

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 15/14

G02B 13/18

G02B 1/04

G02B 9/62



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510052725.6

[43] 公开日 2005年9月14日

[11] 公开号 CN 1667446A

[22] 申请日 2005.3.9

[21] 申请号 200510052725.6

[30] 优先权

[32] 2004. 3. 10 [33] JP [31] 2004 - 067442

[32] 2004. 3. 17 [33] JP [31] 2004 - 076473

[71] 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 山崎真司 须藤贵士

[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

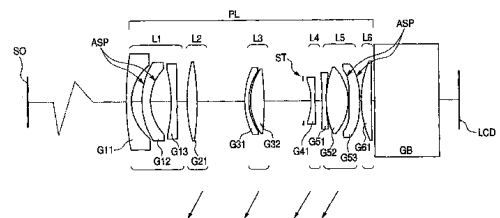
代理人 许海兰

权利要求书3页 说明书37页 附图17页

[54] 发明名称 变焦透镜及具有该变焦透镜的图像显示装置

[57] 摘要

提供变焦透镜及具有该变焦透镜的图像显示装置。该变焦透镜具有：为进行变焦而在光轴上移动的多组移动透镜组；含有塑料的数片塑料透镜；其中，在设上述数片塑料透镜中的 N 片正透镜中从上述预定面侧开始的第 i 号正透镜的焦距为 f_{pi} 、上述数片塑料透镜中的 M 片负透镜中从上述预定面侧开始的第 j 号负透镜的焦距为 f_{nj} ，且定义 f_p 、 f_n 为 $\frac{1}{f_p} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{f_{pi}}$ 、 $\frac{1}{f_n} = \sum_{j=1}^M \frac{1}{f_{nj}}$ 时 (N、M 为自然数，换言之就是 1 或 1 以上的整数)，满足 $-0.56 < f_n/f_p < -0.05$ 。



1.一种投射用的变焦透镜，是具有为进行变焦而在光轴上移动的多组移动透镜组并将从小共轭侧入射的图像光投射到放大共轭侧的预定面上的投射用的变焦透镜，其特征在于：

具有数片含有塑料的塑料透镜；

设在上述数片塑料透镜中的 N 片正透镜中，从上述预定面侧开始第 i 号正透镜的焦距为 f_{pi} ，

在上述数片塑料透镜中的 M 片负透镜中，从上述预定面侧开始第 j 号负透镜的焦距为 f_{nj} ，且将 f_p 、 f_n 定义为

$$\frac{1}{f_p} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{f_{pi}}$$

$$\frac{1}{f_n} = \sum_{j=1}^M \frac{1}{f_{nj}}$$

时满足：

$$-0.56 < f_n/f_p < -0.05,$$

其中 N、M 为自然数，是 1 或 1 以上的整数。

2.根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于：

包含于上述变焦透镜内且含有塑料的透镜的片数为 (N+M) 片。

3.根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于：

在摄氏 20 度，上述塑料透镜体积中 50% 或 50% 以上的体积由塑料形成。

4.根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于：

在摄氏 20 度，上述塑料透镜体积中 80% 或 80% 以上的体积由塑料形成。

5.根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于：

上述 N 片正透镜以及上述 M 片负透镜中，至少 1 片为非球面透镜。

6.根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于：

上述 N 片正透镜以及上述 M 片负透镜全部为非球面透镜。

7.根据权利要求1所述的变焦透镜,其特征在于:

从上述放大共轭侧即前方朝向上述缩小共轭侧即后方顺序地具有负光焦度的第1透镜组、作为上述多组移动透镜组之一的正光焦度的第2透镜组、作为上述多组移动透镜组之一的正光焦度的第3透镜组、作为上述多组移动透镜组之一的负光焦度的第4透镜组、作为上述多组移动透镜组之一的正光焦度的第5透镜组、正光焦度的第6透镜组,

为进行变焦,上述第1、第6透镜组不移动而固定。

8.根据权利要求7所述的变焦透镜,其特征在于:

上述N片正透镜中,至少有1片包含于上述第5透镜组内。

9.根据权利要求1所述的变焦透镜,其特征在于:

从上述放大共轭侧即前方朝向上述缩小共轭侧即后方顺序地具有负光焦度的第1透镜组、作为上述多组移动透镜组之一的正光焦度的第2透镜组、作为上述多组移动透镜组之一的正光焦度的第3透镜组、作为上述多组移动透镜组之一的正光焦度的第4透镜组、正光焦度的第5透镜组,

为进行变焦,上述第1、第5透镜组不移动而固定。

10.根据权利要求9所述的变焦透镜,其特征在于:

上述N片正透镜中,至少有1片包含于上述第4透镜组内。

11.根据权利要求1所述的变焦透镜,其特征在于:

上述M片负透镜中,至少有1片负透镜被配置在最靠近上述预定面的透镜组内。

12.根据权利要求1所述的变焦透镜,其特征在于:

在设广角端变焦位置处的上述变焦透镜全系统的聚焦为 f_w 时,满足:

$$-7 < f_n/f_w < -1.$$

13.根据权利要求1所述的变焦透镜,其特征在于:

配置在最靠近放大共轭侧的透镜组全部由负光焦度的透镜组成,其中最靠近缩小共轭侧的透镜的形状是朝向缩小共轭侧的面凸的弯

月形状。

14.根据权利要求1所述的变焦透镜,其特征在于:

在最靠近放大共轭侧的透镜组中的负透镜的材料的阿贝数的平均值为 ν_{1n} 时,满足:

5 $47 < \nu_{1n}$ 。

15.根据权利要求1所述的变焦透镜,其特征在于满足:

$-0.52 < f_n/f_p$ 。

16.根据权利要求1所述的变焦透镜,其特征在于满足:

$f_n/f_p < -0.12$ 。

10 17.根据权利要求1所述的变焦透镜,其特征在于:

在设上述变焦透镜的广角端处的焦距为 f_w 、反焦距的空气换算长度为 b_f 时,满足:

$0.25 < f_w/b_f < 0.60$ 。

18.一种图像显示装置,其特征在于具有:

15 多个图像显示元件、

利用来自光源的光照明上述多个图像显示元件的照明光学系统、
合成来自上述多个图像显示元件的光的色合成系统、

将来自该色合成系统的光投影到上述预定面上的、权利要求1~
17 中任一项所述的变焦透镜。

20 19.根据权利要求18所述的图像显示装置,其特征在于:

上述变焦透镜使上述多个图像显示元件与上述预定面呈近似共轭的位置关系。

20.一种光学装置,其特征在于具有:

权利要求1乃至17所述的变焦透镜。

变焦透镜及具有该变焦透镜 的图像显示装置

5

技术领域

本发明涉及用于投影或者摄像等的变焦透镜以及使用了该变焦透镜的图像显示（投影）装置，例如，适用于液晶投影仪或数字照相机等的图像显示（投影）装置。

10

以往技术

长期以来，人们提出了种种使用液晶显示元件等图像显示元件以及将该显示元件所显示的图像投影到屏幕面上的液晶投影仪（图像投射装置）。

15

特别是液晶投影仪作为可将计算机等的图像投影成大画面的装置，已广泛应用于会议以及产品展示会等。此外，最近已经可以看到家庭影院用的小型化了的液晶投影仪的普及，与之相应，液晶显示元件的尺寸也显现出小型化的倾向。

在使用3片液晶显示元件的3片方式的彩色液晶投影仪中，通过色分离装置，将来自白色光源的光分离成红、绿、兰色光，并分别将之引导到液晶显示元件上。进而，通过二向色棱镜以及偏光板等色合成装置合成受到液晶显示元件调制了的色光，并将之引导到投影透镜上。因此，在投影透镜中，必须在液晶显示元件和投影透镜之间设置配置了构成色合成装置的这些元件的空间，希望投影透镜具有一定长度的反焦距。

25

此外，作为用于彩色液晶投影仪的投影光学系统，如果对设置在构成色合成装置的二向色棱镜的色合成膜入射的角度变化则光透过率变化，为了使在被投影的图像上产生色不匀等的依赖于角度的影响达到极小，且为了确保与照明系统的良好光瞳整合性，希望上述投

影光学系统为液晶显示元件（缩小）侧的光瞳为位于无穷远的所谓的远心光学系统。

另外，在将3色的液晶显示元件的画面（图像）合成投影到屏幕上时，必须在画面的全部区域重合各种颜色的像素，以不使计算机的文字等看起来重影或者损失解像度以及图像画质。为此，希望能够在可见光波段良好地校正产生在投影透镜上的色差（倍率色差）。

进而，还希望能够充分地校正畸变像差（特别是如果在周边以及中间部等残存急剧的畸变像差的变化等，则图像质量下降而不理想），以不使所投影的图像因轮廓部畸变而难以观看，或者为了更多地取入来自光源装置的光束而采用F数小的明亮的透镜系统。

最近，在要求图像的高亮度·图像的高精细化的同时，在搭载小型面板的投影仪方面，强烈要求重视其机动性的装置的小型化·轻量化。进而，也希望有能够在狭小的室内以更短的投射距离进行明亮且大画面的投影的、高亮度化·广视场角化且可以简单地进行投影画面尺寸调整的变焦透镜。

以往，作为液晶投影仪用的投影透镜，众所周知的有作为从放大侧（前方一侧）开始顺序地由负、正、正、负、正、正光焦度的透镜组形成的整体，由6个透镜组构成，通过适当地移动其中预定的透镜组进行变焦的6组变焦透镜（例如特开2001-108900号公报）。

此外，作为液晶投影仪用的投影透镜，众所周知的还有作为从放大侧开始顺序地由负、正、负、正、正光焦度的透镜组形成的整体，由5个透镜组构成，通过适当地移动其中预定的透镜组进行变焦的5组变焦透镜（例如特开2001-066499号公报）。

另一方面，为了在变焦透镜中不增加透镜片数地进行像差校正，常常采用非球面透镜，而且从加工容易性或制造成本的观点考虑，还常常采用由塑料材料形成的非球面透镜。

例如，在从物方侧开始顺序地由负、正、正光焦度的透镜组构成的3组变焦透镜中，众所周知的有在各个透镜组均使用了由塑料材料形成的非球面透镜的变焦透镜（例如特开2003-050352号公报）。

与利用玻璃材料形成的非球面透镜相比,利用塑料材料形成的非球面透镜具有容易制作且可以容易地选取更多的非球面量,可以容易地进行光学系统的像差校正等特征。

但相反一面,如果存在环境变化,例如存在温度变化,则材料的折射率或厚度以及表面形状等也产生较大的变化,存在对焦变动等光学特性变化增大的倾向。

例如,在液晶投影仪所使用的变焦透镜中,如果采用塑料材料形成的透镜,构成变焦透镜的各个透镜会被设置温度环境、照明灯的发热等加热,特别是塑料材料透镜,由于因热而导致的材质的折射率变化较多,故在光学特性低下的同时,还将较多地产生对焦偏差。

发明内容

本发明的目的就是提供即使是为了良好地进行像差校正而使用塑料材料形成的非球面透镜,也能够抑制因温度变化等造成的对焦偏差等光学性能的变化了的变焦透镜以及具有该变焦透镜的图像投射装置。

为了解决上述课题,本发明所涉及的、带有为进行变焦而在光轴上移动的多个移动透镜组并将从缩小共轭侧入射的图像光投射到放大共轭侧的预定面上的投射用变焦透镜具有如下特征:

具有数片含有塑料的塑料透镜;

设在上述数片塑料透镜中的 N 片正透镜中,从上述预定面侧开始第 i 号正透镜的焦距为 f_{pi} 、

在上述数片塑料透镜中的 M 片负透镜中,从上述预定面侧开始第 j 号负透镜的焦距为 f_{nj} , 且将 f_p 、 f_n 定义为

$$\frac{1}{f_p} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{f_{pi}}$$

$$\frac{1}{f_n} = \sum_{j=1}^M \frac{1}{f_{nj}}$$

时 (N、M 为自然数,换言之就是 1 或 1 以上的整数) (注:由于在其他的含意中也使用 n, 故请注意明确区别 n、m 和 N、M。),

满足

$$-0.56 < f_n/f_p < -0.05$$

这样的关系。

5 作为其他的样态，本发明包括以具备多个图像显示元件、用来自光源的光照明上述多个图像显示元件的照明光学系统、合成来自上述多个图像显示元件的光的色合成系统和将来自该色合成系统的光投影到上述预定面上的上述变焦透镜为特征的图像显示装置。

作为更进一步的样态，本发明包括具有上述变焦透镜的光学装置。

10

附图说明

图 1 所示为使用了实施例 1 的变焦透镜的图像投射装置的要部概略图；

15 图 2A 和 2B 所示为以 mm 单位表示数值实施例 1 的变焦透镜时的、物距 1.7m 时的像差图；

图 3 所示为使用了实施例 2 的变焦透镜的图像投射装置的要部概略图；

图 4A 和 4B 所示为以 mm 单位表示数值实施例 2 的变焦透镜时的、物距 1.7m 时的像差图；

20 图 5 所示为使用了实施例 3 的变焦透镜的图像投射装置的要部概略图；

图 6A 和 6B 所示为以 mm 单位表示数值实施例 3 的变焦透镜时的、物距 1.7m 时的像差图；

25 图 7 所示为使用了实施例 4 的变焦透镜的图像投射装置的要部概略图；

图 8A 和 8B 所示为以 mm 单位表示数值实施例 4 的变焦透镜时的、物距 1.7m 时的像差图；

图 9 所示为使用了实施例 5 的变焦透镜的图像投射装置的要部概略图；

图 10A 和 10B 所示为以 mm 单位表示数值实施例 5 的变焦透镜时的、物距 2.3m 时的像差图；

图 11 所示为图像投射装置适用于反射型液晶投影仪时的要部概略图；

5 图 12 所示为摄像装置实施例的要部概略图；

图 13 所示为本发明第 6 实施例的后聚焦变焦透镜的截面图；

图 14 所示为本发明第 7 实施例的后聚焦变焦透镜的截面图；

图 15 所示为本发明第 8 实施例的后聚焦变焦透镜的截面图；

图 16 所示为本发明第 9 实施例的后聚焦变焦透镜的截面图；

10 图 17A 和 17B 为第 6 实施例 2.1m 聚焦时的像差图。图 17A 所示为广角端焦距时、图 17B 所示为望远端焦距时的纵像差，分别为球差、像面弯曲、畸变像差；

图 18A 和 18B 为第 7 实施例 2.1m 聚焦时的像差图。图 18A 所示为广角端焦距时、图 18B 所示为望远端焦距时的纵像差，分别为球
15 差、像面弯曲、畸变像差；

图 19A 和 19B 为第 8 实施例 2.1m 聚焦时的像差图。图 19A 所示为广角端焦距时、图 19B 所示为望远端焦距时的纵像差，分别为球差、像面弯曲、畸变像差；

图 20A 和 20B 为第 9 实施例 2.1m 聚焦时的像差图。图 20A 所
20 示为广角端焦距时、图 20B 所示为望远端焦距时的纵像差，分别为球差、像面弯曲、畸变像差；

具体实施方式

下面，使用图面对本发明变焦透镜的实施例进行说明。

25 图 1 所示是使用了本发明实施例 1 的变焦透镜的图像投射装置（液晶视频投影仪）的要部概略图。图 2A、2B 是以 mm 单位给出后述的、对应本发明的实施例 1 的数值实施例 1 的数值时的物距（离开第 1 透镜组的距离）1.7m 时广角端（短焦距端）和望远端（长焦距端）变焦位置处的像差图。

图 3 所示是使用了本发明实施例 2 的变焦透镜的图像投射装置（液晶视频投影仪）的要部概略图。图 4A、4B 是以 mm 单位给出后述的、对应本发明的实施例 2 的数值实施例 2 的数值时的物距（离开第 1 透镜组的距离）1.7m 时广角端（短焦距端）和望远端（长焦距端）变焦位置处的像差图。

图 5 所示是使用了本发明实施例 3 的变焦透镜的图像投射装置（液晶视频投影仪）的要部概略图。图 6A、6B 是以 mm 单位给出后述的、对应本发明的实施例 3 的数值实施例 3 的数值时的物距（离开第 1 透镜组的距离）1.7m 时广角端（短焦距端）和望远端（长焦距端）变焦位置处的像差图。

图 7 所示是使用了本发明实施例 4 的变焦透镜的图像投射装置（液晶视频投影仪）的要部概略图。图 8A、8B 是以 mm 单位给出后述的、对应本发明的实施例 4 的数值实施例 4 的数值时的物距（离开第 1 透镜组的距离）1.7m 时广角端（短焦距端）和望远端（长焦距端）变焦位置处的像差图。

图 9 所示是使用了本发明实施例 5 的变焦透镜的图像投射装置（液晶视频投影仪）的要部概略图。图 10A、10B 是以 mm 单位给出后述的、对应本发明的实施例 5 的数值实施例 5 的数值时的物距（离开第 1 透镜组的距离）2.3m 时广角端（短焦距端）和望远端（长焦距端）变焦位置处的像差图。

在图 1、图 3、图 5、图 7、图 9 的实施例 1~5 的图像投射装置中，所示的是使用变焦透镜（投影透镜、投写透镜）PL 将液晶面板 LCD 等显示的原画面（被投影图像）放大投影到屏幕面 SO 上的状态。

SO 是屏幕面（投影面），LCD 是液晶面板（液晶显示元件）等的原图像（被投影图像）。屏幕面 SO 与原图像 LCD 处于共轭关系，一般地，屏幕面 SO 为长距离一方的共轭点，相当于放大共轭侧（前方一侧），原图像 LCD 为短距离一方的共轭点，相当于缩小共轭侧（后方一侧）。

GB 是色合成棱镜或偏光滤光片，进而也可以是彩色滤光片等的

玻璃模块。

变焦透镜 PL 经由连接部件（没有图示）安装在液晶视频投影仪主体（没有图示）上。玻璃模块 GB 以后的液晶显示元件 LCD 侧包含在投影仪主体中。

5 在图 1、图 3、图 5、图 7 的实施例 1~4 中，L1 是负光焦度（光学能力）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，L4 是负光焦度的第 4 透镜组，L5 是正光焦度的第 5 透镜组，L6 是正光焦度的第 6 透镜组。ST 是光阑，设置在第 3 透镜组 L3 和第 4 透镜组 L4 之间。ASP 表示该面是非球面形状。

10 在实施例 1~4 中，在进行从广角端向望远端的变焦位置的变焦时，如箭头所示的那样，分别独立地使第 2 透镜组 L2、第 3 透镜组 L3、第 4 透镜组 L4 以及第 5 透镜组 L5 向屏幕 SO 移动。

为了进行变焦，不移动第 1 透镜组 L1、第 6 透镜组 L6。因而，在进行变焦之际，第 1~第 6 透镜组的全长是恒定的。使第 1 透镜组
15 L1 在光轴上移动进行聚焦。这里，也可以移动显示面板 LCD 进行聚焦。

在图 9 的实施例 5 中，L1 是负光焦度的第 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，L4 是正光焦度的第 4 透镜组，L5 是正光焦度的第 5 透镜组。ST 是光阑，设置在第 3
20 透镜组 L3 和第 4 透镜组 L4 之间。ASP 表示该面是非球面形状。

在实施例 5 中，在进行从广角端向望远端的变焦时，如箭头所示的那样，分别独立地使第 2 透镜组 L2 向 LCD（缩小共轭）侧移动，第 3 透镜组 L3、第 4 透镜组 L4 向屏幕 SO（放大共轭）侧移动。为了进行变焦，不移动第 1 透镜组 L1、第 5 透镜组 L5。

25 因而，在进行变焦之际，第 1~第 5 透镜组的全长是恒定的。使第 1 透镜组 L1 在光轴上移动进行聚焦。这里，也可以移动显示面板 LCD 进行聚焦。

在以上的各实施例中，在各透镜面施行有多层镀膜，由此可防止在屏幕面 SO 上的照度的降低。

在图 2A、2B, 图 4A、4B, 图 6A、6B, 图 8A、8B, 图 10A、10B 的像差图中, G 表示在波长 550nm 处的像差, R 表示在波长 620nm 处的像差, B 表示在波长 450nm 处的像差, S (弧矢像面的倾斜)、M (子午像面的倾斜) 均表示波长 550nm 处的像差。 ω 为视场角, F 为 F 数。

下面对实施例 1~5 的特征进行说明。在各实施例中,

◎具有由塑料材料构成且前方(放大共轭侧)或者/以及后方(缩小共轭侧)的面为非球面形状的 N (1 或 1 以上的整数, 换言之就是自然数) 片正光焦度的透镜和

由塑料材料构成且前方或者/以及后方的面为非球面形状的 M (1 或 1 以上的整数, 换言之就是自然数) 片负光焦度的透镜,

当定义正光焦度透镜的焦距为 f_{pi} 、负光焦度透镜的焦距为 f_{nj} ,

且

$$\frac{1}{f_p} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{f_{pi}}$$

$$\frac{1}{f_n} = \sum_{j=1}^M \frac{1}{f_{nj}}$$

时 (N、M 为自然数, 换言之就是 1 或 1 以上的整数), 满足 $-0.56 < f_n/f_p < -0.05$ (1)

这样的关系。

条件式 (1) 是包含具备可有效校正像差的非球面形状的、由塑料材料构成的负光焦度的透镜 LN 和具备校正像差的非球面形状的、由塑料材料构成的正光焦度的透镜 LP, 且特别确定了它们的光学能力 (光焦度) 关系的的关系式。这里, 虽然将之表现为“由塑料构成”, 但并非各透镜需要只用塑料构成, 只要在摄氏 20 度用塑料形成 50% 或 50% 以上 (最好是 80% 或 80% 以上) 的透镜即可, 此点在以下的各实施例中适合。此外, 虽然在此使用限定为非球面透镜的表现, 但并非仅限于非球面透镜, 既可以适用于球面透镜、平凸、平凹透镜, 也可以适用于具有光学能力的 (带有焦点的透镜, 即便是柱面透镜或复曲面透镜也没有关系) 所有的光学元件。如果可能的话, 最

好在该 (N+M) 片的塑料透镜中至少有 1 片非球面透镜, 特别地, 最好是负透镜具有非球面的构成, 进一步言之就是希望最好能在第 1 透镜组 (最靠近放大共轭侧的透镜组) 内配置该具有非球面的负透镜。

进而, 这里称之为透镜的光学元件不一定只限于折射型的光学元件, 可以是衍射型的光学元件, 此外, 也可以代替透镜使用反射型的光学元件。

一般地, 透镜 LP 伴随着温度上升带来的材料的折射率变化, 缩小共轭侧的对焦位置将向过度 (over) 方向偏移, 透镜 LN 伴随着温度上升带来的材料的折射率变化, 缩小共轭侧的对焦位置将向不足 (under) 方向偏移。因而, 如果采用使用了上述两种透镜的构成, 则由于对焦位置的偏移方向成对, 故可以抑制温度变化带来的对焦偏差。

在超过条件式 (1) 的下限的区域, 由于相对于负光焦度, 正的光焦度将过剩地变大, 故透镜 LP 的因温度变化带来的影响将明显显现出来, 焦点将过剩地向过度方向偏移。

反之, 在超过条件式 (1) 的上限的区域, 由于相对于正光焦度, 负的光焦度将过剩地变大, 故透镜 LN 的因温度变化带来的影响将明显显现出来, 焦点将过剩地向不足方向偏移。

关于条件式 (1), 进而, 希望满足

$$-0.52 < f_n/f_p \quad (1a)$$

以及/或者

$$f_n/f_p < -0.12 \quad (1b)$$

这样的关系。进而, 希望满足

$$f_n/f_p < -0.28 \quad (1c)$$

这样的关系。

此外, 这里除了预定了光焦度的 N 片具有正光焦度的塑料透镜和 M 片具有负光焦度的塑料透镜外, 在带有塑料透镜时, 由于该塑料透镜难以成为温度等环境变化引起对焦偏差的原因, 该变焦透镜所具有的塑料透镜 (含有塑料的透镜) 的片数最好为 (N+M) 片。亦

即,不希望存在该片数以外的塑料透镜。当然,由于没有光学能力(光焦度等)的光学元件对对焦偏差几乎没有影响,因此,即使是超过(N+M)片也没有关系。

5 ◎在1片或1片以上的负光焦度的透镜中,至少应有1片包含在最靠近前方的第1透镜组内。

在各实施例中,第1透镜组L1对具有非球面形状的负光焦度的透镜材料使用了塑料。这在需要作为反焦距(这里说的所谓反焦距,是指该变焦透镜中最靠近缩小共轭侧的透镜面的顶点与缩小共轭侧的像面位置的距离即在投影仪中与配置形成原图像的液晶面板等图像形成元件的位置的距离)长的广角型(后聚焦型)透镜系统的特征的、强负光焦度的第1透镜组L1内,使用具有负光焦度的由塑料材料形成的透镜可有效地校正像差。

15 另外,由于与其他透镜组相比,第1透镜组L1孔径变大,故投射时的光线密度变小,与之相伴,将易于设定可以适当地校正光线的非球面形状,各实施例可由此减轻其他透镜的像差校正的负担,进而,还可以有效地达成透镜片数的削减。

 ◎在设广角端变焦位置处的整个系统的聚焦为 f_w 时,满足

$$-7 < f_n/f_w < -1 \quad (2)$$

这样的关系。

20 条件式(2)是对透镜整个系统的焦距适当地预定了利用塑料材料形成且具有非球面形状的负光焦度透镜LN的光焦度的条件式。在超过了条件式(2)的下限的区域,透镜LN的光焦度逐渐变缓。这样一来,例如,在后聚焦型特有的前组具有强负光焦度的构成中,透镜LN的非球面形状的作用将变得不充分。此外,在超过了上限的区域,透镜LN的负光焦度将变得过强,偏芯灵敏度过剩地变大,用于输出透镜系统整体的性能的调整将变得困难。

 最好能如下这样设定条件式(2)的数值范围。即

$$-5 < f_n/f_w \quad (2a)$$

以及/或者

$$f_n/f_w < -2 \quad (2b)$$

◎最靠近放大共轭侧的第1透镜组全部由负光焦度的透镜组成，其中最靠近缩小共轭侧的透镜其放大共轭侧的面由凹形面或者其缩小共轭侧的面由凸的弯月形状形成。

- 5 在各实施例中，通过使第1透镜组L1内的所有的透镜为负光焦度的透镜（最好具有1个或1个以上的非球面形状）、并具备放大共轭侧的面由凹形面或者缩小共轭侧的面由凸的弯月形状的透镜，可以使之产生与由放大共轭侧的面采用了凸形状的透镜缩产生的畸变像差或像散性像差相反的像差，以较少的透镜片数校正正在第1透镜组
- 10 L1产生的畸变像差或像散性像差。进而，可谋求前透镜有效直径的小型化。

◎在设第1透镜组中负光焦度透镜的材料的阿贝数的平均值为 v_{1n} 时，其满足

$$47 < v_{1n} \quad (3)$$

- 15 这样的关系。

条件式(3)是用于减小在第1透镜组L1产生的倍率色差的条件式。通过对第1透镜组L1的负光焦度透镜的材料使用色散小的材料，可以抑制倍率色差较小。在超过条件式(3)的下限的区域，因倍率色差变大而不理想。

- 20 这里，最好能如下这样设定条件式(3)的数值范围。即满足

$$48 < v_{1n} \quad (3a)$$

以及/或者

$$50 < v_{1n} \quad (3b)$$

这样的关系。

- 25 在此， v_{1n} 最好取为70或70以下，如果取在60或60以下则更好。进而， v_{1n} 大于51也没有关系。

此外，本实施形态的变焦透镜具有5个光学成分（透镜组，但其既可以是1片透镜，也可以是多片透镜，进而，其并非仅限于透镜，包含衍射光学元件或反射镜也没有关系），是在进行从广角端到望远

端的变焦时至少在光轴方向移动上述 5 个光学成分中的 2 个光学成分的变焦透镜，上述 5 个光学成分中最靠近放大共轭侧的第 1 光学成分具有负的光学能力，该第 1 光学成分在进行从广角端到望远端的变焦时是固定的，在取广角端的焦距为 f_w ，反焦距的空气换算长度为 b_f 时，其以满足

$$0.25 < f_w / b_f < 0.60 \quad (4)$$

这样的关系为特征。进而，最好满足

$$0.40 < f_w / b_f < 0.60 \quad (4a)$$

这样的关系。

该条件式 (4) 表示用于确实地获得长的反焦距的条件，如果超过上限则反焦距变短，难以获得插入棱镜等所需要的反焦距。相反，如果超过下限可以得到长的反焦距但因透镜全长也同时变长而不理想。这里，可以使第 1 透镜组采用具有胶合透镜的构成，利用该构成，可以效率良好地抑制倍率色差。

另外，在上述 5 个光学成分中，在设自放大共轭侧起按顺序第 3 序号光学成分为第 3 光学成分时，可以自放大共轭侧起顺序地用凹向地配置在放大共轭侧的光学能力为负的弯月状透镜以及双凸透镜 2 片透镜构成上述第 3 光学成分。由此，可以抑制变焦过程中的倍率色差的变动。

还有，在上述 5 个光学成分中，在自放大共轭侧起按顺序第 5 序号光学成分为第 5 光学成分时，可以自放大共轭侧起顺序地利用胶合了光学能力为负的透镜和配置在该负透镜的缩小共轭侧的光学能力为正的透镜的胶合透镜、双凸透镜、在缩小共轭侧凸的正弯月状透镜构成上述第 5 光学成分。由此，可以在抑制倍率色差的同时，起到在像面（液晶显示元件）处使之具有远心光路性的作用。

GB 表示色合成用的二向色棱镜等玻璃模块，LCD 表示液晶显示元件，ST 表示光阑。

下面对各实施例的特征进行说明。

【实施例 1】

在图 1 的实施例 1 中, 第 1 透镜组 L1 自放大共轭侧到缩小共轭侧, 顺序地由放大共轭侧的面为凸且呈弯月形状的负光焦度的透镜 G11、放大共轭侧的面为凸且呈弯月形状的负光焦度的透镜 G12、放大共轭侧和缩小共轭侧的面均为凹状的透镜 G13 构成。

5 透镜 G12 由塑料材料形成且放大共轭侧和缩小共轭侧的面为非球面形状。通过使透镜 G12 的放大共轭侧和缩小共轭侧的面为非球面形状, 可主要地校正畸变像差。

此外, 利用透镜 G13 的缩小共轭侧的面校正畸变像差以及像散像差, 进而, 通过对第 1 透镜组 L1 的所有的透镜材料使用低色散玻璃 (阿贝数为 54 或 54 以上), 可以抑制产生的倍率色差小。

第 2 透镜组 L2 由放大共轭侧和缩小共轭侧的面均为凸形状的透镜 G21 构成, 主要用于校正第 1 透镜组 L1 产生的各种像差。在该透镜 G21 中, 使用高折射率 (1.75 或 1.75 以上) 的玻璃材料, 由此可减小匹兹阔和, 减小变焦之际球差等各种像差的变动。

15 另外, 减小匹兹阔和, 可减少中间像高处的像面弯曲以及像散性像差, 获得高的解像度。进而, 从色差校正的观点看, 为了高效地校正第 1 透镜组 L1 产生的倍率色差, 需要使用高折射率且具有低色散特性的玻璃。

第 3 透镜组 L3 由放大共轭侧的面为凸且呈弯月形状的负光焦度的透镜 G31 和放大共轭侧与缩小共轭侧的面均为凸形状的透镜 G32 两片透镜构成, 担负着主要变焦的作用。通过采用正、负光焦度的 2 片透镜进行构成, 可以在取得大口径的同时, 减小变焦区域的倍率色差的变动。

25 进而, 还可以良好地进行慧斑以及轴上色差的校正。这里, 光阑 ST 存在于第 3 透镜组 L3 内, 在进行变焦时, 可与第 3 透镜组 L3 一起移动, 抑制了变焦时的轴外像差的变动。

第 4 透镜组 L4 由放大侧的面为凹面的透镜 G41 构成。对透镜 G41 赋予了强的负光焦度, 以校正伴随变焦的对焦面的移动。通过配置该强负光焦度的透镜, 可以高效率地减小匹兹阔和。

第5透镜组L5由放大共轭侧和缩小共轭侧的面均为凹形状的透镜D51和放大共轭侧与缩小共轭侧的面均为凸形状的透镜G52、缩小共轭侧的面为凸且呈弯月形状的正光焦度的透镜G53构成。

通过在最靠近放大共轭侧(屏幕侧)配置具有强负光焦度的透镜G51,可以高效率地减小匹兹阔和。此外,还可以控制后侧主点位置,确保良好的远心光路性,获得需要长度的反焦距。

另外,对透镜G52,为了抑制色差使之较小,使用了低色散玻璃。进而,对最靠近缩小共轭侧的透镜G53的材料使用了塑料并将放大共轭侧和缩小共轭侧的面做成了非球面形状。通过该透镜G53,可以高效地校正像散性像差等轴外像差。

第6透镜组L6由放大共轭侧的面为凸形状的正光焦度的透镜G61构成,使用该透镜G61可以良好地维持远心光路性。

在实施例1中,利用塑料材料形成正以及负光焦度的透镜G12、G53,并将1面或1面以上的面做成非球面形状,但并非只限于此,也可以利用塑料材料形成多个透镜,形成1面或1面以上的非球面形状,以校正环境变化带来的对焦偏差等光学性能的变动。此外,带有非球面形状的透镜亦并非仅限于塑料,也可以采用玻璃材料构成。或者,也可以使透镜的面上形成薄薄的树脂层,采用使之形成了非球面形状的所谓的混合型的非球面形状。

实施例1的变焦透镜的F数小到1.7,实现了可以将100型以短达约2.5m的距离进行投射且变焦倍率达约1.6倍的所谓的高变焦化的投射透镜。

【实施例2】

在图3的实施例2中,第1透镜组L1由3个透镜G11、G12、G13构成。其中透镜G11、G12与实施例1相同。

透镜G13是缩小共轭侧的面为凸且呈弯月形状的负光焦度的透镜。将透镜G13做成弯月形状可以校正畸变像差以及像散性像差。

关于第2~第6透镜组L2~L6,与实施例1相同。

在实施例2的变焦透镜中,F数小到1.75,实现了可以将100型

以短达约 2.4m 的距离进行投射且变焦倍率达约 1.7 倍的所谓的高变焦化的投射透镜。

【实施例 3】

在图 5 的实施例 3 中，第 1 透镜组 L1 和第 2 透镜组 L2 的构成
5 与实施例 2 相同。

第 3 透镜组 L3 由放大共轭侧和缩小共轭侧的面均为凸形状的透镜 G31 组成。通过使透镜 G31 具有光学能力（光焦度），使之担负主要变焦透镜组的作用。光阑 ST 存在于第 3 透镜组 L3 内，在进行变焦时，与第 3 透镜组 L3 一起移动，以抑制变焦时的轴外像差的变动。

10 第 4 透镜组 L4 由放大共轭侧的面为凹的弯月形状的负光焦度的透镜 G41 组成。通过对透镜 G41 赋予强的负光焦度，可校正伴随变焦的对焦面的移动。通过配置该强负光焦度的透镜 G41，可以高效地减小匹兹阔和。

有关第 5、第 6 透镜组 L5、L6，与实施例 1 相同。

15 在实施例 3 的变焦透镜中，F 数小到 1.75，实现了可以将 100 型以短达约 2.4m 的距离进行投射的投射透镜。

【实施例 4】

在图 7 的实施例 4 中，第 1、第 2、第 3 透镜组 L1、L2、L3 的构成与实施例 3 相同。

20 第 4 透镜组 L4 由放大共轭侧和缩小共轭侧的面均为凹形状的负光焦度的透镜 G41 构成。通过对透镜 G41 赋予强的负光焦度，可以校正伴随变焦的对焦面的移动。通过配置该强负光焦度的透镜 G41，可以高效地减小匹兹阔和。此外，还可以控制后侧主点位置，确保良好的远心光路性，获得所需要长度的反焦距。

25 第 5 透镜组 L5 由放大共轭侧和缩小共轭侧的面为凸形状的正光焦度透镜 G51 和缩小共轭侧的面为凸且呈弯月形状的正光焦度透镜 G52 构成，透镜 G51 使用低色散玻璃（例如，SFSL5、SFPL51（均为 OHARA 制产品）等），可以抑制色差的劣化更小。

进而，透镜 G52 由塑料材料构成，放大共轭侧和缩小共轭侧的

面呈非球面形状。利用该透镜 G52 可以更高效地校正像散性像差等轴外像差。

关于第 6 透镜组 L6, 与实施例 1 相同。实施例 4 的变焦透镜 F 数小到 1.7, 实现了可以将 100 型以短达约 2.8m 的距离进行投射且变焦倍率达约 1.5 倍的所谓的高变焦化的投射透镜。

【实施例 5】

图 9 的实施例 5 与实施例 1~4 不同的是作为整体由 5 组构成的变焦透镜。在实施例 5 中, 第 1、第 2 透镜组 L1、L2 的构成与实施例 3 相同。

第 3 透镜组 L3 由放大共轭侧的面为凸的弯月形状的正光焦度透镜 G31 组成。通过使透镜 G31 具有强的光学能力, 使之担负主要变焦透镜组的作用。光阑 ST 存在于第 3 透镜组 L3 内, 在进行变焦时, 与第 3 透镜组 L3 一起移动, 以抑制变焦时的轴外像差的变动。

第 4 透镜组 L4 由放大共轭侧和缩小共轭侧的面均为凹形状的负光焦度的透镜 G41、放大共轭侧和缩小共轭侧的面均为凸形状的正光焦度透镜 G42 和缩小共轭侧的面为凸且呈弯月形状的正光焦度的透镜 G43 组成。

通过在最靠近放大共轭侧配置具有强的负光焦度的透镜 G41, 可以高效地减小匹兹阔和。此外, 还可以控制后侧主点位置, 确保良好的远心光路性, 获得所需要长度的反焦距。另外, 为了抑制色差较小, 透镜 G42 在材料上使用了低色散玻璃。

进而, 最靠近缩小共轭侧的透镜 G43 由塑料材料形成并将放大共轭侧和缩小共轭侧的面做成非球面形状。利用该透镜 G43, 可以高效地校正像散性像差等轴外像差。第 5 透镜组 L5 由放大共轭侧和缩小共轭侧的面均为凸形状的正光焦度的透镜 G51 构成。利用透镜 G51, 可以良好地维持远心光路性。

在实施例 5 中, 利用塑料形成了正以及负光焦度的透镜 G12、G43, 并将 1 个面或 1 个面以上的面做成非球面形状, 但并非只限于此, 也可以利用塑料形成多个透镜并将 1 个面或 1 个面以上的面做成

非球面形状，以校正因环境变化导致的对焦偏差等光学性能的变化。

此外，带有非球面形状的透镜亦并非仅限于使用塑料，也可以采用玻璃材料构成。或者，也可以使透镜面形成薄薄的树脂层，采用使之形成了非球面形状的所谓的混合型的非球面形状。

- 5 实施例 5 的变焦透镜的 F 数小到 1.6，实现了可以将 100 型以短达约 3.3m 的距离进行投射的投射透镜。

如以上所说明过的那样，通过各实施例，可以实现大口径且在缩小侧具有良好的远心光路性能，高解像·低畸变且在可见光谱段良好地校正了倍率色差的、具有长的反焦距的变焦透镜。

- 10 下面，示出分别与实施例 1~5 的变焦透镜的数值数据对应的数值实施例 1~5。在各数值实施例中， i 表示自放大侧（前方侧）始的光学面的顺序， R_i 为第 i 序号的光学面（第 i 面）的曲率半径， d_i 为第 i 面与第 $(i+1)$ 面之间的间隔， N_i 和 v_i 分别表示对应 d 线的第 i 序号光学部件的材质的折射率、阿贝数。 f 为焦距， Fno 是 F 数。

- 15 此外，数值实施例 1~4 的最靠近缩小侧的 2 个面和数值实施例 5 的最靠近缩小侧的 5 个面是构成相当于色合成棱镜或相位板、各种滤光片等的玻璃模块 GB 的面。

- 20 另外，在设 κ 为圆锥常数， A 、 B 、 C 、 D 、 E 为非球面系数，以面顶点为基准离光轴高度 h 位置处的光轴方向的变位为 x 时，非球面形状可用

$$x = \frac{\left(\frac{1}{r}\right)h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)\left(\frac{h}{r}\right)^2}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12}$$

表示。式中， r 为近轴曲率半径。这里， $[e-Z]$ 表示 $[10^{-Z}]$ 的意思。表 1 给出了前述各条件式 1~3 和数值实施例 1~5 的各数值的关系。

【表 2】

数值实施例 1 $f=20.5-32.0$ $Fno=1.7-2.3$

	Ri	di	Ni	ν_i
1	135.52760	2.20000	1.603112	60.6
2	22.20566	4.82312		
3*	30.30312	3.80123	1.529960	55.8
4*	17.50000	9.46981		
5	-75.96001	2.60000	1.487490	70.2
6	1208.49547	(d6)		
7	77.19455	4.35235	1.834000	37.2
8	-131.56200	(d8)		
9	37.35455	1.90000	1.805181	25.4
10	25.82421	0.67242		
11	26.73313	6.26644	1.696797	55.5
12	-148.75753	17.87398		
13	光阑	(d13)		
14	-25.38923	1.90000	1.834000	37.2
15	-2398.36883	(d15)		
16	-248.59224	1.90000	1.805181	25.4
17	84.32249	0.15000		
18	42.19698	9.89265	1.496999	81.5
19	-23.32016	0.58160		
20*	-275.04475	4.91820	1.529960	55.8
21*	-70.43647	(d21)		
22	49.47900	4.54606	1.696797	55.5
23	-2.1e+04	1.45000		
24	∞	29.20000	1.516330	64.1
25	∞	9.43898		

非球面数据

	1/r	K	A	B	C	D	E
*3	3.29999e-02	-9.76920e+00	2.35014e-05	-7.33003e-08	1.93473e-10	-3.46177e-13	2.92512e-16
*4	5.71429e-02	-4.10696e-01	-3.57207e-05	6.94290e-08	-4.78851e-10	1.20204e-12	-1.48676e-15
*21	-3.63577e-03	2.38360e+02	-3.13625e-05	-7.54875e-08	1.12226e-10	-1.35192e-12	4.05599e-15
*22	-1.41972e-02	1.12730e+01	-1.81511e-05	-2.83717e-08	-1.03937e-11	-1.14346e-13	1.24744e-15

间隔数据

	d6	d8	d13	d15	d21
Wide	4.78312	21.87063	3.76178	3.13662	0.70000
Tele	2.57162	0.92000	9.71154	1.25338	19.79559

【表 3】

数值实施例 2 $f=19.5-32.5$ $Fno=1.75-2.6$

	Ri	di	Ni	ν_i
1	188.33308	2.20000	1.603112	60.6
2	29.22697	2.68378		
3*	29.62014	3.50000	1.529960	55.8
4*	16.00000	14.27669		
5	-32.03003	3.85000	1.487490	70.2
6	-47.16182	(d6)		
7	114.29429	4.73649	1.834000	37.2
8	-112.92039	(d8)		
9	46.10981	2.33889	1.846658	23.9
10	31.62438	0.90000		
11	31.63855	4.83048	1.696797	55.5
12	-182.50942	17.86499		
13	光阑	(d13)		
14	-29.32700	1.60000	1.834000	37.2
15	-674.04222	(d15)		
16	-140.27192	1.38000	1.805181	25.4
17	67.55669	0.15000		
18	42.54956	8.60150	1.516330	64.1
19	-24.69518	0.30475		
20*	-170.01137	4.69894	1.529960	55.8
21*	-58.39828	(d21)		
22	43.33167	5.15000	1.603112	60.6
23	-758.56616	1.45000		
24	∞	29.20000	1.516330	64.1
25	∞	8.38557		

非球面数据

	1/r	K	A	B	C	D	E
*3	3.37608e-02	-8.22022e+00	2.20374e-05	-6.60972e-08	1.64899e-10	-2.67527e-13	1.86593e-16
*4	6.25000e-02	-3.54087e-01	-3.46047e-05	4.00531e-08	-4.13570e-10	1.21407e-12	-2.17149e-15
*20	-5.88196e-03	1.11477e+02	-1.50733e-05	-5.34314e-08	1.41621e-10	-4.19654e-13	1.95784e-15
*21	-1.71238e-02	1.02079e+01	-1.79868e-06	-2.87323e-08	1.83974e-10	-5.50033e-13	2.28359e-15

间隔数据

	d6	d8	d13	d15	d21
Wide	10.24147	19.26262	2.25370	4.76644	2.40927
Tele	2.23073	1.57681	13.17683	0.81548	21.13365

【表 4】

数值实施例 3 $f = 19.5-23.0$ $Fno = 1.75-1.95$

	Ri	di	Ni	ν_i
1	86.30617	2.20000	1.712995	53.9
2	22.17785	4.26576		
3*	30.84064	3.70000	1.529960	55.8
4*	16.10856	13.74972		
5	-26.58051	4.00000	1.581439	40.7
6	-35.31287	(d6)		
7	103.03786	3.91775	1.806098	40.9
8	-130.93248	(d8)		
9	45.73313	4.56276	1.712995	53.9
10	-266.51474	25.80682		
11	光阑	(d11)		
12	-21.35425	1.60000	1.755199	27.5
13	-34.91108	(d13)		
14	-45.60545	1.37000	1.805181	25.4
15	86.42216	0.18336		
16	39.55187	8.03548	1.487490	70.2
17	-22.20508	3.67399		
18*	-103.92841	5.20000	1.529960	55.8
19*	-50.69899	(d19)		
20	42.36158	5.15000	1.696797	55.5
21	-995.34409	1.45000		
22	∞	29.20000	1.516330	64.1
23	∞	7.98690		

非球面数据

	1/r	K	A	B	C	D	E
*3	3.24247e-02	-6.56583e+00	1.75591e-05	-4.00306e-08	1.53076e-10	-3.29093e-13	2.88627e-16
*4	6.20788e-02	-3.73031e-01	-3.53937e-05	2.16335e-09	-1.64441e-10	4.20592e-13	-1.23403e-15
*18	-9.62201e-03	2.88249e+01	-2.57731e-05	-5.90265e-08	7.55012e-12	-1.08648e-12	3.36015e-15
*19	-1.97243e-02	7.36610e+00	-7.31371e-06	-2.79471e-08	1.55497e-10	-9.62718e-13	3.49872e-15

间隔数据

	d6	d8	d11	d13	d19
Wide	1.27771	10.15204	2.85626	1.14830	2.95005
Tele	0.9000	0.7000	5.16290	0.48407	11.13739

【表 5】

数值实施例 4 $f=22.6-33.7$ $Fno=1.7-2.4$

	Ri	di	Ni	ν_i
1	592.44314	2.20000	1.603112	60.6
2	25.95271	2.00000		
3*	30.77385	3.70000	1.529960	55.8
4*	17.03280	11.90964		
5	-28.47042	3.73691	1.487490	70.2
6	-37.82812	(d6)		
7	94.50825	4.77474	1.785896	44.2
8	-86.45848	(d8)		
9	37.81112	5.01740	1.603112	60.6
10	-245.70261	18.06176		
11	光阑	(d11)		
12	-27.69372	1.37000	1.846658	23.9
13	69.54633	(d13)		
14	47.40957	7.36869	1.516330	64.1
15	-26.92805	7.54099		
16*	-107.07905	5.50000	1.529960	55.8
17*	-59.94720	(d17)		
18	50.84156	4.84538	1.785896	44.2
19	-301.91938	4.00000		
20	∞	29.20000	1.516330	64.1
21	∞	5.56695		

非球面数据

	1/r	K	A	B	C	D	E
*3	3.24951e-02	-6.36268e+00	1.06306e-05	-2.25168e-09	-3.53930e-11	9.89246e-15	1.20527e-16
*4	5.87102e-02	-2.54526e-01	-3.92262e-05	4.60471e-08	-3.44376e-10	5.58932e-13	-8.19138e-16
*16	-9.33890e-03	-1.51141e+01	-1.41709e-05	-5.66364e-08	1.77083e-10	-4.45385e-13	1.57965e-16
*17	-1.66813e-02	8.94891e+00	2.96888e-06	-4.04405e-08	2.68900e-10	-7.71981e-13	1.26532e-15

间隔数据

	d6	d8	d11	d13	d17
Wide	3.9500	21.66253	3.08412	1.67785	0.7000
Tele	0.7500	0.7000	9.15737	1.0000	19.46713

【表 6】

数值实施例 5 $f=18.3-21.7$ $Fno=1.6-1.8$

	Ri	di	Ni	ν_i
1	47.39366	1.50000	1.658441	50.9
2	13.64038	3.41855		
3*	30.00000	2.40000	1.529960	55.8
4*	17.83195	6.01613		
5	-15.57699	2.27397	1.666718	48.3
6	-21.27434	(d6)		
7	133.34802	2.80664	1.806098	40.9
8	-46.44001	(d8)		
9	31.37923	2.90933	1.772499	49.6
10	241.75195	18.55020		
11	光阑	(d11)		
12	-19.26847	1.10000	1.846658	23.9
13	896.55906	0.94091		
14	40.73860	7.31534	1.487490	70.2
15	-20.17264	0.15000		
16*	-45.05576	3.00000	1.529960	55.8
17*	-31.07916	(d17)		
18	46.69934	3.77645	1.712995	53.9
19	-129.98328	4.00000		
20	∞	23.00000	1.516330	64.1
21	∞	0.44000	1.500000	65.0
22	∞	0.50000	1.764000	65.0
23	∞	2.20000	1.460000	65.0
24	∞	6.58725		

非球面数据

	1/r	K	A	B	C	D	E
*3	3.33333e-02	-2.28260e+01	4.65998e-05	-2.24672e-07	1.31081e-09	-5.24990e-12	0.00000e+00
*4	5.60791e-02	-5.95833e+00	1.58911e-05	-1.18746e-07	-1.20000e-09	0.00000e+00	0.00000e+00
*16	-2.21947e-02	3.59089e+00	-2.17933e-05	-3.83366e-08	1.44393e-09	-3.82844e-12	0.00000e+00
*17	-3.21759e-02	1.61081e-01	-1.36366e-07	-5.01226e-09	1.22720e-09	-2.50224e-12	0.00000e+00

间隔数据

	d6	d8	d11	d17
Wide	0.67775	9.86060	2.20414	0.6000
Tele	0.82577	0.6000	3.95334	7.96338

【表 1】

实施例 条件式	1	2	3	4	5
(1) f_n/f_p	-0.49	-0.44	-0.39	-0.32	-0.51
(2) f_n/f_w	-4.23	-3.78	-3.56	-3.50	-4.8
(3) v_{1n}	62.2	62.2	50.1	62.2	51.7

图 11 是将本发明的变焦透镜适用于反射型液晶投影仪（图像投射装置）的实施形态的要部概略图。

来自照明装置 101 的出射光束被光束分离器 102 反射，入射到反射型液晶显示面板 103 并被反射，此后，被液晶显示面板 103 进行了光调制的光束通过光束分离器 102 入射到变焦透镜 104，由变焦透镜 104 将基于液晶显示面板 103 的图像信息投射到屏幕 105 上。

这里，在本实施例中，液晶显示面板 103 也可以使用透过型的液晶显示面板。

图 12 是将本发明的变焦透镜适用于摄像装置的实施形态的要部概略图。在本实施形态中，给出的是在摄像机、胶片照相机、数字照相机等摄像装置中作为摄像透镜使用了前述变焦透镜的例子。图 12 中，利用变焦透镜 8 将被摄物体 9 的像成像在感光体 7 上，获得图像信息。

按照这样的实施例（特别是上述的实施例 1~5），可以实现抑制了因温度上升等环境变化造成的对焦偏差或光学性能的变化了的变焦透镜。此外，通过使用非球面形状的透镜，还可以以较少的构成透镜片数实现大口径·广视场角·高变焦的后聚焦型的变焦透镜。

【第 6 实施例】

表 7 例举了本发明的第 6 数值实施例，其截面图示于图 13。

在本实施例中，从物方侧始顺序地由负正正负正正的 6 组构成本

发明的变焦透镜。此外，在进行从广角端到望远端的变焦时，因第 1 以及第 6 透镜组固定而全长恒定，第 2~第 5 透镜组在放大共轭侧独立地移动。但如果可能的话，也可以在变焦过程中固定第 3 透镜组或者第 4 透镜组。

5 关于第 1 透镜组，从放大共轭侧始，顺序地由朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜、朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜、朝向缩小共轭侧凸的负弯月状透镜与朝向缩小共轭侧凸的正弯月状透镜的胶合透镜共 4 片透镜构成，从放大共轭侧始，第 2 序号的负弯月状透镜采用塑料透镜，其两面采用了非球面。通过将上述塑料透镜的两面做成非
10 球面，可以主要地校正畸变像差。另外，在最靠近缩小共轭侧的透镜方面，通过设置朝向缩小共轭侧凸的面，可以校正畸变像差以及像散性像差，进而，对第 1 透镜组的所有的透镜（如条件式（3）预定了的那样）使用低色散玻璃，通过一同使用胶合透镜，可极力地抑制倍率色差的产生。在本实施例中，可通过移动第 1 透镜组进行聚焦调整。

15 关于第 2 透镜组，采用了 1 片双凸透镜的构成，主要担负校正第 1 透镜组产生的像差的功能。对该凸透镜可以采用高折射率的玻璃材料并设计成减小匹兹阔和以及减小变焦时的球差等的像差变动，因此较为理想。由于如果在中间像高等处的像面弯曲以及像散性像差大将劣化解像度，故校正匹兹阔和使之较小是很重要的。进而，从校正色
20 差的观点看，为了高效地校正第 1 透镜组产生的倍率色差，应该选择具有高折射率（折射率大于 1.7，大于 1.8 则更好）低色散（色散值大于 30，大于 40 则更好）特性的玻璃。

 关于第 3 透镜组，在本实施例中，采用朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜以及双凸透镜共 2 片透镜构成，其承担主要变焦组的功能。
25 通过采用负、正 2 片透镜的构成，可以在大口径的同时减小在变焦区域的倍率色差的变动。这里，光阑存在于该第 3 透镜组中，变焦时与第 3 透镜组同时移动，以抑制变焦时的轴外像差的变动。

 关于第 4 透镜组，其由 1 片双凹透镜构成，赋予了强的负光焦度，担负着校正伴随变焦的对焦面的移动的功能。通过配置该强负光焦度

的透镜，可以高效且较小地设计匹兹阔和。

关于第5透镜组，从放大共轭侧始，顺序地由朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜与朝向放大共轭侧凸的正弯月状透镜的胶合透镜、双凸透镜、以及朝向缩小共轭侧凸的正弯月状透镜共4片透镜构成。通过5 在最靠近屏幕侧配置具有强的负光焦度的透镜，可以高效地减小匹兹阔和。此外，在用于控制后侧主点位置、确保良好的远心光路性、获得所需要的反焦距方面也具有效果。另外，关于双凸透镜，为了抑制色差较小使用了低色散玻璃。进而，在最靠近缩小共轭侧使用正塑料透镜且两面采用了非球面。由此，可以高效地校正像散性像差等轴10 外像差。

关于第6透镜组，利用1片双凸透镜构成，使用光学能力强的双凸透镜可以使之具有远心光路性。

进而，在本实施例中，分别使用了各1片正以及负光学能力的塑料非球面透镜，但并非只限于此，可以使用多片的塑料透镜并适当地15 设定光学能力，也可以将之作为补偿了对焦偏差的透镜。此外，关于非球面，并非只限于塑料，也可以采用使由玻璃透镜制作的非球面以及光学面形成薄薄的树脂层且形成了非球面形状的所谓的混合型非球面形状的构成。

根据本实施例，可以实现F数小到1.8，可以将100型以短达约20 3.0m的距离进行投射且变焦倍率达约1.7倍的所谓的可高变焦的投射透镜。

这里，通过图17A、17B分别给出了利用第1透镜组使本实施例的后聚焦变焦透镜聚焦在2.1m时的、在广角端以及望远端的像差图。

此外，下面给出了本实施例的条件式(1)、(3)、(4)的数值。25

条件式

$$(1) = -0.38$$

$$(3) = 55.6$$

$$(4) = 0.525$$

【实施例 7】

表 8 例举了本发明的第 7 数值实施例，其截面图示于图 14。有关没有特别地记载的部分与第 6 实施例相同。

在本实施例中，从物方侧始顺序地由负正正负正正 6 组构成本发明的变焦透镜。此外，在进行从广角端到望远端的变焦时，因第 1 以及第 6 透镜组固定而全长恒定，第 2~第 5 透镜组在放大共轭侧独立地移动。

关于第 1 透镜组，从放大共轭侧始，顺序地由朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜、朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜、朝向缩小共轭侧凸的负弯月状透镜与朝向缩小共轭侧凸的正弯月状透镜的胶合透镜共 4 片透镜构成，从放大共轭侧始，第 2 序号的负弯月状透镜采用塑料透镜，其两面采用了非球面。通过将上述塑料透镜的两面做成非球面，可主要地校正畸变像差。另外，在最靠近缩小共轭侧的透镜方面，通过设置朝向缩小共轭侧凸的面，可以校正畸变像差以及像散性像差，进而，对第 1 透镜组的所有的透镜使用低色散玻璃，并且使用胶合透镜，可极力地抑制倍率色差的产生。在本实施例中，利用第 1 透镜组进行聚焦。

关于第 2 透镜组，采用了 1 片双凸透镜的构成，主要担负校正第 1 透镜组产生的各种像差的功能。对该凸透镜可以采用高折射率的玻璃材料并设计成匹兹阔和的校正以及减小变焦时的球差等的像差变动，因此较为理想。由于中间像高等处的像面弯曲以及像散性像差大将劣化解像度，故校正匹兹阔和使之较小很重要。进而，从校正色差的观点看，为了高效地校正第 1 透镜组产生的倍率色差，应该选择具有高折射率、低色散特性的玻璃。

关于第 3 透镜组，在本实施例中，采用朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜以及双凸透镜共 2 片透镜构成，其承担主要的变焦组的功能。通过采用负、正 2 片透镜的构成，可以在大口径的同时减小在变焦区域的倍率色差的变动。这里，光阑存在于该第 3 透镜组中，变焦时与第 3 透镜组同时移动，以抑制变焦时的轴外像差的变动。

关于第4透镜组,其由1片双凹透镜构成,赋予了强的负光焦度,担负着校正伴随变焦的对焦面的移动的功能。通过配置该强负光焦度的透镜,可以高效且较小地设计匹兹阔和。

关于第5透镜组,从放大共轭侧始,采用顺序地由朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜与朝向放大共轭侧凸的正弯月状透镜的胶合透镜、双凸透镜、以及朝向缩小共轭侧凸的正弯月状透镜共4片透镜构成。通过在最靠近屏幕侧配置具有强的负光焦度的透镜,可以高效地减小匹兹阔和。此外,在用于控制后侧主点位置、确保良好的远心光路性、获得所需要的反焦距方面也具有效果。另外,关于双凸透镜,为了抑制色差较小使用了低色散玻璃。进而,在最靠近缩小共轭侧使用正塑料透镜且两面采用了非球面。由此,可以高效地校正像散性像差等轴外像差。

关于第6透镜组,采用1片朝向缩小共轭侧凸的正弯月状透镜的构成,使用光学能力强的双凸透镜可以使之具有远心光路性。

进而,在本实施例中,分别使用了各1片正以及负光学能力的塑料非球面透镜,但并非只限于此,可以使用多片的塑料透镜并适当地设定光学能力,也可以将之作为补偿了对焦偏差的透镜。此外,关于非球面,并非只限于塑料,也可以采用使由玻璃透镜制作的非球面以及光学面形成薄薄的树脂层且形成了非球面形状的所谓的混合型非球面形状的构成。

根据本实施例,可以实现F数小到1.8,可以将100型以短达约3.0m的距离进行投射且变焦倍率达约1.7倍的所谓的可高变焦化的投射透镜。

这里,通过图18A、18B分别给出了利用第1透镜组使本实施例的后聚焦变焦透镜聚焦在1.7m时的、在广角端以及望远端的像差图。

此外,下面给出了本实施例的条件式(1)、(3)、(4)的数值。

条件式

$$(1) = -0.436$$

$$(3) = 52.6$$

$$(4) = 0.524$$

【实施例 8】

表 9 例举了本发明的第 8 数值实施例，其截面图示于图 15。有关没有特别地记载的部分与第 6 实施例相同。

在本实施例中，从物方侧始顺序地由负正正负正正 6 组构成本发明的变焦透镜。此外，在进行从广角端到望远端的变焦时，因第 1 以及第 6 透镜组固定而全长恒定，第 2~第 5 透镜组在放大共轭侧独立地移动。

关于第 1 透镜组，从放大共轭侧始，顺序地由朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜、朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜、朝向缩小共轭侧凸的负弯月状透镜与朝向缩小共轭侧凸的正弯月状透镜的胶合透镜共 4 片透镜构成，从放大共轭侧始，第 2 序号的负弯月状透镜采用塑料透镜，其两面采用了非球面。通过将上述塑料透镜的两面做成非球面，可主要地校正畸变像差。另外，在最靠近缩小共轭侧的透镜方面，通过设置朝向缩小共轭侧凸的面，可以校正畸变像差以及像散性像差，进而，对第 1 透镜组的所有的透镜使用低色散玻璃，并且使用胶合透镜，可极力地抑制倍率色差的产生。在本实施例中，利用第 1 透镜组进行聚焦。

关于第 2 透镜组，采用了 1 片双凸透镜的构成，主要担负校正第 1 透镜组产生的各种像差的功能。对该凸透镜可以采用高折射率的玻璃材料并设计成匹兹阔和校正以及减小变焦时的球差等的像差变动，因此较为理想。由于中间像高等处的像面弯曲以及像散性像差大将劣化解像度，故校正匹兹阔和使之较小很重要。进而，从校正色差的观点看，为了高效地校正第 1 透镜组产生的倍率色差，应该选择具有高折射率、低色散特性的玻璃。

关于第 3 透镜组，在本实施例中，采用朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜以及双凸透镜共 2 片透镜构成，其承担主要的变焦组的功能。通过采用负、正 2 片透镜的构成，可以在大口径的同时减小在变焦区

域的倍率色差的变动。这里，光阑存在于该第3透镜组中，变焦时与第3透镜组同时移动，以抑制变焦时的轴外像差的变动。

关于第4透镜组，其采用朝向缩小共轭侧凸的负弯月状透镜构成，赋予了强的负光焦度，担负着校正伴随变焦的对焦面的移动的功能。通过配置该强负光焦度的透镜，可以高效且较小地设计匹兹阔和。

关于第5透镜组，从放大共轭侧始，采用顺序地由朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜与双凸透镜的胶合透镜、双凸透镜、以及朝向缩小共轭侧凸的正弯月状透镜共4片透镜构成。通过在最靠近屏幕侧配置具有强的负光焦度的透镜，可以高效地减小匹兹阔和。此外，在用于控制后侧主点位置、确保良好的远心光路性、获得所需要的反焦距方面也具有效果。另外，关于双凸透镜，为了抑制色差较小使用了低色散玻璃。进而，在最靠近缩小共轭侧使用正塑料透镜且两面采用了非球面。由此，可以高效地校正像散性像差等轴外像差。

关于第6透镜组，采用1片双凸透镜的构成，使用光学能力强的透镜可以使之具有远心光路性。

进而，在本实施例中，分别使用了正以及负光学能力各1片的塑料非球面透镜，但并非只限于此，可以使用多片的塑料透镜并适当地设定光学能力，也可以将之作为补偿了对焦偏差的透镜。此外，关于非球面，并非只限于塑料，也可以采用使由玻璃透镜制作的非球面以及光学面形成薄薄的树脂层且形成了非球面形状的所谓的混合型非球面形状的构成。

根据本实施例，可以实现F数小到1.8，可以将100型以短达约2.5m的距离进行投射且变焦倍率达约1.7倍的所谓的可高变焦化的投射透镜。

这里，通过图19A、19B分别给出了利用第1透镜组使本实施例的后聚焦变焦透镜聚焦在2.1m时的、在广角端以及望远端的像差图。

此外，下面给出了本实施例的条件式(1)、(3)、(4)的数值。

条件式

$$(1) = -0.357$$

$$(3) = 55.6$$

$$(4) = 0.456$$

【实施例 9】

5 表 10 例举了本发明的第 9 数值实施例，其截面图示于图 16。有关没有特别地记载的部分与第 6 实施例相同。

在本实施例中，从物方侧始顺序地由负正正负正正 6 组构成本发明的变焦透镜。此外，在进行从广角端到望远端的变焦时，因第 1 以及第 6 透镜组固定而全长恒定，第 2~第 5 透镜组在放大共轭侧独立地移动。

关于第 1 透镜组，从放大共轭侧始，顺序地由朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜、朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜、以及双凹透镜与双凸透镜的胶合透镜共 4 片透镜构成，从放大共轭侧始，第 2 序号的负弯月状透镜采用塑料透镜，其两面采用了非球面。通过将上述塑料透镜的两面做成非球面，可主要地校正畸变像差。此外，对第 1 透镜组的所有的透镜使用低色散玻璃，并且使用胶合透镜，可极力地抑制倍率色差的产生。在本实施例中，利用第 1 透镜组进行聚焦。

关于第 2 透镜组，采用了 1 片双凸透镜的构成，主要担负校正第 1 透镜组产生的各种像差的功能。对该凸透镜可以采用高折射率的玻璃材料并设计成匹兹阔和校正以及减小变焦时的球差等的像差变动，因此较为理想。由于中间像高等处的像面弯曲以及像散性像差大将劣化解像度，故校正匹兹阔和使之较小很重要。进而，从校正色差的观点看，为了高效地校正第 1 透镜组产生的倍率色差，应该选择具有高折射率、低色散特性的玻璃。

25 关于第 3 透镜组，在本实施例中，由朝向放大共轭侧凸的负弯月状透镜以及双凸透镜共 2 片透镜构成，其承担主要的变焦组的功能。通过采用负、正 2 片透镜的构成，可以在大口径的同时减小在变焦区域的倍率色差的变动。这里，光阑存在于该第 3 透镜组中，变焦时与第 3 透镜组同时移动，以抑制变焦时的轴外像差的变动。

关于第4透镜组,采用了朝向缩小共轭侧凸的负弯月状透镜并赋予了强的负光焦度,担负着校正伴随变焦的对焦面的移动的功能。通过配置该强负光焦度的透镜,可以高效且较小地设计匹兹阔和。

关于第5透镜组,从放大共轭侧始,采用顺序地由双凹透镜和双凸透镜的胶合透镜、双凸透镜、以及朝向缩小共轭侧凸的正弯月状透镜共4片透镜构成。通过在最靠近屏幕侧配置具有强的负光焦度的透镜,可以高效地减小匹兹阔和。此外,在用于控制后侧主点位置、确保良好的远心光路性、获得所需要的反焦距方面也具有效果。另外,关于双凸透镜,为了抑制色差较小使用了低色散玻璃。进而,在最靠近缩小共轭侧使用正塑料透镜且两面采用了非球面。由此,可以高效地校正像散性像差等轴外像差。

关于第6透镜组,采用1片双凸透镜的构成,使用光学能力强的透镜可以使之具有远心光路性。

进而,在本实施例中,分别使用了正以及负光学能力各1片的塑料非球面透镜,但并非只限于此,可以使用多片的塑料透镜并适当地设定光学能力,也可以将之作为补偿了对焦偏差的透镜。此外,关于非球面,并非只限于塑料,也可以采用使由玻璃透镜制作的非球面以及光学面形成薄薄的树脂层且形成了非球面形状的所谓的混合型非球面形状的构成。

根据本实施例,可以实现F数小到1.8,可以将100型以短达约3.0m的距离进行投射且变焦倍率达约2.0倍的所谓的可高变焦化的投射透镜。

这里,通过图20A、20B分别给出了利用第1透镜组使本实施例的后聚焦变焦透镜聚焦在2.1m时的、在广角端以及望远端的像差图。

此外,下面给出了本实施例的条件式(1)、(3)、(4)的数值。

条件式

$$(1) = -0.388$$

$$(3) = 58.4$$

(4) = 0.588

这里，在本实施例中，虽然称之为透镜组，但我们对这些透镜组采用的称呼是，1片透镜也称之为透镜组，2片或2片以上当然也称之为透镜组。另外，在本实施例中，非球面例示了使用了2面的例子和使用了3面的例子，但不用说，只有1面当然也可以，采用具有4面或4面以上的非球面的构成自然也没有关系。

此外，上述实施例的投影透镜全部由6组构成，但在透镜组的中间配置光焦度弱的透镜也没有关系。例如，可以在第1组和第2组之间配置具有正的弱光焦度、在变焦过程中固定或者较第2组有较小移动的透镜（是多片透镜也没有关系），该透镜也可以采用负的透镜，将其配置在第2组和第3组之间、第3组和第4组之间、第4组和第5组之间、第5组和第6组之间、或者较第1组靠近放大共轭侧、较第6组靠近缩小共轭侧均没有关系。当然，这里所说的具有弱光焦度的透镜也可以是不具有光焦度的平行平板。

这里，本次申请的发明不仅仅是上述实施例记载的投影透镜（后聚焦透镜），也包括具有该投影透镜的图像显示装置。例如，可以例举具有3个图像显示元件（红、绿、兰用）、利用来自光源的光照明上述3个图像显示元件的照明光学系统和将来自上述3个图像显示元件的光投影到屏幕等被投影面的上述实施例所记载的投影透镜的图像显示装置。这里，图像显示元件最好是反射型的图像显示元件，可能的话，最好能够采用被图像显示元件反射了的光2次通过（既可以是透过也可以是反射）了偏光分离元件（PBS）或者偏光分离膜后再进入具有光焦度的透镜组这样的构成。即，这里所说的偏光分离元件或者偏光分离膜在图13~16中是记载为GB（玻璃块）的部分。此外，最好能在图像显示元件和偏光分离元件之间，或者图像显示元件和偏光分离膜之间配置 $1/4\lambda$ 片。当然，图像显示元件的个数也不限于是3个，是4个也没有关系。

另外，本实施例所记载的投影透镜也可以作为摄像装置的摄像透镜使用。此时，不用说，当然是放大共轭侧在物体（被摄物体）侧，

缩小共轭侧为胶片（CCD）面侧。

当然，本发明的权利要求范围应认为涉及带有本实施例所记载的投影透镜（变焦透镜）的所有的光学仪器。

- 5 利用上述的实施例中记载的这样的变焦透镜，特别是适合于图像显示装置（图像投影装置）的变焦透镜，可以实现既具有长的反焦距又可以良好地校正各种像差，且具有远心光路性的大口径、宽视场角、高变焦的后聚焦变焦透镜。通过适当地设定带有非球面的、具有正以及负光学能力的塑料透镜，可以实现抑制了温度上升等环境变化带来的对焦偏差的、构成片数少的反焦距变焦透镜。

【表 7】

(表7) 数值实例6

	Ri	di	Nj	ν_j
1	76.67493	2.20000	1.696797	55.5
2	23.46284	6.75845		
3	40.17309	3.20000	1.529960	55.8
4	22.85924	12.16879		
5	0.00000	0.00000		
6	-29.73645	2.35000	1.487490	70.2
7	-172.02896	4.80000	1.806098	40.9
8	-43.93527 (...)			
9	64.71344	5.60000	1.806098	40.9
10	-174.88901 (...)			
11	-56.18077	2.00000	1.548141	45.8
12	-113.17145	30.08555		
13	46.00199	4.15000	1.487490	70.2
14	-117.48793	3.47703		
stop 15	0.00000	0.15000		
16	0.00000 (...)			
17	-55.96299	1.55000	1.805181	25.4
18	46.47254			
19	61.13232	1.75000	1.806098	40.9
20	28.74828	5.50000	1.487490	70.2
21	418.34430	0.15000		
22	66.52835	7.20000	1.487490	70.2
23	-43.80730	0.52665		
24	-301.83375	4.20000	1.529960	55.8
25	-100.21808			
26	339.12751	4.00000	1.805181	25.4
27	-82.11765	1.45000		
28	0.00000	55.00000	1.841390	24.6
29	0.00000	0.00000		
30	0.00000	3.80000	1.518330	64.1
31	0.00000	8.62019		

非球面数据

	1/r	K	A	B	C	D	E
3	2.48923E-02	2.40423E+00	-1.94267E-05	4.84268E-08	-1.35308E-10	1.77266E-13	-2.33207E-16
4	4.37460E-02	-3.40958E+00	3.15471E-06	1.30894E-09	-1.56614E-11	-1.14256E-13	1.49735E-16
24	-3.31308E-03	-5.02598E+02	-1.79963E-05	-3.05610E-08	1.00608E-10	-2.78002E-13	1.14257E-16
25	-9.97824E-03	-2.48214E+01	-1.80743E-05	-2.07015E-08	3.34530E-11	-4.94376E-14	-1.32347E-16

间隔数据

	d8	d10	d16	d18	d25
Wide	23.24804	14.45310	4.06322	6.44844	0.90342
Tele	1.60000	3.92126	20.00815	1.46740	22.12051

【表 8】

(表8) 数值实施例 7

	Ri	di	Nj	ν_j
1	189.74668	2.20000	1.622296	53.2
2	23.96463	5.14217		
3	48.10071	3.20000	1.527090	56.0
4	29.47801	12.16879		
5	0.00000	0.00000		
6	-31.43213	2.50000	1.516330	64.1
7	-114.74620	4.80000	1.834000	37.2
8	-45.49939 (...)			
9	57.96961	5.70000	1.806098	40.9
10	-245.43665 (...)			
11	-53.81263	2.00000	1.548141	45.8
12	-117.98515	27.70733		
13	52.59428	3.85000	1.516330	64.1
14	-118.80963	0.90601		
stop15	0.00000	5.03998		
16	0.00000 (...)			
17	-47.13908	1.80000	1.805181	25.4
18	57.33312 (...)			
19	48.96237	1.90000	1.834000	37.2
20	25.43053	5.00000	1.516330	64.1
21	76.91416	0.17112		
22	46.81252	8.60000	1.496999	81.5
23	-39.16236	2.25102		
24	-300.00000	4.30000	1.527090	58.0
25	-115.24194 (...)			
26	-2970.51310	4.00000	1.846663	23.8
27	-69.36802	1.45000		
28	0.00000	24.00000	1.841390	24.6
29	0.00000	31.00000	1.834807	42.7
30	0.00000	3.80000	1.516330	64.1
31	0.00000	8.56020		

非球面数据

	1/r	K	A	B	C	D	E
3	2.07897E-02	3.75739E+00	9.88057E-06	2.36241E-09	-9.20767E-11	2.32518E-13	-2.98160E-16
4	3.39236E-02	-4.91737E+00	2.75013E-05	-4.16411E-08	-2.35810E-12	4.85283E-14	-9.29741E-17
24	-3.33333E-03	-1.24448E+03	-2.51228E-05	-6.54969E-09	-2.60745E-12	5.77969E-14	1.41230E-16
25	-8.67740E-03	-8.75025E+01	-2.26327E-05	-6.18684E-09	3.50397E-11	-5.87413E-14	1.64902E-16

间隔数据

	d8	d10	d16	d18	d25
Wide	22.17021	17.29056	1.37674	5.12607	0.90000
Tele	1.60000	2.87834	21.34142	0.83941	20.20441

【表 9】

(表9) 数值实例 B

	Ri	di	Nj	ν_j	
1	146.34118		2.20000	1.696797	55.5
2	24.00010		5.17626		
3	39.30960		3.20000	1.529960	55.8
4	22.50811	13.24954			
5	0.00000	0.00000			
6	-31.27606	2.50000	1.487490		70.2
7	-109.35463	4.55000	1.806098		40.9
8	-44.36270 (...)				
9	64.91012	5.33964	1.806098		40.9
10	-301.84135 (...)				
11	-38.31713	1.80000	1.603420		38.0
12	-70.50725	0.15000			
13	77.23796	4.10861	1.516330		64.1
14	-56.44846	4.39385			
stop 15	0.00000	0.15000			
16	0.00000 (...)				
17	-33.07139	1.45000	1.805181		25.4
18	-89.01044 (...)				
19	-398.41068	1.50000	1.834000		37.2
20	28.39039	5.70000	1.487490		70.2
21	-210.81505	0.15000			
22	80.28506	7.96198	1.487490		70.2
23	-31.80238	0.15000			
24	-155.31847	4.09238	1.529960		55.8
25	-79.04057 (...)				
26	1109.55200	3.94625	1.805181		25.4
27	-78.87427	1.45000			
28	0.00000	55.00000	1.841390		24.6
29	0.00000	0.00000			
30	0.00000	3.80000	1.516330		64.1
31	0.00000	8.83434			

非球面数据

	1/r	K	A	B	C	D	E
3	2.54391E-02	2.07132E+00	-3.80643E-06	4.73105E-08	-2.58270E-10	5.77419E-13	-5.45219E-16
4	4.44284E-02	-4.15198E+00	2.90238E-05	-3.80391E-08	-9.47657E-11	3.88873E-13	-4.28476E-16
24	-6.43838E-03	2.70930E+01	-1.89733E-05	-3.68349E-08	9.84241E-11	-2.41198E-13	-1.66920E-16
25	-1.26517E-02	-9.96321E+00	-2.03497E-05	-2.45526E-08	3.86428E-11	-6.32590E-14	-2.31265E-16

间隔数据

	d8	d10	d16	d18	d25
Wide	23.28832	48.97629	1.87103	5.59585	0.90000
Tele	1.60000	27.50217	31.11905	0.53796	19.87232

【表 10】

(表 10) 数值实施例 9

	Ri	di	Nj	vj
1	156.70144	2.20000	1.487490	70.2
2	26.42211	4.45240		
3	26.05490	3.20000	1.529960	55.8
4	17.50000	12.24013		
5	0.00000	0.00000		
6	-44.54575	2.00000	1.487490	70.2
7	308.39105	3.99595	1.806098	40.9
8	-98.30156			
9	78.37942	5.41638	1.743997	44.8
10	-156.36404			
11	-52.16042	1.80000	1.603420	38.0
12	-105.81527	0.15000		
13	78.79464	4.54077	1.696797	55.5
14	-91.03803	16.53688		
stop15	0.00000	0.15000		
16	0.00000			
17	-29.55494	1.45000	1.761821	26.5
18	829.73514			
19	-261.62439	1.50000	1.834000	37.2
20	37.00486	5.61047	1.487490	70.2
21	-79.86380	0.15000		
22	125.30129	8.43188	1.487490	70.2
23	-27.56192	0.27167		
24	-122.05333	4.14527	1.529960	55.8
25	-69.67200			
26	84.86774	3.94401	1.805181	25.4
27	-459.60224	1.45000		
28	0.00000	55.00000	1.841390	24.6
29	0.00000	0.00000		
30	0.00000	3.80000	1.516330	64.1
31	0.00000	8.63372		

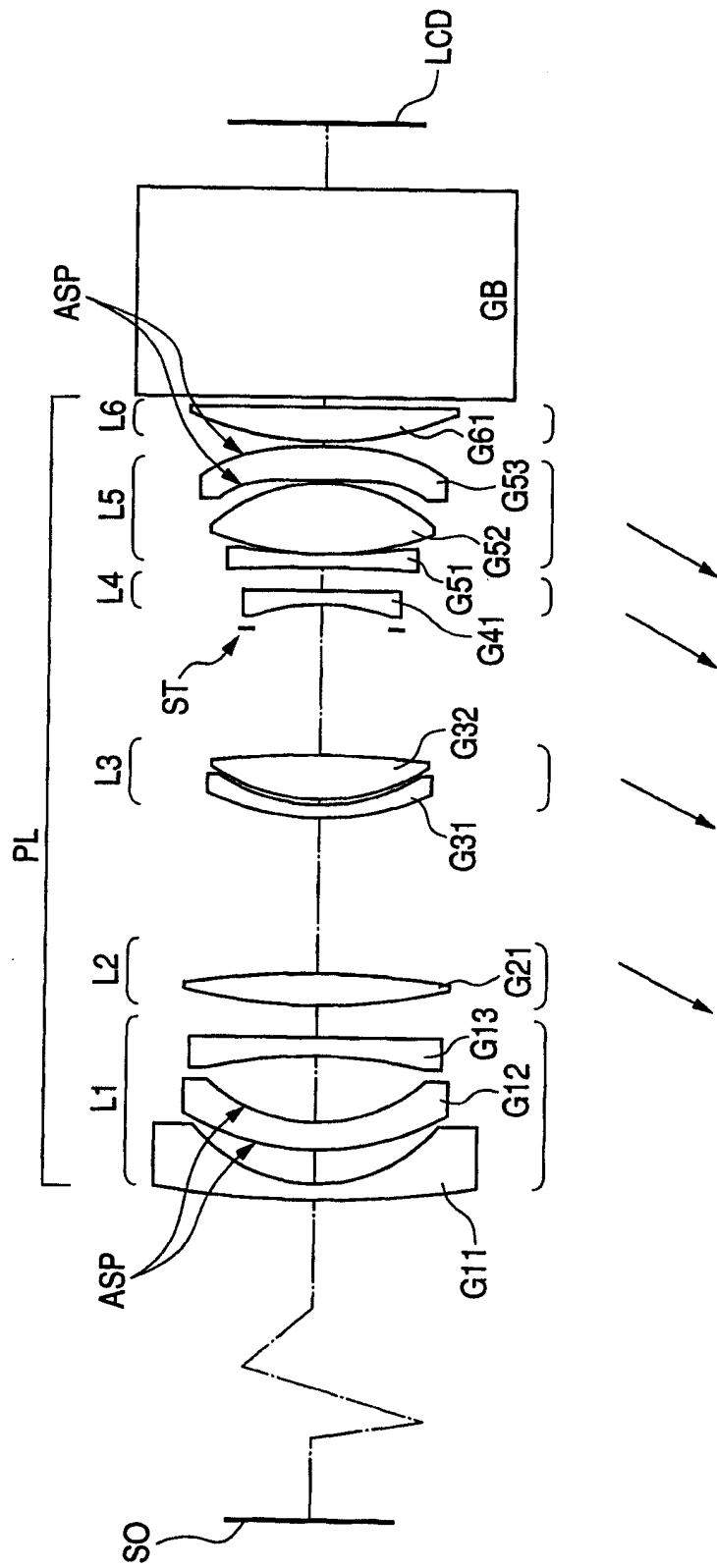
非球面数据

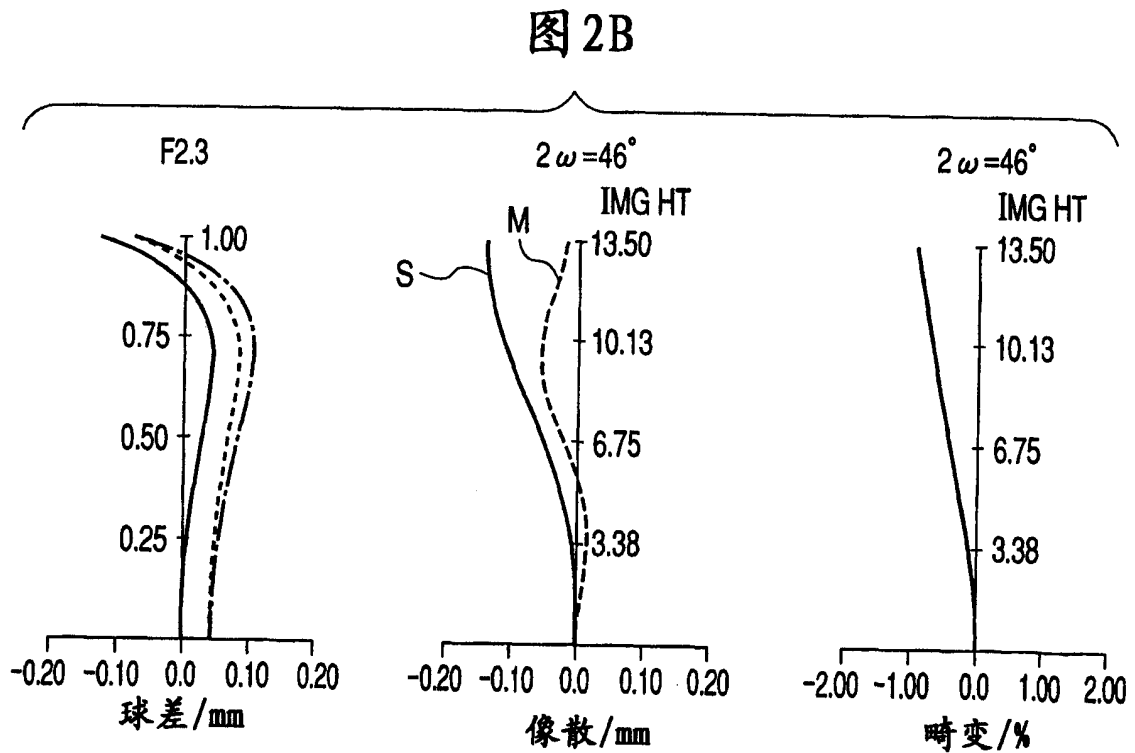
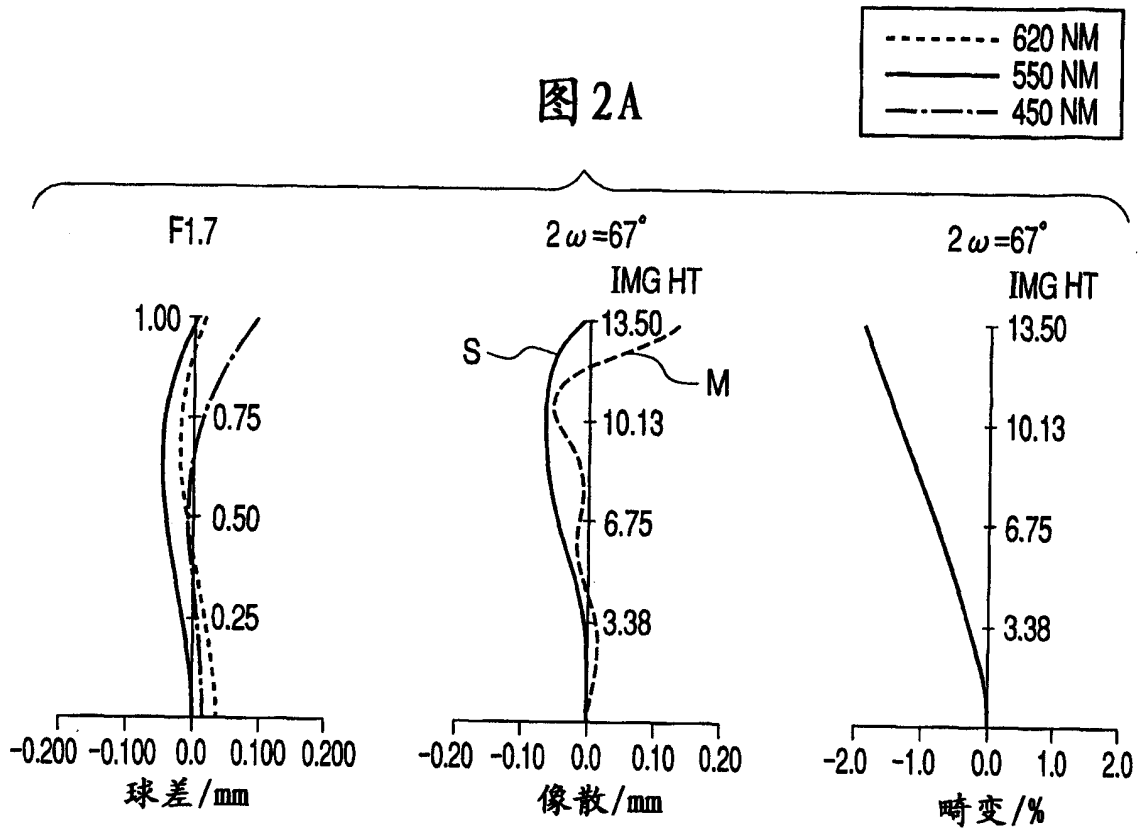
	1/r	K	A	B	C	D	E
3	3.83805E-02	-7.85687E-01	-2.48521E-05	6.85947E-08	-1.51888E-10	2.16220E-13	-1.40912E-16
4	5.71429E-02	-2.49021E+00	5.75060E-06	6.82075E-09	-5.36186E-11	1.04189E-13	-1.02043E-16
24	-8.19314E-03	-6.89870E+01	-2.02602E-05	-3.25181E-08	8.00340E-11	-1.81918E-13	-3.05930E-16
25	-1.43530E-02	-1.30502E+01	-1.86936E-05	-2.68600E-08	5.45865E-11	-1.09738E-13	-1.77584E-16

间隔数据

	d8	d10	d16	d18	d25
Wide	24.07528	39.74834	1.91562	2.97765	0.90000
Tele	1.60000	2.90468	25.85108	1.54845	37.71089

图1





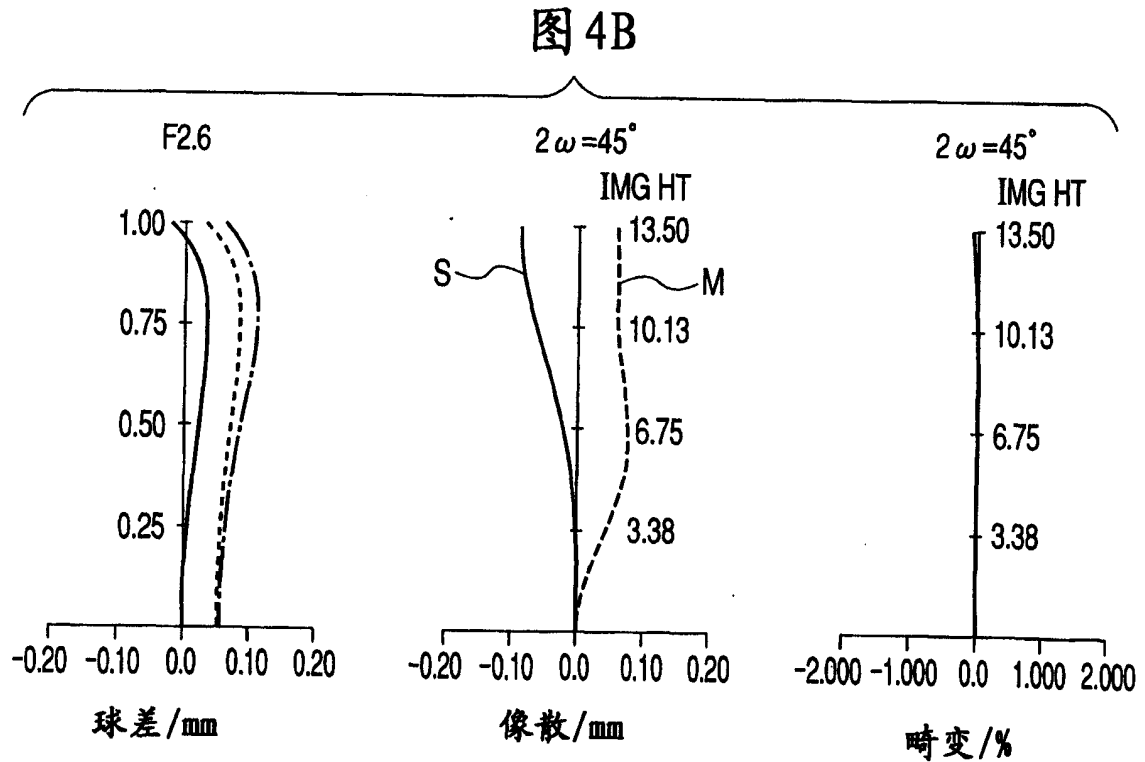
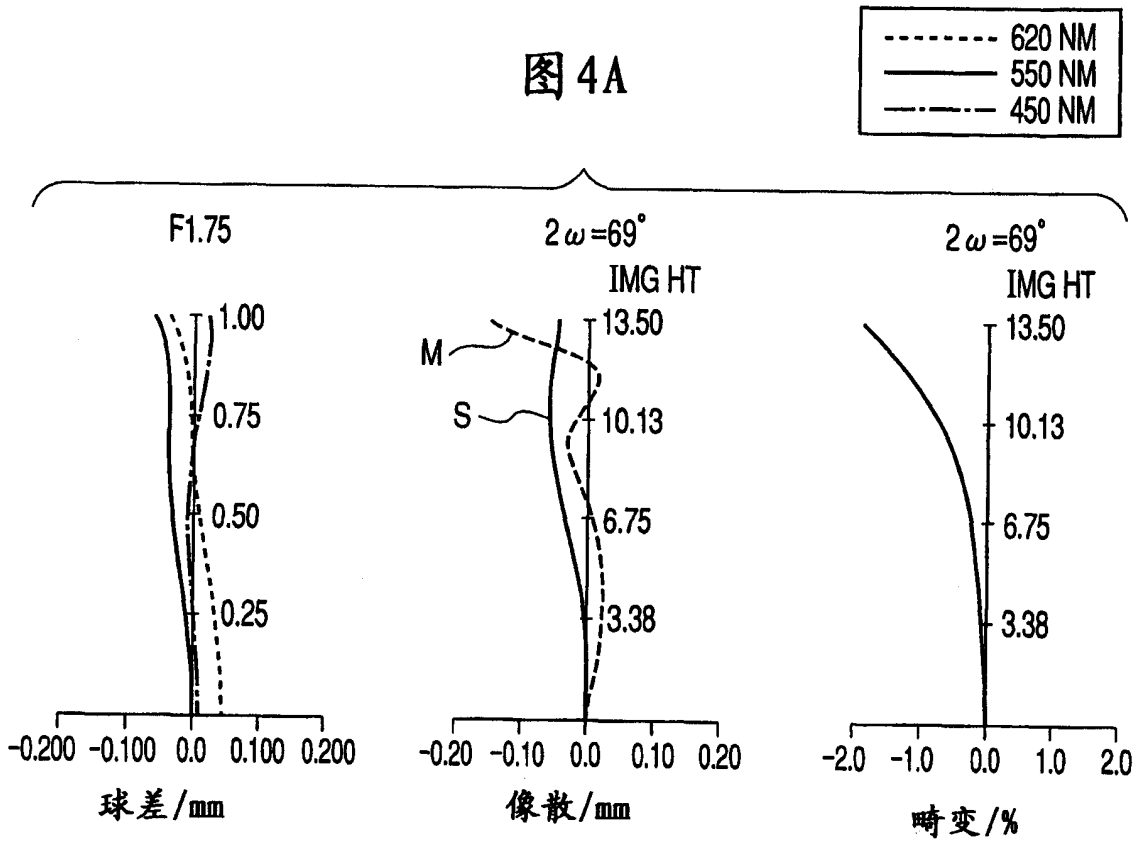
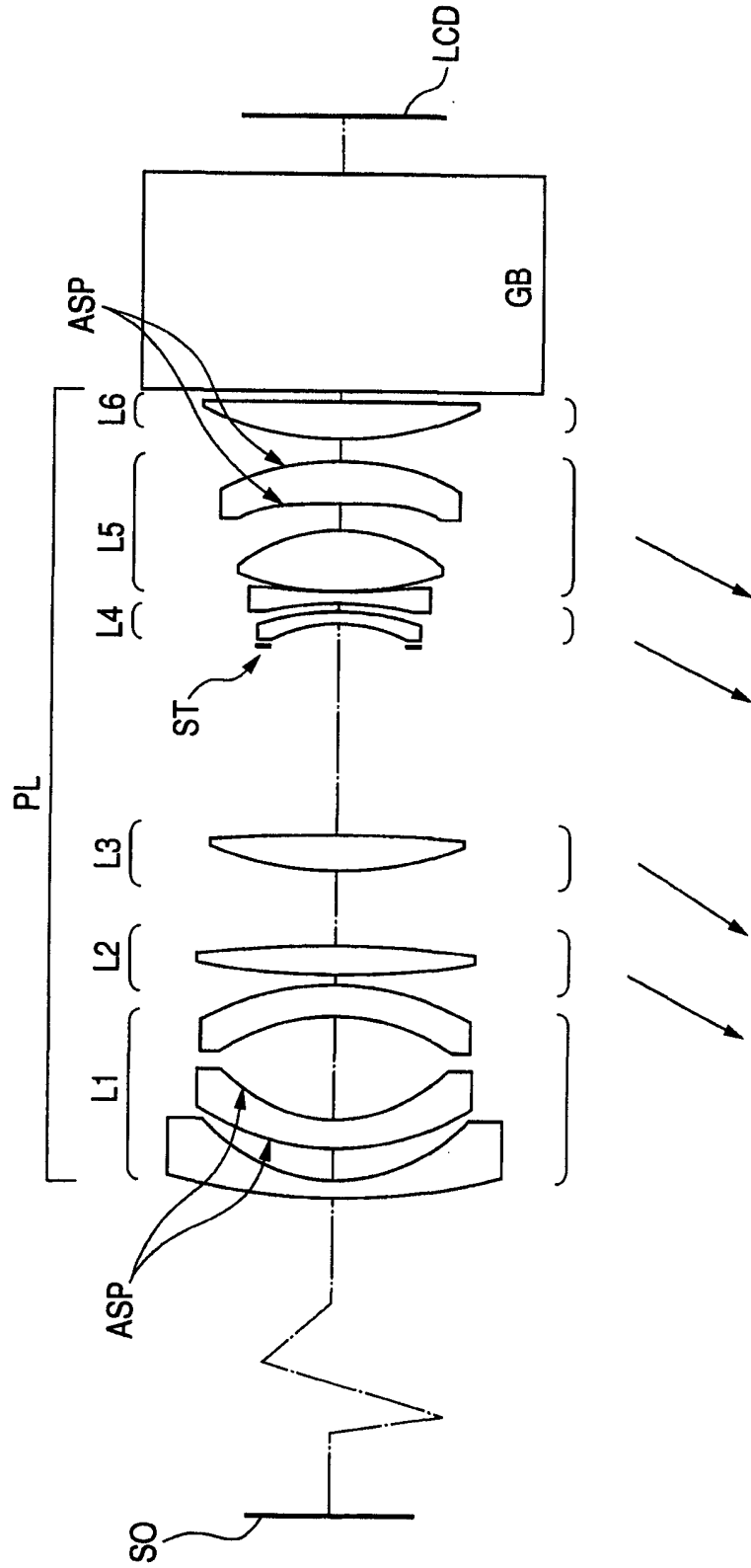


图5



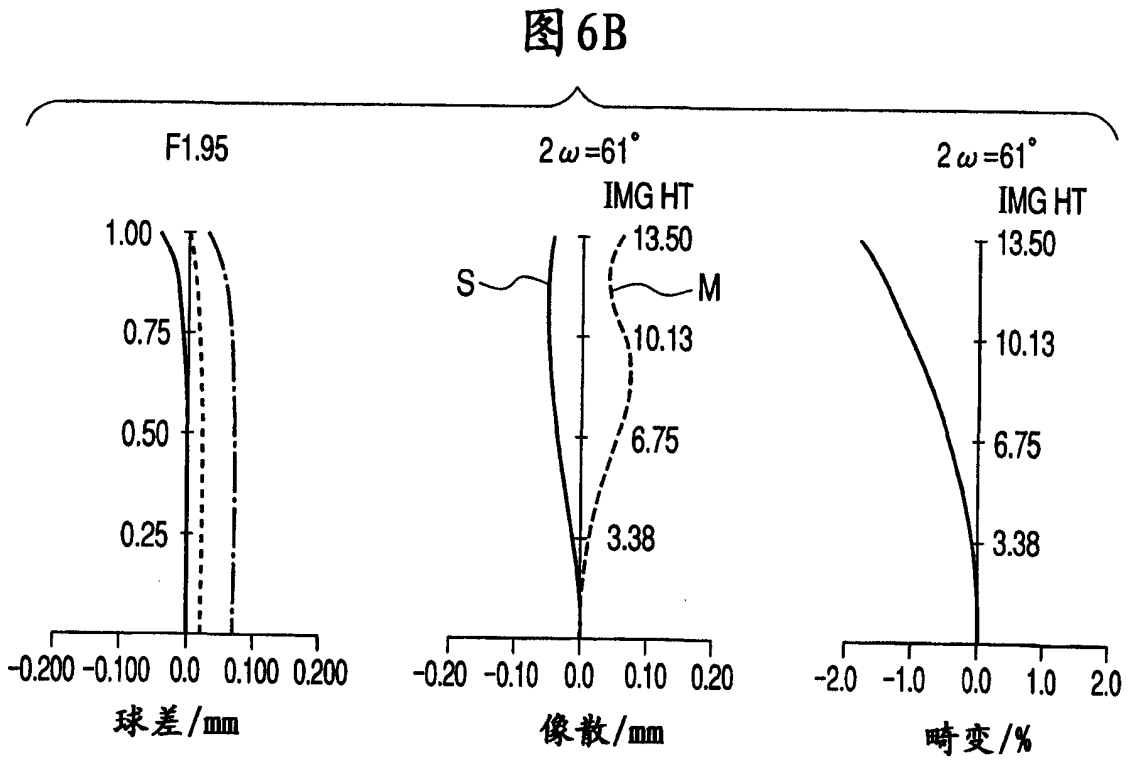
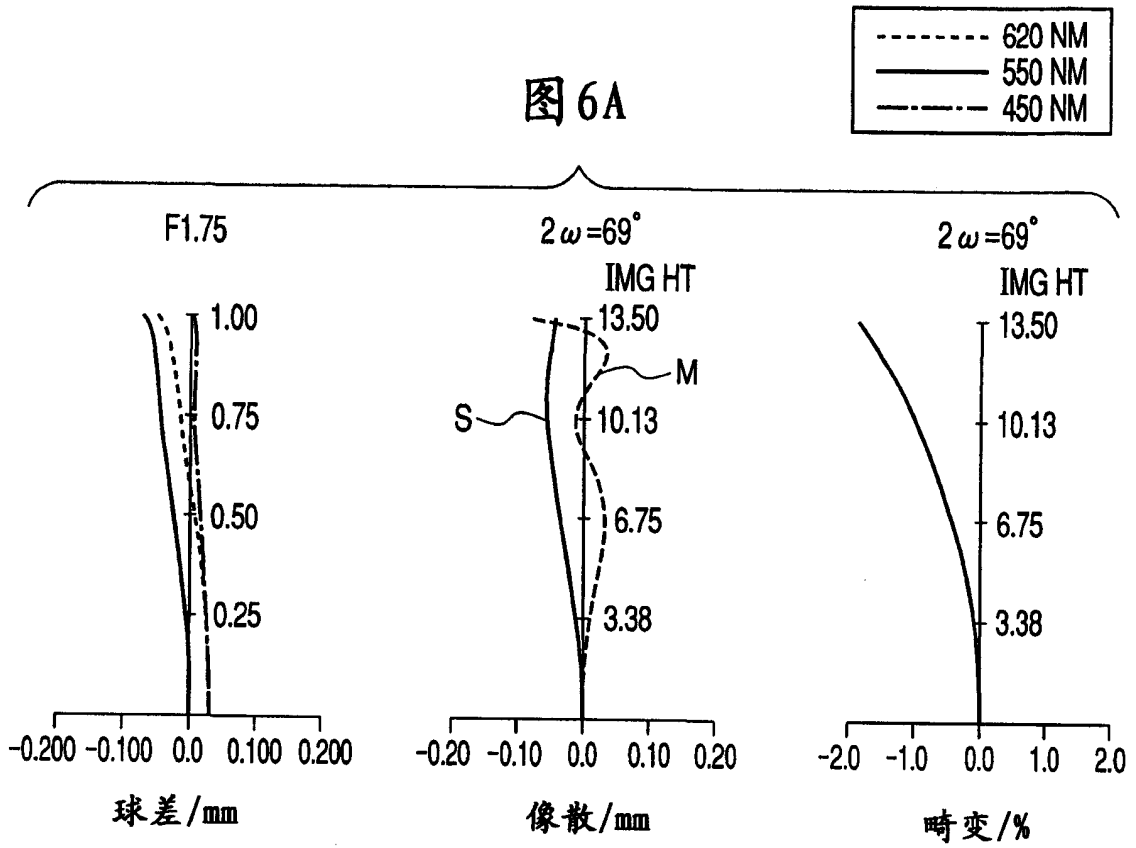
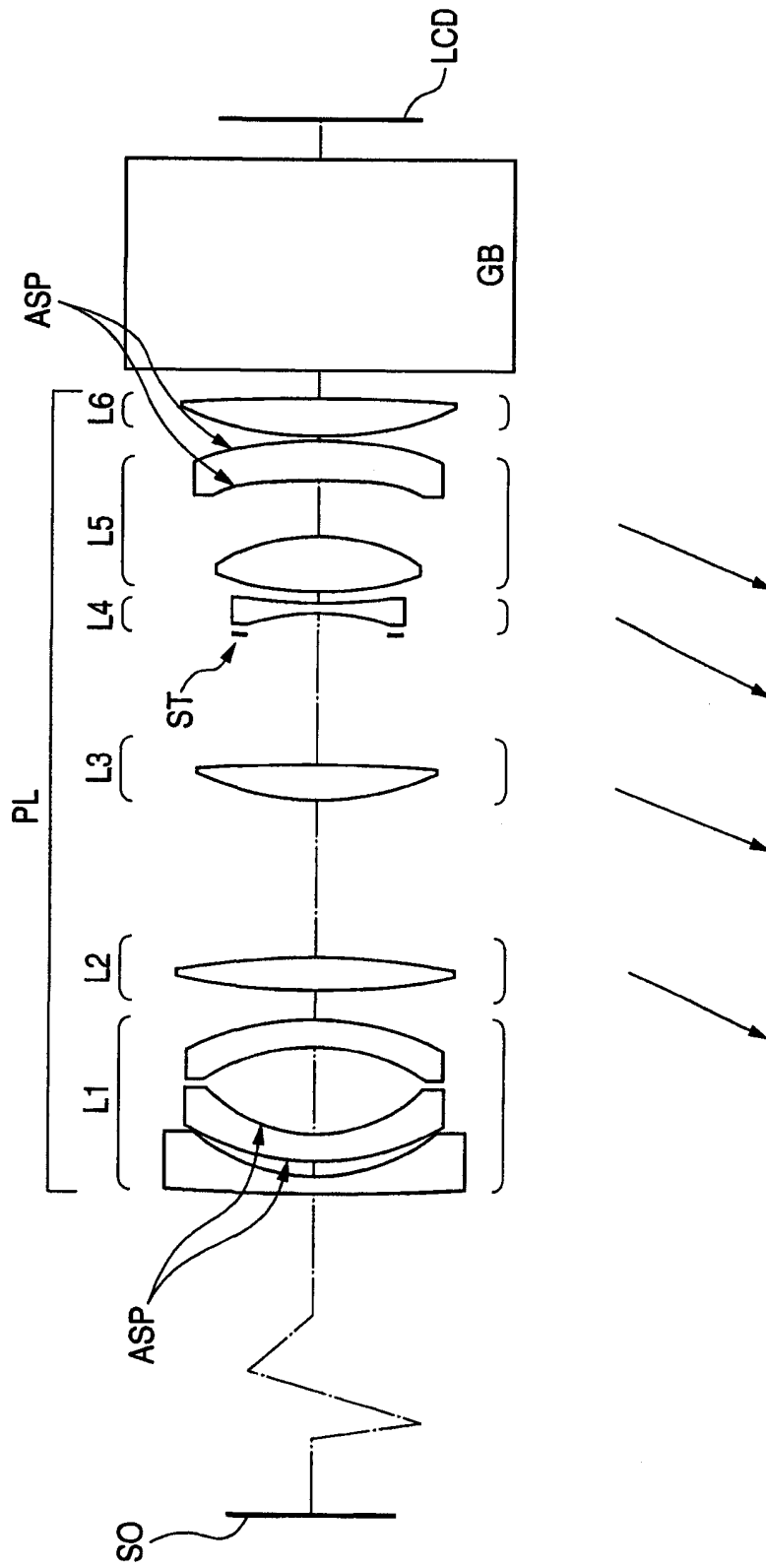


图7



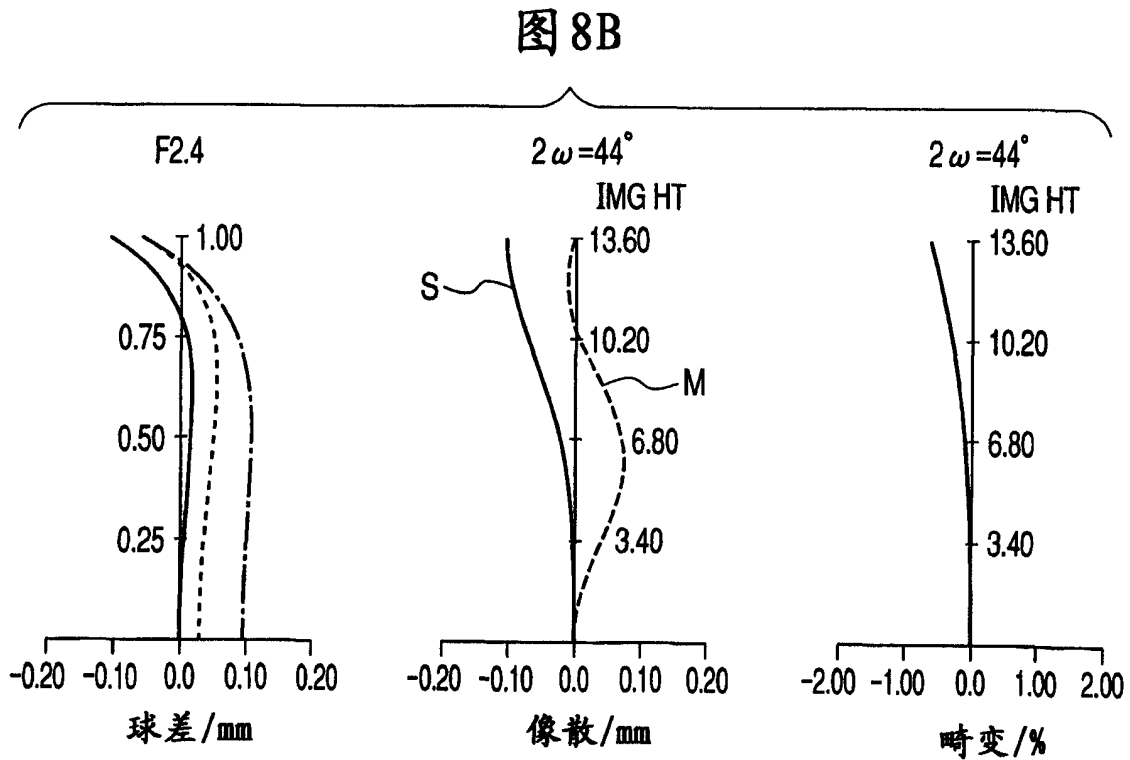
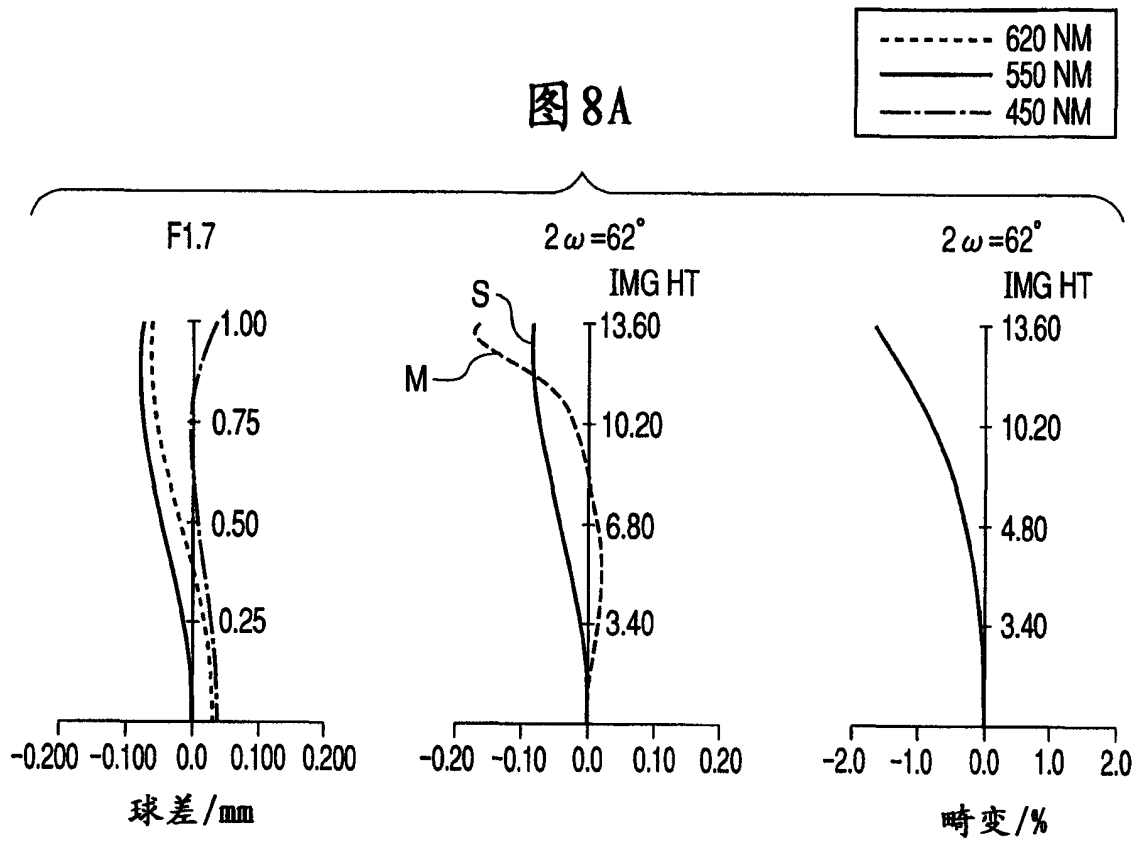


图9

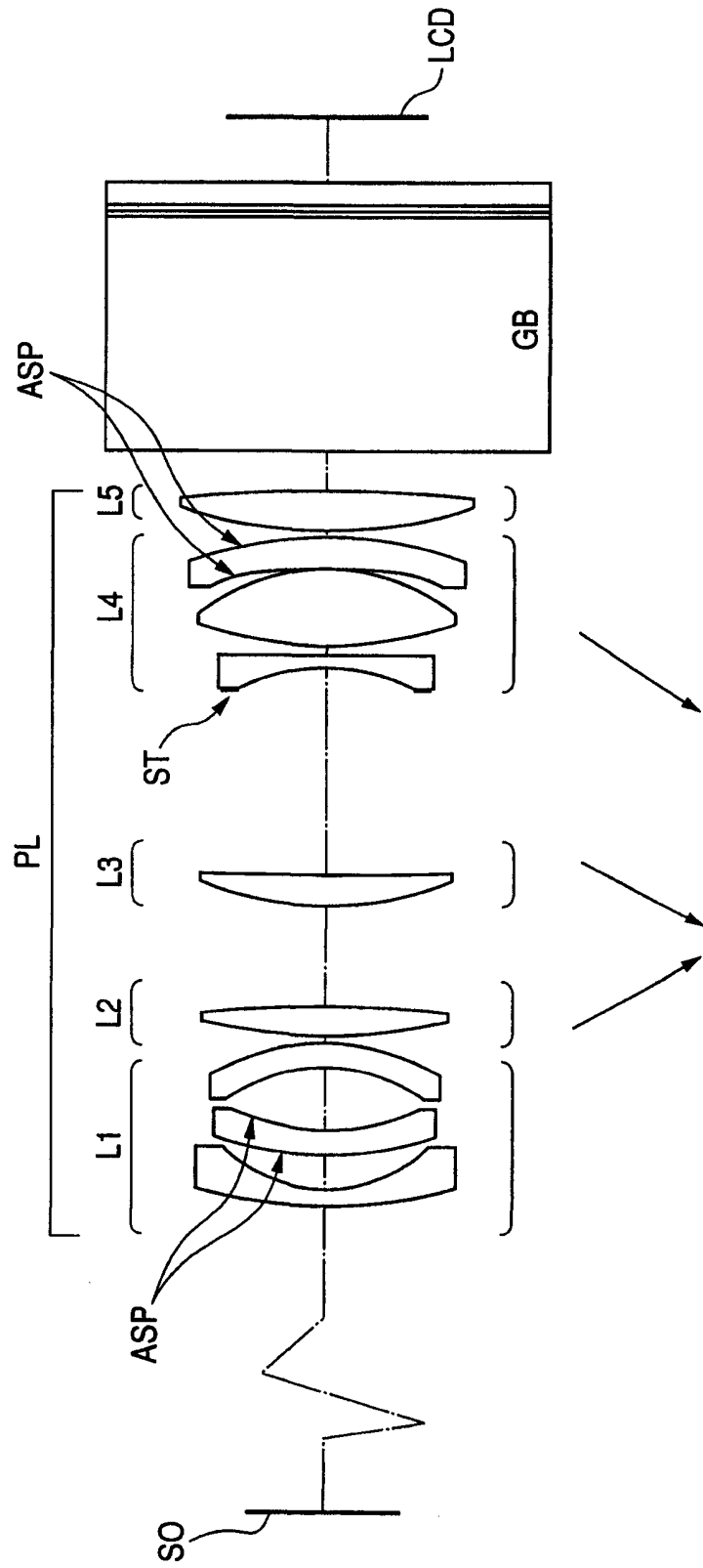


图 10A

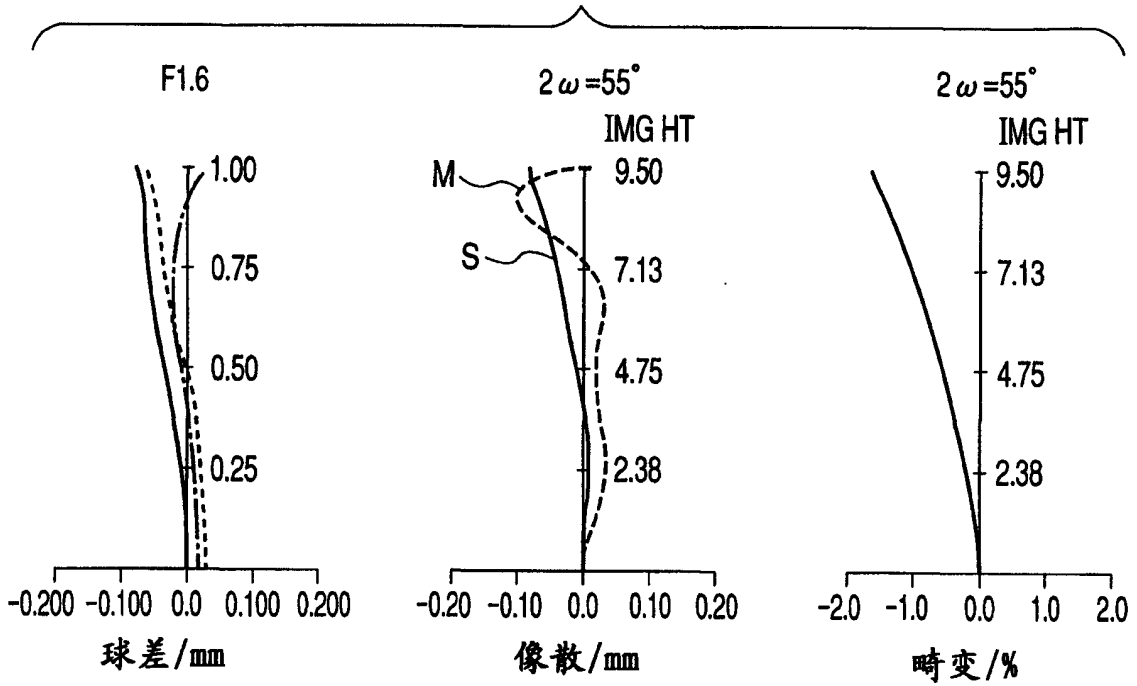
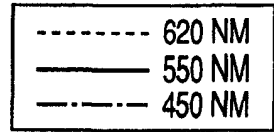


图 10B

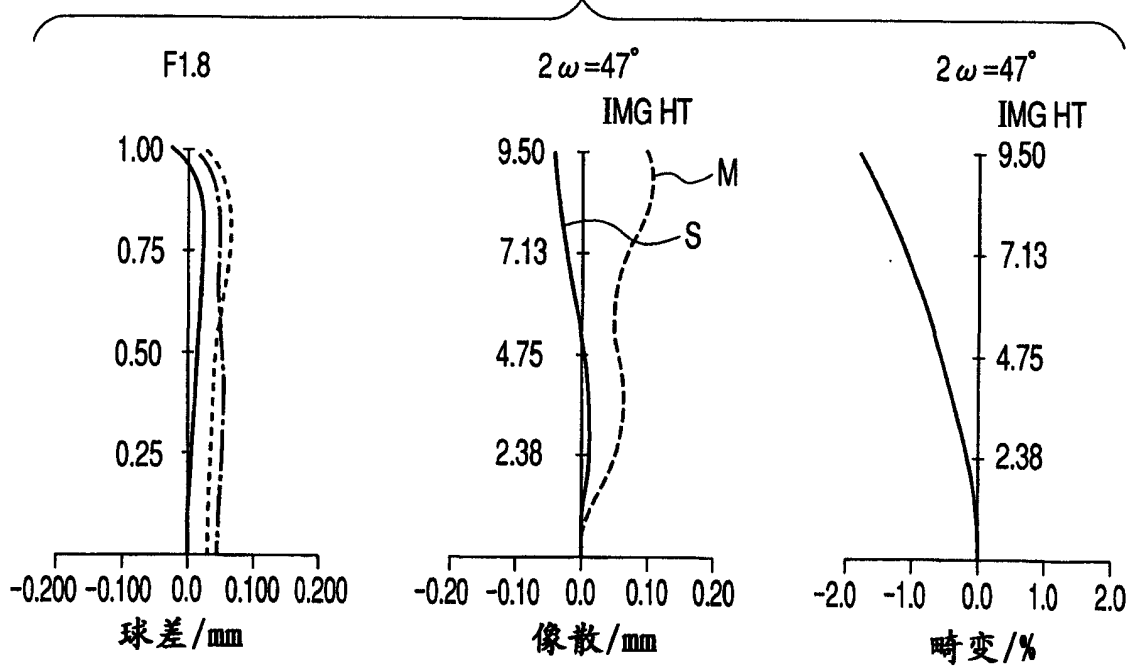


图11

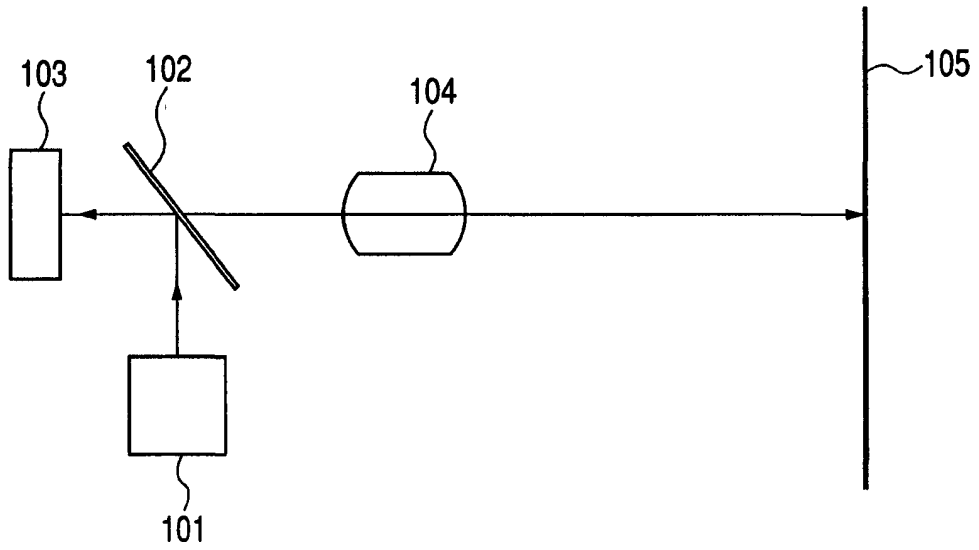


图12

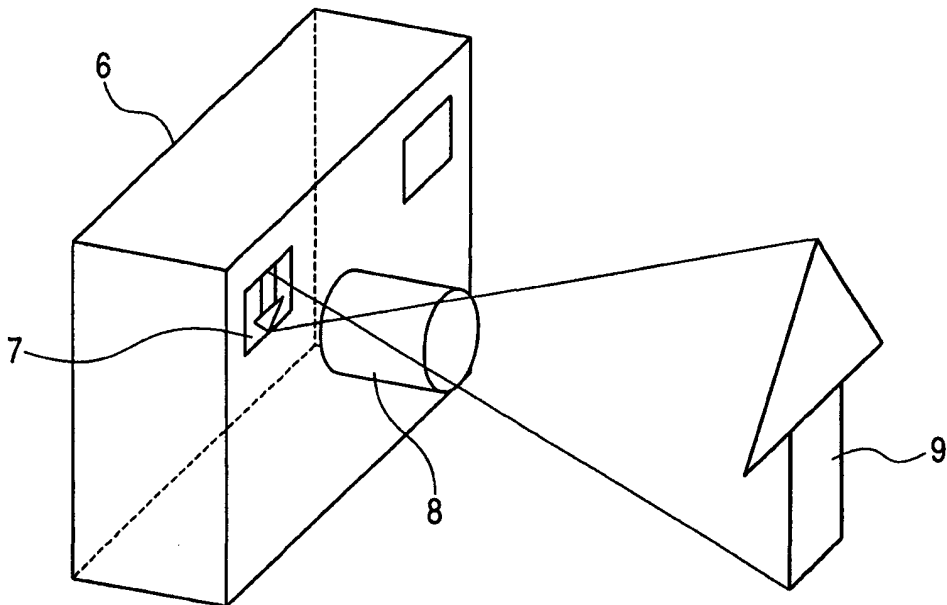


图13

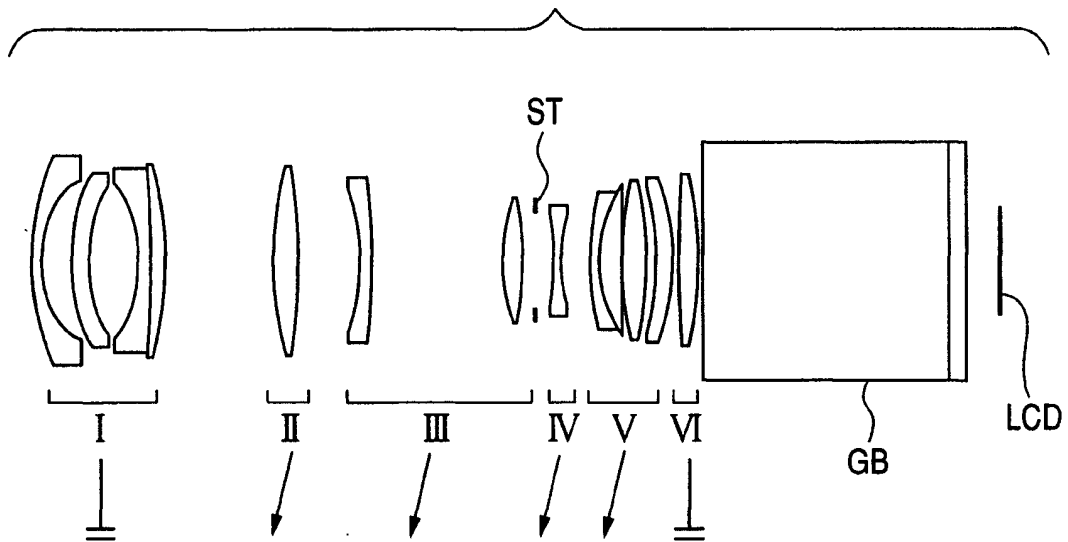


图14

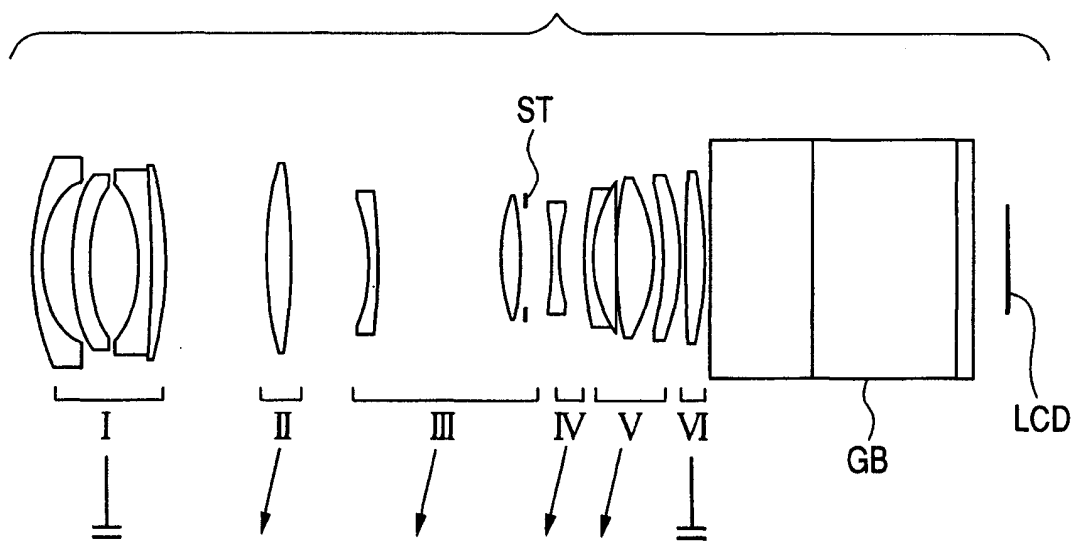


图15

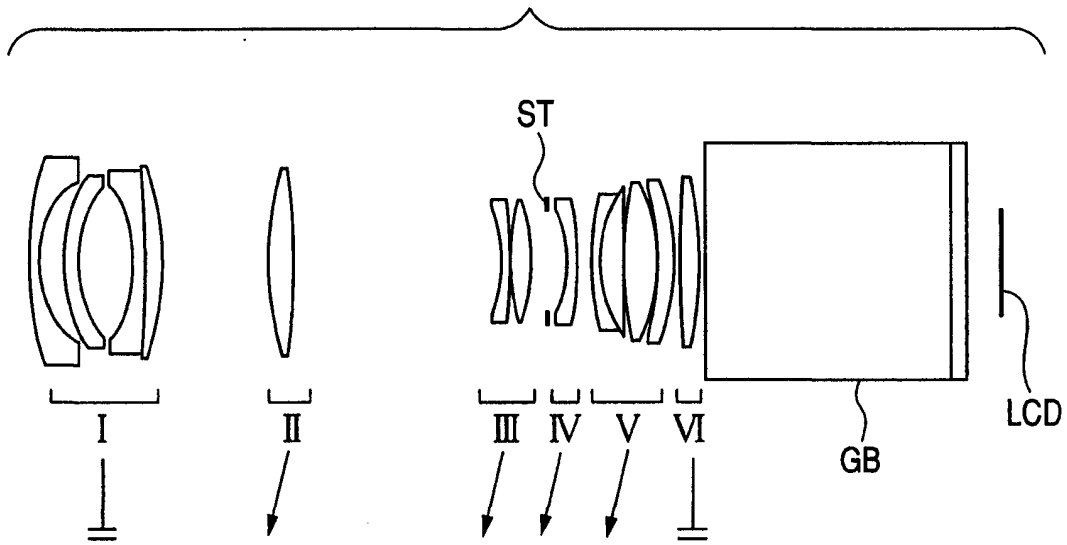


图16

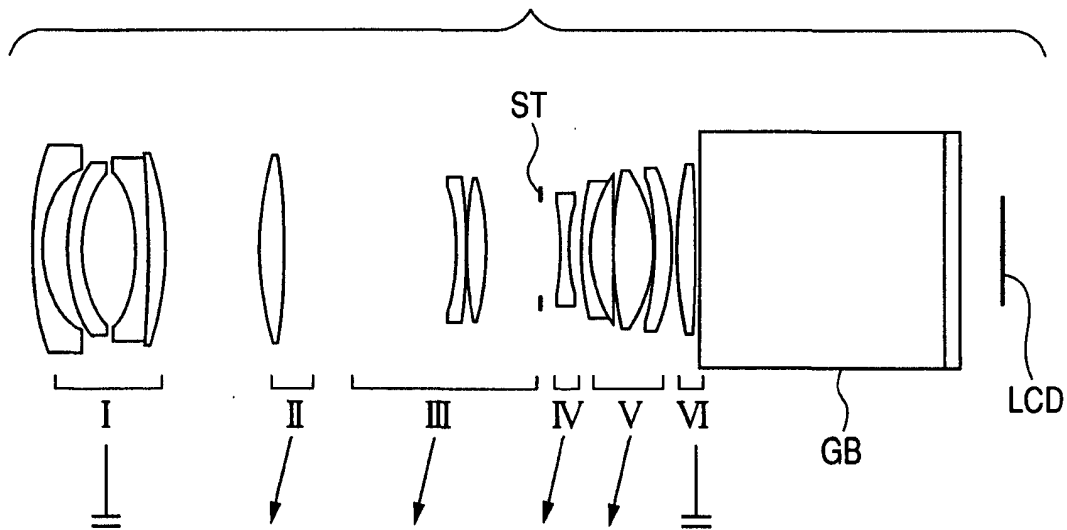


图 17A

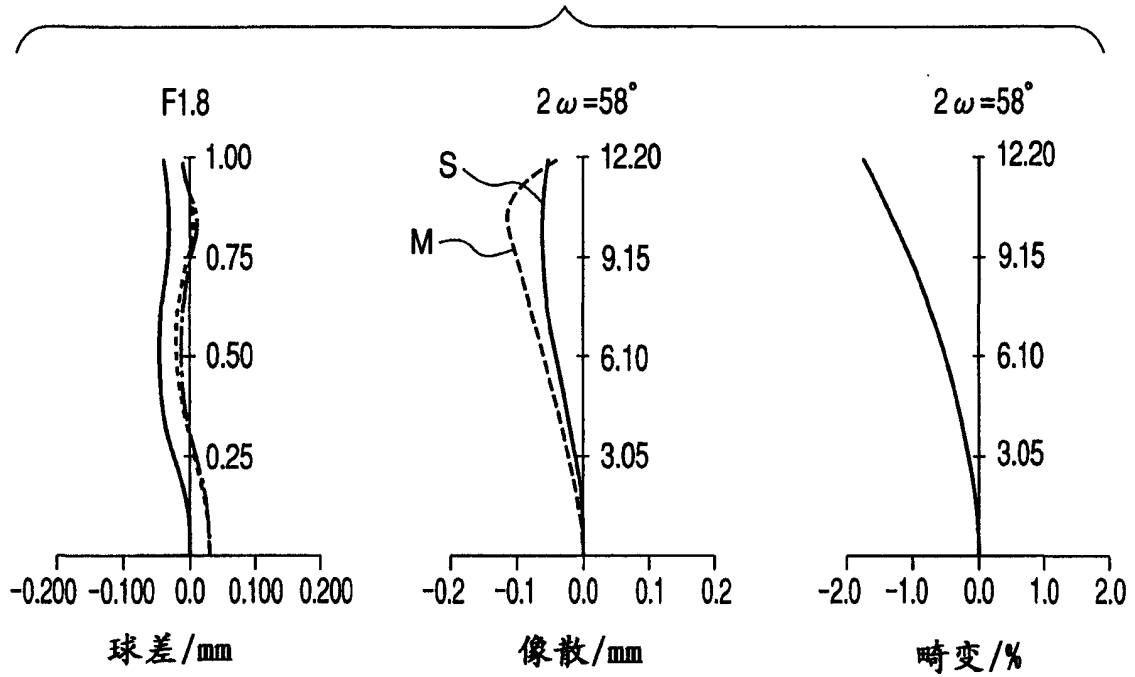
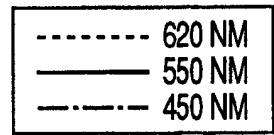


图 17B

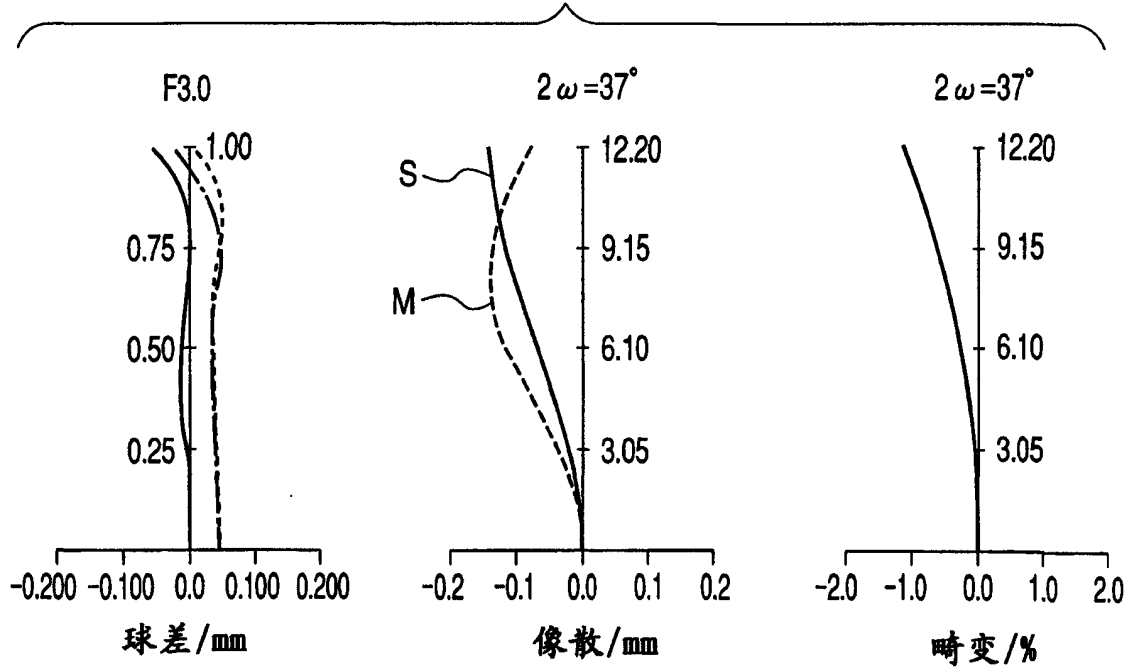


图 18A

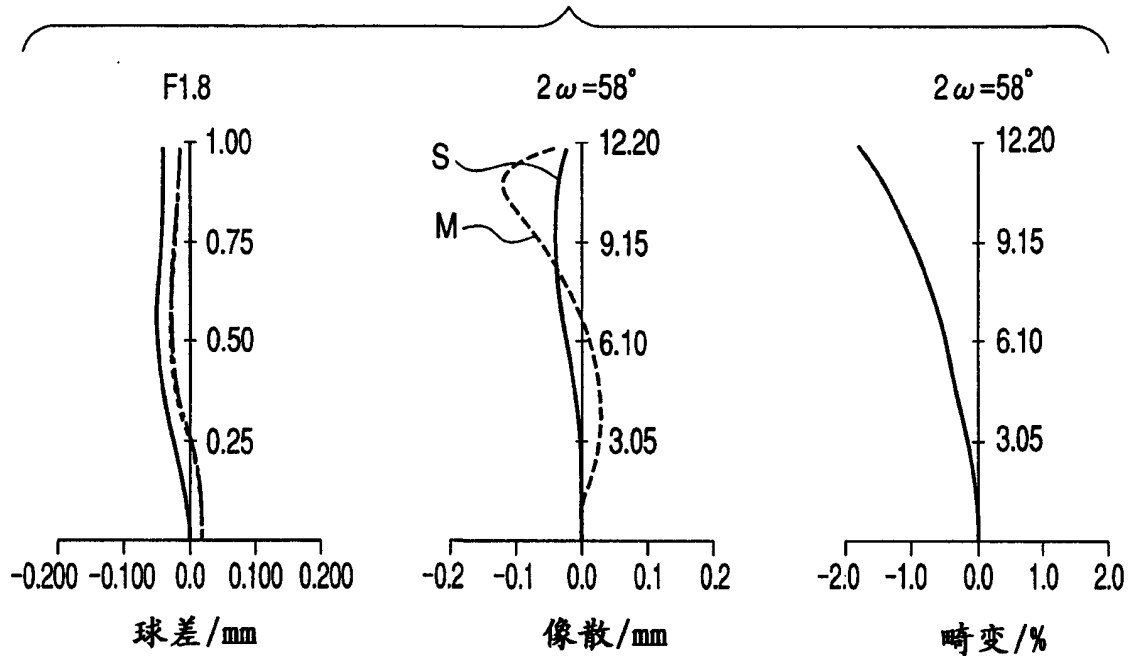
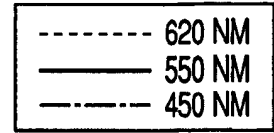


图 18B

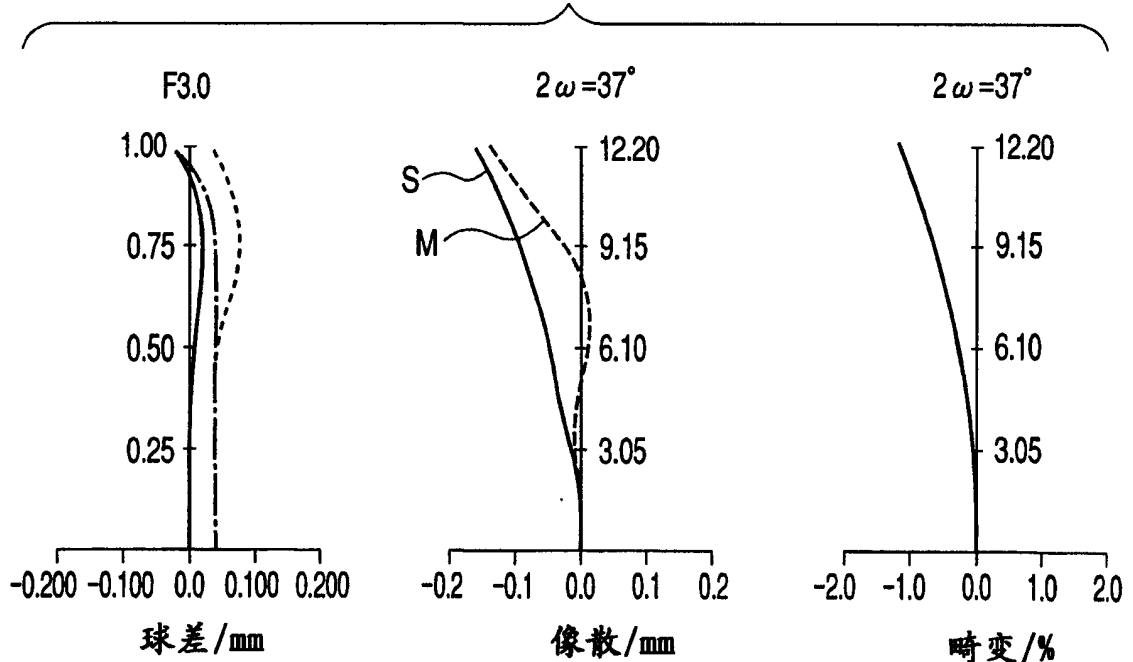


图 19A

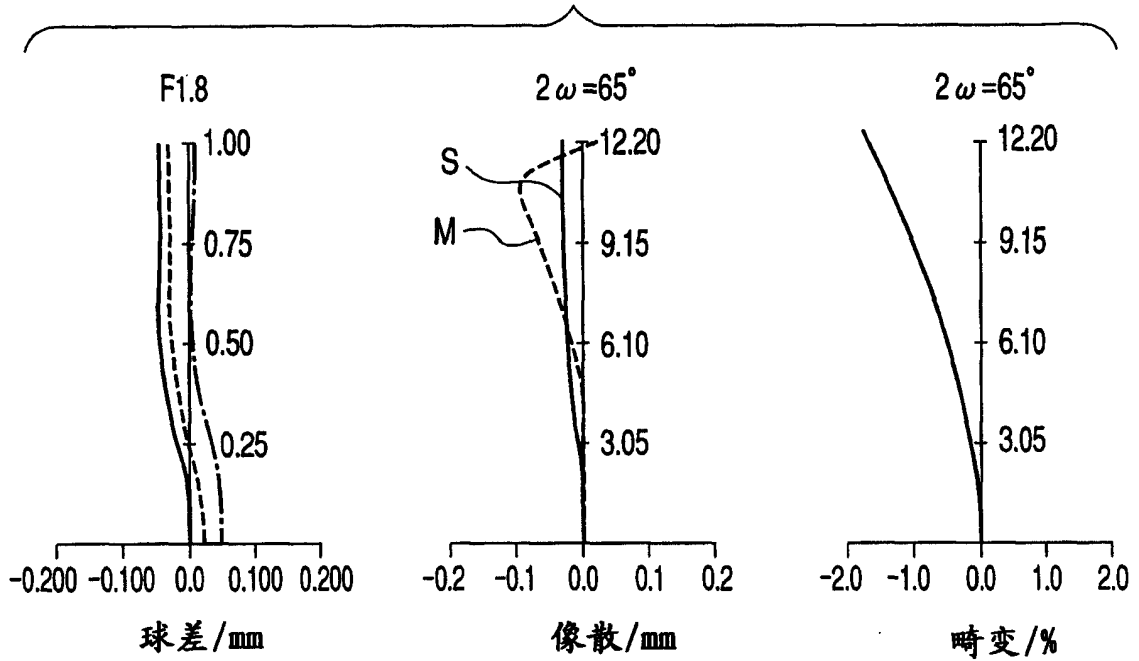
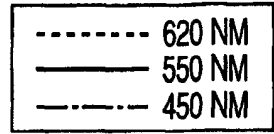


图 19B

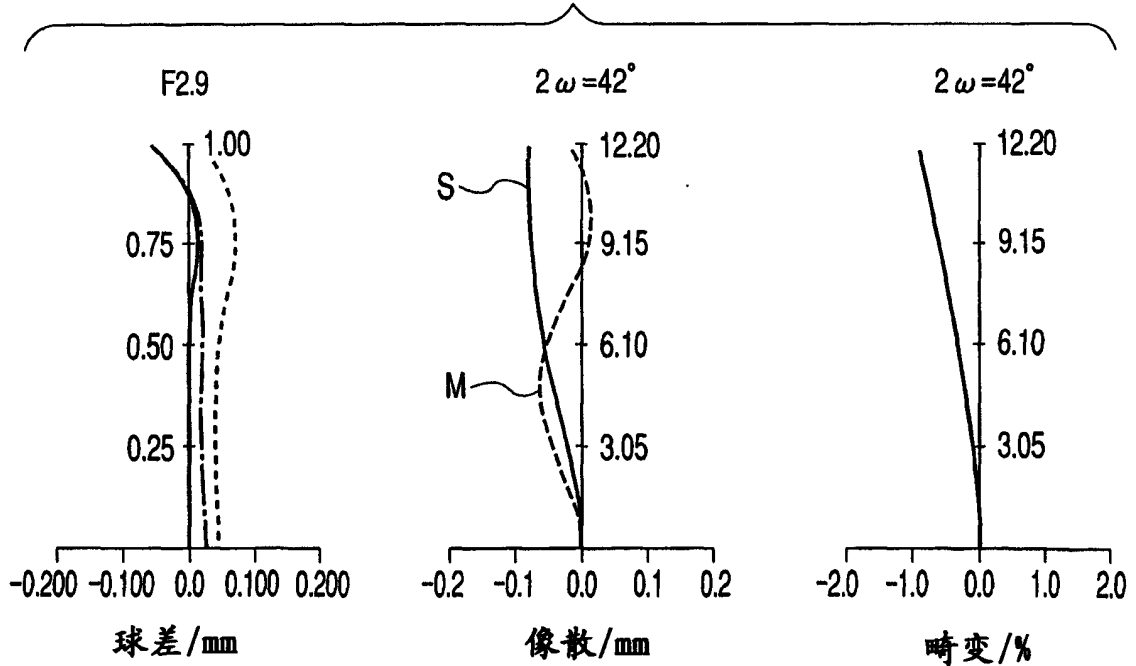


图 20A

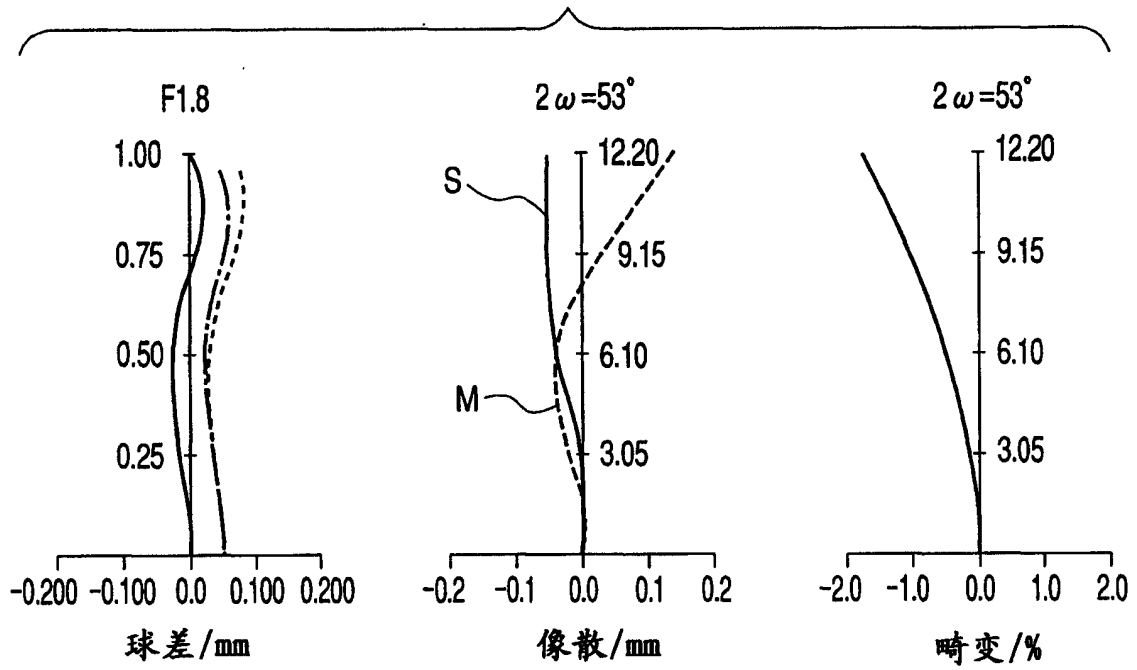
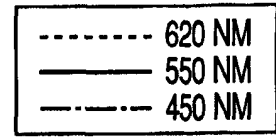


图 20B

