



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102243364 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 04

(21) 申请号 201110228943. 6

(22) 申请日 2009. 02. 04

(30) 优先权数据

2008-023848 2008. 02. 04 JP

(62) 分案原申请数据

200910009690. 6 2009. 02. 04

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 猪子和宏

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 康建忠

(51) Int. Cl.

G02B 15/177(2006. 01)

G02B 9/00(2006. 01)

G03B 21/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2007229967 A1, 2007. 10. 04, 说明书
0030-0094 段, 表 5, 图 3.

US 2002089761 A1, 2002. 07. 11, 参见说明书
0032、0033、0039 和 0059 段, 图 1.

US 2006056043 A1, 2006. 03. 16, 参见说明书
0022-0051 段, 表 3, 图 1.

JP 2004109896 A, 2004. 04. 08, 说明书
0048-0053 段, 图 8-9.

审查员 高迎春

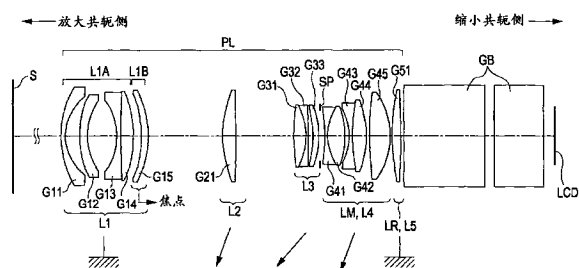
权利要求书2页 说明书15页 附图10页

(54) 发明名称

变焦透镜和包含变焦透镜的图像投影装置

(57) 摘要

本发明提供变焦透镜和包含变焦透镜的图像投影装置。所述变焦透镜从放大共轭侧到缩小共轭侧依次包含:负折光力的第一透镜单元;正折光力的第二透镜单元;正折光力的第三透镜单元,该第三透镜单元具有至少三个透镜元件;包含至少一个透镜单元的中间透镜单元;以及正折光力的最后透镜单元。除了第一透镜单元和最后透镜单元以外的所有的透镜单元在变焦过程中移动。变焦透镜满足适当的条件。



1. 一种变焦透镜,该变焦透镜从放大共轭侧到缩小共轭侧依次包含:
负折光力的第一透镜单元;
正折光力的第二透镜单元;
正折光力的第三透镜单元,该第三透镜单元具有至少三个透镜元件;
包含至少一个透镜单元的中间透镜单元;以及
正折光力的最后透镜单元,
其中,除了第一透镜单元和最后透镜单元以外的所有的透镜单元在变焦过程中移动;
并且

满足以下条件:

$$f_3/f_w > 4.0$$

$$f_3/f_2 > 2.0$$

$$f_w/B_f < 0.6$$

其中, f_2 是第二透镜单元的焦距, f_3 是第三透镜单元的焦距, f_w 是整个变焦透镜在广角端的焦距, B_f 是后焦距的空气变换长度。

2. 根据权利要求1的变焦透镜,其中,第三透镜单元包括正透镜元件、负透镜元件以及凸向缩小共轭侧的弯月正透镜元件。

3. 根据权利要求1的变焦透镜,其中,第三透镜单元包含:通过将正透镜元件和负透镜元件接合在一起形成的接合透镜部件;以及凸向缩小共轭侧的弯月正透镜元件。

4. 根据权利要求1的变焦透镜,其中,中间透镜单元由正或负折光力的第四透镜单元构成;并且,

满足以下条件:

$$|f_4/f_w| > 15$$

其中, f_4 是第四透镜单元的焦距。

5. 根据权利要求1的变焦透镜,其中,中间透镜单元从放大共轭侧到缩小共轭侧依次包含负折光力的第四透镜单元和正折光力的第五透镜单元;并且,

满足以下条件:

$$|f_4/f_w| > 15$$

其中, f_4 是第四透镜单元的焦距。

6. 根据权利要求1的变焦透镜,其中,满足以下条件:

$$|f_1/f_w| > 1.0$$

其中, f_1 是第一透镜单元的焦距。

7. 根据权利要求1的变焦透镜,其中,第一透镜单元具有包含非球面透镜表面的非球面透镜元件;并且,

满足以下条件:

$$f_{ASP}/f_1 < 3.0$$

其中, f_1 是第一透镜单元的焦距, f_{ASP} 是非球面透镜元件的焦距。

8. 根据权利要求1的变焦透镜,其中,在第一透镜单元中,最接近缩小共轭侧的透镜元件是沿光轴方向移动以聚焦的聚焦透镜。

9. 根据权利要求1的变焦透镜,其中,第一透镜单元从放大共轭侧到缩小共轭侧依次

由两个弯月负透镜元件、通过将负透镜元件和正透镜元件接合在一起形成的接合透镜部件、以及弯月正透镜元件构成；

第二透镜单元由双凸正透镜元件构成；并且，

最后透镜单元由双凸正透镜元件构成。

10. 一种图像投影装置，包括：

被配置为形成原始图像的显示器件；和

被配置为将原始图像投影到投影表面上的变焦透镜，该变焦透镜从投影表面侧到显示器件依次包含：

负折光力的第一透镜单元；

正折光力的第二透镜单元；

正折光力的第三透镜单元，该第三透镜单元具有至少三个透镜元件；

包含至少一个透镜单元的中间透镜单元；以及

正折光力的最后透镜单元，

其中，除了第一透镜单元和最后透镜单元以外的所有的透镜单元在变焦过程中移动；

并且

满足以下条件：

$$f_3/f_w > 4.0$$

$$f_3/f_2 > 2.0$$

$$f_w/B_f < 0.6$$

其中， f_2 是第二透镜单元的焦距， f_3 是第三透镜单元的焦距， f_w 是整个变焦透镜在广角端的焦距， B_f 是后焦距的空气变换长度。

变焦透镜和包含变焦透镜的图像投影装置

[0001] 本申请是申请日为 2009 年 2 月 4 日、申请号为 200910009690.6、发明名称为“变焦透镜和包含变焦透镜的图像投影装置”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及变焦透镜和包含变焦透镜的图像投影装置。例如，本发明涉及具有长的后焦距、提供高水平的光学性能并适合于产生投影图像的投影仪的变焦透镜。

背景技术

[0003] 已提出了使用诸如液晶显示器件的显示器件以将在该显示器件上形成的图像投影到屏幕表面上的各种投影仪（图像投影装置）。

[0004] 希望在这种投影仪中包含的投影透镜具有如下性能。

[0005] 在包含三个显示器件的典型彩色投影仪中，来自白色光源的光被颜色分离光学系统分离成红色、绿色和蓝色的光束，这些光束被引导到相应的显示器件。从显示器件射出的光束通过颜色合成光学系统被合成，并入射到投影透镜上。在该配置中，为了提供用于合成穿过显示器件的彩色光束的棱镜等，必须在显示器件和投影透镜之间留出空间。因此，希望投影透镜具有一定长度的后焦距。

[0006] 如果从显示器件入射到颜色合成光学系统上的光束的角度改变，那么颜色合成光学系统的光谱透射率因此改变。结果，投影图像中的各颜色的亮度依赖于视场角而改变，并且，因此难以看到投影图像。为了降低这种依赖于视场角的效果，希望显示器件侧（缩小共轭侧）的光瞳基本上处于无限远，即，所谓的远心性良好的。

[0007] 当用于三种不同颜色的显示器件上的图片（图像）被合成并被投影到屏幕上时，如果例如显示的字符等看起来是双重的，那么对显示的字符等的觉察的分辨率降低。为了防止这一点，必须在整个屏幕上相互迭加各颜色的像素。因此希望在可见光光谱上有效校正投影透镜中出现的颜色重合失调（misregistration）（横向色差）。

[0008] 为了防止投影图像畸变和变得难以观察，希望畸变得得到有效校正。

[0009] 作为用于投影仪的变焦透镜的例子，已知存在包含以下透镜单元的变焦透镜：被设置为最接近放大共轭侧、具有负折光力并在变焦过程中被固定的第一透镜单元；和被设置为最接近缩小共轭侧、具有正折光力并在变焦过程中被固定的最后透镜单元。

[0010] 作为这种类型的变焦透镜的例子，已知存在在第一透镜单元和最后透镜单元之间设置可在变焦过程中移动的至少三个变焦透镜单元的变焦透镜（例如，参见美国专利 No. 6545817）。

[0011] 在美国专利 No. 6545817 中公开的变焦透镜中，从放大共轭侧依次设置的第二和第三透镜单元执行主变焦功能。在该变焦透镜中，通过移动第三透镜单元以及后面的其它透镜单元，校正变焦过程中的像面变化。在这种类型的变焦透镜中，第三透镜单元是用于在整个变焦范围中提供高水平的光学性能的十分重要的透镜单元。因此，第三透镜单元具有至少三个透镜元件以改善光学性能。

[0012] 希望用于投影仪的变焦透镜具有长的后焦距并且在缩小共轭侧具有远心性。因此，在放大共轭侧设置负折光力的透镜单元，并在缩小共轭侧设置正折光力的透镜单元。

[0013] 利用上述的透镜配置，由于整个变焦透镜变为不对称，因此难以在整个变焦范围上提供高水平的光学性能。例如，常常在广角端出现负的畸变，并且很难校正它。

[0014] 在美国专利 No. 6545817 中公开的变焦透镜中，第三透镜单元具有比其它透镜单元大的变焦比份额。因此，第三透镜单元具有比其它透镜单元大的折光力，并导致在变焦过程中频繁出现像差变化。并且，由于第三透镜单元的大的折光力，因此广角端上的大量的负的畸变趋于保留下来。

[0015] 在上述的用于投影仪的变焦透镜中，设置适当的透镜配置以保证预定的变焦比、有效地校正变焦过程中的像差变化并在整个变焦范围上提供高水平的光学性能是重要的。

[0016] 例如，适当地限定各透镜单元（特别是第二和第三透镜单元）的折光力和第三透镜单元的透镜配置是重要的。如果第二和第三透镜单元的配置是不合适的，那么难以有效校正广角端的畸变并在整个变焦范围上提供高水平的光学性能。

发明内容

[0017] 根据本发明的一个方面，提供一种变焦透镜，该变焦透镜从放大共轭侧到缩小共轭侧依次包含：负折光力的第一透镜单元；正折光力的第二透镜单元；正折光力的第三透镜单元；具有至少一个透镜单元的中间透镜单元；以及正折光力的最后透镜单元。在该变焦透镜中，除了第一透镜单元和最后透镜单元以外的所有的透镜单元在变焦过程中移动。第三透镜单元具有至少三个透镜元件。满足以下条件：

[0018] $f_3/f_w > 4.0$

[0019] $f_3/f_2 > 2.0$

[0020] $f_w/B_f < 0.8$

[0021] 其中， f_2 是第二透镜单元的焦距， f_3 是第三透镜单元的焦距， f_w 是整个变焦透镜在广角端的焦距， B_f 是空气等效的后焦距 (air-equivalent back focus) (后焦距的空气变换长度 (an air-conversion length of back-focus))。

[0022] 通过参照附图对示例性实施例的以下说明，本发明的其它特征将变得明显。

附图说明

[0023] 图 1 示出根据本发明的第一示例性实施例的变焦透镜在广角端的透镜配置。

[0024] 图 2A 和图 2B 是根据第一示例性实施例的变焦透镜的像差图。

[0025] 图 3 示出根据本发明的第二示例性实施例的变焦透镜在广角端的透镜配置。

[0026] 图 4A 和图 4B 是根据第二示例性实施例的变焦透镜的像差图。

[0027] 图 5 示出根据本发明的第三示例性实施例的变焦透镜在广角端的透镜配置。

[0028] 图 6A 和图 6B 是根据第三示例性实施例的变焦透镜的像差图。

[0029] 图 7 示意地示出根据本发明的示例性实施例的图像投影装置的主要部分。

具体实施方式

[0030] 本发明提供能够有效地校正变焦过程中的各种像差、在整个变焦范围上提供优异

的光学性能并适合于投影仪的变焦透镜。现在将说明根据本发明的示例性实施例的变焦透镜。

[0031] 根据本发明的各示例性实施例的变焦透镜从放大共轭侧到缩小共轭侧依次包含负折光力的第一透镜单元、正折光力的第二透镜单元、正折光力的第三透镜单元、具有至少一个透镜单元的中间透镜单元和正折光力的最后透镜单元。第一透镜单元最接近放大共轭侧，而最后透镜单元最接近缩小共轭侧。换句话说，各示例性实施例的变焦透镜实际上不具有第一透镜单元、第二透镜单元、第三透镜单元、中间透镜单元和最后透镜单元以外的透镜单元。放大共轭侧可指的是前面（前侧）或屏幕侧。缩小共轭侧可指的是后面（后侧）或面板侧（原始图像侧、显示器件侧或液晶面板侧）。

[0032] 如果变焦透镜包含五个透镜单元（从放大共轭侧起依次为第一、第二、第三、第四和第五透镜单元），那么中间透镜单元与第四透镜单元（具有正折光力或负折光力）对应。如果变焦透镜包含六个透镜单元（第一、第二、第三、第四、第五和第六透镜单元），那么中间透镜单元从放大共轭侧到缩小共轭侧依次包含负折光力的第四透镜单元和正折光力的第五透镜单元。作为替代方案，当变焦透镜包含六个透镜单元时，第四透镜单元和第五透镜单元均可具有正折光力。

[0033] 除了第一透镜单元和最后透镜单元以外的所有的透镜单元均在变焦过程中移动。所有的移动的透镜单元在从广角端向望远端的变焦过程中向放大共轭侧移动。第二和第三透镜单元执行变焦功能。特别地，第二透镜单元执行主变焦功能。中间透镜单元校正变焦过程中的像面变化。

[0034] 图 1 示意地示出包含根据本发明的第一示例性实施例的变焦透镜的图像投影装置（液晶视频投影仪）的主要部分。

[0035] 图 2A 和图 2B 是表示当投影距离（从第一透镜单元到屏幕）为 2.1m 时第一示例性实施例的变焦透镜分别在广角端（短焦距侧）和望远端（长焦距侧）的像差的像差图。在图 2A 和图 2B 中，以毫米 (mm) 表示与第一示例性实施例对应的数值例子 1（在下面说明）中的值。

[0036] 图 3 示意地示出包含根据本发明的第二示例性实施例的变焦透镜的图像投影装置的主要部分。

[0037] 图 4A 和图 4B 是表示当投影距离为 2.1m 时第二示例性实施例的变焦透镜分别在广角端和望远端的像差的像差图。在图 4A 和图 4B 中，以 mm 表示与第二示例性实施例对应的数值例子 2（在下面说明）中的值。

[0038] 图 5 示意地示出包含根据本发明的第三示例性实施例的变焦透镜的图像投影装置的主要部分。

[0039] 图 6A 和图 6B 是表示当投影距离为 2.1m 时第三示例性实施例的变焦透镜分别在广角端和望远端的像差的像差图。在图 6A 和图 6B 中，以 mm 表示与第三示例性实施例对应的数值例子 3（在下面说明）中的值。

[0040] 图 7 示意地示出根据本发明的示例性实施例的图像投影装置的主要部分。

[0041] 在图 1、图 3 和图 5 所示的图像投影装置中，变焦透镜（投影透镜）PL 放大原始图像 LCD（位于显示器件或液晶面板上）并将其投影到用作投影表面的屏幕表面 S 上。在图 1、图 3 和图 5 中，透镜单元下面的箭头表示在从广角端（广端）向望远端（远端）的变焦

过程中透镜单元的移动方向和移动量。箭头相对于垂直方向的倾斜越大,则透镜单元从广角端向望远端的移动量越大。

[0042] 附图标记 i 表示从放大共轭侧起的透镜单元的次序。附图标记 Li 表示第 i 个透镜单元。

[0043] 附图标记 L1 表示负折光力的第一透镜单元,附图标记 L2 表示正折光力的第二透镜单元,附图标记 L3 表示正折光力的第三透镜单元,附图标记 LM 表示包含至少一个透镜单元的中间透镜单元,附图标记 LR 表示正折光力的最后透镜单元。

[0044] 附图标记 S 表示屏幕表面(投影表面、放大共轭表面或放大侧共轭位置),附图标记 LCD 表示液晶面板(液晶显示器件、缩小共轭表面或缩小侧共轭位置)上的原始图像(投影图像)。屏幕表面 S 和原始图像 LCD 之间具有共轭关系或基本上共轭的关系。一般地,屏幕表面 S 与具有较长的距离的共轭点(放大共轭点或前侧)对应,而原始图像 LCD 与具有较短的距离的共轭点(缩小共轭点或后侧)对应。当变焦透镜被用作拍摄系统时,屏幕表面 S 与物侧对应,原始图像 LCD 与像侧对应。

[0045] 附图标记 GB 表示出于光学设计目的被设置并与颜色合成棱镜、偏振滤光片和滤色片等对应的玻璃块(棱镜)。

[0046] 变焦透镜 PL 被安装到投影仪主体(未示出)上,它们之间插入有连接部件(未示出)。在投影仪主体中包含玻璃块 GB 和处于变焦透镜 PL 的上游并邻近显示器件 LCD 的其它部件。

[0047] 第一到第三示例性实施例的变焦透镜具有在 1.852.65 范围内的 F 数。变焦透镜中的每一个在 2.1m(当以 mm 表示相应的数值例子中的值时)的投影距离上将图像信息(显示图像)投影到屏幕表面 S 上。

[0048] 在图 2A、图 2B、图 4A、图 4B、图 6A 和图 6B 的像差图中,曲线 d 表示 d 线(587.6nm)上的像差,曲线 F 表示 F 线(486.1nm)上的像差,曲线 C 表示 C 线(656.3nm)上的像差。

[0049] 并且,在图 2A、图 2B、图 4A、图 4B、图 6A 和图 6B 中,曲线 S(弧矢像面的倾斜)和曲线 M(子午像面的倾斜)均表示对 550nm 的波长的像差,F 表示 F 数,Y 表示图像高度(投影侧的图像高度)。

[0050] 在各示例性实施例中,第二透镜单元 L2 用作主变焦透镜单元。第三透镜单元 L3 具有比第二透镜单元 L2 小的折光力。

[0051] 希望第三透镜单元 L3 包含至少三个透镜元件。在以下说明的第一、第二和第三示例性实施例中,第三透镜单元 L3 从放大共轭侧起依次包含正透镜元件 G31、负透镜元件 G32 和正透镜元件 G33(放大共轭侧的两个透镜元件构成接合透镜部件)。但是,第三透镜单元 L3 的透镜配置不限于此。例如,第三透镜单元 L3 可包含四个或五个透镜元件。具体而言,最接近缩小共轭侧的正透镜元件 G33 可被通过将正透镜元件和负透镜元件接合在一起形成的接合透镜部件代替。作为替代方案,可以向正透镜元件 G33 的缩小共轭侧(或放大共轭侧)添加另一正或负透镜元件。

[0052] 满足以下条件:

[0053] $f_3/f_w > 4.0$ (1)

[0054] $f_3/f_2 > 2.0$ (2)

[0055] $f_w/B_f < 0.8$ (3)

[0056] 其中, f_2 是第二透镜单元 L2 的焦距, f_3 是第三透镜单元 L3 的焦距, f_w 是整个变焦透镜在广角端的焦距, Bf 是后焦距的空气变换长度 (即, 从最接近缩小共轭侧的透镜表面到缩小共轭位置的空气变换长度)。当光穿过折射率大于 1 的材料 (透镜材料) 时, 术语空气变换长度指的是通过将材料中的光路长度除以材料的折射率获得的值。

[0057] 条件 (1) 用于适当地限定第三透镜单元 L3 的折光力。条件 (2) 用于适当地限定第三透镜单元 L3 的折光力与第二透镜单元 L2 的折光力的比。因此, 能够在抑制变焦透镜的总长的增加的同时有效实现预定的变焦比。同时, 能够在整个变焦范围上减少像差变化并提供高水平的光学性能。

[0058] 特别地, 如条件 (2) 所示, 使得第三透镜单元 L3 的折光力比第二透镜单元 L2 的折光力小, 并由此减少变焦过程中的像差变化。

[0059] 如果第三透镜单元 L3 的折光力比由条件 (1) 和 (2) 限定的折光力大, 那么第三透镜单元 L3 在变焦过程中的移动量减小并且变焦透镜的总长减小。但是, 这导致变焦过程中的像差变化增加, 并使得难以在整个变焦范围上提供高水平的光学性能。同时, 由于第二透镜单元 L2 的折光力太小, 因此第二透镜单元 L2 在变焦过程中的移动量增加。这是不希望有的, 因为变焦透镜的总长增加。

[0060] 如果超过条件 (3) 的上限, 那么变焦透镜的后焦距太短。这导致用于在变焦透镜的缩小共轭侧布置向光轴倾斜的反射镜和棱镜等的空间较小。

[0061] 如上所述, 在第一、第二和第三示例性实施例中, 能够提供具有长的后焦距、提供高度的远心性和优异的图像形成性能并适于投影仪的变焦透镜。

[0062] 在第一、第二和第三示例性实施例中, 更优选满足以下条件。满足以下条件不是本发明必需的, 但可增加本发明的实际价值。

[0063] 如果变焦透镜包含五个透镜单元, 那么优选满足以下条件:

[0064] $|f_4/f_w| > 15$ (4)

[0065] 其中, f_4 是第四透镜单元 L4 的焦距。

[0066] 第一透镜单元 L1 包含具有非球面表面的非球面透镜元件。优选满足以下条件中的至少一个:

[0067] $|f_1/f_w| > 1.0$ (5)

[0068] $r_{ASP}/f_1 < 3.0$ (6)

[0069] 其中, f_1 是第一透镜单元 L1 的焦距, r_{ASP} 是非球面透镜元件的焦距。

[0070] 条件 (4) 用于包含五个透镜单元的变焦透镜。如果第四透镜单元 L4 的折光力太强以至于不满足条件 (4), 那么变焦过程中的像差变化增加, 并由此难以在整个变焦范围上提供高水平的光学性能。

[0071] 条件 (5) 用于适当地限定第一透镜单元 L1 的负折光力、保证预定的后焦距距离、减少负畸变的出现并有效实现更宽的视场角。不满足条件 (5) 不是优选的, 因为在广角端上负畸变的程度增加并且投影图像将畸变。

[0072] 如条件 (5) 的情况那样, 条件 (6) 用于适当地限定第一透镜单元 L1 中的非球面透镜元件的负折光力、有效校正各种像差并减少在广角端上负畸变的出现。不满足条件 (6) 不是优选的, 因为在广角端上负畸变的程度增加并且投影图像将畸变。

[0073] 在第一、第二和第三示例性实施例中, 更加优选的是条件 (1) 到 (6) 的数值范围被

限定如下：

[0074] $f_3/f_w > 6.0$ (1a)

[0075] $f_3/f_2 > 3.0$ (2a)

[0076] $f_w/B_f < 0.6$ (3a)

[0077] $|f_4/f_w| > 50$ (4a)

[0078] $|f_1/f_w| > 1.5$ (5a)

[0079] $f_{ASP}/f_1 < 2.5$ (6a)

[0080] 以上条件 (1a) 到 (6a) 可被修改如下：

[0081] $f_3/f_w > 11.0$ (1b)

[0082] $f_3/f_2 > 4.0$ (2b)

[0083] $f_w/B_f < 0.52$ (3b)

[0084] $|f_4/f_w| > 120$ (4b)

[0085] $|f_1/f_w| > 1.9$ (5b)

[0086] $f_{ASP}/f_1 < 2.2$ (6b)

[0087] 更加优选的是满足以下条件：

[0088] 50.0 (更优选 20.0) $> f_3/f_w$ (1c)

[0089] 12.0 (更优选 6.0) $> f_3/f_2$ (2c)

[0090] 0.28 (更优选 0.40) $< f_w/B_f$ (3c)

[0091] 8000 (更优选 6000) $> |f_4/f_w|$ (4c)

[0092] 4.0 (更优选 2.5) $> |f_1/f_w|$ (5c)

[0093] 1.1 (更优选 1.7) $< f_{ASP}/f_1$ (6c)

[0094] 以下将详细说明各示例性实施例的变焦透镜。

[0095] 在图 1 所示的第一示例性实施例中,提供负折光力的第一透镜单元 L1、正折光力的第二透镜单元 L2、正折光力的第三透镜单元 L3、正折光力的第四透镜单元 L4 和正折光力的第五透镜单元 L5。

[0096] 第一透镜单元 L1 包含负折光力的第一透镜子单元 L1A 和正折光力的第一透镜子单元 L1B。第一透镜子单元 L1B 用作聚焦透镜。第四透镜单元 L4 与中间透镜单元 LM 对应。第五透镜单元 L5 与最后透镜单元 LR 对应。

[0097] 在第一示例性实施例中,在从广角端到望远端的变焦过程中,如箭头所示的那样,第二透镜单元 L2、第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 独立地向放大共轭侧(前侧)的屏幕表面 S 移动。第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 执行变焦,而第四透镜单元 L4 校正变焦过程中的像面变化。

[0098] 在第一示例性实施例中,第二透镜单元 L2 执行主变焦功能。在后面说明的第二和第三示例性实施例中同样如此。

[0099] 第一透镜单元 L1 和第五透镜单元 L5 为了变焦而不移动。在第一透镜单元 L1 中,具有正折光力并被设置为最接近缩小共轭侧的第一透镜子单元 L1B 为了聚焦沿光轴移动。第一透镜子单元 L1A 在聚焦过程中不移动。

[0100] 利用上述的变焦和聚焦方法,变焦透镜的总长(即,从第一透镜表面到最后透镜表面的距离)即使在变焦和聚焦过程中也可保持恒定(不变)。因此,可以提高透镜镜筒结

构的牢固性。

[0101] 孔径光阑 SP 位于第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 之间。在变焦过程中,孔径光阑 SP 与第三透镜单元 L3 一起移动。各透镜表面覆盖有多层抗反射涂层。

[0102] 在第一示例性实施例中,第一透镜子单元 L1A 从放大共轭侧(前)到缩小共轭侧(后)依次包含具有凸向前面的弯月状的负透镜元件 G11、具有弯月状并在两侧为非球面的负透镜元件 G12、负透镜元件 G13 和正透镜元件 G14。负透镜元件 G13 和正透镜元件 G14 被接合在一起。由具有凸向后面的弯月状的正透镜元件 G15 构成第一透镜子单元 L1B。

[0103] 负透镜元件 G12 在两侧具有非球形表面以抑制负畸变的出现。

[0104] 在第一示例性实施例中,第一透镜单元 L1 的缩小共轭侧(后侧)的第一透镜子单元 L1B 执行聚焦。因此,可以防止反焦型(retrofocus)配置特有的场弯曲随投影距离(从最接近放大共轭侧的透镜表面到屏幕 S)而改变。因此,可以在整个投影距离上维持高水平的光学性能。

[0105] 第二透镜单元 L2 由双凸面的正透镜元件 G21 构成。

[0106] 第三透镜单元 L3 包含:通过将具有双凸面形状的正透镜元件 G31 和负透镜元件 G32 接合在一起形成的接合透镜部件;以及具有凸向后面的弯月状的正透镜元件 G33。利用第三透镜单元 L3 的这种配置,能够减少变焦过程中的纵向色差的变化、减少对于离轴像差的影响并有效校正球面像差。因此,可以在整个变焦范围上实现高水平的光学性能。

[0107] 第四透镜单元 L4 包含通过将双凹面的负透镜元件 G41 和双凸面的正透镜元件 G42 接合在一起形成的接合透镜部件、通过将双凹面的负透镜元件 G43 和正透镜元件 G44 接合在一起形成的另一接合透镜部件和双凸面的正透镜元件 G45。

[0108] 第五透镜单元 L5 由双凸面的正透镜元件 G51 构成。作为最后透镜单元 LR 的第五透镜单元 L5 具有正的折光力。因此,可以提高缩小共轭侧的远心性。

[0109] 在图 3 所示的第二示例性实施例中,提供负折光力的第一透镜单元 L1、正折光力的第二透镜单元 L2、正折光力的第三透镜单元 L3、负折光力的第四透镜单元 L4 和正折光力的第五透镜单元 L5。

[0110] 除了第四透镜单元 L4 具有负折光力以外,第二示例性实施例具有与第一示例性实施例相同的配置。

[0111] 在图 5 所示的第三示例性实施例中,提供负折光力的第一透镜单元 L1、正折光力的第二透镜单元 L2、正折光力的第三透镜单元 L3、负折光力的第四透镜单元 L4、正折光力的第五透镜单元 L5 和正折光力的第六透镜单元 L6。

[0112] 第一透镜单元 L1 包含负折光力的第一透镜子单元 L1A 和正折光力的第一透镜子单元 L1B。第一透镜子单元 L1B 用作聚焦透镜。第四透镜单元 L4 和第五透镜单元 L5 与中间透镜单元 LM 对应。第六透镜单元 L6 与最后透镜单元 LR 对应。

[0113] 在第三示例性实施例中,在从广角端到望远端的变焦过程中,如箭头所示的那样,第二透镜单元 L2、第三透镜单元 L3、第四透镜单元 L4 和第五透镜单元 L5 独立地向放大共轭侧的屏幕表面 S 移动。

[0114] 由此,通过在变焦过程中移动四个透镜单元,可以很容易地获得预定的变焦比并可减少变焦过程中的像差变化。

[0115] 第一透镜单元 L1 和第六透镜单元 L6 为了变焦而不动。在第一透镜单元 L1 中,

具有正折光力并被设置为最接近缩小共轭侧的第一透镜单元 L1B 为了聚焦沿光轴移动。第一透镜单元 L1A 为了聚焦而不移动。

[0116] 孔径光阑 SP 位于第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 之间。在变焦过程中,孔径光阑 SP 与第三透镜单元 L3 一起移动。各透镜表面覆盖有多层抗反射涂层。

[0117] 在第三示例性实施例中,第一透镜单元 L1、第二透镜单元 L2 和第三透镜单元 L3 的透镜配置与第一示例性实施例的情况相同。由通过将双凹面的负透镜元件 G41 和双凸面的正透镜元件 G42 接合在一起形成的接合透镜部件构成第三示例性实施例的第四透镜单元 L4。第五透镜单元 L5 包含通过将双凹面的负透镜元件 G51 和双凸面的正透镜元件 G52 接合在一起形成的接合透镜部件和双凸面的正透镜元件 G53。第六透镜单元 L6 由双凸面的正透镜元件 G61 构成。

[0118] 在变焦透镜 PL 包含第一到第六透镜单元 L1 到 L6 的第三示例性实施例中, f_4 是中间透镜单元 LM (第四透镜单元 L4 和第五透镜单元 L5) 在广角端的组合焦距。在变焦透镜 PL 包含五个透镜单元的第一和第二示例性实施例中,中间透镜单元 LM 与第四透镜单元 L4 对应。在变焦透镜 PL 包含六个透镜单元的第三示例性实施例中,中间透镜单元 LM 与第四透镜单元 L4 和第五透镜单元 L5 对应。如果变焦透镜 PL 包含七个或更多个透镜单元,那么设置在第三透镜单元 L3 的后侧 (缩小共轭侧) 并在最后透镜单元 LR (最接近缩小共轭侧) 的前侧 (放大共轭侧) 的所有透镜单元与中间透镜单元 LM 对应。即,在中间透镜单元 LM 中包含设置在第三透镜单元 L3 (即,从放大共轭侧算起的第三个透镜单元) 的后侧 (缩小共轭侧) 并在最后透镜单元 LR 的前侧 (放大共轭侧) 的所有透镜单元。

[0119] 利用上述的示例性实施例中的任一个的配置,能够提供在整个变焦范围上提供高水平的光学性能并适于投影仪的变焦透镜。

[0120] 图 7 示意地示出根据本发明的示例性实施例的图像投影装置的主要部分。

[0121] 图 7 示出使用上述的示例性实施例中的任一个的变焦透镜作为用于液晶投影仪 (图像投影装置) 的投影透镜 103 的例子。在该液晶投影仪中,与基于多个 (三个) 液晶显示器件的多个彩色光束对应的图像信息被颜色合成单元合成、被投影透镜 103 放大并投影到屏幕 (预定表面) 104 上。

[0122] 在图 7 所示的彩色液晶投影仪 101 中,来自相应的三个液晶面板 (液晶显示器件) 105R、105G 和 105B 的红、绿和蓝 (RGB) 彩色光束被用作颜色合成单元的棱镜 102 合成为一个光路。液晶面板 105R、105G 和 105B 可以为透射类型或反射类型中的任一种。棱镜 102 可包含多个光学元件 (例如,二色镜、二色棱镜和偏振光束分束器),并且还可在相邻的光学元件之间包含偏振器和波片。

[0123] 如果在彩色液晶投影仪 101 中满足条件 (3),那么大的图像可以以相对短的投影距离 (从最接近放大共轭侧的透镜表面到屏幕 104) 被投影到屏幕 104 上,并且,可以保证长的后焦距。因此,可以为了冷却充分隔开棱镜和偏振器等。相反,如果超过条件 (3) 的上限,那么,对于冷却来说,投影距离会太长或者设置在缩小共轭侧的相邻的部件 (例如,棱镜块和偏振器) 之间的距离会太短。

[0124] 以下,将分别表示与第一到第三示例性实施例对应的数值例子 1 到 3。在数值例子 1 到 3 中, i 表示从放大侧 (前侧) 起的光学表面的次序, r_i 表示第 i 个光学表面 (第 i 个表面) 的曲率半径, d_i 表示第 i 个表面和第 $(i+1)$ 个表面之间的距离, n_i 和 v_i 分别表

示相对于 d 线的第 i 个光学构件的材料折射率和阿贝数, f 表示焦距。标有 z 的数字表示在变焦过程中变化的距离。标有 * 的光学表面是非球形表面。另外,例如,“e-Z”意味着“ 10^{-z} ”。

[0125] 在数值例子 1 到 3 中,四个最后面的表面是玻璃块 GB 的表面。

[0126] 非球面形状由下式表示:

$$[0127] \quad x = (h^2/R) / [1 + [1 - (1+k) (h/R)^2]^{1/2}] + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12}$$

[0128] 其中,关于表面顶点,x 为在距离光轴的高度 h 上沿光轴方向的位移量;R 是旁轴曲率半径;k 是圆锥常数;A、B、C、D 和 E 是非球面系数。

[0129] 在表 1 中表示条件 1 到 6 和数值例子 1 到 3 的关系。

[0130] [数值例子 1]

[0131] $f = 21.8 \sim 31.9$ (变焦比 1.47) $\omega = 29.2^\circ \sim 20.9^\circ$ F/1.85 ~ F/2.65

[0132]

	r	d	nd	vd
OBJ	∞	2100.00		
1	40.139	2.00	1.805	25.4
2	20.639	6.23		
3*	70.343	3.20	1.529	55.8
4*	27.417	12.41		
5	-24.445	1.70	1.487	70.2
6	320.652	5.45	1.800	34.9
7	-46.628	3.40		
8	-47.281	2.85	1.834	37.1
9	-40.415	31.87z		
10	52.358	5.20	1.834	37.1
11	-669.376	25.31z		
12	169.454	4.80	1.487	70.2
13	-27.165	1.20	1.806	33.2
14	-173.752	1.94		

[0133]

15	-44.559	2.65	1.805	25.4
16	-32.271	0.50		
17	孔径光阑	1.92z		
18	-81.130	1.20	1.800	34.9
19	22.436	7.30	1.589	61.1
20	-34.006	1.80		
21	-22.432	1.30	1.800	34.9
22	66.267	6.10	1.487	70.2
23	-38.768	1.22		
24	143.991	8.90	1.496	81.5
25	-30.799	0.70z		
26	84.252	3.85	1.805	25.4
27	-290.436	1.30		
28	∞	34.60	1.516	64.1
29	∞	4.00		
30	∞	21.00	1.805	25.4
31	∞			

[0134]

	W	M	T
d 9	31.87	20.11	7.35
d11	25.31	23.40	14.29
d17	1.92	7.61	22.16
d25	0.70	8.68	16.00

[0135]

	z4	z5	z6	z7
d 0	1200.00	8700.00	1200.00	8700.00
d 7	4.27	2.50	4.27	2.50
d 9	31.01	32.78	6.48	8.25

[0136]

K A B C D E

[0137] 3 0.000e+000 2.994e-005 -8.530e-008 2.529e-010 -3.394e-013 1.099e-016

[0138] 4 0.000e+000 2.050e-005 -9.984e-008 1.809e-010 -1.919e-014 -8.454e-016

[0139] [数值例子 2]

[0140] $f = 21.8 \sim 31.9$ (变焦比 1.47) $\omega = 29.2^\circ \sim 20.9^\circ$ F/1.85 $\sim$ F/2.65

[0141]

	r	d	nd	vd
OBJ	∞	2100.00		
1	39.964	2.00	1.805	25.4
2	20.625	6.39		
3*	70.343	3.20	1.529	55.8
4*	27.417	12.33		
5	-24.762	1.70	1.487	70.2
6	268.348	5.58	1.800	34.9
7	-48.704	3.47		
8	-49.535	3.09	1.834	37.1
9	-41.449	31.81z		
10	51.526	5.09	1.834	37.1
11	-1038.197	25.25z		
12	101.164	4.92	1.487	70.2
13	-29.190	1.20	1.806	33.2
14	-591.118	2.05		
15	-49.409	2.80	1.805	25.4
16	-33.951	0.50		
17	孔径光阑	1.89z		
18	-81.200	1.20	1.800	34.9
19	22.137	7.21	1.589	61.1
20	-35.930	1.93		

[0142]

21	-22.287	1.30	1.800	34.9
22	69.202	6.18	1.487	70.2
23	-37.236	0.61		
24	137.580	8.77	1.496	81.5
25	-30.718	0.70z		
26	88.953	3.85	1.805	25.4
27	-229.280	1.30		
28	∞	34.60	1.516	64.1
29	∞	4.00		
30	∞	21.00	1.805	25.4
31	∞			

[0143]

	W	M	T
d 9	31.81	20.09	7.36
d11	25.25	23.25	14.24
d17	1.89	7.74	22.18
d25	0.70	8.58	15.86

[0144]

	z4	z5	z6	z7
d 0	1200.00	8700.00	1200.00	8700.00
d 7	4.26	2.64	4.26	2.64
d 9	31.02	32.64	6.57	8.19

[0145]

K A B C D E

[0146] 3 0.000e+000 2.994e-005 -8.530e-008 2.529e-010 -3.394e-013 1.099e-016

[0147] 4 0.000e+000 2.050e-005 -9.984e-008 1.809e-010 -1.919e-014 -8.454e-016

[0148] [数值例子 3]

[0149] $f = 21.8 \sim 31.9$ (变焦比 1.47) $\omega = 29.2^\circ \sim 20.9^\circ$ F/1.85 $\sim$ F/2.65

[0150]

	r	d	nd	vd
OBJ	∞	2100.00		
1	40.155	2.00	1.805	25.4
2	20.604	6.48		
3*	70.343	3.20	1.529	55.8
4*	27.417	12.04		
5	-24.965	1.70	1.487	70.2
6	201.643	5.61	1.800	34.9
7	-49.877	3.40		
8	-51.434	3.04	1.834	37.1
9	-42.602	31.80z		
10	52.101	5.09	1.834	37.1
11	-817.882	25.45z		
12	99.407	4.87	1.487	70.2
13	-29.364	1.20	1.806	33.2
14	-645.940	2.02		
15	-50.174	2.70	1.805	25.4
16	-34.227	0.50		
17	孔径光阑	1.86z		
18	-74.947	1.20	1.800	34.9
19	22.829	7.18	1.589	61.1
20	-35.999	2.00z		
21	-22.268	1.30	1.800	34.9
22	72.709	6.44	1.487	70.2
23	-35.549	0.64		
24	151.375	8.75	1.496	81.5
25	-30.807	0.70z		
26	82.937	3.85	1.805	25.4

[0151]

27	-299.797	1.30		
28	∞	34.60	1.516	64.1
29	∞	4.00		
30	∞	21.00	1.805	25.4
31	∞			

[0152]

	W	M	T
d 9	31.80	19.21	7.38
d11	25.45	22.88	14.42
d17	1.86	8.26	21.71
d20	2.00	2.11	2.49
d25	0.70	9.34	15.80

[0153]

	z4	z5	z6	z7
d 0	1200.00	8700.00	1200.00	8700.00
d 7	4.19	2.57	4.19	2.57
d 9	31.01	32.63	6.58	8.20

[0154]

K A B C D E

[0155] 3 0.000e+000 2.994e-005 -8.530e-008 2.529e-010 -3.394e-013 1.099e-016

[0156] 4 0.000e+000 2.050e-005 -9.984e-008 1.809e-010 -1.919e-014 -8.454e-016

[0157]

数值例子 条件	1	2	3
(1) f3/fw	12.80	12.80	12.71
(2) f3/f2	4.80	4.78	4.73
(3) fw/Bf	0.490	0.488	0.488
(4) f4/fw 	3671	148.3	5188
(5) f1/fw 	2.07	2.08	2.08
(6) fASP/f1	1.92	1.91	2.04

[0158] 根据上述的示例性实施例,能够提供能够有效地校正变焦过程中的各种像差、在整个变焦范围上提供高水平的光学性能并适合于投影仪(图像投影装置)的变焦透镜。另外,能够提供包含变焦透镜并能够将在图像显示器件(例如,液晶面板)上形成的高清图像

（调制的图像光）投影到投影表面（例如，屏幕）上的图像投影装置。

[0159] 虽然已参照示例性实施例说明了本发明，但应理解，本发明不限于公开的示例性实施例。以下的权利要求的范围应被赋予最宽的解释以包含所有的变型以及等同的结构和功能。

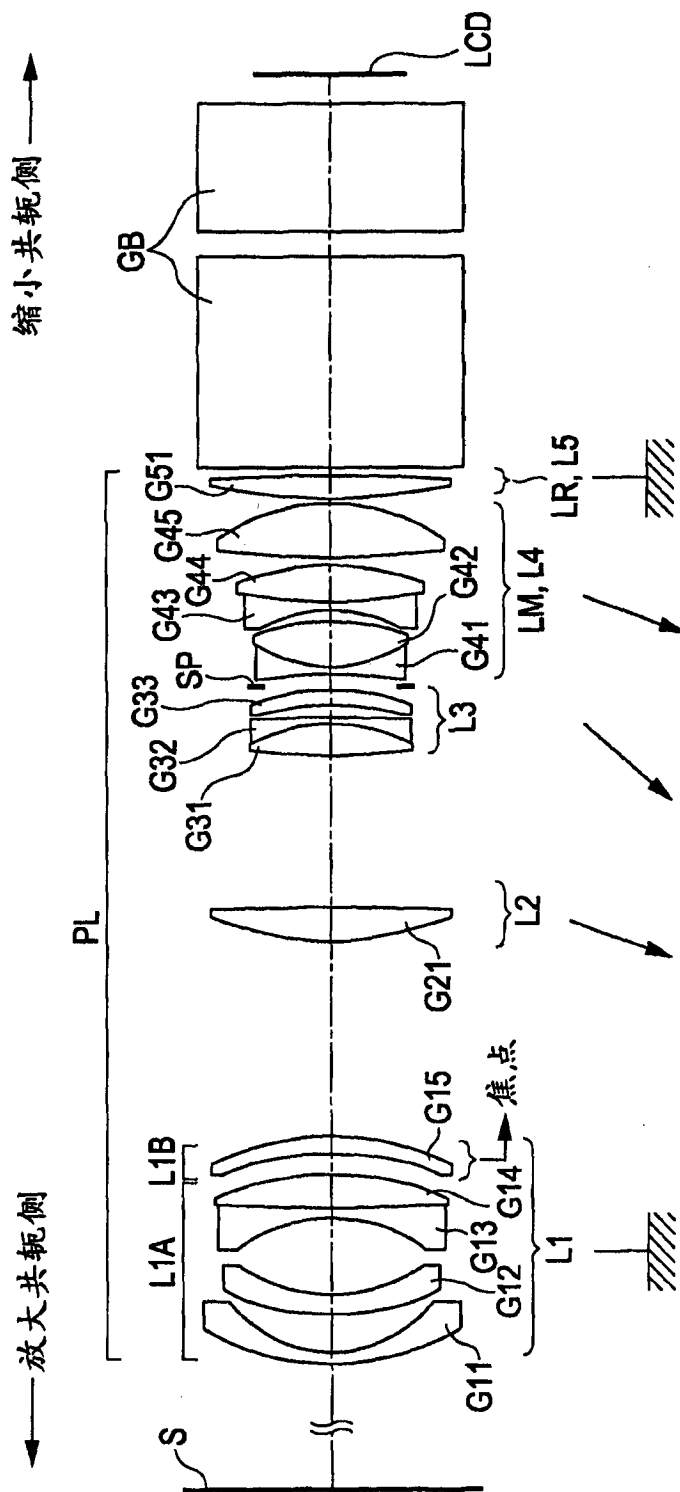


图 1

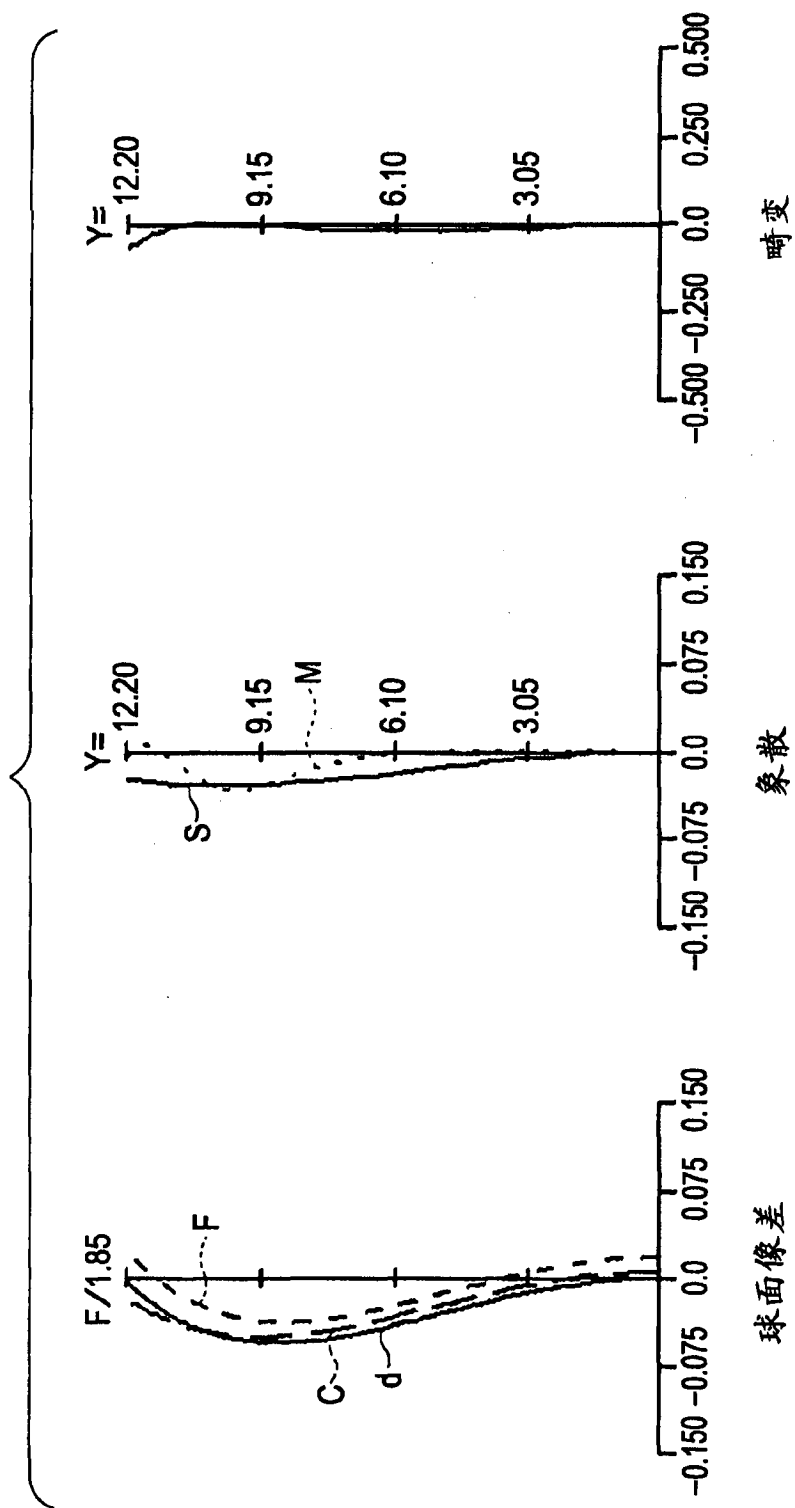


图 2A

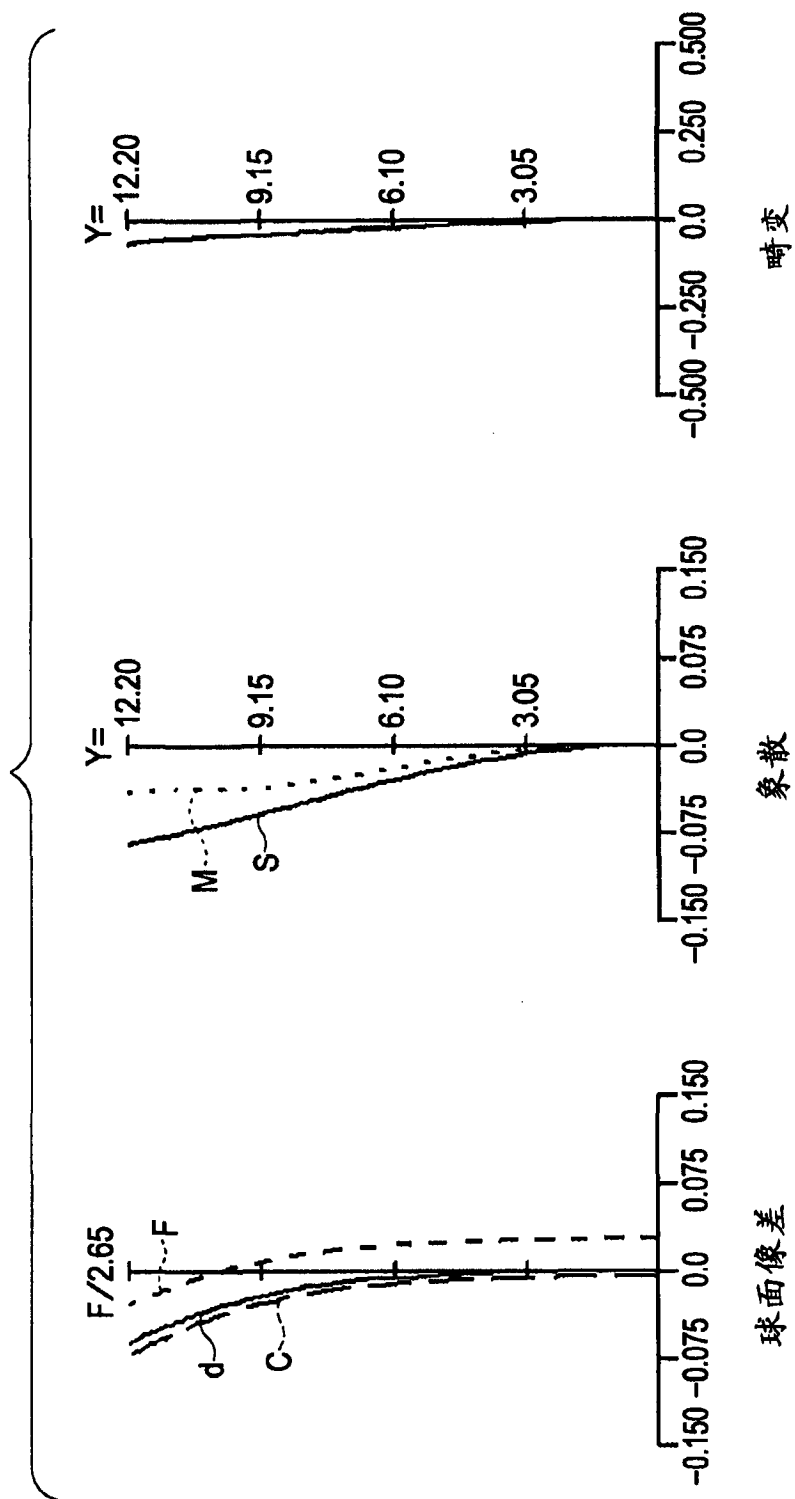


图 2B

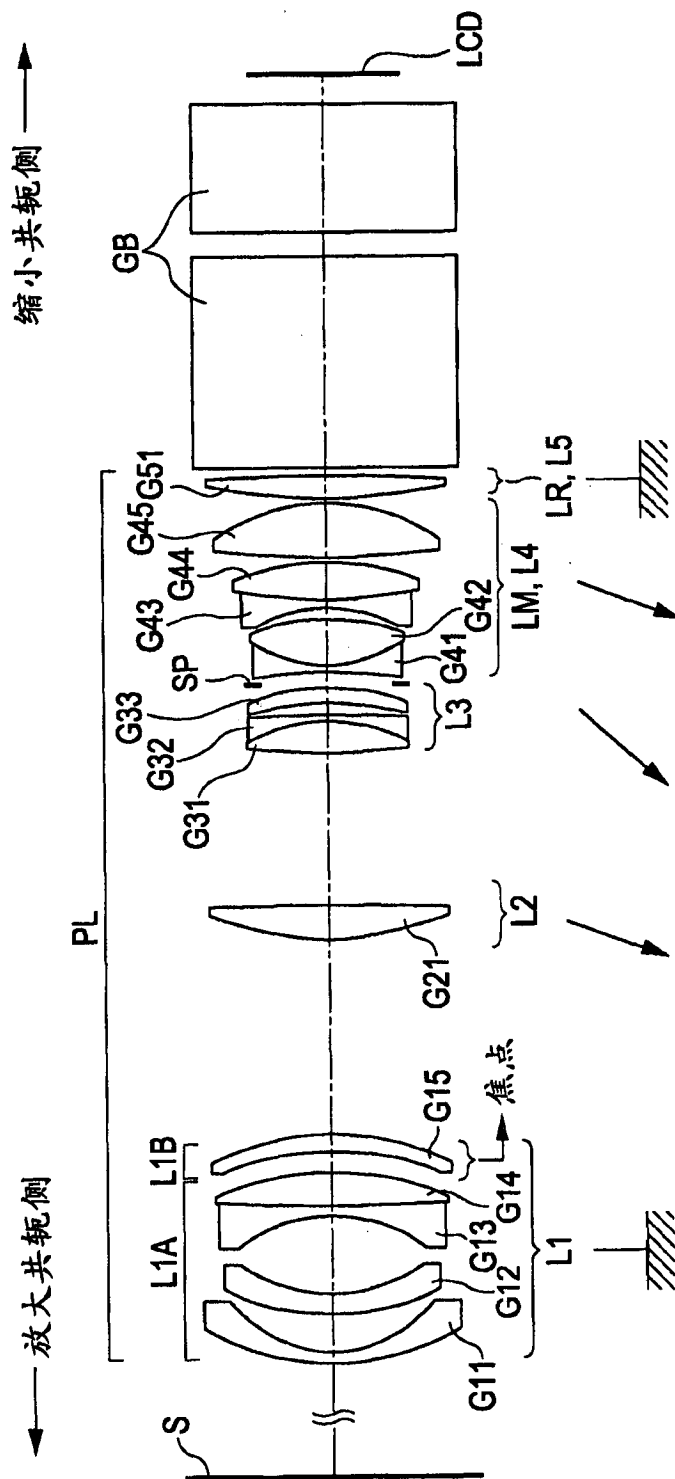


图 3

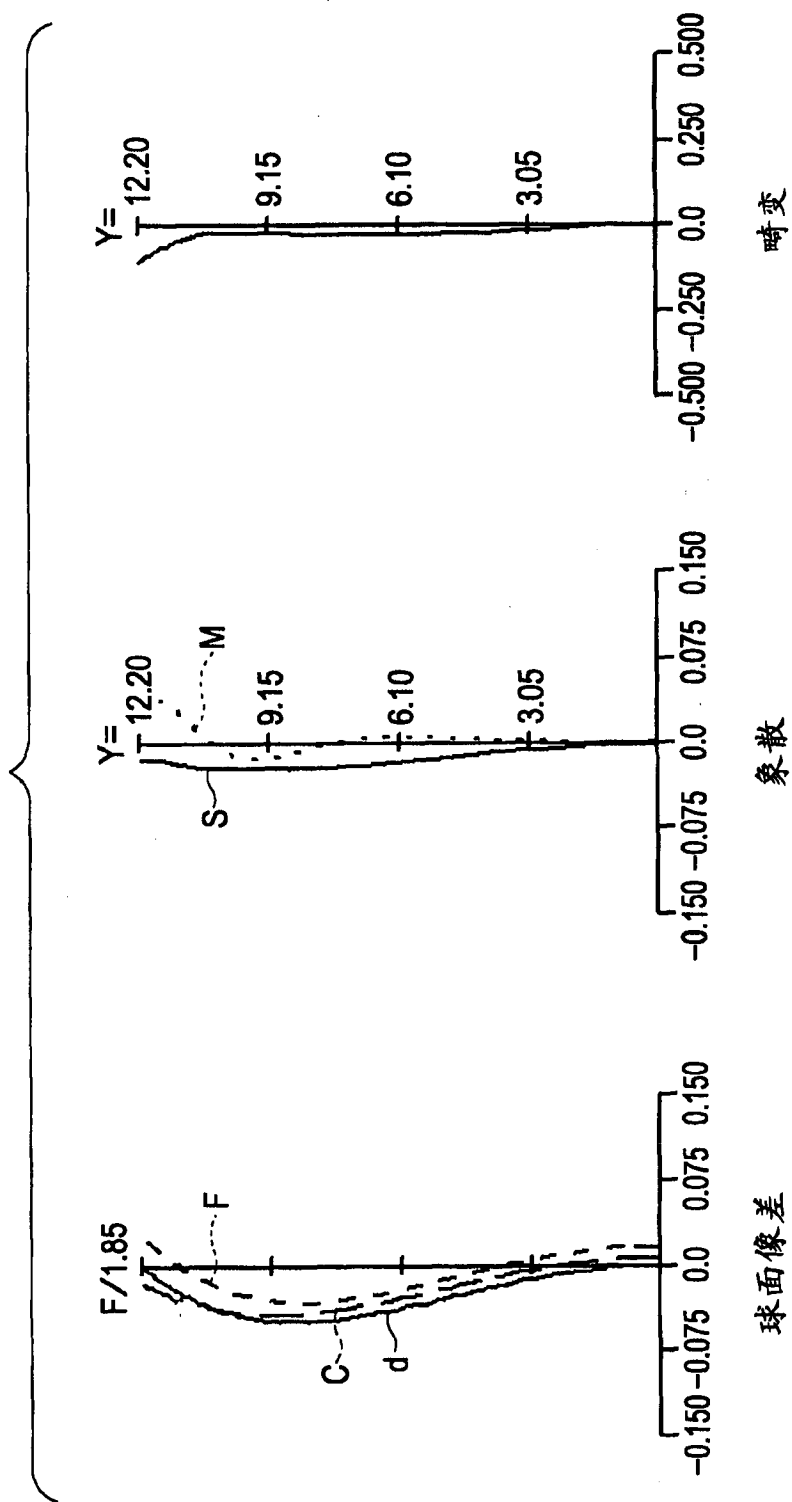


图 4A

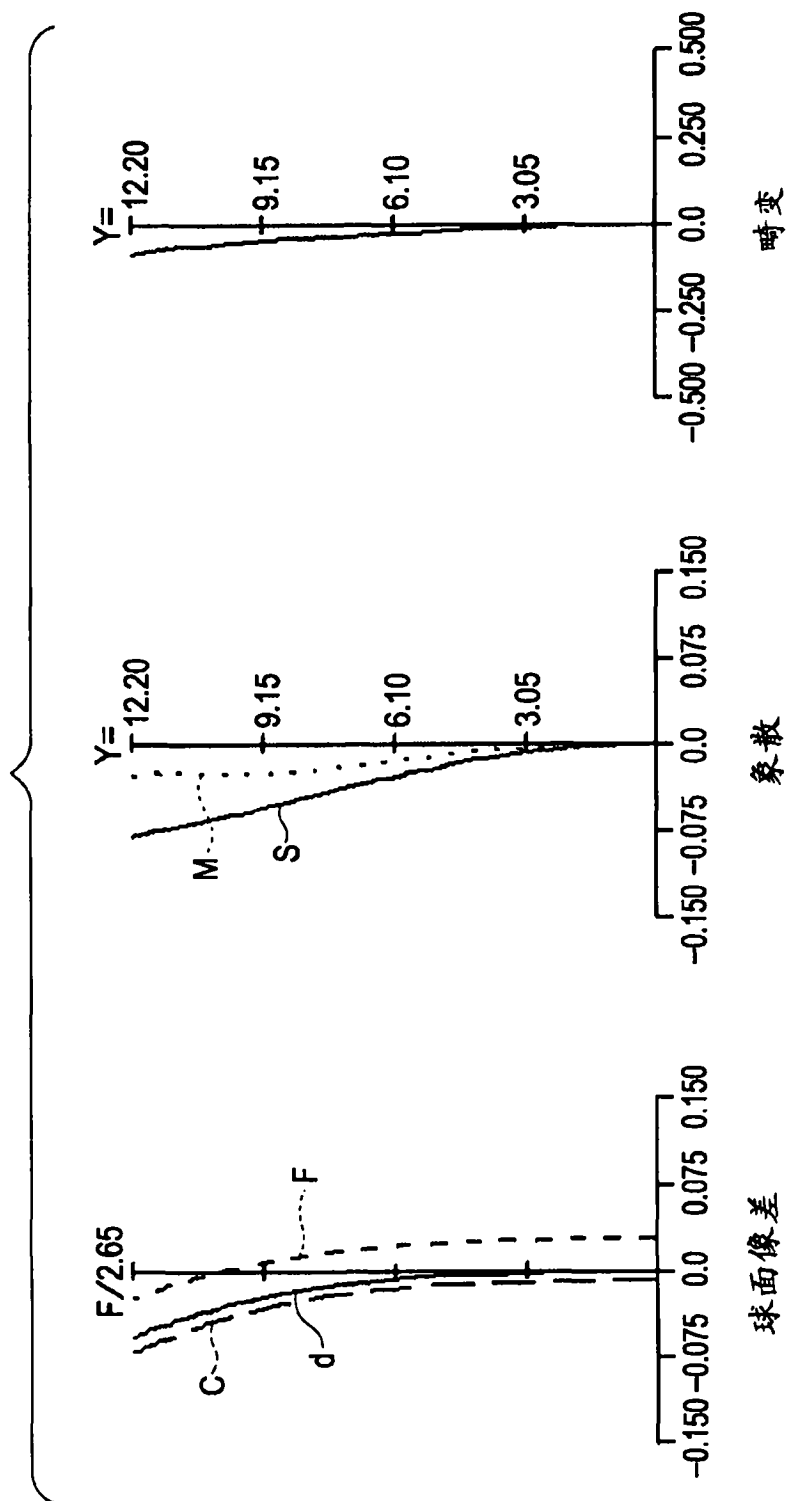


图 4B

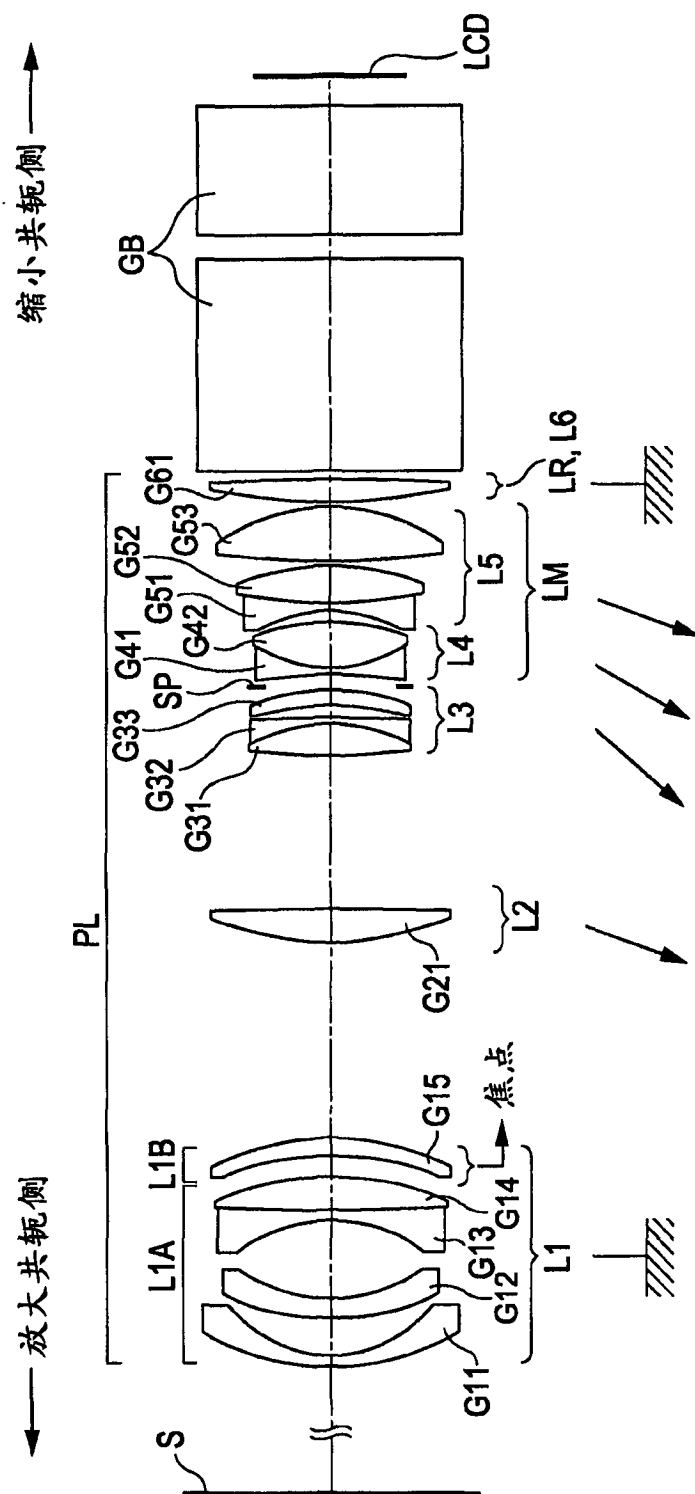


图 5

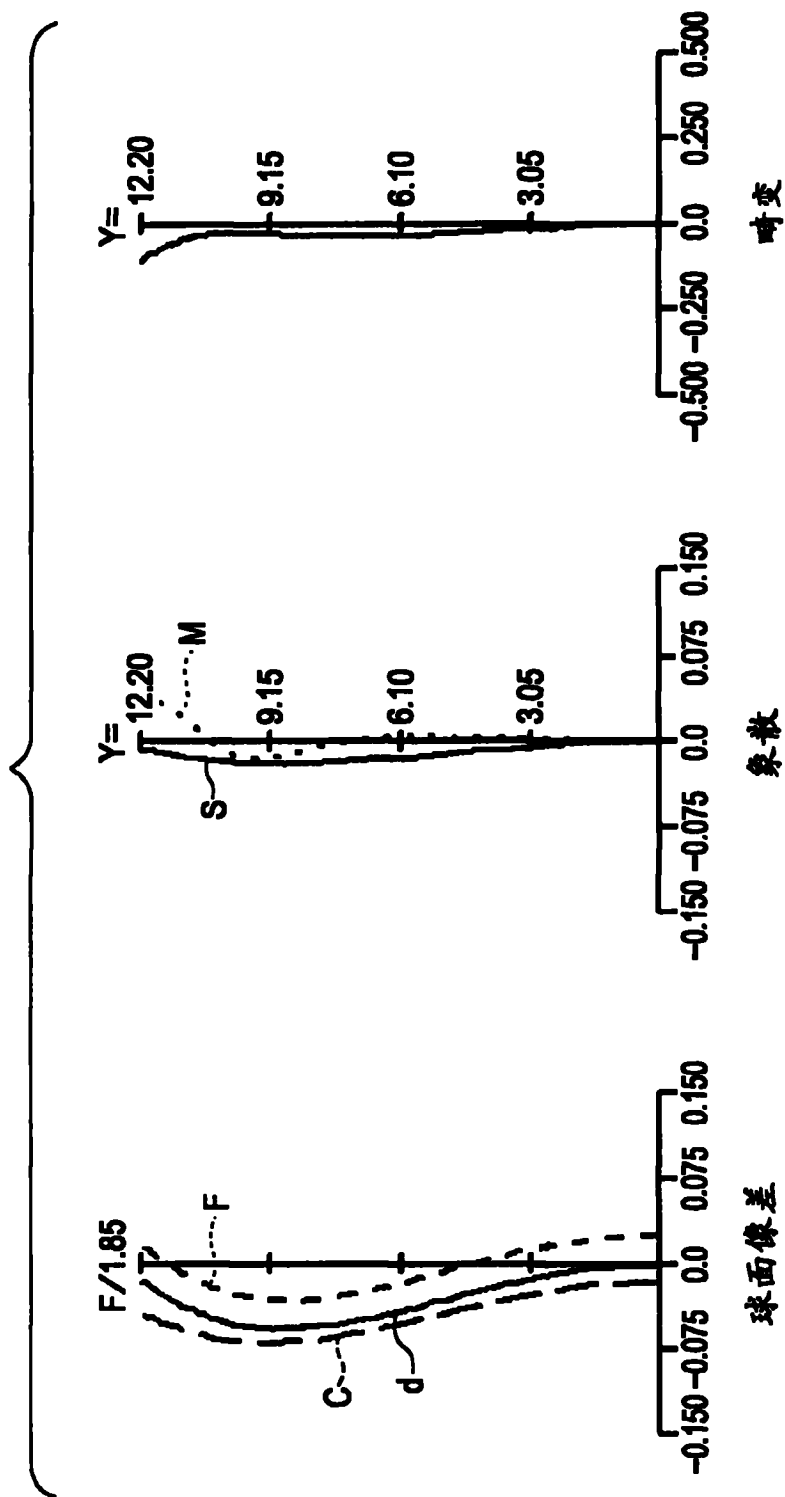


图 6A

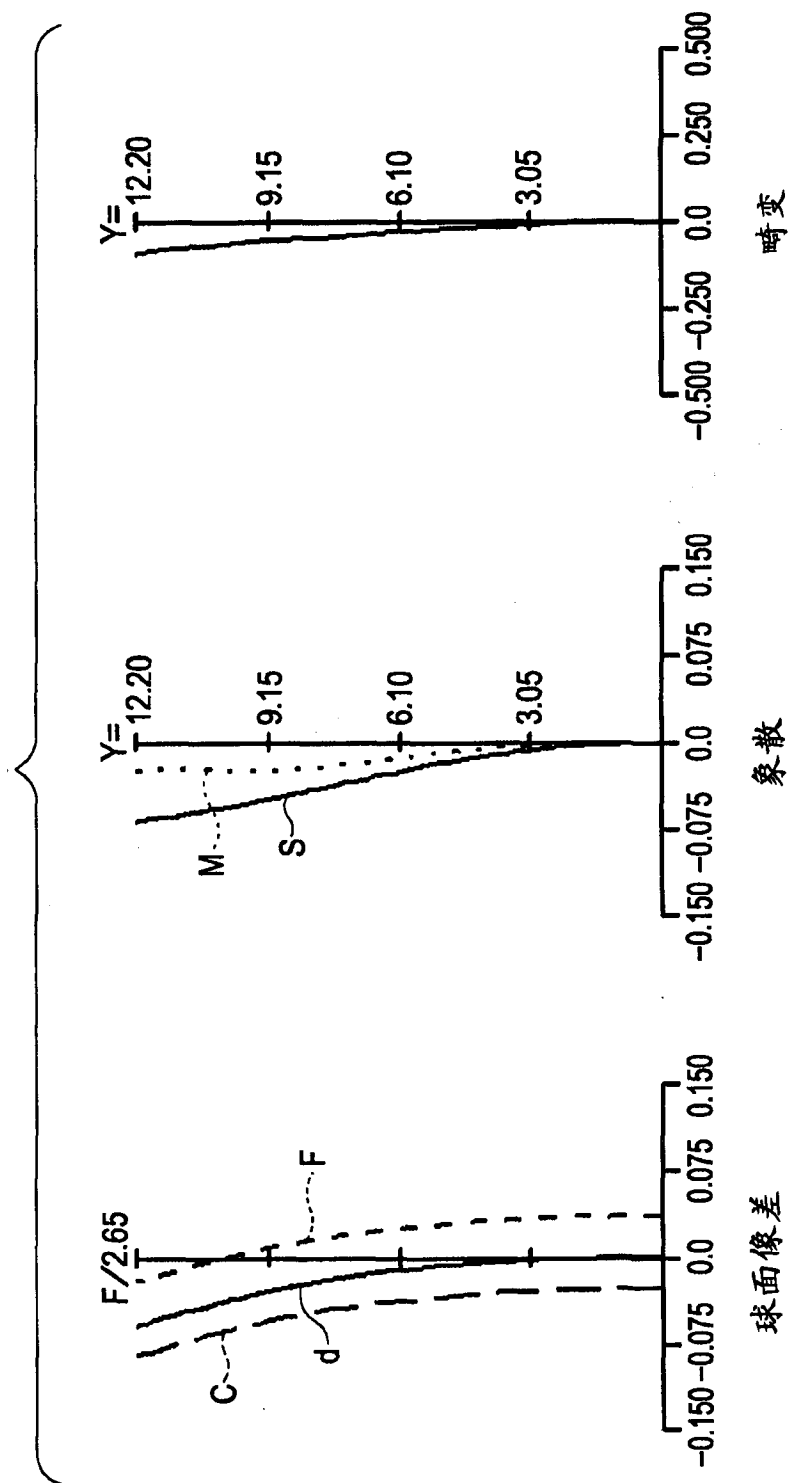


图 6B

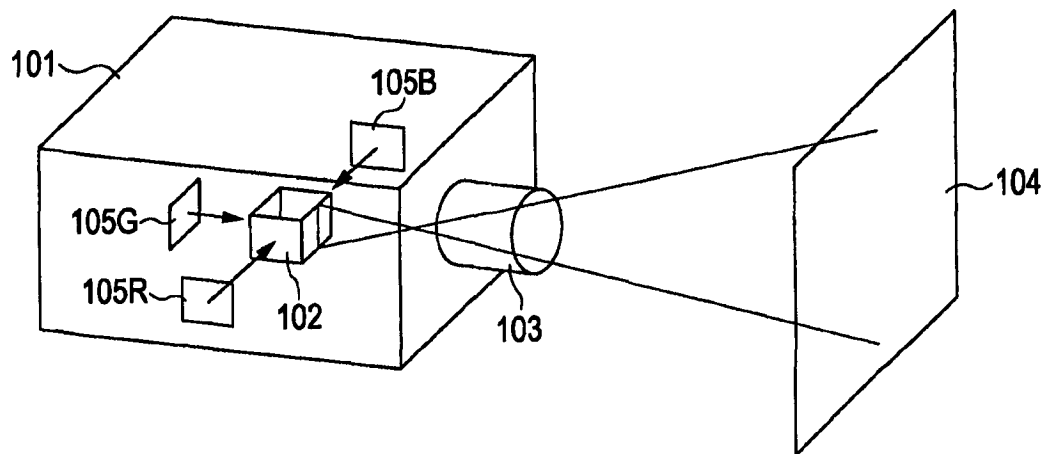


图 7