

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710152980.7

[51] Int. Cl.

G02B 15/16 (2006.01)

G02B 9/60 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)

H04N 5/225 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 6 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 100495106C

[22] 申请日 2007.9.29

[21] 申请号 200710152980.7

[30] 优先权

[32] 2006.9.29 [33] JP [31] 2006-267614

[73] 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 伊藤大介

[56] 参考文献

JP2004-102089A 2004.4.2

US6166864A 2000.12.26

JP2000-180724A 2000.6.30

US2004/0233302A1 2004.11.25

US5963378A 1999.10.5

审查员 冯永伟

[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

代理人 马浩

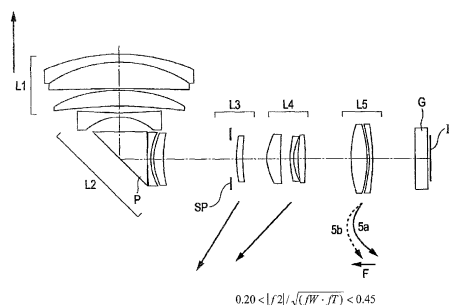
权利要求书 3 页 说明书 31 页 附图 26 页

[54] 发明名称

变焦透镜和包括它的摄像设备

[57] 摘要

一种变焦透镜按照从物到像侧的顺序包括：具有正折光力的第一光学单元；具有负折光力的第二光学单元，按照从物到像侧的顺序包括负透镜部件和棱镜，并且在变焦期间是静止的；包括孔径的第三光学单元；及具有正折光力的第四光学单元和第五光学单元。所述变焦透镜满足如下条件： $0.20 < |f_2|/\sqrt{(f_W \times f_T)} < 0.45$ ； $0.80 < |f_N/f_W| < 1.90$ ； $2.70 < L/f_W < 4.20$ 。其中 f_W 和 f_T 代表整个系统在广角端和远摄端处的焦距， f_2 代表第二光学单元的焦距， f_N 代表负透镜部件的焦距，棱镜的光轴方向长度是空气转换长度，及 L 代表在光轴上从最靠近物侧的第二光学单元透镜表面到在广角端处的孔径的距离。



1.一种变焦透镜，按照从物侧到像侧的顺序包括：

第一光学单元，具有正折光力；

第二光学单元，具有负折光力；

第三光学单元，包括孔径；

第四光学单元，具有正折光力；以及

第五光学单元，具有正折光力，

其中所述第二光学单元按照从物侧到像侧的顺序包括负透镜部件和棱镜，并且在变焦期间是静止的，

其中，当从广角端到远摄端进行变焦时，第一、第三及第四光学单元被移动，从而第一光学单元与第二光学单元之间的距离增大，第二光学单元与第三光学单元之间的距离减小，及第三光学单元与第四光学单元之间的距离减小，以及

其中满足如下条件：

$$0.20 < |f2| / \sqrt{(fW \cdot fT)} < 0.45$$

$$0.80 < |fN/fW| < 1.90$$

$$2.70 < L/fW < 4.20$$

其中 fW 和 fT 分别代表整个系统在广角端和远摄端处的焦距， $f2$ 代表第二光学单元的焦距， fN 代表负透镜部件的焦距，棱镜在光轴方向上的长度是空气转换长度，及 L 代表在光轴上从最靠近物侧的第二光学单元的透镜表面到在广角端处的孔径的距离。

2.根据权利要求1所述的变焦透镜，其中作为在变焦期间移动所述第五光学单元的结果，由变焦引起的像场的位移被减小。

3.根据权利要求1所述的变焦透镜，其中第二光学单元按从物侧到像侧的顺序包括所述负透镜部件、棱镜、负透镜及正透镜，并且满足如下条件：

$$1.80 < n21 < 1.95$$

其中 $n21$ 代表所述负透镜部件的材料的平均折射率值。

4.根据权利要求1所述的变焦透镜,其中满足如下条件:

$$1.10 < |D/f2| < 2.00$$

其中D代表所述棱镜在光轴上的厚度。

5.根据权利要求1所述的变焦透镜,其中所述负透镜部件包括至少一个非球形表面。

6.根据权利要求1所述的变焦透镜,其中满足如下条件:

$$0.90 < M1/M4 < 1.70$$

其中M1和M4分别代表对于从广角端到远摄端变焦所要求的第一光学单元和第四光学单元的移动量的绝对值。

7.根据权利要求1所述的变焦透镜,其中,满足如下条件:

$$0.20 < M3/M4 < 1.20$$

其中M3和M4分别代表对于从广角端到远摄端变焦所要求的第三光学单元和第四光学单元的移动量的绝对值。

8.根据权利要求1所述的变焦透镜,其中所述第四光学单元按从物侧到像侧的顺序包括,正的第41透镜,其物侧具有凸起形式,负的第42凹凸透镜,其物侧具有凸起表面,以及正的第43双凸透镜,并且满足如下条件:

$$0.15 < D41/R41 < 0.40$$

其中R41代表第41透镜的物侧表面的曲率半径,并且D41代表第41透镜的中心壁厚度。

9.根据权利要求8所述的变焦透镜,其中满足如下条件:

$$1.50 < R42a/R42b < 4.50$$

其中R42a代表第42透镜的物侧表面的曲率半径,并且R42b代表第42透镜的像侧表面的曲率半径。

10.根据权利要求1所述的变焦透镜,其中满足如下条件:

$$0.55 < \beta_{5T} < 0.85$$

其中 β_{5T} 代表当在聚焦期间第五光学单元被移动并且被聚焦在远摄端处无限远的物上时的横向放大率。

11.根据权利要求1所述的变焦透镜,其中满足如下条件:

$$0.35 < f_1/f_T < 0.85$$

其中 f_1 代表所述第一光学单元的焦距。

12.一种摄像设备，包括：

固态摄像元件；以及

根据权利要求 1 至 11 任一项的变焦透镜，它把图像聚焦在所述固态摄像元件上。

变焦透镜和包括它的摄像设备

技术领域

本发明涉及一种变焦透镜，该变焦透镜适于用于摄像设备，如摄像机、数字照相机、播放相机、或卤化银摄影照相机的成像透镜。

背景技术

重要的是，在使用固态摄像元件的摄像设备中使用的成像透镜是紧凑、高性能、大功率变焦透镜。作为移动除了物侧的第一单元之外的单元的结果进行聚焦的后聚焦型变焦透镜是满足这种要求的一种变焦透镜。

从物侧到像侧按该顺序包括四个单元（即第一至第四单元）的变焦透镜作为后聚焦型变焦透镜是已知的（参考美国专利 No. 5963378 和 No. 6166864）。第一单元具有正折光力。第二单元具有负折光力。第三单元具有正折光力。第四单元具有正折光力。在包括四个单元的变焦透镜中，第二单元被移动以改变放大率，并且作为放大率变化的结果，第四单元被移动以进行像场的聚焦和偏移。

从物侧到像侧按该顺序包括五个单元（即第一至第五单元）的变焦透镜是已知的（参考日本专利公开 No. 2000-180724）。第一单元具有正折光力。第二单元具有负折光力。第三单元具有正折光力。第四单元具有正折光力。第五单元具有正折光力。

在包括五个单元的变焦透镜中，第二单元被移动以改变放大率，并且第五单元被移动以进行聚焦。

提出了另一种类型的变焦透镜（参照美国专利 No.2004/0233302 和日本专利公开 No. 2004-102089）。在变焦透镜中，反射部件布置在变焦透镜的光学系统中，并且光轴被弯曲大体 90 度以限制在物侧方向（就是说，照相机的前后方向）上的光学厚度，由此实现薄的照相机。

美国专利 No.2004/0233302 公开了一种具有高放大率的薄变焦透镜，其中光路由在具有正折光力的第一单元中布置的棱镜所弯曲。

在美国专利 No.2004/0233302 中讨论的变焦透镜中，在变焦期间，第一单元是静止的，并且第二单元和以后单元被大量移动以实现高变焦比。因此，从棱镜到像场的距离增大。相应地，尽管这种结构对于减小光学系统的厚度是有利的，但整个照相机往往变大。

日本专利公开 No. 2004-102089 公开了一种变焦透镜，作为在具有负折光力的第二单元中布置棱镜以及光路由棱镜弯曲的结果，变焦透镜是紧凑的并且具有高放大率。

在日本专利公开 No. 2004-102089 中公开的变焦透镜中，考虑到例如前透镜的有效直径比较大和对于透镜制造施加限制的条件存在，整个光学系统往往较大。

发明内容

根据本发明的一个方面，一种变焦透镜按照从物侧到像侧的顺序包括具有正折光力的第一光学单元、具有负折光力的第二光学单元、包括孔径的第三光学单元、具有正折光力的第四光学单元、及具有正折光力的第五光学单元。第二光学单元按照从物侧到像侧的顺序包括负透镜部件和棱镜，并且在变焦期间是静止的。当从广角端到远摄端进行变焦时，第一、第三及第四光学单元被移动，从而第一光学单元与第二光学单元之间的距离增大，第二光学单元与第三光学单元之间的距离减小，及第三光学单元与第四光学单元之间的距离减小。变焦透镜满足如下条件：

$$0.20 < |f_2| / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 0.45$$

$$0.80 < |f_N / f_W| < 1.90$$

$$2.70 < L / f_W < 4.20$$

其中 f_W 和 f_T 分别代表整个系统在广角端和远摄端处的焦距， f_2 代表第二光学单元的焦距， f_N 代表负透镜部件的焦距，棱镜在光轴方向上的长度是空气转换长度，及 L 代表在光轴上从最靠近物侧的第二

光学单元的透镜表面到在广角端处的孔径的距离。

本发明的进一步特征由参照附图的典型实施例的如下描述将成为显然的。

附图说明

图 1 是在广角端处根据第一实施例的变焦透镜的截面图。

图 2 表明在根据第一实施例的变焦透镜的广角端处的各种像差。

图 3 表明在根据第一实施例的变焦透镜的中间部分处在变焦位置处的各种像差。

图 4 表明在根据第一实施例的变焦透镜的远摄端处的各种像差。

图 5 是在广角端处根据第二实施例的变焦透镜的截面图。

图 6 表明在根据第二实施例的变焦透镜的广角端处的各种像差。

图 7 表明在根据第二实施例的变焦透镜的中间部分处在变焦位置处的各种像差。

图 8 表明在根据第二实施例的变焦透镜的远摄端处的各种像差。

图 9 是在广角端处根据第三实施例的变焦透镜的截面图。

图 10 表明在根据第三实施例的变焦透镜的广角端处的各种像差。

图 11 表明在根据第三实施例的变焦透镜的中间部分处在变焦位置处的各种像差。

图 12 表明在根据第三实施例的变焦透镜的远摄端处的各种像差。

图 13 是在广角端处根据第四实施例的变焦透镜的截面图。

图 14 表明在根据第四实施例的变焦透镜的广角端处的各种像差。

图 15 表明在根据第四实施例的变焦透镜的中间部分处在变焦位置处的各种像差。

图 16 表明在根据第四实施例的变焦透镜的远摄端处的各种像差。

图 17 是在广角端处根据第五实施例的变焦透镜的截面图。

图 18 表明在根据第五实施例的变焦透镜的广角端处的各种像差。

图 19 表明在根据第五实施例的变焦透镜的中间部分处在变焦位置处的各种像差。

图 20 表明在根据第五实施例的变焦透镜的远摄端处的各种像差。

图 21 是在广角端处根据第六实施例的变焦透镜的截面图。

图 22 表明在根据第六实施例的变焦透镜的广角端处的各种像差。

图 23 表明在根据第六实施例的变焦透镜的中间部分处在变焦位置处的各种像差。

图 24 表明在根据第六实施例的变焦透镜的远摄端处的各种像差。

图 25 是根据本发明的摄像设备的主要部分的示意图。

图 26 是在广角端处根据本发明的变焦透镜的截面图，其中光路被弯曲。

具体实施方式

本发明的实施例提供多种变焦透镜以及包括这些变焦透镜任意之一的摄像设备。每种变焦透镜在光学系统中使用光路弯曲棱镜，其较小，及在高变焦比下和在整个变焦范围上提供高光学性能。参照附图将详细描述这样的变焦透镜和光学设备，如摄像设备。

典型实施例

下面将描述根据本发明的变焦透镜和包括其的摄像设备的典型实施例。

图 1 是当变焦透镜的光路被延伸时在广角端（短焦距端）处根据本发明第一实施例的变焦透镜的截面图。图 2、3、及 4 分别表明在根据第一实施例的变焦透镜的广角端、变焦位置（在变焦透镜的中间部分处）、及远摄端（长焦距端）处的像差。

图 5 是当变焦透镜的光路被延伸时在广角端处根据本发明第二实施例的变焦透镜的截面图。图 6、7、及 8 分别表明在根据第二实施例的变焦透镜的广角端、变焦位置（在变焦透镜的中间部分处）、及远摄端处的像差。

图 9 是当变焦透镜的光路被延伸时在广角端处根据本发明第三实施例的变焦透镜的截面图。图 10、11、及 12 分别表明在根据第三实施例的变焦透镜的广角端、变焦位置（在变焦透镜的中间部分处）、

及远摄端处的像差。

图 13 是当变焦透镜的光路被延伸时在广角端处根据本发明第四实施例的变焦透镜的截面图。图 14、15、及 16 分别表明在根据第四实施例的变焦透镜的广角端、变焦位置（在变焦透镜的中间部分处）、及远摄端处的像差。

图 17 是当变焦透镜的光路被延伸时在广角端处根据本发明第五实施例的变焦透镜的截面图。图 18、19、及 20 分别表明在根据第五实施例的变焦透镜的广角端、变焦位置（在变焦透镜的中间部分处）、及远摄端处的像差。

图 21 是当变焦透镜的光路被延伸时在广角端处根据本发明第六实施例的变焦透镜的截面图。图 22、23、及 24 分别表明在根据第六实施例的变焦透镜的广角端、变焦位置（在变焦透镜的中间部分处）、及远摄端处的像差。

图 25 是包括根据本发明的变焦透镜的数字照相机（摄像设备）的主要部分的示意图。

图 26 是当根据第一实施例的变焦透镜当它安装到照相机上时作为变焦透镜的光路弯曲结果的截面图。

每个实施例的变焦透镜是在摄像设备中使用的成像透镜系统。在其中光路被延伸的变焦透镜的每个截面图中，左侧与物侧（前侧）相对应，并且右侧与像侧（后侧）相对应。

当相应实施例的变焦透镜用作例如投影机的投影透镜时，在其中光路被延伸的变焦透镜的截面图中，屏幕提供在左边，并且投影图像提供在右边。

在变焦透镜的所述截面图的每一个中，L1 指示具有正折光力（光学折光力=焦距的倒数）的第一单元（第一光学单元），并且 L2 指示具有负折光力的第二单元（第二光学单元）。这里，将描述第一单元 1、第二单元 2、及第三至第五单元 3 至 5。一个或多个光学元件（透镜、孔径、折射元件、反射元件等等）可以包括在这些单元中。更明确地说，每个单元可以包括一个透镜或一个孔径。这里，术语“单元”

可以叫做光学单元。

在每个实施例中，第二单元 L2 包括：负透镜部件 L2n，包括至少一个透镜；以及棱镜 P。负透镜部件可以包括一个负透镜或多个负透镜。如果负透镜的总折光力是负的，则负透镜部件可以包括正透镜。

在相应图 1、13、19 和 17、及 21 中表示的第一实施例和第四至第六实施例的每一个中，第三透镜单元 L3 与包括孔径光阑 SP 并具有正折光力的第三单元相对应。更明确地说，每个第三透镜单元 L3 包括孔径光阑和一个正透镜。每个正透镜是具有凸起物侧的凹凸透镜（meniscus），但不需要一定是凹凸透镜。在图 5 中表示的第二实施例和在图 9 中表示的第三实施例的每一个中，第三单元 L3 只包括孔径光阑 SP。

因此，在图 5 中表示的第二实施例和在图 9 中表示的第三实施例的每一个中，第三透镜单元 L3 只包括孔径光阑 SP，并且不包括透镜。

这里，如以上描述的那样，如在第二和第三实施例中那样不包括透镜的单元也将叫做第三单元 L3。L4 指示具有正折光力的第四单元，并且 L5 指示具有正折光力的第五单元。

SP 指示孔径光阑。每个棱镜 P 是把光路弯曲 90 度的棱镜。在各个图 1、5、9、13、17、21、及 24 中表示的第一至第六实施例中的光路被表示在延伸状态下。附图标记 G 指示与光学滤波器、面板等等对应的光学块。IP 指示像场。当用作摄像机或数字照相机的摄影光学系统时，它与固态摄像元件（光电转换元件），如 CCD 传感器或 CMOS 传感器的摄像平面相对应。当用作卤化银胶片照相机的摄像光学系统时，它与胶片平面相对应。

在每个像差图中，附图标记 d 和 g 分别指示 d-线和 g-线，并且附图标记 ΔM 和 ΔS 分别指示子午（meridional）像面和弧矢（sagittal）像面。放大率的色差由 g-线代表。在下面实施例的每一个中，广角端和远摄端是当第一单元 L1 和第四单元 L4（它们是变焦单元）在沿机构的光轴方向上定位在其可移动范围的相应端部处时的变焦位置。

根据在图 5 中表示的第二实施例的变焦透镜和根据在图 9 中表示

的第三实施例的变焦透镜的每一个可以作为变焦透镜处理，该变焦透镜包括四个单元作为一整体。

当根据第一至第六实施例的变焦透镜的任一种用在摄像设备(照相机)中时，如图26中所示，作为由第二单元L2中布置的棱镜P弯曲光路的结果来布置每个单元。

相应地，在第二单元L2中布置的棱镜P处把所述光路弯曲90度减小了照相机在照相机前后方向上的厚度。

在实施例的每一个中，当从广角端到远摄端进行变焦时，每个单元和孔径光阑SP如由箭头指示的那样移动。

下面描述移动的细节。

在实施例的每一个中，当从广角端到远摄端进行变焦时，第一单元L1向物侧运动。第二单元L2静止。第三单元L3、第四单元L4、及第五单元L5向物侧运动。

在实施例的每一个中，使用后部聚焦方法，其中作为沿光轴移动第五单元L5的结果来进行聚焦。关于第五单元L5的实曲线5a和虚曲线5b是当聚焦在无限远处的物和附近的物时，用来校正由放大率变化生成的像场位移的运动轨迹。这里，术语“像场位移”是指在光轴方向上由放大率变化生成的像场位移。短语“校正像场位移”是指补偿(由放大率变化生成的)像场位移，就是说，通过移动第五单元减小像场位移量。

相应地，通过在每个实施例中使用第五单元L5以定义向物侧延伸的凸起形轨迹，在第四单元L4与第五单元L5之间的空气被有效地使用，从而从棱镜P到像场IP的整体透镜长度被有效地减小。在远摄端处，如由箭头指示的那样通过重复地向第五单元L5运动来进行从在无限远处的物到附近的物的聚焦。

在每个实施例中，由例如照相机运动生成的成像透镜的运动可通过移动第四单元L4或在第四单元L4中的一个/多个透镜而稳定，从而具有与光轴垂直的分量。

其次，将描述根据实施例每一个的透镜结构。

除非另有说明,在每种透镜结构中的元件将描述成从物侧到像侧布置。

第一单元 L1 从物侧包括负的(负折光力)第 11 透镜 11、正的(正折光力)第 12 透镜 12、及正的 第 13 透镜 13。第 11 透镜 11 是在物侧具有凸起表面的凹凸透镜。第 13 透镜 13 是在物侧具有凸起表面的凹凸透镜。

在图 1、5、9、13、及 17 中表示的第一至第五实施例的每一个中,第二单元 L2 从物侧包括负透镜部件 L2n、棱镜 P、负的第 22 透镜 22、及正的 第 23 透镜 23。负透镜部件 L2n 包括负的第 21 透镜 21。第 22 透镜 22 具有在像场侧比在物侧大的绝对折光力值。在第一至第五实施例的每一个中,负透镜部件 L2n 包括一个双凹透镜。在第六实施例中,负透镜部件 L2n 包括负透镜 21a,该负透镜 21a 是在物侧具有凸起表面的凹凸透镜。就是说,负透镜部件 L2n 包括一个或多个负透镜。

棱镜 P 可布置在第二单元 L2 中在负透镜部件 L2n 后面(像侧)。当棱镜 P 布置在最靠近物侧的第二单元 L2 的部分中时,包括第二单元 L2 中的大部分离轴光线的光束入射在棱镜 P 上。

由于棱镜 P 的厚度取决于光线入射在棱镜 P 上的高度,所以其中离轴光线的入射高度值较大的棱镜 P 变得较大。因此,照相机变得较厚和较大。类似地,当棱镜 P 布置在最靠近像侧的第二单元 L2 的部分中时,比棱镜 P 更靠近物侧的透镜数量变得较大。因此,照相机变得较厚和较大。

因此,其中从具有正折光力的第一单元 L1 会聚的光束由具有负折光力的第二单元 L2 散射的结构对于尺寸减小是有利的。当从具有正折光力的第一单元 L1 会聚的光束由具有负折光力的第二单元 L2 散射时,通过第二单元 L2 的光束以较大高度值入射在棱镜 P 上,并且以离光轴的缓角(gentle angle)传播。因此,棱镜 P 较小,并且可减小比棱镜 P 更靠近物侧的透镜的数量。因此,照相机可容易地减小尺寸。

当在棱镜 P 的像侧处的透镜结构包括负透镜和正透镜时,可减小

由变焦引起的色差的变化。作为结果，光学性能良好。比棱镜更靠近物侧定位的负表面的至少一个能够是非球形表面。

这使得适当地校正由变焦生成的像差的变化较容易。在变焦透镜中，随着离孔径光阑 SP 的距离增大，离轴光线穿过在广角端附近的透镜的周缘。

为了减小前透镜的直径，第二单元 L2 的负折光力需要增大。

由于上述原因，增大离轴光线入射在第二单元 L2 的每个透镜表面上的角度，由此增大像散。

为了克服这个问题，在每个实施例中，在第二单元 L2 中在负透镜部件 L2n 中远离孔径光阑 SP 的负的第 21 透镜（透镜 21a）的至少一个表面是非球形表面。这防止前透镜直径的增大，并且允许像差在靠近广角端的较大图像高度处被适当地校正。

在图 1、17 及 21 中分别表示的第一实施例、第五实施例、及第六实施例的每一个中，第三单元 L3 包括孔径光阑 SP 和正的第 31 透镜 31。正的第 31 透镜 31 可以是在物侧具有凸起形式的凹凸透镜。

在图 5 中表示的第二实施例和在图 9 中表示的第三实施例的每一个中，第三单元 L3 只包括孔径光阑 SP。

在图 13 中表示的第四实施例中，第三单元 L3 包括孔径光阑 SP 和负的第 31 透镜 31。负的第 31 透镜 31 可以是在物侧具有凸起形式的凹凸透镜。

这里，在其中孔径光阑 SP 和透镜构成一个单元的第一实施例和第四实施例至第六实施例的每一个中，第 31 透镜 31 的至少一个表面是非球形表面。当靠近孔径光阑 SP 的透镜表面是非球形表面时，像差的变化，特别是由变焦生成的球形像差和彗星像差，被适当地校正。

在每个实施例中，第四单元 L4 包括在物侧处具有凸起表面的正的第 41 透镜 41、在物侧处具有凸起表面的负的第 42 凹凸透镜 42、及具有双凸形式的正的第 43 透镜 43。当非球形表面提供在第四单元 L4 中时，它能够以可能的程度提供在物侧处的正的第 41 透镜 41 处，因为可有效地校正像差。

特别是，在广角端处，可适当地校正球形像差。非球形表面的形式当它提供在最靠近物侧的表面处时能是这样的，从而正折光力从透镜中心到透镜的周缘变得较弱。

在实施例的每一个中，为了减小整个透镜系统的尺寸，重要的是足够地减小在具有正折光力的第四单元 L4 处的光束的直径。

在根据每个实施例的变焦类型的变焦透镜中，来自第二单元 L2 的发散光会自然地入射在第四单元 L4 上。

因此，为了在使它变细之后发射入射光，使第四单元 L4 的正折光力被设置为繁重地较大。

为了克服这个问题，在第四单元 L4 中正的 41 透镜 41 的物侧表面形成为非球形表面。在这种情况下，即使折光力增加，像差也能保持较低。使像差保持在适当状态下，光束直径被减小并被发射。这进一步减小在第四单元 L4 与第五单元 L5 之间的距离，从而减小整个透镜系统的尺寸。

在每个实施例中，发散光入射在正的 41 透镜 41 的物侧非球形透镜表面上，并且在透镜表面处会聚。另外，41 透镜 41 的像侧透镜表面使会聚光入射在其上，从而像差被适当地校正。

在每个实施例中，第五单元 L5 包括正的 51 透镜 51 和负的第 52 透镜 52。这里，正的 51 透镜 51 能够是双凸透镜，并且负的第 52 透镜 52 能够是在像侧具有凸起表面的凹凸透镜。

这样，当进行聚焦时出现的色差变化在第五单元 L5 处被减小。

当如以上描述的那样形成每个单元时，在从广角端到远摄端变焦期间，每个单元被移动为使在第一单元与第二单元之间的距离增大，在第二单元与第三单元之间的距离减小，及在第三单元与第四单元之间的距离减小。这里，使包括把光路弯曲大体 90 度（就是说，角度大于或等于 80 度且小于或等于 100 度）的棱镜的第二单元静止，并且第一单元、第三单元、及第四单元可被移动，以校正第五单元处的像场位移（由变焦生成）。

在每个实施例中，满足如下条件的至少一个。这样，提供与每个

条件相对应的优点。

在广角端和在远摄端处整个系统的焦距分别是 f_w 和 f_T 。第一单元 L1 的焦距和第二单元 L2 的焦距分别是 f_1 和 f_2 。负透镜部件 L2n 的焦距是 f_N 。在光轴上从最靠近物侧的第二单元 L2 的透镜表面到在广角端处的孔径光阑 SP 的距离是 L 。这里，棱镜 P 在光轴方向上的长度是“空气转换长度”，后者是棱镜 P 在光轴方向上的长度转换成棱镜 P 在空气中的长度。更明确地说，它是棱镜 P 在光轴方向上的长度除以棱镜的折射率。

组成负透镜部件 (L2n) 的材料的折射率的平均值是 n_{21} 。

棱镜 P 在光轴上的厚度是 D 。

对于从广角端到远摄端变焦所要求的第一单元 L1、第三单元 L3、及第四单元 L4 的移动量的绝对值分别是 M_1 、 M_3 、及 M_4 。移动量是指在每个单元中在广角端中的位置与在远摄端中的位置之间的差（就是说，从在广角端中的位置到在远摄端中的位置的距离）。

第 41 透镜的物侧表面的曲率半径和中心壁厚度分别是 R_{41} 和 D_{41} 。

第 42 透镜的物侧表面的曲率半径和第 42 透镜的像侧表面的曲率半径分别是 R_{42a} 和 R_{42b} 。

当第五单元 L5 被移动并且在远摄端处聚焦在无限远处的物上时的横向放大率是 β_{5T} 。

这里，满足如下数值条件 (1) 至 (11) 的至少一个：

$$0.20 < |f_2| / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 0.45 \quad \dots (1)$$

$$0.80 < |f_N/f_w| < 1.90 \quad \dots (2)$$

$$2.70 < L/f_w < 4.20 \quad \dots (3)$$

$$1.80 < n_{21} < 1.95 \quad \dots (4)$$

$$1.10 < |D/f_2| < 2.00 \quad \dots (5)$$

$$0.90 < M_1/M_4 < 1.70 \quad \dots (6)$$

$$0.20 < M_3/M_4 < 1.20 \quad \dots (7)$$

$$0.15 < D_{41}/R_{41} < 0.40 \quad \dots (8)$$

$$1.50 < R42a/R42b < 4.50 \quad \dots (9)$$

$$0.55 < \beta 5T < 0.85 \quad \dots (10)$$

$$0.35 < f1/fT < 0.85 \quad \dots (11)$$

其次，将描述上述条件每一个的技术意义。

条件（1）是用来得到具有高变焦比的小变焦透镜。

当超过条件（1）的上限时，第二单元 L2 的焦距变得较长。这对于适当地保持光学性能是有利的。

然而，在这种情况下，为了得到预定的变焦比，第一单元 L1 和第四单元 L4 被移动较大的量，由此增加整个透镜长度和前透镜的直径。这是不希望的。

当 $|f2|/\sqrt{fW \cdot fT}$ 通过条件（1）的下限时，第二单元 L2 的焦距变得较短。这对于减小整个透镜系统的尺寸是有利的。然而，Petzval 和（Petzval sum）在负方向上增大，使场曲率扩大。因此，难以保持良好的光学性能。

条件（2）是用来得到具有良好光学性能的小变焦透镜。

当超过条件（2）的上限时，第二单元 L2 的负透镜部件 L2n 的焦距 fN 增大。这对于其图像高度值在广角端附近较大的位置处便于进行像散的校正是有利的。

然而，与减小负透镜部件 L2n 的折光力的数量相对应，距离其中离轴光线所通过的光轴布置的、并且确定第一单元 L1 的有效直径的所述位置变高。因此，前透镜的直径增大，由此增大照相机的厚度。因此，难以减小照相机的尺寸。

当 $|fN/fW|$ 通过条件（2）的下限时，第二单元 L2 的负透镜部件 L2n 的焦距 fN 缩短。这对于尺寸减小是有利的。然而，像散增大，由此降低光学性能，这是不希望的。

条件（3）是用来减小变焦透镜的尺寸。具体地说，它是在广角端处限制离轴光线的扩展、确定前透镜的直径的条件。当超过条件（3）的上限时，从第二单元 L2 的物侧表面到孔径光阑 SP 的距离增大。因此，前透镜的直径增大，由此使得难以减小变焦透镜的尺寸。

这里, 在从第二单元 L2 的物侧透镜表面到孔径光阑 SP 的距离内, 棱镜 P 在光轴上的距离转换成在空气中的距离。当棱镜 P 在光轴上的距离是 8.8 mm, 并且棱镜 P 的材料的折射率是 2.0 时, 空气转换长度是 $8.8 \div 2.0 = 4.4$ mm。

为了在孔径光阑 SP 远离第二单元 L2 的同时减小前透镜的直径, 第二单元 L2 的负透镜部件 L2n 的材料的折射率需要被增大。然而, 如果负透镜部件 L2n 的折射率增大, 则不再能提供良好的光学性能, 这是不希望的。

当 L/fW 通过条件 (3) 的下限时, 减小从第二单元 L2 的物侧透镜表面到孔径光阑 SP 的距离, 由此减小前透镜的有效直径。因此, 这对于减小变焦透镜的尺寸是有利的。

然而, 增大在孔径光阑 SP 与第四单元 L4 之间的距离。当增大在孔径光阑 SP 与第四单元 L4 之间的距离时, 增大轴向光线入射在第四单元 L4 上的高度, 由此增大第四单元 L4 的有效直径。

当增大来自光轴的轴向光线入射在第四单元 L4 上高度时, 增大了球形像差和彗星像差。另外, 由于增大第四单元 L4 的有效直径, 所以增大透镜厚度以满足透镜制造条件。这对于减小变焦透镜的尺寸是不利的, 并且是不希望的。

条件 (4) 与第二单元 L2 的负透镜部件 L2n 的材料的折射率有关。当超过条件 (4) 的上限时, 增大负透镜部件 L2n 的材料的折射率。这对于校正场的曲率是有利的。然而, 可用材料实际上受到限制, 这是不希望的。当 n_{21} 通过条件 (4) 的下限时, 减小负透镜部件 L2n 的材料的折射率, 由此增大在负方向上的 Petzval 和。这放大了所述像场。

而且, 与折射率的减小相对应, 减小透镜表面的曲率, 由此要求额外的空气空间。这对于减小变焦透镜的尺寸是不希望的。

条件 (5) 与棱镜 P 在光轴上的厚度有关, 其用来把光路弯曲 90 度。

当超过条件 (5) 的上限时, 增大棱镜 P 在光轴上的厚度, 由此

增大照相机的厚度。这对于减小变焦透镜的尺寸是不利的，并因而是希望的。当 $|D/f_2|$ 通过条件(5)的下限时，减小棱镜P在光轴上的厚度。因此，为了使光线穿过棱镜，第二单元L2的负透镜部件L2n的折射率需要增大。

结果，当增大负透镜部件L2n的折射率时，增大了像散，由此阻止实现良好的光学性能。

条件(6)与在变焦期间第一单元L1和第四单元L4的移动量有关。当超过条件(6)的上限时，增大第一单元L1的移动量，由此增大在远摄端处的整个透镜长度。

当 M_1/M_4 通过条件(6)的下限时，减小第一单元L1的移动量，由此增大第一单元L1的折光力。因此，增大放大率的色差，由此阻止实现良好的光学性能。

条件(7)与第三单元L3和第四单元L4的移动量有关。当超过条件(7)的上限时，增大第三单元L3的移动量，由此增大前透镜的直径。这对于尺寸减小是不利的，并因而是希望的。相反，当 M_3/M_4 通过条件(7)的下限时，减小第三单元L3的移动量，由此减小前透镜的有效直径。因此，这对于尺寸减小是有利的。然而，增大了在孔径光阑SP与第四单元L4之间的距离，由此增大球形像差和彗星像差。这使得难以提供良好的光学性能。

条件(8)与第41透镜的中心壁厚有关。

当超过条件(8)的上限时，增大第41透镜41的中心壁厚，由此增大第41透镜41的体积。因此，增大第41透镜41的重量，这是希望的。

当进行模压时，增大模压通道的长度。这对于制造变焦透镜和减小第四单元L4的尺寸是不利的。

当 D_{41}/R_{41} 通过条件(8)的下限时，减小第41透镜41的中心壁厚，由此减小离轴光线当它在像侧透镜表面处折射时离开光轴的高度。因此，离轴彗星像差的校正不足。

具体地说，当第41透镜41的像侧透镜表面是非球形表面时，在

曲率变化由于非球形形式而较大的透镜周缘区域处，减小了校正离轴彗星像差的效果。这是不希望的。

条件(9)与第42透镜42的透镜形式有关。

当超过条件(9)的上限时，透镜形式被改变。这使第四单元L4的后侧主点太靠近物侧，由此减小在第四单元L4与第五单元L5之间的距离。结果，变得难以提供第四单元L4的足够移动空间，该第四单元L4为变焦和聚焦操作而移动。

当R42a/R42b通过条件(9)的下限时，透镜形式被改变。这把第四单元L4的后侧主点向物移动，由此减小尺寸减小的效果，并且增大整个透镜长度。

条件(10)作为减小由聚焦生成的像差变化的结果，用来减小整个光学系统的尺寸。当超过条件(10)的上限时，增大第五单元L5的横向放大率，由此减小第一单元L5对于聚焦的敏感性。

因此，增大当聚焦附近的物时第五单元L5的向前移动量。这阻止减小在第四单元L4与第五单元L5之间的距离，由此使得难以实现尺寸减小。

当在聚焦时增大第五单元L5的移动量时，增大由聚焦生成的像差变化。这是不希望的。相反，当 β_{5T} 通过条件(10)的下限时，横向放大率被减小，由此增大后焦点并且增大整个透镜长度。这是不希望的。

条件(11)与第一单元L1的焦距有关。

当超过条件(11)的上限时，第一单元L1的焦距被增大，由此增大整个透镜系统的焦距。这使得难以提供预定焦距范围(变焦范围)，并因而是希望的。相反，当 f_1/f_T 通过条件(11)的下限时，第一单元L1的焦距被减小，由此繁重地增大第一单元L1的折光力。尤其是，放大率的球形像差和色差在远摄端处被增大。因此，这种情形是不希望的。

在实施例的每一个中，上述相应条件的数值范围可按如下设置：

$$0.24 < |f_2|/\sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 0.42 \quad \dots\dots (1a)$$

$$1.05 < |f_N/f_W| < 1.65 \quad \dots (2a)$$

$$2.90 < L/f_W < 4.10 \quad \dots (3a)$$

$$1.83 < n_{21} < 1.90 \quad \dots (4a)$$

$$1.20 < |D/f_2| < 1.90 \quad \dots (5a)$$

$$1.10 < M_1/M_4 < 1.50 \quad \dots (6a)$$

$$0.35 < M_3/M_4 < 0.90 \quad \dots (7a)$$

$$0.20 < D_{41}/R_{41} < 0.32 \quad \dots (8a)$$

$$1.90 < R_{42a}/R_{42b} < 4.00 \quad \dots (9a)$$

$$0.60 < \beta_{5T} < 0.75 \quad \dots (10a)$$

$$0.44 < f_1/f_T < 0.72 \quad \dots (11a)$$

根据申请发明的变焦透镜不必满足条件(1)至(11)和(1a)至(11a)的全部。只需要满足条件的至少一个。具体地说,满足条件(1)至(3)的至少一个(或者,如有可能,满足全部)。

在实施例的每一个中,具有较小折光力的单元可以添加到第一单元L1的物侧或第五单元L5的像侧。例如,远转换器透镜或宽转换器透镜可以布置在物侧或像侧处。

相应地,根据每个实施例,提供一种包括透镜系统并且提供高光学性能而与高变焦比无关的变焦透镜,该透镜系统的整体尺寸较小。

另外,提供一种变焦透镜,该变焦透镜使用后焦点系统,并且在从9X至12X的高变焦比处和在从广角端到远摄端的整体变焦区域内提供良好的光学性能。

使第二单元L2静止以用于变焦,并且光路被弯曲,从而可减小照相机的尺寸。与从9X至12X的高变焦比无关,提供一种变焦透镜,该变焦透镜在整个变焦范围上提供高光学性能。

其次,将给出实施例的数值例子。在每个数值例子中,i代表距离物侧表面的顺序,R_i代表第i(i)表面的曲率半径,D_i代表在i表面与i+1表面之间的距离,及N_i和v_i分别代表折射率和关于d-线的Abbe数。另外,在每个数值例子中,最靠近像侧的两个表面是与光学

块 G 相对应的平面表面。k、B、C、D、E、及 F 代表非球形系数。当在具有距离光轴的高度 h 的位置处、在光轴的方向上的位移相对于表面顶点是 x 时，非球形形状按如下定义：

$$x=(h^2/R)/\{1+[1-(1+k)(h/R)^2]^{1/2}\}+Bh^4+Ch^6+Dh^8+Eh^{10}+Fh^{12}$$

其中 R 代表近轴曲率半径。而且，例如，“e-Z”指“ 10^{-Z} ”。f 代表焦距，Fno 代表 F 数，及 ω 代表半视角。在上述条件的每一个与数值例子的每一个之间的关系如表 1 中指示的那样。

数值例 1

$$f= 5.96 - 56.31 \quad Fno= 2.88 - 4.33 \quad \omega=30.9^\circ - 3.6^\circ$$

R 1 =	29.084	D 1 =	1.30	N 1 =	1.805181	v 1 =	25.4
R 2 =	19.623	D 2 =	4.40	N 2 =	1.496999	v 2 =	81.5

R 3 =	692.725	D 3 =	0.15		
R 4 =	22.287	D 4 =	2.65	N 3 = 1.603112	v 3 = 60.6
R 5 =	83.412	D 5 =			
R 6 =	-44.328	D 6 =	0.65	N 4 = 1.882997	v 4 = 40.8
R 7 =	7.975	D 7 =	2.40		
R 8 =	∞	D 8 =	8.80	N 5 = 2.003300	v 5 = 28.3
R 9 =	∞	D 9 =	0.10		
R10 =	108.169	D10 =	0.55	N 5 = 1.772499	v 5 = 49.6
R11 =	9.326	D11 =	0.47		
R12 =	9.564	D12 =	1.55	N 6 = 1.922860	v 6 = 18.9
R13 =	20.893	D13 =	变量		
R14 =	孔径	D14 =	1.00		
R15 =	23.802	D15 =	1.00	N 7 = 1.772499	v 7 = 49.6
R16 =	44.427	D16 =	变量		
R17 =	7.635	D17 =	2.15	N 8 = 1.693501	v 8 = 53.2
R18 =	59.450	D18 =	1.53		
R19 =	17.036	D19 =	0.55	N 9 = 1.846660	v 9 = 23.9
R20 =	6.502	D20 =	0.75		
R21 =	25.637	D21 =	1.20	N10 = 1.603112	v10 = 60.6
R22 =	-34.014	D22 =	变量		
R23 =	18.301	D23 =	2.70	N11 = 1.603112	v11 = 60.6
R24 =	-16.384	D24 =	0.30		
R25 =	-17.932	D25 =	0.55	N12 = 1.922860	v12 = 18.9
R26 =	-32.789	D26 =	变量		
R27 =	∞	D27 =	2.00	N13 = 1.516330	v13 = 64.1
R28 =	∞				

焦距/ 变量间隔	5.96	15.03	56.31
D 5	1.09	8.50	17.76
D13	10.90	4.12	1.60
D16	3.96	1.52	0.65
D22	7.76	13.33	22.82
D26	6.49	10.13	4.03

非球形表面系数

R6 k= 1.51736e+01 B= 1.85461e-04 C=-9.02884e-07 D=-3.10691e-08
E= 1.19550e-09 F=-1.22545e-11
R15 k= 4.53019e+00 B=-3.09819e-05 C= 3.23536e-09 D=-1.36000e-07
E= 2.22415e-09
R17 k=-4.40287e-01 B=-4.81219e-05 C=-2.43245e-06 D= 3.65244e-07
E=-1.28667e-08

数值例 2

$f = 5.82 \sim 65.24 \quad Fno = 2.70 \sim 4.33 \quad \omega = 31.5^\circ \sim 3.13^\circ$

R 1 =	30.692	D 1 =	1.30	N 1 =	1.805181	v 1 =	25.4
R 2 =	20.116	D 2 =	4.50	N 2 =	1.496999	v 2 =	81.5
R 3 =	-551.357	D 3 =	0.15				
R 4 =	20.561	D 4 =	2.80	N 3 =	1.603112	v 3 =	60.6
R 5 =	69.415	D 5 =	变量				

R 6 =	-31.487	D 6 =	0.65	N 4 =	1.882997	v 4 =	40.8
R 7 =	6.992	D 7 =	2.20				
R 8 =	∞	D 8 =	8.80	N 5 =	2.003300	v 5 =	28.3
R 9 =	∞	D 9 =	0.15				
R10 =	-537.450	D10 =	0.55	N 5 =	1.696797	v 5 =	55.5
R11 =	13.348	D11 =	0.40				
R12 =	12.639	D12 =	1.35	N 6 =	1.922860	v 6 =	18.9
R13 =	39.135	D13 =	变量				
R14 =	孔径	D14 =	变量				
R15 =	10.503	D15 =	2.30	N 7 =	1.677900	v 7 =	55.3
R16 =	-82.375	D16 =	4.06				
R17 =	16.478	D17 =	0.60	N 8 =	1.922860	v 8 =	18.9
R18 =	8.180	D18 =	0.68				
R19 =	27.076	D19 =	1.20	N 9 =	1.603112	v 9 =	60.6
R20 =	-49.819	D20 =	变量				
R21 =	19.486	D21 =	2.75	N10 =	1.603112	v10 =	60.6
R22 =	-15.448	D22 =	0.30				
R23 =	-14.731	D23 =	0.55	N11 =	1.922860	v11 =	18.9
R24 =	-20.601	D24 =	变量				
R25 =	∞	D25 =	2.00	N12 =	1.516330	v12 =	64.1
R26 =	∞						

焦距/ 变量间隔	5.82	11.00	65.24
D 5	1.26	4.95	17.69
D13	9.93	4.45	1.58

D14	5.14	2.26	0.54
D20	5.90	10.79	23.04
D24	7.39	10.87	3.21

非球形表面系数

R6 k= 8.21639e+00 B= 3.33593e-04 C=-3.51908e-06 D= 2.69097e-08
E= 2.47456e-10 F=-5.92604e-12
R15 k=-6.48043e-01 B=-4.60172e-05 C=-5.73108e-06 D= 6.34476e-07
E=-2.26301e-08

数值例 3

$f=5.50-52.42$ $Fno=2.88-4.33$ $\omega=33.0^{\circ}\sim 3.9^{\circ}$

R 1 =	30.191	D 1 =	1.30	N 1 =	1.805181	v 1 =	25.4
R 2 =	20.205	D 2 =	4.10	N 2 =	1.496999	v 2 =	81.5
R 3 =	259.345	D 3 =	0.15				
R 4 =	21.276	D 4 =	2.75	N 3 =	1.603112	v 3 =	60.6
R 5 =	78.535	D 5 =	变量				
R 6 =	-38.339	D 6 =	0.65	N 4 =	1.882997	v 4 =	40.8
R 7 =	6.774	D 7 =	2.60				
R 8 =	∞	D 8 =	8.80	N 5 =	2.003300	v 5 =	28.3
R 9 =	∞	D 9 =	0.09				
R10 =	-313577.572	D10 =	0.55	N 5 =	1.696797	v 5 =	55.5
R11 =	17.444	D11 =	0.39				
R12 =	15.058	D12 =	1.25	N 6 =	1.922860	v 6 =	18.9

R13 = 49.910 D13 = 变量
R14 = 孔径 D14 = 变量
R15 = 10.461 D15 = 2.50 N 7 = 1.693501 v 7 = 53.2
R16 = -49.586 D16 = 3.12
R17 = 16.304 D17 = 0.55 N 8 = 1.922860 v 8 = 18.9
R18 = 8.102 D18 = 1.15
R19 = 44.623 D19 = 1.20 N 9 = 1.603112 v 9 = 60.6
R20 = -43.220 D20 = 变量
R21 = 14.688 D21 = 3.25 N10 = 1.603112 v10 = 60.6
R22 = -17.248 D22 = 0.30
R23 = -16.503 D23 = 0.55 N11 = 1.922860 v11 = 18.9
R24 = -28.734 D24 = 变量
R25 = ∞ D25 = 2.00 N12 = 1.516330 v12 = 64.1
R26 = ∞

焦距/	5.50	10.04	52.42
变量间隔			
D 5	1.37	4.41	18.20
D13	7.41	1.08	1.31
D14	9.08	7.00	0.52
D20	6.29	12.82	23.40
D24	5.50	7.37	3.05

非球形表面系数

R6 k= 1.37463e+01 B= 3.16820e-04 C=-3.27593e-06 D= 1.36507e-08
E= 9.33347e-10 F=-1.60821e-11
R15 k= 1.24610e+00 B=-2.86430e-04 C=-1.26083e-06 D=-1.15832e-07
E= 1.34362e-09

数值例 4

$f = 5.77 - 65.23$ $Fno = 2.88 - 4.33$ $\omega = 31.8^\circ - 3.1^\circ$

R 1 = 29.868	D 1 = 1.30	N 1 = 1.805181	v 1 = 25.4
R 2 = 19.946	D 2 = 4.40	N 2 = 1.496999	v 2 = 81.5
R 3 = 999.269	D 3 = 0.15		
R 4 = 22.877	D 4 = 2.60	N 3 = 1.603112	v 3 = 60.6
R 5 = 87.587	D 5 = 变量		
R 6 = -50.727	D 6 = 0.65	N 4 = 1.882997	v 4 = 40.8
R 7 = 7.405	D 7 = 2.40		
R 8 = ∞	D 8 = 8.80	N 5 = 2.003300	v 5 = 28.3
R 9 = ∞	D 9 = 0.09		
R10 = 90.986	D10 = 0.55	N 5 = 1.772499	v 5 = 49.6
R11 = 10.129	D11 = 0.28		
R12 = 10.007	D12 = 1.45	N 6 = 1.922860	v 6 = 18.9
R13 = 22.813	D13 = 变量		
R14 = 孔径	D14 = 0.80		
R15 = 27.715	D15 = 1.00	N 7 = 1.772499	v 7 = 49.6
R16 = 26.481	D16 = 变量		
R17 = 8.261	D17 = 2.50	N 8 = 1.693501	v 8 = 53.2
R18 = -69.979	D18 = 2.92		
R19 = 28.911	D19 = 0.55	N 9 = 1.846660	v 9 = 23.9

R20 = 7.357 D20 = 0.79
R21 = 29.398 D21 = 1.20 N10 = 1.603112 v10 = 60.6
R22 = -28.992 D22 = 变量
R23 = 18.549 D23 = 2.70 N11 = 1.603112 v11 = 60.6
R24 = -16.317 D24 = 0.30
R25 = -19.493 D25 = 0.55 N12 = 1.922860 v12 = 18.9
R26 = -33.893 D26 = 变量
R27 = ∞ D27 = 2.00 N13 = 1.516330 v13 = 64.1
R28 = ∞

焦距/
变量间隔

D 5	1.02	5.54	19.19
D13	11.76	4.39	1.30
D16	3.15	2.21	1.29
D22	6.48	10.68	21.79
D26	6.59	10.70	3.59

非球形表面系数

R6 k=-1.74717e+00 B= 1.57117e-04 C=-1.12064e-06 D=-2.40064e-08
E= 1.03911e-09 F=-1.10285e-11
R15 k=-7.98741e+01 B= 5.96282e-04 C=-2.05798e-05 D=-4.47065e-08
E= 3.42370e-08
R17 k=-3.86722e-01 B=-2.50568e-04 C= 1.24985e-06 D= 3.84261e-07
E=-2.34063e-08

数值例 5

 $f = 5.96 - 56.32 \quad F_{no} = 2.88 - 4.33 \quad \omega = 30.9^\circ - 3.6^\circ$

R 1 =	29.923	D 1 =	1.30	N 1 =	1.805181	v 1 =	25.4
R 2 =	19.817	D 2 =	4.40	N 2 =	1.496999	v 2 =	81.5
R 3 =	1065.081	D 3 =	0.15				
R 4 =	20.331	D 4 =	2.85	N 3 =	1.603112	v 3 =	60.6
R 5 =	67.625	D 5 =	变量				
R 6 =	-368.273	D 6 =	0.65	N 4 =	1.882997	v 4 =	40.8
R 7 =	7.052	D 7 =	2.40				
R 8 =	∞	D 8 =	0.00	N 5 =	2.003300	v 5 =	28.3
R 9 =	∞	D 9 =	0.42				
R10 =	-69.265	D10 =	0.55	N 5 =	1.772499	v 5 =	49.6
R11 =	8.843	D11 =	0.43				
R12 =	8.966	D12 =	1.55	N 6 =	1.922860	v 6 =	18.9
R13 =	19.759	D13 =	变量				
R14 =	孔径	D14 =	1.00				
R15 =	24.586	D15 =	1.00	N 7 =	1.772499	v 7 =	49.6
R16 =	83.005	D16 =	变量				
R17 =	8.152	D17 =	2.30	N 8 =	1.693501	v 8 =	53.2
R18 =	670.005	D18 =	1.15				
R19 =	18.907	D19 =	0.55	N 9 =	1.846660	v 9 =	23.9
R20 =	6.839	D20 =	0.79				
R21 =	36.274	D21 =	1.20	N10 =	1.603112	v10 =	60.6
R22 =	-24.956	D22 =	变量				

R23 = 18.913 D23 = 2.60 N11 = 1.603112 v11 = 60.6
R24 = -17.528 D24 = 0.30
R25 = -21.825 D25 = 0.55 N12 = 1.922860 v12 = 18.9
R26 = -58.211 D26 = 变量
R27 = ∞ D27 = 2.00 N13 = 1.516330 v13 = 64.1
R28 = ∞

焦距/ 变量间隔	5.96	15.23	56.32
D 5	0.78	7.90	17.20
D13	9.31	2.68	1.60
D16	4.73	2.30	0.51
D22	10.14	12.83	23.05
D26	5.00	11.37	4.02

非球形表面系数

R6 k= 2.28344e+03 B= 9.43762e-05 C=-2.60075e-08 D=-3.39267e-08
 E= 8.87312e-10
 F=-7.46469e-12
R15 k= 1.62906e+01 B=-1.53373e-04 C=-8.16138e-07 D=-9.46956e-08
 E=-9.83389e-09
R17 k=-6.17182e-01 B=-1.87458e-05 C=-1.61897e-06 D= 1.77639e-07
 E=-3.71156e-09

数值例 6

$f = 5.96 \sim 56.29$ $F_{no} = 2.88 \sim 4.33$ $\omega = 30.9^\circ \sim 3.6^\circ$

R 1 =	38.647	D 1 =	1.30	N 1 =	1.805181	v 1 =	25.4
R 2 =	24.776	D 2 =	0.30				
R 3 =	24.729	D 3 =	3.85	N 2 =	1.496999	v 2 =	81.5
R 4 =	-1819.468	D 4 =	0.18				
R 5 =	25.226	D 5 =	2.60	N 3 =	1.603112	v 3 =	60.6
R 6 =	85.013	D 6 =	变量				
R 7 =	187.241	D 7 =	0.65	N 4 =	1.882997	v 4 =	40.8
R 8 =	23.495	D 8 =	0.73				
R 9 =	54.316	D 9 =	0.50	N 5 =	1.804000	v 5 =	46.6
R10 =	9.542	D10 =	2.00				
R11 =	∞	D11 =	8.80	N 6 =	1.772499	v 6 =	49.6
R12 =	∞	D12 =	0.09				
R13 =	-1809.110	D13 =	0.55	N 6 =	1.772499	v 6 =	49.6
R14 =	8.867	D14 =	0.48				
R15 =	9.230	D15 =	1.25	N 7 =	1.922860	v 7 =	18.9
R16 =	17.967	D16 =	变量				
R17 =	孔径	D17 =	1.00				
R18 =	12.643	D18 =	1.00	N 8 =	1.804000	v 8 =	46.6
R19 =	21.424	D19 =	变量				
R20 =	6.540	D20 =	2.00	N 9 =	1.693501	v 9 =	53.2
R21 =	15.018	D21 =	0.30				
R22 =	13.969	D22 =	0.80	N10 =	1.846660	v10 =	23.9
R23 =	6.103	D23 =	1.40				
R24 =	25.356	D24 =	1.70	N11 =	1.603112	v11 =	60.6

R25 = -19.863	D25 = 变量		
R26 = 17.751	D26 = 2.20	N12 = 1.592400	v12 = 68.3
R27 = -20.963	D27 = 0.30		
R28 = -24.643	D28 = 0.55	N13 = 1.922860	v13 = 18.9
R29 = -94.323	D29 = 变量		
R30 = ∞	D30 = 2.00	N14 = 1.516330	v14 = 64.1
R31 = ∞			

焦距/	5.96	14.41	56.29
变量间隔			
D 6	0.89	8.94	21.33
D16	11.21	4.43	1.59
D19	5.31	2.98	0.50
D25	7.28	13.42	23.77
D29	6.48	9.45	4.43

非球形表面系数

R7	k=-5.54514e+03	B= 1.80276e-04	C=-3.57488e-06	D=-2.89965e-08
	E= 8.70855e-10	F=-2.23230e-12		
R8	k= 4.44124e+00	B= 7.32601e-06	C= 9.77828e-07	D=-2.28142e-07
	E= 3.12445e-09			
R18	k=-1.10241e+00	B= 1.90002e-05	C= 1.54841e-06	D=-1.64938e-07
R20	k= 4.92528e-01	B=-2.78882e-04	C=-8.40554e-06	D=-5.04028e-07
	E= 2.05188e-08			
R21	k= 2.31497e+00	B= 1.01149e-04	C=-4.11221e-06	D=-4.65700e-07
	E= 5.77391e-08			

表 1

		下限	上限	第一实施例	第二实施例	第三实施例	第四实施例	第五实施例	第六实施例
(1)	$ f_2 /\sqrt{(f_W \cdot f_T)}$	0.20	0.45	0.315	0.316	0.405	0.307	0.264	0.320
(2)	f_N/f_W	0.80	1.90	1.277	1.104	1.178	1.262	1.313	1.609
(3)	L/f_W	2.70	4.20	3.525	3.371	3.152	3.739	3.306	3.759
(4)	N_2	1.80	1.95	1.883	1.883	1.883	1.883	1.883	1.843
(5)	D/f_2	1.10	2.00	1.524	1.412	1.281	1.479	1.818	1.499
(6)	M_1/M_4	0.90	1.70	1.322	1.269	1.149	1.475	1.376	1.416
(7)	M_3/M_4	0.20	1.20	0.738	0.645	0.416	0.849	0.646	0.667
(8)	D_4/R_4	0.15	0.40	0.282	0.219	0.239	0.303	0.282	0.306
(9)	R_{42a}/R_{42b}	1.50	4.50	2.620	2.015	2.012	3.930	2.765	2.289
(10)	$\beta_5 T$	0.55	0.85	0.649	0.666	0.637	0.655	0.689	0.714
(11)	f_1/f_T	0.35	0.85	0.578	0.465	0.637	0.509	0.555	0.696
	f_W	-	-	5.959	5.822	5.498	5.767	5.959	5.963
	f_T	-	-	56.311	66.888	52.418	65.230	56.316	56.288
	f_1	-	-	32.527	31.072	33.385	33.188	31.810	39.162
	f_2	-	-	-5.776	-6.231	-6.872	-5.948	-4.840	-5.872
	L	-	-	21.005	19.623	17.331	21.561	19.700	22.416
	f_N	-	-	-7.610	-6.428	-6.476	-7.280	-7.824	-9.595
	D	-	-	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800
	M_1	-	-	16.671	16.434	16.834	18.165	16.422	20.447
	M_3	-	-	9.300	8.351	6.090	10.461	7.711	9.622
	M_4	-	-	12.608	12.955	14.653	12.315	11.934	14.435
	D_4	-	-	2.150	2.300	2.500	2.500	2.300	2.000
	R_4	-	-	7.635	10.503	10.461	8.261	8.152	8.540
	R_{42a}	-	-	17.036	16.478	16.304	28.911	18.907	13.969
	R_{42b}	-	-	6.502	8.180	8.102	7.357	6.839	6.103

其次，使用图 26 将描述把根据本发明的变焦透镜用作摄影光学系统的实施例的数字照相机（光学设备）。

在图 26 中，附图标记 20 指示数字照相机本体，并且附图标记 21 指示包括根据上述实施例任一个的变焦透镜的摄影光学系统。附图标记 P 指示棱镜。它把透过摄影光学系统 21 的物像（投影光）引导到摄像元件（光电转换元件）22，如 CCD 传感器。附图标记 23 指示记录由摄像元件 22 接收的物像的记录单元。附图标记 24 指示用来观察在显示元件（未表示）上显示的物像的取景器。显示元件包括例如液晶面板，并且显示在摄像元件 22 上形成的物像。附图标记 25 指示设有与取景器的功能相等效的功能的液晶显示面板。

相应地，作为把根据本发明的变焦透镜应用于诸如数字照相机之类的光学设备上的结果，实现了提供高光学性能的小摄像设备。

根据上述实施例，提供一种紧凑变焦透镜，该变焦透镜在高变焦比下以及在整个变焦范围上提供高光学性能，并且包括作为整体较薄的光学系统。

尽管参照典型实施例已经描述了本发明，但要理解本发明不限于公开的典型实施例。如下权利要求书的范围要符合最广义解释，以便包容所有修改、等效结构及功能。

图1

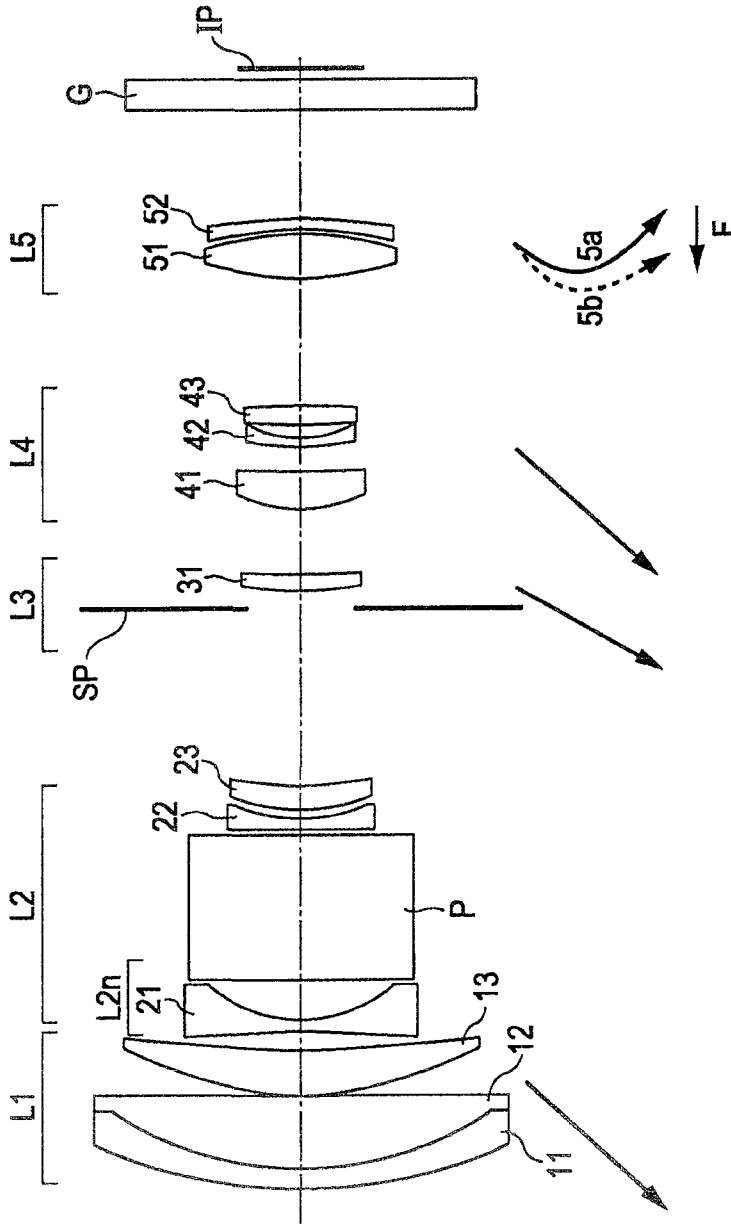


图2

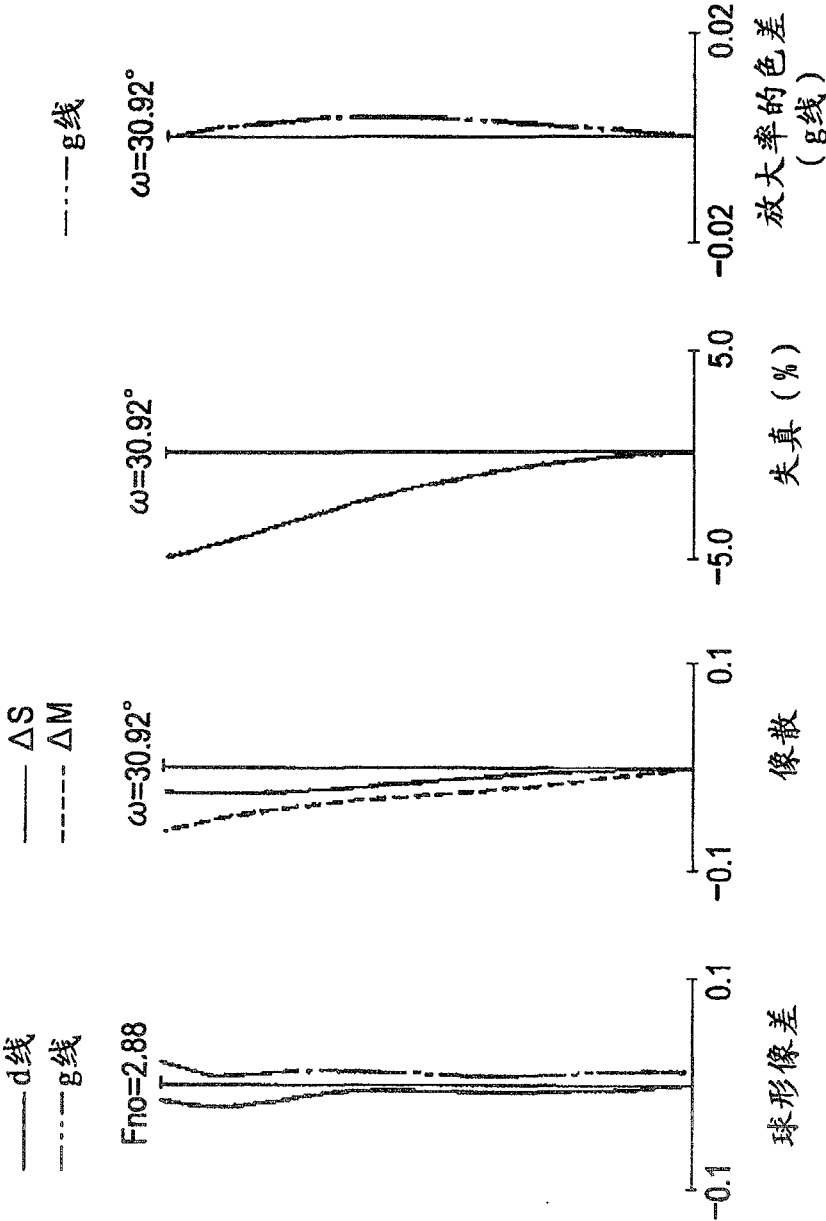


图 3

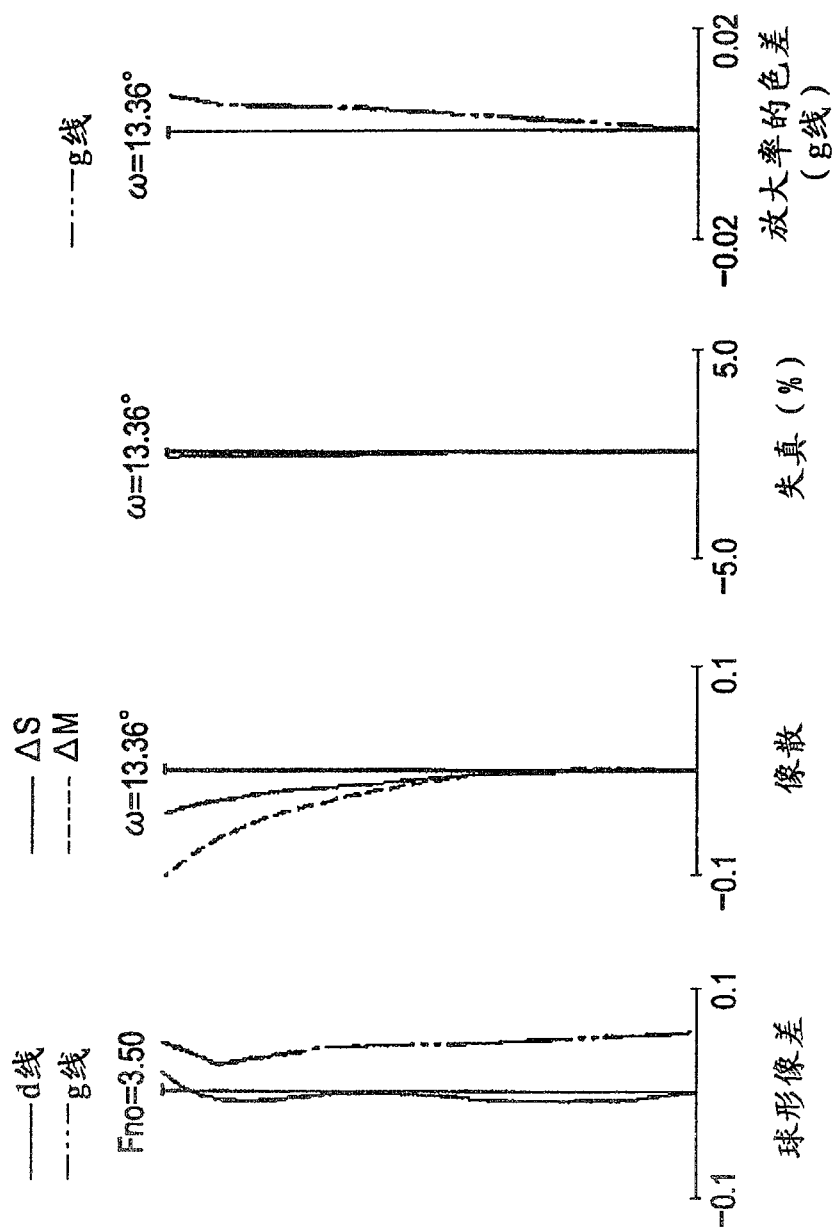


图 4

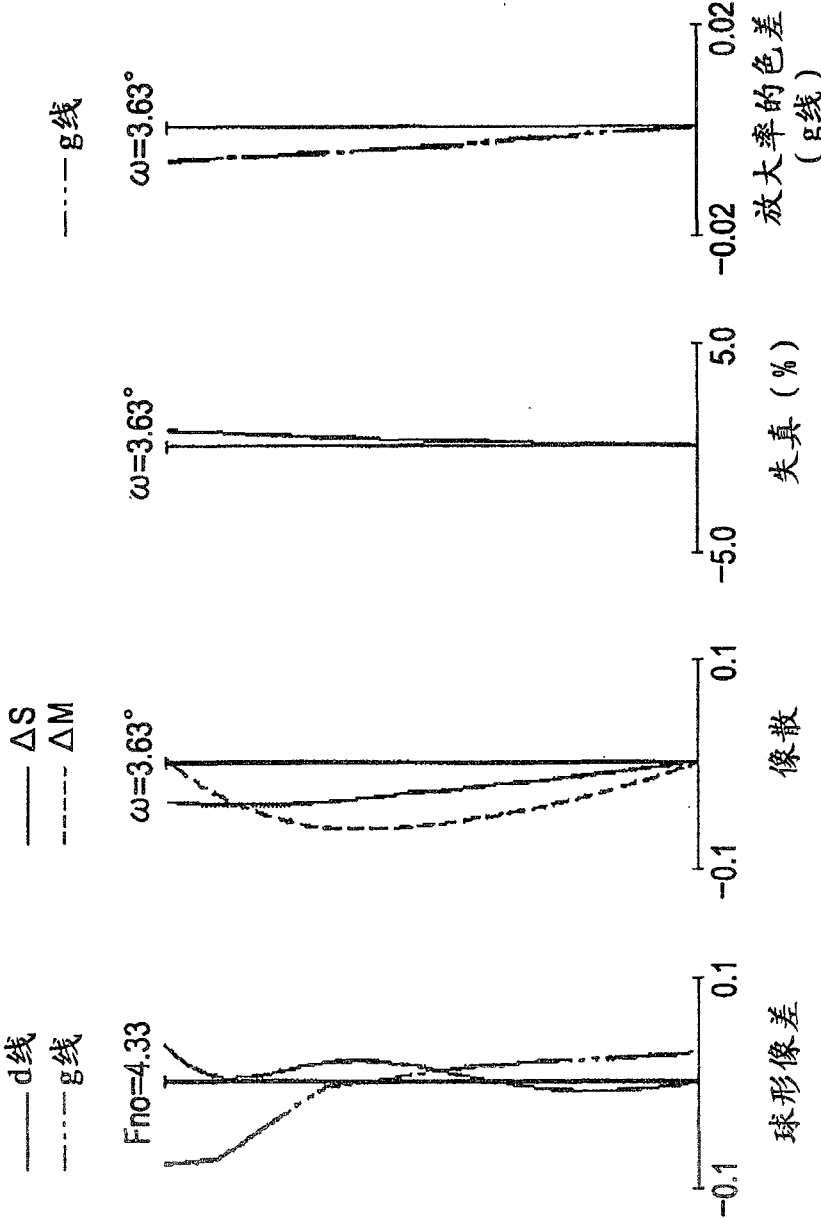


图 5

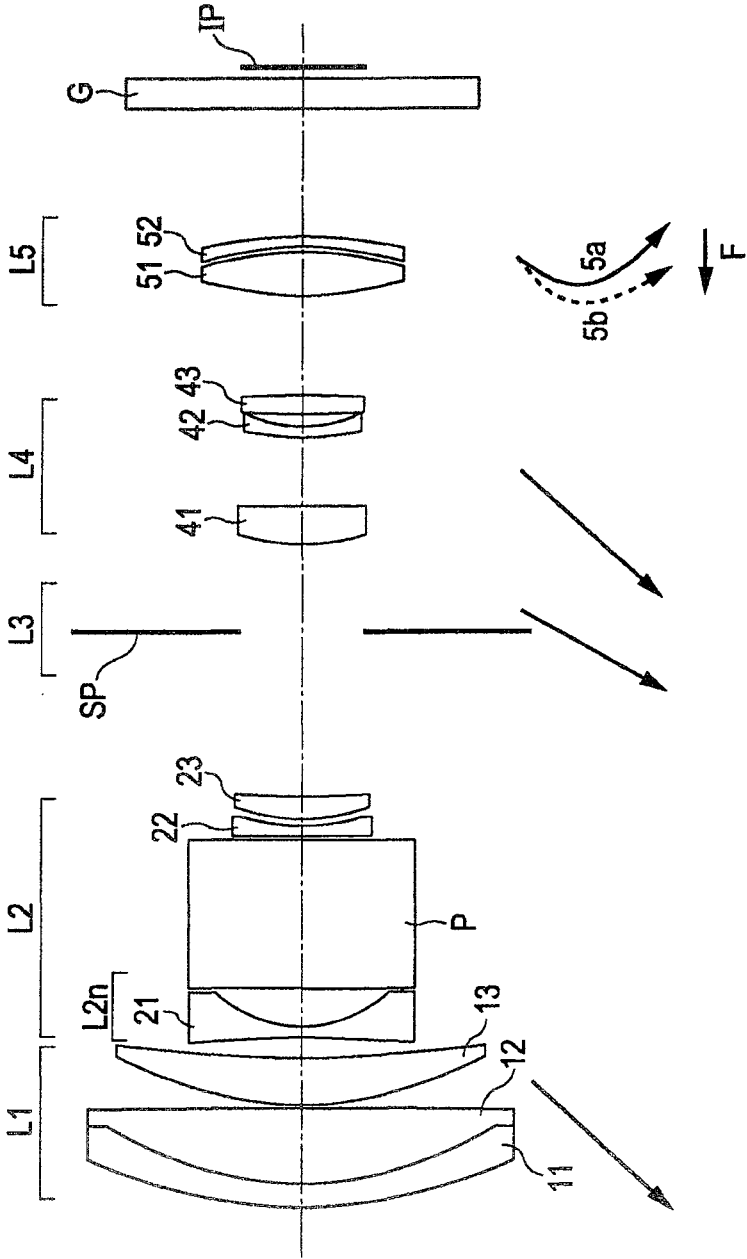


图6

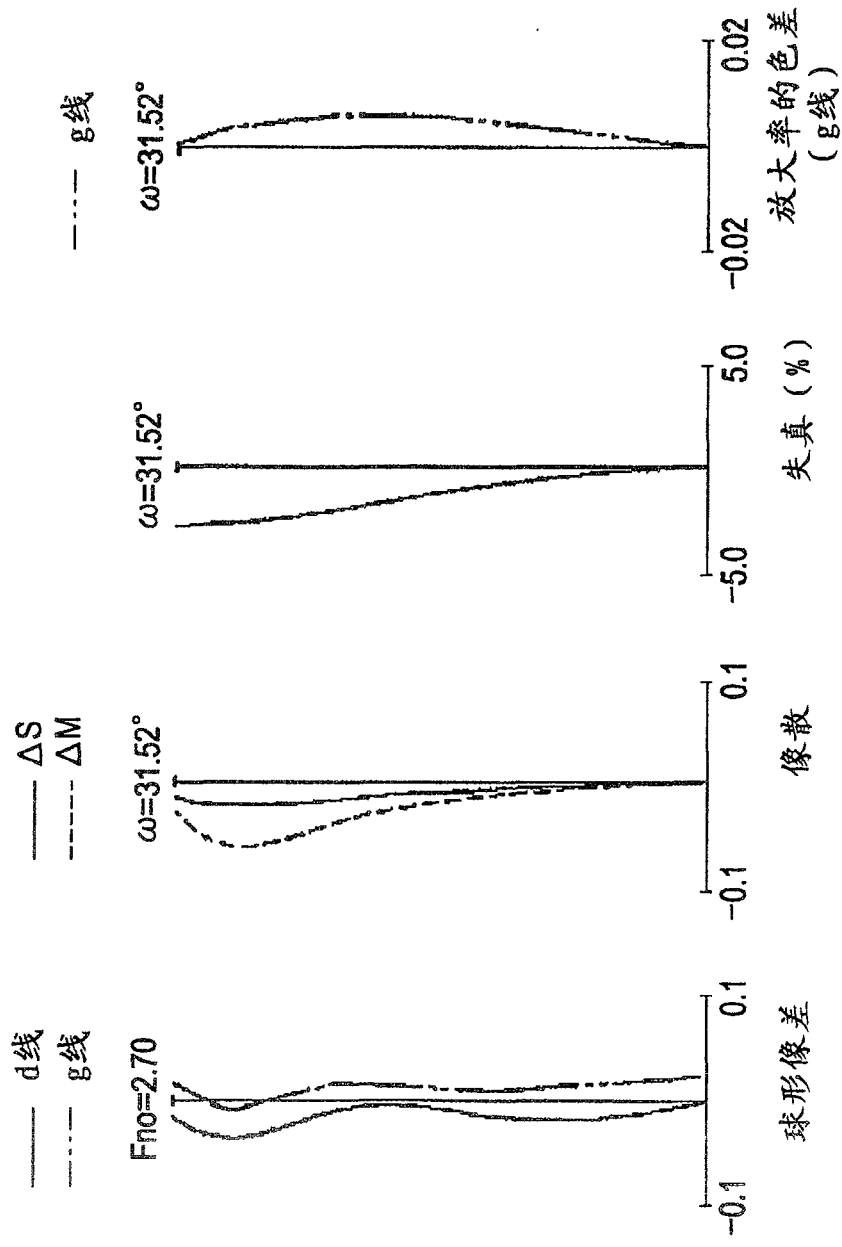


图7

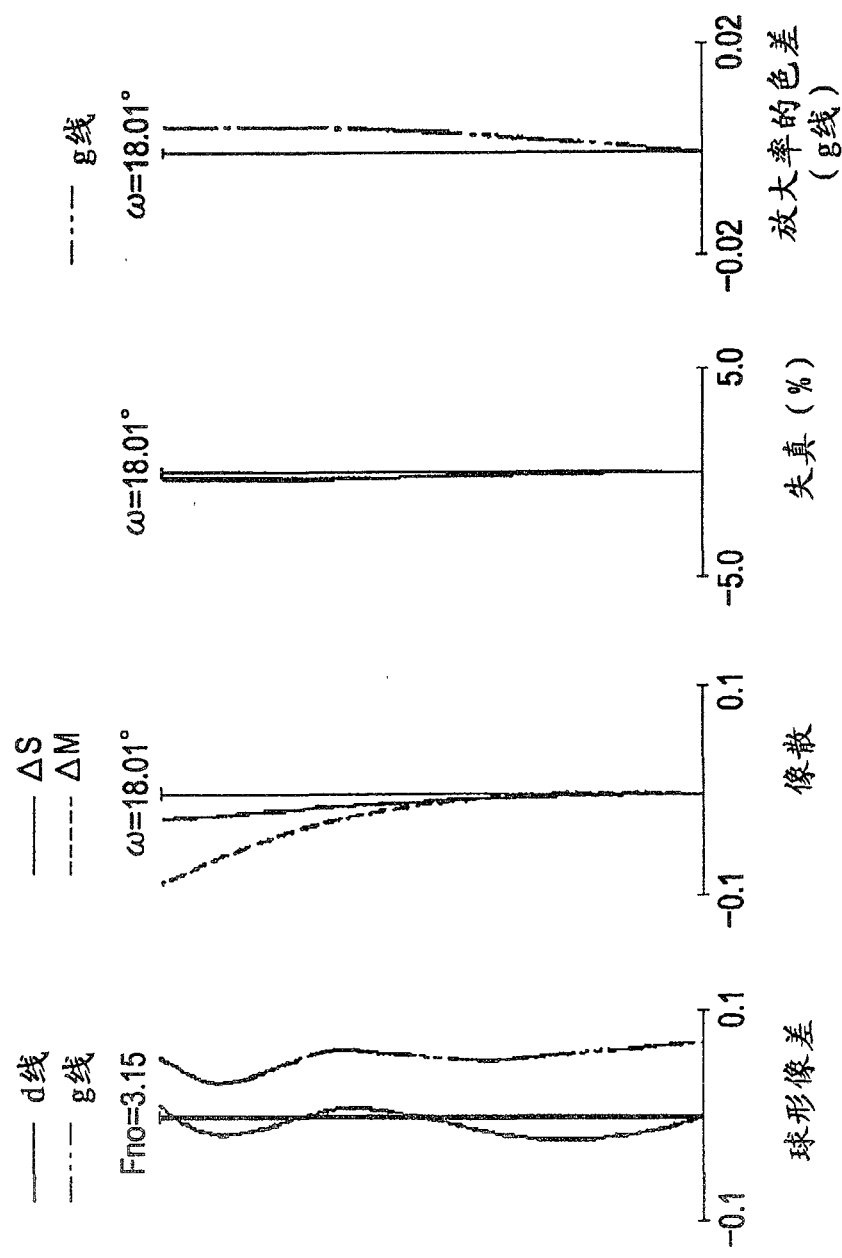


图8

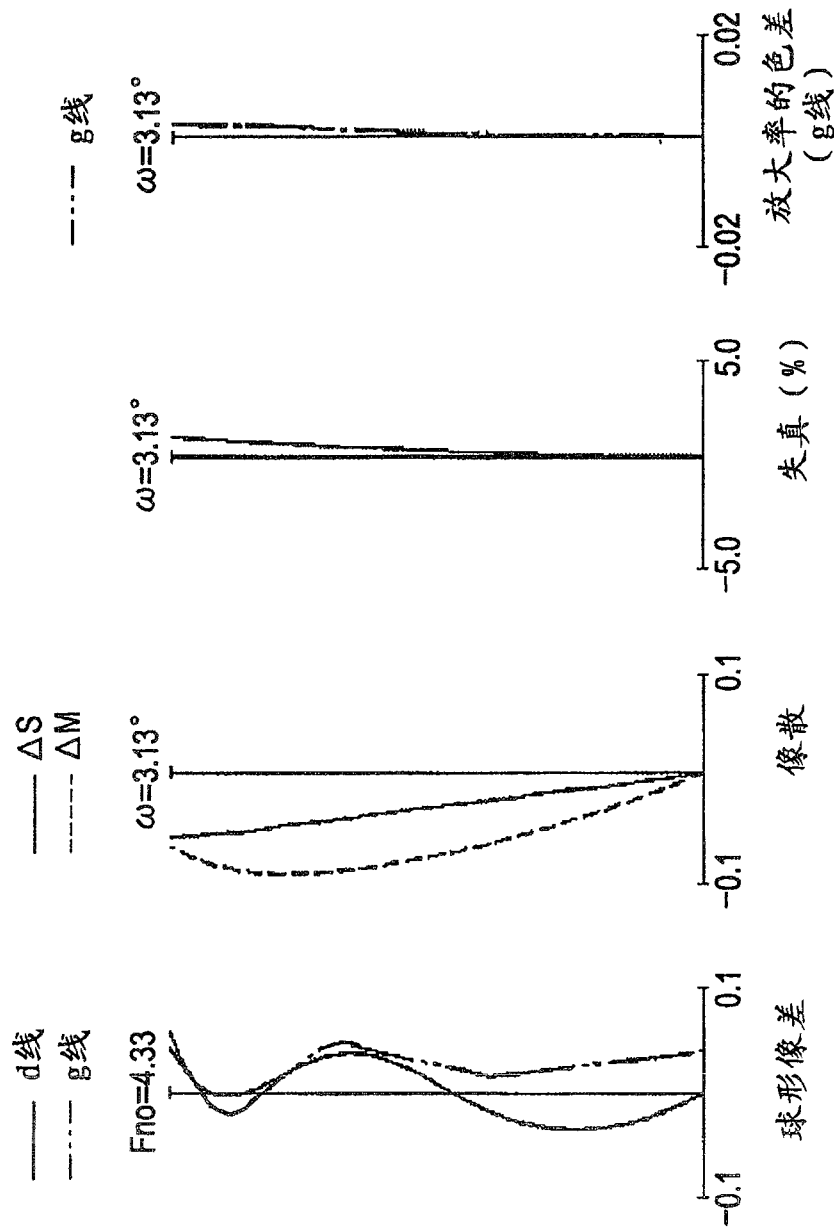


图9

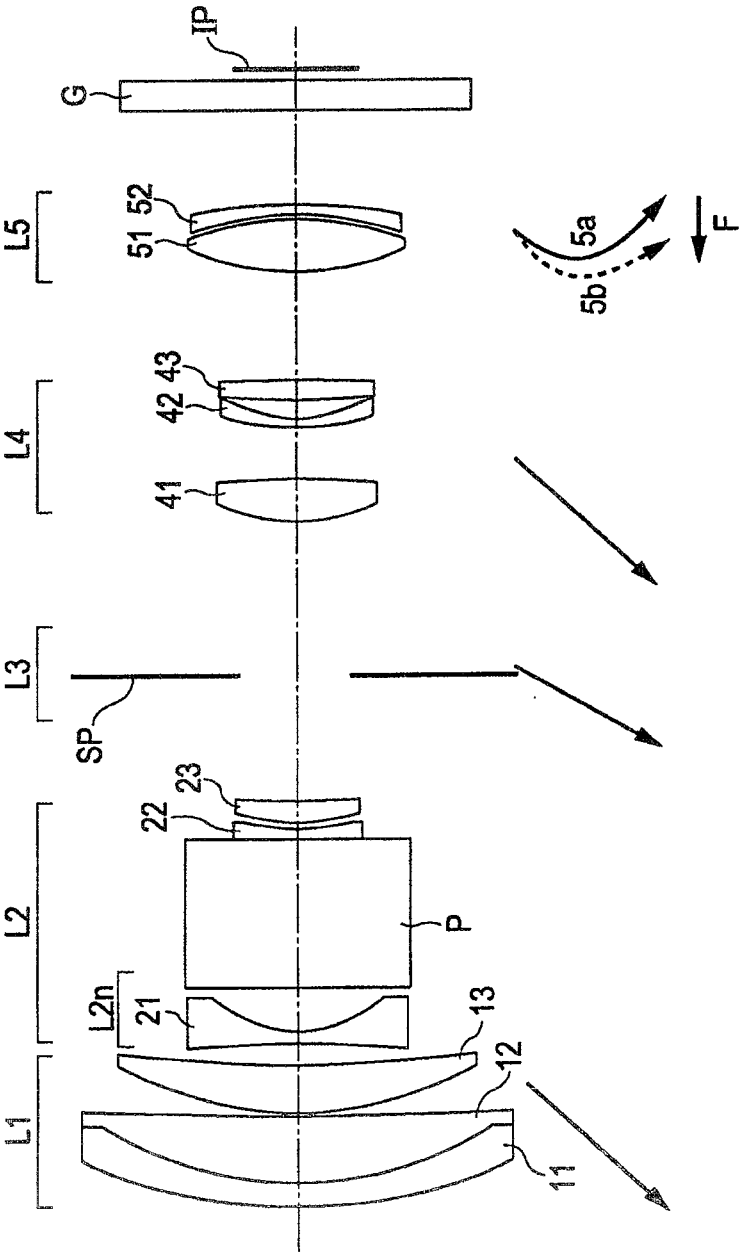


图10

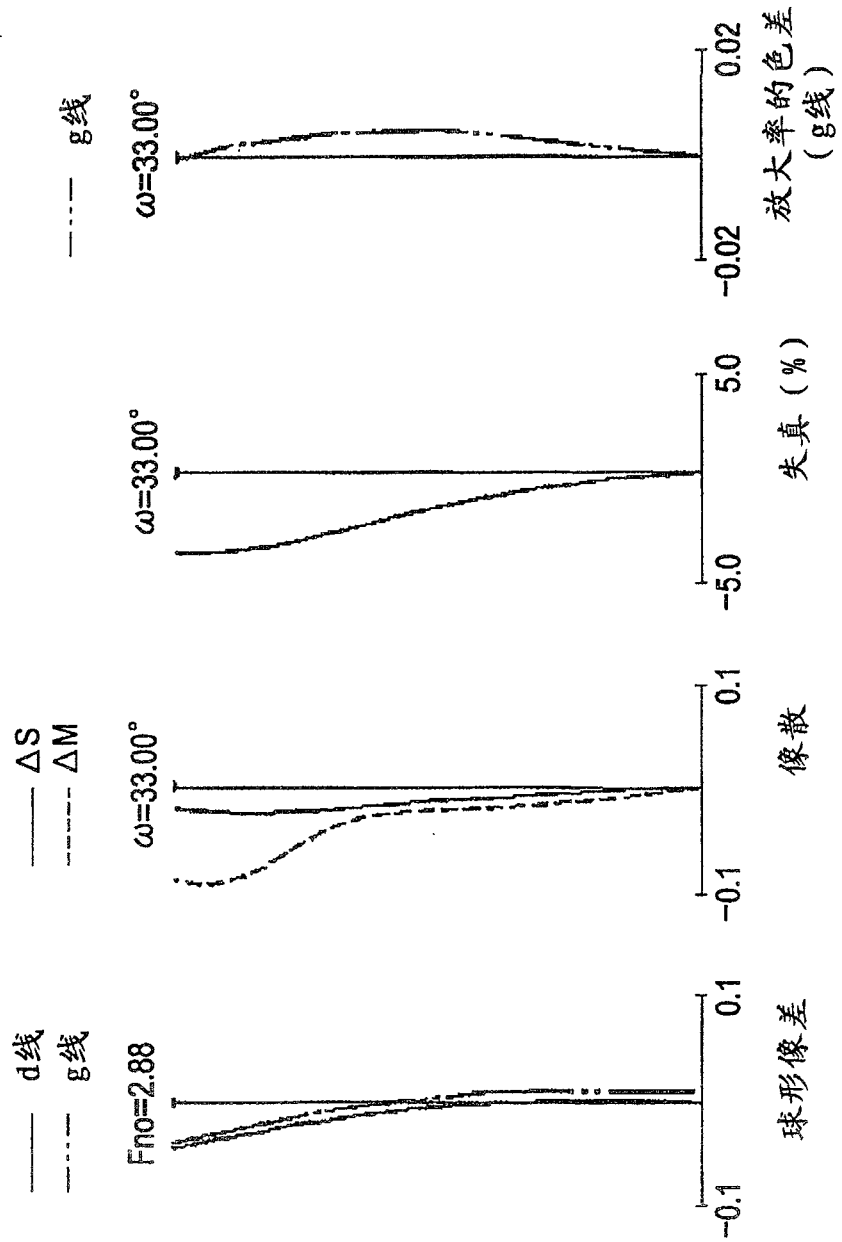


图11

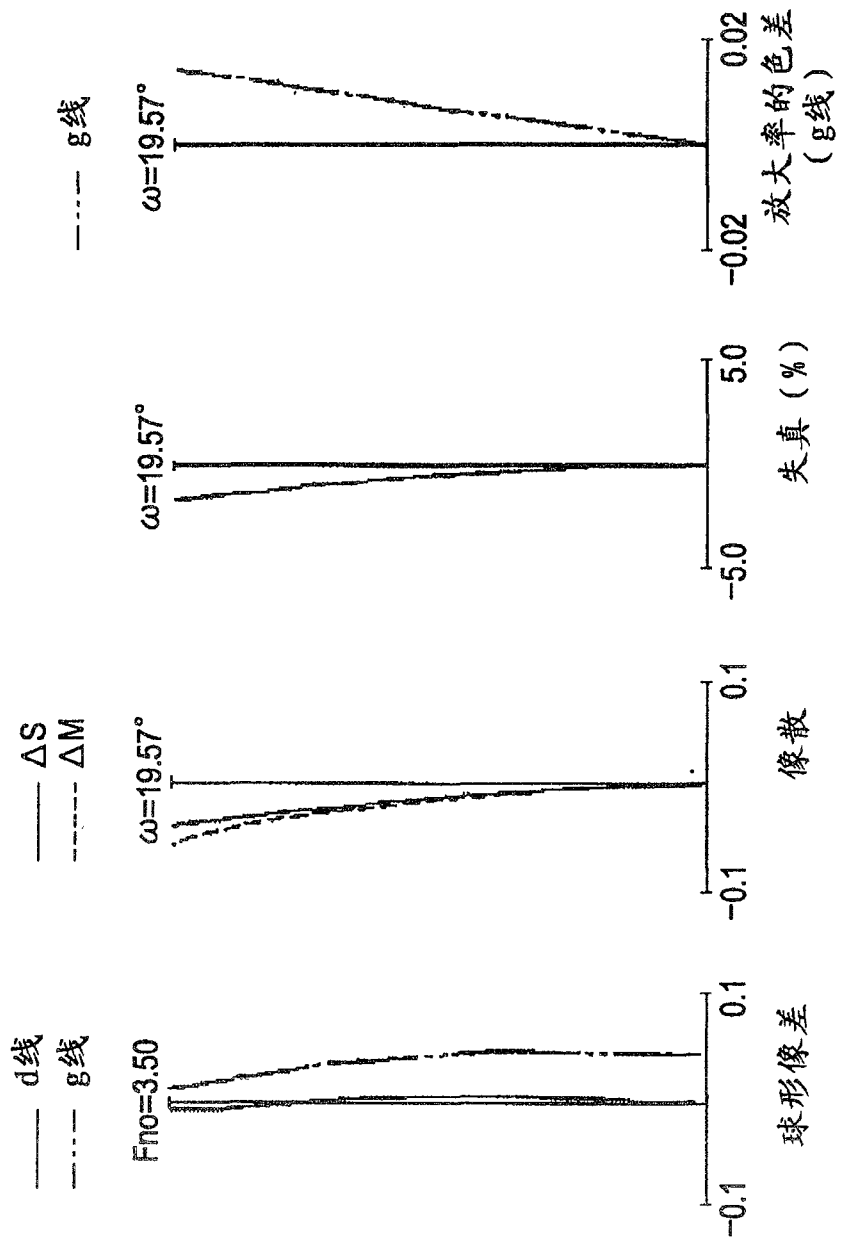


图12

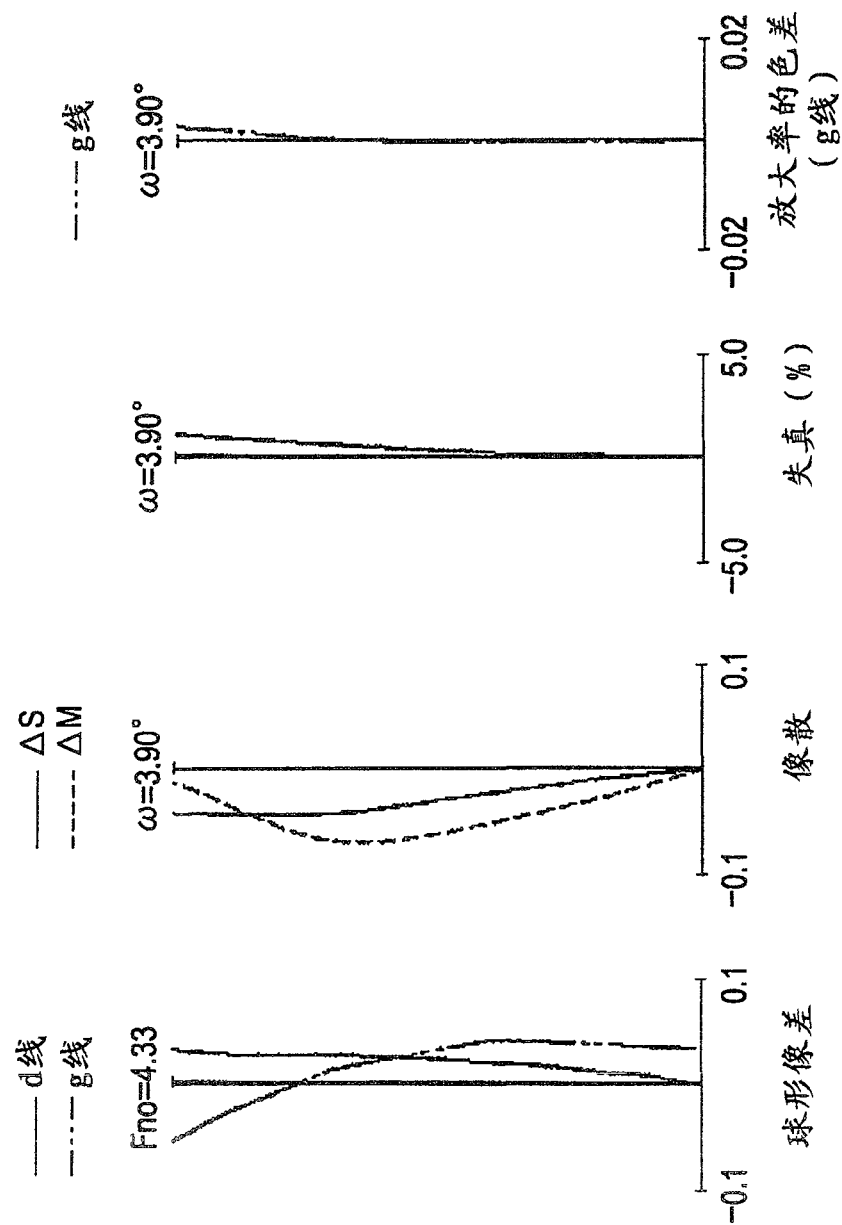


图13

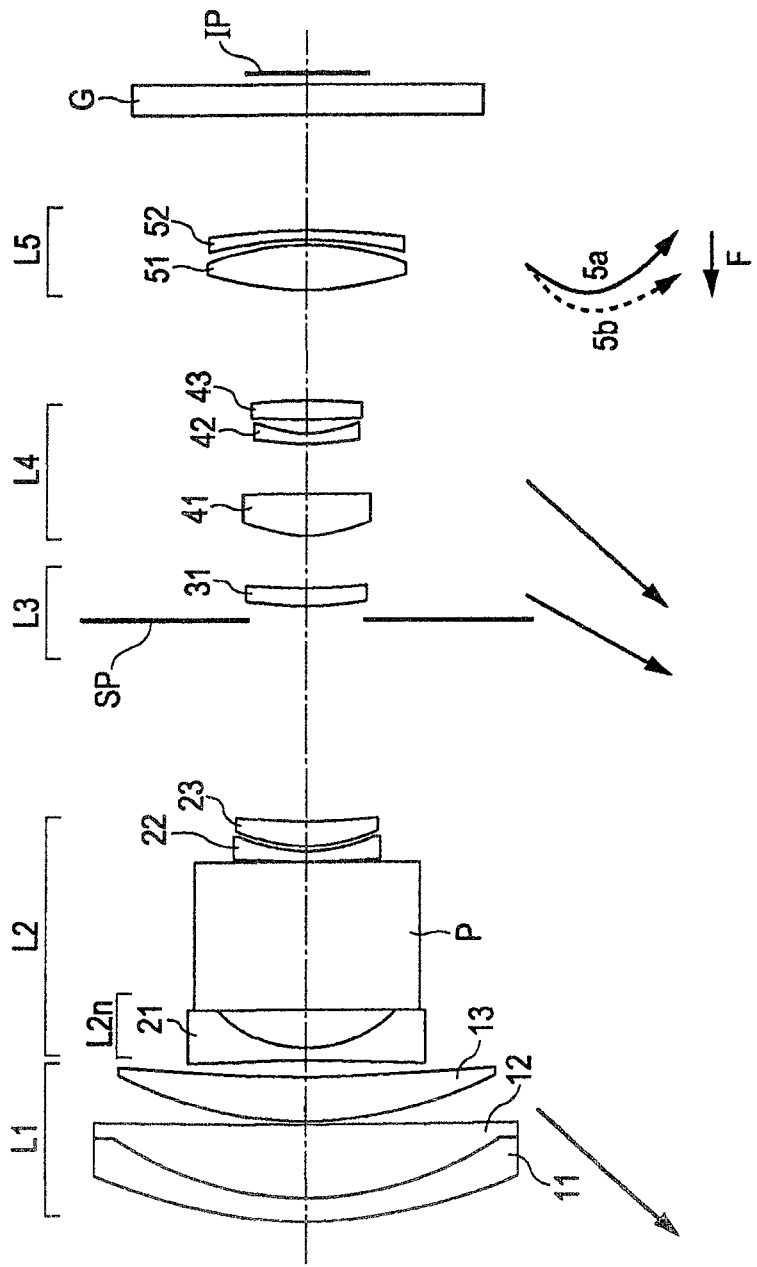


图14

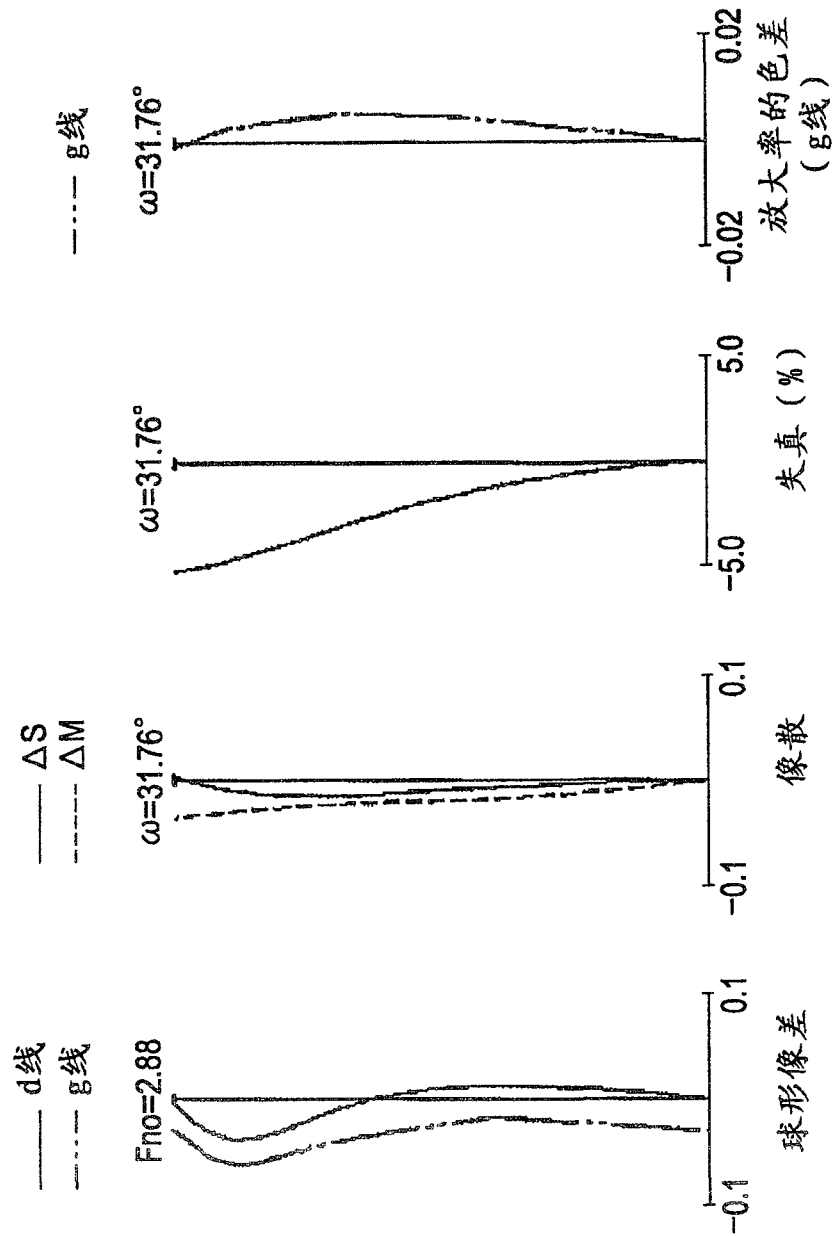


图15

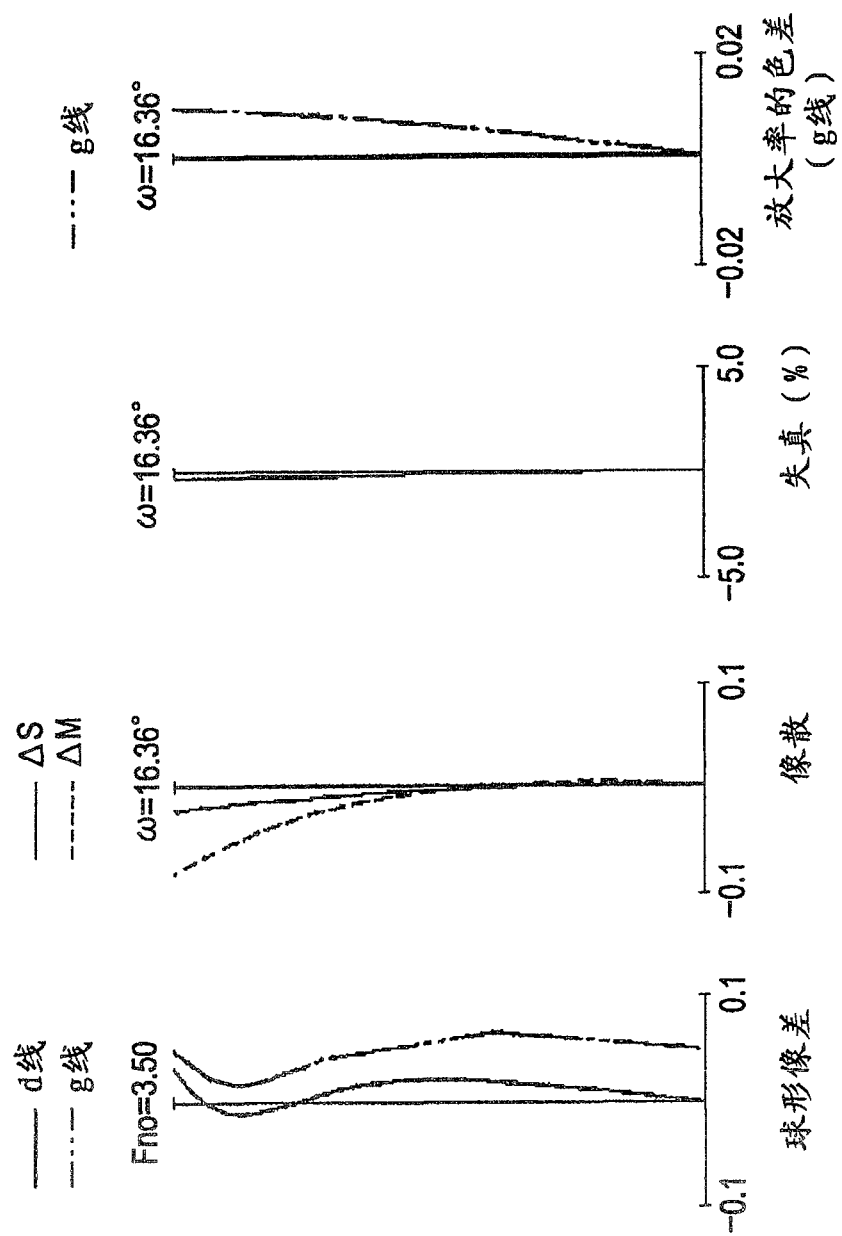


图16

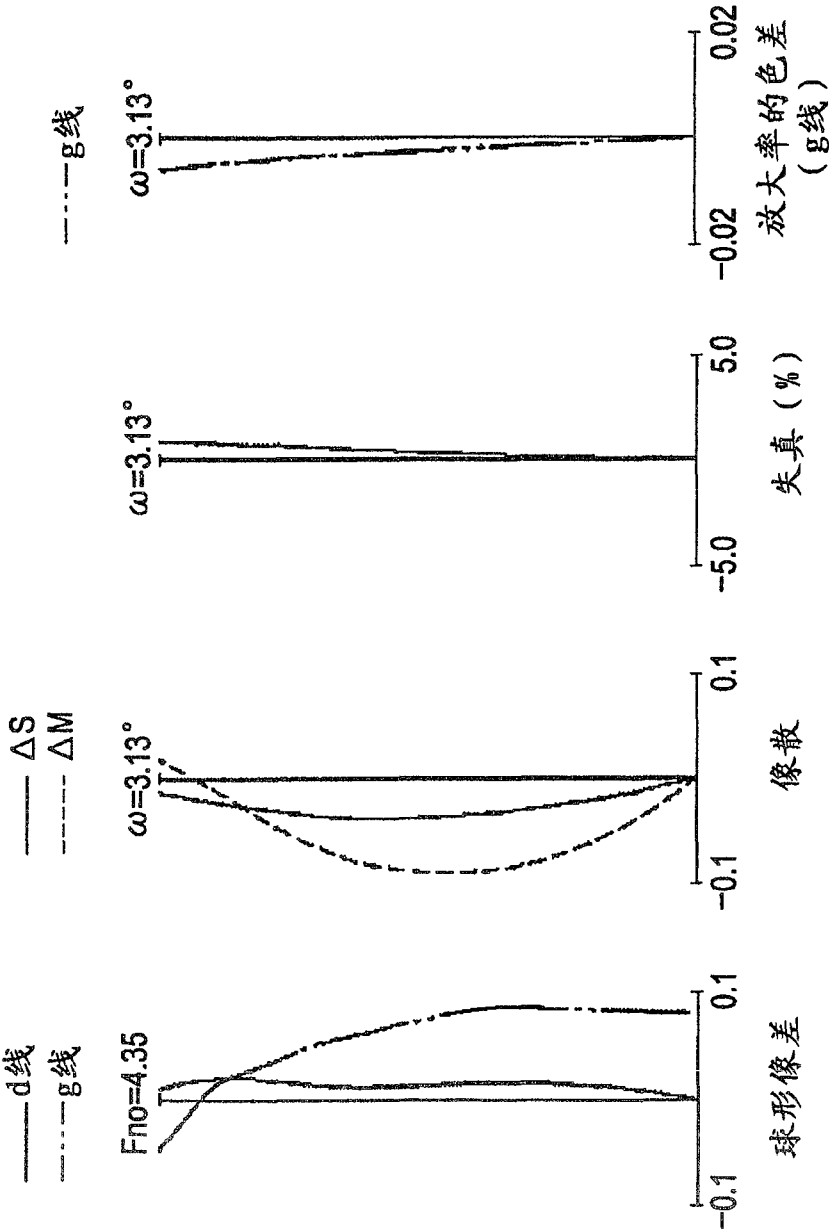


图17

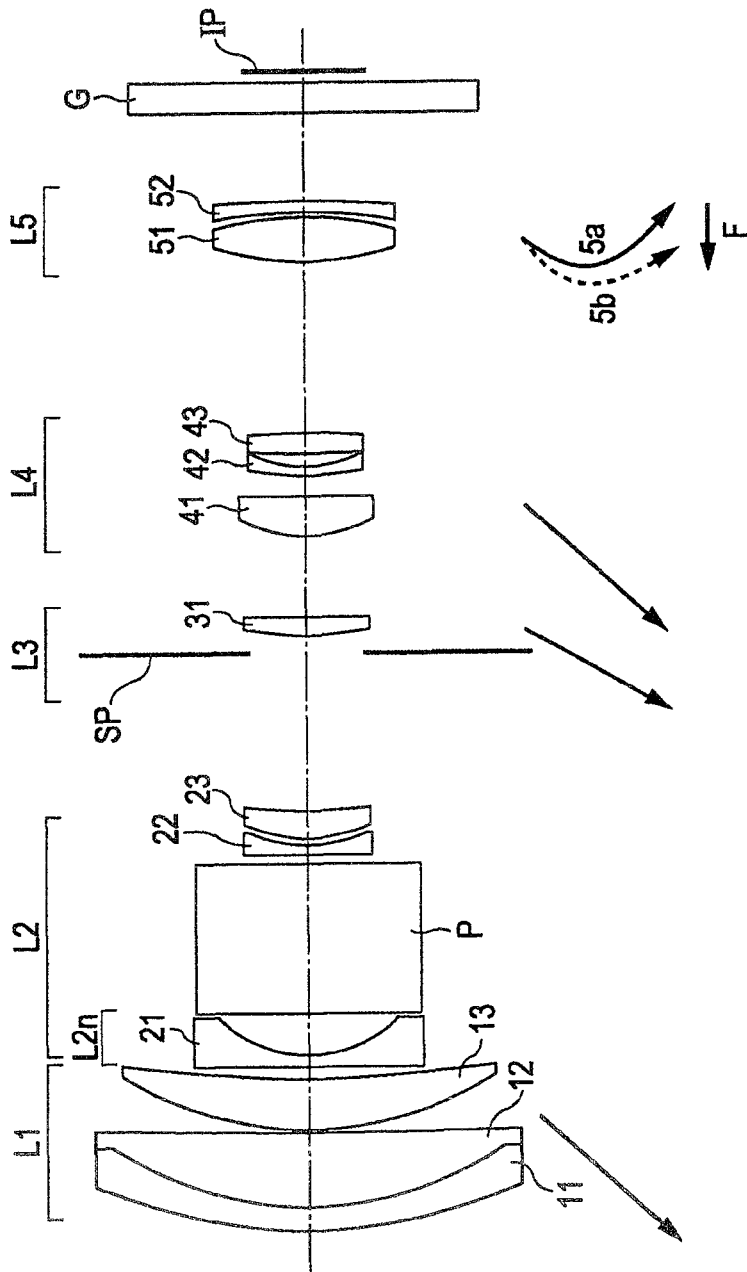
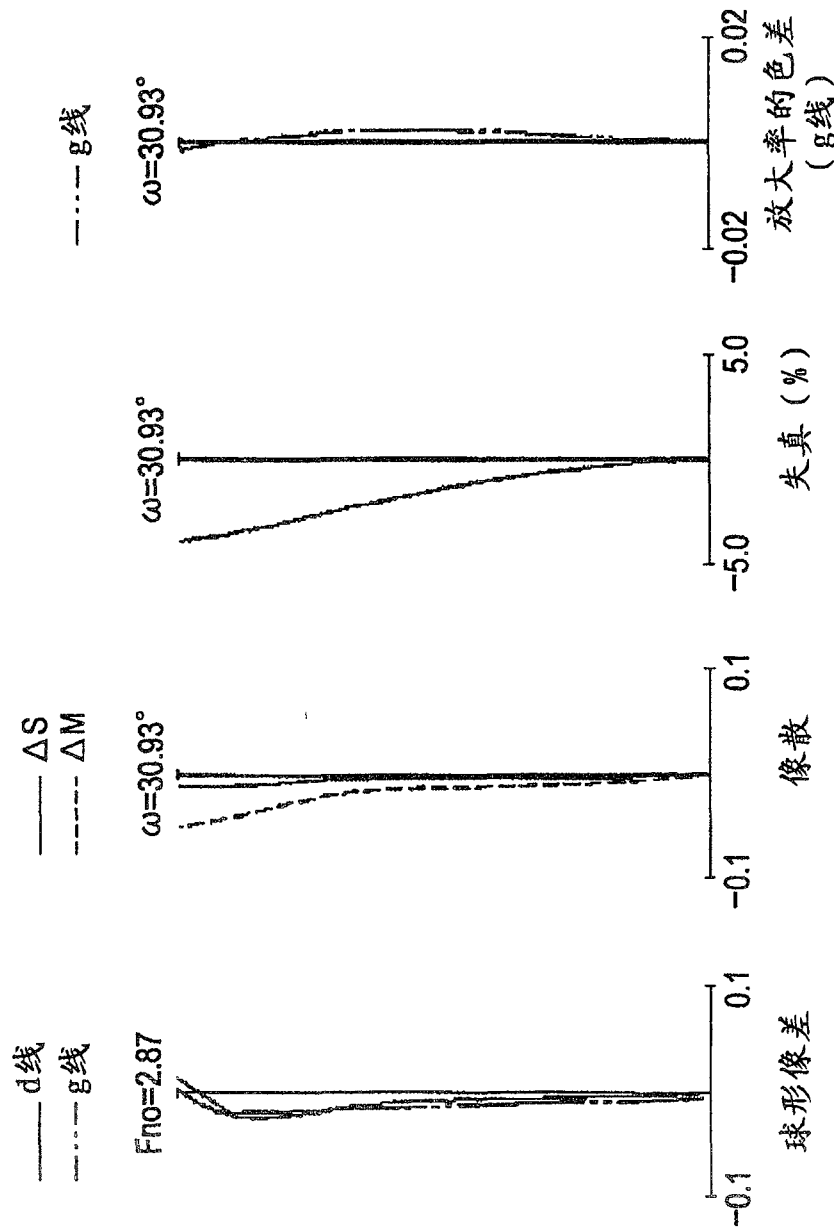


图18



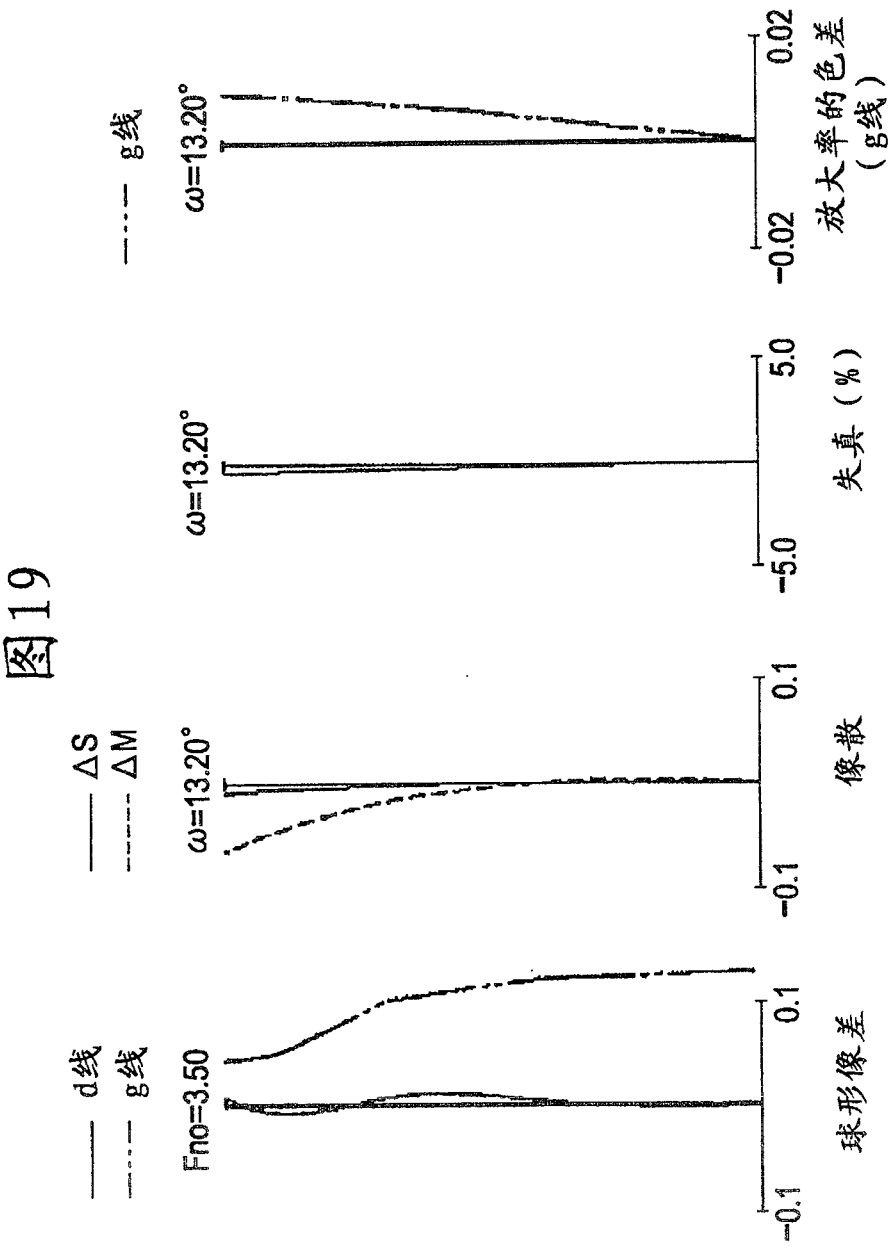


图20

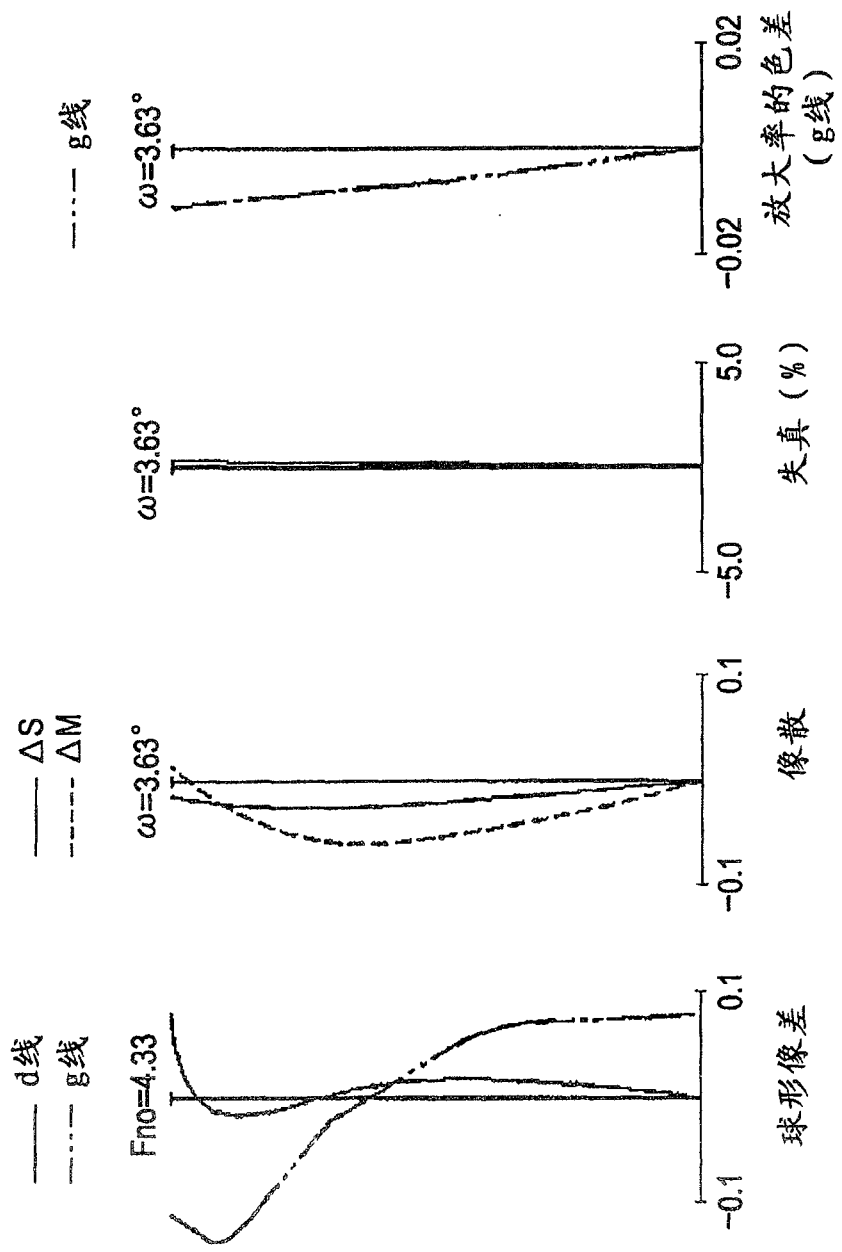


图21

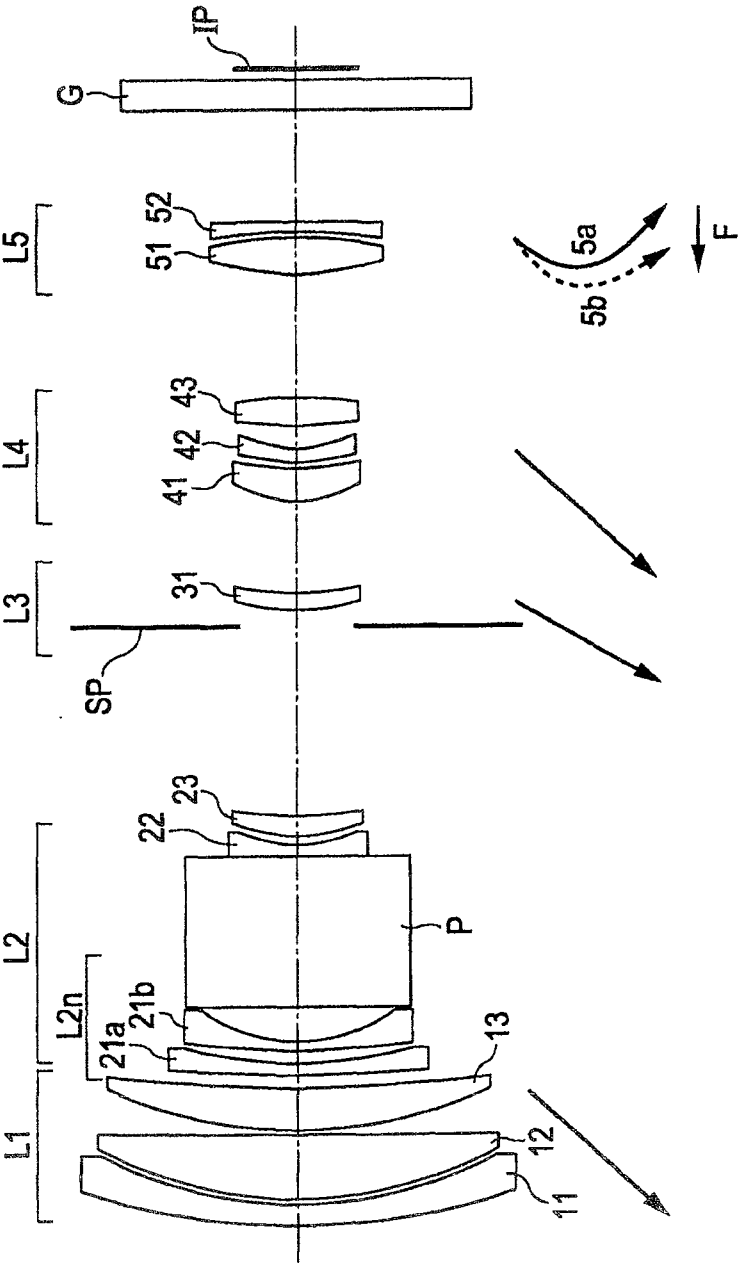


图22

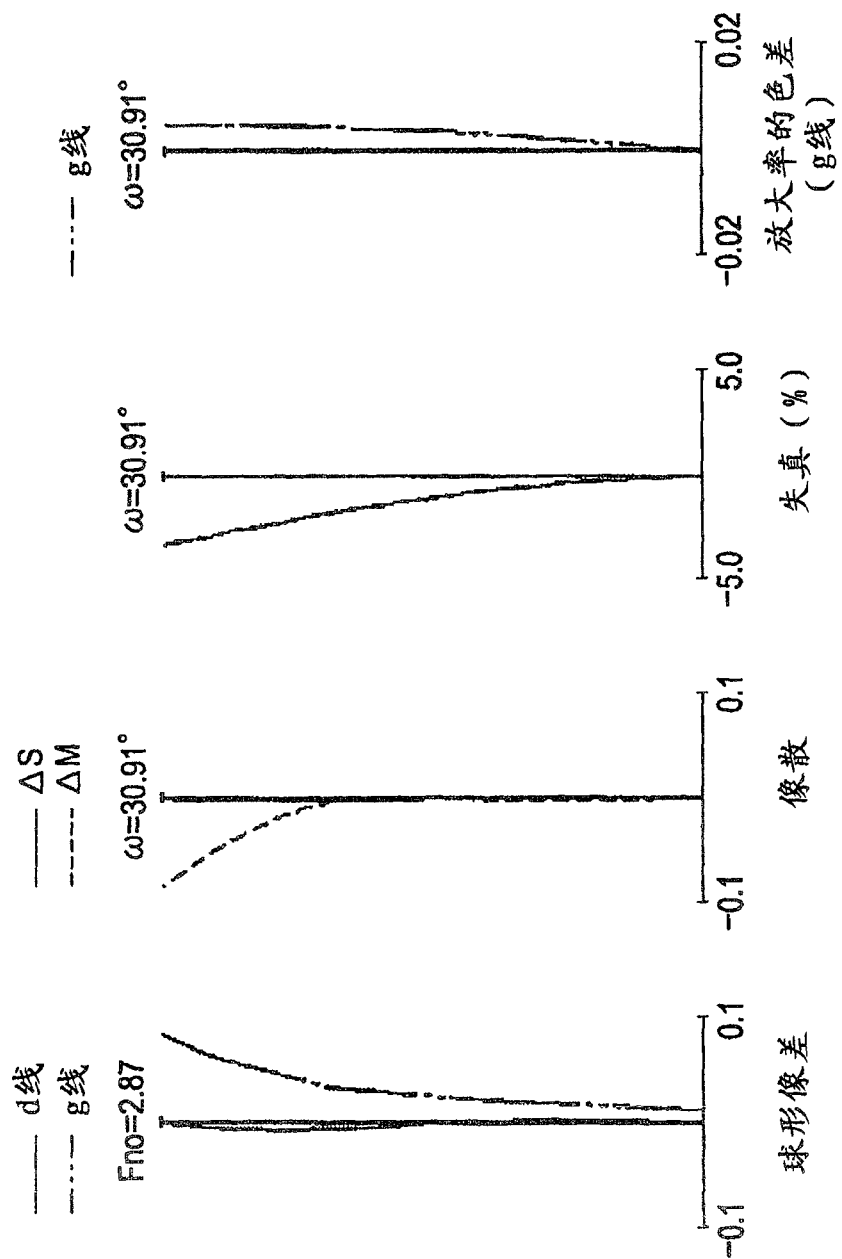


图23

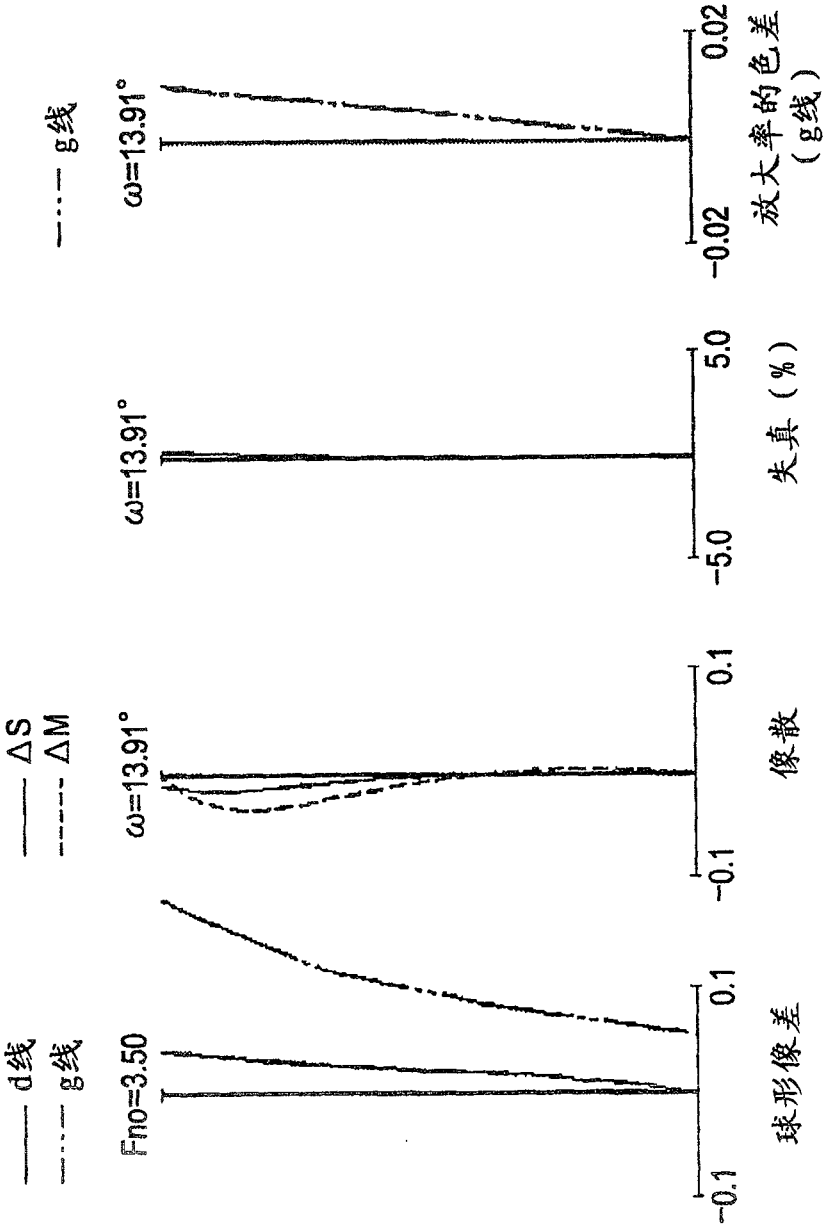


图24

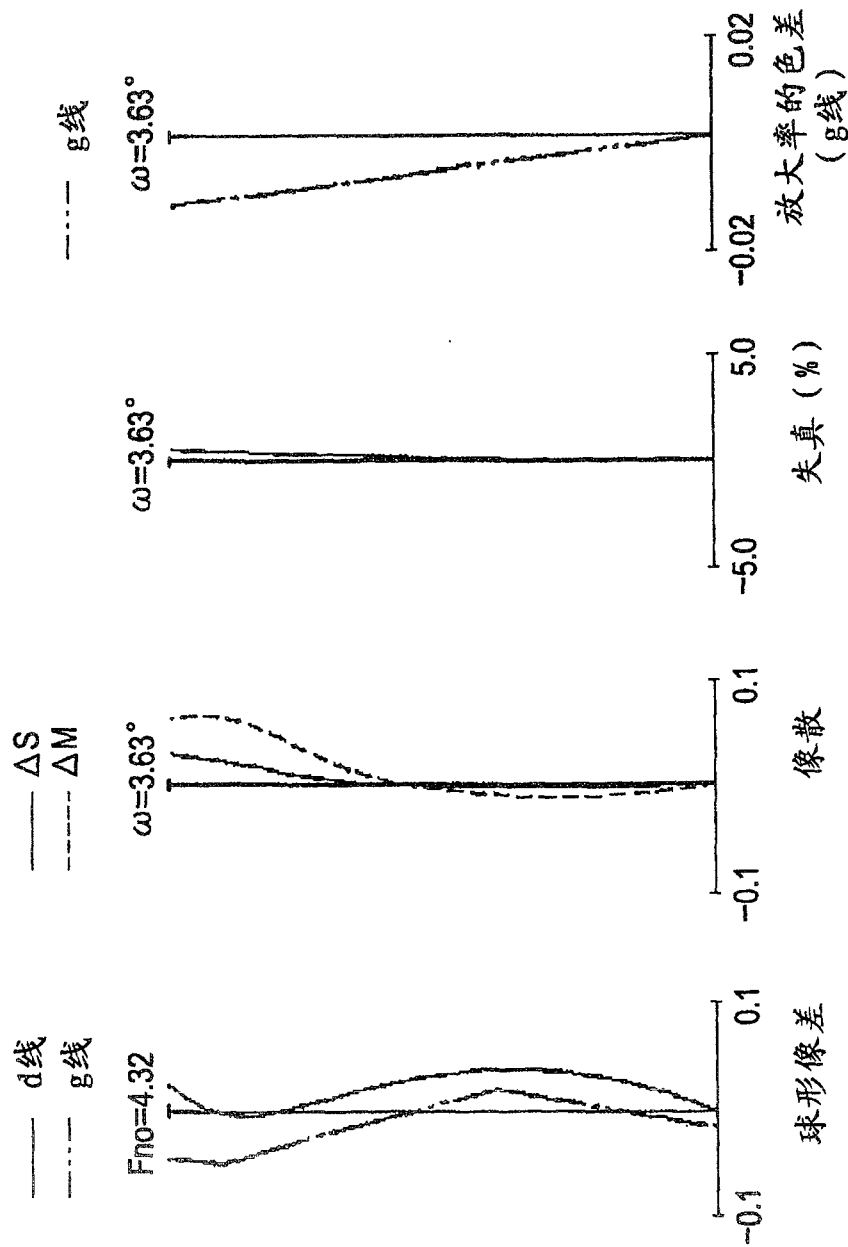


图 25

