

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 15/177 (2006.01)

G02B 9/12 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510076029.9

[45] 授权公告日 2007 年 11 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 100347582C

[22] 申请日 2005.6.3

[21] 申请号 200510076029.9

[30] 优先权

[32] 2004. 6. 4 [33] JP [31] 2004 - 167214

[73] 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 猿渡浩

[56] 参考文献

US6542301B1 2003.4.1

US6532114B1 2003.3.11

US4838666A 1989.6.13

审查员 韩黎敏

[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 曲 瑞

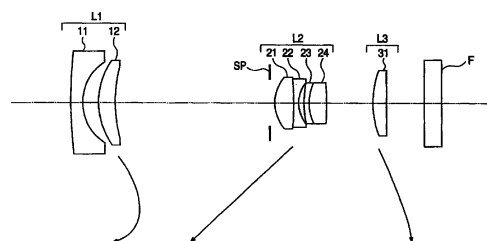
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 9 页

[54] 发明名称

变焦透镜系统以及具有该变焦透镜系统的摄
像装置

[57] 摘要

本发明公开一种自物方侧至像方侧按顺序具有
负光焦度的第 1 透镜组、正光焦度的第 2 透镜组、
正光焦度的第 3 透镜组，通过使各透镜组的间隔变
化来进行变焦的变焦透镜系统。在这样的变焦透镜
系统中，适当地设定第 2 透镜组和第 3 透镜组的变
倍分担，以在大变焦比的同时在全变焦区域维持优
异的光学性能。



1. 一种变焦透镜系统，自物方侧至像方侧按顺序具有负光焦度的第1透镜单元、正光焦度的第2透镜单元、正光焦度的第3透镜单元，在变焦时各透镜组的间隔发生变化，该变焦透镜系统的特征在于，

在设上述第2透镜单元在摄远端的成像倍率相对于在广角端的成像倍率之比为 β_{2z} 、上述第3透镜单元在摄远端的成像倍率相对于在广角端的成像倍率之比为 β_{3z} 时，满足条件：

$$2.6 < \beta_{2z}/\beta_{3z} < 3.5.$$

2. 按照权利要求1所述的变焦透镜系统，其特征在于，

在设上述变焦透镜系统在广角端的全长为 D_w 、上述变焦透镜系统在摄远端的全长为 D_t 、上述变焦透镜系统在广角端的焦距为 f_w 时，满足条件：

$$0.4 < (D_w - D_t) / f_w < 1.2.$$

3. 按照权利要求1所述的变焦透镜系统，其特征在于，

在从广角端至摄远端的变焦时，上述第3透镜单元进行移动以相对于广角端在摄远端位于像方侧。

在设从广角端至摄远端的变焦时的第3透镜单元的移动量为 M_3 ，上述变焦透镜系统在广角端的焦距为 f_w 时，满足条件：

$$0.3 < M_3/f_w < 0.6.$$

4. 按照权利要求1所述的变焦透镜系统，其特征在于，

在从广角端至摄远端的变焦时，上述第1透镜单元以凸状的轨迹移动到像方侧，上述第2透镜单元单调地移动到物方侧，上述第3透镜单元移动到像方侧。

5. 按照权利要求1所述的变焦透镜系统，其特征在于，

上述第1透镜单元由负透镜和正透镜两片透镜组成，该负透镜是非球面透镜。

6. 按照权利要求1所述的变焦透镜系统，其特征在于，

在设上述第1透镜单元的焦距为 f_1 、上述变焦透镜系统在摄远端

的焦距为 f_t 时, 满足条件:

$$0.6 < |f_1/f_t| \leq 0.7.$$

7. 按照权利要求 1 所述的变焦透镜系统, 其特征在于,

上述第 2 透镜单元具有胶合了正透镜和配置在其像方侧的负透镜的胶合透镜。

8. 按照权利要求 1 所述的变焦透镜系统, 其特征在于,

上述变焦透镜系统在光电变换元件上形成像。

9. 一种摄像装置, 其特征在于具有:

权利要求 1~8 中的变焦透镜系统; 以及

对由该变焦透镜系统所形成的像进行感光的光电变换元件。

变焦透镜系统以及具有 该变焦透镜系统的摄像装置

技术领域

本发明涉及可变焦距透镜系统，例如适合于数字静止照相机的摄影光学系统的可变焦距透镜系统。

背景技术

近来，伴随着使用 CCD 传感器或 CMOS 传感器等固体摄像元件的视频摄像机、数字静止照相机等摄像装置（照相机）的高功能化，在用于这些摄像装置的摄影光学系统上要求包含了宽广视场角的大口径比的可变焦距透镜。

在这种照相机中，为了在透镜的最后部与摄像元件之间配置光学低通滤波器或彩色校正滤光片等各种光学元件，要求照相机所用的摄影光学系统具有较长的后截距（back focus）。进而，对使用了彩色图像用摄像元件的彩色照相机的情况，为了避免色彩阴影，还希望在其所使用的光学系统中具有良好像方侧远心光路特性的变焦透镜系统。

过去，人们提出了各种由负光焦度的第 1 透镜组（lens unit）和正光焦度的第 2 透镜组两个透镜组构成，通过改变两者的透镜间隔进行变焦的所谓的短变焦型的两组变焦透镜。在这些短变焦型的变焦透镜中，通过移动正光焦度的第 2 透镜组进行变倍，通过移动负光焦度的第 1 透镜组进行与变倍相伴的像位置的校正。在由这些两个透镜组构成的透镜结构中，变焦比为 2 倍左右。

进而，为了能够在具有 2 倍以上的高变焦比的同时，将透镜整体归纳成紧凑化的形状，在特公平 7-3507 号公报、特公平 6-40170 号公报等中提出了诸如在两组变焦透镜的像方侧配置负或者正光焦度的第 3 透镜组，即配置校正伴随高变焦比化而产生的各种像差的透镜

组的、所谓的三组变焦透镜。

在特开昭 63-135913 号公报、特开平 7-261083 号公报等中提出了诸如满足后截距和远心光路特性的三组变焦透镜。此外，在特开平 3-288113 号公报中还公开了在三组变焦透镜中，固定负光焦度的第 1 透镜组，移动正光焦度的第 2 透镜组和正光焦度的第 3 透镜组进行变焦的光学系统。同样地，在特开平 7-261083 号公报、美国专利第 4999007 号说明书、特开平 11-23967 号公报、特开平 11-287953 号公报或者特开 2001-296475 号公报中也公开了三组变焦透镜。

由于特公平 7-3507 号公报或特公平 6-40170 号公报所公开的三组变焦透镜主要是为 35mm 胶片照相用而设计的，故很难说是一种兼顾了使用固体摄像元件的光学系统所要求的后截距的长度和良好的远心光路特性的变焦透镜。

特开昭 63-135913 号公报、特开平 7-261083 号公报或者特开平 3-288113 号公报所公开的变焦透镜，其构成各透镜组的透镜片数较多，透镜全长较长，制造成本较高。

此外，特开平 7-261083 号公报所公开的变焦透镜在负光焦度的第 1 透镜组的最靠近物方侧配置了正透镜，特别地进行了宽视场角化时，具有透镜外径增大的倾向。进而，在该例子中移动负光焦度的第 1 透镜组使之进行对近距离物体的聚焦，所以还存在与进行变焦的移动相伴机械构造复杂化的倾向。

美国专利第 4999007 号说明书所公开的变焦透镜采用的是分别由 1 片单透镜构成了第 1 透镜组、第 2 透镜组的简单构成的结构，在广角端的透镜全长较大。而且，为了在广角端较大地离开第 1 透镜组与孔径光阑，需要增大轴外光线的入射高，从而增大了构成第 1 透镜组的透镜的直径。因此，存在使透镜系统整体变大的倾向。

特开平 11-23967 号公报所公开的变焦透镜虽然具有 2.5 以上的变焦比，但为了能够在确保从广角端至摄远端的足够的光学性能的基础上确保足够的出射光瞳距离，不能说其可以在透镜全长方面进行充分的紧凑化。

特开平 11-287953 号公报所公开的变焦透镜分别用 3 片单透镜构成了第 1 透镜组以及第 2 透镜组,而特开 2001-296475 号公报公开的变焦透镜则通过用 2 片透镜构成第 1 透镜组进一步实现了紧凑化。但是,它们所公开的变焦比都在 3 倍左右而不是在进一步的高变焦比化时优选的构成。

发明内容

本发明就是在这些现有例子的基础上而完成的,其目的在于提供既实现了更大的变焦比又能够在全变焦区域维持优异的光学性能而不会增加透镜构成片数的变焦透镜。

用以达成上述目的而例示的变焦透镜系统,自物方侧至像方侧按顺序具有负光焦度(光学能力=焦距的倒数)的第 1 透镜组、正光焦度的第 2 透镜组、正光焦度的第 3 透镜组,通过使各透镜组的间隔变化来进行变焦。在这样的变焦透镜系统中,在取第 2 透镜组在摄远端的成像倍率相对于在广角端的成像倍率的之比为 β_{2z} 、第 3 透镜组在摄远端的成像倍率相对于在广角端的成像倍率的之比为 β_{3z} 时,使之满足 $2.6 < \beta_{2z}/\beta_{3z} < 3.5$ 这样的条件,如此就适当地设定了第 2 透镜组与第 3 透镜组的变倍分担。

附图说明

图 1 是实施例 1 的变焦透镜的透镜截面图。

图 2A 以及 2B 是实施例 1 的变焦透镜的各种像差图。

图 3 是实施例 2 的变焦透镜的透镜截面图。

图 4A 以及 4B 是实施例 2 的变焦透镜的各种像差图。

图 5 是实施例 3 的变焦透镜的透镜截面图。

图 6A 以及 6B 是实施例 3 的变焦透镜的各种像差图。

图 7 是实施例 4 的变焦透镜的透镜截面图。

图 8A 以及 8B 是实施例 4 的变焦透镜的各种像差图。

图 9 是数字静止照相机的要部概略图。

具体实施方式

下面,使用附图对本发明的变焦透镜系统的实施例进行说明。在本实施例公开的变焦透镜是将被摄物体像形成到 CCD 传感器或 CMOS 传感器等固体摄像元件(光电变换元件)上的、数字静止照相机等摄像装置用的摄影光学系统。

图 1、3、5、7 分别是实施例 1~4 的变焦透镜在广角端的透镜截面图。图 2A 以及 2B、图 4A 以及 4B、图 6A 以及 6B、图 8A 以及 8B 分别是实施例 1~4 的变焦透镜的像差图,图 2A、图 4A、图 6A 以及图 8A 是广角端的状态,图 2B、图 4B、图 6B 以及图 8B 是摄远端的状态。

在各透镜截面图中,左侧为被摄物体侧(前方),右侧为像方侧(后方)。L1 是负光焦度(光学能力=焦距的倒数)的第 1 透镜组,L2 是正光焦度的第 2 透镜组,L3 是正光焦度的第 3 透镜组。SP 是孔径光阑,F 是相对存在于光学低通滤波器、红外截止滤光片、罩盖玻璃等光路中的平行平板在设计上设置的玻璃模块。

在像差图中,d、g 分别表示 d 线以及 g 线, ΔM 表示子午像面, ΔS 表示弧矢像面,g 线表示倍率色差。

各实施例的变焦透镜在从广角端至摄远端的变焦之际,第 1 透镜组 L1 描画出凸状的一部分轨迹朝像方侧移动,第 2 透镜组移动到物方侧,第 3 透镜组移动到像方侧,以使得各透镜组的间隔变化。

在各实施例的变焦透镜中,利用第 2 透镜组 L2 的移动来进行主要变倍,利用第 1 透镜组 L1 的近似往复移动以及第 3 透镜组一旦移动至物方侧后的向像方侧方向的凸状的移动来校正与变倍相伴随的像位置的移动。

第 3 透镜组 L3 是为达成良好的光学性能而使用的,其分担伴随摄像元件小型化的摄像透镜的折射力的增大,通过减小由第 1、第 2 透镜组 L1、L2 构成的短变焦系统的折射力,可以特别地抑制构成第 1 透镜组 L1 的透镜的像差的产生。此外,通过使第 3 透镜组 L3 担负

场透镜的作用，可以特别地达成使用了固体摄像元件等的摄像装置需要的像方侧的远心光路的成像。

此外，在实施例1~3中，孔径光阑SP配置在第2透镜组L2的最靠近物方侧，通过缩小广角侧的入瞳与第1透镜组L1的距离，可以抑制构成第1透镜组L1的透镜的外径的增大。进而，通过使第1透镜组L1和第3透镜组L3挟持孔径光阑SP作用，可以使之相互配合消除轴外的各种像差，可不增加构成透镜片数地获得良好的光学性能。

另一方面，在实施例4中，通过在第2透镜组L2内配置孔径光阑SP，在其物方侧配置凸形状的正透镜，可以极大地减小第1透镜组L1与第2透镜组L2在摄远端的光轴上的间隔。作为结果，将可以在缩短全长的同时达成前透镜镜片的小型化。

无论哪一个实施例的变焦透镜，都是其第1透镜组L1具有至少一片的负透镜和一片正透镜，第2透镜组L2具有胶合了正透镜和配置在其像方侧的负透镜的胶合透镜，第3透镜组L3具有至少一片的正透镜。

下面，对各实施例的变焦透镜的具体的透镜构成进行说明。

图1所示的实施例1的变焦透镜，自物方侧至像方侧按顺序由凹面朝向像方侧的弯月形状的负透镜11、凸面朝向物方侧的弯月形状的正透镜12两片透镜构成的负光焦度的第1透镜组L1。而且，自物方侧至像方侧按顺序由两透镜面为凸形状的正透镜21、两透镜面为凹形状的负透镜22、凸面朝向物方侧的弯月形状的负透镜23、两透镜面为凸形状的正透镜24的四片透镜构成的正光焦度的第2透镜组L2。而且，设正透镜21和负透镜22为胶合透镜，负透镜23和正透镜24为胶合透镜。另外，由两透镜面为凸形状的正透镜31构成的正光焦度的第3透镜组L3。

图3所示的实施例2的变焦透镜虽然其构成各个透镜组的透镜片数、正·负的配置等与实施例1的变焦透镜完全相同，但在透镜形状方面存在着不同。实施例2的第1透镜组L1由弯月形状的负透镜11和

弯月形状的正透镜 12 构成。第 2 透镜组 L2 由凹面朝向像方侧的弯月形状的正透镜 21、凹面朝向同样像方侧的弯月形状的负透镜 22、弯月形状的负透镜 23、两透镜面为凸形状的正透镜 24 构成，且正透镜 21 和负透镜 22、负透镜 23 和正透镜 24 为胶合透镜。第 3 透镜组 L3 由像方侧的面为平面的正透镜 31 构成。

图 5 所示的实施例 3 的变焦透镜包括：与其他的实施例同样地由凹面朝向像方侧的弯月形状的负透镜 11、凸面朝向物方侧的弯月形状的正透镜 12 两片透镜构成的负光焦度的第 1 透镜组 L1。而且，自物方侧至像方侧按顺序由两透镜面为凸形状的正透镜 21、两透镜面为凹形状的负透镜 22、两透镜面为凸形状的正透镜 23 构成的正光焦度的第 2 透镜组 L2，且正透镜 21 与负透镜 22 为胶合透镜。另外，由两透镜面为凸形状的正透镜 31 构成的正光焦度的第 3 透镜组 L3。

图 7 所示的实施例 4 的变焦透镜，仍然与其他的实施例同样地由凹面朝向像方侧的弯月形状的负透镜 11、凸面朝向物方侧的弯月形状的正透镜 12 两片透镜构成的负光焦度的第 1 透镜组 L1。而且，自物方侧至像方侧按顺序由物方侧为凸形状的正透镜 21、两透镜面为凸形状的正透镜 22、两透镜面为凹形状的负透镜 23、两透镜面为凸形状的正透镜 24 构成的正光焦度的第 2 透镜组 L，且正透镜 22 与负透镜 23 为胶合透镜。另外，由两透镜面为凸形状的正透镜 31 构成的正光焦度的第 3 透镜组 L3。

如上述这样，在各实施例的变焦透镜中，通过对各透镜组采用兼顾了所期望的折射力配置和像差校正的透镜构成，就可以在保持良好性能的同时，达成透镜系统整体的紧凑化。

下面，对涉及各实施形态整体的普遍性的特征进行说明。

第 1 透镜组 L1 具有使轴外主光线（principal ray）瞳成像在孔径光阑 SP 的中心的作用，特别地，由于在广角侧轴外主光线的折射量变大，故易于产生各种轴外像差，特别是像散性像差和畸变像差。

各实施例均与通常的广角透镜同样地采用了可以抑制最靠近物方侧的透镜孔径增大的负透镜和正透镜的构成。进而，通过根据需要

使弯月形状的负透镜 11 的像方侧的透镜面采用在透镜周边负的折射力变弱的形状的非球面，就可以在平衡性良好地校正像散性像差和畸变像差的同时，以较少的透镜片数构成第 1 透镜组 L1，而有助于透镜整体的紧凑化。

此外，为抑制因轴外主光线的折射引起的轴外像差的产生，构成第 1 透镜组 L1 的各个透镜采用了近似以孔径光阑 SP 和光轴交叉的点为中心的同心球面的形状。

其次，第 2 透镜组 L2 在其透镜组中的最靠近物方侧配置物方侧比像方侧具有更强折射力的凸面的正透镜 21，采用了减小在第 1 透镜组 L1 出射的轴外主光线的折射角且较小各种轴外像差产生的透镜形状。

另外，配置在孔径光阑 SP 附近的正透镜是轴上光线通过的高度最高的透镜，是主要有助于球面像差、彗形像差的校正的透镜。因而，配置在第 2 透镜组 L2 的孔径光阑 SP 附近的正透镜的物方侧的透镜面采用在透镜周边正的折射力变弱的形状的非球面为好。由此，良好地校正球面像差、彗形像差就变得容易。

进而，在各实施例中，为了对应与固体摄像元件的高像素化以及像素间隙微细化相伴而要求的色差量的缩小化，通过对第 2 透镜组 L2 配置胶合透镜，可以良好地校正轴上色差以及倍率色差。

还有，在实施例 1 以及实施例 2 中，采用了作为胶合了正透镜 21 和负透镜 22 的整体具有正光焦度的胶合透镜和负透镜 23、正透镜 24 共 4 片透镜的构成。采用该构成的优点在于：可以将所谓的三合（三个一组）透镜型中的负透镜成分的折射力分离成 2 种成分，以便对三合透镜型这样的利用单一的负透镜成分的像差校正方法增加像差校正方面的自由度。其结果是可以三合透镜型中，不必进行通过增大负透镜成分的玻璃厚度而校正的轴外光斑的校正、或利用设置在负透镜成分前后的两个负的空气透镜的球面像差校正，与三合透镜型相比较可以减小第 2 透镜组 L2 的光轴上的厚度。这样将有助于光学全长的缩短以及伸缩时的透镜全长缩短。

其次，第3透镜组L3由在物方侧设置了凸面形状的正透镜31构成，也具有作为用于形成像方侧远心光路的场透镜的作用。

如果在此设后截距为 sk' 、第3透镜组L3的焦距为 $f3$ 、第3透镜组的成像倍率为 $\beta3$ ，则下面的关系成立

$$sk' = f3(1 - \beta3)。$$

其中， $0 < \beta3 < 1.0$ 。

这里，在从广角端至摄远端的变焦时，如果第3透镜组L3移动到像方侧则后截距 sk' 减小，第3透镜组L3的成像倍率 $\beta3$ 在望远侧增大。

于是，结果就能够用第3透镜组L3分担变倍，第2透镜组L2的移动量减少，由于能够节约用于它的空间故有助于透镜系统的小型化。

在使用各实施例的变焦透镜进行从无限远物体到近距离物体的摄影时，通过向物方侧移动第1透镜组L1就可以得到良好的性能，但进一步最好是能够使第3透镜组L3移动到物方侧。

这是因为，这样做可以防止聚焦配置在最靠近物方侧的第1透镜组L1时产生的、因移动前球径增大、透镜重量最重的第1透镜组L1而造成的驱动装置的负荷增大，进而可以通过凸轮等单纯地连动第1透镜组L1和第2透镜组L2并在进行变焦时使其移动，从而能够达到机械构造的简化以及精度提高。

此外，在利用第3透镜组L3进行聚焦时，通过在从广角端至摄远端的变焦时使第3透镜组L3移动到像方侧，就可以在聚焦移动量大的摄远端进一步在像方侧配置第3透镜组L3。为此，就可以使进行变焦以及进行聚焦所需要的第3透镜组L3的总移动量为最小，达到透镜系统的紧凑化。

此外，各实施例的变焦透镜满足下面所示的各种条件，以用于在高变焦比下得到良好的光学性能，以及谋求透镜系统整体的小型化。在本发明的变焦透镜中，通过使之满足这些诸多条件中的至少一个条件，就可以得到由满足各自的条件式所带来的光学性能的提高以及透镜系统整体小型化之类的效果。

在设第 2 透镜组 L2 在摄远端的成像倍率相对于在广角端的成像倍率之比为 β_{2z} 、第 3 透镜组在摄远端的成像倍率相对于在广角端的成像倍率之比为 β_{3z} 时，满足以下条件。

$$2.6 < \beta_{2z}/\beta_{3z} < 3.5 \quad \dots \dots (1)$$

条件式 (1) 是表示第 2 透镜组 L2 与第 3 透镜组 L3 的变倍分担的关系式，若超过下限值则第 2 透镜组 L2 的变倍负担就不够充分，难以实现超过 3 倍的大的变焦比。而加大第 3 透镜组 L3 的移动量又会在全长的短缩化方面产生问题。另一方面，若超过上限值则因第 2 透镜组 L2 的变倍负担变得过大而需要增加构成组的透镜片数，由于这就有必要分散在第 2 透镜组 L2 内的像差的负担，故结果上小型化将变得困难。

条件式 (1) 最好能够如下进行设定。

$$2.65 < \beta_{2z}/\beta_{3z} < 3.35 \quad \dots \dots (1a)$$

其次，为了前球径的小型化和校正在广角端的画面周边部的像面弯曲，在设变焦透镜全系统在广角端的全长为 D_w 、在摄远端的全长为 D_t 、在变焦透镜全系统的广角端的焦距为 f_w 时，最好满足以下条件。

$$0.4 < (D_w - D_t) / f_w < 1.2 \quad \dots \dots (2)$$

条件式 (2) 是表示在变焦端的透镜全长的比率的关系式，如果超过下限值则在广角端的轴外的入射光束高度变大，不利于在广角端的像面像差的校正。由于透镜的外径近似决定于位于最靠近物方侧的负透镜的外径，故在广角端的入射光束高度变大与透镜的小直径化背道而驰。

另一方面，如果超过上限值，则由于第 1 透镜组 L1 的移动量变大，故在朝像方侧具有凸状的移动轨迹的本实施例的变焦类型中，对驱动装置 (actuator) 的负担较大。虽然还考虑增大向第 3 透镜组 L3 的像方侧的移动量，但如果考虑到各种滤光片类配置在透镜系统和摄像元件之间，则必须确保后截距，这也对小型化构成障碍。

条件式 (2) 最好能够如下进行设定。

$$0.45 < (D_w - D_t) / f_w < 1.1 \quad \dots \dots (2a)$$

再者，为了在确保 4 倍左右的变焦比的基础上谋求全长的小型化，在设从广角端至摄远端的变焦时的第 3 透镜组的移动量 (广角端的位

置与摄远端的位置之差)为 $M3$ 时, 最好能够满足以下条件。

$$0.3 < M3/fw < 0.6 \quad \dots \dots (3)$$

条件式(3)是有关第3透镜组的移动量的条件, 如果超过下限值则由于不能得到通过第3透镜组的足够的变倍效果, 故难以实现高变焦比化。

另一方面, 如果超过上限值则由于第3透镜组向像方侧的移动量变大, 如条件式(2)所示的那样, 不利于小型化。

条件式(3)最好能够如下进行设定。

$$0.34 < M3/fw < 0.55 \quad \dots \dots (3a)$$

为了能够在高变焦比的同时确保足够的后截距, 在设第1透镜组 $L1$ 的焦距为 $f1$ 、变焦透镜系统整体在摄远端的焦距为 ft 时, 其最好能够满足以下条件。

$$0.6 < |f1/ft| \leq 0.7 \quad \dots \dots (4)$$

条件式(4)是用于适当地确保第1透镜组 $L1$ 的折射力的条件式, 如果超过其下限值, 则因第1透镜组 $L1$ 的折射力变强而难以校正变焦差异的畸变或像面弯曲的变动。相反若超过上限值, 则难以确保后截距。

接着, 给出对应实施例1~4的数值实施例1~4的数值数据。在数值实施例中, f 表示焦距, Fno 表示 F 数, ω 为半视场角。 i 表示从物方侧数起的顺序, Ri 为第 i 个的面的曲率半径, Di 为第 i 个的面和第 $(i+1)$ 个的面的轴上间隔, Ni 和 vi 分别为以第 i 个的面和第 $(i+1)$ 个的面之间的材料的 d 线为基准的折射率和阿贝数。

当设光的行进方向为正, x 为离开光轴方向的面顶点的变位置量, h 为离开与光轴垂直的方向的光轴的高度, R 为近轴曲率半径, k 为圆锥常数, $B \sim E$ 分别为非球面系数时, 非球面形状用下式来表示。

【公式1】

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

此外, “ $D \pm Z$ ”意味着“ $\times 10^{\pm Z}$ ”。

另外, 表1给出了前述的各条件式与数值实施例的关系。

(数值实施例1)

 $f=6.03-22.94$ $Fno=2.7-5.6$ $2\omega=61.0^{\circ}-17.6^{\circ}$

R1=	85.239	D1=	1.30	N1=	1.80238	ν 1=	40.2
R2=	5.262	D2=	1.62	N2=	1	ν 2=	1
R3=	9.055	D3=	1.80	N3=	1.84666	ν 3=	23.9
R4=	25.992	D4=	可变	N4=	1	ν 4=	1
R5=	∞	D5=	0.64	N5=	1	ν 5=	1
R6=	4.478	D6=	2.00	N6=	1.80238	ν 6=	40.8
R7=	-26.613	D7=	0.50	N7=	1.69895	ν 7=	30.1
R8=	3.659	D8=	0.70	N8=	1	ν 8=	1
R9=	12.478	D9=	0.50	N9=	1.69895	ν 9=	30.1
R10=	6.194	D10=	1.80	N10=	1.58313	ν 10=	59.4
R11=	-21.779	D11=	可变	N11=	1	ν 11=	1
R12=	15.944	D12=	1.30	N12=	1.48749	ν 12=	70.2
R13=	-139.647	D13=	可变	N13=	1	ν 13=	1
R14=	∞	D14=	2.00	N14=	1.51633	ν 14=	64.1
R15=	∞						

	焦距			
可变间隔		6.03	11.71	22.94
D4		16.50	4.67	0.69
D11		5.17	8.96	24.62
D13		3.95	5.77	1.00

非球面系数

第2面

 $k=-1.71216$ $B=8.94917D-04$ $C=-5.38070D-06$ $D=1.191609D-08$ $E=1.11975D-09$

第6面

 $k=-3.42673D-01$ $B=-5.51323D-05$ $C=1.21893D-06$ $D=3.54443D-08$ $E=-3.54915D-09$

(数值实施例2)

 $f=6.09-24.17$ $Fno=2.8-5.7$ $2\omega=60.5^{\circ}-16.7^{\circ}$

R1= 186.908	D1= 1.70	N1= 1.69350	ν 1= 53.3
R2= 5.400	D2= 1.98	N2= 1	ν 2= 1
R3= 9.188	D3= 2.00	N3= 1.76182	ν 3= 26.5
R4= 20.411	D4= 可变	N4= 1	ν 4= 1
R5= ∞	D5= 2.00	N5= 1	ν 5= 1
R6= 5.183	D6= 2.20	N6= 1.80610	ν 6= 40.7
R7= 23.821	D7= 0.50	N7= 1.69895	ν 7= 30.1
R8= 4.549	D8= 0.60	N8= 1	ν 8= 1
R9= 9.640	D9= 0.50	N9= 1.80610	ν 9= 33.3
R10= 4.317	D10= 2.60	N10= 1.58313	ν 10= 59.4
R11= -23.713	D11= 可变	N11= 1	ν 11= 1
R12= 17.314	D12= 1.60	N12= 1.48749	ν 12= 70.2
R13= ∞	D13= 可变	N13= 1	ν 13= 1
R14= ∞	D14= 2.00	N14= 1.51633	ν 14= 64.1
R15= ∞			

焦距		6.09	12.21	24.17
可变间隔	D4	19.00	6.54	0.78
	D11	5.65	13.19	28.27
	D13	3.96	3.62	1.34

非球面系数

第2面

 $k=-2.47397$ $B=1.39245D-03$ $C=-1.76536D-05$ $D=1.93211D-07$

第6面

 $k=-7.60196D-01$ $B=3.94992D-04$ $C=8.06311D-06$ $D=1.52192D-07$ $E=2.302745D-09$

(数值实施例3)

f=6.12-23.0

Fno=2.6-5.6

 $2\omega=60.2^\circ-17.5^\circ$

R1=	46.462	D1=	1.30	N1=	1.68343	v1=	52.4
R2=	4.790	D2=	1.90	N2=	1	v2=	1
R3=	7.607	D3=	1.60	N3=	1.76182	v3=	26.5
R4=	13.722	D4=	可变	N4=	1	v4=	1
R5=	∞	D5=	0.64	N5=	1	v5=	1
R6=	4.715	D6=	2.25	N6=	1.80238	v6=	40.7
R7=	31.015	D7=	0.55	N7=	1.80518	v7=	25.4
R8=	4.090	D8=	0.70	N8=	1	v8=	1
R9=	14.127	D9=	1.45	N9=	1.60311	v9=	60.6
R10=	-16.232	D10=	可变	N10=	1	v10=	1
R11=	17.960	D11=	1.60	N11=	1.48749	v11=	70.2
R12=	-35.631	D12=	可变	N12=	1	v12=	1
R13=	∞	D13=	2.00	N13=	1.54427	v13=	70.6
R14=	∞						

可变间隔	焦距			
		6.12	11.84	23.00
	D4	16.00	4.29	1.52
	D10	6.21	9.31	27.30
	D12	3.76	6.74	1.67

非球面系数

第2面

k=-1.58884

B=1.21851D-03 C=-5.16576D-06 D=1.94233D-07

第6面

k=-3.68649D-01

B=1.42548D-05 C=3.14446D-06 D=-2.37539D-09 E=5.32019D-09

(数值实施例4)

f=6.09-22.98 Fno=2.6-5.6

 $2\omega=60.5^{\circ}\sim 17.6^{\circ}$

R1= 133.316	D1= 1.70	N1= 1.80238	v1= 40.8
R2= 5.400	D2= 1.79	N2= 1	v2= 1
R3= 9.671	D3= 2.00	N3= 1.80518	v3= 25.4
R4= 43.024	D4= 可变	N4= 1	v4= 1
R5= 9.859	D5= 1.20	N5= 1.60311	v5= 60.6
R6= ∞	D6= 1.20	N6= 1	v6= 1
R7= ∞	D7= 1.20	N7= 1	v7= 1
R8= 6.288	D8= 2.30	N8= 1.7433	v8= 49.2
R9= -20.810	D9= 0.50	N9= 1.76182	v9= 26.5
R10= 4.665	D10= 1.50	N10= 1	v10= 1
R11= 34.534	D11= 1.20	N11= 1.84666	v11= 23.9
R12= -93.876	D12= 可变	N12= 1	v12= 1
R13= 16.453	D13= 1.60	N13= 1.48749	v13= 70.2
R14= -42.191	D14= 可变	N14= 1	v14= 1
R15= ∞	D15= 2	N15= 1.51633	v15= 64.1
R16= ∞	D16= 0.19936	N16= 1	v16= 1

		焦距		
可变间隔		6.09	11.76	22.98
	D4	17.00	5.73	0.49
	D12	2.18	8.75	21.54
	D14	3.95	3.47	0.59

非球面系数

第2面

k=-2.32625

B=1.30212D-03 C=-2.35872D-05 D=6.52041D-07 E=-1.01189D-08

第8面

k=-9.36521D-01

B=3.02866D-04 C=-1.37859D-06

(表 1)

	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4
条件式 (1)	2.98	3.32	3.02	2.67
条件式 (2)	0.6	0.72	1.08	0.47
条件式 (3)	0.49	0.43	0.34	0.55
条件式 (4)	0.64	0.6	0.61	0.7

接着,使用图 9 说明作为摄影光学系统使用了实施例 1~4 的变焦透镜的光学设备的实施例。

图 9 是在数字静止照相机中使用了本发明的变焦透镜系统的例子。图 9 中,20 是照相机本体,21 是用实施例 1~4 说明过的任一变焦透镜构成的摄影光学系统,22 是内置于照相机本体、感光由摄影光学系统 21 形成的被摄物体像的 CCD 传感器或 CMOS 传感器等固体摄像元件(光电变换元件),23 是记录对应于由固体摄像元件 22 进行了光电变换的被摄物体像的信息的存储器,24 是由液晶显示面板等构成的、用于观察形成在固体摄像元件 22 上的被摄物体像的取景器。

这样,通过将本发明的变焦透镜系统适用于视频摄像机或数字静止照相机等摄像装置,就可以实现小型且具有高光学性能的摄像装置。

图1

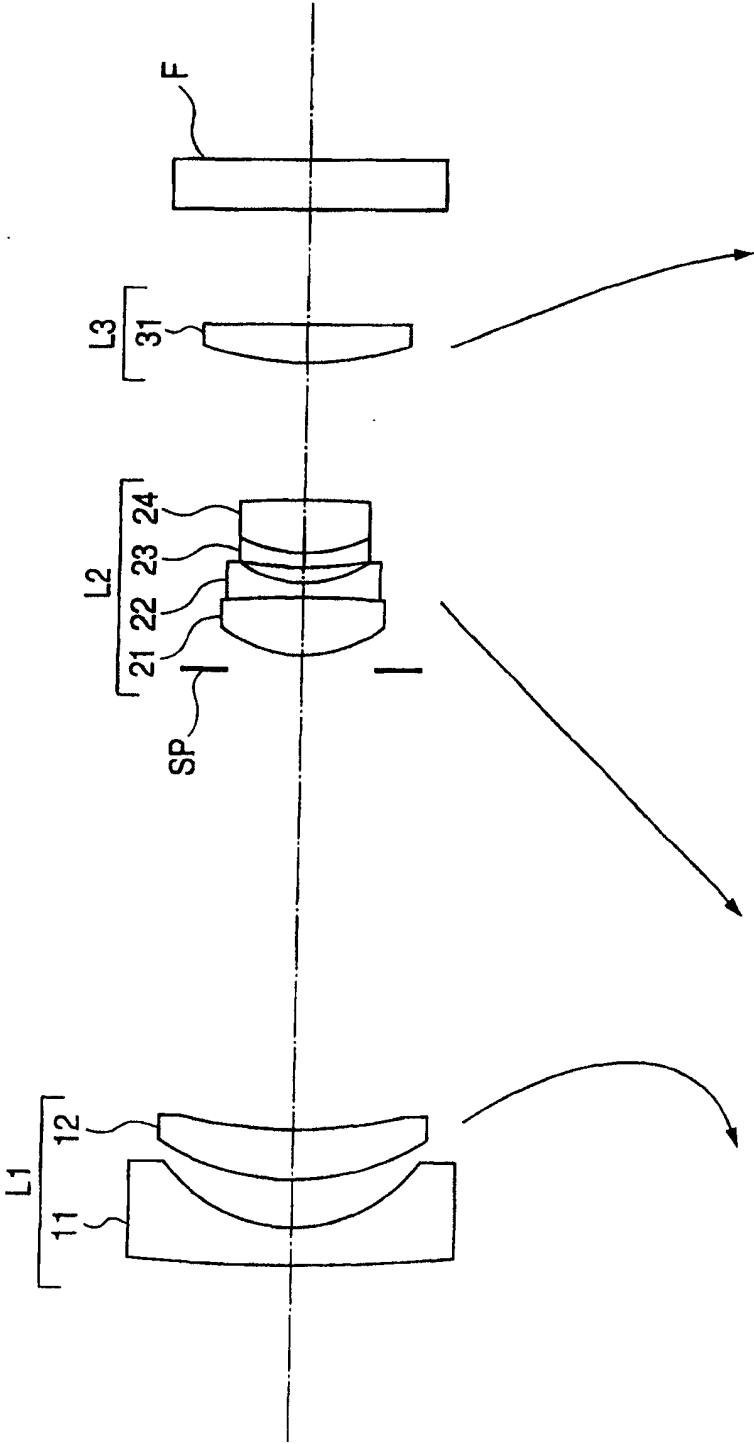


图 2A

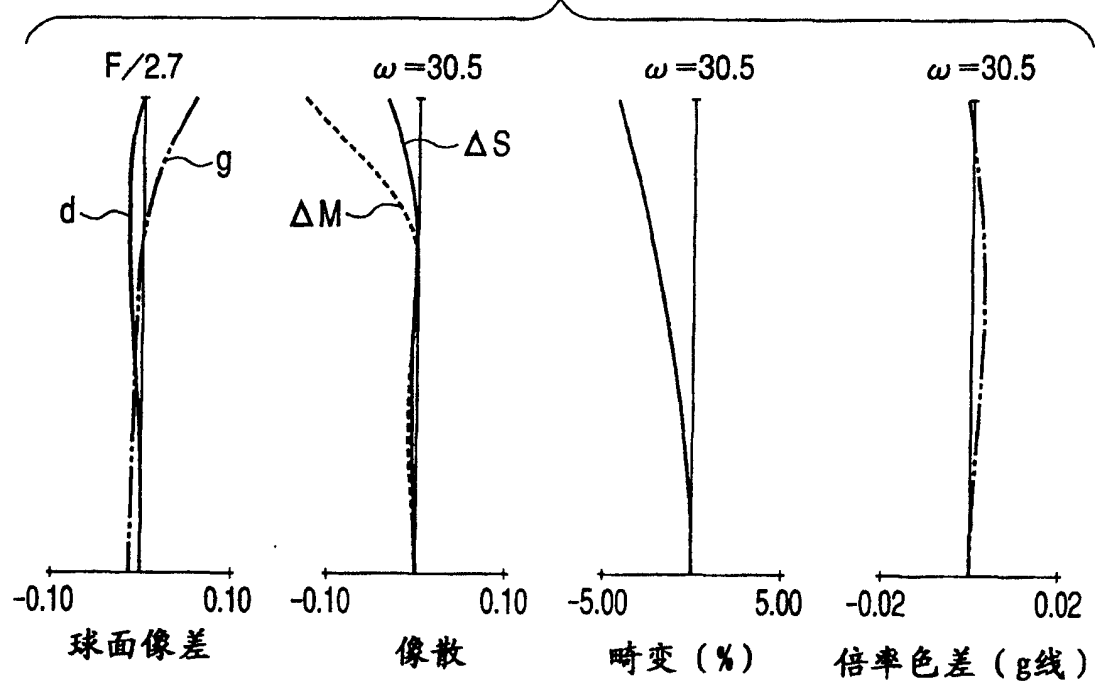


图 2B

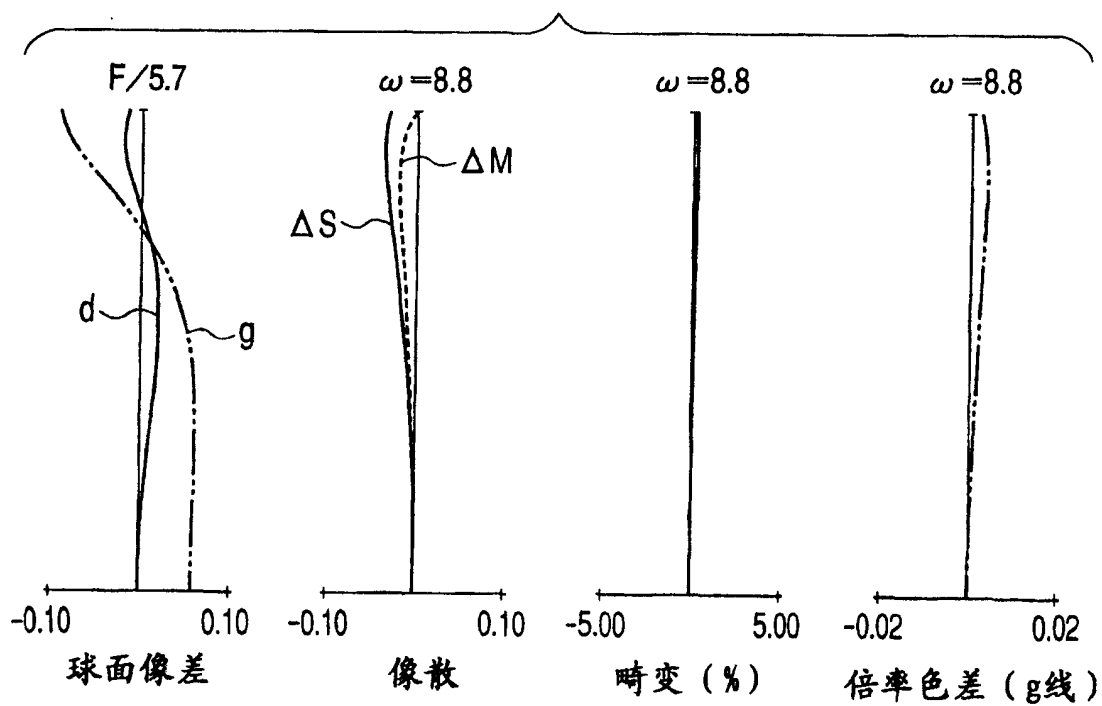


图 3

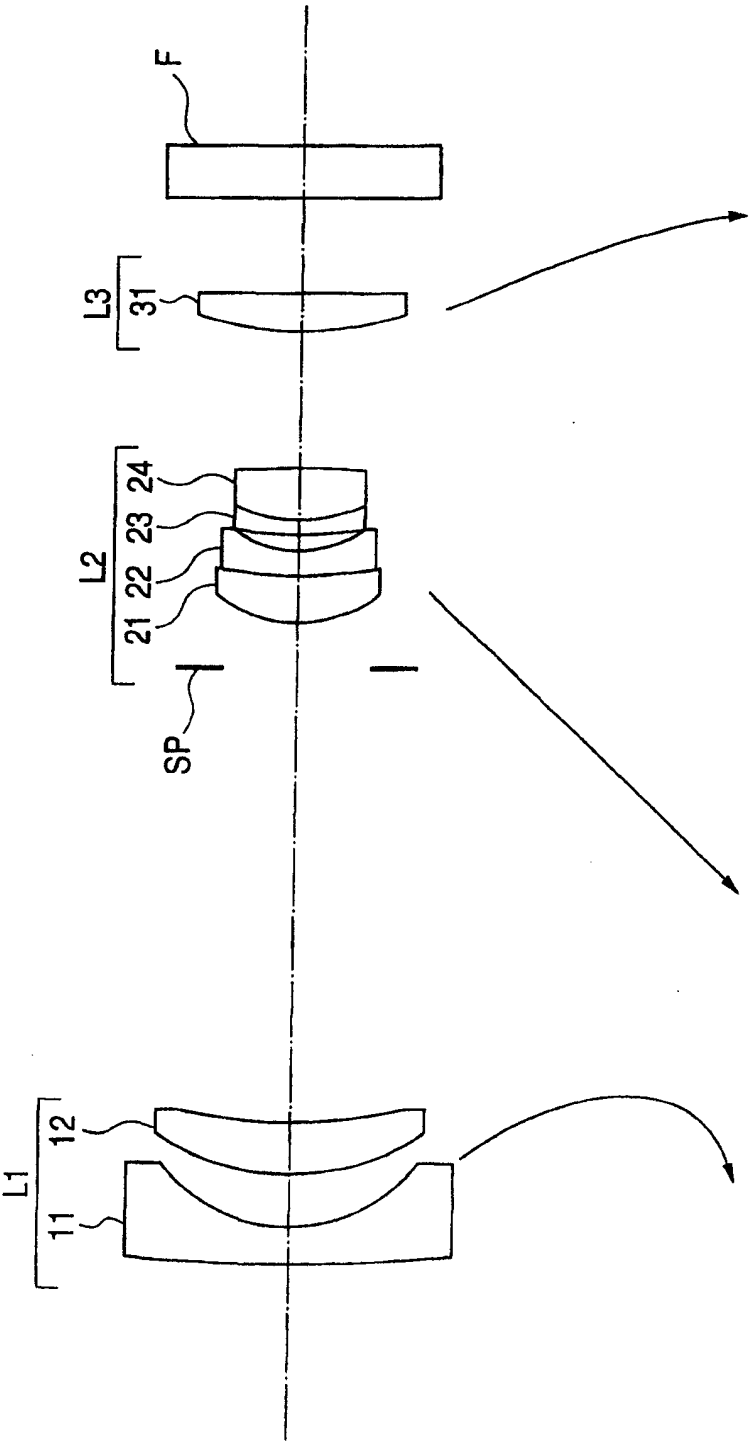


图 4A

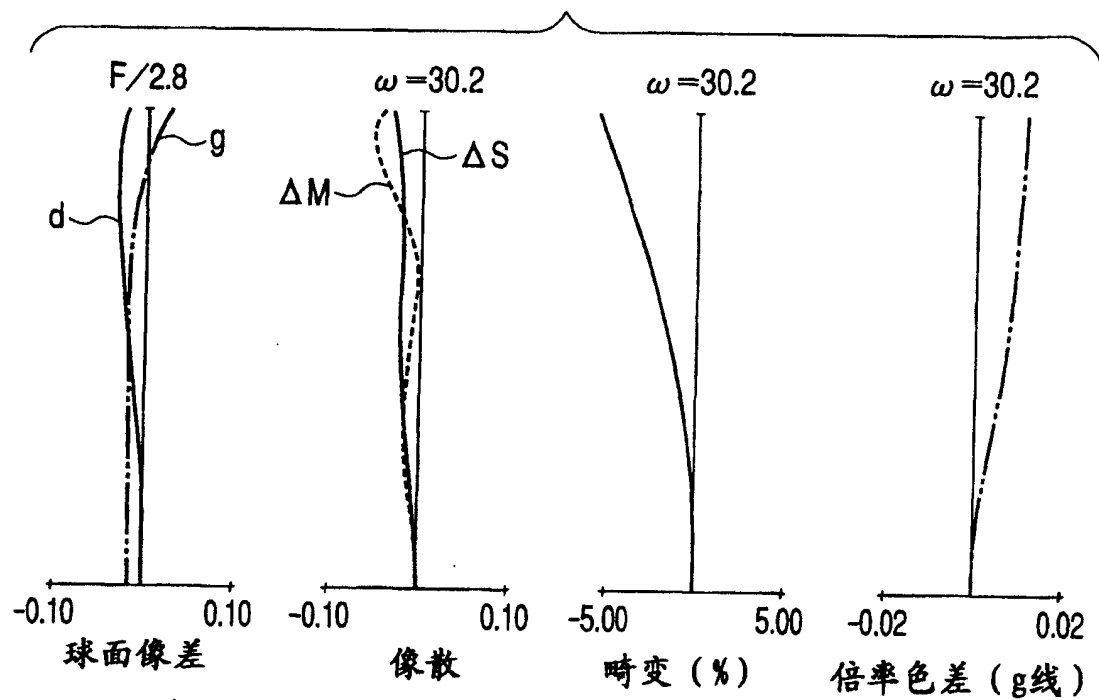


图 4B

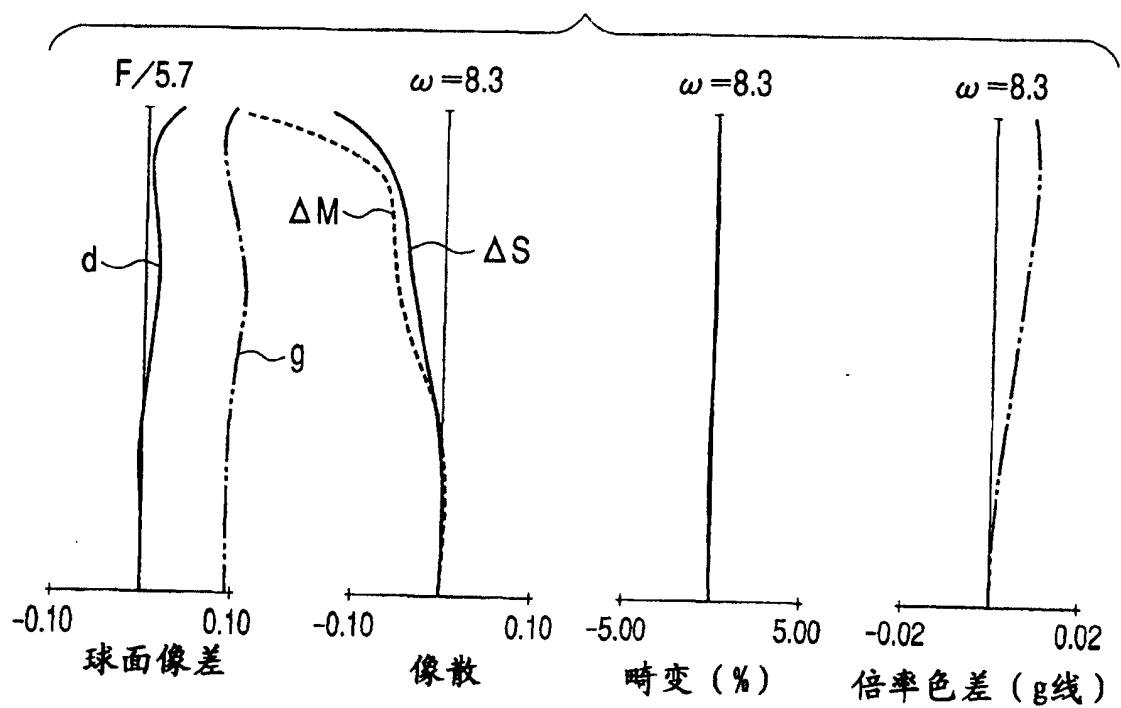


图5

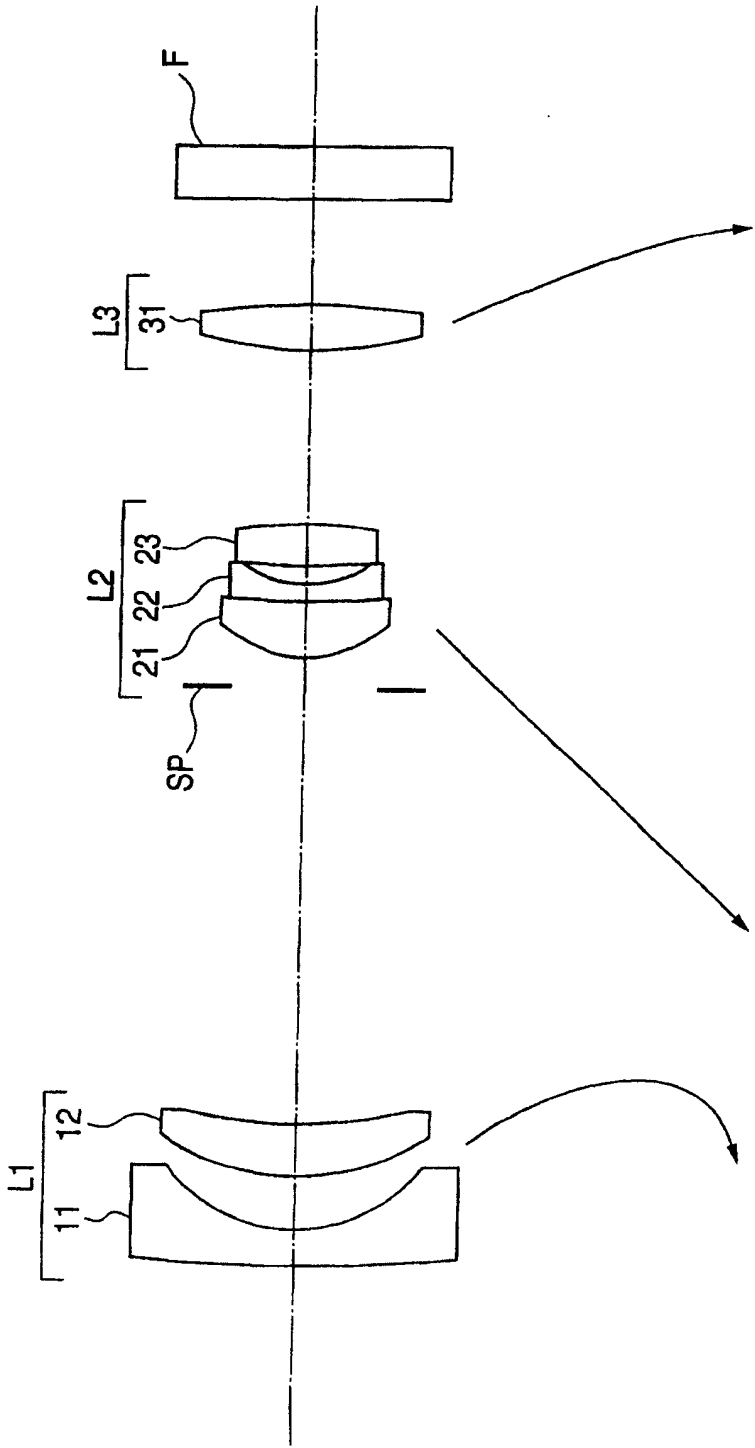


图 6A

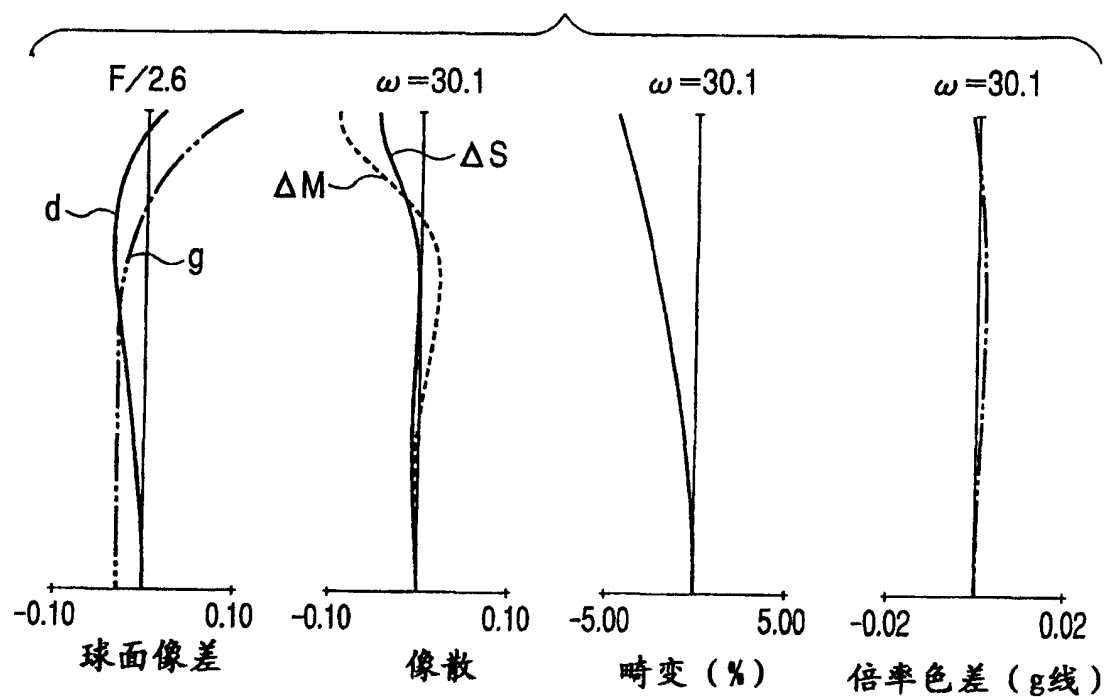


图 6B

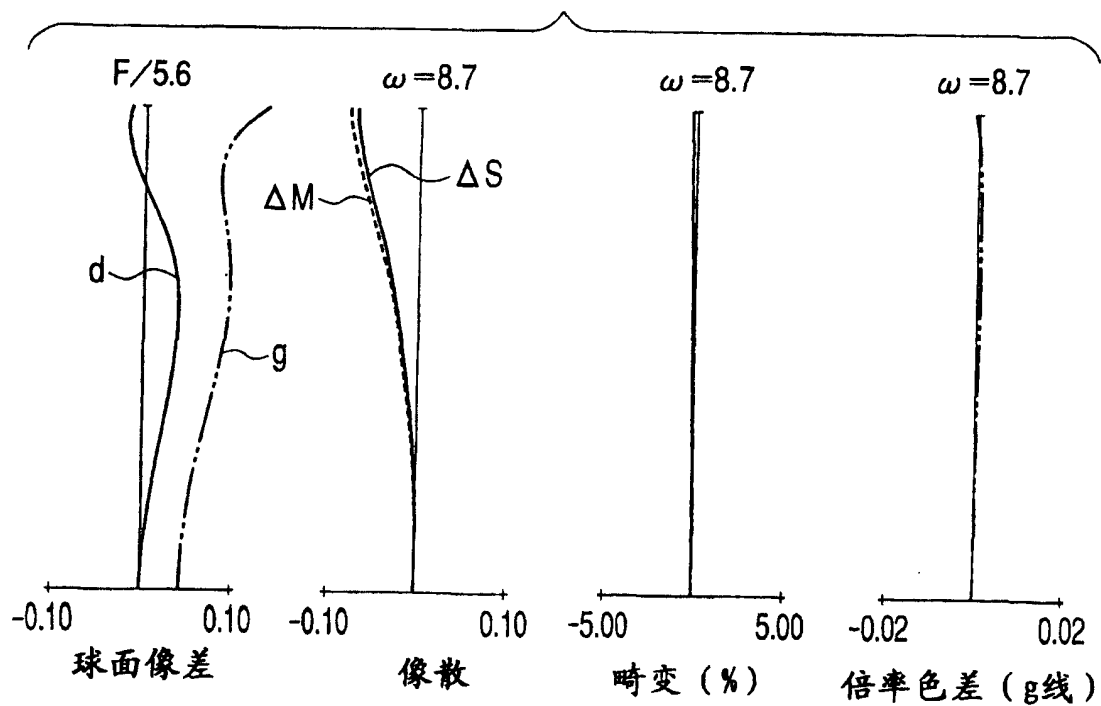


图7

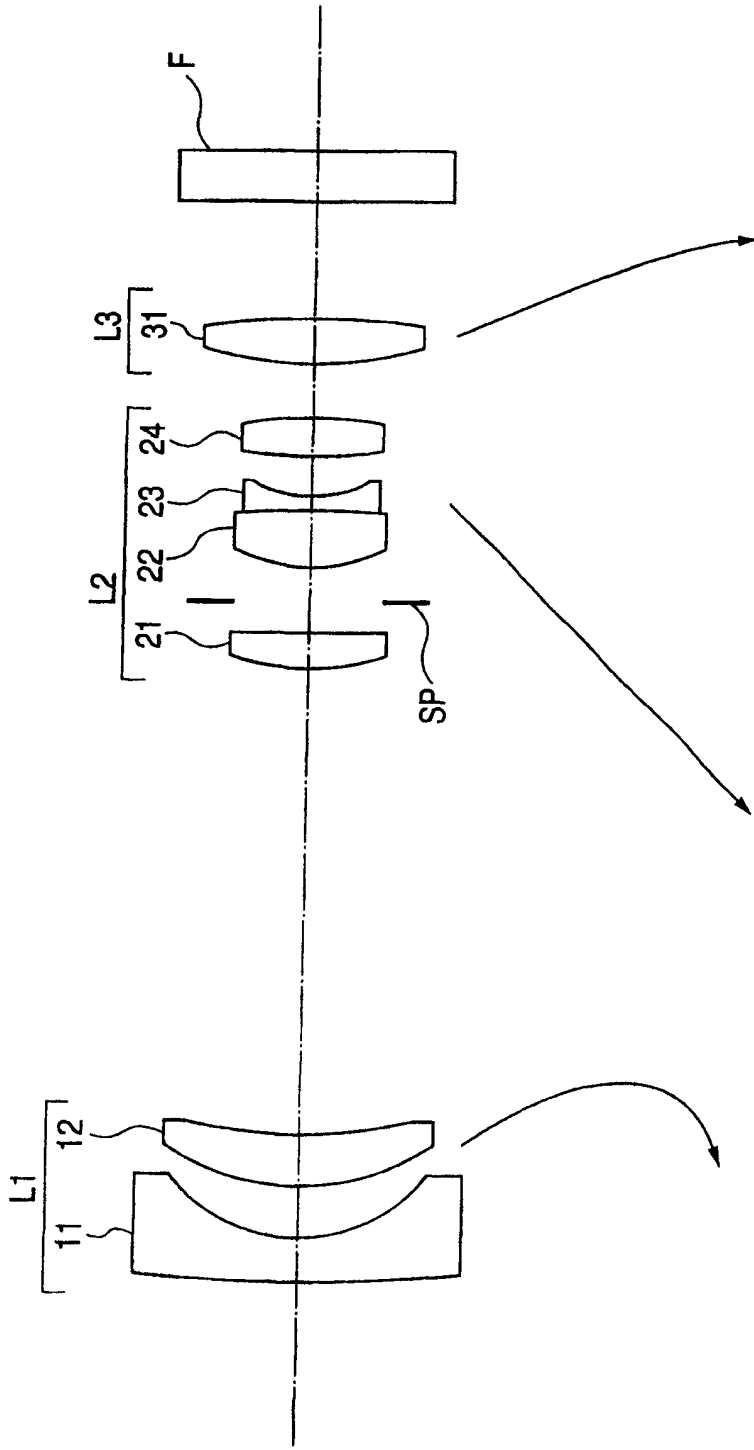


图 8A

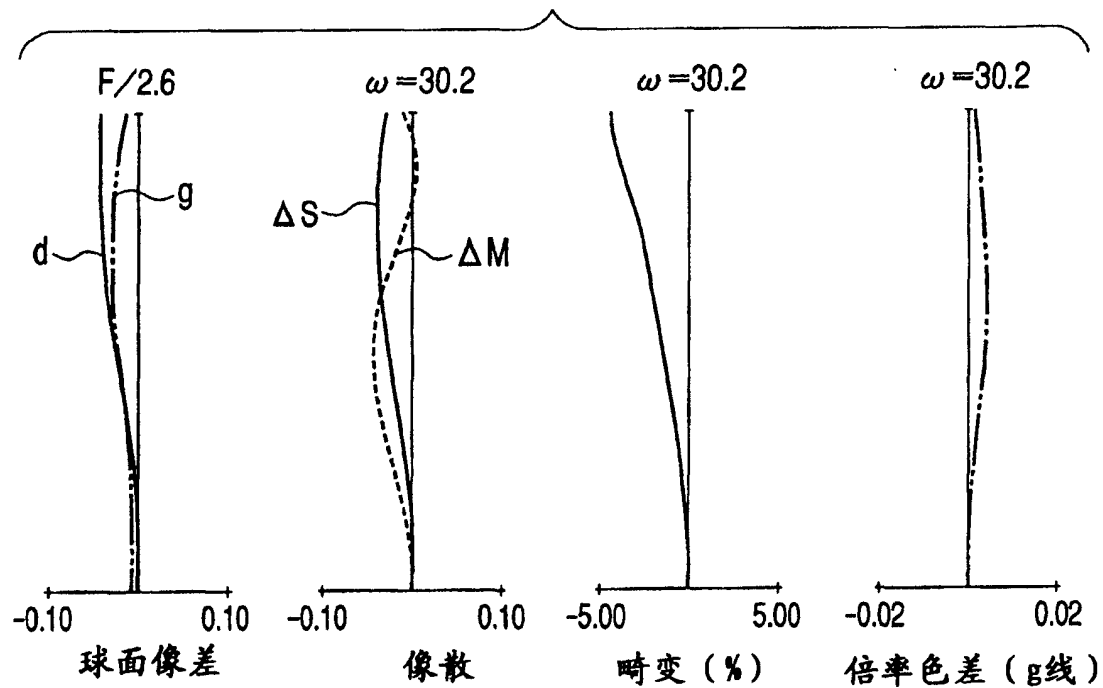


图 8B

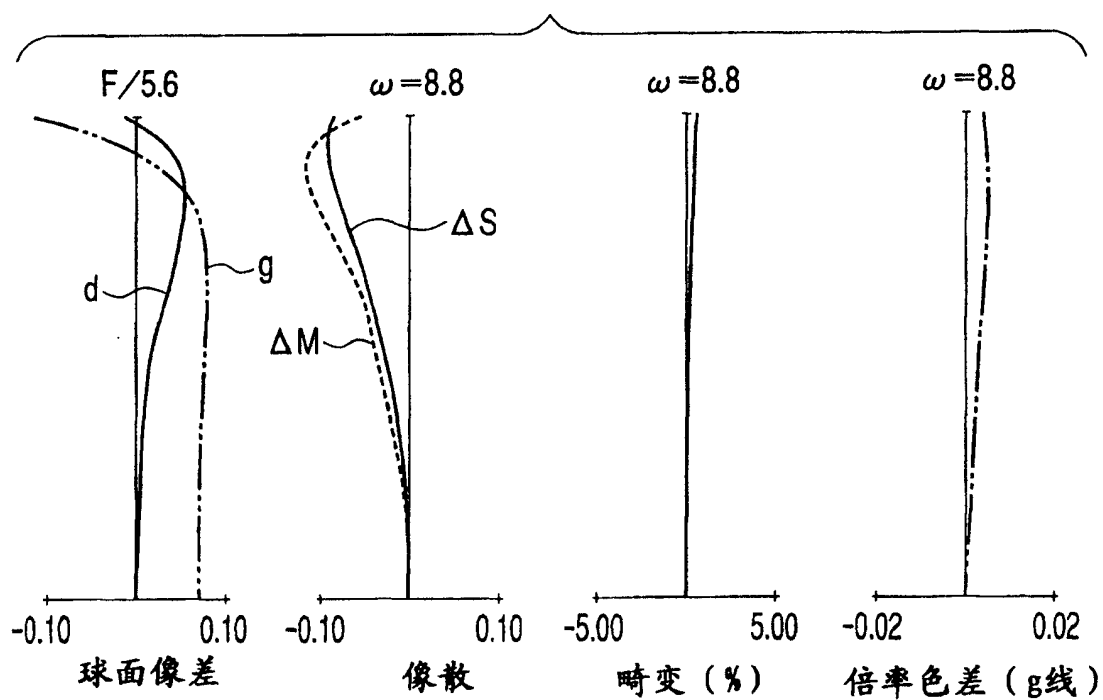


图9

