37  | 3.88  | 3.88  | 3.88  | 3.49  |
| 透镜总长 | 75.53 | 76.63 | 85.46 | 84.11 | 75.33 |
| BF   | 9.56  | 7.44  | 6.87  | 9.90  | 8.81  |
| d 5  | 0.60  | 4.17  | 15.48 | 13.88 | 0.89  |
| d11  | 6.02  | 3.54  | 1.06  | 1.31  | 5.52  |
| d15  | 13.66 | 6.22  | 0.30  | 0.65  | 12.36 |
| d24  | 1.48  | 8.92  | 14.84 | 14.49 | 2.78  |
| d26  | 7.17  | 9.28  | 9.85  | 6.83  | 7.92  |
| d28  | 7.90  | 5.78  | 5.21  | 8.24  | 7.15  |

[0109] 变焦透镜单元数据

[0110]

| 单元 | 第一表面 | 焦距       |
|----|------|----------|
| 1  | 1    | 31.36    |
| 2  | 6    | -7.25    |
| 3  | 12   | -77.36   |
| 4  | 16   | 14.15    |
| 5  | 25   | -33.92   |
| 6  | 27   | 21.67    |
| 7  | 29   | $\infty$ |

[0111] 数值例 2

[0112] 单位 :mm

[0113] 表面数据

[0114]

| 表面号 | r         | d    | nd      | vd   |
|-----|-----------|------|---------|------|
| 1   | 37.973    | 1.20 | 1.84666 | 23.9 |
| 2   | 21.912    | 3.75 | 1.48749 | 70.2 |
| 3   | 50000.000 | 0.10 |         |      |

[0115]

|           |          |      |         |      |
|-----------|----------|------|---------|------|
| 4         | 21.042   | 2.30 | 1.69680 | 55.5 |
| 5         | 97.541   | (可变) |         |      |
| 6         | 569.747  | 1.05 | 1.85135 | 40.1 |
| 7*        | 7.490    | 3.88 |         |      |
| 8         | -15.594  | 0.60 | 1.71300 | 53.9 |
| 9         | 39.087   | 0.10 |         |      |
| 10        | 20.359   | 1.85 | 1.94595 | 18.0 |
| 11        | -86.093  | (可变) |         |      |
| 12        | $\infty$ | 8.50 | 1.83400 | 37.2 |
| 13        | $\infty$ | 1.40 |         |      |
| 14        | -11.967  | 0.60 | 1.51633 | 64.1 |
| 15        | -18.110  | (可变) |         |      |
| 16*       | 9.944    | 2.50 | 1.55332 | 71.7 |
| 17*       | -36.069  | 1.50 |         |      |
| 18 (光阑)   | $\infty$ | 1.00 |         |      |
| 19        | 12.222   | 0.60 | 1.84666 | 23.9 |
| 20        | 7.719    | 1.3  |         |      |
| 21        | 18.265   | 2.10 | 1.48749 | 70.2 |
| 22        | -12.411  | 0.60 | 1.77250 | 49.6 |
| 23        | -25.912  | 0.3  |         |      |
| 24 (耀斑光阑) | $\infty$ | (可变) |         |      |
| 25        | -32.690  | 0.70 | 1.48749 | 70.2 |
| 26        | 32.690   | (可变) |         |      |
| 27        | 16.906   | 2.00 | 1.48749 | 70.2 |
| 28        | -38.134  | (可变) |         |      |
| 29        | $\infty$ | 1.00 | 1.51633 | 64.1 |
| 30        | $\infty$ | 1.0  |         |      |
| 像面        | $\infty$ |      |         |      |

[0116] 非球面表面数据

[0117] 第七表面

[0118]  $K=-1.28711\text{e}-001$   $A4=-1.40311\text{e}-005$   $A6=-4.83079\text{e}-007$

[0119] 第十六表面

[0120]  $K=-6.09172\text{e}-001$   $A4=-3.96922\text{e}-005$   $A6=2.92135\text{e}-008$   $A8=-1.13412\text{e}-009$

[0121] 第十七表面

[0122]  $K=-6.89933\text{e}-001$   $A4=2.56587\text{e}-005$

[0123] 各种数据

[0124] 变焦比 9.48

[0125]

|      |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 焦距   | 6.48  | 21.19 | 61.49 | 55.37 | 8.68  |
| F 数  | 3.48  | 4.99  | 5.74  | 5.51  | 4.06  |
| 场角   | 29.07 | 10.36 | 3.61  | 4.00  | 24.05 |
| 像高   | 3.60  | 3.88  | 3.88  | 3.88  | 3.88  |
| 透镜总长 | 83.54 | 84.88 | 88.07 | 87.88 | 83.30 |
| BF   | 10.46 | 12.29 | 7.90  | 9.80  | 8.49  |
| d 5  | 0.75  | 7.57  | 15.31 | 14.87 | 1.54  |
| d11  | 10.82 | 5.34  | 0.79  | 1.04  | 9.79  |
| d15  | 13.46 | 2.63  | 0.44  | 0.43  | 10.33 |
| d24  | 2.52  | 13.34 | 15.54 | 15.55 | 5.65  |
| d26  | 7.59  | 5.77  | 10.16 | 8.26  | 9.57  |
| d28  | 8.80  | 10.63 | 6.24  | 8.14  | 6.83  |

[0126] 变焦透镜单元数据

[0127]

| 单元 | 第一表面 | 焦距       |
|----|------|----------|
| 1  | 1    | 31.57    |
| 2  | 6    | -8.59    |
| 3  | 12   | -70.68   |
| 4  | 16   | 22.65    |
| 5  | 21   | 30.09    |
| 6  | 24   | $\infty$ |
| 7  | 25   | -33.41   |
| 8  | 27   | 24.32    |
| 9  | 29   | $\infty$ |

[0128] 数值例 3

[0129] 单位 :mm

[0130] 表面数据

[0131]

| 表面号 | r       | d    | nd      | vd   |
|-----|---------|------|---------|------|
| 1   | 45.965  | 1.10 | 1.84666 | 23.9 |
| 2   | 20.646  | 4.50 | 1.59282 | 68.6 |
| 3   | 148.532 | 0.10 |         |      |
| 4   | 23.640  | 2.70 | 1.88300 | 40.8 |
| 5   | 97.500  | (可变) |         |      |

[0132]

|                                                                                   |          |      |         |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|------|---------|------|
| 6                                                                                 | 121.445  | 1.00 | 1.84954 | 40.1 |
| 7*                                                                                | 5.321    | 3.40 |         |      |
| 8                                                                                 | -10.529  | 0.60 | 1.88300 | 40.8 |
| 9                                                                                 | 63.694   | 0.10 |         |      |
| 10                                                                                | 20.440   | 1.60 | 1.94595 | 18.0 |
| 11                                                                                | -25.819  | (可变) |         |      |
| 12                                                                                | $\infty$ | 8.00 | 1.83400 | 37.2 |
| 13                                                                                | $\infty$ | 0.70 |         |      |
| 14                                                                                | -17.119  | 0.50 | 1.48749 | 70.2 |
| 15                                                                                | -32.274  | (可变) |         |      |
| 16 (光阑)                                                                           | $\infty$ | (可变) |         |      |
| 17*                                                                               | 6.917    | 2.80 | 1.55332 | 71.7 |
| 18*                                                                               | -39.185  | 0.94 |         |      |
| 19                                                                                | 16.248   | 0.56 | 1.83400 | 37.2 |
| 20                                                                                | 6.106    | 1.08 |         |      |
| 21                                                                                | 8.956    | 3.10 | 1.48749 | 70.2 |
| 22                                                                                | -8.123   | 0.60 | 1.83481 | 42.7 |
| 23                                                                                | -16.065  | 0.40 |         |      |
| 24 (耀斑光阑)                                                                         | $\infty$ | (可变) |         |      |
| 25                                                                                | 43.211   | 0.60 | 1.48749 | 70.2 |
| 26                                                                                | 9.520    | (可变) |         |      |
| 27                                                                                | 10.837   | 3.90 | 1.48749 | 70.2 |
| 28                                                                                | -11.910  | 0.50 | 1.83400 | 37.2 |
| 29                                                                                | -18.581  | (可变) |         |      |
| 30                                                                                | $\infty$ | 1.00 | 1.51633 | 64.1 |
| 31                                                                                | $\infty$ | 1.0  |         |      |
| 像面                                                                                | $\infty$ |      |         |      |
| [0133] 非球面表面数据                                                                    |          |      |         |      |
| [0134] 第七表面                                                                       |          |      |         |      |
| [0135] $K=-6.21150e-002$ $A4=-1.25254e-004$ $A6=-3.37844e-006$ $A8=-8.30551e-008$ |          |      |         |      |
| [0136] 第十七表面                                                                      |          |      |         |      |
| [0137] $K=-5.18633e-001$ $A4=-4.18160e-005$ $A6=3.45532e-007$ $A8=7.52442e-009$   |          |      |         |      |
| [0138] 第十八表面                                                                      |          |      |         |      |
| [0139] $K=-4.99082e+000$ $A4=8.48305e-005$                                        |          |      |         |      |
| [0140] 各种数据                                                                       |          |      |         |      |
| [0141] 变焦比 9.49                                                                   |          |      |         |      |
| [0142]                                                                            |          |      |         |      |

|      |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 焦距   | 4.07  | 9.04  | 38.60 | 26.76 | 4.66  |
| F 数  | 3.60  | 4.50  | 5.74  | 5.00  | 3.80  |
| 场角   | 37.36 | 21.56 | 5.28  | 7.60  | 34.57 |
| 像高   | 3.11  | 3.57  | 3.57  | 3.57  | 3.21  |
| 透镜总长 | 73.92 | 74.49 | 88.44 | 86.00 | 73.71 |
| BF   | 8.17  | 5.31  | 5.92  | 8.45  | 7.27  |
| d5   | 0.40  | 1.98  | 16.93 | 14.39 | 0.40  |
| d11  | 3.00  | 2.00  | 0.99  | 1.09  | 2.80  |
| d15  | 8.55  | 4.56  | 1.45  | 1.54  | 7.99  |
| d16  | 8.29  | 3.75  | 1.46  | 1.54  | 7.27  |
| d24  | 0.58  | 9.11  | 14.51 | 14.33 | 2.16  |
| d26  | 6.15  | 9.01  | 8.41  | 5.88  | 7.06  |
| d29  | 6.51  | 3.65  | 4.26  | 6.79  | 5.61  |

[0143] 变焦透镜单元数据

[0144]

| 单元 | 第一表面 | 焦距       |
|----|------|----------|
| 1  | 1    | 32.94    |
| 2  | 6    | -6.29    |
| 3  | 12   | -75.60   |
| 4  | 16   | $\infty$ |
| 5  | 17   | 13.51    |
| 6  | 25   | -25.19   |
| 7  | 27   | 17.04    |
| 8  | 30   | $\infty$ |

[0145] 数值例 4

[0146] 单位 :mm

[0147] 表面数据

[0148]

| 表面号 | r        | d    | nd      | vd   |
|-----|----------|------|---------|------|
| 1   | 40.213   | 1.00 | 1.84666 | 23.9 |
| 2   | 20.408   | 4.20 | 1.60311 | 60.6 |
| 3   | 218.636  | 0.10 |         |      |
| 4   | 20.336   | 3.00 | 1.77250 | 49.6 |
| 5   | 75.668   | (可变) |         |      |
| 6   | 5123.699 | 0.80 | 1.84954 | 40.1 |
| 7*  | 5.900    | 3.60 |         |      |

[0149]

|           |                                                                   |      |         |      |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|------|---------|------|
| 8         | -11.868                                                           | 0.60 | 1.88300 | 40.8 |
| 9         | 44.417                                                            | 0.10 |         |      |
| 10        | 22.111                                                            | 1.80 | 1.94595 | 18.0 |
| 11        | -29.636                                                           | (可变) |         |      |
| 12        | $\infty$                                                          | 8.80 | 1.83400 | 37.2 |
| 13        | $\infty$                                                          | (可变) |         |      |
| 14*       | 9.888                                                             | 2.30 | 1.55332 | 71.7 |
| 15*       | -82.783                                                           | 1.00 |         |      |
| 16 (光阑)   | $\infty$                                                          | 1.00 |         |      |
| 17        | 11.031                                                            | 0.70 | 1.84666 | 23.9 |
| 18        | 7.420                                                             | 0.70 |         |      |
| 19*       | 28.087                                                            | 2.00 | 1.55332 | 71.7 |
| 20        | -7.278                                                            | 0.60 | 1.77250 | 49.6 |
| 21        | -17.809                                                           | 0.35 |         |      |
| 22 (耀斑光阑) | $\infty$                                                          | (可变) |         |      |
| 23        | 12.719                                                            | 2.20 | 1.77250 | 49.6 |
| 24        | 69.647                                                            | 0.70 | 1.94595 | 18.0 |
| 25        | 29.795                                                            | (可变) |         |      |
| 26        | $\infty$                                                          | 1.00 | 1.51633 | 64.1 |
| 27        | $\infty$                                                          | 1.0  |         |      |
| 像面        | $\infty$                                                          |      |         |      |
| [0150]    | 非球面表面数据                                                           |      |         |      |
| [0151]    | 第七表面                                                              |      |         |      |
| [0152]    | K=-1.65329e-001 A4=-1.83577e-005                                  |      |         |      |
| [0153]    | 第十四表面                                                             |      |         |      |
| [0154]    | K=-2.27427e+000 A4=1.12081e-004 A6=-9.48568e-007 A8=-6.99943e-008 |      |         |      |
| [0155]    | 第十五表面                                                             |      |         |      |
| [0156]    | K=4.80045e+001 A4=-4.22357e-005                                   |      |         |      |
| [0157]    | 第十九表面                                                             |      |         |      |
| [0158]    | K=2.82756e+001 A4=-2.53664e-005                                   |      |         |      |
| [0159]    | 各种数据                                                              |      |         |      |
| [0160]    | 变焦比 9.50                                                          |      |         |      |
| [0161]    |                                                                   |      |         |      |

|      |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 焦距   | 5.13  | 8.34  | 48.74 | 32.24 | 5.38  |
| F 数  | 3.60  | 4.30  | 5.45  | 5.04  | 3.70  |
| 场角   | 33.31 | 24.92 | 4.55  | 6.85  | 32.96 |
| 像高   | 3.37  | 3.88  | 3.88  | 3.88  | 3.49  |
| 透镜总长 | 72.16 | 71.67 | 82.16 | 80.41 | 71.53 |
| BF   | 6.79  | 8.24  | 6.65  | 10.95 | 6.86  |
| d 5  | 0.60  | 2.52  | 15.42 | 13.43 | 0.45  |
| d11  | 5.23  | 2.82  | 0.41  | 0.65  | 4.75  |
| d13  | 13.56 | 8.04  | 0.19  | 0.96  | 12.86 |
| d22  | 10.43 | 14.50 | 23.94 | 18.88 | 11.06 |
| d25  | 5.13  | 6.58  | 4.99  | 9.29  | 5.20  |

[0162] 变焦透镜单元数据

[0163]

| 单元 | 第一表面 | 焦距       |
|----|------|----------|
| 1  | 1    | 29.31    |
| 2  | 6    | -6.23    |
| 3  | 12   | $\infty$ |
| 4  | 14   | 16.62    |
| 5  | 23   | 29.07    |
| 6  | 26   | $\infty$ |

[0164] 数值例 5

[0165] 单位 :mm

[0166] 表面数据

[0167]

| 表面号 | r        | d    | nd      | vd   |
|-----|----------|------|---------|------|
| 1   | 34.478   | 1.00 | 1.84666 | 23.9 |
| 2   | 19.812   | 4.00 | 1.60311 | 60.6 |
| 3   | 134.710  | 0.10 |         |      |
| 4   | 20.564   | 2.50 | 1.69680 | 55.5 |
| 5   | 83.141   | (可变) |         |      |
| 6   | 289.256  | 0.80 | 1.84954 | 40.1 |
| 7*  | 5.736    | 3.80 |         |      |
| 8   | -11.857  | 0.60 | 1.88300 | 40.8 |
| 9   | 38.221   | 0.10 |         |      |
| 10  | 18.923   | 1.80 | 1.94595 | 18.0 |
| 11  | -33.260  | (可变) |         |      |
| 12  | $\infty$ | 8.30 | 1.83400 | 37.2 |
| 13  | $\infty$ | (可变) |         |      |
| 14* | 9.420    | 2.30 | 1.55332 | 71.7 |
| 15* | -49.606  | 1.00 |         |      |

[0168]

|                                                                                                                     |          |       |         |       |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|---------|-------|-------|
| 16 (光阑)                                                                                                             | $\infty$ | 1.00  |         |       |       |
| 17                                                                                                                  | 12.186   | 0.70  | 1.84666 | 23.9  |       |
| 18                                                                                                                  | 7.627    | 0.70  |         |       |       |
| 19*                                                                                                                 | 23.586   | 2.00  | 1.55332 | 71.7  |       |
| 20                                                                                                                  | -7.223   | 0.60  | 1.77250 | 49.6  |       |
| 21                                                                                                                  | -16.344  | 0.35  |         |       |       |
| 22 (耀斑光阑)                                                                                                           | $\infty$ | (可变)  |         |       |       |
| 23                                                                                                                  | -22.182  | 0.70  | 1.48749 | 70.2  |       |
| 24                                                                                                                  | 69.843   | (可变)  |         |       |       |
| 25                                                                                                                  | 15.144   | 2.60  | 1.48749 | 70.2  |       |
| 26                                                                                                                  | -28.336  | (可变)  |         |       |       |
| 27                                                                                                                  | $\infty$ | 1.00  | 1.51633 | 64.1  |       |
| 28                                                                                                                  | $\infty$ | 0.5   |         |       |       |
| 像面                                                                                                                  | $\infty$ |       |         |       |       |
| [0169] 非球面表面数据                                                                                                      |          |       |         |       |       |
| [0170] 第七表面                                                                                                         |          |       |         |       |       |
| [0171] $K = -2.56130\text{e-}002$ $A4 = -4.70562\text{e-}005$                                                       |          |       |         |       |       |
| [0172] 第十四表面                                                                                                        |          |       |         |       |       |
| [0173] $K = -1.56620\text{e+}000$ $A4 = 1.20103\text{e-}004$ $A6 = -1.26808\text{e-}006$ $A8 = 5.13438\text{e-}008$ |          |       |         |       |       |
| [0174] 第十五表面                                                                                                        |          |       |         |       |       |
| [0175] $K = 2.00477\text{e+}001$ $A4 = 4.31458\text{e-}005$                                                         |          |       |         |       |       |
| [0176] 第十九表面                                                                                                        |          |       |         |       |       |
| [0177] $K = 1.11736\text{e+}001$ $A4 = -6.85687\text{e-}005$                                                        |          |       |         |       |       |
| [0178] 各种数据                                                                                                         |          |       |         |       |       |
| [0179]                                                                                                              |          |       |         |       |       |
| 变焦比                                                                                                                 | 9.50     |       |         |       |       |
| 焦距                                                                                                                  | 5.13     | 11.92 | 48.74   | 36.08 | 5.87  |
| F 数                                                                                                                 | 3.31     | 4.77  | 5.74    | 5.24  | 3.56  |
| 场角                                                                                                                  | 33.32    | 18.01 | 4.55    | 6.13  | 30.73 |
| 像高                                                                                                                  | 3.37     | 3.88  | 3.88    | 3.88  | 3.49  |
| 透镜总长                                                                                                                | 73.14    | 73.96 | 82.27   | 80.99 | 72.89 |
| [0180]                                                                                                              |          |       |         |       |       |
| BF                                                                                                                  | 8.75     | 5.95  | 6.20    | 9.10  | 7.90  |
| d5                                                                                                                  | 0.60     | 3.91  | 14.73   | 13.20 | 0.85  |
| d11                                                                                                                 | 6.01     | 3.51  | 1.01    | 1.26  | 5.51  |
| d13                                                                                                                 | 14.35    | 6.45  | 0.18    | 0.56  | 12.93 |
| d22                                                                                                                 | 2.33     | 10.24 | 16.50   | 16.13 | 3.75  |
| d24                                                                                                                 | 6.15     | 8.95  | 8.70    | 5.80  | 7.00  |
| d26                                                                                                                 | 7.59     | 4.79  | 5.04    | 7.95  | 6.74  |
| [0181] 变焦透镜单元数据                                                                                                     |          |       |         |       |       |

[0182]

| 单元 | 第一表面 | 焦距       |
|----|------|----------|
| 1  | 1    | 30.30    |
| 2  | 6    | -6.17    |
| 3  | 12   | $\infty$ |
| 4  | 14   | 14.66    |
| 5  | 23   | -34.45   |
| 6  | 25   | 20.65    |
| 7  | 27   | $\infty$ |

[0183] 表 1

[0184]

| 条件式                                     | 例子 1  | 例子 2  | 例子 3  | 例子 4  | 例子 5  |
|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (1) $0.1 <  M1/M2  < 20.0$              | 2.005 | 0.451 | 7.233 | 2.073 | 1.825 |
| (2) $0.050 <  f2/ft  < 0.175$           | 0.149 | 0.140 | 0.163 | 0.128 | 0.127 |
| (3) $4.5 < f1/fw < 10.0$                | 6.114 | 4.869 | 8.095 | 5.714 | 5.909 |
| (4) $3.0 < \beta_{2t}/\beta_{2w} < 6.0$ | 3.839 | 4.210 | 3.559 | 4.725 | 3.488 |
| (5) $0.02 < M2/ft < 0.20$               | 0.102 | 0.163 | 0.052 | 0.099 | 0.103 |
| (6) $1.0 < DM_{23t}/fw < 10.0$          | 2.197 | 1.809 | 3.220 | 1.833 | 1.849 |
| (7) $0.1 <  f2/f3  < 0.6$               | 0.512 | 0.379 | 0.465 | 0.375 | 0.421 |

[0185] 虽然已参照示例性实施例说明了本发明,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的修改以及等同的结构和功能。

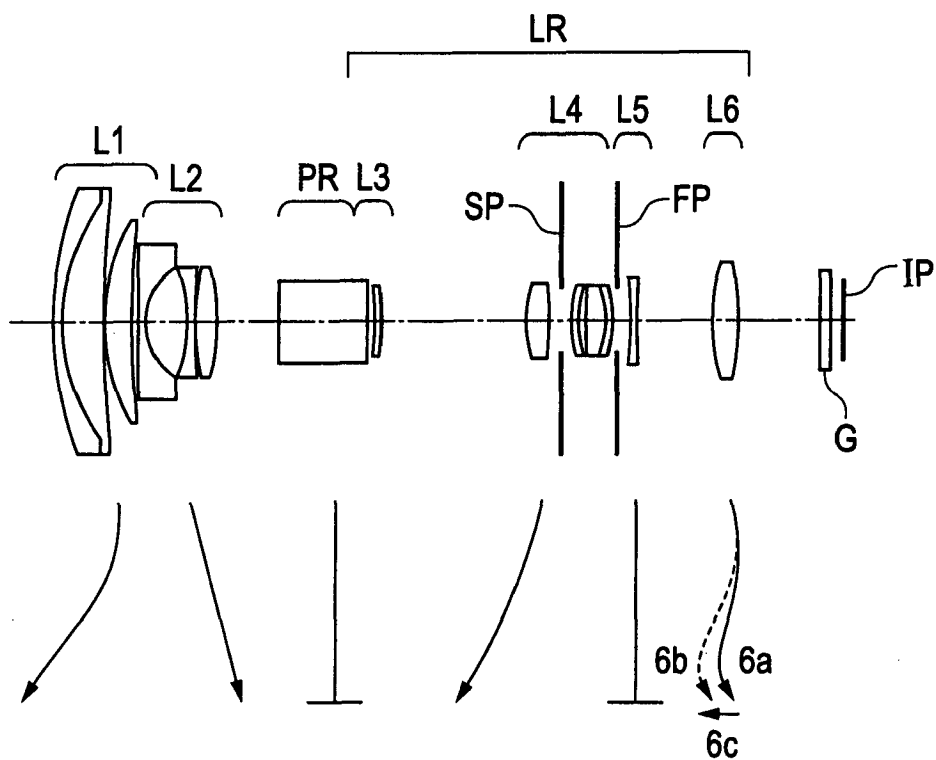


图 1

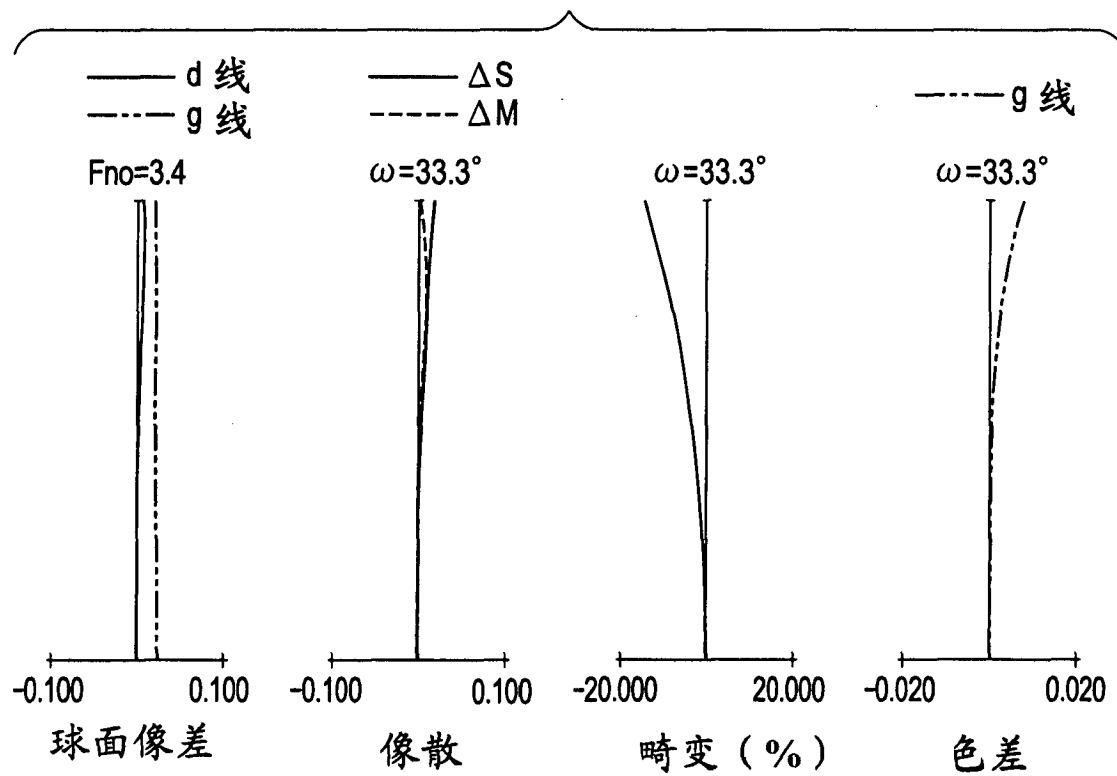


图 2A

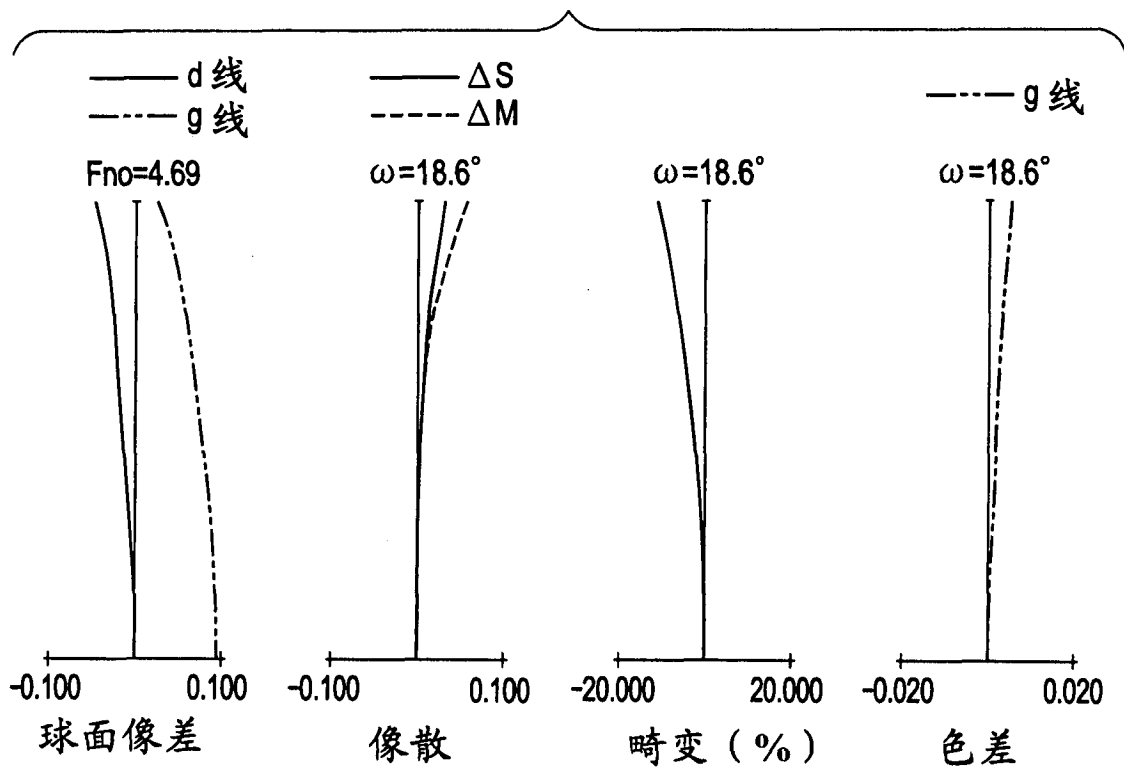


图 2B

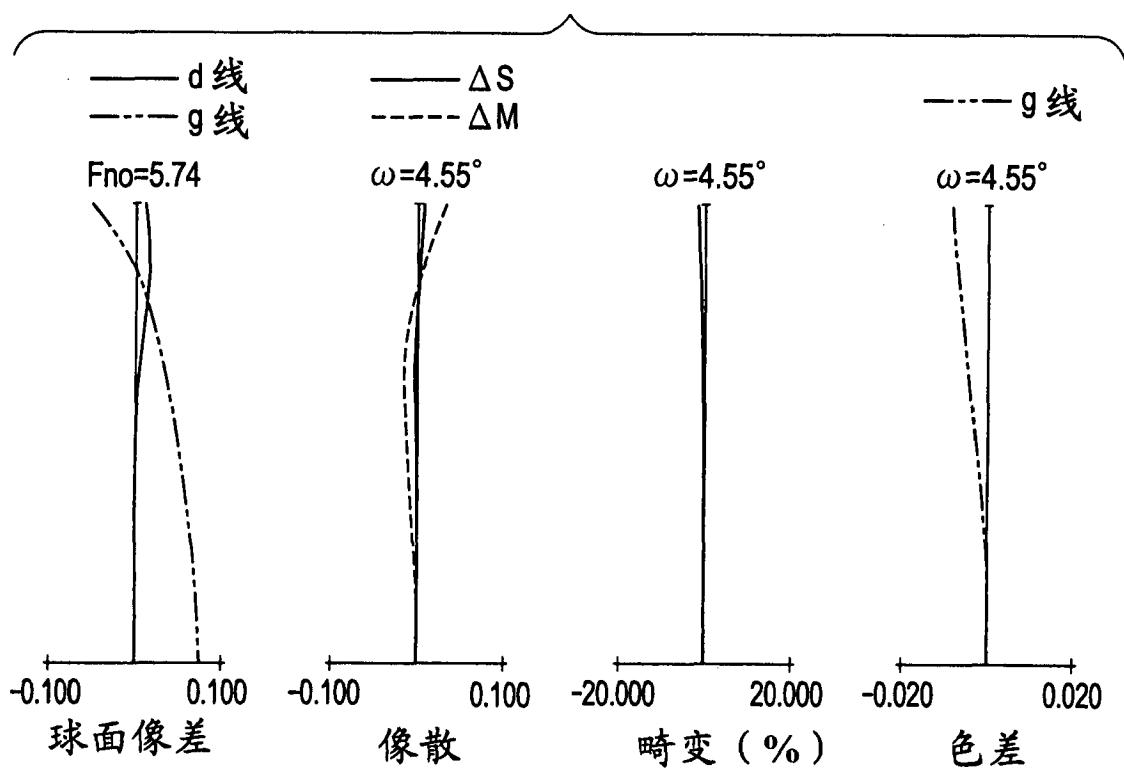


图 2C

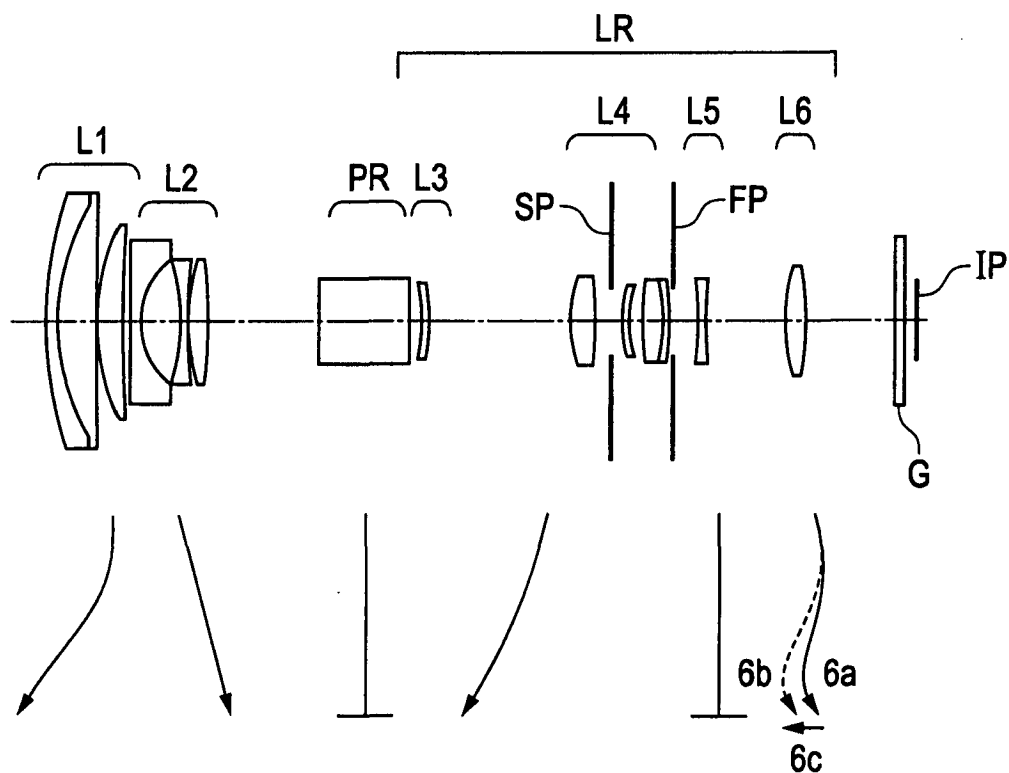


图 3

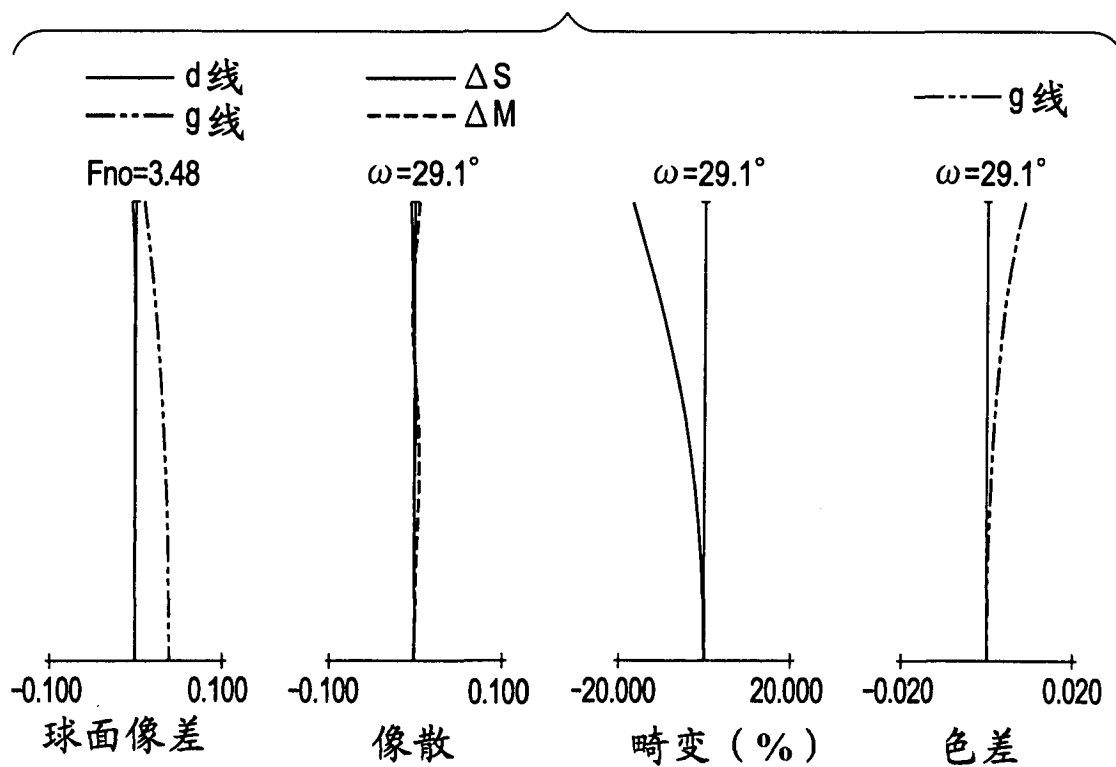


图 4A

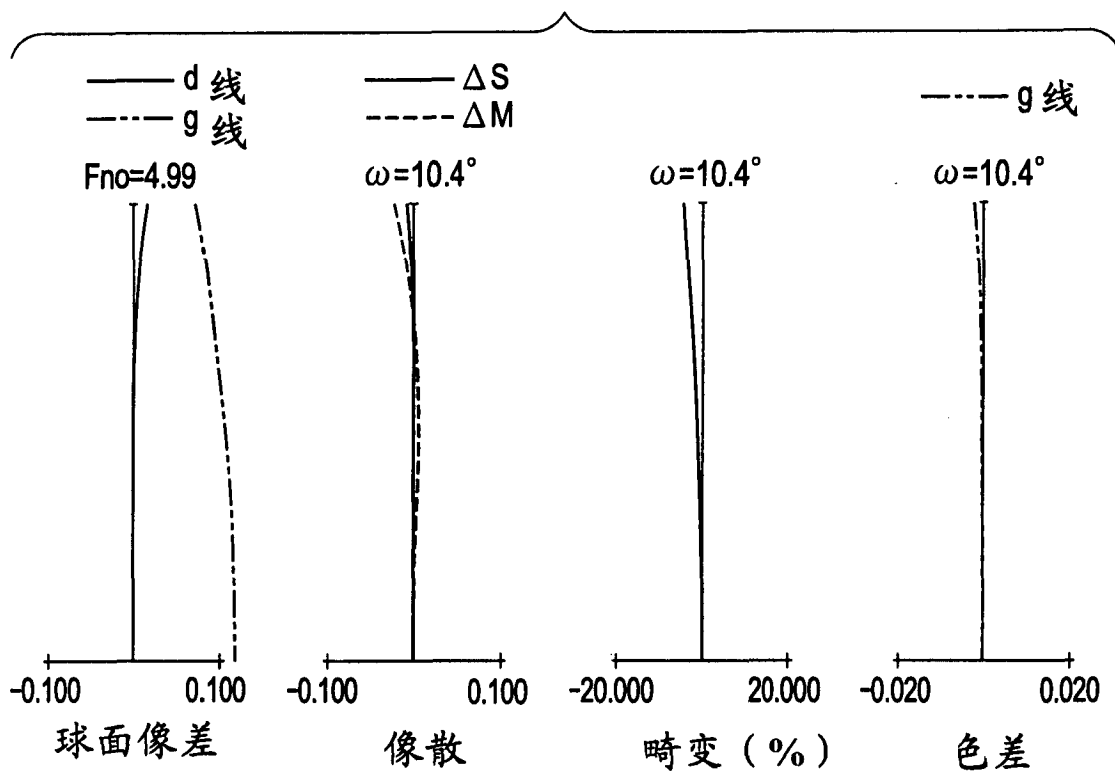


图 4B

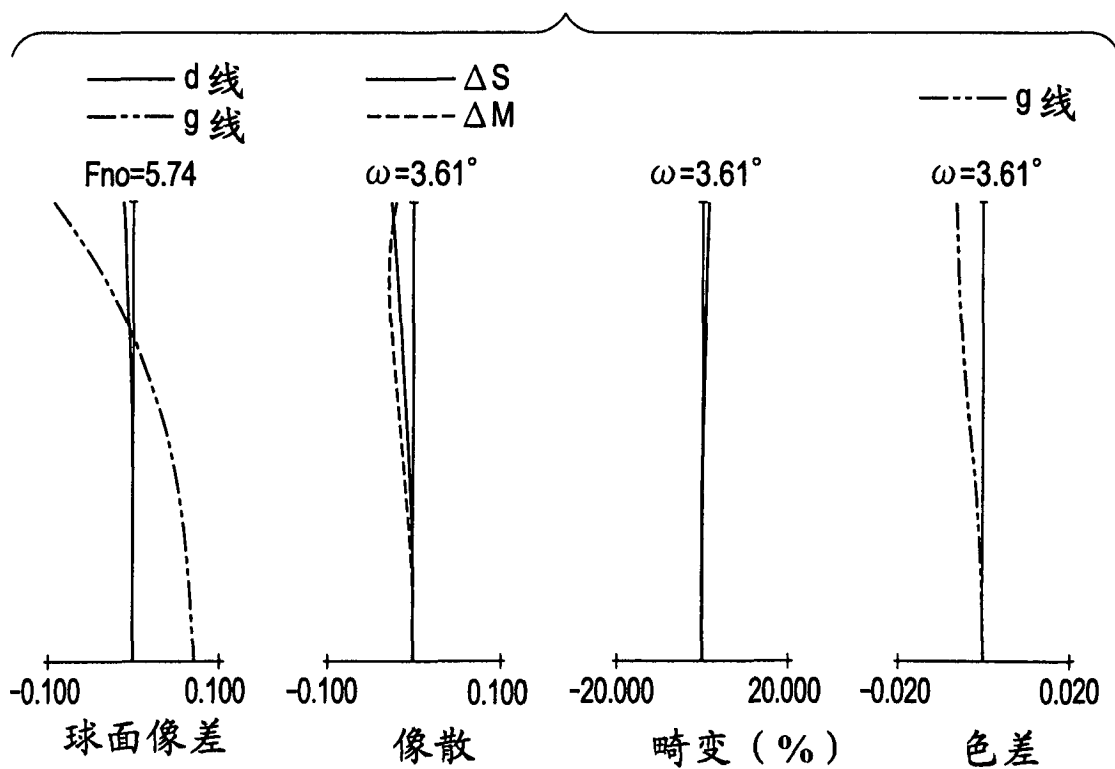


图 4C

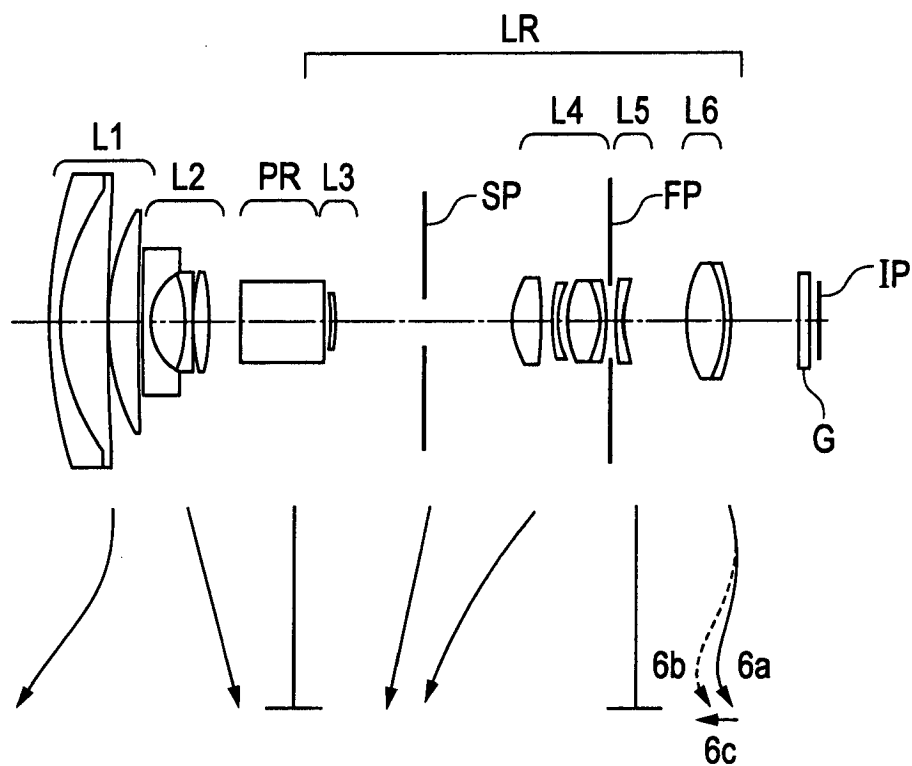


图 5

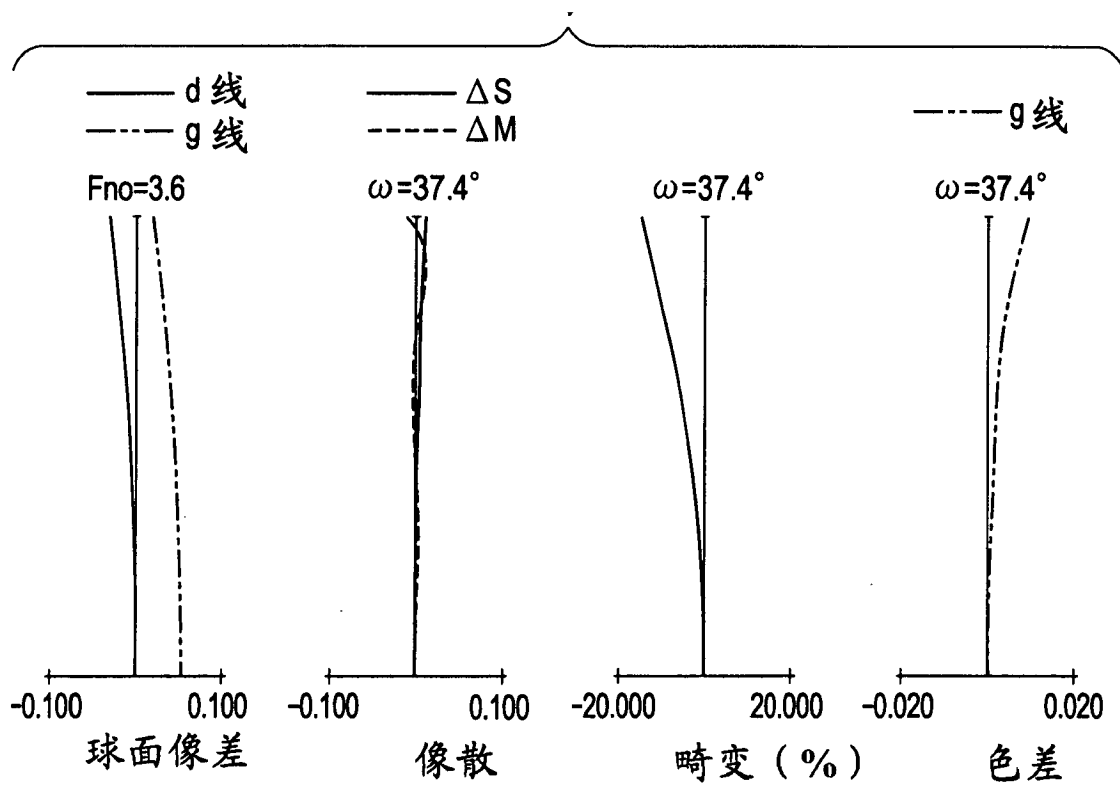


图 6A

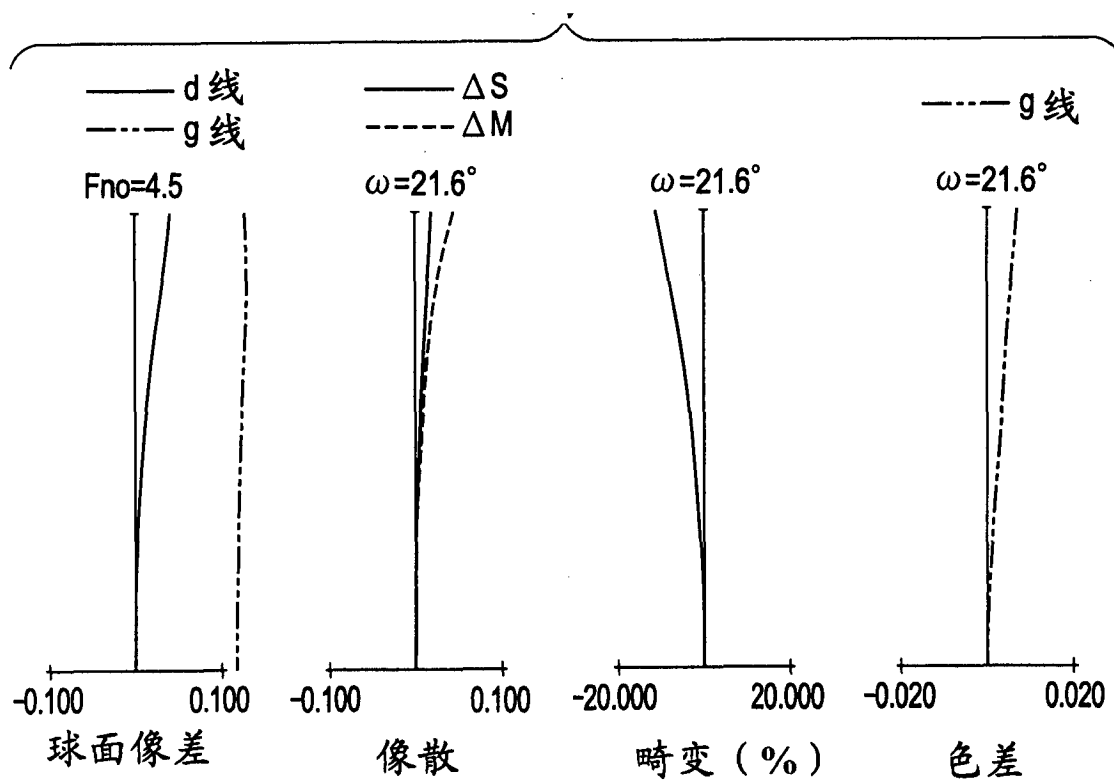


图 6B

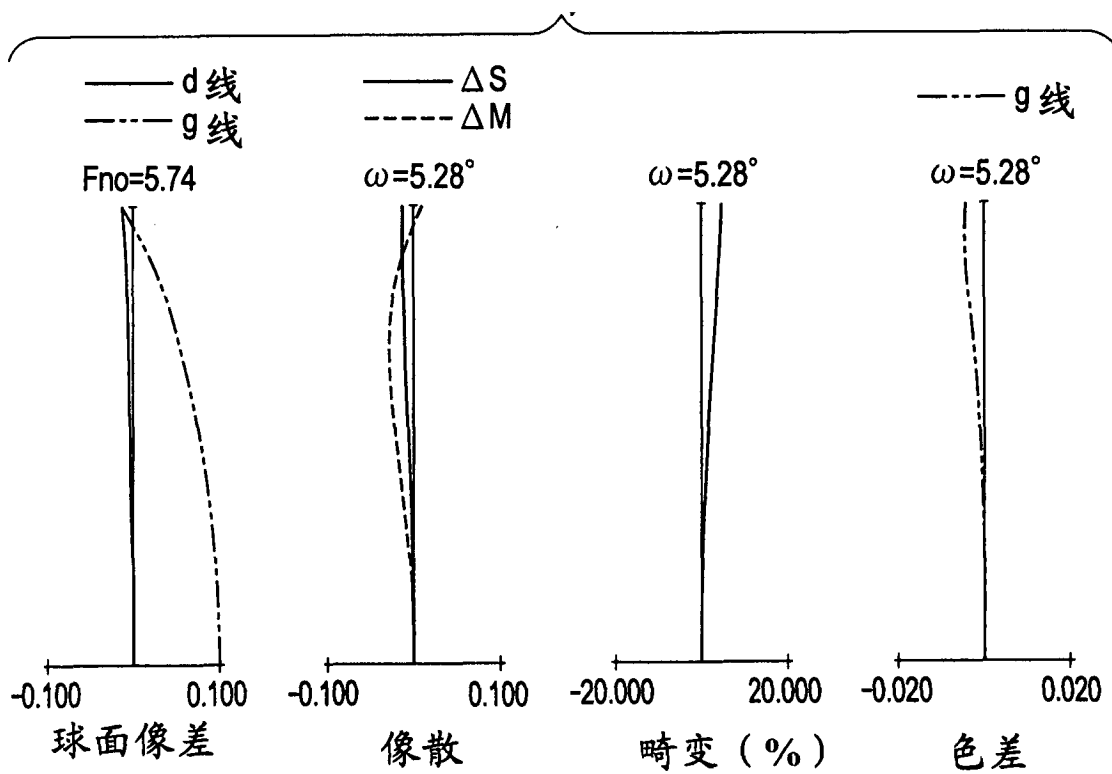


图 6C

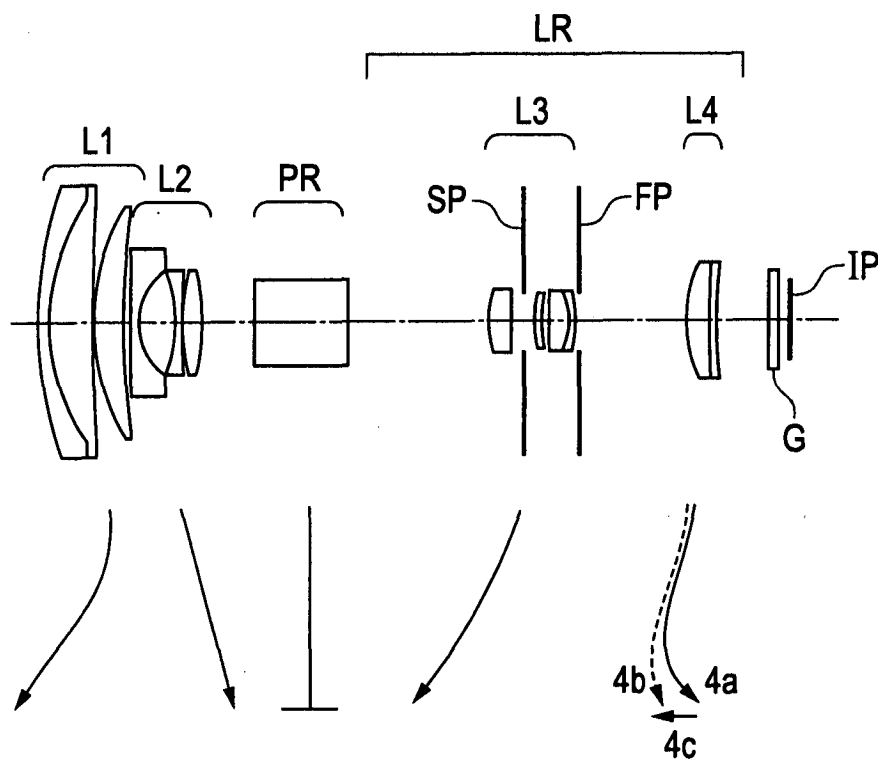


图 7

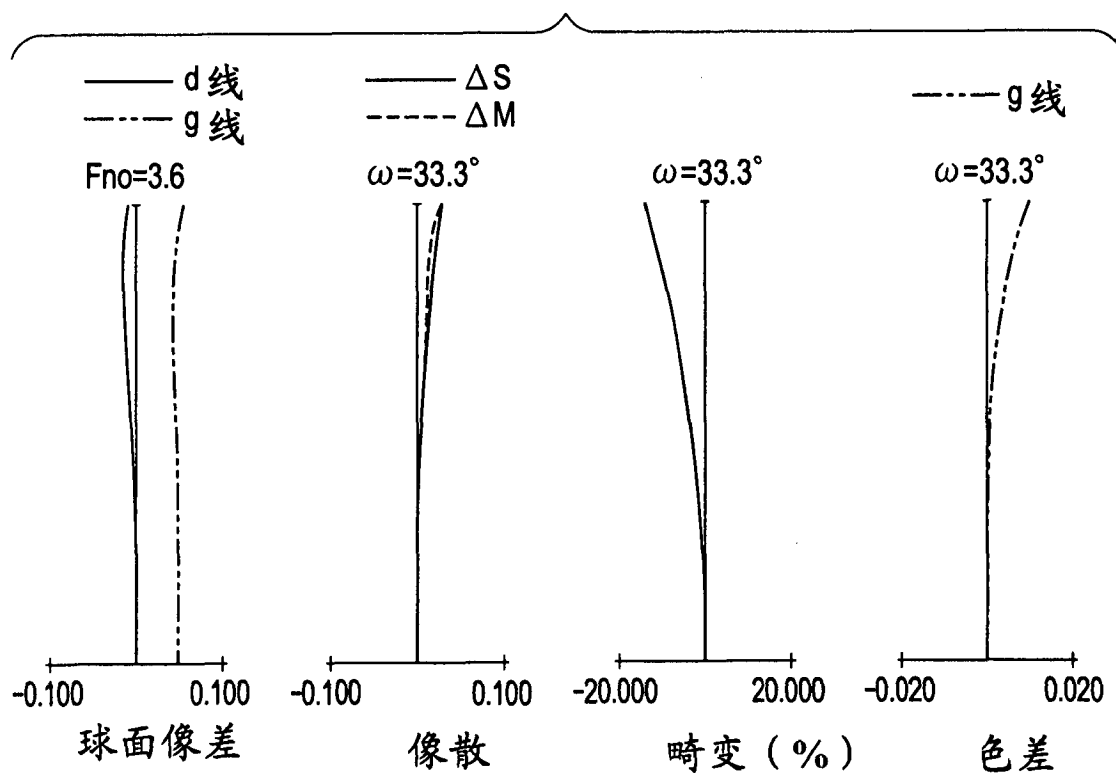


图 8A

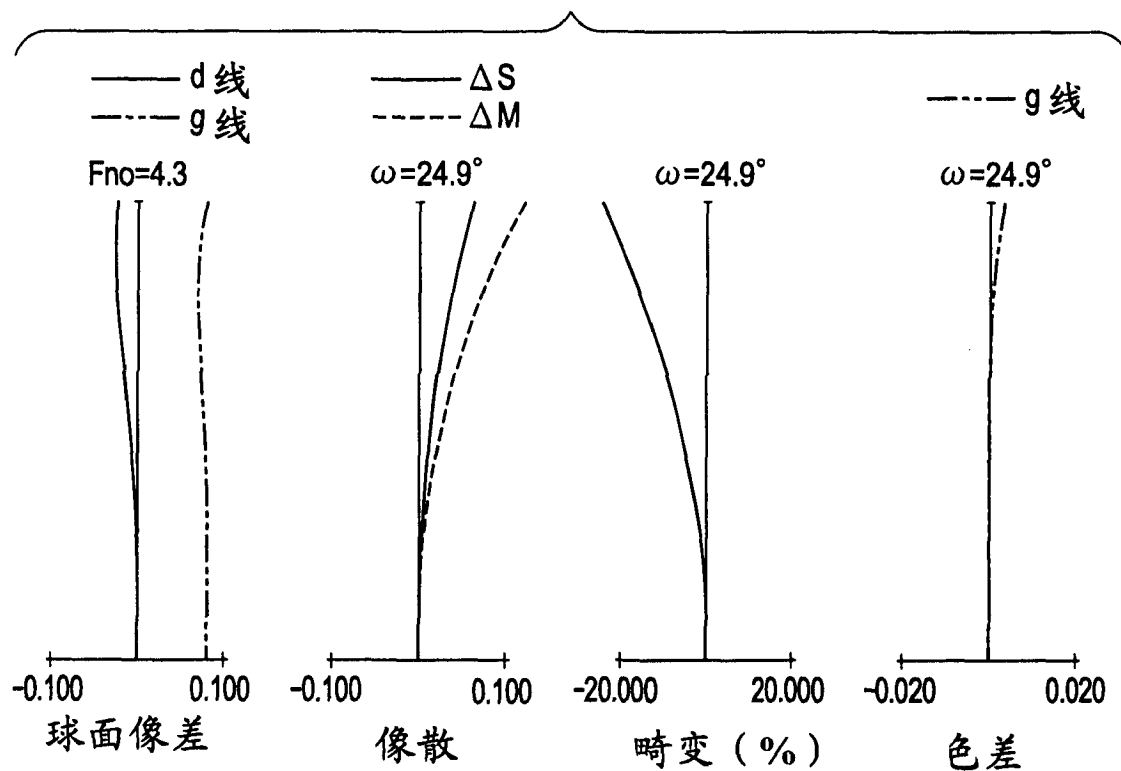


图 8B

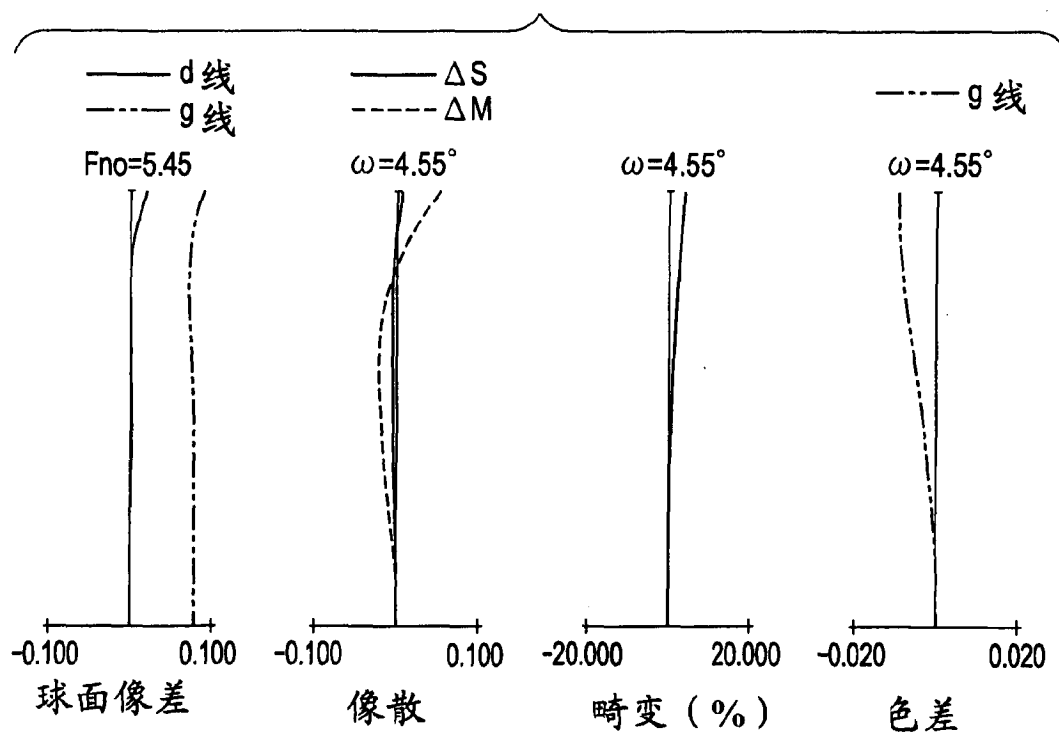


图 8C

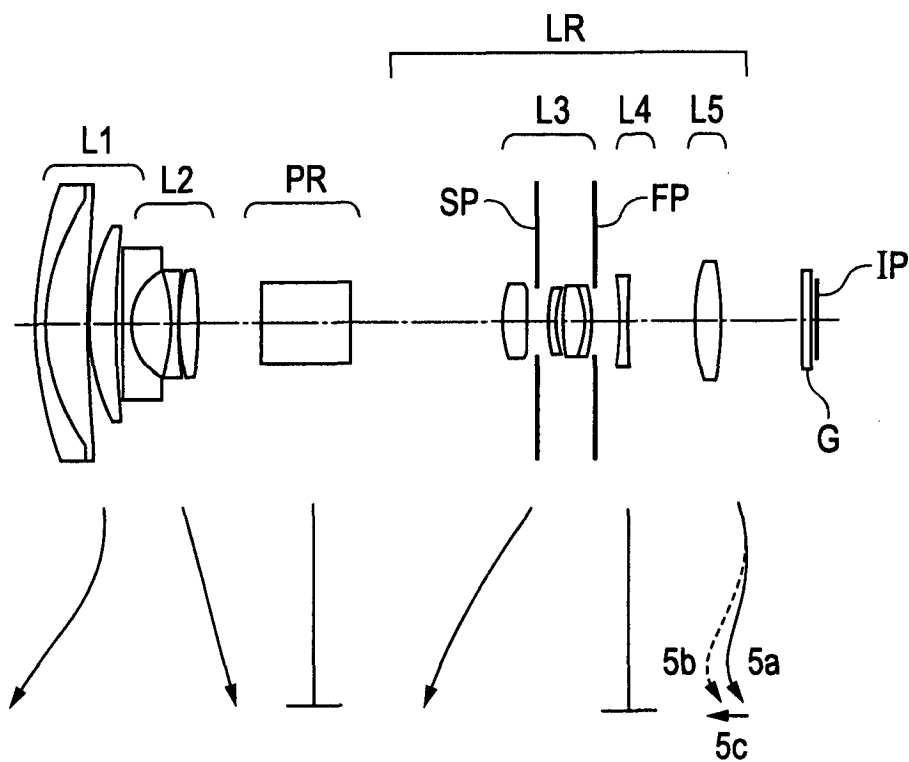


图 9

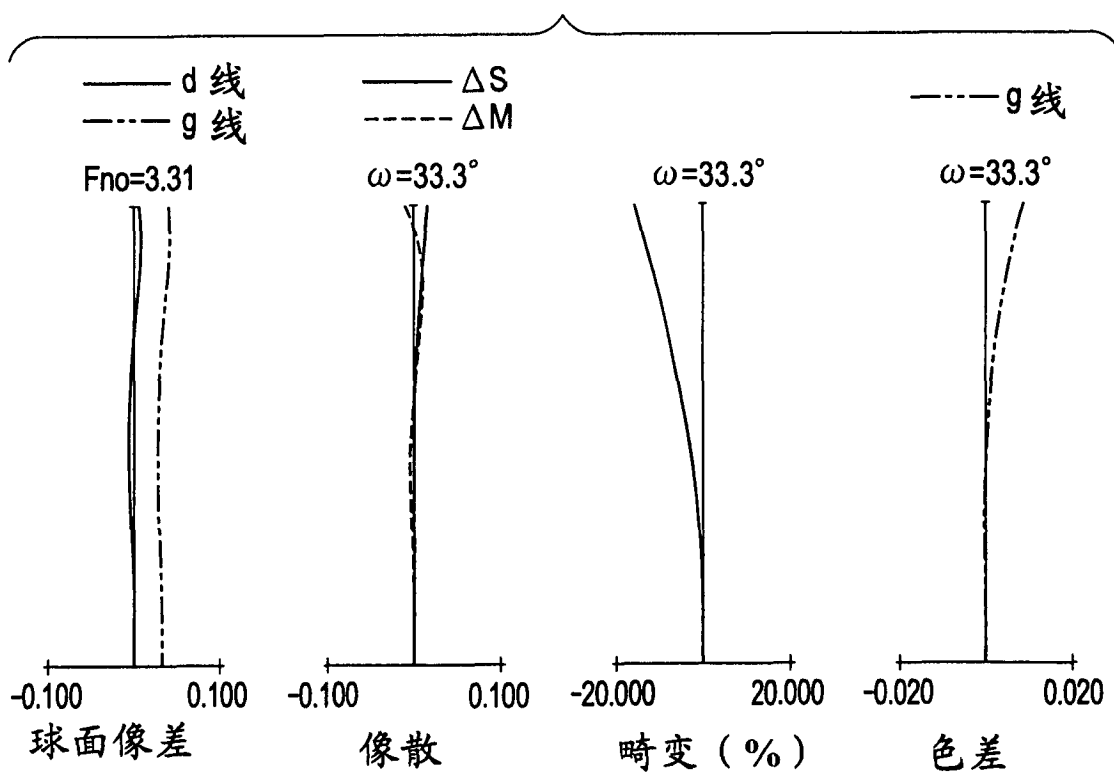


图 10A

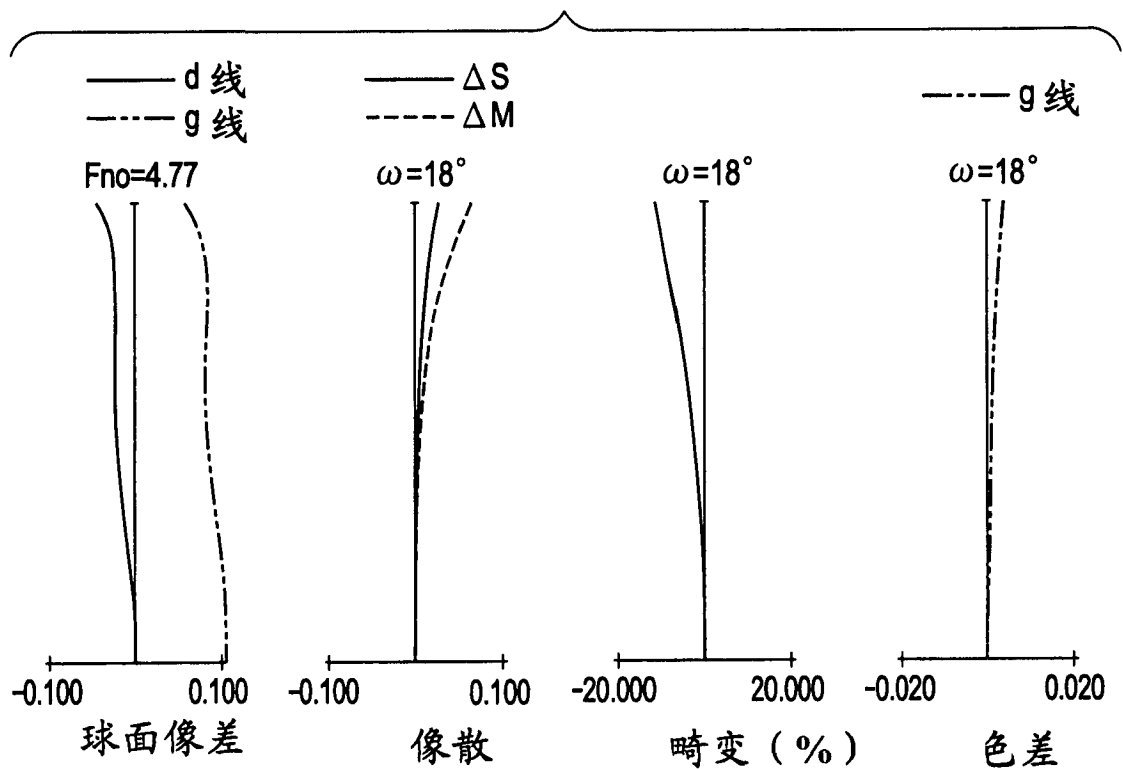


图 10B

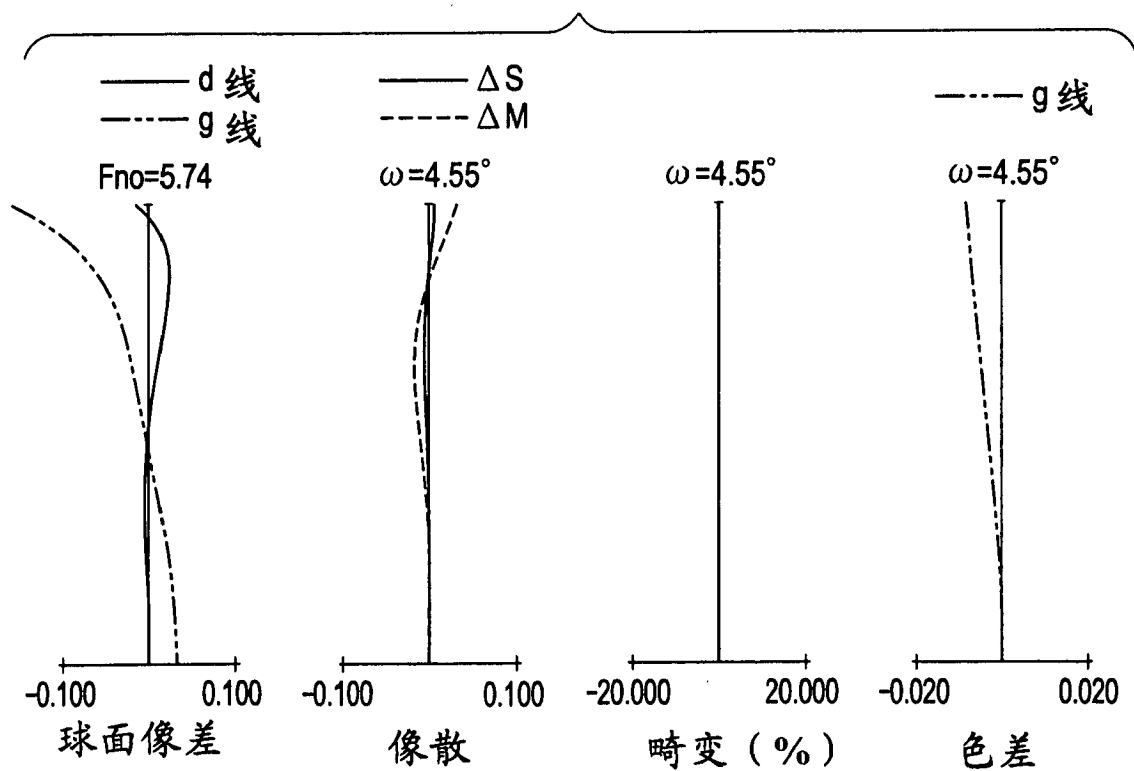


图 10C

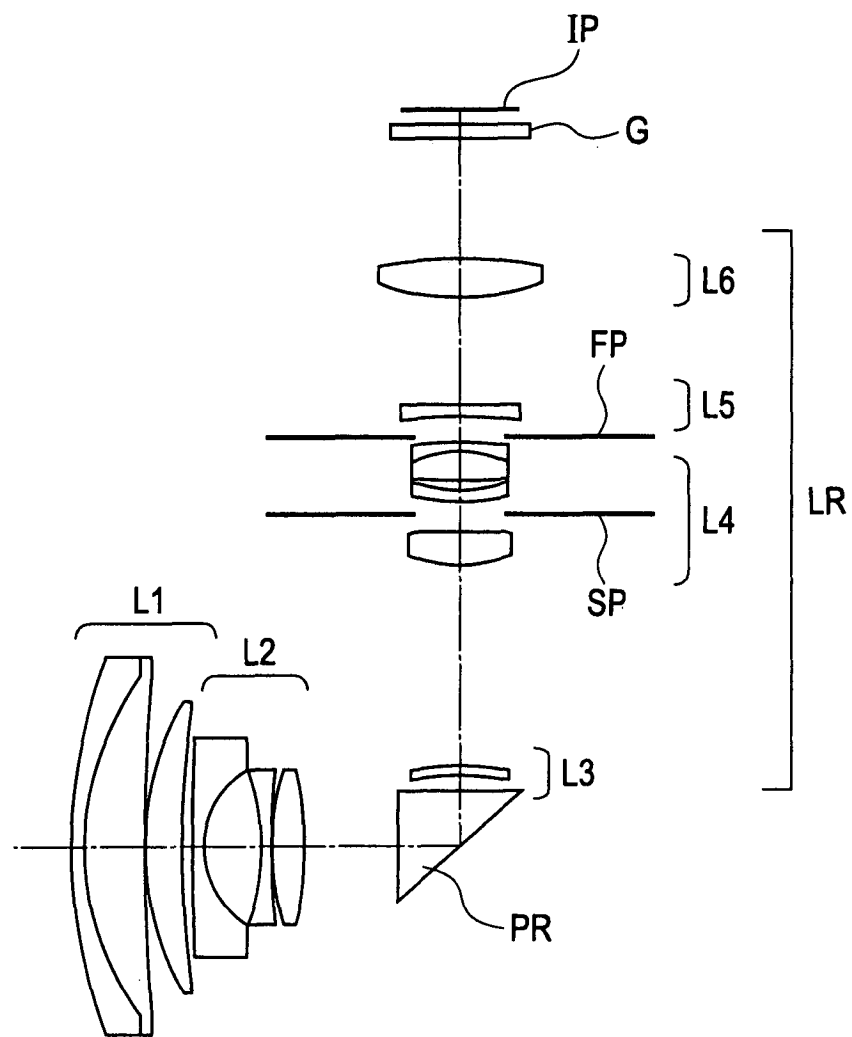


图 11

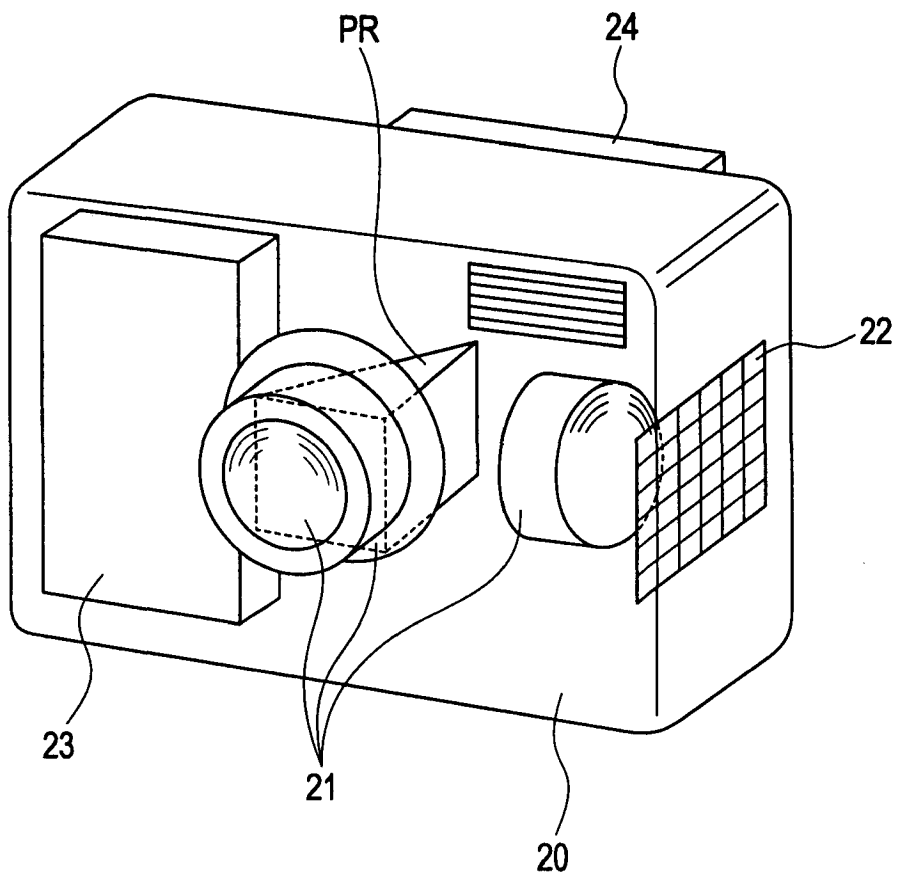


图 12