



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102540431 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 04

(21) 申请号 201210005457. 2

(22) 申请日 2009. 02. 12

(30) 优先权数据

2008-030298 2008. 02. 12 JP

(62) 分案原申请数据

200910004343. 4 2009. 02. 12

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 山崎真司

(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 罗银燕

(51) Int. Cl.

G02B 15/173 (2006. 01)

G03B 17/12 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2006-276710 A, 2006. 10. 12,

JP 特开 2003-344768 A, 2003. 12. 03,

JP 特开 2007-3600 A, 2007. 01. 11,

US 2007/0229985 A1, 2007. 10. 04,

JP 特开 2006-337648 A, 2006. 12. 14,

审查员 乔元昆

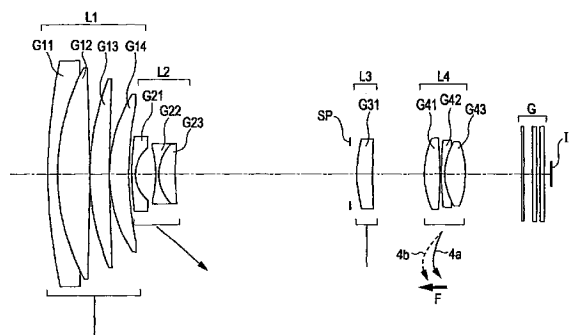
权利要求书2页 说明书18页 附图17页

(54) 发明名称

变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的照相机

(57) 摘要

本发明提供变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的照相机。变焦透镜系统包括具有正光焦度的第一透镜单元,在变焦过程中移动的具有负光焦度的第二透镜单元,为了变焦而不动的具有正光焦度的第三透镜单元,和在变焦过程中移动的具有正光焦度的第四透镜单元。第一透镜单元、第二透镜单元、第三透镜单元和第四透镜单元从物侧到像侧依次排列。变焦透镜系统的后焦距和第三透镜单元的焦距被恰当设置。并且,包括在第三透镜单元中的正透镜元件的焦距和包括在第一透镜单元中的正透镜元件的材料的阿贝数的平均值被恰当设置。



1. 一种变焦透镜系统,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,其中第二透镜单元在变焦过程中移动;

具有正光焦度的第三透镜单元,其中第三透镜单元为了变焦而不动;

具有正光焦度的第四透镜单元,其中第四透镜单元在变焦过程中移动,

其中第一透镜单元、第二透镜单元、第三透镜单元和第四透镜单元从物侧到像侧依次排列,

其中下述条件被满足:

$$10.0 < f_3/f_w < 26.0$$

$$1.2 < b_{ft}/f_w < 3.5$$

这里 f_w 是在广角端的变焦透镜系统的焦距, f_3 是第三透镜单元的焦距, b_{ft} 是在远摄端的后焦距的等效空气距离,

其中第三透镜单元包括具有非球面表面的正透镜元件,并且其中下述条件被满足:

$$8.0 < f_{3asp}/f_w < 30.0$$

这里 f_{3asp} 是包括在第三透镜单元中的该正透镜元件的焦距,

其中第一透镜单元包括三个或者更多的正透镜元件,并且其中下述条件被满足:

$$58 < v_{d1}$$

这里 v_{d1} 是包括在第一透镜单元中的正透镜元件的材料的阿贝数的平均值。

2. 按照权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中第二透镜单元包括满足下述条件的负透镜元件:

$$1.9 < n_{d2}$$

这里 n_{d2} 是该负透镜元件的材料的折射率。

3. 按照权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中第四透镜单元包括具有非球面表面的正透镜元件,并且其中下述条件被满足:

$$4.5 < f_{4asp}/f_w < 10$$

这里 f_{4asp} 是包括在第四透镜单元中的该正透镜元件的焦距。

4. 按照权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中下述条件被满足:

$$-0.40 < f_2 / \sqrt{(f_w \times f_t)} < -0.15$$

这里 f_t 是在远摄端的变焦透镜系统的焦距, f_2 是第二透镜单元的焦距。

5. 按照权利要求 1 所述的变焦透镜系统,还包括:

为了变焦而不动的孔径光阑,

其中第一透镜单元为了变焦而不动,

其中下述条件被满足:

$$2.0 < OAL/OAL_s < 2.8$$

这里 OAL 是包括在变焦透镜系统中的透镜表面之中最接近物侧的一个透镜表面和像面之间的距离, OAL_s 是孔径光阑和像面之间的距离。

6. 按照权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中第一透镜单元由从物侧到像侧依次排列的以下部分组成:包括在物侧凸起的负弯月透镜元件和正透镜元件的粘合透镜,在物侧凸

起的第一正弯月透镜元件,和在物侧凸起的第二正弯月透镜元件,

其中第二透镜单元由从物侧到像侧依次排列的以下部分组成:在物侧凸起的负弯月透镜元件,和包括双凹负透镜元件及在物侧凸起的正透镜元件的粘合透镜,和

其中第四透镜单元由从物侧到像侧依次排列的以下部分组成:双凸正透镜元件,和包括在物侧凸起的负弯月透镜元件及双凸正透镜元件的粘合透镜。

7. 一种照相机,包括:

按照权利要求 1 所述的变焦透镜系统;和接收由所述变焦透镜系统形成的图像的固态图像拾取装置。

变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的照相机

[0001] 本申请是申请日为 2009 年 2 月 12 日、申请号为 200910004343.4、发明名称为“变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的照相机”的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及变焦透镜系统。更具体地说，本发明涉及适于用作在比如摄像机、监控照相机、数字静态照相机、广播照相机和卤化银胶卷照相机之类的照相机中包括的成像透镜的变焦透镜系统。

背景技术

[0003] 近年来，包括固态图像拾取装置的比如摄像机、数字静态照相机、广播照相机和卤化银胶卷照相机之类的照相机已变得更小，而功能增多。

[0004] 因此，对供照相机的成像光学系统之用的长度小的小型、高变焦比变焦透镜系统的需求已增长。

[0005] 作为符合上述需求的变焦透镜系统，已知一种四单元变焦透镜系统，其包括从物侧到像侧依次排列的具有正折光力的第一透镜单元，具有负折光力的第二透镜单元，具有正折光力的第三透镜单元，和具有正折光力的第四透镜单元。

[0006] 四单元变焦透镜系统的例子是所谓的后对焦 (rear-focus) 变焦透镜系统，其中通过移动第二透镜单元改变放大率，改变放大率时造成的像面变化由第四透镜单元补偿（例如，参见日本专利 No. 2002-182109，日本专利特开 No. 2002-287027，日本专利 No. 2000-89116（对应于美国专利 No. 6118593），和日本专利特开 No. 2000-227548）。

[0007] 在后对焦变焦透镜系统中，与在其中通过移动第一透镜单元进行聚焦的变焦透镜系统中相比，第一透镜单元的有效直径通常是小的。于是，能够减小整个透镜系统的尺寸。但是，在聚焦过程中发生大的像差变化，难以在从无限远的物体到近距离的物体的整个物距上获得高的光学性能。

[0008] 于是，为了获得具有高变焦比的变焦透镜系统，重要的是恰当地设置变焦类型、每个透镜单元的折光力和每个透镜单元的透镜结构。

[0009] 特别地，在上述四单元后对焦变焦透镜系统中，重要的是恰当设置第三透镜单元的透镜结构和整个系统的后焦距 (back focus)。

发明内容

[0010] 本发明提供一种具有新结构的小型变焦透镜系统，所述系统具有高的变焦比，并且在整个变焦范围内提供高的光学性能。

[0011] 按照本发明的一个方面的变焦透镜系统包括：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，第二透镜单元在变焦过程中移动；具有正光焦度的第三透镜单元，其中第三透镜单元为了变焦而不移动；和具有正光焦度的第四透镜单元，第四透镜单元在变焦过程中移动，其中第一透镜单元、第二透镜单元、第三透镜单元和第四透镜单元从

物侧到像侧依次排列。

[0012] 变焦透镜系统满足下述条件：

[0013] $10.0 < f_3/f_w < 26.0$

[0014] $1.2 < b_{ft}/f_w < 3.5$

[0015] 其中 f_w 是在广角端的变焦透镜系统的焦距， f_3 是在广角端的第三透镜单元的焦距， b_{ft} 是在远摄端的后焦距的等效空气距离。

[0016] 根据参考附图对下面的示例性实施例的说明，本发明的其它特征将变得明显。

附图说明

[0017] 图 1 是按照第一实施例的变焦透镜系统在广角端的截面视图。

[0018] 图 2 图解说明按照第一实施例的变焦透镜系统在广角端的像差图。

[0019] 图 3 图解说明按照第一实施例的变焦透镜系统在中间变焦位置的像差图。

[0020] 图 4 图解说明按照第一实施例的变焦透镜系统在远摄端的像差图。

[0021] 图 5 是按照第二实施例的变焦透镜系统在广角端的截面视图。

[0022] 图 6 图解说明按照第二实施例的变焦透镜系统在广角端的像差图。

[0023] 图 7 图解说明按照第二实施例的变焦透镜系统在中间变焦位置的像差图。

[0024] 图 8 图解说明按照第二实施例的变焦透镜系统在远摄端的像差图。

[0025] 图 9 是按照第三实施例的变焦透镜系统在广角端的截面视图。

[0026] 图 10 图解说明按照第三实施例的变焦透镜系统在广角端的像差图。

[0027] 图 11 图解说明按照第三实施例的变焦透镜系统在中间变焦位置的像差图。

[0028] 图 12 图解说明按照第三实施例的变焦透镜系统在远摄端的像差图。

[0029] 图 13 是按照第四实施例的变焦透镜系统在广角端的截面视图。

[0030] 图 14 图解说明按照第四实施例的变焦透镜系统在广角端的像差图。

[0031] 图 15 图解说明按照第四实施例的变焦透镜系统在中间变焦位置的像差图。

[0032] 图 16 图解说明按照第四实施例的变焦透镜系统在远摄端的像差图。

[0033] 图 17 是图解说明包括按照本发明的至少一个实施例的变焦透镜系统的数字照相机的主要部分的示意图。

[0034] 图 18 是图解说明包括按照本发明的至少一个实施例的变焦透镜系统的摄像机的主要部分的示意图。

具体实施方式

[0035] 下面将说明按照本发明的实施例的变焦透镜系统，和包括按照至少一个实施例的变焦透镜系统的照相机（图像拾取设备、图像捕获装置）。

[0036] 按照本发明的实施例的每个变焦透镜系统从物侧到像侧依次包括具有正折光力（即，光焦度，其为焦距的倒数）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，和具有正折光力的第四透镜单元。

[0037] 第二和第四透镜单元在变焦过程中（为了变焦）移动。第三透镜单元为了变焦不移动。

[0038] 图 1 是按照本发明的第一实施例的变焦透镜系统在广角端（短焦距端）的截面视

图。

[0039] 图 2、3 和 4 分别图解说按照第一实施例的变焦透镜系统在广角端、中间变焦位置和远摄端（长焦距端）的像差图。

[0040] 图 5 是按照本发明的第二实施例的变焦透镜系统在广角端的截面视图。图 6、7 和 8 分别图解说按照第二实施例的变焦透镜系统在广角端、中间变焦位置和远摄端的像差图。

[0041] 图 9 是按照本发明的第三实施例的变焦透镜系统在广角端的截面视图。图 10、11 和 12 分别图解说按照第三实施例的变焦透镜系统在广角端、中间变焦位置和远摄端的像差图。

[0042] 图 13 是按照本发明的第四实施例的变焦透镜系统在广角端的截面视图。图 14、15 和 16 分别图解说按照第四实施例的变焦透镜系统在广角端、中间变焦位置和远摄端的像差图。

[0043] 图 17 是图解说包括按照本发明的一个实施例的变焦透镜的数字照相机的主要部分的示意图。

[0044] 图 18 是图解说包括按照本发明的一个实施例的变焦透镜的摄像机的主要部分的示意图。

[0045] 按照每个实施例的变焦透镜系统是用在照相机中的成像透镜系统。在每个变焦透镜系统的截面视图中，左侧表示物侧（前侧），右侧表示像侧（后侧）。

[0046] 参见这些截面视图，每个变焦透镜系统包括具有正折光力的第一透镜单元 L1，具有负折光力的第二透镜单元 L2，具有正折光力的第三透镜单元 L3，和具有正折光力的第四透镜单元 L4。SP 表示孔径光阑，它被放置在第三透镜单元 L3 的物侧。

[0047] G 表示对应于例如滤光器、面板等的光学块。

[0048] IP 表示像面。在按照每个实施例的变焦透镜系统用作摄像机或者数字照相机的成像光学系统的情况下，诸如 CCD 传感器和 CMOS 传感器之类的固态图像拾取装置（光电转换元件）的图像拾取平面对应于像面 IP。在变焦透镜系统用作卤化银胶卷照相机的成像光学系统的情况下，胶卷表面对应于像面 IP。

[0049] 在像差图中，d 和 g 分别表示 d 线和 g 线， ΔM 和 ΔS 分别表示子午像面和弧矢像面。另外，F 表示 F 数， ω 表示成像半场角。

[0050] 在每个实施例中，广角端和远摄端是与放大率改变透镜单元（第二透镜单元）位于沿光轴可机械移动的范围的一端和另一端的状态对应的变焦位置。

[0051] 在每个实施例中，在从广角端到远摄端的变焦过程中，通过朝着像侧移动第二透镜单元 L2 改变放大率，通过沿朝着像侧凸起的轨迹移动第四透镜单元 L4，补偿当改变放大率时造成的像面变化。

[0052] 另外，变焦透镜系统是其中通过沿光轴移动第四透镜单元 L4 来进行聚焦的后对焦变焦透镜系统。每个截面视图中的实线 4a 和虚线 4b 分别表示为了补偿当无限远的物体焦点对准的情况下和近距离的物体焦点对准的情况下的放大率变化造成的像面变化而移动第四透镜单元 L4 的轨迹。从而，第四透镜单元 L4 是沿朝着像侧凸起的轨迹移动的。于是，能够有效地使用第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 之间的空气，能够有效地减小整个透镜长度。

[0053] 从无限远的物体到近距离物体的聚焦操作是通过如箭头 F 所示,向前移动第四透镜单元 L4 来执行的。

[0054] 第一透镜单元 L1 不为了变焦或聚焦沿光轴移动。但是,在需要时可移动第一透镜单元 L1 以校正像差。

[0055] 根据需要,可在第一透镜单元 L1 的物侧和 / 或第四透镜单元 L4 的像侧布置具有折光力的透镜单元。

[0056] 在每个实施例中,下述条件被满足:

[0057] $10.0 < f_3/f_w < 26.0 \cdots (1)$

[0058] $1.2 < b_{ft}/f_w < 3.5 \cdots (2)$

[0059] 在上面的表达式中, f_w 是在广角端的整个系统的焦距, f_3 是第三透镜单元的焦距, b_{ft} 是当无限远的物体在远摄端焦点对准时的后焦距。后焦距 b_{ft} 是当无折光力的比如玻璃块 G 之类的光学元件被除去时最后的透镜表面和像面之间的等效空气距离。

[0060] 为了获得具有高变焦比的小型变焦透镜,设置条件表达式 (1) 和 (2)。

[0061] 如果第三透镜单元 L3 的焦距太大并且条件表达式 (1) 的值大于其上限,那么第三透镜单元 L3 的正折光力的负担被降低,能够充分校正像差。但是,变得必须增大(增强)第四透镜单元 L4 的折光力,以防止整个透镜长度(第一透镜表面和像面之间的距离)增大。从而,难以抑制整个变焦范围上的像差变化。

[0062] 另外,如果第三透镜单元 L3 的焦距被增大,那么第四透镜单元 L4 的有效透镜直径增大,并且整个系统的尺寸相应增大。另外,移动第四透镜单元 L4 以便聚焦的致动器的负担增大。

[0063] 如果第三透镜单元 L3 的焦距太小并且条件表达式 (1) 的值小于其下限,那么正折光力的负担增大,并且难以获得良好的光学性能。

[0064] 特别地,在广角端产生大的球面像差。另外,难以均衡地校正整个变焦范围上的像差。

[0065] 为了适当地设置后焦距,提供了条件表达式 (2)。

[0066] 在高变焦比后对焦变焦透镜系统中,第四透镜单元被布置成在远摄端最接近像侧。于是,必须把远摄端的后焦距设为所需的长度。

[0067] 如果后焦距太大并且条件表达式 (2) 的值大于其上限,那么第一透镜单元 L1 和像面之间的距离增大,并且第一透镜单元 L1 的有效直径相应增大。于是,变得难以减小整个系统的尺寸。

[0068] 另外,从第三透镜单元 L3 到第四透镜单元 L4 的光发散增大,第四透镜单元 L4 的有效直径相应增大。于是,在变焦、像差校正和聚焦操作中,致动器的负担增大。

[0069] 另外,当第四透镜单元 L4 被移动时,产生大的像差变化。如果条件表达式 (2) 的值小于其下限,那么后焦距变得太短,并且变得难以提供放置滤光器等的空间。

[0070] 条件表达式 (1) 和 (2) 的数值范围也可被设置成如下所示:

[0071] $10.5 < f_3/f_w < 23.0 \cdots (1a)$

[0072] $1.5 < b_{ft}/f_w < 2.5 \cdots (2a)$

[0073] 在每个实施例中,由于上述透镜结构,获得高的变焦比(约 40)。另外,获得在整个变焦范围上像差被充分校正并且具有大的孔径比以致 F 数约为 1.65 的后对焦变焦透镜系

统。

[0074] 通过采用上述结构,获得按照本发明的每个实施例的变焦透镜系统。此外,为了在获得高变焦比的同时保持令人满意的光学性能,至少一个下述条件可被满足。

[0075] 即,第三透镜单元 L3 可包括具有非球面表面的正透镜元件 G3p。另外,当 f_{3asp} 是正透镜元件 G3p 的焦距时,下述条件可被满足:

[0076] $8.0 < f_{3asp}/f_w < 30.0 \cdots \cdots (3)$

[0077] 另外,第一透镜单元 L1 可包括三个或者更多的正透镜元件。当 $vd1$ 是包括在第一透镜单元 L1 中的正透镜元件的材料的阿贝数的平均值时,下述条件可被满足:

[0078] $58 < vd1 \cdots \cdots (4)$

[0079] 另外,第二透镜单元 L2 可包括负透镜元件 G2n。当 $nd2$ 是负透镜元件 G2n 的材料的折射率时,下述条件可被满足:

[0080] $1.9 < nd2 \cdots \cdots (5)$

[0081] 另外,第四透镜单元 L4 可包括具有非球面表面的正透镜元件 G4p。另外,当 f_{4asp} 是正透镜元件 G4p 的焦距时,下述条件可被满足:

[0082] $4.5 < f_{4asp}/f_w < 10 \cdots \cdots (6)$

[0083] 另外,当 f_t 是在远摄端的整个系统的焦距, f_2 是第二透镜单元 L2 的焦距时,下述条件可被满足:

[0084] $-0.40 < f_2 / \sqrt{(f_w \times f_t)} < -0.15 \cdots \cdots (7)$

[0085] 另外,当 OAL 是包括在变焦透镜系统中的透镜表面之中的最接近物侧的一个透镜表面(第一表面)和像面之间的距离(所谓的整个透镜长度), $OALs$ 是孔径光阑 SP 和像面之间的距离时,下述条件可被满足:

[0086] $2.0 < OAL/OALs < 2.8 \cdots \cdots (8)$

[0087] 距离 $OALs$ 被确定为在假设在最后的透镜表面和像面之间没有放置无折光力的玻璃块等的情况下获得的值(所谓的等效空气距离)。

[0088] 条件表达式(8)被应用于像在每个实施例中那样第一透镜单元 L1 在变焦过程中不移动的系统。

[0089] 现在将说明每个条件表达式的技术含义。

[0090] 条件表达式(3)涉及包括在第三透镜单元 L3 中并且具有非球面表面的正透镜元件 G3p 的焦距。

[0091] 如果条件表达式(3)的值大于其上限,那么正透镜元件 G3p 的折光力被降低,变得难以减小第三透镜单元 L3 的尺寸。

[0092] 如果正透镜元件 G3p 的折光力太高并且条件表达式(3)的值小于其下限,那么像差,特别是球面像差,增大。另外,形成非球面表面的过程中的制造敏感度增大。这极大影响像差的敏感度。

[0093] 从而,形成非球面表面的过程中所要求的精度增大,变得难以形成非球面表面。另外,装配过程中所要求的精度也增大。

[0094] 具有非球面表面的透镜元件并不局限于玻璃透镜。例如,也可以使用通过在由玻璃制成的球面透镜的表面上放置具有非球面表面的树脂元件(通过增加非球面成分)而获得的混合透镜(所谓的复制非球面透镜)。作为替换方案,也可以使用由塑料制成的非球面

透镜。

[0095] 也可如下设置条件表达式 (3) 的数值范围：

[0096] $10.0 < f_{3asp}/fw < 25 \cdots \cdots (3a)$

[0097] 条件表达式 (4) 涉及包括在第一透镜单元 L1 中的正透镜元件的材料的平均阿贝数。

[0098] 为了充分校正在整个变焦范围上的轴向色差,提出条件表达式 (4)。如果条件表达式 (4) 的值小于其下限,那么在整个变焦范围上不能充分校正轴向色差。

[0099] 也可如下设置条件表达式 (4) 的数值范围：

[0100] $60 < vd1 \cdots \cdots (4a)$

[0101] 条件表达式 (5) 涉及包括在第二透镜单元 L2 中的负透镜元件 G2n 的材料的折射率。

[0102] 如果负透镜元件 G2n 的材料的折射率小于条件表达式 (5) 的下限,那么珀兹伐和 (Petzval sum) 沿负方向增大,像面被过度校正。

[0103] 也可如下设置条件表达式 (5) 的数值范围：

[0104] $1.95 < nd2 \cdots \cdots (5a)$

[0105] 条件表达式 (6) 涉及包括在第四透镜单元 L4 中的具有非球面表面的正透镜元件 G4p 的焦距。

[0106] 如果正透镜元件 G4p 的焦距太大 (折光力太低),条件表达式 (6) 的值大于其上限,那么变焦和聚焦过程中的移动量增大,整个系统的尺寸相应增大。

[0107] 如果正透镜元件 G4p 的焦距太小 (折光力太高),条件表达式 (6) 的值小于其下限,那么变焦和聚焦过程中的球面像差和彗形像差的变化增大。

[0108] 具有非球面表面的透镜元件并不局限于玻璃透镜,也可以使用混合透镜或塑料透镜,如上所述。

[0109] 也可如下设置条件表达式 (6) 的数值范围：

[0110] $5.5 < f_{4asp}/fw < 8.5 \cdots \cdots (6a)$

[0111] 条件表达式 (7) 涉及第二透镜单元 L2 的焦距,换句话说,第二透镜单元 L2 的折光力。如果第二透镜单元 L2 的焦距太大 (折光力太低),并且条件表达式 (7) 的值大于其上限,那么为了获得期望的变焦比的第二透镜单元 L2 的移动量增大,整个透镜长度和前透镜的直径增大。

[0112] 另外,如果第二透镜单元 L2 的焦距太小 (折光力太高),并且条件表达式 (7) 的值小于其下限,那么尽管能够减小整个透镜系统的尺寸,但是珀兹伐和沿负方向增大,像面被过度校正。

[0113] 也可如下设置条件表达式 (7) 的数值范围：

[0114] $-0.35 < f_2 / \sqrt{(fw \times ft)} < -0.20 \cdots \cdots (7a)$

[0115] 条件表达式 (8) 涉及透镜系统的第一透镜表面和像面之间的距离与孔径光阑和像面之间的距离的比值。

[0116] 如果条件表达式 (8) 的值大于其上限,那么孔径光阑 SP 和像面之间的距离太小。于是,在由第四透镜单元 L4 执行的聚焦操作中,从无限远的物体到近处的物体的聚焦范围受到限制。

[0117] 另外,孔径光阑 SP 和第一透镜单元 L1 之间的距离增大,包括在第一透镜单元 L1 中的第一透镜 G11 的有效直径增大。从而,变得难以减小整个系统的尺寸。

[0118] 如果条件表达式 (8) 的值小于其下限,那么孔径光阑 SP 和像面之间的距离增大,第四透镜单元 L4 的有效直径和重量增大。这种情况下,当通过移动后对焦变焦透镜系统中的第四透镜单元 L4 进行聚焦操作时,变得难以进行快速聚焦。

[0119] 也可如下设置条件表达式 (8) 的数值范围:

[0120] $2.1 < OAL/OALs < 2.7 \cdots \cdots (8a)$

[0121] 第三透镜单元 L3 可以只包括具有非球面表面的正透镜元件 G3p。

[0122] 当具有正折光力的第三透镜单元 L3 被形成具有非球面表面时,能够在广角端充分校正球面像差。另外,能够减少透镜的数目。

[0123] 于是,第三透镜单元 L3 可以只包括正透镜元件 G3p,以致能够减小第三透镜单元 L3 的尺寸。

[0124] 另外,为了充分校正像差,不仅可以在正透镜元件 G3p 的一侧形成非球面表面,而且可以在正透镜元件 G3p 的另一侧形成非球面表面。

[0125] 第三透镜单元 L3 还可包括两个正透镜元件,所述两个正透镜元件是具有非球面表面的正透镜元件 G3p 和另一正透镜元件。当第三透镜单元 L3 包括两个正透镜元件时,能够容易地校正像差。

[0126] 现在将说明每个实施例的透镜系统的详细结构。除非另有具体说明,否则按照从物侧到像侧的顺序解释包括在透镜系统中的元件。

[0127] 按照第一到第四实施例中每一个的变焦透镜系统具有下述结构。

[0128] 第一透镜单元包括:粘合透镜,所述粘合透镜包括在物侧凸起的负弯月透镜元件 G11,和正透镜元件;在物侧凸起的正弯月透镜元件 G13;和在物侧凸起的正弯月透镜元件 G14。

[0129] 因此,色差和球面像差被充分校正。为了更充分地校正色差,包括在第一透镜单元中的正透镜元件 G12、正透镜元件 G13 和正透镜元件 G14 可由比如 OHARA Inc. 生产的 S-FPL51 和 S-FPL53(商品名)之类的超低色散玻璃制成。

[0130] 第二透镜单元包括:在物侧凸起的负弯月透镜元件 G21;以及粘合透镜,所述粘合透镜包括双凹负透镜元件 G22 和在物侧凸起的正透镜元件 G23。由于这种结构,能够充分校正正在变焦过程中产生的像差的变化。

[0131] 在第一到第三实施例中,第三透镜单元 L3 由单个正透镜元件 G31 形成。在图 13 中所示的第四实施例中,第三透镜单元 L3 包括正透镜元件 G31 和正透镜元件 G32。在每个实施例中,正透镜元件 G31 在其任一侧具有非球面表面,其透镜的折光力不被增大,以致能够有效校正像差,而不增大敏感度。

[0132] 非球面表面被形成以致正折光力从透镜的中心到透镜的外围降低。换句话说,正透镜元件 G31 的折光力被恰当设置,以致能够在正透镜元件 G31 的任一侧形成非球面表面,并且能够充分校正像差。另外,第三透镜单元 L3 输出来自第二透镜单元 L2 的发散光,而不增大所述发散光的直径(以致能够防止第四透镜单元 L4 的直径增大)。

[0133] 在每个实施例中,孔径光阑 SP 被置于第三透镜单元 L3 的物侧。但是,孔径光阑 SP 也可在变焦过程中被单独移动,或者被置于第三透镜单元 L3 中,或者被置于第三透镜单元

L3 的像侧。

[0134] 第四透镜单元包括：双凸正透镜元件 G41；以及粘合透镜，所述粘合透镜包括在物侧具有凸面的负弯月透镜元件 G42 和双凸正透镜元件 G43。正透镜元件 G41 在其任一侧具有非球面表面。因此，能够减小在利用第四透镜单元 L4 进行聚焦操作的过程中的像差变化。

[0135] 如上所述，按照每个实施例，能够减小整个透镜系统的尺寸，能够获得具有高变焦比和高光学性能的变焦透镜系统。

[0136] 另外，能够获得具有高变焦比（大约 40）并且在从广角端到远摄端的整个变焦范围上具有高光学性能的后对焦变焦透镜系统。

[0137] 第一透镜单元 L1 为了变焦而不动。于是，能够简化机械结构。

[0138] 此外，能够获得具有高变焦比（大约 40）、在整个变焦范围上提供高光学性能、并且具有大的孔径比以致 F 值在广角端约为 1.65 的变焦透镜系统。

[0139] 现在将说明对应于上述实施例的数值例子。在每个数值例子中，i 表示从物侧起计数的每个表面的编号。另外，R_i 表示第 i 个表面的曲率半径，d_i 表示第 i 个表面和第 i+1 个表面之间的距离。N_i 是参照于 d 线的折射率，v_i 表示材料的相对于 d 线的阿贝数 (vd)。阿贝数 (vd) 可被表示成如下：

[0140] $vd = (Nd-1)/(NF-NC)$

[0141] 在上面的等式中，Nd 是相对于 d 线（波长 587.6 纳米）的折射率，NF 是相对于 F 线（波长 486.1 纳米）的折射率，NC 是相对于 C 线（波长 656.3 纳米）的折射率。

[0142] 在每个数值例子中，最接近像侧的一些表面是形成光学块 G 等的表面。另外，k、B、C、D 和 E 是非球面系数。

[0143] 当 x 是非球面表面在距光轴高度 h 处在光轴方向上相对于非球面表面的顶点的位置时，非球面表面的形状被表示成如下：

[0144] $x = (h^2/R) / [1 + \{1 - (1+k)(h/R)^2\}^{1/2}] + Bh^4 + Ch^6 + Dh^8 + Eh^{10}$

[0145] 在上面的等式中，R 是近轴曲率半径。

[0146] 另外，“E-Z”意味“10^{-z}”。

[0147] 下面提供的表 1 表示上述条件表达式和数值例子之间的关系。

[0148] 第一数值例子

[0149]

i	Ri	di	Ni	vi
1	99.207	1.70	1.80518	25.4
2	41.142	5.45	1.48749	70.2
3	-325.945	0.17		
4	43.541	3.40	1.48749	70.2
5	298.330	0.17		
6	26.891	3.25	1.60311	60.6
7	65.488	(可变)		
8	50.090	0.70	2.00060	25.5
9	5.971	3.51		
10	-17.285	0.60	1.58313	59.4
11	7.690	2.80	1.92286	18.9
12	43.001	(可变)		
13	(孔径)	1.30		
14*	22.573	2.70	1.58313	59.4
15*	215.489	(可变)		
16*	15.337	2.70	1.58313	59.4
17*	-53.052	0.33		
18	123.556	0.60	1.84666	23.8
19	11.628	3.60	1.51742	52.4
20	-15.274	(可变)		
21	∞	0.30	1.51400	70.0
22	∞	1.51		
23	∞	0.80	1.54400	60.0
[0150] 24	∞	0.60		
25	∞	0.75	1.49000	70.0
26	∞			
[0151] [0152]	非球面系数			

	K	B	C	D	E
14 *	7.355E-02	-8.726E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
15 *	7.226E+02	-6.549E-05	4.120E-07	0.000E+00	0.000E+00
16 *	-1.294E+00	-4.795E-05	1.775E-07	2.179E-09	-3.479E-11
17 *	-3.432E+01	3.512E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

[0153]

数据	变焦比	39.48	
	广角端	中间变焦位置	远摄端
焦距	3.41	34.67	134.48
F 值	1.65	2.24	5.13
半场角	33.45	3.71	0.96
图像高度	2.25	2.25	2.25
整个透镜长度	87.5	87.5	87.5
BF	14.45	20.31	5.87

[0154]

距离			
d7	0.52	23.56	29.32
d12	30.50	7.46	1.70
d15	9.06	3.30	17.61
d20	9.94	15.70	1.38

[0155] 第二数值例子

[0156]

i	Ri	di	Ni	vi
1	50.493	1.65	1.84666	23.4
2	30.309	5.42	1.51633	64.1
3	294.807	0.20		
4	31.866	3.50	1.48749	70.2
5	126.658	0.20		
6	37.603	2.73	1.696797	55.5
7	62.948	(可变)		
8	76.728	0.70	2.0033	28.3
9	6.529	3.47		
10	-22.254	0.60	1.669979	39.3
11	7.455	2.13	1.92286	18.9
12	68.866	(可变)		
13	(孔径)	1.11		
14*	23.853	1.97	1.583126	59.4
15*	-500.000	(可变)		
16*	20.088	2.90	1.583126	59.4
17*	-49.325	0.35		
18	475.741	0.65	1.92286	18.9
19	21.567	3.34	1.603112	60.6
20	-17.600	(可变)		
21	∞	0.30	1.514	70.0
22	∞	1.51		
23	∞	1.78	1.544	60.0
24	∞	0.60		
25	∞	0.75	1.49	70.0
26	∞			

[0157] 非球面系数

[0158]

	K	B	C	D	E
14 *	1.886E+00	-9.412E-05	-1.924E-06	0.000E+00	0.000E+00
15 *	0.000E+00	-4.069E-05	-1.588E-06	-1.767E-09	0.000E+00
16 *	-1.127E+00	-1.920E-06	-1.776E-07	-5.067E-09	5.419E-11
17 *	0.000E+00	9.379E-05	-4.655E-07	0.000E+00	0.000E+00

[0159]

数据	变焦比	38.90	
	广角端	中间变焦位置	远摄端
焦距	3.50	31.50	136.15
F 值	1.67	1.86	5.38
半场角	32.74	4.09	0.95
图像高度	2.25	2.25	2.25
整个透镜长度	87.2	87.2	87.2
BF	13.73	18.42	5.70

[0160]

距离			
d7	0.60	24.30	30.52
d12	32.37	8.67	2.44
d15	9.62	4.99	18.52
d20	8.42	13.05	0.50

[0161] 第三数值例子

[0162]

i	Ri	di	Ni	vi
1	91.145	1.70	1.84666	23.4
2	37.812	5.20	1.51633	64.1
3	-1579.582	0.20		
4	39.279	3.76	1.51633	64.1
5	488.340	0.20		
6	26.082	2.87	1.69680	55.5
7	55.834	(可变)		
8	47.213	0.70	2.00060	25.5
9	6.200	3.49		
10	-20.205	0.60	1.69350	53.2
11	7.195	2.96	1.92286	18.9
12	63.590	(可变)		
13	(孔径)	0.61		
14*	44.069	2.70	1.58313	59.4
15*	2684.252	(可变)		
16*	15.178	2.70	1.58313	59.4
17*	-57.162	0.35		
18	151.323	0.60	1.84666	23.8
19	13.724	3.31	1.60311	60.6
20	-17.477	(可变)		
21	∞	0.30	1.51400	70.0
22	∞	1.51		
23	∞	0.80	1.54400	60.0
24	∞	0.60		
25	∞	0.70	1.49000	70.0
26	∞			

[0163] 非球面系数

[0164]

	K	B	C	D	E
14 *	-3.259E+00	-2.098E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
15 *	2.630E+05	-1.921E-04	8.548E-07	0.000E+00	0.000E+00
16 *	-2.213E+00	-1.787E-05	2.311E-07	-7.668E-09	7.300E-11
17 *	3.454E+01	6.617E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

[0165]

数据	变焦比	39.49	
	广角端	中间变焦位置	远摄端
焦距	3.37	30.37	133.14
F 值	1.65	2.00	5.13
半场角	33.72	4.24	0.97
图像高度	2.25	2.25	2.25
整个透镜长度	86.9	86.9	86.9
BF	15.43	19.33	5.95

[0166]

距离			
d7	0.53	20.83	25.90
d12	26.78	6.48	1.40
d15	12.18	8.28	21.62
d20	10.95	14.84	1.50

[0167] 第四数值例子

[0168]

i	Ri	di	Ni	vi
1	101.610	1.70	1.80518	25.4
2	41.262	5.45	1.48749	70.2
3	-325.945	0.17		
4	43.324	3.40	1.48749	70.2
5	759.715	0.17		
6	27.052	3.25	1.60311	60.6
7	64.453	(可变)		
8	54.592	0.70	2.00060	25.5
9	5.983	3.51		
10	-18.302	0.60	1.58313	59.4
11	7.635	2.80	1.92286	18.9
12	40.197	(可变)		
13	(孔径)	1.30		
14*	37.580	2.69	1.58313	59.4
15*	215.489	0.50		
16	22.721	1.47	1.48749	70.2
17	47.528	(可变)		
18*	14.960	2.79	1.58313	59.4
19*	-52.509	0.33		
20	263.451	0.60	1.84666	23.8
21	13.117	3.60	1.51742	52.4
22	-16.817	(可变)		
23	∞	0.30	1.51400	70.0
24	∞	1.51		
25	∞	0.80	1.54400	60.0
26	∞	0.60		
27	∞	0.75	1.49000	70.0
28	∞			

[0169] 非球面系数

[0170]

	K	B	C	D	E
14 *	7.355E-02	-5.614E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
15 *	7.226E+02	-5.758E-05	1.438E-07	8.105E-09	-8.501E-11
18 *	-7.443E-01	-1.160E-04	-1.361E-07	-3.897E-09	-3.075E-10
19 *	5.277E+01	2.264E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

[0171]

数据	变焦比	38.17	
	广角端	中间变焦位置	远摄端
焦距	3.56	35.16	135.90
F 值	1.68	2.22	5.01
半场角	32.30	3.66	0.95
图像高度	2.25	2.25	2.25
整个透镜长度	88.2	88.2	88.2
BF	14.69	20.47	5.77

[0172]

距离			
d7	0.51	22.86	28.44
d12	29.52	7.16	1.60
d17	8.43	2.62	17.48
d22	10.21	16.03	1.16

[0173] 表 1

[0174]

		第一例子	第二例子	第三例子	第四例子
条件表达式(1)	f3/fw	12.6	11.2	22.8	11.7
条件表达式(2)	bft/fw	1.72	1.63	1.77	1.62
条件表达式(3)	f3asp/fw	12.6	11.2	22.8	21.8
条件表达式(4)	vd1	67.0	63.3	61.2	67.0
条件表达式(5)	nd2	2.00069	2.00330	2.00069	2.00069
条件表达式(6)	f4asp/fw	6.1	7.1	6.2	5.7
条件表达式(7)	$f2/\sqrt{(fw \times ft)}$	-0.28	-0.30	-0.28	-0.27
条件表达式(8)	OAL/OALs	2.5	2.6	2.3	2.4

[0175] 下面,将参考图 17 说明包括按照本发明的至少一个实施例的变焦透镜作为成像光学系统的数字静态照相机。

[0176] 参见图 17,照相机本体 20 包括成像光学系统 21,成像光学系统 21 包括按照第一到第四实施例至少之一的变焦透镜系统。

[0177] 用于接收由成像光学系统 21 形成的物像的比如 CCD 传感器和 CMOS 传感器之类的固态图像拾取装置(光电转换元件)22 被置于照相机本体 20 中。存储器 23 记录与经历由固态图像拾取装置 22 进行的光电转换的物像对应的信息。

[0178] 取景器 24 由例如液晶显示面板等形成,允许用户观察在图像拾取元件 22 上形成的物像。

[0179] 接着,将参考图 18 说明包括按照本发明的至少一个实施例的变焦透镜系统作为成像光学系统的摄像机(光学设备)。

[0180] 参见图 18,摄像机本体 10 包括成像光学系统 11,成像光学系统 11 包括按照第一到第四实施例至少之一的变焦透镜系统。

[0181] 用于接收由成像光学系统 11 形成的物像的比如 CCD 传感器和 CMOS 传感器之类的固态图像拾取装置(光电转换元件)12 被置于照相机本体 10 中。存储器 13 记录与经历由固态图像拾取装置 12 进行的光电转换的物像对应的信息。

[0182] 取景器 14 用于观察显示在显示装置(未示出)上的物像。

[0183] 显示装置包括液晶面板等,显示在图像拾取装置 12 上形成的物像。

[0184] 当按照本发明的至少一个实施例的变焦透镜系统被包括在诸如数字静态照相机和摄像机之类的照相机中时,能够获得提供高光学性能的小型照相机。

[0185] 虽然已经参考示例性实施例说明了本发明,但是应当理解本发明并不局限于公开的示例性实施例。下述权利要求的范围应被给予最宽广的解释,以包含所有修改以及等同的结构和功能。

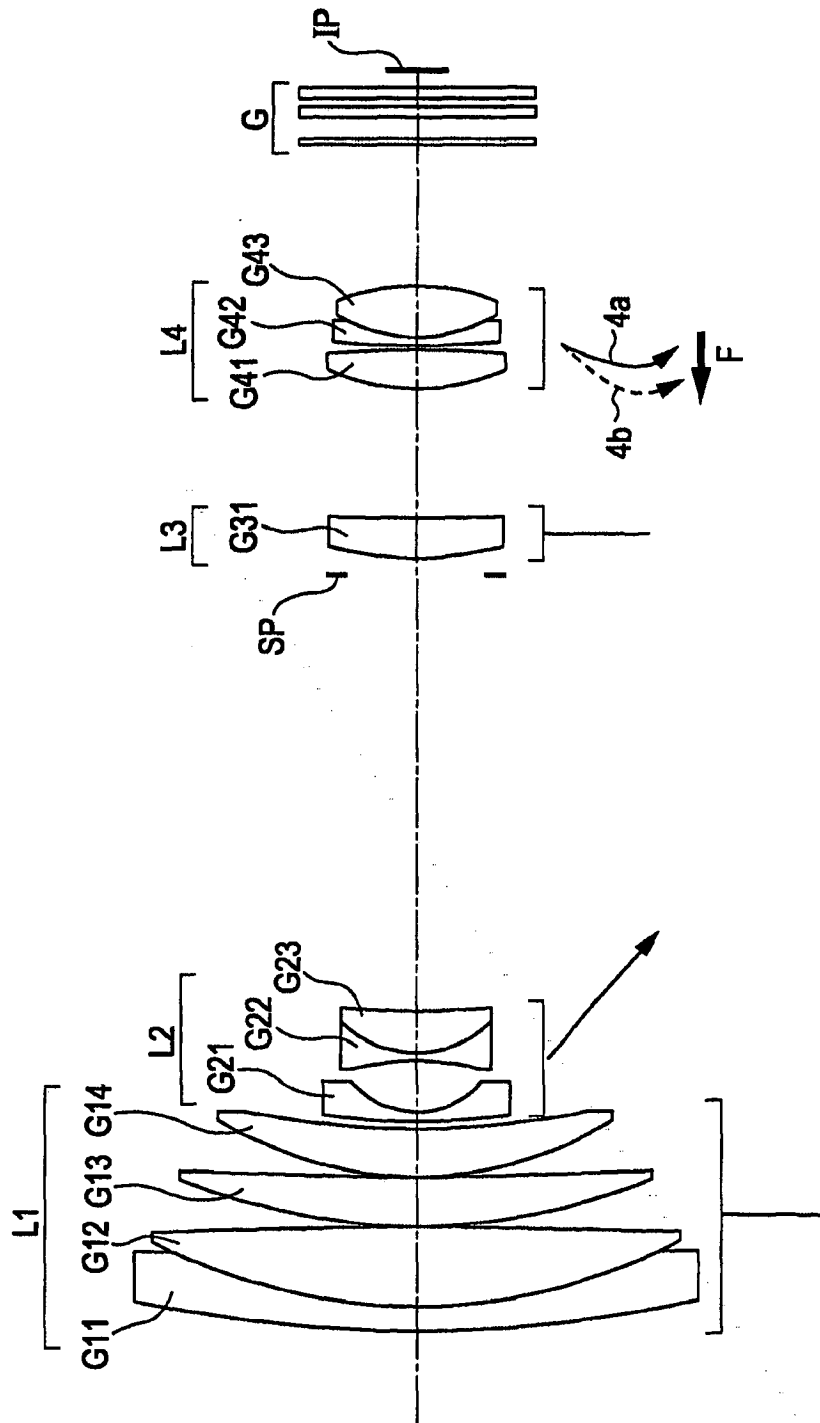


图 1

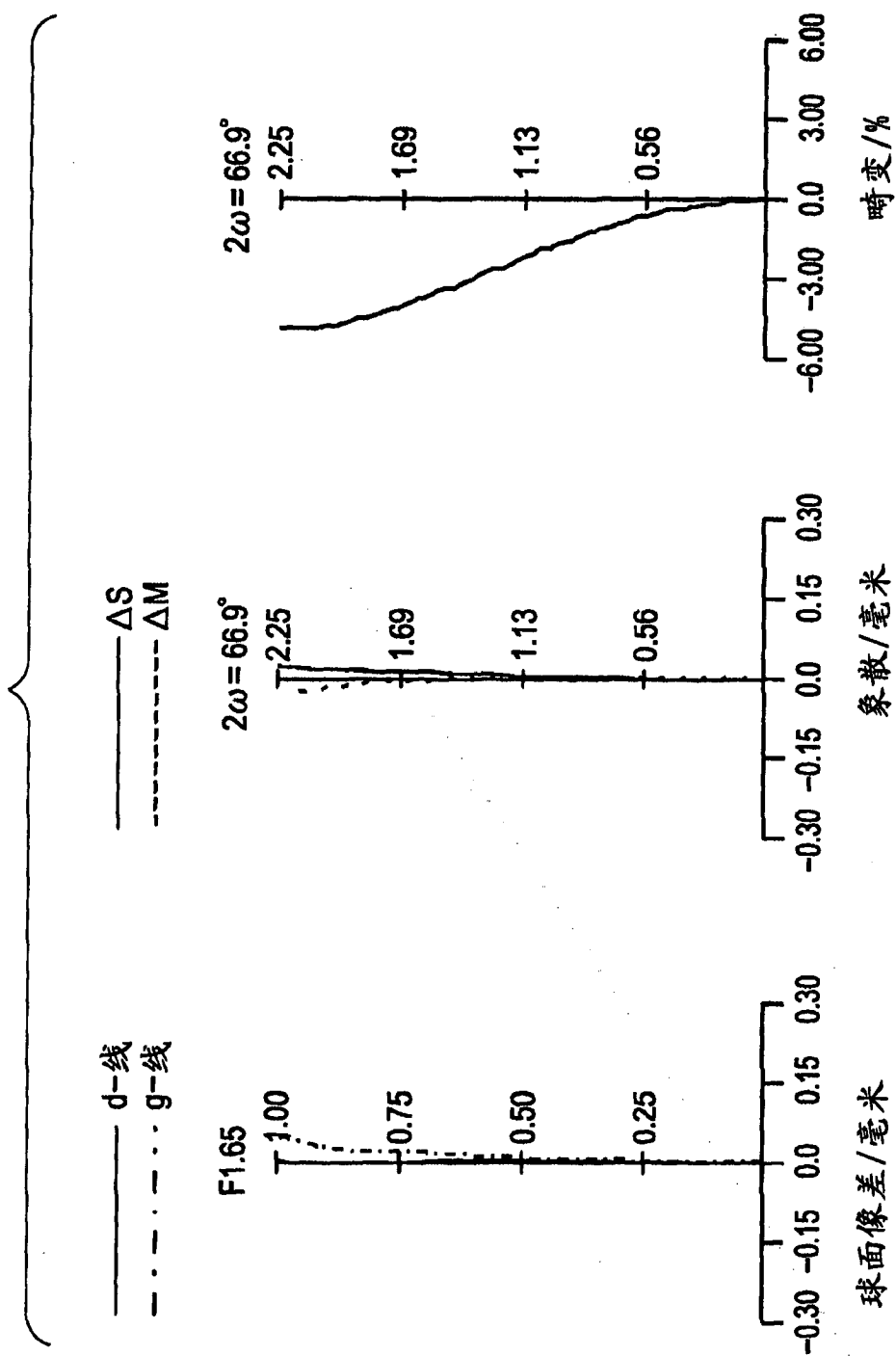


图 2

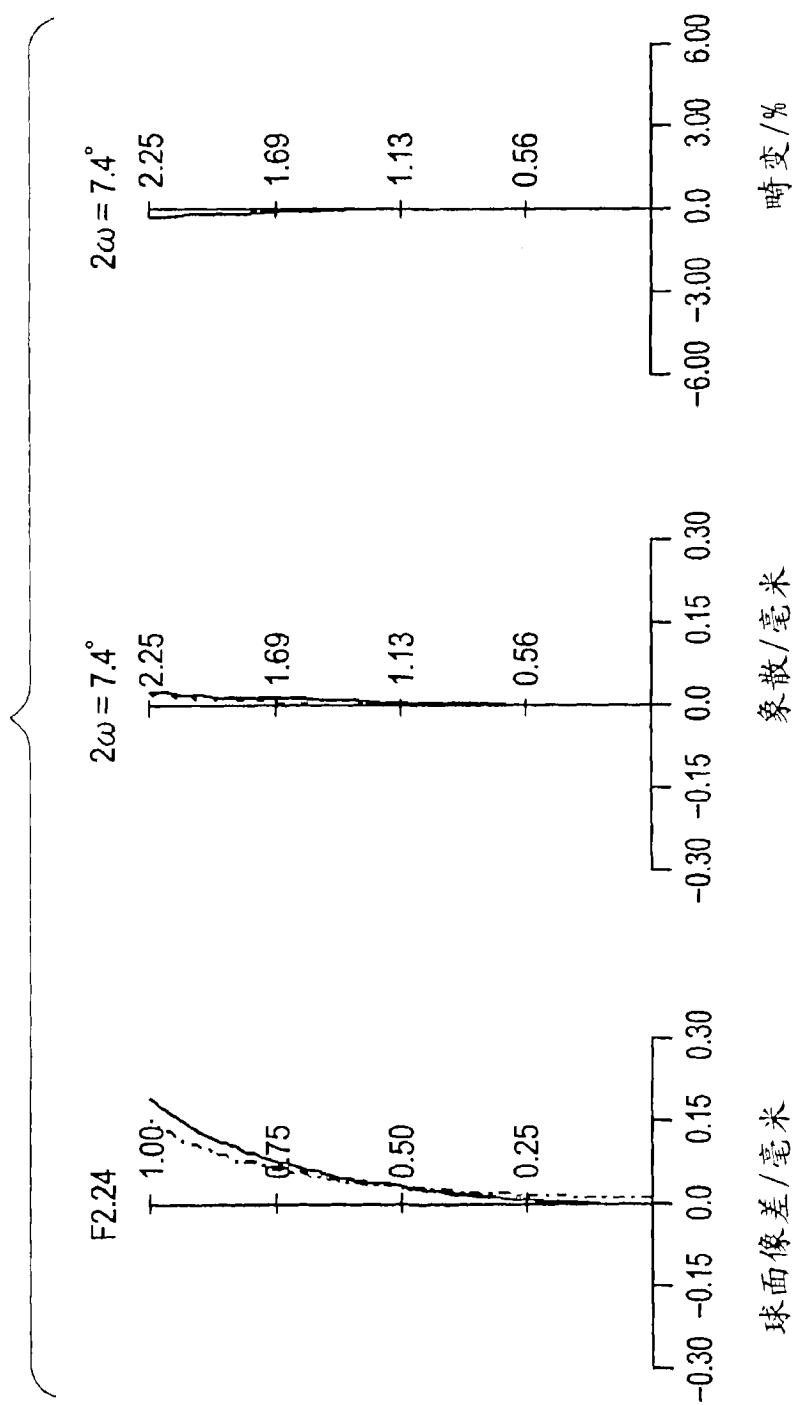


图 3

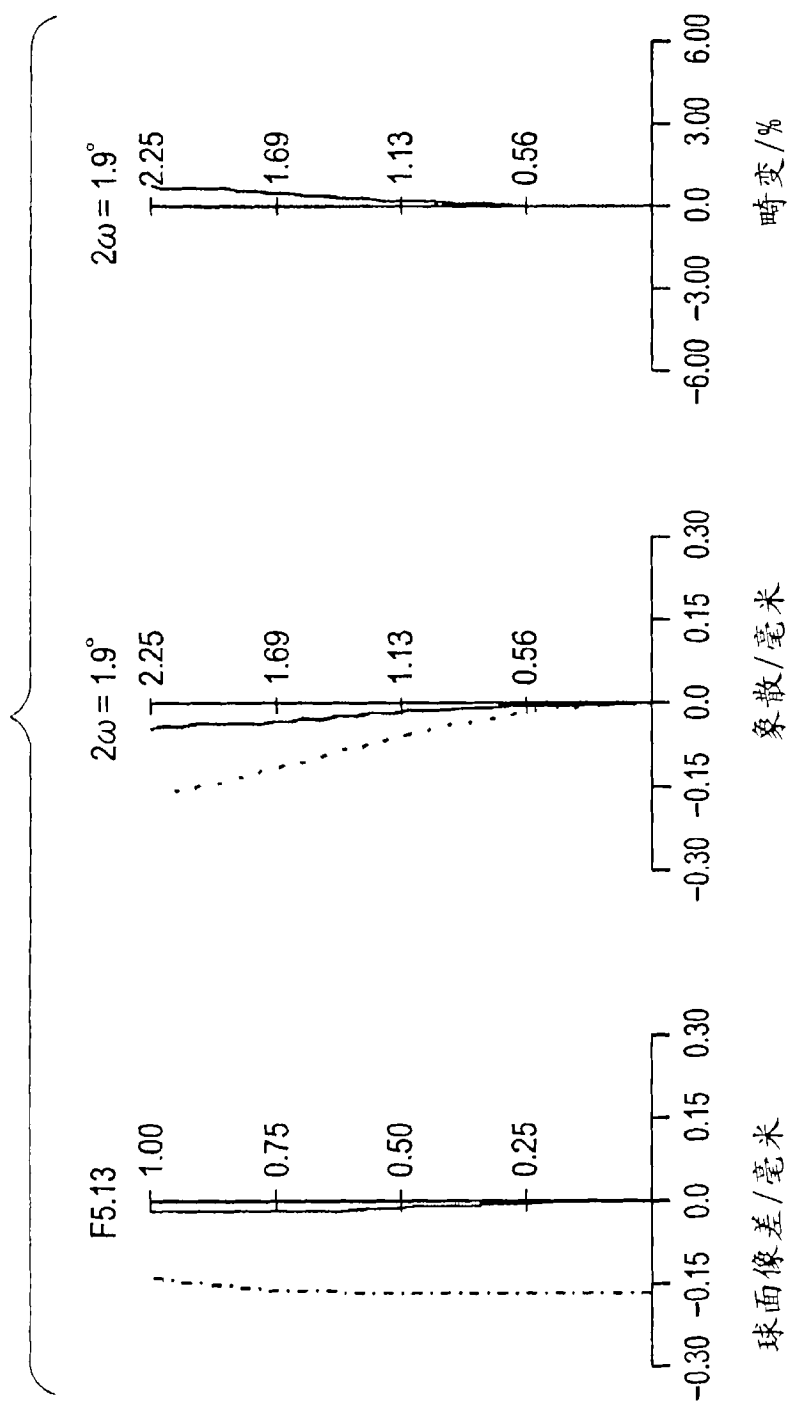


图 4

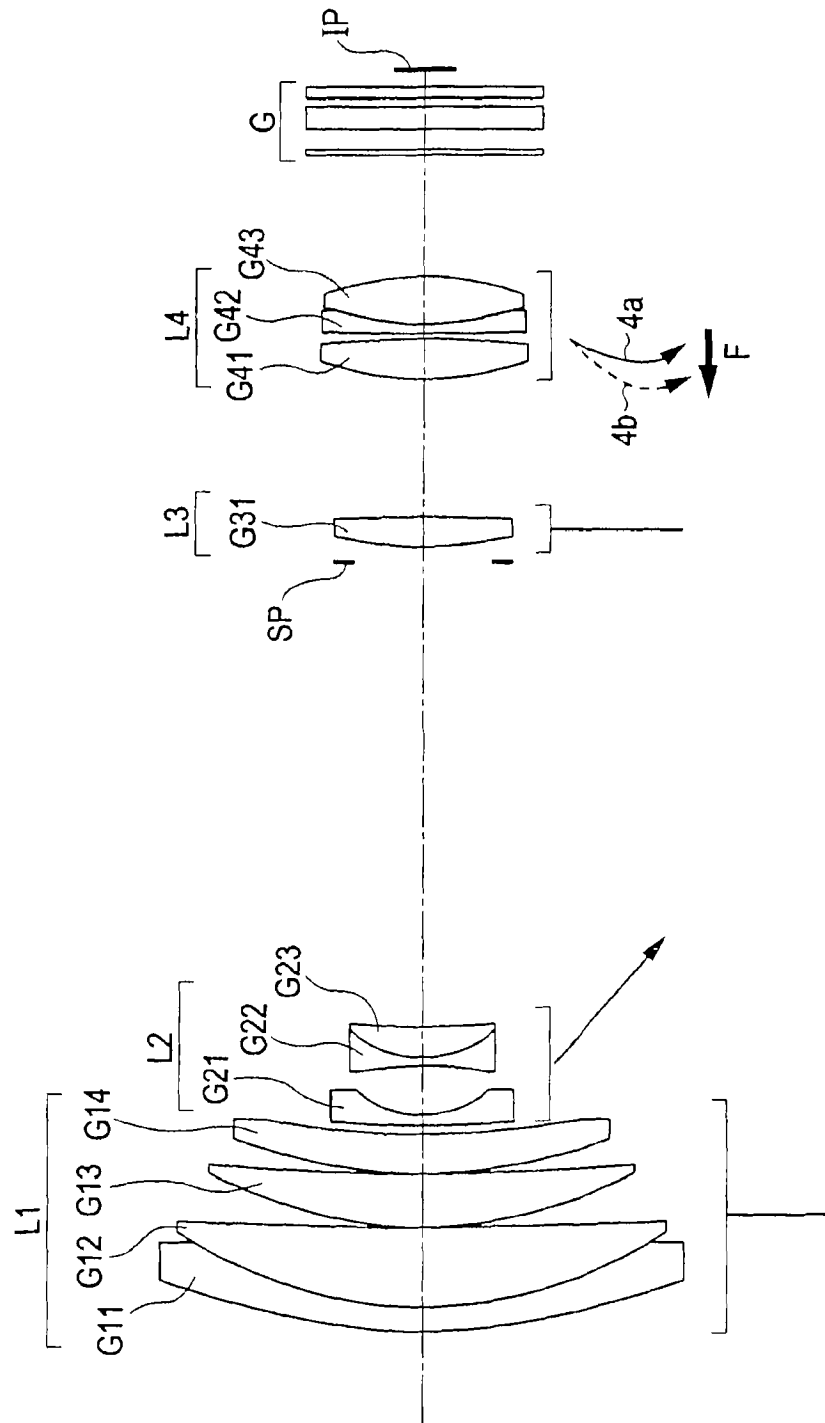


图 5

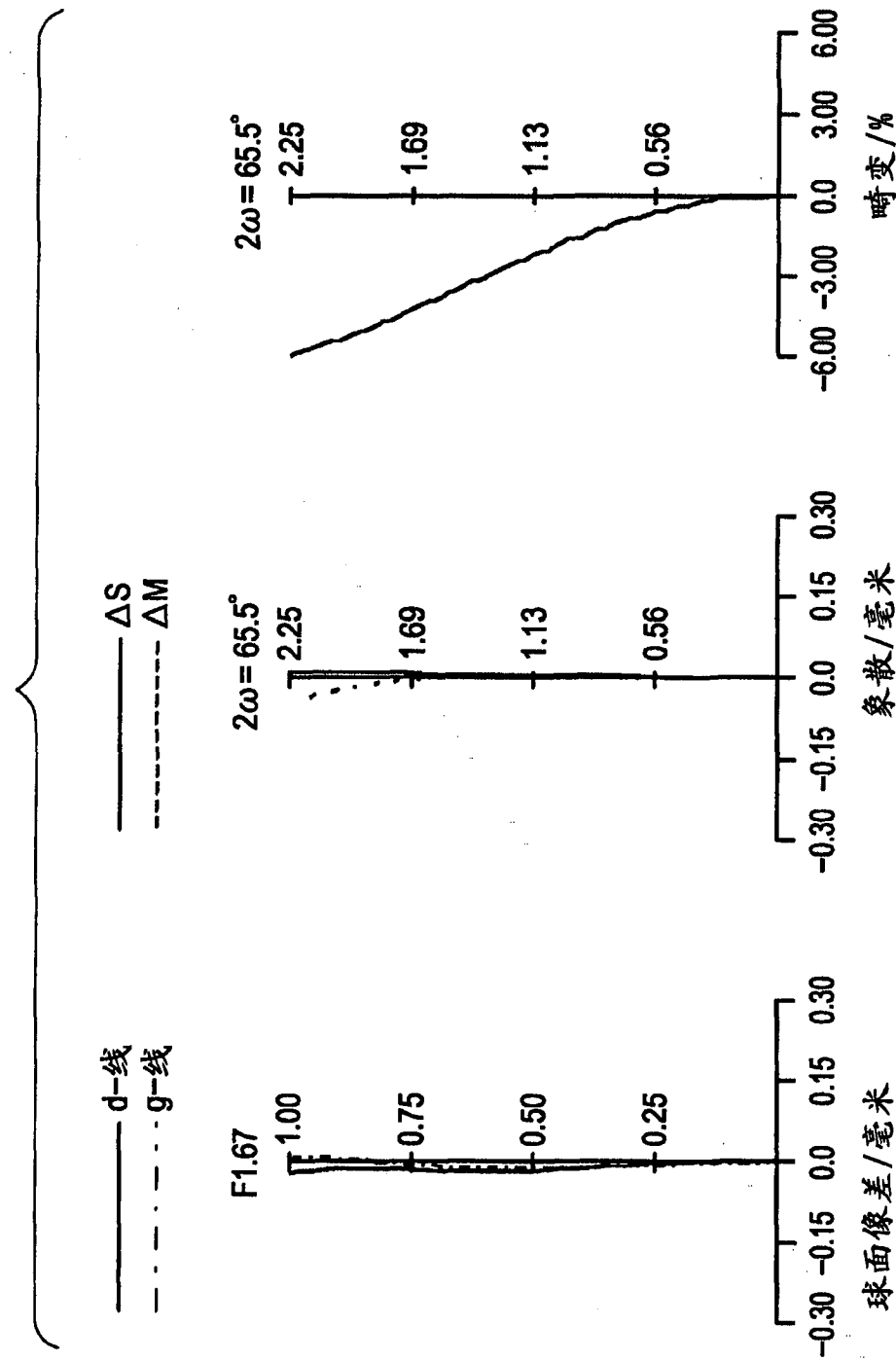


图 6

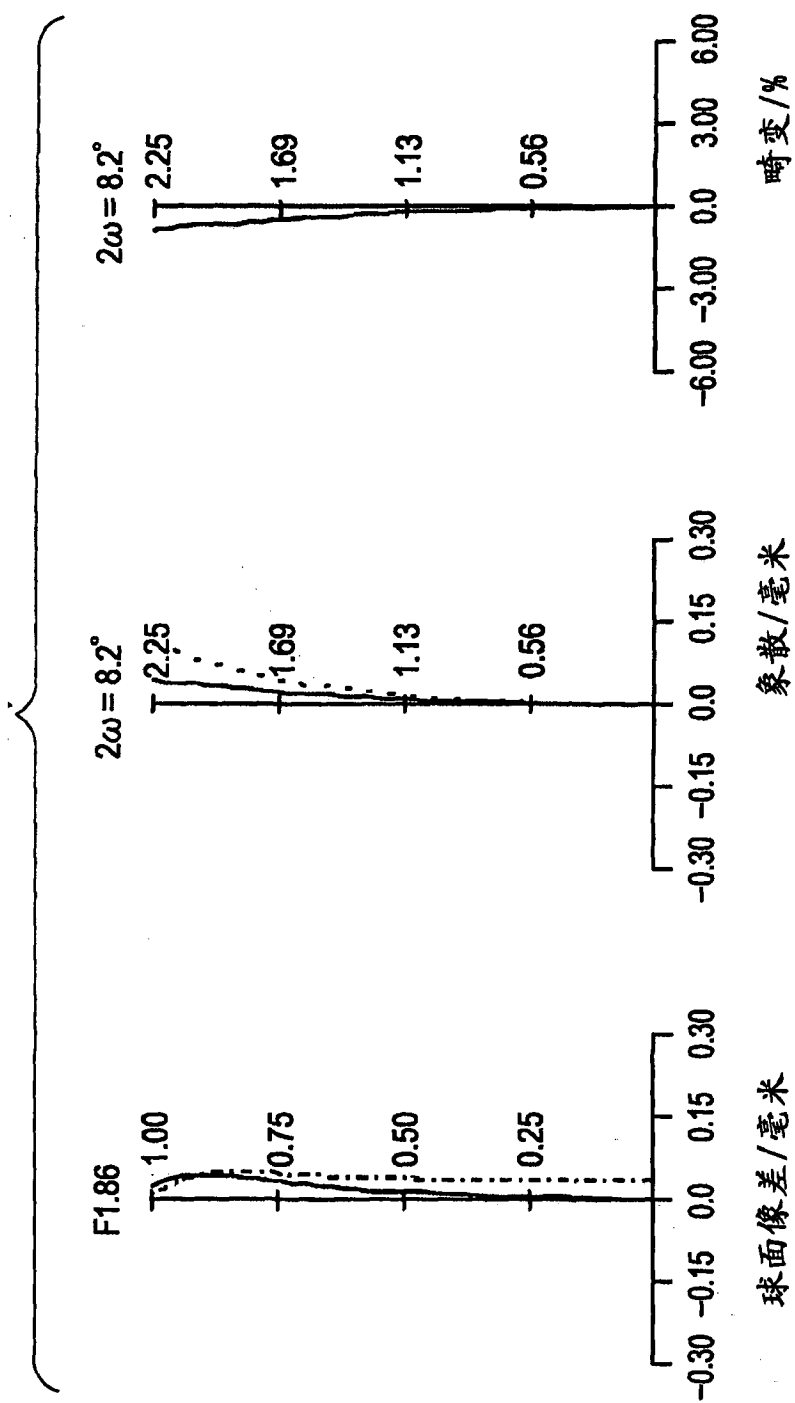


图 7

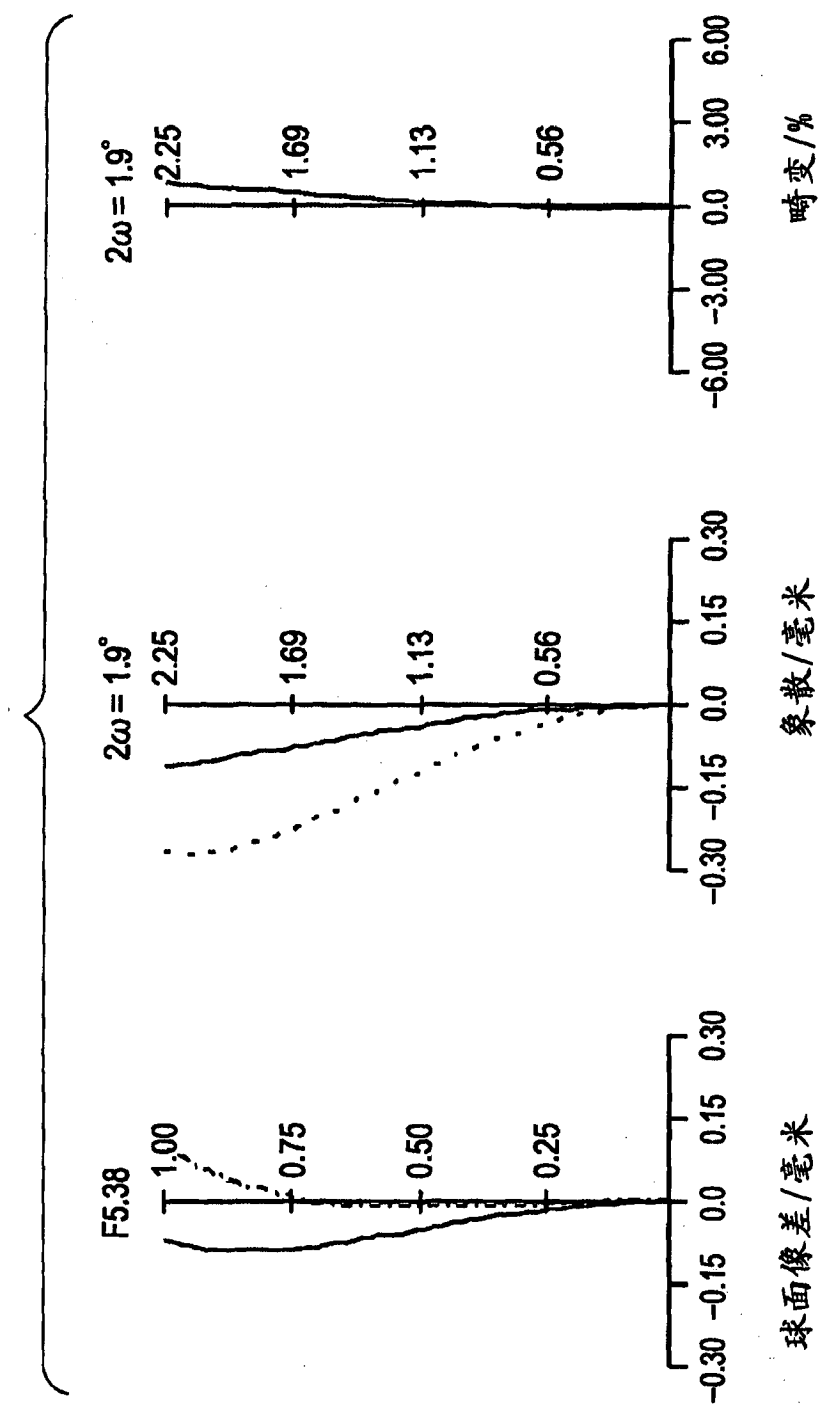


图 8

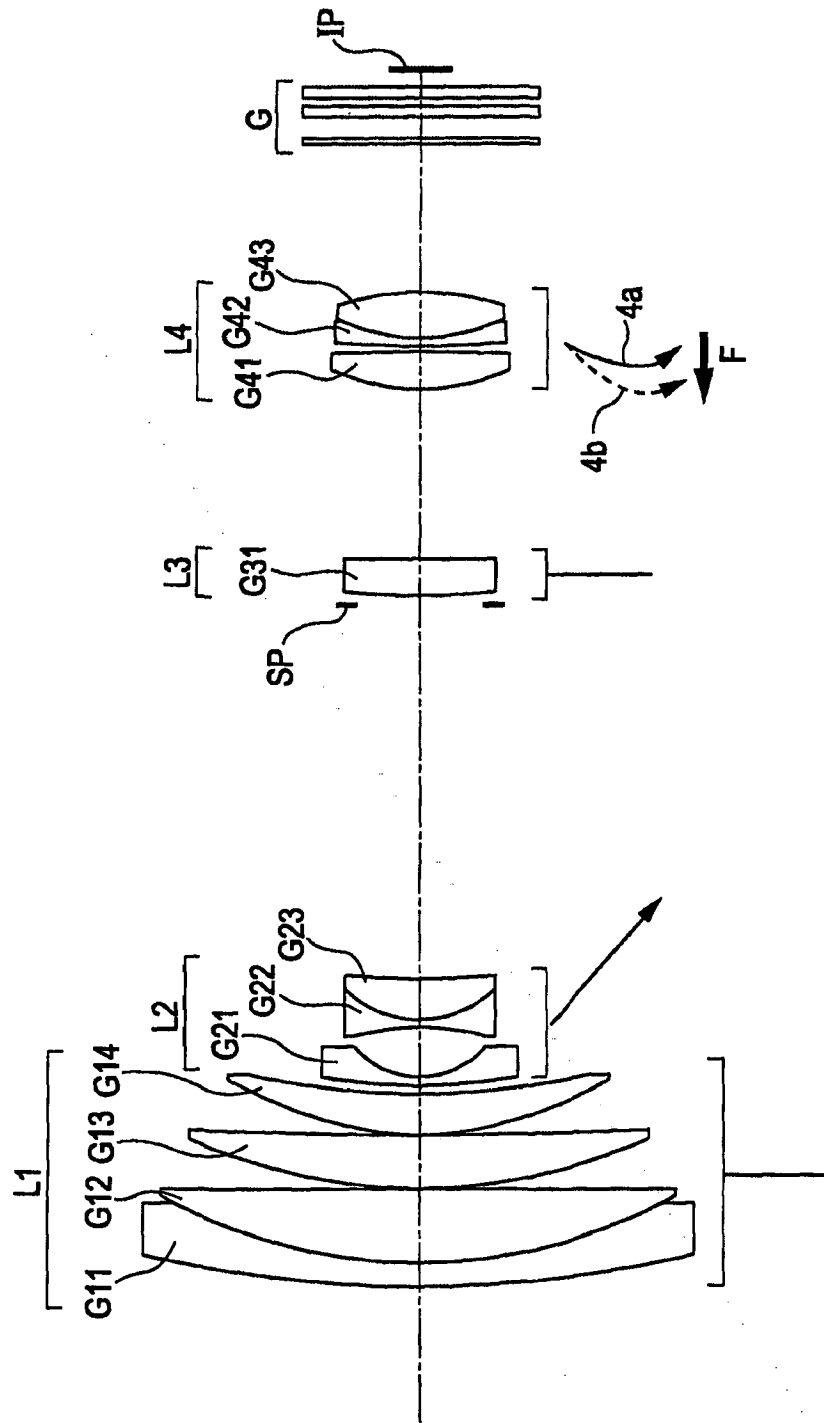


图 9

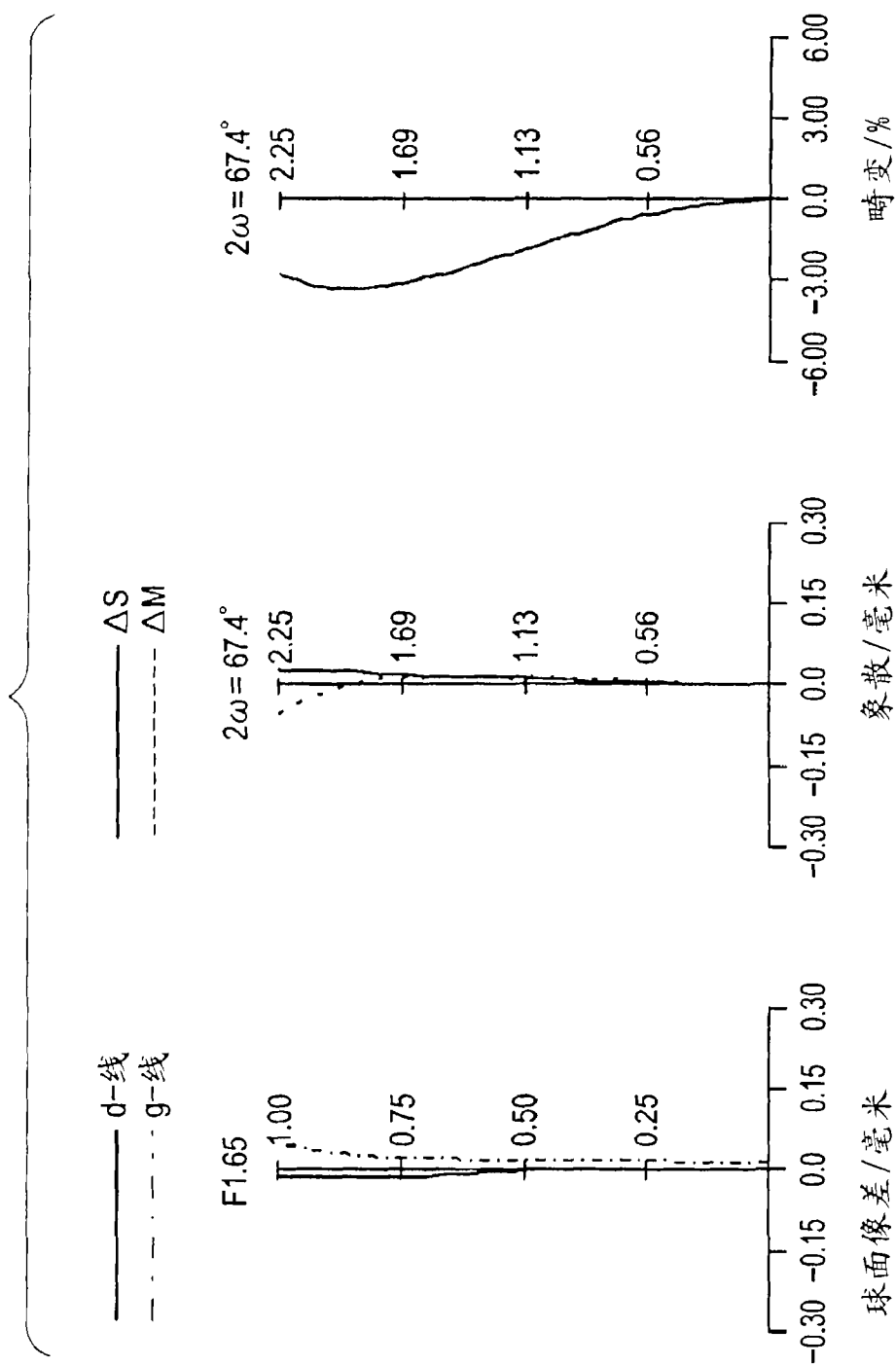


图 10

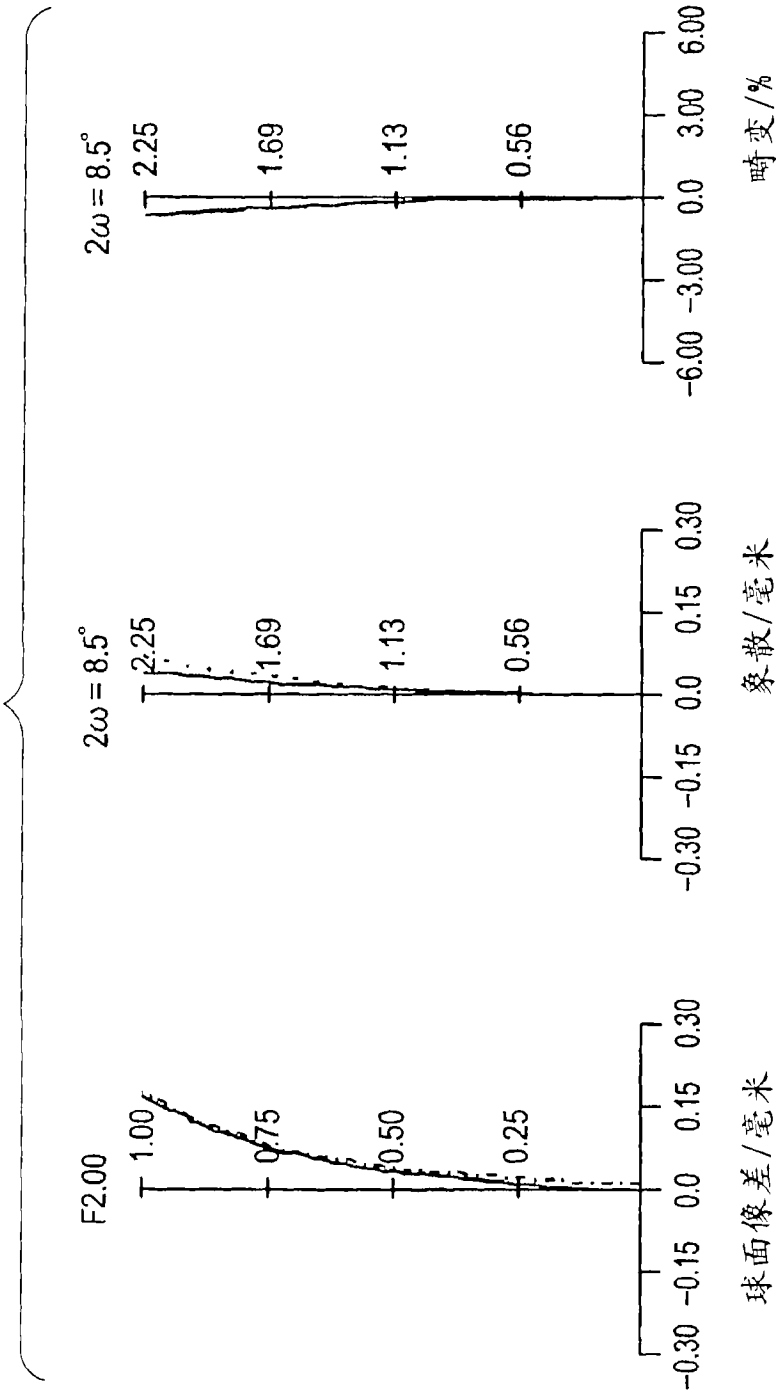


图 11

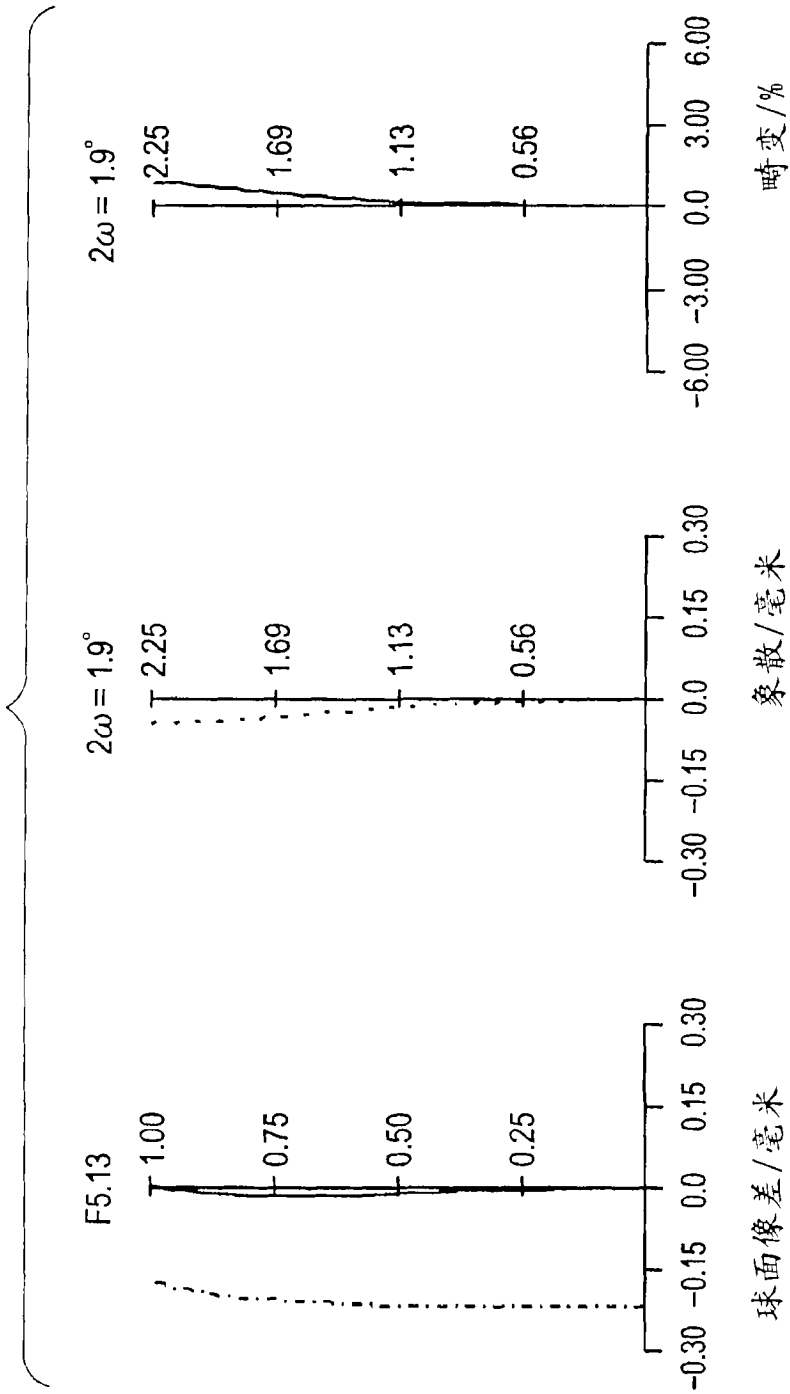


图 12

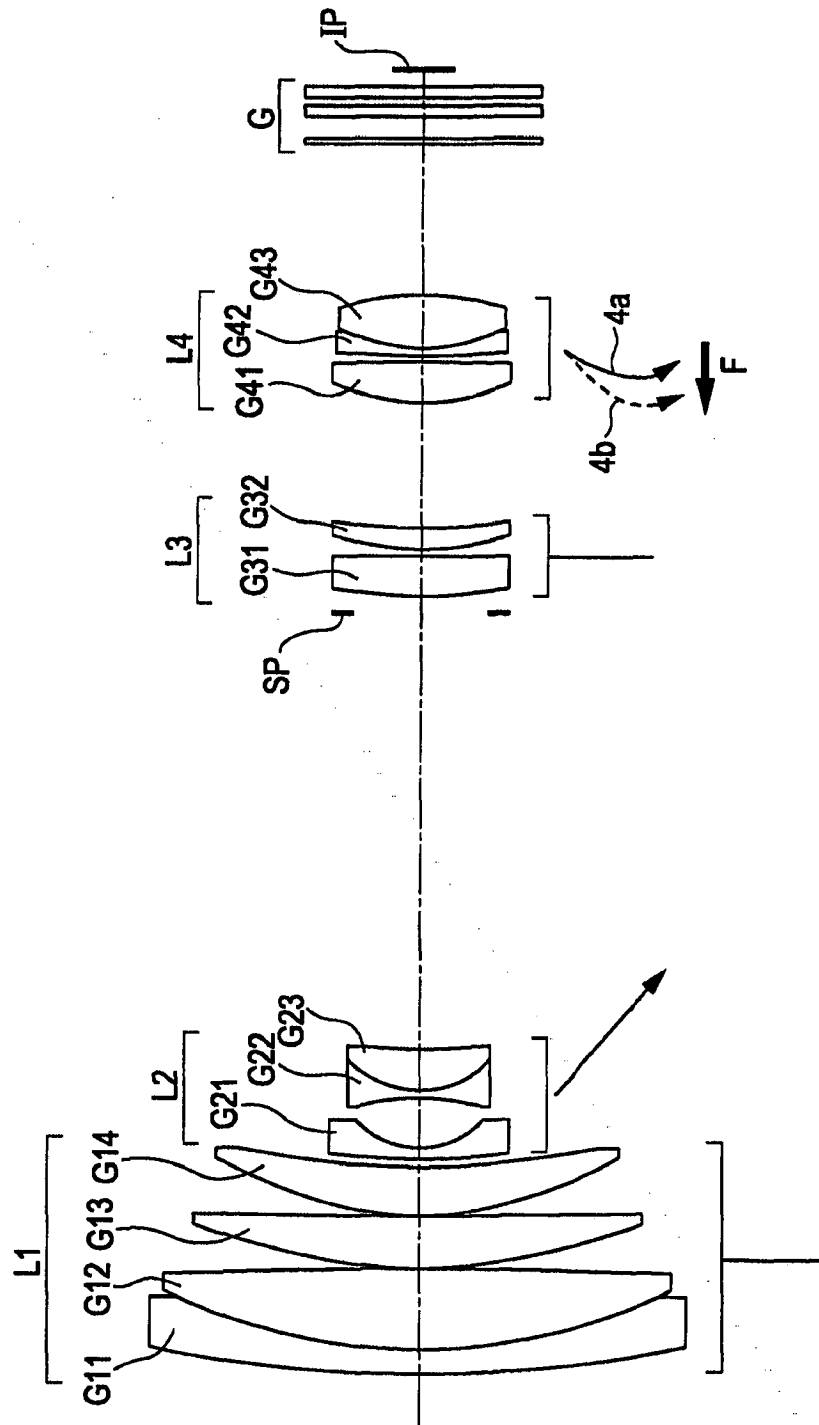


图 13

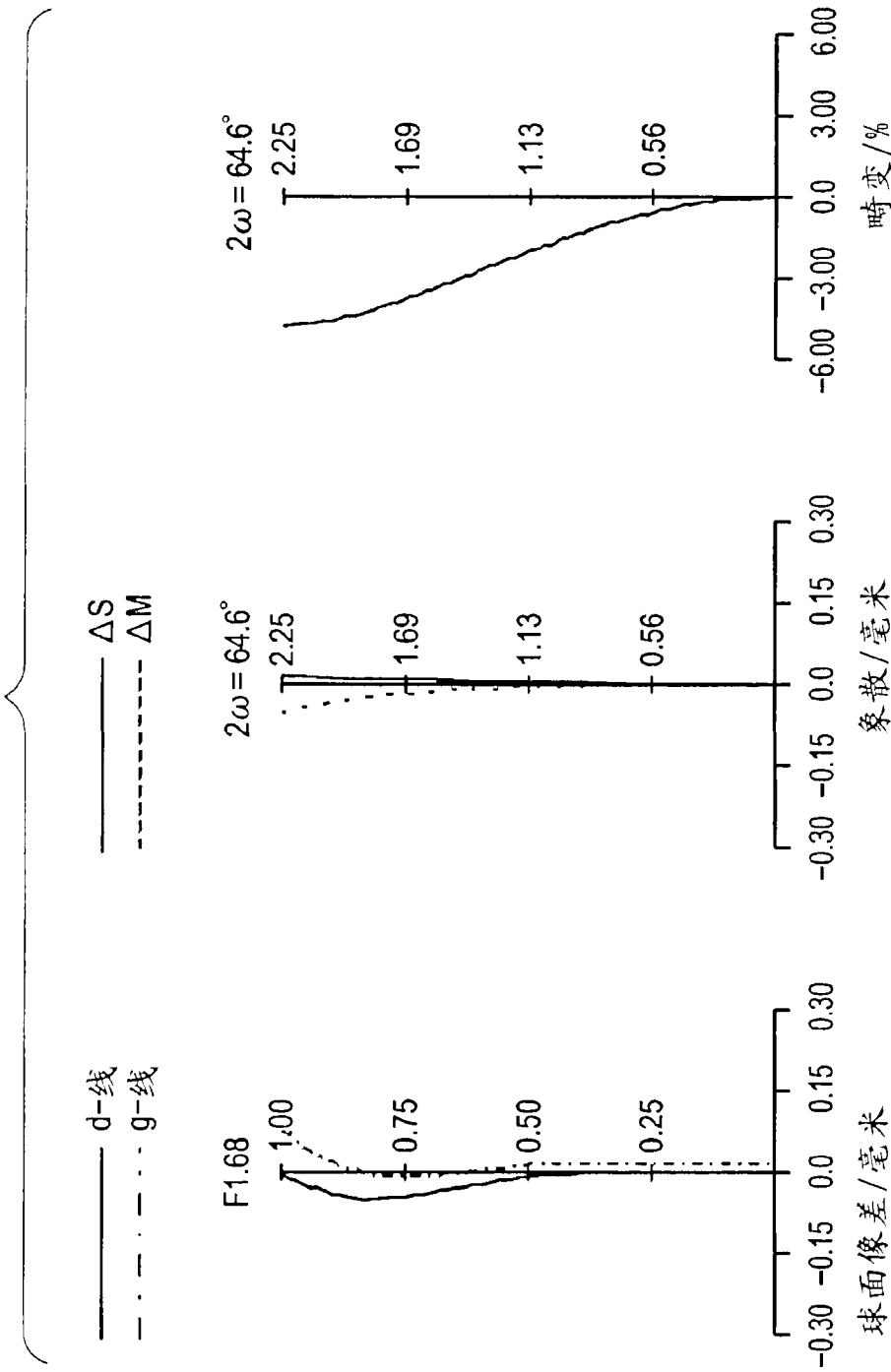


图 14

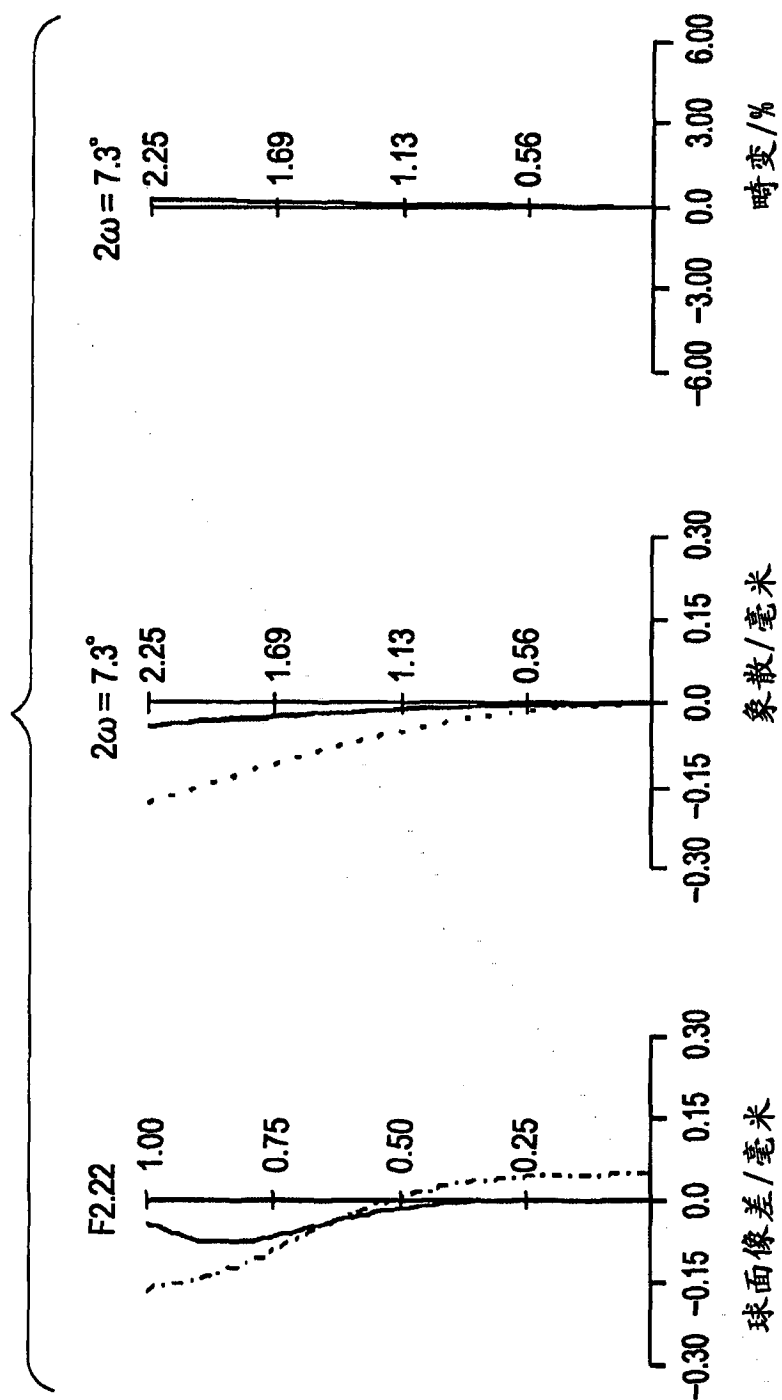


图 15

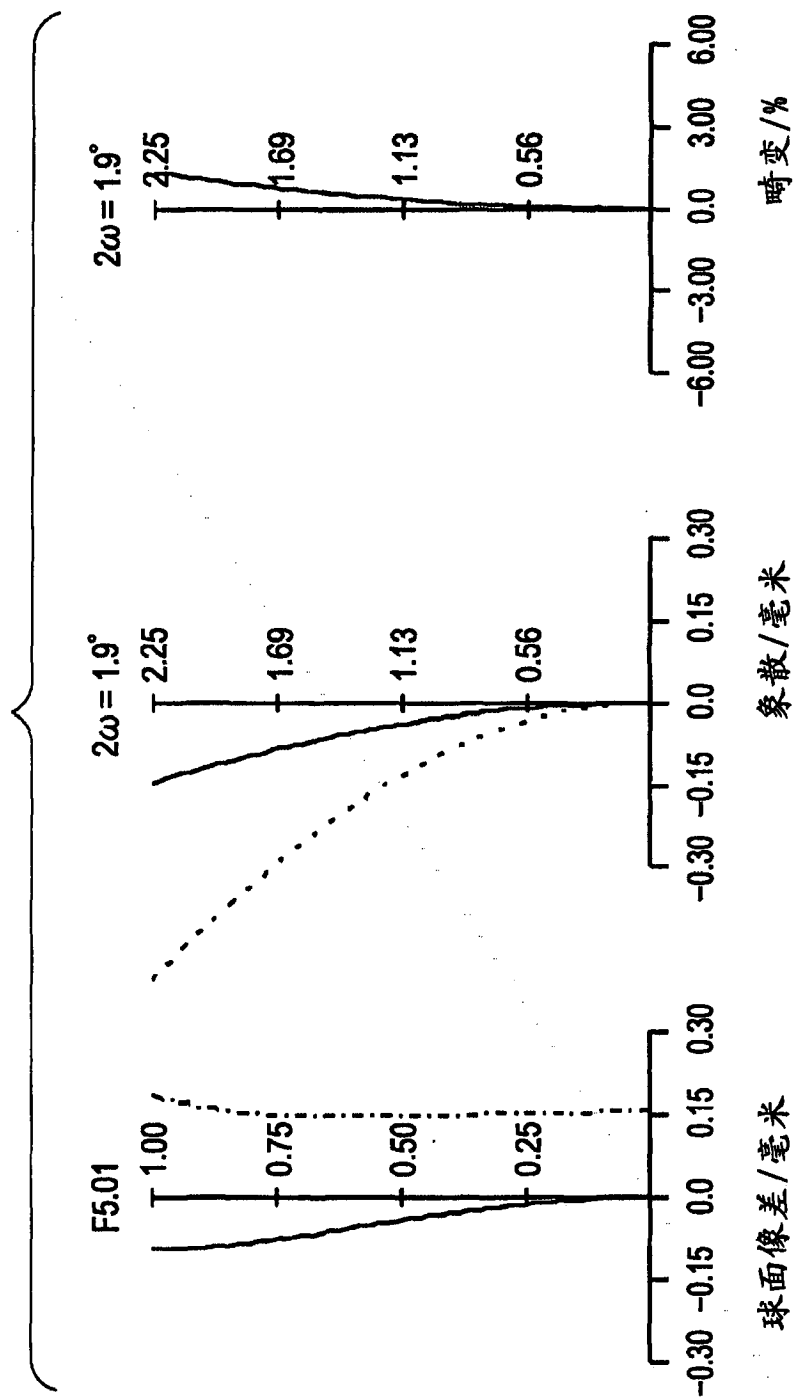


图 16

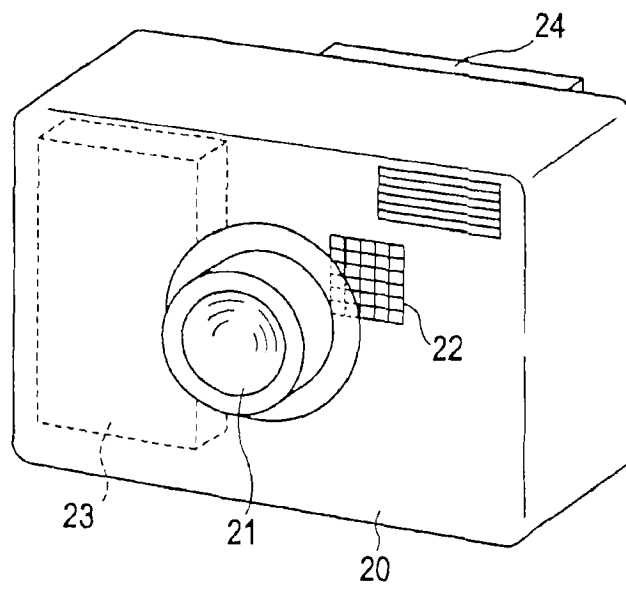


图 17

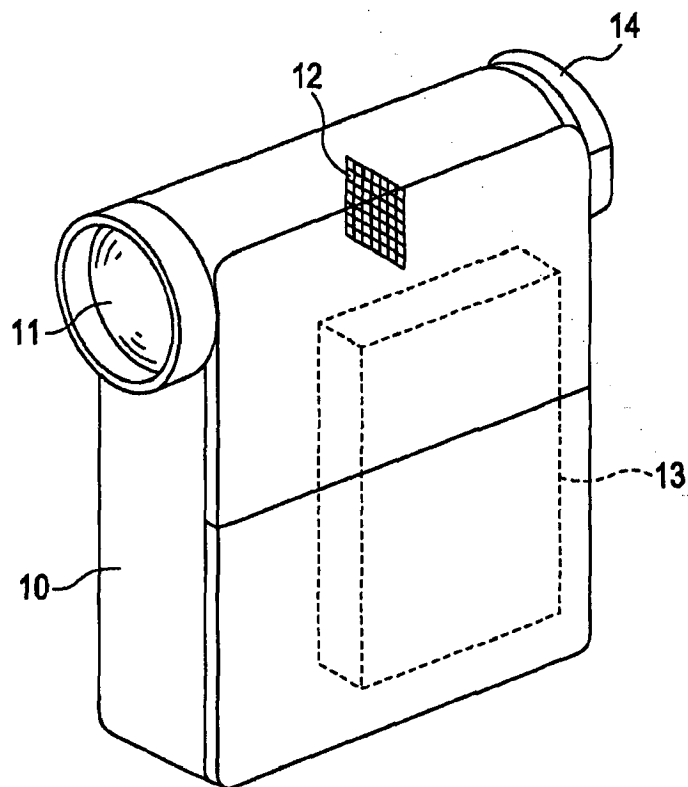


图 18