

[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 200510006394.2

[51] Int. Cl.

G02B 15/14 (2006.01)

G02B 9/34 (2006.01)

H04N 5/225 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 4 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1311269C

[22] 申请日 2005.1.28

[21] 申请号 200510006394.2

[30] 优先权

[32] 2004. 1. 30 [33] JP [31] 2004 - 022741

[73] 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 浜野博之

[56] 参考文献

CN1424613A 2003. 6. 18

JP1090601A 1998. 4. 10

US6055114A 2000. 4. 25

US5796514A 1998. 8. 18

审查员 崔艳慧

[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 许海兰

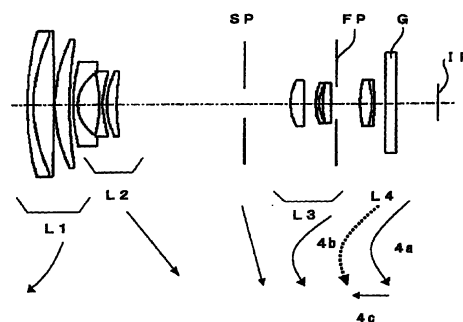
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 7 页

[54] 发明名称

变焦透镜系统

[57] 摘要

本发明的变焦透镜系统从物方侧到像方侧顺序地具有：正光焦度(焦距的倒数)的第 1 透镜单元；负光焦度的第 2 透镜单元；孔径光阑；正光焦度的第 3 透镜单元；正光焦度的第 4 透镜单元，在进行变焦时，移动第 1 透镜单元至第 4 透镜单元和孔径光阑。进而，当取从广角端向望远端变焦时的、孔径光阑的移动量为 MS、第 3 透镜单元的光轴方向的最大移动量为 M3 时，其满足 $-1.8 < MS/M3 < -0.5$ 这样的条件。从而改善了在广角端的周边光通量衰减。



1. 一种变焦透镜系统，其特征在于从物方侧到像方侧顺序地具有：

正光焦度的第 1 透镜单元；

负光焦度的第 2 透镜单元；

孔径光阑；

正光焦度的第 3 透镜单元；

正光焦度的第 4 透镜单元，

这里，所述变焦透镜系统在进行变焦时，在移动各透镜单元的同时，移动所述孔径光阑以使所述孔径光阑在望远端的位置比所述孔径光阑在广角端的位置更靠近像方侧，且

在分别取从广角端向望远端变焦时的所述孔径光阑与所述第 3 透镜单元的光轴方向的最大移动量为 MS 、 $M3$ 时，满足

$$-1.8 < MS / M3 < -0.5$$

的条件。

2. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其特征在于：

所述第 3 透镜单元在进行从广角端向望远端的变焦时，以向物方侧呈凸状的轨迹移动。

3. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其特征在于：

在分别取从广角端向望远端的变焦时的所述第 1 透镜单元以及第 2 透镜单元的光轴方向的最大移动量为 $M1$ 、 $M2$ 时，满足

$$-0.4 < M1 / M2 < -0.05$$

的条件。

4. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其特征在于：

通过所述第 4 透镜单元的移动来进行聚焦。

5. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其特征在于：

当分别取整个系统的在广角端和在望远端的焦距为 f_w 、 f_t 、取所述第 2 透镜单元的焦距为 f_2 时，满足

$$-0.65 < f_2 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < -0.35$$

这样的条件。

6. 根据权利要求1所述的变焦透镜系统，其特征在于：

通过使所述第3透镜单元沿着具有与光轴垂直的方向的成分的方向移动，从而改变成像位置，

当取所述第3透镜单元的与光轴垂直的方向的最大移动量为SH、取在望远端的整个系统的焦距为ft、取在望远端的所述第3透镜单元的与光轴垂直的方向的移动量为 ΔL 、所述第3透镜单元沿着与光轴垂直的方向移动了 ΔL 时的、在像面上的成像位置的与光轴垂直的方向的移动量为 ΔI 、取偏心敏感度TS为 $TS = \Delta I / \Delta L$ 时，满足

$$0.0017 < SH \cdot TS / f_t < 0.03$$

的条件。

7. 根据权利要求1所述的变焦透镜系统，其特征在于：

所述第1透镜单元具有由满足以下条件的材料构成的正透镜元件：

当分别取对应g线、d线、F线、C线的折射率为 N_g 、 N_d 、 N_F 、 N_C ，以及取

$$\nu_d = \frac{N_d - 1}{N_F - N_C}$$

$$\theta_{gf} = \frac{N_g - N_F}{N_F - N_C}$$

时，

$$\theta_{gf} - A \nu_d - B > 0.001$$

$$A = -0.001609、B = 0.641348。$$

8. 根据权利要求1所述的变焦透镜系统，其特征在于：

所述变焦透镜系统在固体摄像元件上形成像。

9. 一种摄像装置，其特征在于具有：

权利要求1所述的变焦透镜系统；

感光通过该变焦透镜系统形成的像的固体摄像元件。

10. 一种变焦透镜系统，其特征在于从物方侧向像方侧顺序地具有：

正光焦度的第 1 透镜单元;

负光焦度的第 2 透镜单元;

孔径光阑;

正光焦度的第 3 透镜单元;

正光焦度的第 4 透镜单元,

这里,在进行从广角端到望远端的变焦时,所述孔径光阑向像方侧移动,所述第 3 透镜单元以向物方侧呈凸状的轨迹移动。

在分别取从广角端向望远端变焦时的所述孔径光阑与所述第 3 透镜单元的光轴方向的最大移动量为 MS、M3 时,满足

$$-1.8 < MS / M3 < -0.5$$

的条件。

11. 根据权利要求 10 所述的变焦透镜系统,其特征在于:

所述第 1 透镜单元以及第 2 透镜单元对应于变焦进行移动,且在分别取从广角端向望远端的变焦时的所述第 1 透镜单元以及第 2 透镜单元的光轴方向的最大移动量为 M1、M2 时,满足

$$-0.4 < M1 / M2 < -0.05$$

的条件。

12. 根据权利要求 10 所述的变焦透镜系统,其特征在于:

当分别取整个系统的在广角端和在望远端的焦距为 fw、ft、取所述第 2 透镜单元的焦距为 f2 时,满足

$$-0.65 < f2 / (fw \cdot ft)^{1/2} < -0.35$$

这样的条件。

13. 根据权利要求 10 所述的变焦透镜系统,其特征在于:

所述变焦透镜系统在固体摄像元件上形成像。

14. 一种摄像装置,其特征在于具有:

权利要求 10 所述的变焦透镜系统;

感光通过该变焦透镜系统形成的像的固体摄像元件。

变焦透镜系统

技术领域

本发明涉及变焦透镜系统以及带有该系统的摄像装置，例如，适合于视频摄像机或电子静态照相机、银盐胶片用照相机等摄像装置的变焦透镜系统。

背景技术

最近，伴随着家用视频摄像机等的小型化、轻量化，可以看到摄像用变焦透镜的小型化也取得了显著的进步，特别是在透镜全长的短缩化或前透镜直径的小型化、透镜构成的简略化方面注入了较大的力量。

作为达成这些目的的一种手段，众所周知的有使物方侧第1透镜单元之外的透镜单元移动从而进行聚焦的所谓的后聚焦式的变焦透镜。

一般而言，后聚焦式的变焦透镜与使第1透镜单元移动从而进行聚焦的变焦透镜相比，容易减小第1透镜单元的有效直径，达成透镜系统整体的小型化。此外，也易于达成近距摄像，特别是易于达成极近距摄像。进而，由于是使小型轻量的透镜单元移动，故具有以较小的透镜单元驱动力即可实现迅速对焦等特征。

以往的后聚焦式变焦透镜从物方侧到像方侧具有：正光焦度的第1透镜单元、负光焦度的第2透镜单元、正光焦度的第3透镜单元、正光焦度的第4透镜单元共四个透镜单元。并且采用使第2透镜单元移动从而进行变焦、使第4透镜单元移动而进行伴随变焦的像面变动的补偿（compensate）和聚焦（专利文献1、2）。

此外，众所周知还有，从物方侧到像方侧顺序地具有：正光焦度的第1透镜单元、负光焦度的第2透镜单元、正光焦度的第3透镜单

元、正光焦度的第4透镜单元共四个透镜单元，通过移动第2透镜单元至第4透镜单元从而进行变焦的变焦透镜（专利文献3）。

大家熟知的还有，从物方侧向像方侧顺序地具有：正光焦度的第1透镜单元、负光焦度的第2透镜单元、正光焦度的第3透镜单元、正光焦度的第4透镜单元共四个透镜单元，通过移动第1透镜单元至第4透镜单元从而进行变焦的变焦透镜（专利文献4）。

另外，在从物方侧向像方侧顺序地具有正光焦度的第1透镜单元、负光焦度的第2透镜单元、正光焦度的第3透镜单元、正光焦度的第4透镜单元共四个透镜单元的同时，通过移动第1透镜单元至第4透镜单元而进行变焦以及独立地移动孔径光阑谋求透镜全长或前透镜的小型化的变焦透镜也已众所周知（专利文献5）。

「专利文献1」特开平7-270684号公报（对应US5963378）

「专利文献2」特开平11-305124号公报（对应US6166864）

「专利文献3」专利第2879463号（对应US5179472）

「专利文献4」特开2001-194586号公报（对应US6456441）

「专利文献5」专利第3352240号

因基于第3透镜单元的变焦的移动是向像方侧呈凸状的轨迹，故专利第2879463号公报所公开的光学系统难以小型化其前透镜直径。

而在特开2001-194586号公报公开的光学系统中，因第1透镜单元是单透镜，第1透镜单元、第2透镜单元的光焦度不太大，故其难以高倍率化。

在专利第3352240号公报公开的光学系统中，由于基于变焦的移动透镜单元的移动轨迹未必最佳，故其前透镜直径的小型化较困难。

一般而言，在由正光焦度的第1透镜单元、负光焦度的第2透镜单元、正光焦度的第3透镜单元、正光焦度的第4透镜单元构成并在第3透镜单元的附近配置了光阑的四透镜单元变焦透镜中，在想要直到画面周边都确保足够的光通量时，直到画面周边80%部分附近都几乎没有周边光通量的衰减，而在画面周边80%部分的外侧（周边部）则急剧地衰减光通量。因此，存在即便是同样的周边光通量其衰减也

很醒目的问题。

发明内容

本发明之目的是改善广角端的周边光通量的衰减方法，提供广角端至望远端的遍及全变焦范围地具有良好光学性能的变焦透镜系统。

本发明例示的变焦透镜系统的特征在于：从物方侧向像方侧顺序地具有正光焦度（焦距的倒数）的第1透镜单元、负光焦度的第2透镜单元、孔径光阑、正光焦度的第3透镜单元、正光焦度的第4透镜单元，在进行变焦时，在移动第1透镜单元至第4透镜单元的同时，移动孔径光阑以使所述孔径光阑在望远端的位置比所述孔径光阑在广角端的位置更靠近像方侧。进而，当分别取进行从广角端向望远端的变焦时的孔径光阑与第3透镜单元的光轴方向的最大移动量为 MS 、 $M3$ 时（设从物方侧到像方侧的方向为正），其满足 $-1.8 < MS / M3 < -0.5$ 的条件。

此外，本发明例示的另外的变焦透镜系统的特征在于：从物方侧向像方侧顺序地具有正光焦度的第1透镜单元、负光焦度的第2透镜单元、孔径光阑、正光焦度的第3透镜单元、正光焦度的第4透镜单元，在进行从广角端到望远端的变焦时，孔径光阑向像方侧移动，第3透镜单元以向物方侧呈凸状的轨迹移动。进而，在分别取进行从广角端向望远端变焦时的孔径光阑与第3透镜单元的光轴方向的最大移动量为 MS 、 $M3$ 时，其满足 $-1.8 < MS / M3 < -0.5$ 的条件。

附图说明

- 图1是实施例1的变焦透镜广角端的透镜截面图；
- 图2是实施例1的变焦透镜广角端的各种像差图；
- 图3是实施例1的变焦透镜中间变焦位置的各种像差图；
- 图4是实施例1的变焦透镜望远端的各种像差图；
- 图5是实施例2的变焦透镜广角端的各种像差图；
- 图6是实施例2的变焦透镜中间变焦位置的各种像差图；

图 7 是实施例 2 的变焦透镜望远端的各种像差图；
图 8 是实施例 3 的变焦透镜广角端的透镜截面图；
图 9 是实施例 3 的变焦透镜广角端的各种像差图；
图 10 是实施例 3 的变焦透镜中间变焦位置的各种像差图；
图 11 是实施例 3 的变焦透镜望远端的各种像差图；
图 12 是像面照度的说明图；
图 13 是本发明摄像装置的要部概略图。

具体实施方式

以下对本发明的变焦透镜系统以及具有该系统的摄像装置的实施例进行说明。

图 1 是本发明实施例 1 的变焦透镜的透镜截面图，图 2~图 4 是本发明实施例 1 的变焦透镜的广角端、中间焦距、望远端的像差图。

图 5~图 7 是本发明实施例 2 的变焦透镜的广角端、中间焦距、望远端的像差图。因实施例 2 的透镜截面图与实施例 1 几乎完全相同而省略之。

图 8 是本发明实施例 3 的变焦透镜的透镜截面图，图 9~图 11 是本发明实施例 3 的变焦透镜的广角端、中间焦距、望远端的像差图。

图 12 是像面照度的说明图，图 13 是本发明摄像装置的概略图。

在图 1、图 8 的透镜截面图中，L1 是正光焦度（光焦度 = 焦距的倒数）的第 1 透镜单元，L2 是负光焦度的第 2 透镜单元，L3 是正光焦度的第 3 透镜单元，L4 是正光焦度的第 4 透镜单元。SP 是孔径光阑，位于第 3 透镜单元 L3 的前方。

G 是在光学设计上对应于光学滤光片、平面面板等设置的光学块。IP 是像面，位于 CCD 传感器或 CMOS 传感器等固体摄像元件（光电变换元件）的摄像面。FP 是光斑截止光阑，配置在第 3 透镜单元 L3 的像方侧，用于截止不必要的光。

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

在各实施例中，如箭头所示的那样，在进行从广角端向望远端的变焦时，需要使孔径光阑 SP 和各透镜单元 L1 ~ L4 移动。

这里，所谓广角端和望远端是指变焦用的透镜单元（第 2 透镜单元 L2）在机构上位于可以在光轴方向移动的范围的两端时的变焦位置。

在实施例 1 ~ 实施例 3 中，在进行从广角端向望远端的变焦时，使第 1 透镜单元 L1 向物方侧移动，第 2 透镜单元向像方侧移动。还有，使第 3 透镜单元 L3 以向物方侧呈凸状的轨迹移动。还有，使第 4 透镜单元 L4 以向物方侧呈凸状的轨迹移动。

另外，还要使孔径光阑 SP 移动，以使之较广角端在望远端的变焦位置位于像方侧。

在各实施例中，采用使第 4 透镜单元 L4 在光轴上移动从而进行聚焦的后聚焦方式。在望远端进行从无限远物体向近距物体的聚焦时，如图 1、8 的箭头 4c 所示的那样，通过向前方陆续输送第 4 透镜单元 L4 进行聚焦。第 4 透镜单元 L4 的实线曲线 4a 和虚线曲线 4b 分别表示用于校正（compensate）伴随聚焦到无限远物体和近距物体时的从广角端向望远端的变焦之际的像面变动的移动轨迹。在各实施例中，通过使用轻量的第 4 透镜单元 L4 进行聚焦，可以容易地进行迅速的自动焦点检测。

在各实施例中，在进行变焦时，通过使第 3 透镜单元 L3 向物方侧呈凸状的轨迹移动，可以防止在充分确保变焦中间位置的周边光线时的前透镜直径的增大，达成前透镜的小型化。

在进行变焦时，通过与广角端相比在望远端的变焦位置处使第 1 透镜单元 L1 位于物方侧地移动、使第 2 透镜单元 L2 位于像方侧地移动，可以在小型地维持透镜全长的同时，确保高的变焦比。

作为变焦透镜，在从物方侧到像方侧顺序地具有正、负、正、正光焦度的透镜单元的 4 群构成的变焦透镜中，在第 3 透镜单元 L3 附近配置光阑（孔径光阑），在进行变焦之际，在使光阑与第 3 透镜单元 L3 一体地进行移动时，如果要足够多地确保画面周边的光通量，

则如用图 12 的虚线所示的那样,从画面中心直到有效画面 80%左右的像高为止都几乎不衰减周边光通量。但是,从 80%左右的像高到画面周边则急剧地衰减周边光通量。因此,与画面周边的光通量降低平稳地衰减的情况相比,周边光通量的降低易于变得醒目。

与之相反,本发明中,在进行变焦时使光阑 SP 独立地移动,通过适当地设定其移动量,可减少在画面周边处的光通量的衰减。如果使光阑 SP 在广角端自第 3 透镜单元 L3 向物方侧移动适当的量,则为了让轴上的光束发散,可以缩小光阑直径。通过减小光阑直径和在物方侧配置光阑 SP,可以遮断到达有效画面 40%像高到 80%附近像高的一部分光线。因而,如图 12 的实线所示的那样,通过在进行变焦时独立地移动光阑 SP,可以直到画面周边都平缓地进行像面照度的衰减,由此,可以使在画面周边附近处的光通量降低变得不那么醒目。

在各实施例中,通过使第 3 透镜单元 L3 具有与光轴垂直的方向的成分地移动,可以改变整个系统的成像位置。由此,例如可以校正光学系统(变焦透镜)整体产生了振动(倾动)时的摄像画面的抖动。在各实施例中,可以不新追加可变顶角棱镜等光学元件或用于防振的透镜单元地进行图像抖动校正。

第 1 透镜单元 L1 由胶合了物方侧的面是凸的弯月形状的负光焦度的透镜和正光焦度的透镜的胶合透镜、物方侧的面是凸的弯月形状的透镜构成。

第 2 透镜单元 L2 由物方侧的面是凸的弯月形状的负光焦度的透镜、物方侧和像方侧的面为凹状的负光焦度的透镜、正光焦度的透镜或者胶合了正光焦度的透镜和负光焦度的透镜的胶合透镜共 3 片或 4 片的透镜构成。由此,可以减少进行变焦时的像差变动,特别是可以良好地校正广角端的畸变像差或望远端的球差。

在图 8 的实施例 3 中,与图 1 的实施例 1 相比,在第 2 透镜单元 L2 的像方侧追加了负光焦度的透镜,以改善第 2 透镜单元 L2 的对称性,通过提高主点的消色效果,进一步改善进行变焦时的倍率色差。

第 3 透镜单元 L3 自物方侧始,由正光焦度的透镜、负光焦度的

透镜、正光焦度的透镜构成，由此，可以良好地校正伴随变焦的像差变动。

这里，在本发明中，为了校正手抖动等造成的图像抖动，为了减少使第3透镜单元L3具有与光轴垂直的方向的成分地移动了时的偏心像差，第3透镜单元L3最好具有1片或1片以上的负光焦度透镜和1片或1片以上的非球面透镜。只用正光焦度的透镜校正偏心的倍率色差是困难的。此外，非球面在良好地校正偏心的慧差方面是有效的。

第4透镜单元L4由胶合了正光焦度透镜和负光焦度透镜的胶合透镜构成。由此，可以减少利用第4透镜单元L4进行聚焦时的像差变动。

另外，在本发明的各实施例中，也可以在第4透镜单元L4的像方侧或者在第1透镜单元L1的物方侧配置折射率为0或者折射率非常小的光学元件。

在各实施例中，应使之满足下面的条件式之一或一个以上，以便由此得到相当于各条件式的效果。

在进行向从广角端到望远端的变焦位置的变焦之际，当设孔径光阑SP的光轴方向的最大移动量为MS，设第1透镜单元L1、第2透镜单元L2、第3透镜单元L3的光轴方向的最大移动量为M1、M2、M3（符号取自物方侧到像方侧的情况为正），设在整个系统的广角端和望远端的焦距分别为 f_w 、 f_t ，设第2透镜单元L2的焦距为 f_2 时，其满足：

$$-1.8 < MS / M3 < -0.5 \quad (1)$$

$$-0.4 < M1 / M2 < -0.05 \quad (2)$$

$$-0.65 < f_2 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < -0.35 \quad (3)$$

这样的条件。

下面对前述各条件式的技术含意进行说明。

如果超过条件式(1)的下限值、光阑SP的移动量变大，则在望远端的F数 F_{no} 变大。反之，如果超过上限值，则周边光通量在画面

周边部的衰减变大，不能充分得到周边光通量的改善效果，因而不理想。

更为理想的是通过将条件式(1)设定在

$$-1.2 < MS / M3 < -0.68 \quad (1a)$$

的范围，可以更容易地改善在望远端的F数的衰减和周边光通量的衰减方法。

如果超过条件式(2)的上限值、第1透镜单元L1的移动量变小，则在广角端的透镜全长的短缩或前透镜直径的缩小效果不充分。反之，如果超过下限值，则第1透镜单元L1的移动量变大，用于陆续输送第1透镜单元L1的凸轮轨迹变得陡峭（急峻）、或镜筒构造变得复杂而不理想。

更为理想的是通过将条件式(2)设定在

$$-0.25 < M1 / M2 < -0.1 \quad (2a)$$

的范围，可以更容易地达成光学系统整体的进一步小型化和降低凸轮弯曲角度等镜筒构造的简洁化。

条件式(3)是用于达成在良好地维持光学性能的同时缩短透镜全长的关系式。

如果超过条件式(3)的上限值、第2透镜单元L2的光焦度变得过小，制造误差的影响带来的光学性能劣化或变焦时的图像摇动变大而不理想。反之，如果超过下限值，则进行变焦所需要的各透镜单元的移动量将变得过大而难以达成透镜全长的小型化。

更为理想的是将条件式(3)设定在

$$-0.55 < f2 / (fw \cdot ft)^{1/2} < -0.43 \quad (3a)$$

的范围。由此，可以同时有效地进一步达成维持光学性能和缩短透镜全长。

在使第3透镜单元L3具有与光轴垂直的方向的成分地进行移动来改变成像位置时，如果取第3透镜单元L3的与光轴垂直的方向的成分的最大移动量为SH、取望远端的变焦位置处的整个系统的焦距为ft、取望远端变焦位置处第3透镜单元L3的与光轴垂直的方向的

移动量为 ΔL 时的像面上的成像位置的移动量为 ΔI 、取偏心敏感度 TS 为 $TS = \Delta I / \Delta L$ ，则其满足

$$0.0017 < SH \cdot TS / ft < 0.03 \quad (4)$$

的条件。

在各实施例中，通过具有与光轴垂直的方向的成分地移动第 3 透镜单元 $L3$ ，可以校正照相机或光学系统振动时的图像抖动。此时，通过使用重量较轻的第 3 透镜单元 $L3$ 进行图像抖动的校正，可以在减小用于图像抖动校正的调节器的负荷的同时，达成镜筒外径的小型化。

条件式 (4) 是用于适当地设定此时的望远端的第 3 透镜单元 $L3$ 的偏心敏感度 TS 和第 3 透镜单元 $L3$ 的与光轴垂直的方向的成分的最大位移量 SH 的关系式。

如果超过条件式 (4) 的下限值，因不能得到足够的图像抖动的校正效果而不够理想。反之，如果超过上限值则因图像抖动校正时的周边光通量的非对称性明显，或偏心像差变大而不理想。

当第 1 透镜单元 $L1$ 分别取对应 g 线、 d 线、 F 线、 C 线的材料的折射率为 N_g 、 N_d 、 N_F 、 N_C ，并取

$$\nu_d = \frac{N_d - 1}{N_F - N_C}$$

$$\theta_{gf} = \frac{N_g - N_F}{N_F - N_C}$$

时，最好具有采用满足

$$\theta_{gf} - A\nu_d - B > 0.001 \quad (5)$$

$$A = -0.001609; B = 0.641348$$

条件的材料构成的正透镜。

条件式 (5) 是用于校正望远端的色差、特别是 2 次光谱的关系式。如果超过条件式 (5) 的下限值，则因望远端的轴上色差或倍率色差的校正不充分而不理想。

下面给出本发明的数值实施例 1~3。在各数值实施例中， i 表示自物方侧起的光学面的顺序， R_i 表示第 i 个光学面（第 i 面）的曲率半径， D_i 为第 i 面和第 $i+1$ 面之间的间隔， N_i 和 ν_i 分别为以 d 线为基准的第 i 个光学元件的材料的折射率和阿贝数。另外，在取 k 为离

心率，B、C、D、E、A'、B'、C'为非球面系数，以面顶点为基准在离光轴高度 h 的位置处的光轴方向的变位为 x 时，非球面形状可由式

$$x = (h^2/R) / [1 + [1 - (1 + k) (h/R)^2]^{1/2}] + Bh^4 + Ch^4 + Dh^8 + Eh^{10} + A'h^3 + B'h^5 + C'h^7$$

给出。这里， R 是曲率半径。此外，例如，以 $[e - Z]$ 表示「 10^{-Z} 」的意思。另外，表 1 还给出了与各数值实施例的上述的条件式的对应值。表中， f 表示焦距， Fno 表示 F 数， ω 表示半视场角。

在数值实施例 1、2 中，R23、R24 表示滤光片等玻璃块，在数值实施例 3 中，R24、R25 表示滤光片等玻璃块。

数值实施例 1

$f = 6.18 \sim 71.60$; $Fno = 2.88 \sim 3.72$; $2\omega = 59.8^\circ \sim 5.6^\circ$

R1 = 61.271	D1=1.40	N1 = 1.846660	$v1 = 23.9$
R2 = 35.239	D2=4.15	N2 = 1.496999	$v2 = 81.5$; $\theta_{gf} = 0.537$
R3 = -727.318	D3=0.20		
R4 = 32.370	D4=2.96	N3 = 1.772499	$v3 = 49.6$
R5 = 87.455	D5=可变		
R6 = 41.747	D6=0.90	N4 = 1.834000	$v4 = 37.2$
R7 = 8.157	D7=4.28		
R8 = -31.353	D8=0.65	N5 = 1.603112	$v5 = 60.6$
R9 = 20.990	D9=0.80		
R10 = 15.447	D10=2.00	N6 = 1.922860	$v6 = 18.9$
R11 = 40.804	D11=可变		
R12 = 光阑	D12=9.20		
R13 = 10.310(非球面)	D13=2.70	N7 = 1.583126	$v7 = 59.4$
R14 = -113.723	D14=2.30		
R15 = 13.851	D15=0.70	N8 = 1.846660	$v8 = 23.9$
R16 = 8.337	D16=0.80		
R17 = 30.907	D17=1.60	N9 = 1.487490	$v9 = 70.2$
R18 = 87.748	D18=1.16		
R19 = ∞	D19=可变		
R20 = 21.290	D20=2.40	N10 = 1.696797	$v10 = 55.5$
R21 = -17.369	D21=0.60	N11 = 1.846660	$v11 = 23.9$
R22 = -53.522	D22=可变		
R23 = ∞	D23=2.20	N12 = 1.516330	$v12 = 64.1$
R24 = ∞			

可变间隔	焦距	6.18	33.44	71.60
D5	0.80	24.62	32.13	
D11	26.12	7.57	2.33	
D19	4.75	4.27	10.19	
D22	2.30	7.06	0.73	

非球面系数

R13 $k = 4.61172e-2$; $B = 3.98419e-5$; $C = 2.78470e-5$;

$D = 9.74510e-8$; $E = 2.20007e-9$; $A' = -9.39953e-5$; $B' = -9.24552e-5$;

$C' = -3.75811e-6$

最大偏移量 SH = 0.39554

数值实施例 2

$$f = 6.18 \sim 71.60; \quad Fno = 2.89 \sim 3.72; \quad 2\omega = 59.8^\circ \sim 5.6^\circ$$

R1 = 61.700	D1=1.40	N1 = 1.846660	$v1 = 23.9$
R2 = 33.739	D2=4.20	N2 = 1.487490	$v2 = 70.2; \theta_{gf} = 0.530$
R3 = -898.423	D3=0.20		
R4 = 32.450	D4=3.00	N3 = 1.772499	$v3 = 49.6$
R5 = 99.562	D5=可变		
R6 = 36.566	D6=0.90	N4 = 1.834000	$v4 = 37.2$
R7 = 7.869	D7=4.26		
R8 = -27.388	D8=0.65	N5 = 1.603112	$v5 = 60.6$
R9 = 21.339	D9=0.80		
R10 = 15.410	D10=2.00	N6 = 1.922860	$v6 = 18.9$
R11 = 41.628	D11=可变		
R12 = 光阑	D12=8.20		
R13 = 10.350(非球面)	D13=2.70	N7 = 1.583126	$v7 = 59.4$
R14 = -145.235	D14=2.30		
R15 = 13.635	D15=0.70	N8 = 1.846660	$v8 = 23.9$
R16 = 8.331	D16=0.80		
R17 = 34.335	D17=1.60	N9 = 1.487490	$v9 = 70.2$
R18 = 127.356	D18=1.16		
R19 = ∞	D19=可变		
R20 = 22.014	D20=2.40	N10 = 1.696797	$v10 = 55.5$
R21 = -15.869	D21=0.60	N11 = 1.846660	$v11 = 23.9$
R22 = -44.811	D22=可变		
R23 = ∞	D23=2.20	N12 = 1.516330	$v12 = 64.1$
R24 = ∞			

可变间隔 焦距	6.18	33.00	71.60
D5	0.80	24.57	32.40
D11	25.70	7.32	2.14
D19	5.04	4.08	9.86
D22	2.30	7.53	1.35

非球面系数

$$R13 \quad k = 1.18699e-1; \quad B = 3.73897e-5; \quad C = 2.82019e-5;$$

$$D = 9.92306e-8; \quad E = 2.14516e-9; \quad A' = -9.45131e-5; \quad B' = -9.38973e-5;$$

$$C' = -3.80754e-6$$

$$\text{最大偏移量 SH} = 0.27019$$

数值实施例 3

 $f = 6.18 \sim 84.99; Fno = 2.89 \sim 3.83; 2\omega = 59.8^\circ \sim 4.8^\circ$

R1 = 62.442	D1=1.40	N1 = 1.846660	$v1 = 23.9$
R2 = 38.194	D2=4.80	N2 = 1.438750	$v2 = 95.0; \theta_{gf} = 0.534$
R3 = -293.365	D3=0.20		
R4 = 34.133	D4=2.96	N3 = 1.772499	$v3 = 49.6$
R5 = 89.625	D5=可变		
R6 = 36.111	D6=0.90	N4 = 1.806100	$v4 = 33.3$
R7 = 8.347	D7=5.30		
R8 = -22.065	D8=0.75	N5 = 1.518229	$v5 = 58.9$
R9 = 29.872	D9=0.50		
R10 = 16.281	D10=2.50	N6 = 1.922860	$v6 = 18.9$
R11 = 117.153	D11=0.70	N7 = 1.698947	$v7 = 30.1$
R12 = 26.862	D12=可变		
R13 = 光阑	D13=9.60		
R14 = 10.957(非球面)	D14=2.70	N8 = 1.583126	$v8 = 59.4$
R15 = -147.576	D15=2.30		
R16 = 15.075	D16=0.70	N9 = 1.846660	$v9 = 23.9$
R17 = 8.975	D17=0.80		
R18 = 30.045	D18=1.60	N10 = 1.487490	$v10 = 70.2$
R19 = 93.659	D19=1.16		
R20 = ∞	D20=可变		
R21 = 20.797	D21=2.40	N11 = 1.696797	$v11 = 55.5$
R22 = -18.374	D22=0.60	N12 = 1.846660	$v12 = 23.9$
R23 = -56.850	D23=可变		
R24 = ∞	D24=2.20	N13 = 1.516330	$v13 = 64.1$
R25 = ∞			

可变间隔	焦距	6.18	35.11	84.99
D5		0.80	26.81	35.03
D12		28.69	8.24	2.47
D20		6.36	6.10	13.85
D23		2.30	7.11	-0.99

非球面系数

R14 $k = -8.84565e-1; B = 1.02238e-4; C = 1.98882e-5; D = 3.57873e-7$
 $E = -2.41046e-9; A' = -7.69796e-5; B' = -5.82230e-5; C' = -3.81536e-6$

最大偏移量 SH = 0.78325

表 1

条件式		实施例		
	实施例	1	2	3
(1)	MS/M3	-1.017	-0.758	-0.952
(2)	M1/M2	-0.130	-0.192	-0.132
(3)	$f2/(fw \cdot ft)^{1/2}$	-0.515	-0.499	-0.487
(4)	SH·TS/ft	0.00524	0.00349	0.00873
(5)	$\theta gf - Avd - B$	0.0274	0.0017	0.0456

下面，使用图 13 说明作为摄像光学系统使用了实施例 1~3 所示那样的变焦透镜的数字静态照相机的实施形态。

图 13 中，20 是照相机主体，21 是利用通过实施例 1~3 说明过的某一变焦透镜构成的摄像光学系统，22 是内设于照相机主体并感光由摄像光学系统 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 是记录对应于通过固体摄像元件 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应用于数字静态照相机等光学设备，可以实现小型且具有高光学性能的光学设备。

图1

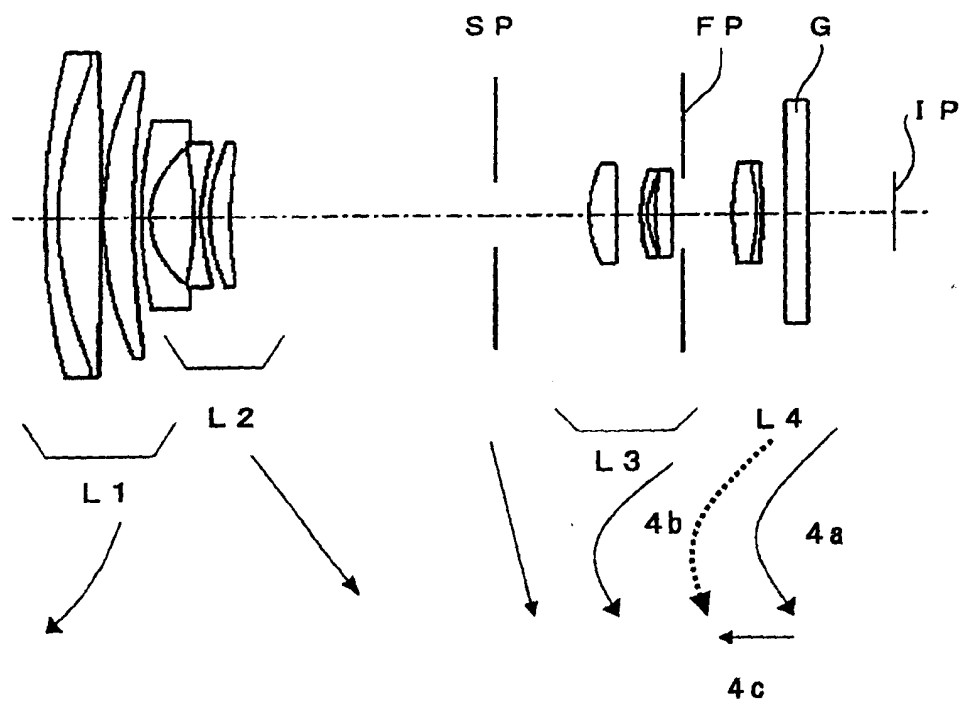


图2

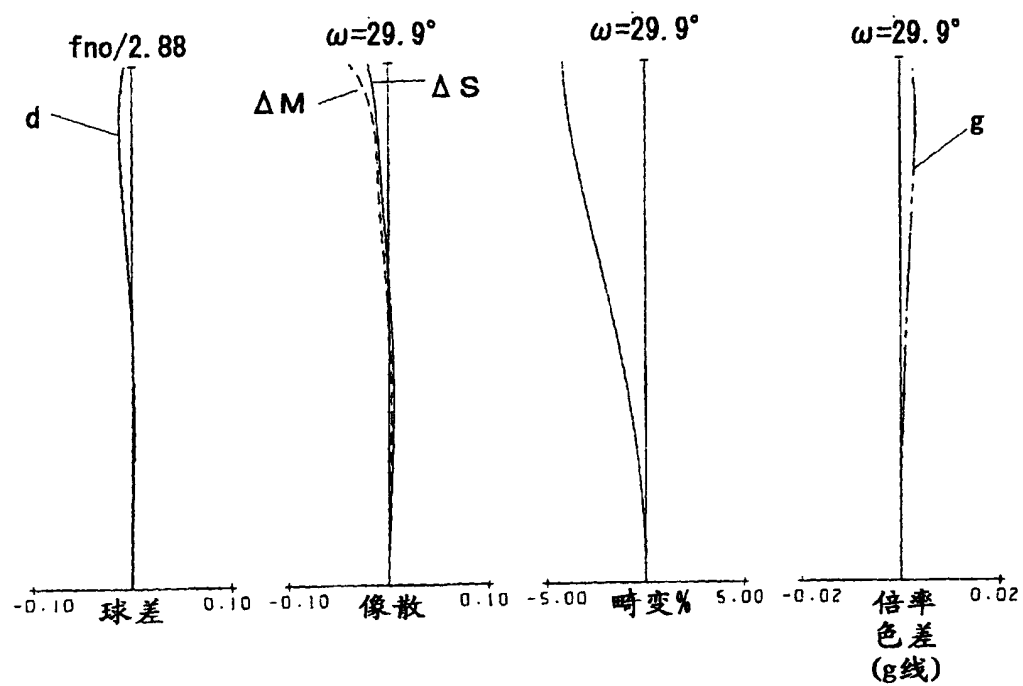


图 3

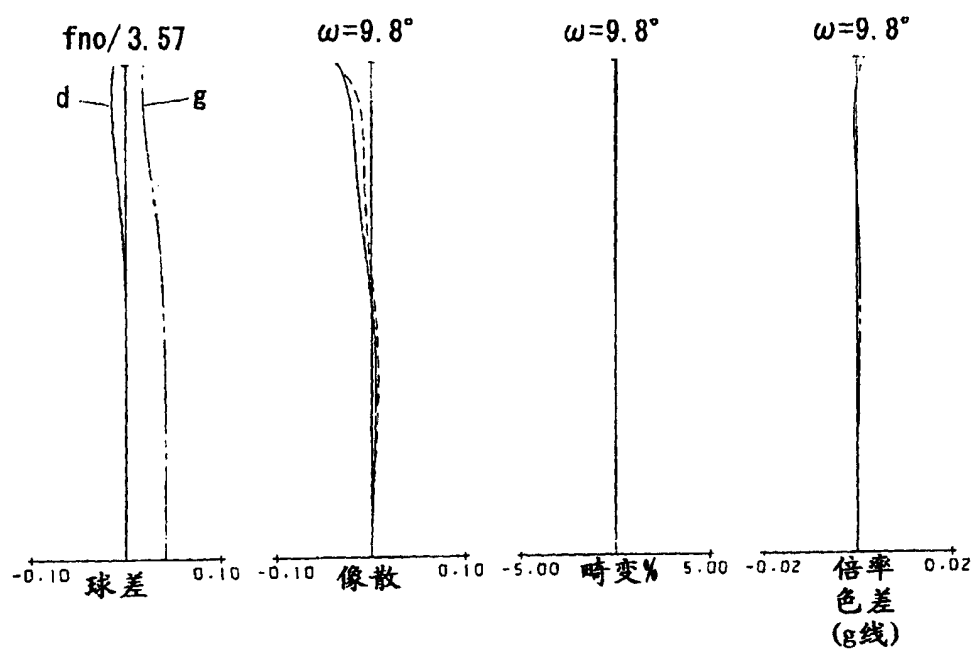


图 4

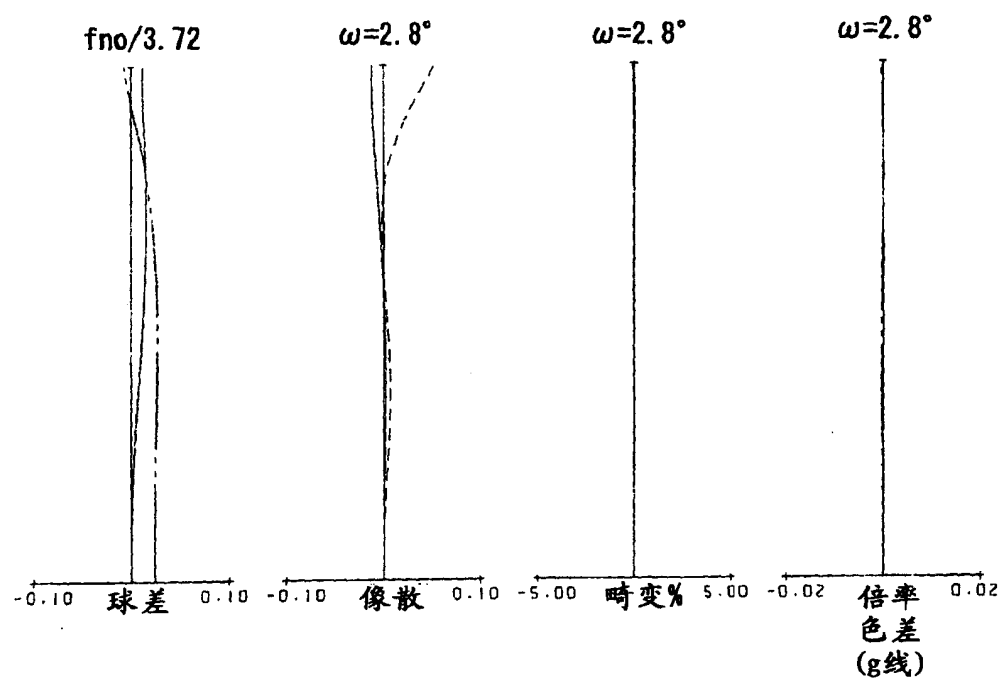


图5

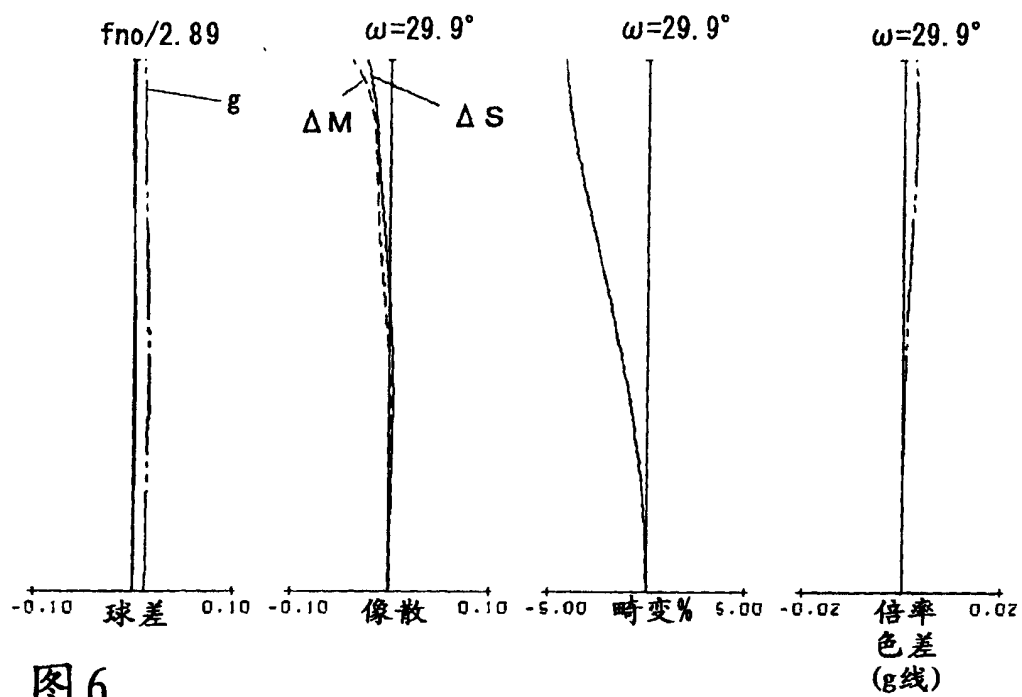


图6

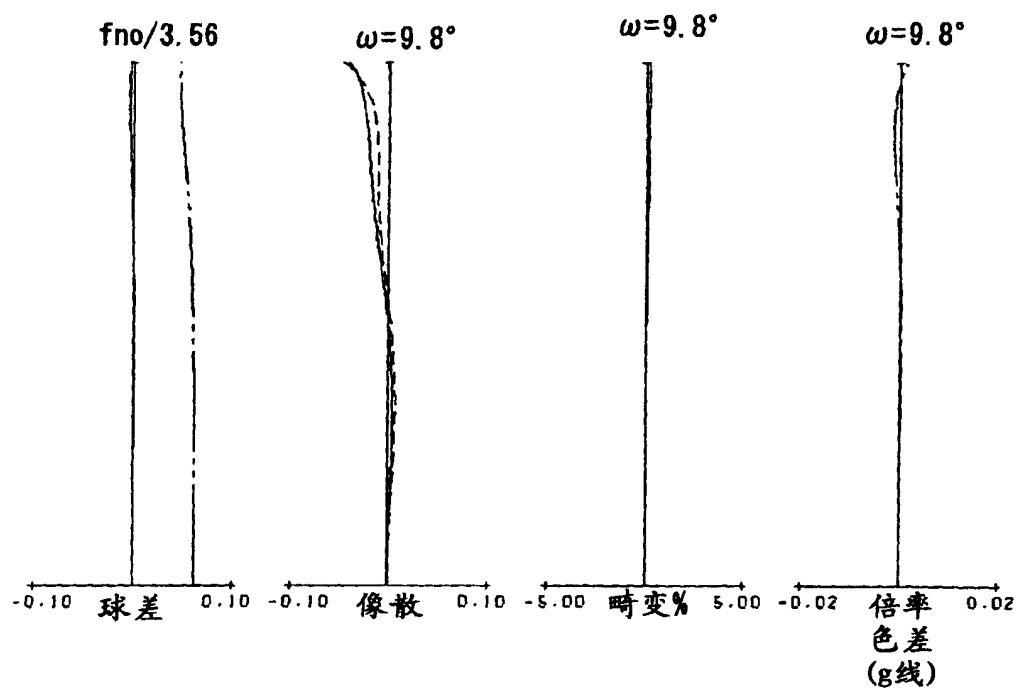


图7

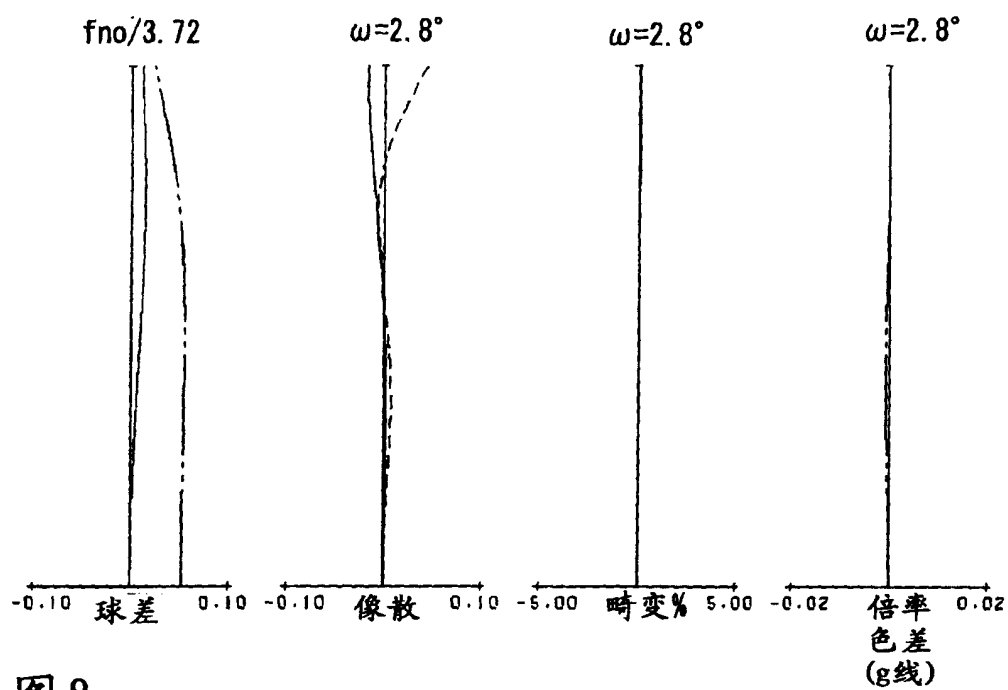


图8

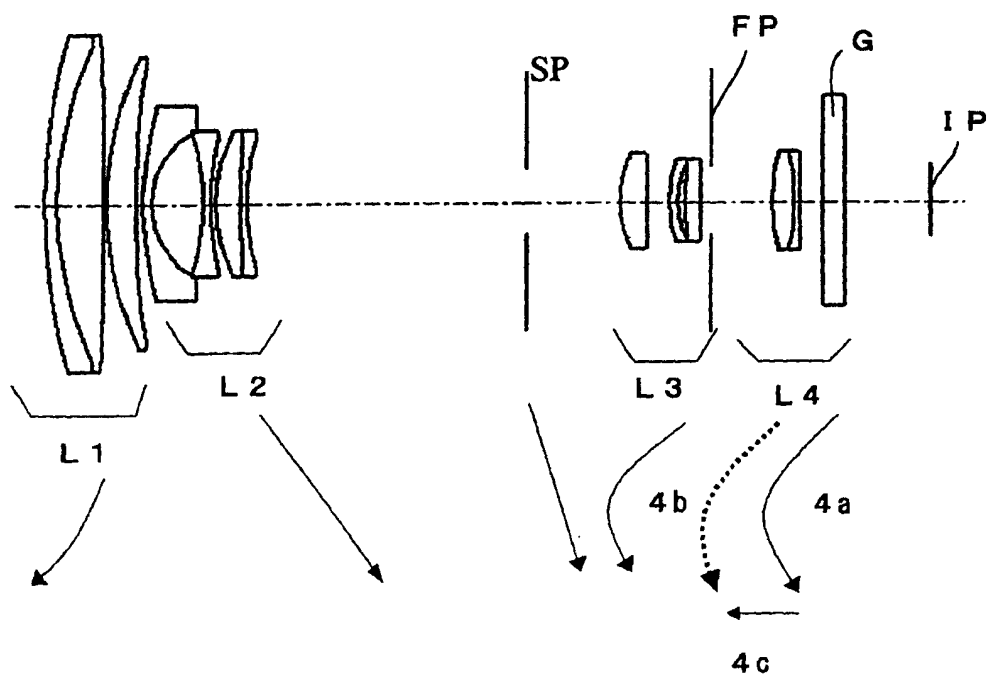


图9

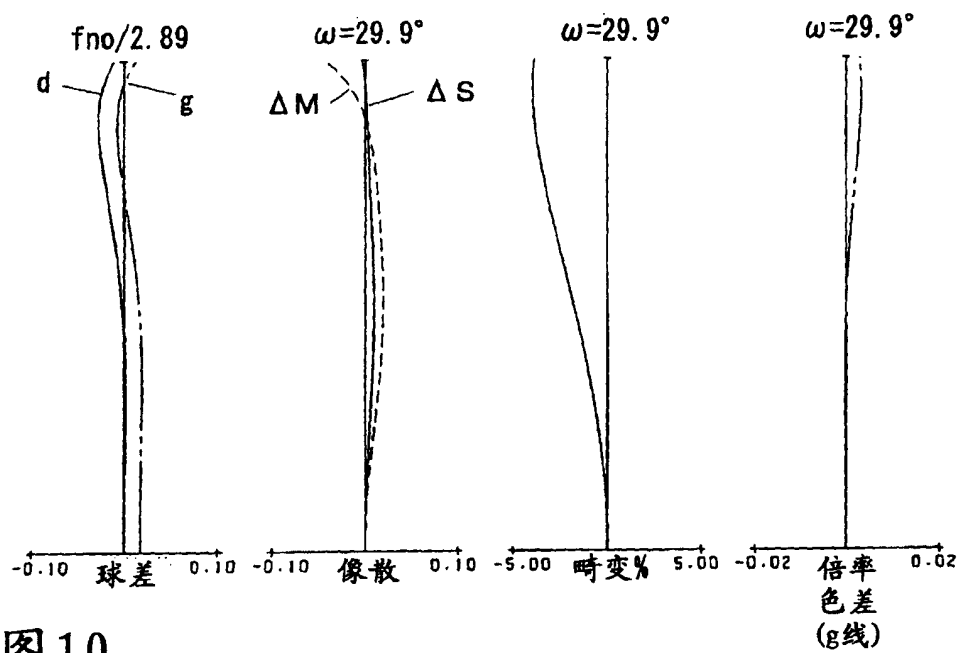


图10

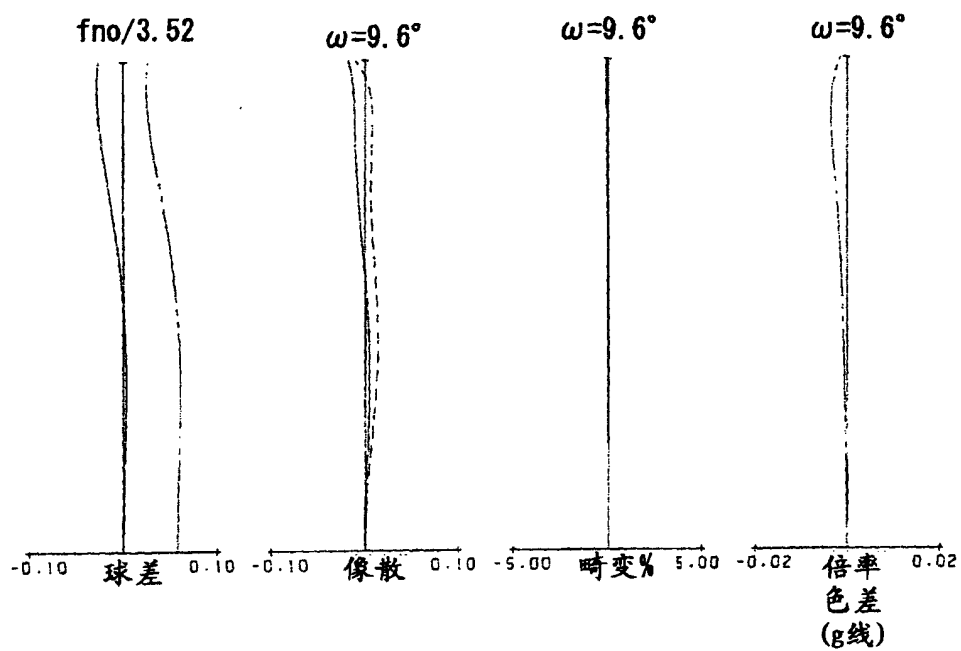


图11

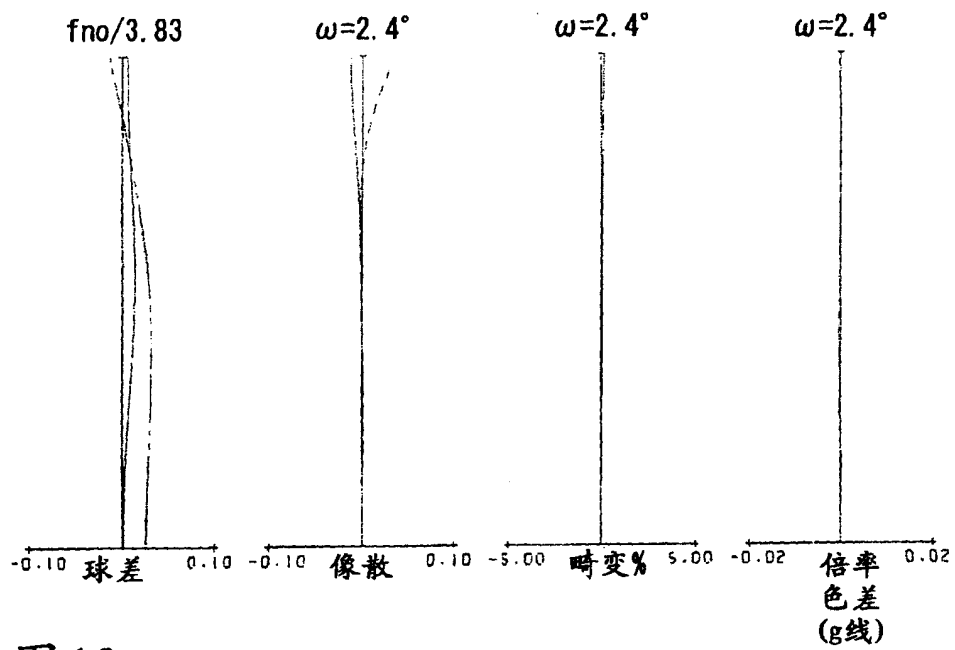


图12

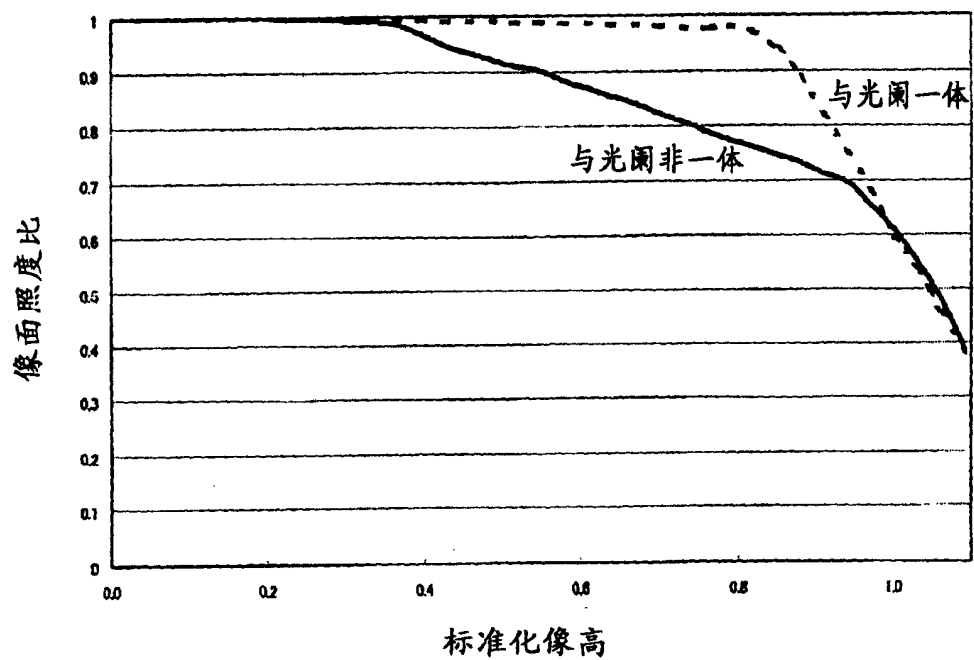


图13

