

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101441316 B

(45) 授权公告日 2011.02.02

(21) 申请号 200810146347.1

US 4124274, 1978.11.07, 全文.

(22) 申请日 2006.02.22

US 6580564 B2, 2003.01.17, 全文.

(30) 优先权数据

US 2001/0050818 A1, 2001.12.13, 全文.

2005-045456 2005.02.22 JP

审查员 章锦

(62) 分案原申请数据

200610004104.5 2006.02.22

(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)

(56) 对比文件

JP 特开平 10-186235, 1997.07.14, 全文.

JP 特开 2004-226803, 2004.08.12, 全文.

CN 1527069 A, 2004.09.18, 全文.

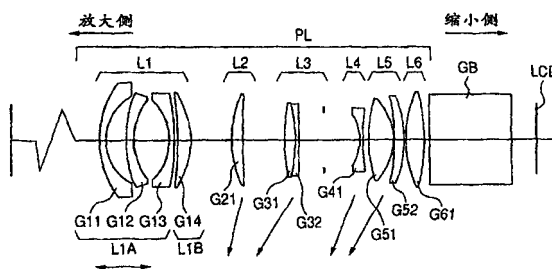
权利要求书 1 页 说明书 19 页 附图 7 页

(54) 发明名称

变焦透镜和具有该变焦透镜的图像投影装置

(57) 摘要

提供一种变焦透镜和具有该变焦透镜的图像投影装置。该变焦透镜包括包含被设置在最邻近放大侧的位置上并具有负折光力的第一透镜单元的多个透镜单元,其中,多个透镜单元的一个或更多个在放大倍数变化的过程中沿其光轴方向被移动;并且,第一透镜单元包含:包含负折光力的至少一个透镜并在聚焦过程中被移动的第 1-1 透镜单元;和具有正折光力并在聚焦过程中被固定的第 1-2 透镜单元。



1. 一种变焦透镜,包括:

多个透镜单元,

其中所述多个透镜单元包含被设置在最邻近放大侧的位置上并具有负折光力的第一透镜单元,

其中,所述多个透镜单元的至少一个在放大倍数变化的过程中沿其光轴方向被移动;并且

其中,所述第一透镜单元由第 1-1 透镜单元和第 1-2 透镜单元构成,所述第 1-1 透镜单元包含具有负折光力的至少一个透镜并在聚焦过程中被整体移动,所述第 1-2 透镜单元具有正折光力并在聚焦过程中被固定,其中,所述第 1-1 透镜单元被设置在比所述第 1-2 透镜单元更邻近放大侧的位置上,以及

其中,满足以下条件:

$$7.0 < |DP/f_w|,$$

这里, DP 表示从缩小侧共轭位置到出射光瞳的距离, f_w 表示整个系统在广角端的焦距。

2. 根据权利要求 1 的变焦透镜,其中,所述第 1-1 透镜单元由多个负透镜构成。

3. 根据权利要求 1 的变焦透镜,其中,所述多个透镜单元包含被设置在最邻近缩小侧的位置上并具有正折光力的最后的透镜单元;并且

其中,最邻近放大侧的所述第一透镜单元的第一透镜具有负折光力,并且在所述第一透镜单元中所述第一透镜最邻近放大侧,被设置在最邻近缩小侧的位置上的所述最后的透镜单元中的最后的透镜具有正折光力,且满足以下条件:

$$32 < v_{dR} - v_{dF},$$

这里, v_{dF} 表示所述第一透镜的材料的阿贝数, v_{dR} 表示所述最后的透镜的材料的阿贝数。

4. 根据权利要求 1 的变焦透镜,其中,所述多个透镜单元从放大侧到缩小侧依次为:所述第一透镜单元、具有正折光力的第二透镜单元、具有正折光力的第三透镜单元、具有负折光力的第四透镜单元、具有正折光力的第五透镜单元和最后的透镜单元,并且

为了变焦,所述第一和最后的透镜单元是不可动的,且所述第二、第三、第四和第五透镜单元被移动。

5. 根据权利要求 1 的变焦透镜,其中,所述多个透镜单元从放大侧到缩小侧依次为:所述第一透镜单元、具有正折光力的第二透镜单元、具有正折光力的第三透镜单元、具有负折光力的第四透镜单元、具有正折光力的第五透镜单元、具有正折光力的第六透镜单元和最后的透镜单元,并且

为了变焦,所述第一和最后的透镜单元是不可动的,且所述第二、第三、第四、第五和第六透镜单元被移动。

6. 根据权利要求 1 的变焦透镜,其中,所述多个透镜单元从放大侧到缩小侧依次为:具有负折光力的第一透镜单元、具有正折光力的第二透镜单元、具有正折光力的第三透镜单元、具有正折光力的第四透镜单元和具有正折光力的第五透镜单元,并且

为了变焦,所述第一和第五透镜单元是不可动的,且所述第二至第四透镜单元被移动。

变焦透镜和具有该变焦透镜的图像投影装置

[0001] 本专利申请是优先权日为 2005 年 2 月 22 日、国家申请号为 200610004104.5、发明名称为“变焦透镜和具有该变焦透镜的图像投影装置”的发明专利申请的分案申请，其在此全部引入作为参考。

技术领域

[0002] 本发明涉及变焦透镜和具有该变焦透镜的图像投影装置，并适于具有例如较长的后焦距并在各投影放大倍数都具有较高的光学性能的液晶投影仪。

背景技术

[0003] 迄今，已提出了各种使用诸如液晶显示元件的显示元件以将在显示元件上形成的图像投影到屏幕表面上的液晶投影仪（图像投影装置）。

[0004] 下面提到的各种特性需要供这些液晶投影仪使用的投影透镜。

[0005] 一般地，在使用三个液晶显示元件的三元件类型的彩色液晶投影中，来自白光源的光被颜色分离光学系统分离为红色、绿色和蓝色，这些彩色光被引导到各个液晶显示元件，并且，从这些液晶显示元件显现的光被颜色组合光学系统组合并入射到投影透镜上。

[0006] 在该投影中，投影透镜必须具有某一恒定长度的后焦距，以在各液晶显示元件和投影透镜之间提供间距，用于在其间设置用于组合透过液晶显示元件后的彩色光的棱镜等。

[0007] 如果从液晶显示元件入射到颜色组合光学系统上的光束的角度改变，那么颜色组合光学系统的光谱透射率随之改变，且被投影图像中的各颜色的亮度依赖于视角被改变，并且图像变成难以看到的图像。因此，为了减少对于角度的依赖的影响，颜色组合光学系统必须是所谓的远心光学系统，该远心光学系统的液晶显示元件（缩小共轭面（reduction conjugate surface））侧的光瞳基本上在无限远处。

[0008] 当三种颜色的液晶显示元件的图画（图像）被组合并被投影到屏幕上时，各颜色的像素必须在屏幕的整个区域上相互重叠，使得高分辨率感不会被例如双重显示字符等破坏。

[0009] 因此，必须在可见光区中很好地校正在投影透镜中出现的颜色重合失调（misregistration）（放大倍数的色差）。

[0010] 畸变必须很好被校正，使得被投影图像不会发生畸变以及不会难以看到。

[0011] 投影透镜必须为小 F_{no} （F 数）的明亮的投影透镜，以可以有效地从光源引入光线。

[0012] 其上承载紧凑型液晶面板的投影仪必须结构紧凑、重量较轻，以突出便携性和可移动性。

[0013] 必须在各种投影距离得到好的被投影图像，即，变焦过程中的像差波动必须较小。

[0014] 作为可满足这些要求的变焦透镜，有这样一种用于投影仪的变焦透镜，该变焦透镜的聚焦仅由移动的透镜单元中的一些光学元件实现（日本专利申请公开 No. H10-186235、美国专利 No. 6580564 和日本专利申请公开 No. 2004-226803）。

[0015] 日本专利申请公开 No. H10-186235 公开了一种五单元变焦透镜,该五单元变焦透镜从屏幕侧依次包含负、正、正、负和正折光力的透镜单元,其中,包含四个正、负、负和正透镜的第一透镜单元的最后面的(被投影图像侧)正透镜被固定且屏幕侧的三个透镜被移动,以由此实现聚焦。

[0016] 美国专利 No. 6580564 和日本专利申请公开 No. 2004-226803 公开了一种五单元变焦透镜,该五单元变焦透镜从屏幕侧依次包含负、正、正、负和正折光力的透镜单元,其中,第一透镜单元由具有负折光力的两个透镜元件构成,并且这些透镜元件之间的间隔被改变,以由此实现聚焦。两者都使得正透镜被包含到聚焦元件中并弱化整个聚焦元件的折光力。

[0017] 并且,作为用于液晶投影仪的投影透镜,提出了六单元变焦透镜,该六单元变焦透镜从放大共轭侧(这里,该术语以与前侧和放大侧相同的意思被可互换地使用)依次包含由负、正、正、负、正(或负)和正折光力的第一至第六透镜单元的配置作为整体形成的六个透镜单元,其中,它们的预定透镜单元被适当地移动,以由此实现变焦(美国公布文献第 US2001-050818 号)。

[0018] 在该六单元变焦透镜中,在从广角端到望远端的变焦过程中,为了在第一和第六透镜单元被固定的情况下使其间的第二至第五透镜单元可全部被移动到缩小共轭侧(这里,该术语以与后侧和缩小侧相同的意思被可互换地使用),透镜的总长在变焦的过程中保持恒定。并且,该变焦透镜是变焦过程中的畸变和色差被减少且在缩小共轭侧具有远心性的变焦透镜。在在该美国公布文献第 US2001-050818 号公开的配置中公开了:第一透镜单元从放大共轭侧由三个正、负和负透镜构成,且该第一透镜单元被驱动,以由此实现调焦。

[0019] 一般地,作为在实现聚焦时抑制各种像差的波动的方法,存在尽可能地加强聚焦透镜单元的折光力并最大限度地减小聚焦透镜的移动量的方法。在上述日本专利申请公开 No. H10-186235、美国专利 No. 6580564 和日本专利申请公开 No. 2004-226803 中,在第一透镜单元的透镜结构中,聚焦透镜单元不仅仅由负透镜构成,因此,有聚焦透镜单元的折光力变弱的倾向,并且聚焦过程中的其移动量变大且各种像差的波动变大。

[0020] 并且,对于用于投影仪中的变焦透镜的透镜结构来说,事实常常是,为了得到较长的后焦距(back focus),它被制成后对焦(retrofocus)型,并且,为了使缩小侧具有远心性,具有较强的正折光力的透镜单元被设置在缩小侧。

[0021] 但是,这种结构的变焦透镜具有这样一种倾向,即,例如由于蓝色的放大倍数的色差比绿色的更靠下(光轴的方向),整体透镜系统的非对称性增加。

[0022] 并且,透镜的数量变得越少,各透镜的折光力增加的越多,因此,特别是位置比光阑更接近缩小侧的负透镜变得易于沿整个方向导致高阶的放大倍数的色差。并且,变焦比变得越大,从广角端到望远端的放大倍数的色差的波动也趋于变得越大。

发明内容

[0023] 本发明的目的在于,提供一种适用于例如液晶投影仪中的变焦透镜(zoom lens),该变焦透镜实现整个透镜系统的小型化而又很好地校正由聚焦导致的各种像差,并在整个投影距离上具有良好的光学性能。

[0024] 本发明的另一目的在于,提供一种适用于投影仪中的变焦透镜,该变焦透镜很好

地校正放大倍数的色差并可容易地获得较高的光学性能。

[0025] 本发明的变焦透镜包括：

[0026] 包含被设置在最邻近放大侧的位置上并具有负折光力的第一透镜单元的多个透镜单元，

[0027] 在放大倍数变化的过程中沿其光轴方向被移动的多个透镜单元的至少一个；

[0028] 所述第一透镜单元包含：

[0029] 包含具有负折光力的至少一个透镜并在聚焦过程中被移动的第 1-1 透镜单元；和

[0030] 具有正折光力并在聚焦过程中被固定的第 1-2 透镜单元。

[0031] 本发明的变焦透镜包括：

[0032] 被设置在最邻近放大侧的位置上并具有负折光力的第一透镜单元；

[0033] 被设置在最邻近缩小侧的位置上并具有正折光力的最后的透镜单元；和

[0034] 在变焦（放大倍数变化）的过程中沿其光轴方向移动的一个或更多个透镜单元；

[0035] 其中，满足以下条件：

[0036] $32 < \nu_d R - \nu_d F$ ，

[0037] 这里， $\nu_d F$ 表示制成被设置在最邻近放大侧的位置上的第一透镜单元中的第一透镜的材料的阿贝（Abbe）数，该第一透镜具有负折光力， $\nu_d R$ 表示制成被设置在最邻近缩小侧的位置上的最后的透镜单元中的最后的透镜的材料的阿贝数，该最后的透镜具有正折光力。

附图说明

[0038] 图 1 是使用根据实施例 1 的变焦透镜的图像投影装置的基本部分的示意图。

[0039] 图 2 表示根据数值实施例 1 的变焦透镜的广角端的像差。

[0040] 图 3 表示根据数值实施例 1 的变焦透镜的望远端的像差。

[0041] 图 4A 和图 4B 表示根据数据实施例 1 的变焦透镜的放大倍数的色差。

[0042] 图 5 是使用根据实施例 2 的变焦透镜的图像投影装置的基本部分的示意图。

[0043] 图 6 表示根据数值实施例 2 的变焦透镜的广角端的像差。

[0044] 图 7 表示根据数值实施例 2 的变焦透镜的望远端的像差。

[0045] 图 8 是使用根据实施例 3 的变焦透镜的图像投影装置的基本部分的示意图。

[0046] 图 9 表示根据数值实施例 3 的变焦透镜的广角端的像差。

[0047] 图 10 表示根据数值实施例 3 的变焦透镜的望远端的像差。

[0048] 图 11 用于说明根据本实施例的投影型图像显示装置的光学系统。

[0049] 图 12 是彩色液晶投影仪的基本部分的示意图。

具体实施方式

[0050] 以下可说明本发明的实施例。

[0051] 根据实施例的变焦透镜具有多个透镜单元，这些透镜单元包括设置在最前侧（放大侧）并具有负折光力（光焦度）的透镜单元 GF，并且，透镜单元 GF 以外的多个透镜单元的一个或更多个其它透镜单元沿其光轴的方向移动以由此实现变焦，并将设置在后侧（缩小侧）的图像信息投影到预定的表面上。此时，透镜单元 GF 的特征在于包括在聚焦过程中

移动的具有负折光力 (refractive power) 的透镜单元 A 和在聚焦过程中不可动的具有正折光力的透镜单元 B。这里, 透镜单元不仅表示多个透镜, 而且单个透镜也被称为透镜单元。

[0052] 此时, 透镜单元 A 仅由负折光力的透镜构成。

[0053] 因此, 在聚焦过程中, 只有第一透镜单元中的具有负折光力的透镜被移动以由此增加聚焦元件的折光力, 并减少聚焦透镜单元的移动量, 并使各种像差的波动最小化, 由此减少由于投影距离的差异导致的光学性能的变化。

[0054] 根据另一实施例的变焦透镜具有多个透镜单元, 这些透镜单元包括被设置在最前侧并具有负折光力 (光焦度) 的透镜单元 GF 和被设置在最后侧并具有正折光力 (光焦度) 的透镜单元 GR, 并且透镜单元 GF 和透镜单元 GR 以外的多个透镜单元的一个或更多个其它透镜单元沿其光轴的方向移动, 以由此实现变焦, 并将设置在后侧的图像信息投影到预定的表面上。此时, 透镜单元 GF 的最前侧的透镜 GFa 具有负的折光力, 透镜单元 GR 的最后侧的透镜 GRb 具有正的折光力, 并且, 该变焦透镜的特征在于满足条件

[0055] $32 < \nu dR - \nu dF \dots (1)$

[0056] 这里, νdF 和 νdR 分别表示制成透镜 GFa 和透镜 GRb 的材料的阿贝 (Abbe) 数。

[0057] 并且, 在这些结构条件下, 透镜系统 GF 的特征在于, 从前侧到后侧依次由在聚焦过程中被移动的具有负折光力的透镜单元 A 和在聚焦过程中被固定的正折光力的透镜单元 B 构成。

[0058] 并且, 透镜单元 A 只由具有负折光力的透镜构成。

[0059] 如上所述, 透镜 GFa 和透镜 GRb 被构成为使得, 其材料的阿贝 (Abbe) 数可满足条件表达式 (1), 由此, 放大倍数的色差被很好地校正。

[0060] 特别是, 通过满足条件表达式 (1), 即使在大变焦比的变焦透镜中, 放大倍数的色差的波动也被数量较少的透镜很好地校正。

[0061] 使用高色散玻璃作为最前侧的透镜 GFa 的材料, 使用低色散玻璃作为最后侧的透镜 GRb 的材料。在最前侧的透镜 GFa 中, 高图像高度的光线的入射高度的变化从广角端到望远端变大, 因此, 在下面出现的高阶的放大倍数的色差在广角端产生得多, 而在望远端产生得少。此时, 条件表达式 (1) 被满足, 由此, 可产生沿下面的方向的高阶的放大倍数的色差, 以根据变焦情况消除沿上面的方向的高阶的放大倍数的色差, 并且, 放大倍数的适当的色差被数量较少的构成透镜校正。

[0062] 此时, 优选设置条件表达式 (1) 的上限值, 以满足条件

[0063] $\nu dR - \nu dF < 50 \dots (1a)$

[0064] 由此, 很容易对全部投影距离较好地校正放大倍数的色差。

[0065] 并且, 为了使后侧具有远心性, 优选满足条件

[0066] $7.0 < |DP/fw| \dots (2)$ 这里, DP 表示从后侧 (缩小侧共轭位置) 的图像信息被设置的位置到出射光瞳 (pupil) 的距离, fw 表示整个系统在广角端的焦距。更优选条件表达式 (2) 的值大于 10.0。并且, 希望 $|DP/fw|$ 为 100 或更小, 且其优选小于 20。

[0067] 如果不满足条件表达式 (2), 远心性 (telecentricity) 变差, 当本发明被用于彩色投影仪时各颜色的亮度随视角变得不同, 这样不好。

[0068] 在各实施例中, 如上所述构成各元件, 以由此实现适用于投影仪的变焦透镜, 该变焦透镜的由聚焦导致的像差的波动很小、且变焦过程中的放大倍数的色差的波动也很小。

[0069] 并且,根据本实施例的图像投影装置具有上述变焦透镜的任何一个和用于形成原始图像的显示单元,并通过上述变焦透镜将由显示单元形成的原始图像投影到屏幕表面(投影面,当然,在背投类型的情况下,最好为具有双凸透镜等并具有散射入射光的作用的像面或屏幕表面)上。

[0070] 现在简单说明表示本实施例的附图。

[0071] 图 1 是使用根据实施例 1 的变焦透镜的图像投影装置(液晶视频投影仪)的基本部分的示意图。图 2 和图 3 分别表示在物距(从第一透镜单元的距离)为 1.7m 的情况下的广角端(短焦距侧)和望远端(长焦距侧)的像差,与本发明的实施例 1 对应的下述数值实施例 1 的数值由单位 mm 表示。

[0072] 图 4A 和图 4B 分别表示当物距为 1.7m 时、在各图像高度 Y 的广角端和望远端的、数值实施例 1 的相对于波长 550nm 的波长 610nm(红)和波长 470nm(蓝)的放大倍数的色差。

[0073] 图 5 是使用根据实施例 2 的变焦透镜的图像投影装置的基本部分的示意图。图 6 和图 7 分别表示在物距为 1.7m 的情况下的广角端(短焦距侧)和望远端(长焦距侧)的像差,与本发明的实施例 2 对应的下述数值实施例 2 的数值由单位 mm 表示。

[0074] 图 8 是使用根据实施例 3 的变焦透镜的图像投影装置的基本部分的示意图。图 9 和图 10 分别表示在物距为 1.7m 的情况下的广角端(短焦距侧)和望远端(长焦距侧)的像差,与本发明的实施例 3 对应的下述数值实施例 3 的数值由单位 mm 表示。

[0075] 图 1、图 5 和图 8 表示根据实施例 1~3 的图像投影装置,其中,LCD 上的原始图像(被投影图像)被放大,并通过变焦透镜(投影透镜)PL 的使用被投影到屏幕表面 S 上。

[0076] 字母 S 表示屏幕表面(投影表面),LCD 表示液晶面板(液晶显示元件)等的原始图像(被投影图像)。屏幕表面 S 和原始图像 LCD 相互具有互轭关系,一般地,屏幕表面 S 对应于较长距离的共轭点(第一共轭点)的放大侧(向前),原始图像 LCD 对应于较短距离的共轭点(第二共轭点)的缩小侧(向后)。当变焦透镜被用作摄影系统时,屏幕表面 S 侧对应于物侧,原始图像 LCD 侧对应于像侧。

[0077] GB 表示为颜色组合棱镜或偏振滤光器和滤色器等相应地设置在光学设计中的玻璃块(棱镜)。

[0078] 变焦透镜 PL 通过连接部件(未示出)被安装在液晶视频投影仪主体(未示出)上。投影仪主体内包括在玻璃块 GB 后的液晶显示元件 LCD 侧。

[0079] 根据实施例 1~3 的变焦透镜具有 F 数 1.75,并在较短的投影距离 2.5m(数值实施例由单位 mm 表示)将图像信息投影到 100 英寸型屏幕表面上。

[0080] 在图 2、图 3、图 6、图 7、图 8 和图 9 中,G 表示波长 550nm 上的像差,S(弧矢像面的斜度)和 M(子午像面的斜度)均表示波长 550nm 上的像差。 F_{no} 是 F 数。 W 是半视角, Y 是图像高度(被投影侧的图像高度)。

[0081] 现在详细说明根据各实施例的变焦透镜。

[0082] 在图 1 的实施例 1 中,L1 表示具有负折光力的第一透镜单元,L2 表示具有正折光力的第二透镜单元,L3 表示具有正折光力的第三透镜单元,L4 表示具有负折光力的第四透镜单元,L5 表示具有正折光力的第五透镜单元,L6 表示具有正折光力的第六透镜单元,

[0083] 第一透镜单元 L1 具有具有负折光力的第 1A 透镜单元 L1A 和具有正折光力的第 1B

透镜单元 L1B。

[0084] 在实施例 1 中,在从广角端到望远端的变焦(放大)过程中,如箭头所示,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 独立向作为放大侧的第一共轭点侧(屏幕 S 侧)移动。

[0085] 第一透镜单元 L1 和第六透镜单元 L6 不为了变焦移动。第一透镜单元 L1 中的具有负折光力的第 1A 透镜单元 L1A 在其光轴上移动以由此实现聚焦。第 1B 透镜单元 L1B 不能为聚焦移动。

[0086] 孔径光阑(stop)SP 被设置在第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 之间,并在变焦过程中与第三透镜单元 L3 一起移动。用于防止反射的多层涂层被设置在各透镜表面上。

[0087] 在实施例 1 中,从物侧到像侧,第 1A 透镜单元 L1A 依次包含负透镜 G11、两个透镜表面为非球面形状的负透镜 G12 和负透镜 G13,第 1B 透镜单元 L1B 包含后表面为凸面形状的正透镜 G14。这里,第 1A 透镜单元由三个负透镜构成,但当然可由一个负透镜或可以由两个、四个或更多个负透镜构成。即,第 1A 透镜单元 L1A 可仅由负透镜构成。但是,从抑制整个系统的像差和减小整个系统的尺寸的角度看,它可以由大于等于两个且小于等于五个的负透镜构成,并优选由三个或更多个负透镜构成。并且,第 1B 透镜单元可由两个正透镜构成。并且,基本上不具有折光力(不具有光焦度)的透镜(光学元件)可被设置在比第 1A 透镜单元 L1A 更邻近放大共轭侧的位置上。希望被设置在比第 1A 透镜单元 L1A 更邻近放大共轭侧的位置上的该透镜的焦距为其广角端的变焦透镜的焦距的 20 倍(优选 100 倍)或更大。

[0088] 第二透镜单元 L2 包含前表面为凸面形状的正透镜 G21。

[0089] 第三透镜单元 L3 包含包含正透镜 G31 和负透镜 G32 的接合透镜(cemented lens)。

[0090] 第四透镜单元 L4 包含两个透镜表面为凹面形状的负透镜 G41。

[0091] 第五透镜单元 L5 包含两个透镜表面为凸面形状的正透镜 G51 和后表面为凸面形状的正透镜 G52。

[0092] 正透镜 G52 的两个透镜表面为非球面形状。

[0093] 第六透镜单元 L6 包含两个透镜表面为凸面形状的正透镜 G61。

[0094] 实施例 1 中的设计使得,在聚焦过程中,只有第一透镜单元 L1 中的具有负折光力的透镜元件被移动。由此,聚焦过程中被移动的元件的折光力(负)变得比整个第一透镜单元 L1 的折光力大,并且,与聚焦由整个第一透镜单元 L1 实现的情况相比,移动量可减少,因此,像差的波动减少。并且,构成聚焦过程中被移动的元件的三个负透镜 G11 ~ G13 共同向放大侧移动,因此,透镜镜筒的结构可容易地得到实现。

[0095] 在图 5 所示的实施例 2 中,L1 表示具有负折光力的第一透镜单元,L2 表示具有正折光力的第二透镜单元,L3 表示具有正折光力的第三透镜单元,L4 表示具有负折光力的第四透镜单元,L5 表示具有正折光力的第五透镜单元,L6 表示具有正折光力的第六透镜单元,L7 表示具有正折光力的第七透镜单元。

[0096] 第一透镜单元 L1 具有具有负折光力的第 1A 透镜单元 L1A 和具有正折光力的第 1B 透镜单元 L1B。

[0097] 在实施例 2 中,在从广角端到望远端的变焦(放大)过程中,如箭头所示,第二透

镜单元 L2、第三透镜单元 L3、第四透镜单元 L4、第五透镜单元 L5 和第六透镜单元 L6 独立向作为放大侧的第一共轭点侧（屏幕 S 侧）移动。这里，第一透镜单元 L1 也可以在变焦过程中被移动。在其它实施例中也同样如此。

[0098] 第一透镜单元 L1 和第七透镜单元 L7 不为了变焦移动。第一透镜单元 L1 中的具有负折光力的第 1A 透镜单元 L1A 在其光轴上移动以由此实现聚焦。第 1B 透镜单元 L1B 不能为聚焦移动。

[0099] 孔径光阑 SP 被设置在第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 之间，并在变焦过程中与第三透镜单元 L3 一起移动。用于防止反射的多层涂层被设置在各透镜表面上。

[0100] 在实施例 2 中，从物侧到像侧，第 1A 透镜单元 L1A 依次包含负透镜 G11、两个透镜表面为非球面形状的负透镜 G12 和负透镜 G13，并且，第 1B 透镜单元 L1B 包含后表面为凸面形状的正透镜 G14。这里，第 1A 透镜单元由三个负透镜构成，但当然可由一个负透镜或可以由两个、四个或更多个负透镜构成。即，第 1A 透镜单元 L1A 可仅由负透镜构成。但是，从抑制整个系统的像差和减小整个系统的尺寸的角度看，第 1A 透镜单元 L1A 优选由大于等于两个且小于等于五个的负透镜构成，或优选由三个或更多个负透镜构成。并且，第 1B 透镜单元可由两个正透镜构成。并且，基本上不具有折光力（不具有光焦度）的透镜（光学元件）可被设置在比第 1A 透镜单元 L1A 更邻近放大共轭侧的位置上。希望被设置在比第 1A 透镜单元 L1A 更邻近放大共轭侧的位置上的该透镜的焦距为其广角端的变焦透镜的焦距的 20 倍（优选 100 倍）或更大。

[0101] 第二透镜单元 L2 包含前表面为凸面形状的正透镜 G21。第三透镜单元 L3 包含包含正透镜 G31 和负透镜 G32 的接合透镜。第四透镜单元 L4 包含两个透镜表面为凹面形状的负透镜 G41。第五透镜单元 L5 包含两个透镜表面为凸面形状的正透镜 G51。第六透镜单元 L6 包含后表面为凸面形状的正透镜 G61。

[0102] 正透镜 G61 的两个透镜表面为非球面形状。

[0103] 第七透镜单元 L7 包含两个透镜表面为凸面形状的正透镜 G71。

[0104] 在实施例 2 中，变焦透镜整体包含七个透镜单元，并使得变焦过程中的像差的波动变得很小。与实施例 1 相同，聚焦时的光学作用由第 1A 透镜单元 L1A 实现。

[0105] 在图 8 所示的实施例 3 中，L1 表示具有负折光力的第一透镜单元，L2 表示具有正折光力的第二透镜单元，L3 表示具有正折光力的第三透镜单元，L4 表示具有正折光力的第四透镜单元，L5 表示具有正折光力的第五透镜单元。第一透镜单元 L1 具有具有负折光力的第 1A 透镜单元 L1A 和具有正折光力的第 1B 透镜单元 L1B。

[0106] 在实施例 3 中，在从广角端到望远端的变焦（放大）过程中，如箭头所示，第二透镜单元 L2、第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 独立向作为放大侧的第一共轭点侧（屏幕 S 侧）移动。

[0107] 第一透镜单元 L1 和第五透镜单元 L5 不为了变焦移动。第一透镜单元 L1 中的具有负折光力的第 1A 透镜单元 L1A 在其光轴上移动以由此实现聚焦。第 1B 透镜单元 L1B 不能为聚焦移动。

[0108] 孔径光阑 SP 被设置在第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 之间，并在变焦过程中与第三透镜单元 L3 一起移动。用于防止反射的多层涂层被设置在各透镜表面上。

[0109] 在实施例 3 中，从物侧到像侧，第 1A 透镜单元 L1A 依次包含负透镜 G11、两个透镜

表面为非球面形状的负透镜 G12 和负透镜 G13, 并且, 第 1B 透镜单元 L1B 包含后表面为凸面形状的正透镜 G14。这里, 第 1A 透镜单元由三个负透镜构成, 但当然可由一个负透镜或可以由两个、四个或更多个负透镜构成。即, 第 1A 透镜单元可仅由负透镜构成。但是, 从抑制整个系统的像差和减小整个系统的尺寸的角度看, 第 1A 透镜单元 L1A 优选由大于等于两个且小于等于五个的负透镜构成, 或优选由三个或更多个负透镜构成。并且, 第 1B 透镜单元可由两个正透镜构成。并且, 基本上不具有折光力 (不具有光焦度) 的透镜 (光学元件) 可被设置在比第 1A 透镜单元 L1A 更邻近放大共轭点侧的位置上。希望被设置在比第 1A 透镜单元 L1A 更邻近放大共轭点侧的位置上的该透镜的焦距为其广角端的变焦透镜的焦距的 20 倍 (优选 100 倍) 或更大。

[0110] 第二透镜单元 L2 包含前表面为凸面形状的正透镜。第三透镜单元 L3 包含包含正透镜 G31 和负透镜 G32 的接合透镜。第四透镜单元 L4 包含两个透镜表面为凹面形状的负透镜 G41、两个透镜表面为凸面形状的正透镜 G42 和后表面为凸面形状的正透镜 G43。

[0111] 正透镜 G43 的两个透镜表面为非球面形状。

[0112] 第五透镜单元 L5 包含两个透镜表面为凸面形状的正透镜 G51。

[0113] 在实施例 3 中, 变焦透镜整体包含五个透镜单元, 并且, 偏心乖离度相对较高的负透镜 G41 和正透镜 G42 的相互安装误差被减少。由此使得变焦透镜的制造变得容易。与实施例 1 相同, 聚焦时的光学作用由第 1A 透镜单元 L1A 实现。

[0114] 现在参照图 11 说明使用实施例 1 ~ 3 说明的变焦透镜的任何一个作为投影透镜 (投影光学系统) 的投影型图像显示装置。这里, 将参照图 11 说明其上承载反射型液晶显示元件 (可由诸如反射型液晶面板或投影型液晶面板的图像形成元件制成) 的投影型图像显示装置的光学结构, 该反射型液晶显示元件由灯 1、照明光学系统 α 、颜色分离和组合光学系统 β 和投影透镜镜筒 5 中的投影透镜光学系统 70 (见图 1) 构成。

[0115] 在图 11 中, 附图标记 41 表示发射具有连续光谱的白光的发光管, 附图标记 42 表示用于沿预定的方向聚集来自发光管 41 的光的反射器, 并且发光管 41 和反射器 42 共同形成元件灯 1。

[0116] 附图标记 43a 表示沿来自灯 1 的光的行进方向由多个圆柱透镜沿垂直方向 (垂直于图 11 的图纸平面的方向) 具有折光力的透镜阵列构成的第一圆柱阵列, 附图标记 43b 表示由透镜阵列构成的第二圆柱阵列, 该透镜阵列包含与第一圆柱阵列 43a 的单个圆柱透镜对应的圆柱透镜, 附图标记 44 表示紫外线吸收滤光器, 附图标记 45 表示用于适当地将非偏振光配置为预定的偏振光并将其发射的偏振光转换元件。

[0117] 附图标记 46 表示由沿水平方向 (沿图 11 的图纸平面) 具有折光力的圆柱透镜构成的前压缩器 (compressor), 附图标记 47 表示用于将光轴改变 90 度的反光镜, 附图标记 48 表示聚光透镜, 附图标记 49 表示由沿水平方向具有折光力的圆柱透镜构成的后压缩器。

[0118] 上述各元件构成照明光学系统 α 的元件。

[0119] 附图标记 58 表示用于反射蓝色 (B) 和红色 (R) 波长范围的光并在其中透过绿色 (G) 波长范围的光的二向色镜。附图标记 59 表示包含透明衬底和粘在其上的偏振元件的入射侧偏振板, 且它仅在其中透过 S 偏振光。附图标记 60 表示用于在其中透过 P 偏振光并反射 S 偏振光并具有偏振光分离表面 60a 的第一偏振光束分离器。

[0120] 附图标记 61R、61G 和 61B 分别表示用于反射入射光并调制图像的用于红色 (R) 的

反射型液晶显示元件 (TN 型液晶和其它液晶显示元件与此相同)、用于绿色 (G) 的反射型液晶显示元件和用于蓝色 (B) 的反射型液晶显示元件。

[0121] 附图标记 62R、62G 和 62B 分别表示用于红色的四分之一波长板、用于绿色的四分之一波长板和用于蓝色的四分之一波长板。附图标记 64 表示包含透明衬底和粘在其上的偏振元件的用于 R 和 B 的入射侧偏振板, 且它仅在其中透过 S 偏振光。附图标记 65 表示将光 B 的偏振方向改变 90 度而不改变光 R 的偏振方向的第一色选择性相差板。附图标记 66 表示在其中透过 P 偏振光、并反射 S 偏振光并具有偏振光分离表面 66a 的第二偏振光束分离器。

[0122] 附图标记 67 表示将光 R 的偏振方向改变 90 度而不改变光 B 的偏振方向的第二色选择性相差板。

[0123] 附图标记 68 表示仅透过 S 偏振光的用于 R 和 B 的出射侧偏振板 (偏振元件)。附图标记 69 表示其中透过 P 偏振光、并反射 S 偏振光并具有偏振光分离表面 69a 的第三偏振光束分离器 (颜色组合装置)。

[0124] 从二向色镜 58 到第三偏振光束分离器 69 的各部件构成颜色分离和组合光学系统 β 的元件。

[0125] 附图标记 70 表示投影透镜光学系统。图像显示光学系统由照明光学系统 α 、颜色分离和组合光学系统 β 和投影透镜光学系统 70 构成。

[0126] 现在说明光学作用。

[0127] 从发光管 41 发射的光通过反射器 42 沿预定的方向被会聚。反射器 42 的反射表面具有抛物线表面形状, 并且来自抛物线表面的光变成平行于抛物线表面的对称轴 (光轴) 的光束。但是, 来自发光管 41 的光束不是来自理想点光源的光束, 而是, 发光管 41 具有有限尺寸的发光部分, 因此, 要被会聚的光束还包含许多不与抛物线表面的对称轴平行的光的分量。

[0128] 这些光束入射到第一圆柱阵列 43a 上。入射到第一圆柱阵列 43a 上的光束被分成多个与各圆柱透镜一致的光束, 并被会聚 (多个沿水平方向的带状光束), 并通过紫外线吸收滤光器 44 并经由第二圆柱阵列 43b 在偏振光转换元件 45 附近形成多个光束 (多个沿水平方向的带状光束)。

[0129] 偏振光转换元件 45 包含沿垂直方向配置的多个偏振光分离表面、反射表面和半波长板, 并且, 多个光束入射到与其所在的行对应的偏振光分离表面上, 并被分离为透过的 P 偏振分量的光和反射的 S 偏振分量的光。

[0130] 反射的 S 偏振分量的光被反射表面反射, 并沿与 P 偏振分量相同的方向射出。另一方面, 透过的 P 偏振分量的光透过半波长板, 并被转换为与 S 偏振分量相同的偏振分量, 并作为偏振方向被调整的光射出。在从偏振光转换元件 45 射出后, 多个被偏振转换的光束 (多个沿水平方向的带状光束) 透过前压缩器 46 被反光镜 47 反射 90 度, 并到达聚光透镜 48 和后压缩器 49。

[0131] 这里, 前压缩器 46、聚光透镜 48 和后压缩器 49 的光学作用被适当地设置。多个光束采取矩形图像相互交迭的形状, 并形成矩形的均匀照明区域。

[0132] 将在下文说明的反射型液晶显示元件 61R、61G 和 61B 被设置在该照明区域中。然后, 通过偏振光转换元件 45 形成 S 偏振光的光入射到二向色镜 58 上。二向色镜 58 反射光

B(波长 430 ~ 495nm) 和光 R(波长 590 ~ 650nm),并在其中透过光 G(波长 505 ~ 580nm)。

[0133] 现在说明光 G 的光路。

[0134] 透过二向色镜 58 的光 G 入射到入射侧偏振板 59 上。光 G 在被二向色镜 58 分离后仍是 S 偏振光。在从入射侧偏振板 59 射出后,光 G 作为 S 偏振光入射到第一偏振光束分离器 60 上,并被偏振光分离表面反射,并到达用于 G 的反射型液晶显示元件 61G。在用于 G 的反射型液晶显示元件 61G 中,光 G 被图像调制和反射。在被图像调制的反射的光 G 中,S 偏振分量又被第一偏振光束分离器 60 的偏振光分离表面 60a 反射,并回到光源 1 侧并被从投影光中去除。

[0135] 另一方面,在被图像调制的光 G 的反射光中,P 偏振分量透过第一偏振光束分离器 60 的偏振光分离表面 60a,并作为投影光向第三偏振光束分离器 69 行进。

[0136] 此时,在所有的偏振分量都被转换为 S 偏振光的状态(黑色被显示的状态)中,被设置在第一偏振光束分离器 60 和用于 G 的反射型液晶显示元件 61G 之间的四分之一波长板 62G 的慢轴(slow axis)被调整为预定的方向,由此,出现在第一偏振光束分离器 60 和用于 G 的反射型液晶显示元件 61G 中的偏振状态的振动影响可被抑制到很小的水平。

[0137] 从第一偏振光束分离器 60 射出的光 G 作为 P 偏振光入射到第三偏振光束分离器 69 上,并透过第三偏振光束分离器 69 的偏振光分离表面 69a 并到达投影透镜 70。

[0138] 另一方面,被二向色镜 58 反射的光 R 和光 B 入射到入射侧偏振板 64 上。光 R 和光 B 在被二向色镜 58 分离后仍是 S 偏振光。然后,光 R 和光 B 从入射侧偏振板 64 射出,然后入射到第一色选择性相差板 65 上。第一色选择性相差板 65 具有只将光 B 的偏振方向旋转 90 度的作用,由此光 R 和光 B 分别作为 P 偏振光和 S 偏振光入射到第二偏振光束分离器 66 上。作为 S 偏振光入射到第二偏振光束分离器 66 上的光 R 被第二偏振光束分离器 66 的偏振光分离表面反射,并到达用于光 R 的反射型液晶显示元件 61R。并且,作为 P 偏振光入射到第二偏振光束分离器 66 上的光 B 透过第二偏振光束分离器 66 的偏振光分离表面 66a,并到达用于光 B 的反射型液晶显示元件 61B。

[0139] 入射到用于光 R 的反射型液晶显示元件 61R 上的光 R 被图像调制和反射。在被图像调制的光 R 的反射光中,S 偏振分量被第二偏振光束分离器 66 的偏振光分离表面 66a 重新反射,并返回光源 1 侧,并被从投影光中去除。另一方面,在被图像调制的光 R 的反射光中,P 偏振分量透过第二偏振光束分离器 66 的偏振光分离表面 66a,并作为投影光向第二色选择性相位板(phase plate)67 行进。

[0140] 并且,入射到用于光 B 的反射型液晶显示元件 61B 上的光 B 被图像调制和反射。在被图像调制的光 B 的反射光中,P 偏振分量重新透过第二偏振光束分离器 66 的偏振光分离表面 66a,并返回光源 1 侧,并被从投影光中去除。

[0141] 另一方面,在被图像调制的光 B 的反射光中,S 偏振分量被第二偏振光束分离器 66 的偏振光分离表面 66a 反射,并作为投影光向第二色选择性相位板 67 行进。

[0142] 此时,通过分别调整被设置在第二偏振光束分离器 66 和用于光 R 和光 B 的反射型液晶显示元件 61R 和 61B 之间的四分之一波长板 62R 和 62B 的慢轴,可以如光 G 的情况那样实现光 R 和光 B 的黑色(black)的显示的调整。

[0143] 在由此组合为光束并从第二偏振光束分离器 66 射出的光 R 和光 B 的投影光中,光 R 使其偏振方向被第二色选择性相位板 67 旋转 90,并变成 S 偏振分量,并进一步被射出侧

偏振板 68 分析并入射到第三偏振光束分离器 69 上。

[0144] 并且,光 B 作为 S 偏振光完好地透过第二色选择性相位板 67,并进一步被射出侧偏振板 68 分析,并入射到第三偏振光束分离器 69 上。通过射出侧偏振板 68 的分析,光 R 和光 B 的投影光变成无效分量被去除的光,这里,无效分量是通过穿过第二偏振光束分离器 66、反射型液晶显示元件 61R 和 61B 和分别用于光 R 和光 B 的四分之一波长板 62R 和 62B 而产生的。

[0145] 然后,入射到第三偏振光束分离器 69 上的光 R 和光 B 的投影光被第三偏振光束分离器 69 的偏振光分离表面 69a 反射,并与透过上述偏振光分离表面 69a 的光 G 组合并到达投影透镜 70。

[0146] 然后,组合的光 R、光 G 和光 B 的投影光被放大,并通过投影透镜 70 被投影到诸如屏幕的投影表面上。

[0147] 上述光路是反射型液晶显示元件实现白色显示的情况下的光路,因此,以下说明反射型液晶显示元件实现黑色显示的情况下的光路。

[0148] 首先说明光 G 的光路。

[0149] 透过二向色镜 58 的光 G 的 S 偏振光入射到入射侧偏振板 59 上,然后入射到第一偏振光束分离器 60 上,被偏振光分离表面 60a 反射并到达用于光 G 的反射型液晶显示元件 61G。但是,反射型液晶显示元件 61G 实现黑色显示,因此光 G 在保持不被图像调制的情况下被反射。

[0150] 因此,光 G 在被反射型液晶显示元件 61G 反射后仍是 S 偏振光,并因此被第一偏振光束分离器 60 的偏振光分离表面 60a 重新反射,透过入射侧偏振板 59 并返回光源 1 侧,并被从投影光中去除。

[0151] 现在说明光 R 和光 B 的光路。

[0152] 被二向色镜 58 反射的光 R 和光 B 的 S 偏振光入射到入射侧偏振板 64 上。然后,光 R 和光 B 从入射侧偏振板 64 射出,并然后入射到第一色选择性相差板 65 上。第一色选择性相差板 65 具有仅将光 B 的偏振方向旋转 90 度的作用,由此,光 B 和光 R 分别作为 P 偏振光和 S 偏振光入射到第二偏振光束分离器 66 上。

[0153] 作为 S 偏振光入射到第二偏振光束分离器 66 上的光 R 被第二偏振光束分离器 66 的偏振光分离表面 66a 反射,并到达用于光 R 的反射型液晶显示元件 61R。并且,作为 P 偏振光入射到第二偏振光束分离器 66 上的光 B 透过第二偏振光束分离器 66 的偏振光分离表面 66a,并到达用于光 B 的反射型液晶显示元件 61B。

[0154] 这里,用于光 R 的反射型液晶显示元件 61R 实现黑色显示,因此,入射到用于光 R 的反射型液晶显示元件 61R 上的光 R 在保持不被图像调制的情况下被反射。因此,光 R 在被用于光 R 的反射型液晶显示元件 61R 反射后仍保持 S 偏振光,并因此被第二偏振光束分离器 66 的偏振光分离表面 66a 重新反射,透过入射侧偏振板 64 并返回光源 1 侧,并被从投影光中去除,因此变成黑色显示。

[0155] 另一方面,由于用于光 B 的反射型液晶显示元件 61B 实现黑色显示,因此,入射到用于光 B 的反射型液晶显示元件 61B 上的光 B 在保持不被图像调制的情况下被反射。因此,光 B 在被用于光 B 的反射型液晶显示元件 61B 反射后仍保持 P 偏振光,并因此重新透过第二偏振光束分离器 66 的偏振光分离表面 66a,被第一色选择性相差板 65 转换成 S 偏振光,

穿过入射侧偏振板 64, 返回光源 1 侧并被从投影光中去除。

[0156] 这里, 希望在偏振光束分离器的特性中, 上述第一、第二和第三偏振光束分离器的玻璃材料的折射率大于等于 1.60 并小于等于 1.90 (对于波长为 587.56nm 的光的折射率)。如果根据上述实施例 1~5 的投影透镜 (变焦透镜) 被应用于通过这种偏振光束分离器 (具有这样的特性的光学元件, 即, 在至少预定的波长区域的光中, 优选在红色、绿色和蓝色区域的光中, 沿预定的偏振方向反射光, 并沿与其偏振方向正交的偏振方向透过光) 实现颜色组合 (不同波长区域中的光的光路的组合) 的投影型图像显示装置 (特别是使用反射型液晶面板的反射型液晶显示装置), 那么它们将是更加优选的。

[0157] 上述的是使用反射型液晶显示元件 (反射型液晶面板) 的投影型图像显示装置中的光学结构。

[0158] 即使使用透射型液晶显示元件代替反射型液晶显示元件, 也可以获得类似的效果。

[0159] 图 12 是本发明的图像投影装置的实施例的基本部分的示意图。

[0160] 图 12 表示这样一种图像投影装置, 即, 在该图像投影装置中, 上述变焦透镜被应用于三面板型彩色液晶投影仪, 并且, 基于多个液晶显示元件的多个彩色光的图像信息通过颜色组合装置被组合并被放大, 并被投影透镜投影到屏幕表面上。

[0161] 在图 12 中, 彩色液晶投影仪 101 通过作为颜色组合装置的棱镜 102 将来自三个 R、G 和 B 液晶面板 105R、105G 和 105B 的红、绿和蓝彩色光组合成光路, 并通过使用包含上述变焦透镜的投影透镜 103 将它们投影到屏幕 104 上。

[0162] 以下说明与根据实施例 1~3 的变焦透镜对应的数值实施例 1~3。在各数值实施例中, i 代表从放大侧 (前侧) 算起的光学表面的顺序, R_i 表示第 i 光学表面 (第 i 表面) 的曲率半径, d_i 表示第 i 表面和第 $(i+1)$ 表面之间的间隔, n_i 和 v_i 分别表示第 i 光学部件的材料的折射率和阿贝数, 以 d 线为标准。 f 表示焦距。

[0163] 并且, 数值实施例 1~3 的最后侧的两个表面是构成玻璃块 GB 的表面。

[0164] 并且, 非球面形状由

$$[0165] \quad x = (h^2/R) / [1 + [1 - (1+k)(h/R)^2]^{1/2}] + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12}$$

[0166] 表示, 这里, k 表示锥形常数, A 、 B 、 C 、 D 和 E 表示球面系数, x 表示以表面顶点为基准、在从光轴算起的高度 h 的位置沿光轴方向的位移, R 表示旁轴的曲率半径。

[0167] 注意, “ $e-Z$ ” 表示 “ 10^{-Z} ”。

[0168] 在下面的表 1 中示出了上述条件表达式 1~2 和数值实施例 1~3 中的数值之间的关系。

[0169] 数值实施例 1

[0170] (A) 透镜数据

[0171]	表面序号	曲率半径 R	表面间隔 d	折射率 n_d	阿贝数 v_d
[0172]	1	40.00375	2.00	1.746398	27.8
[0173]	2	20.08345	7.11		
[0174]	3	84.78046	2.50	1.531987	55.8
[0175]	4	26.83627	12.17		
[0176]	5	-23.27356	1.65	1.488976	70.2

[0177]	6	-101.45165	d6		
[0178]	7	-168.29559	4.50	1.753999	35.3
[0179]	8	-37.25336	d8		
[0180]	9	42.90310	3.85	1.753999	35.3
[0181]	10	252.62854	d10		
[0182]	11	64.85383	3.80	1.775817	49.6
[0183]	12	-64.85383	1.30	1.854159	23.8
[0184]	13	2109.01157			
[0185]	14	光阑			
[0186]	15	-20.24525	1.15	1.746398	27.8
[0187]	16	88.78303	d16		
[0188]	17	56.01143	8.60	1.488976	70.2
[0189]	18	-23.65127	0.50		
[0190]	19	-182.59351	3.55	1.531987	55.8
[0191]	20	-50.51247	d20		
[0192]	21	48.32359	6.35	1.488976	70.2
[0193]	22	-78.90134	1.73		
[0194]	23	∞	29.20	1.518052	64.1
[0195]	24	∞	9.1042		
[0196]	像面				
[0197]					

非球面系数

表面序号	k	A	B	C	D	E
3	0	2.03893e-5	-6.28981e-8	2.15774e-10	-2.68827e-13	7.52135e-17
4	0	9.2681e-6	-7.922267e-8	1.70009e-10	3.77076e-14	-9.28005e-16
19	0	-1.74477e-5	-2.15534e-8	-2.18198e-11	1.3202e-13	9.24183e-16
20	0	-7.76948e-6	-1.76136e-8	3.25435e-11	-7.54099e-14	1.10428e-15

[0198] (B) 变焦过程中的移动量

[0199]

	f = 20.54 (广角)	f = 25.47 ←→	f = 32.05 (望远)
d8	14.00949	5.70622	1.22241
d10	14.45606	9.48876	0.70000
d14	12.90960	18.33358	23.89794
d16	2.08219	1.85866	0.70000
d20	0.70536	8.77547	17.64233

[0200] (C) 聚焦过程中的移动量

[0201]

	物距 = ∞	物距 = 7.2m	物距 = 1.7m	物距 = 1.0m
d6	0.83134	0.87340	1.00731	1.12726

[0202] 数值实施例 2

[0203] (A) 透镜数据

[0204]	表面序号	曲率半径 R	表面间隔 d	折射率 n _d	阿贝数 ν_d
[0205]	1	37.50919	2.30	1.746398	27.8
[0206]	2	20.37389	7.11		
[0207]	3	77.78855	2.50	1.531987	55.8
[0208]	4	25.91731	12.81		
[0209]	5	-23.44651	1.65	1.488976	70.2
[0210]	6	-125.97711	d6		
[0211]	7	-137.07615	4.78	1.753999	35.3
[0212]	8	-37.54786	d8		
[0213]	9	42.84232	3.94	1.753999	35.3
[0214]	10	253.00296	d10		
[0215]	11	61.97277	3.94	1.775817	49.6
[0216]	12	-61.97277	1.30	1.854159	23.8
[0217]	13	-769.98320	9.03		
[0218]	14	光阑	d14		
[0219]	15	-20.24381	1.15	1.746398	27.8
[0220]	16	90.95572	d16		
[0221]	17	59.99538	8.73	1.488976	70.2
[0222]	18	-22.65899	d18		
[0223]	19	-192.36222	3.11	1.531987	55.8
[0224]	20	-61.14919	d20		
[0225]	21	47.53963	6.61	1.488976	70.2
[0226]	22	-73.61163	1.73		
[0227]	23	∞	29.20	1.518052	64.1
[0228]	24	∞	9.0925		

[0229] 像面

[0230]

非球面系数

表面序号	k	A	B	C	D	E
3	0	2.28124e-5	-7.72020e-8	2.85372e-10	-4.53387e-13	3.05335e-16
4	0.468172	9.02544e-6	-9.78557e-8	2.10056e-10	-3.42224e-14	-8.15677e-16
19	0	-2.16700e-5	-4.51762e-8	6.62042e-12	-1.35685e-13	1.35733e-15
20	8.57459	-6.94481e-6	-3.15546e-8	7.68963e-11	-2.39733e-13	1.43474e-15

[0231] (B) 变焦过程中的移动量

[0232]

	f = 20.55 (广角)	f = 25.40 ←→	f = 32.05 (望远)
d8	11.45649	4.34484	1.15096
d10	15.98133	10.36014	0.81918
d14	11.55478	16.97503	21.67997
d16	2.71490	2.33827	0.70000
d18	0.50000	0.89124	2.17917
d20	0.70000	7.99798	16.37823

[0233] (C) 聚焦过程中的移动量

[0234]

	物距 = ∞	物距 = 7.2m	物距 = 1.7m	物距 = 1.0m
D6	0.95738	1.00144	1.14156	1.26685

[0235] 数值实施例 3

[0236] (A) 透镜数据

[0237]	表面序号	曲率半径 R	表面间隔 d	折射率 n _d	阿贝数 ν_d
[0238]	1	40.00000	2.00	1.746398	27.8
[0239]	2	20.84646	6.48		
[0240]	3	79.11466	2.50	1.531987	55.8
[0241]	4	27.49184	11.88		
[0242]	5	-24.51906	1.65	1.488976	70.2
[0243]	6	-159.56948	d6		
[0244]	7	-217.26019	4.27	1.753999	35.3
[0245]	8	-39.16574	d8		
[0246]	9	41.46397	3.46	1.753999	35.3
[0247]	10	173.59183	d10		
[0248]	11	68.77912	3.78	1.775817	49.6
[0249]	12	-68.77912	1.30	1.854159	23.8
[0250]	13	-370.86456	8.29		
[0251]	14	光阑	d14		
[0252]	15	-20.61697	1.15	1.746398	27.8
[0253]	16	75.84888	2.61		
[0254]	17	51.47248	8.84	1.498306	81.5
[0255]	18	-24.57231	0.99		
[0256]	19	-154.65491	3.94	1.531987	55.8
[0257]	20	-48.21169	d20		
[0258]	21	49.63966	5.97	1.488976	70.2
[0259]	22	-97.49254	1.73		
[0260]	23	∞	29.20	1.518052	64.1
[0261]	24	∞	9.11249		

[0262] 像面

[0263]

非球面系数

表面序号	k	A	B	C	D	E
3	0	2.39002e-5	-7.85335e-8	2.82840e-10	-5.10385e-13	4.82670e-16
4	0.82000	9.67314e-6	-9.28713e-8	1.78722e-10	-1.30937e-13	-4.76430e-16
19	0	-1.84241e-5	-2.52060e-8	1.57386e-11	-5.29428e-14	8.63637e-16
20	4.58709	-2.79208e-6	-1.71898e-8	1.27531e-10	-3.76035e-13	1.37862e-15

[0264] (B) 变焦过程中的移动量

[0265]

	f = 20.55 (广角)	f = 25.40 ←→	f = 32.05 (望远)
d8	18.54472	7.91422	1.08868
d10	11.02830	7.76763	0.70000
d14	12.62326	16.80830	21.91464
d20	0.70000	10.40612	19.19295

[0266] (C) 聚焦过程中的移动量

[0267]

	物距 = ∞	物距 = 7.2m	物距 = 1.7m	物距 = 1.0m
D6	0.80742	0.85347	0.99998	1.13112

[0268] 表 1

[0269]

条件表达式	实施例		
	1	2	3
(1) $\text{vdR}-\text{vdF}$	42.4	42.4	42.4
(2) $\frac{\text{DP}}{\text{fw}}$	8.0	7.7	8.5

[0270] 根据上述实施例, 获得适于例如在液晶投影仪中使用的变焦透镜, 该变焦透镜实现整个透镜系统的小型化, 又能很好校正由聚焦导致的各种像差, 并在整个投影距离上具有良好的光学性能。

[0271] 本申请要求 2005 年 2 月 22 日申请的日本专利申请 No. 2005-045456 的优先权, 其内容以参考的方式被包含于此。

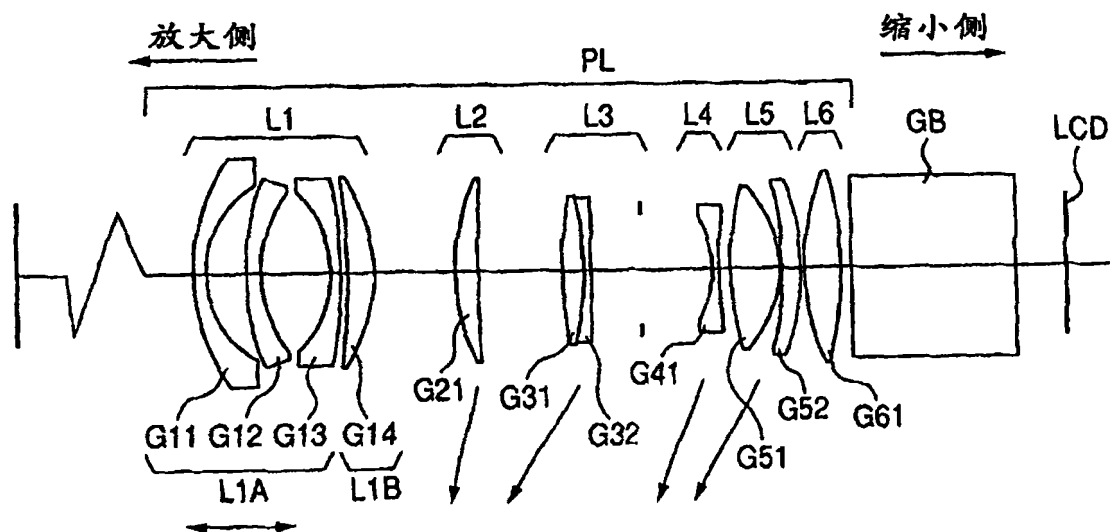


图 1

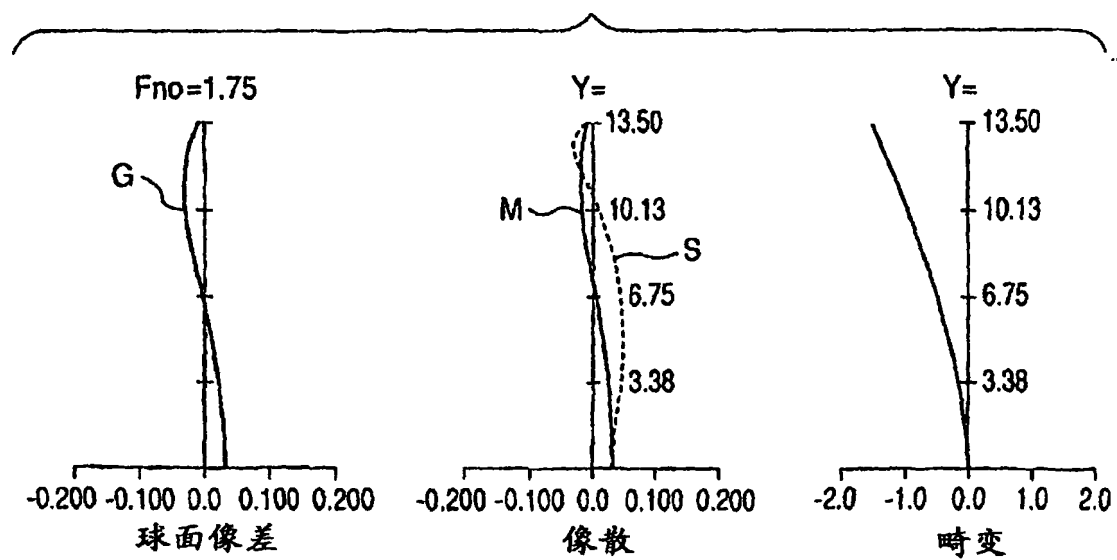


图 2

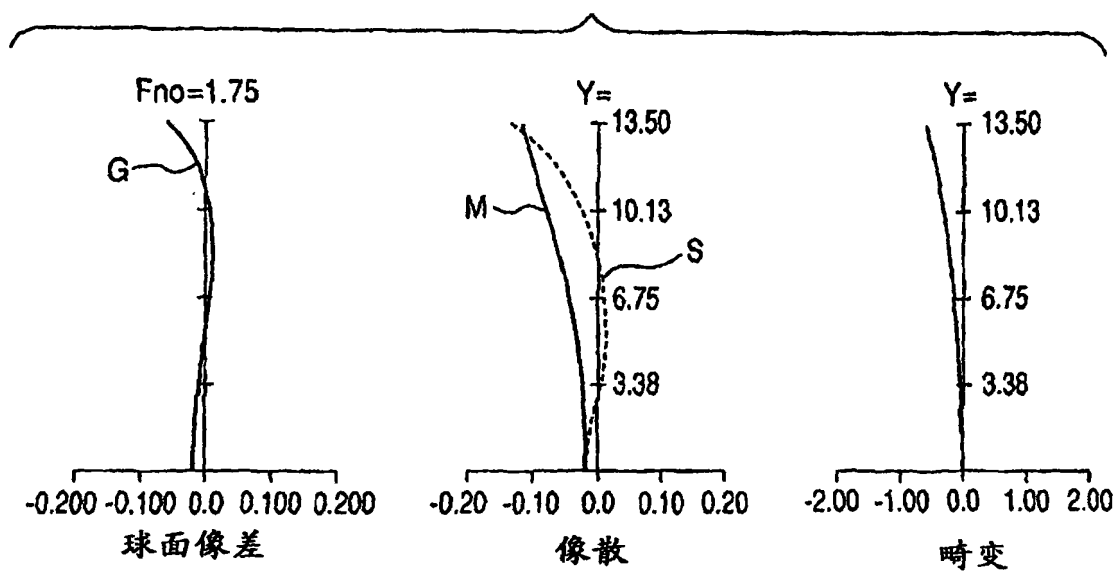


图 3

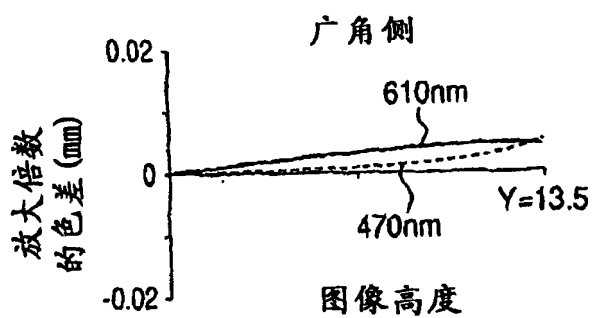


图 4A

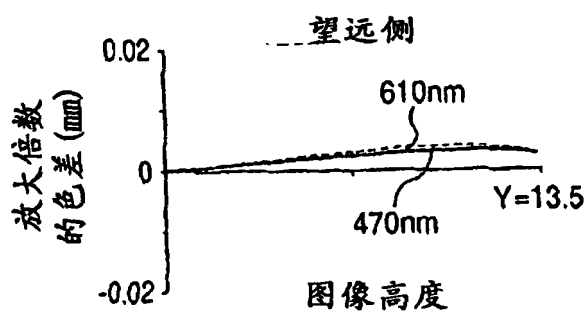


图 4B

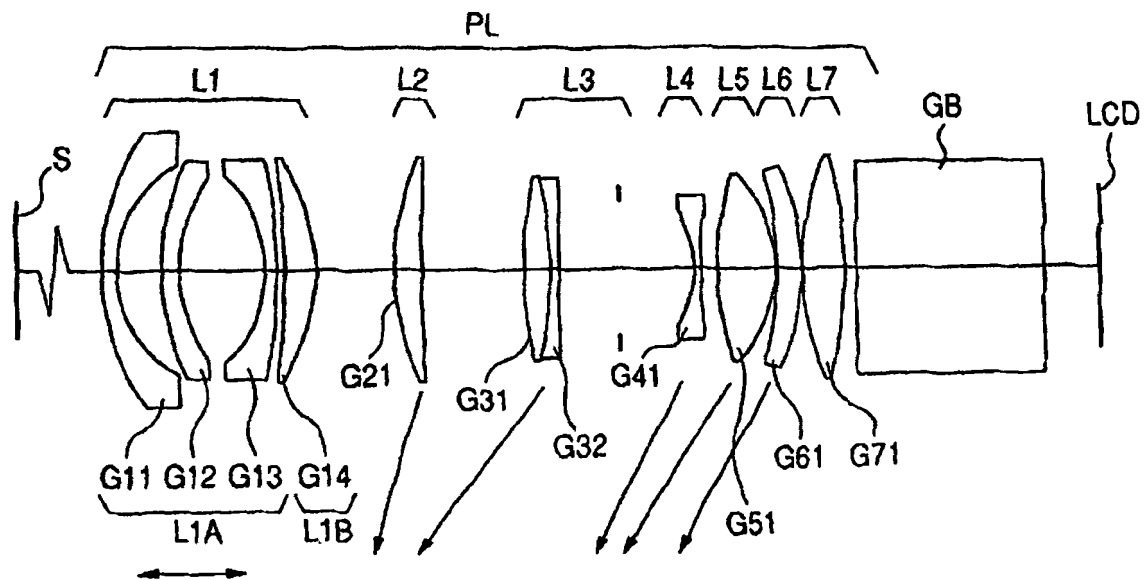


图 5

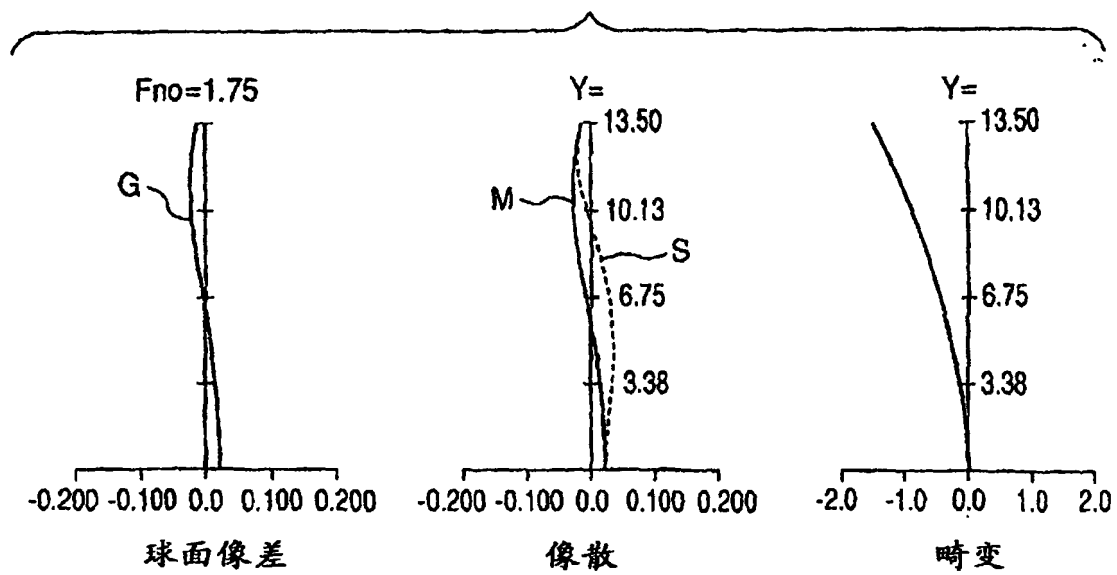


图 6

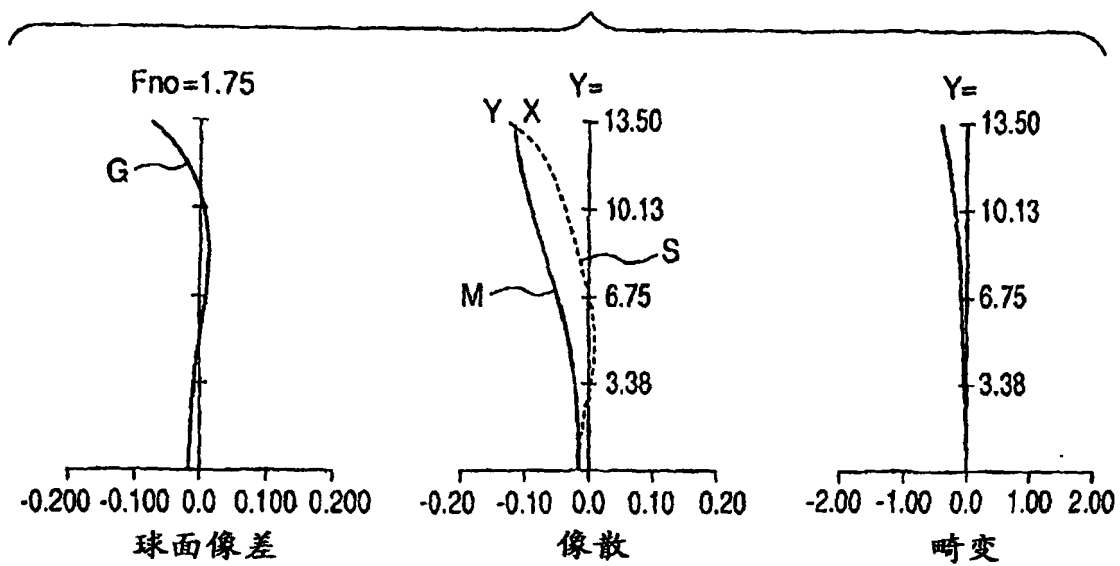


图 7

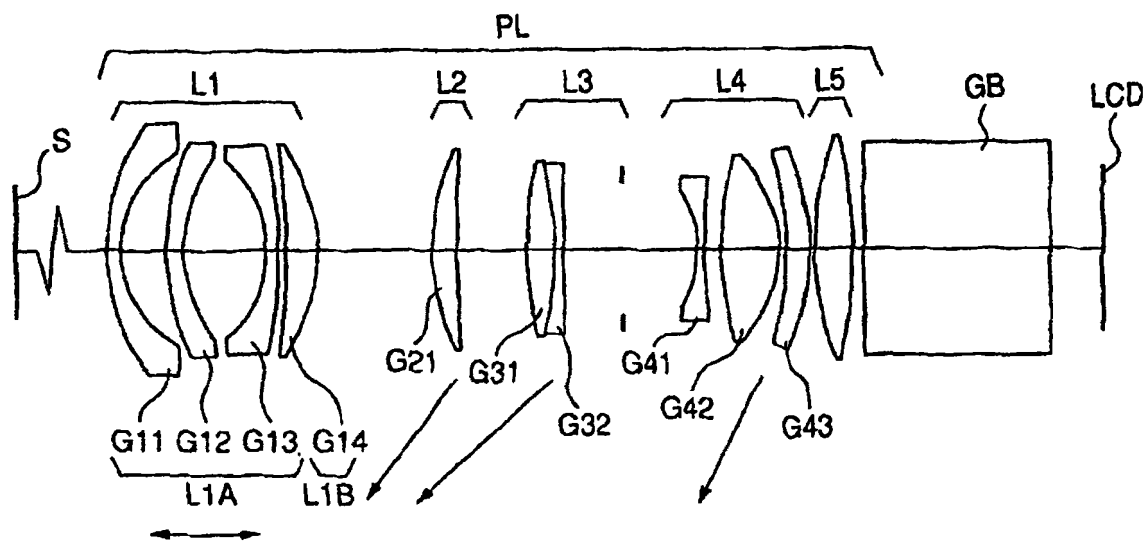


图 8

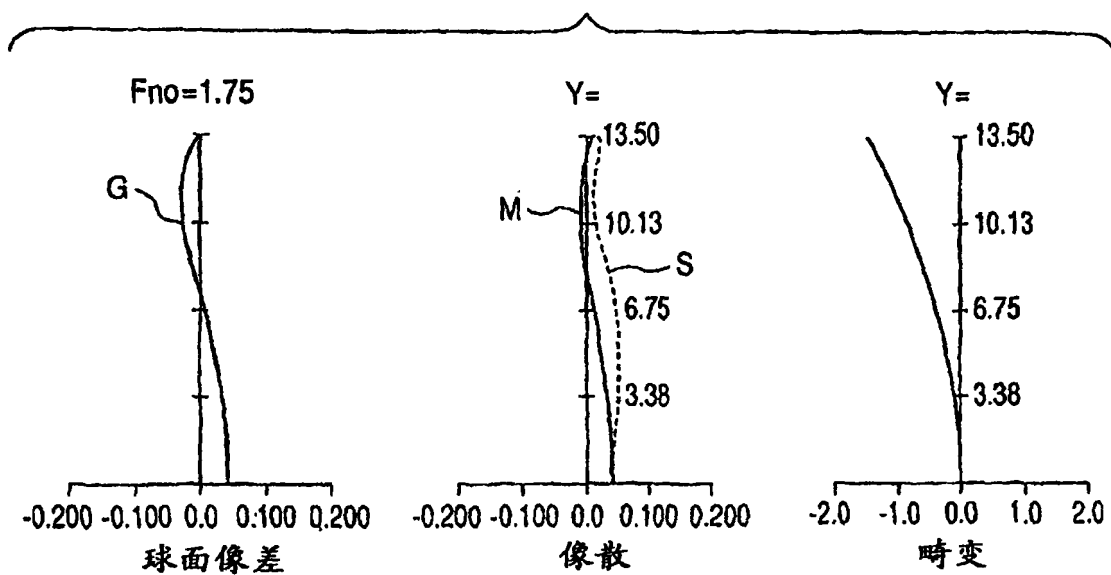


图 9

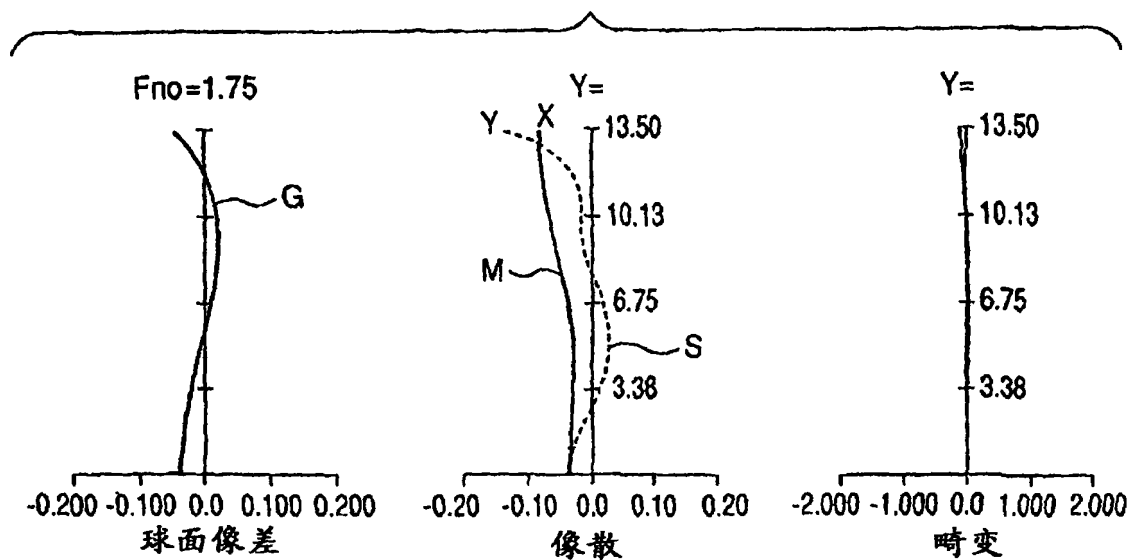
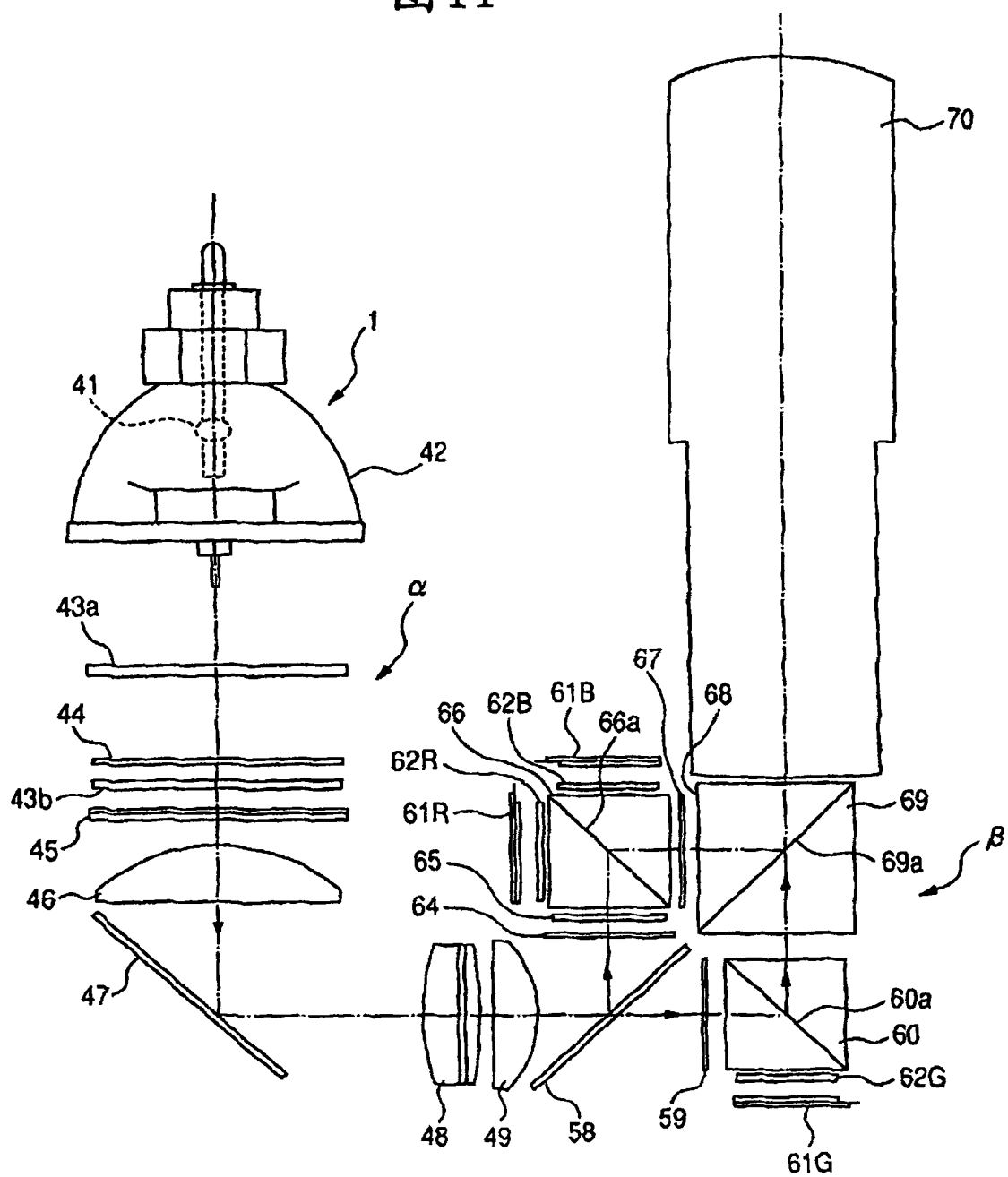


图 10

图11



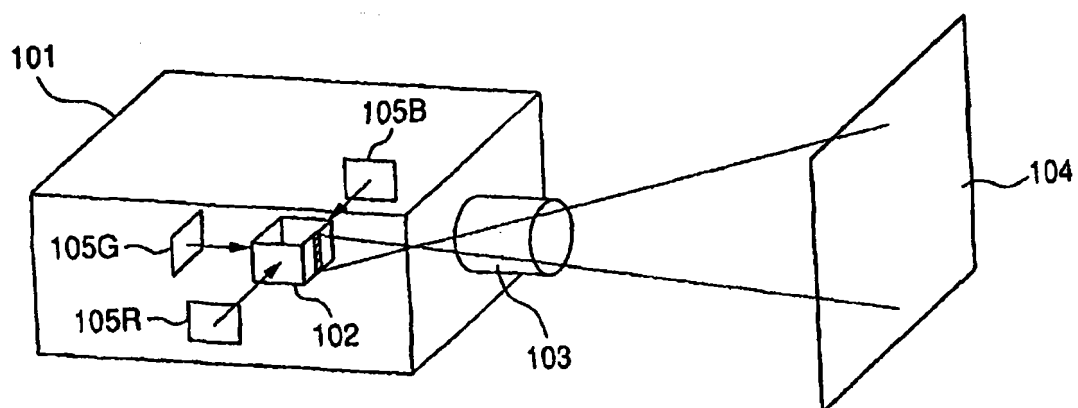


图 12