



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101086557 B

(45) 授权公告日 2011. 11. 23

(21) 申请号 200710110222. 9

G02F 1/13(2006. 01)

(22) 申请日 2007. 06. 08

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

2006-160000 2006. 06. 08 JP

2007-120515 2007. 05. 01 JP

2007-150814 2007. 06. 06 JP

CN 1760717 A, 2006. 04. 19, 说明书第 6 页第 7 行 - 第 12 页第 18 行、附图 1.

审查员 于晓芳

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 山内悠 奥山敦 儿玉浩幸

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 11038

代理人 李德山

(51) Int. Cl.

G02B 27/18(2006. 01)

G02B 27/28(2006. 01)

G03B 21/00(2006. 01)

H04N 5/74(2006. 01)

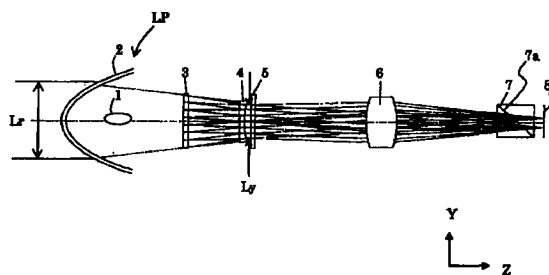
权利要求书 1 页 说明书 30 页 附图 36 页

(54) 发明名称

用于图像投影的光学系统以及图像投影装置

(57) 摘要

公开了一种用于图像投影的光学系统,其容易制造和设计,并可以以高对比度投影亮图像。该光学系统包括:照明光学系统,其将从光源发射的光束通过具有分光功能的光学表面而引入成像元件;以及投影光学系统,其将从该成像元件通过光学表面引入的光束投影到投影表面。该照明光学系统包括转换系统,用于将光束在照明光学系统的相互垂直的第一截面和第二截面中的宽度分别转换为不同于光束在进入该转换系统之前宽度的宽度。在第一和第二截面中的转换率互不相同。



1. 一种用于图像投影的光学系统,包括:

照明光学系统,其将从光源发射的光束通过具有分光功能的光学表面引入成像元件;
以及

投影光学系统,其将从该成像元件通过所述光学表面引入的光束投影到投影表面上,

其中所述照明光学系统包括转换系统,该转换系统将光束在彼此垂直的第一截面和第二截面中的宽度转换为不同于光束在进入该转换系统之前的宽度的宽度,所述第一截面平行于所述光学表面的法线和所述成像元件的入射表面的法线,所述第二截面垂直于第一截面,以及

其中,满足以下条件:

$$\alpha / \beta < 1$$

其中 α 表示在第一截面中的转换率并且被定义为在第一截面中在紧接从转换系统射出之后的位置处的光束直径与在转换系统上的反射位置处的光束直径的比,以及 β 表示在第二截面中的转换率并且被定义为在第二截面中在紧接从转换系统射出之后的位置处的光束直径与在转换系统上的反射位置处的光束直径的比,所述转换率 α 和 β 不等于 1,

其中,所述转换系统是压缩系统,其分别压缩光束在第一和第二截面中的宽度,

其特征在于,所述转换系统从光源一侧起按顺序包括:在第一和第二截面中具有相同正屈光力的第一光学元件、在第二截面中具有第一负屈光力的第二光学元件、以及在第一截面中具有不同于第一负屈光力的第二负屈光力的第三光学元件。

2. 根据权利要求 1 所述的光学系统,其中

所述照明光学系统包括偏振转换元件,用于将非偏振光转换为线性偏振光,并且
所述转换系统设置在所述光源和所述偏振转换元件之间。

3. 一种包括根据权利要求 1 所述的光学系统的图像投影装置。

用于图像投影的光学系统以及图像投影装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于使用诸如液晶板的成像元件的图像投影装置的光学系统。

背景技术

[0002] 在这种图像投影装置中,重要的是该装置可以用高对比度和对整个图像来说基本上平均的亮度来投影亮图像。

[0003] 采用反射成像元件如反射液晶板的用于图像投影装置(投影仪)的照明光学系统通过用抛物面反射镜反射来自光源的光束,产生基本上平行的光束。该平行光束被第一复眼透镜划分和聚集(collect),而且每个被划分的光束都在第二复眼透镜的附近形成该光源的影像(二次光源影像(secondary light source image))。构成复眼透镜的每个微型透镜(透镜单元)具有类似于作为被照明表面的成像元件的矩形形状。

[0004] 来自第二复眼透镜的被划分的光束被聚光透镜聚光以相互重叠,并穿过颜色分离/组合光学系统照射到成像元件上。该颜色分离/组合光学系统使用具有二向色膜或偏振分束膜的光学元件(二向色棱镜或偏振分束器)。

[0005] 在这种图像投影装置中,增加来自光源的光的使用效率通常会使光束的角分布更大。因此,在使用具有敏感角特性的光学元件,即在使用具有相对于颜色分离/组合光学系统中的光轴倾斜的二向色膜或偏振分束膜的光学元件时,会产生图像质量的恶化,如亮度的不均匀(颜色的不均匀)或对比度的降低。

[0006] 图 20 和 21 分别示出偏振分束膜的角度依赖特性(透射率特性和反射率特性)的示例。以 47 或 49 度的角度入射到偏振分束膜上的光的特性低于以 45 度的角度入射到其上的光的特性,而且该特性的降低程度随着入射角与 45 度的偏移增大而增加。

[0007] 特性的降低导致所谓光的泄漏,这降低了对比度。在使用偏振分束膜时,入射角的偏移导致颜色的不均匀(颜色变化),于是以不同于原始期望的颜色显示图像。

[0008] 日本专利申请公开 No. 7-181392 公开了一种非对称光学系统,其中为了防止图像质量的这种恶化,入射到光学元件上的光束的角分布在光学元件对角分布很敏感的方向(敏感方向)上小,而其角分布在光学元件对角分布不敏感的方向(不敏感方向)上大。

[0009] 在日本专利申请公开 No. 7-181392 公开的光学系统中,构成第一复眼透镜的透镜单元是偏心的,使得第一复眼透镜在敏感方向总体上具有正的屈光力(optical power)。

[0010] 此外,在相同的方向上,构成第二复眼透镜的透镜单元也是偏心的,使得第二复眼透镜总体上具有负的屈光力。来自反射镜的光束仅在敏感方向上的这种压缩使得入射到光学元件上的光束的角分布在敏感方向和不敏感方向之间是非对称的。

[0011] 但是,来自反射镜的光束仅在包括光轴的一个截面上的压缩无法减小另一个截面(垂直于上述一个截面的截面)上的入射到偏振分束膜上的光束的角分布,从而难以改善图像质量。此外,由于用于减小光束的直径的反射镜的尺寸的减小使得所投影的图像很暗,因此为了保证亮度需要反射镜的外直径大到一定的程度。

发明内容

[0012] 本发明提供了一种用于图像投影的光学系统,其很容易制造和设计,并且能够以高对比度投影亮图像,还提供具有该光学系统的投影装置。

[0013] 作为一个方面,本发明提供了一种用于图像投影的光学系统,其包括:将从光源发射的光束通过具有分光功能的光学表面而引入成像元件的照明光学系统;以及将从该成像元件通过光学表面引入的光束投影到投影表面上的投影光学系统。该照明光学系统包括转换系统,其分别将光束在相互垂直的第一截面和第二截面中的宽度转换为不同于光束在进入该转换系统之前的宽度的宽度。在第一截面中的转换率和在第二截面中的转换率互不相同。

[0014] 作为另一方面,本发明提供了一种包括上述光学系统的图像投影装置。

[0015] 本发明的其它目的和特征将通过下面的描述和附图而变得明显。

附图说明

[0016] 图 1 是示出作为本发明实施例 1 的用于图像投影的光学系统中使用的照明光学系统的 XZ 截面图。

[0017] 图 2 是示出实施例 1 中的照明光学系统的 YZ 截面图。

[0018] 图 3 是示出用在实施例 1 中的偏振分束器的 YZ 截面图。

[0019] 图 4 是示出用在实施例 1 中的第一复眼透镜的倾斜透视图。

[0020] 图 5 是用于解释第一复眼透镜的光学作用的图。

[0021] 图 6 是示出用在实施例 1 中的第二复眼透镜的倾斜透视图。

[0022] 图 7 是示出在实施例 1 中从反射镜到偏振转换元件的光路的放大 XZ 截面图。

[0023] 图 8 是示出在实施例 1 中从反射镜到偏振转换元件的光路的放大 YZ 截面图。

[0024] 图 9 是示出作为本发明实施例 2 的用于图像投影的光学系统中使用的照明光学系统的 XZ 截面图。

[0025] 图 10 是示出实施例 2 中的照明光学系统的 YZ 截面图。

[0026] 图 11 是示出在实施例 2 中从反射镜到偏振转换元件的光路的放大 XZ 截面图。

[0027] 图 12 是示出在实施例 2 中从反射镜到偏振转换元件的光路的放大 YZ 截面图。

[0028] 图 13 是示出作为本发明实施例 3 的用于图像投影的光学系统中使用的照明光学系统的 XZ 截面图。

[0029] 图 14 是示出实施例 3 中的照明光学系统的 YZ 截面图。

[0030] 图 15 是示出在实施例 3 中从反射镜到偏振转换元件的光路的放大 XZ 截面图。

[0031] 图 16 是示出在实施例 3 中从反射镜到偏振转换元件的光路的放大 YZ 截面图。

[0032] 图 17 是示出作为本发明实施例 4 的用于图像投影的光学系统中使用的照明光学系统的 XZ 截面图。

[0033] 图 18 是示出实施例 4 中的照明光学系统的放大 YZ 截面图。

[0034] 图 19 是示出作为使用实施例 1 至 5 的光学系统之一的本发明实施例 6 的液晶投影仪的光学配置的 YZ 截面图。

[0035] 图 20 是示出偏振分束器的透射率特性的图。

[0036] 图 21 是示出偏振分束器的反射率特性的图。

- [0037] 图 22 是示出作为本发明实施例 7 的用于图像投影的光学系统中使用的照明光学系统的 XZ 截面图。
- [0038] 图 23 是示出实施例 7 中的照明光学系统的 YZ 截面图。
- [0039] 图 24 是示出图 22 中照明光学系统的改进例子的一部分的示意图。
- [0040] 图 25 是示出图 22 中照明光学系统的另一个改进例子的一部分的示意图。
- [0041] 图 26 是示出实施例 7 中照明光学系统的改进例子的 XZ 截面图。
- [0042] 图 27 是示出实施例 7 中照明光学系统的另一个改进例子的 XZ 截面图。
- [0043] 图 28 是示出作为本发明实施例 8 的用于图像投影的光学系统中使用的照明光学系统的 XZ 截面图。
- [0044] 图 29 是示出实施例 8 中的照明光学系统的 YZ 截面图。
- [0045] 图 30 是示出实施例 8 中照明光学系统的改进例子的 XZ 截面图。
- [0046] 图 31 是示出实施例 8 中照明光学系统的另一个改进例子的 XZ 截面图。
- [0047] 图 32 是示出作为本发明实施例 9 的用于图像投影的光学系统中使用的照明光学系统的 XZ 截面图。
- [0048] 图 33 是示出实施例 9 中的照明光学系统的 YZ 截面图。
- [0049] 图 34 是示出作为使用实施例 7 至 9 的光学系统之一的本发明实施例 10 的液晶投影仪的光学配置的 YZ 截面图。
- [0050] 图 35 和 36 是示出作为本发明实施例 11 的用于图像投影的光学系统的一部分的 XZ 和 YZ 截面图。
- [0051] 图 37 和 38 是示出图 35 和 36 所示的光学系统的折光力 (refractive power) 配置的 XZ 和 YZ 截面图。
- [0052] 图 39 是示出这些实施例中的偏振转换元件的示意图。
- [0053] 图 40A 和 40B 是示出作为本发明实施例 12 的用于图像投影的光学系统的 XZ 和 YZ 截面图。
- [0054] 图 41 和 42 是示出作为本发明实施例 13 的液晶投影仪的光学配置的 XY 和 YZ 截面图。
- [0055] 图 43 是示出作为本发明实施例 14 的投影仪中使用的光源单元的截面图。
- [0056] 图 44 是示出包括多个图 43 所示光源单元的光源单元的图。
- [0057] 图 45 和 46 是示出作为本发明实施例 15 的液晶投影仪的光学配置的 XY 和 YZ 截面图。
- [0058] 图 47 是示出在本发明实施例 15 的投影仪中使用的另一个光源单元的截面图。

具体实施方式

[0059] 下面参照附图描述本发明的优选实施例。

[0060] 实施例 1

[0061] 图 1 和图 2 示出作为本发明实施例 1 的用于图像投影的光学系统中使用的照明光学系统的配置。该照明光学系统使用来自光源 1 的光束以穿过偏振分束器 7 而照射到作为反射成像元件的反射液晶板 (下面简称为“液晶板”) 8 上, 该液晶板设置在被照明的表面上。

[0062] 由液晶板 8 进行了图像调制的光束（图像光）通过偏振分束器 7 再次引入未示出的投影透镜（或者投影光学系统），从而投影到诸如屏幕的投影表面上。由此，该实施例中的照明光学系统还具有用偏振分束器 7 分析图像光并将该图像光引入到投影透镜的功能。

[0063] 在该实施例中，照明光学系统的光轴定义为 Z 轴，平行于 Z 轴的方向称为“光轴方向”。该光轴例如通过穿过聚光透镜 6 的中心和液晶板 8 的板表面的中心的轴线来定义。此外，沿着 Z 轴的使得来自光源灯 LP 的光束经过聚光透镜 6 和偏振分束器 7 而向液晶板 8 前进的方向也称为“光前进方向”。

[0064] 图 1 示出 XZ 截面（第一截面）的光学配置，在该 XZ 截面中进入液晶板 8 的板表面的光束的角分布比在 YZ 截面中的宽，XZ 和 YZ 截面是包括 Z 轴的平面（也就是平行于 Z 轴的平面）而且相互垂直。该 XZ 截面平行于液晶板 8 的长边的方向（长边延伸的方向）。

[0065] 此外，图 2 示出 YZ 截面（第二截面）的光学配置，在该截面中进入板表面的光束的角分布较窄。该 YZ 截面平行于液晶板 8 的短边的方向（短边延伸的方向）。

[0066] 如图 3 所示，YZ 截面平行于包括光轴（Z 轴）和偏振分束器 7 的偏振分束表面 7a 的法线 N 的平面，该平面平行于图 3 的纸平面。YZ 截面还可以称为“平行于偏振分束表面 7a 的法线 N 和液晶板 8 的板表面（入射 / 出射表面）8a 的法线 NP 的截面”。

[0067] 此外，XZ 截面可以说是垂直于 YZ 截面并平行于 Z 轴（光轴）的截面。对 Z 轴、XZ 截面和 YZ 截面的定义也适用于下面描述的实施例 2-5。

[0068] 尽管这些图仅示出构成照明光学系统的基本部件，实际的照明光学系统包括其它各种光学元件，如折叠从光源出发的光路的镜子、红外（热辐射）截止滤光片和偏振片。

[0069] 从诸如高压水银放电管的光源 1 径向发射的光束由椭圆反射镜（椭圆镜）2 转换为会聚光束。光源 1 和反射镜 2 构成光源灯 LP。抛物面反射镜和凸透镜的组合可用来代替椭圆反射镜 2。

[0070] 由椭圆反射镜 2 反射的光被第一复眼透镜 3 分为多个光束，所分开的光束在第二复眼透镜 4 和偏振转换元件 5 的附近形成多个二次光源影像。

[0071] 在形成各个二次光源影像之后的光束由偏振转换元件 5 转换为具有预定偏振方向的线性偏振光（也就是偏振状态均匀的光），然后进入聚光透镜 6。

[0072] 偏振转换元件 5 包括多个偏振分束表面、多个反射表面和多个半波片。具体的说，偏振转换元件 5 是阵列类型的光学元件，其中分别包括偏振分束表面、反射表面和半波片的多个偏振转换元件部分设置在基本上垂直于光轴的方向上。可以使用偏振分束表面来代替反射表面。因此，在此偏振转换元件 5 可以称为“偏振转换元件阵列”。

[0073] 在偏振转换元件 5 中，在进入每个偏振分束表面的光中，具有预定偏振方向的偏振光分量穿过该表面而从偏振转换元件 5 射出。

[0074] 另一方面，在进入每个偏振分束表面的光中，具有垂直于上述预定偏振方向的偏振方向的偏振光分量被该表面反射，然后被反射表面反射。此外，该偏振光分量的偏振方向被半波片旋转 90 度，然后该光分量从偏转转换元件 5 射出。偏振转换元件 5 通过这种方式将入射的非偏振光转换为具有预定偏振方向的线性偏振光。

[0075] 半波片可以只设置在穿过偏振分束表面的光的光路中。此外，偏振转换元件 5 可以将非偏振光转换为各种颜色的线性偏振光分量，在这种情况下线性偏振光分量的偏振方向不必相同。

[0076] 换句话说, 偏振转换元件 5 可以使红、绿和蓝光分量之一的偏振方向不同于另外两个光分量的偏振方向, 使得例如红光分量是相对于偏振分束器 7 的 S 偏振光, 而绿色和蓝色光分量是相对于偏振分束器 7 的 P 偏振光。

[0077] 具体的说, 这是通过向偏振分束表面提供反射绿色和蓝色 S 偏振光以及红色 P 偏振光、并透过绿色和蓝色 P 偏振光以及红色 S 偏振光的特性, 并且通过在被偏振分束表面反射的光的光路中设置半波片来实现。

[0078] 从聚光透镜 6 射出的分开的光束穿过偏振分束器 7 的偏振分束表面 (光学膜表面或光学表面) 7a, 然后在液晶板上相互重叠。由此, 液晶板 8 受到具有均匀强度分布的照明光束的照射。

[0079] 偏振分束表面 7a 具有分光功能。被液晶板 8 图像调制和反射的光由偏振分束器 7 的偏振分束表面 7a 反射而引入到未示出的投影透镜中。

[0080] 尽管在该实施例中只示出一个液晶板 8, 实际和通用的投影仪具有用于红色 (R)、绿色 (G) 和蓝色 (B) 的三个液晶板。偏振分束器 7 构成所谓的颜色分离 / 组合光学系统的一部分, 该系统分别将 R 照明光、G 照明光和 B 照明光引入三个液晶板, 并组合来自这三个液晶板的 R 图像光、G 图像光和 B 图像光。

[0081] 偏振分束器 7 具有构成偏振分束表面 7a 并相对于照明光学系统的光轴 (Z 轴) 倾斜的偏振分束膜, 该表面 7a 由多层膜制成。偏振分束表面 7a 相对于光轴的倾斜通常设置为 45° 或从 42° 至 48° 的角度。

[0082] 偏振分束膜具有根据偏振方向分离位于作为可见光波长范围的至少一部分的波长范围 (例如宽度为 10nm 或更大、优选 40nm 或更大的波长范围) 内的光的功能。总的来说, 在具有特定入射角的光中, 偏振分束膜反射具有第一偏振方向的光的 80% 或更多, 并透过具有垂直于第一偏振方向的第二偏振方向的光的 80% 或更多。

[0083] 第一和第二复眼透镜 3、4 中的每一个由多个二维排列的透镜单元构成 (也就是说, 排列为多个透镜单元分别排列在垂直于光轴的第一方向上和垂直于第一方向以及光轴的第二方向上)。每个透镜单元的中心轴平行于 Z 轴。

[0084] 如上所述, 从设置在椭圆反射镜 2 的第一焦点附近的光源 1 射出的光束被椭圆反射镜 2 反射和聚集, 从而作为会聚光束朝着第一复眼透镜 3 前进。

[0085] 在图 1 所示的 XZ 截面中, 如图 4 所示, 在第一复眼透镜 3 的多个透镜单元 3a 中, 除中心透镜单元之外的透镜单元形成为使得它们的顶点在 X 方向上向外偏心。因此, 第一复眼透镜 3 对来自椭圆反射镜 2 的光束总体上具有负的 (凹的) 透镜功能。

[0086] 将使用图 5 描述这一点。图 5 示出第一复眼透镜 3 的中心透镜单元 3a0 的 XZ 截面和在 X 方向上与其相邻的两个透镜元件 (外围透镜元件) 3a1 和 3a2。

[0087] 外围透镜单元 3a1 和 3a2 的顶点 (该顶点位于示出外围透镜单元 3a1、3a2 的光轴 o_1 、 o_2 的虚线上) 相对于外围透镜单元 3a1 和 3a2 的中心 (该中心位于虚线 o_1' 、 o_2' 上) 向外偏心。如果偶数个透镜单元分别设置在 X 方向和 Y 方向上, 则优选每个透镜单元的顶点都相对于该透镜单元的中心向外偏心。

[0088] 在图 5 中, “a” 表示第一复眼透镜 3 的焦距 f, 线 A 表示朝向椭圆反射镜 2 而与第一复眼透镜 3 (即中心透镜单元 3a0) 相距 “a” 的位置 (即入射侧焦点)。

[0089] 在这种情况下, 分别通过外围透镜单元 3a1、3a2 的光轴 o_1 、 o_2 与线 A 的交点 Q1、

Q2 的光线 L1 和 L2 分别穿过外围透镜单元 3a1、3a2 的中心,从而变成沿着 Z 轴前进的平行光线,然后从第一复眼透镜 3 射出。

[0090] 光线 L1 和 L2 是分别穿过外围透镜单元 3a1、3a2 的中心的中心的光线。此外,尽管未示出,中心透镜单元 3a0 的顶点位于中心透镜单元 3a0 的中心,进入中心透镜单元 3a0 的中心的中心的光线平行于 Z 轴前进,从而从第一复眼透镜 3 射出。

[0091] 因此,第一复眼透镜 3 具有将进入每个透镜单元的中心的中心的光线转换为平行于光轴(Z 轴)前进的光线的功能。换句话说,第一复眼透镜 3 具有将来自椭圆反射镜 2 的光束分为多个平行于光轴的光束、然后分别聚集该多个光束以使每个光束形成光源影像的功能。

[0092] 因此,第一复眼透镜 3 用作具有负屈光力(屈光力是焦距的倒数,并且可以称为“折光力”)的透镜,以将来自椭圆反射镜 2 的全部会聚光束转换为平行光束,而且还用作具有正屈光力的透镜,用以聚集每个被分开的光束。

[0093] 如上所述,第一复眼透镜 3 在 XZ 截面中具有将来自椭圆反射镜 2 的会聚光束转换为平行于光轴的多个光束并且使它们从该复眼透镜中射出的凹透镜功能。

[0094] 在图 2 所示的 YZ 截面中,如图 6 所示,在第二复眼透镜 4 的多个透镜单元 4a 中,除中心透镜单元之外的透镜单元形成为使得它们的顶点在 Y 方向向外偏心。因此,被椭圆反射镜 2 反射然后进入第二复眼透镜 4 的光束变成平行光束。也就是说,整个第二复眼透镜 4 在 YZ 截面上对来自椭圆反射镜 2 的光束具有负的(凹的)透镜功能。该透镜功能可以按照与第一复眼透镜 3 相同的方式来获得。

[0095] 图 7 和 8 分别放大地示出图 1 和 2 示出的从椭圆反射镜 2 到偏振转换元件 5 的光路。被椭圆反射镜 2 反射的会聚光束在 XZ 截面上由第一复眼透镜 3 转换为平行光束,而在 YZ 截面上由第二复眼透镜 4 转换为平行光束。

[0096] 也就是说,光束在 XZ 截面中的压缩是通过由椭圆反射镜(或第一光学元件)2 以及第一复眼透镜(或第二光学元件)3 组成的压缩系统来执行的,而光束在 YZ 截面中的压缩是通过由椭圆反射镜 2 以及第二复眼透镜(或第三光学元件)4 组成的压缩系统来执行的。

[0097] 光束的压缩是一种减小光束的直径(换句话说说是宽度)然后使该光束准直的光学作用。

[0098] 该实施例中的平行光束不仅包括完全平行的光束,而且包括从光学性能方面可以被看作是平行光束的光束。

[0099] 具体的说,从光源一侧的顺序来看,该实施例的压缩系统由具有正屈光力的第一光学元件如椭圆反射镜或凸透镜、以及具有在 XZ 和 YZ 截面上互不相同的负屈光力的第二和第三光学元件或者第二光学元件如凹透镜或具有凹透镜功能的复眼透镜(或透镜阵列)的组合构成。

[0100] 但是,如果从该压缩系统射出的光束是平行光束的话,压缩系统可以由具有正屈光力的光学元件如椭圆反射镜或凸透镜、以及具有正屈光力的另一个光学元件如凸透镜的组合构成。如果压缩系统仅由透镜构成,则优选该压缩系统构成为无焦系统。

[0101] 如上所述,该压缩系统导致从其射出的光束的直径(或宽度)在 XZ 和 YZ 截面上都变得比进入其之前(即进入反射镜 2 之前)的光束的直径(或宽度)窄。

[0102] 在将光束从光源引入液晶板的照明光学系统中,该实施例的压缩系统设置在照明

光学系统的光源（发光部件）和光瞳位置（即形成光源影像或发光部件的影像的位置）之间。

[0103] 在该实施例中，照明光学系统的光瞳位置位于偏振转换元件（即排列了多个小型偏振转换元件的部件）的附近。但是，该光瞳位置可以比至少一个比该偏振转换元件更靠近液晶板的光学元件还要更靠近液晶板。

[0104] 此外，针对 XZ 截面的、压缩 XZ 截面中的光束直径的压缩系统以及针对 YZ 截面的、压缩 YZ 截面中的光束直径的压缩系统可以由相同的光学元件构成，或者包括相同的光学元件作为其一部分，或者由不同的光学元件构成。

[0105] 该实施例的压缩系统设置在光源和偏振转换元件之间，并在反射镜的反射点压缩 XZ 和 YZ 截面中的光束直径。

[0106] 因此，光束直径可以在用于将光从光源引入液晶板的照明光学系统的光瞳位置（光源影像形成位置）处变窄。

[0107] 此外，光学元件在 XZ 和 YZ 截面中的位置和屈光力中的至少一个方面的差异导致光束直径在 XZ 和 YZ 截面中在进入偏振转换元件的进入点（换句话说在从压缩系统的出射点）互不相同。也就是说，包括上述差异的压缩系统导致光束直径的压缩率会在 XZ 和 YZ 截面中互不相同。

[0108] 该实施例的描述主要针对压缩系统比偏振转换元件更靠近光源的情况做出。但是，压缩系统可以比上述偏振转换元件更靠近液晶板（或者投影透镜）。

[0109] 在这种情况下，针对 XZ 截面的、压缩 XZ 截面中的光束直径的压缩系统可以在照明光源系统的 XZ 截面中比光瞳位置（光源影像形成位置）更靠近光源，针对 YZ 截面的、压缩 YZ 截面中的光束直径的压缩系统可以在照明光源系统的 YZ 截面中比光瞳位置（光源影像形成位置）更靠近光源。这些特征也可以应用于下面描述的实施例。

[0110] 在该实施例和后面描述的实施例中，光束的压缩率定义为光束在从反射镜射出的出射点（或者反射镜上的反射点）的外径与在紧接从压缩系统射出之后的点（或者在进入偏振转换元件的进入点）的外径的比值。具体说来，在实施例 1 至 5 中光束的压缩率表示通过将光束在从反射镜射出的出射点的外径除以光束在紧接从压缩系统射出之后的点的外径而获得的值。需要注意，后面将描述的实施例 7 及其后面的实施例中的压缩率具有与实施例 1 至 5 中的压缩率相反的含义。其详细定义将在后面描述。

[0111] 在该实施例中，由于从第一和第二复眼透镜 3 和 4 射出的光束作为平行光束进入偏振转换元件 5，因此压缩率是根据椭圆反射镜 2 与第一复眼透镜 3 或第二复眼透镜 4 之间的距离（或者长度，下面称为“压缩长度”）来确定的。

[0112] 如图 7 所示，在 XZ 截面，光束的压缩是由椭圆反射镜 2 和第一复眼透镜 3 执行的，从而压缩长度是 B。

[0113] 如图 8 所示，在 YZ 截面，光束的压缩是由椭圆反射镜 2 和第二复眼透镜 4 执行的，从而压缩长度是 C。

[0114] 由此，在该实施例中，XZ 截面和 YZ 截面中的压缩率互不相同。具体的说，由于 $B/C < 1$ ，因此 YZ 截面中的压缩率大于 XZ 截面中的压缩率。

[0115] 换句话说，当 XZ 截面中的压缩率是 α ，而 YZ 截面中的压缩率是 β 时，

[0116] $\alpha \neq \beta$

[0117] $\alpha / \beta < 1$

[0118] ($\alpha \neq 0, \beta \neq 0$, 更优选地 $\alpha > 1, \beta > 1$)

[0119] 如上所述, 压缩率 α 和 β 中的每一个都作为通过将光束在从椭圆反射镜 2 射出的出射点的外径除以光束在紧接从压缩系统射出之后的点的外径而获得的值定义的。因此, 如果光束被该压缩系统压缩, 则压缩率 α 和 β 逻辑上大于 1。

[0120] 下面利用图 1 和 2 描述 α 和 β 。在这些图中, L_r 表示光束在椭圆反射镜 2 的反射位置处垂直于光轴的方向上的宽度 (或直径)。

[0121] L_x 表示光束在 XZ 截面中 (在垂直于光轴的方向上) 紧接偏振转换元件 5 之前的位置处的宽度。换句话说, L_x 表示光束在 XZ 截面中位于在相对于偏振转换元件 5 来说更靠近光源那一侧最靠近偏振转换元件 5 的光学元件和偏振转换元件 5 之间的位置处的宽度。

[0122] L_y 表示光束在 YZ 截面中 (在垂直于光轴的另一个方向上) 紧接偏振转换元件 5 之前的位置处的宽度。换句话说, L_y 表示光束在 YZ 截面中位于在相对于偏振转换元件 5 来说更靠近光源那一侧最靠近偏振转换元件 5 的光学元件和偏振转换元件 5 之间的位置处的宽度。

[0123] α 和 β 可以如下表达:

[0124] $\alpha = L_r / L_x$

[0125] $\beta = L_r / L_y$ 。

[0126] $\alpha > 1, \beta > 1$

[0127] α 和 β 还可以如下表达:

[0128] $\alpha = H_r / H_x$

[0129] $\beta = H_r / H_y$ 。

[0130] 其中 H_r 表示进入复眼透镜的离轴透镜单元的中心的射线被反射镜反射的位置的高度 (与光轴的距离), H_x (在 XZ 截面中) 和 H_y (在 YZ 截面中) 表示光线进入偏振转换元件 5 的位置的高度。

[0131] 优选上述进入复眼透镜的离轴透镜单元的中心的射线进入第一和第二复眼透镜的中心。光线垂直地 (即平行于光轴) 进入偏振转换元件 5。

[0132] 尽管在该实施例中 L_x 和 L_y 定义为光束在紧接偏振转换元件 5 之前的位置处的直径 (或宽度), L_x 和 L_y 还可以定义为光束在紧接压缩系统之后的位置处的直径。

[0133] 在图 1 和图 2 所示的实施例中, $\alpha = 1.21$ 和 $\beta = 1.67$, 从而 α 和 β 互不相同, 而且 α / β 等于 0.72 (< 1)。

[0134] 如上所述, 在该实施例中, 会聚光束由椭圆反射镜 2 产生, 而且通过利用从椭圆反射镜 2 到第一复眼透镜 3 的距离与椭圆反射镜 2 到第二复眼透镜 4 的距离之差来使得光束在 YZ 截面中的压缩率大于在 XZ 截面中的压缩率。

[0135] 因此, 与在第一和第二复眼透镜之间剧烈压缩光束的传统配置相比, 不需要使构成每个复眼透镜 3、4 的各透镜单元的偏心量很大。

[0136] 因此, 可以抑制每个复眼透镜 3、4 在光轴方向上的厚度的增加。结果, 照明光学系统可以降低在每个复眼透镜中产生的像差, 并在不大幅减小照明效率的情况下实现光束在 YZ 截面中所需要的压缩率。因此用于图像投影的光学系统可以投影亮图像, 同时使光束在偏振分束器 7 对角分布敏感的方向上 (即在 YZ 截面的方向上) 的角分布变窄, 以抑制亮度

的不均匀和对比度的降低。

[0137] 此外,照明光学系统(或者用于图像投影的光学系统)也将光束在偏振分束器 7 对角分布不敏感的方向上(即在 XZ 截面的方向上)的角分布变窄,由此与角分布在该方向上很大的情况相比,使得能够对抑制亮度的不均匀和对比度的降低有贡献。

[0138] 实施例 2

[0139] 图 9 和 10 示出作为本发明实施例 2 的用于图像投影的光学系统中使用的照明光学系统的配置。图 9 示出照明光学系统的 XZ 截面,图 10 示出其 YZ 截面。

[0140] 从光源 11 发射出的白光由抛物面反射镜(抛物面镜)12 转换为平行光束。光源 11 和抛物面反射镜 12 构成光源灯 LP。平行光束由凸透镜 13 聚集,然后穿过第一凹柱面透镜 14 从而进入第一复眼透镜 15。

[0141] 进入第一复眼透镜 15 的光束被分为多个光束,由此每个光束被聚集。从第一复眼透镜 15 射出的光束穿过第二凹柱面透镜 16,然后在第二复眼透镜 17 和偏振转换元件 18 的附近形成二次光源影像。

[0142] 从偏振转换元件 18 射出的多个分开的光束(即具有预定偏振方向的线性偏振光)由聚光透镜 19 会聚,穿过偏振分束器 20,然后在反射液晶板 21 上彼此重叠。偏振分束器 20 具有类似于在实施例 1 中描述的偏振分束膜(光学膜表面或光学表面)20a。

[0143] 第一和第二复眼透镜 15 和 17 中的每一个都由二维排列的多个透镜单元构成。

[0144] 图 11 和 12 分别放大地示出图 9 和 10 所示的从抛物面反射镜 12 到偏振转换元件 18 的光路。从抛物面反射镜 12 射出的平行光束由凸透镜 13 转换为会聚的光束,然后在 XZ 截面该会聚光束由具有凹透镜功能的第一凹柱面透镜 14 转换为平行光束。

[0145] 另一方面,在 YZ 截面中来自凸透镜 13 的会聚光束由具有凹透镜功能的第二凹柱面透镜 16 转换为平行光束。

[0146] 也就是说,光束在 XZ 截面中的压缩通过由凸透镜(或者第一光学元件)13 和第一凹柱面透镜(或者第二光学元件)14 构成的压缩系统执行,光束在 YZ 截面中的压缩通过由凸透镜 13 和第二凹柱面透镜(或者第三光学元件)16 构成的压缩系统执行。

[0147] 这里,如上所述,光束的压缩率定义为通过将光束在从抛物面反射镜 12 射出的出射点的外径除以光束在紧接从压缩系统射出之后的点的外径而获得的值。

[0148] 在该实施例中,由于来自抛物面反射镜 12 的平行光束进入凸透镜 13,因此从第一和第二凹柱面透镜 14、16 射出的平行光束进入偏振转换元件 18。因此,压缩率是根据从凸透镜 13 到第一凹柱面透镜 14 或第二凹柱面透镜 16 的距离(压缩长度)来确定的。

[0149] 如图 11 所示,在 XZ 截面,光束的压缩由凸透镜 13 和第一凹柱面透镜 14 执行,从而压缩长度为 D。如图 12 所示,在 YZ 截面,光束的压缩由凸透镜 13 和第二凹柱面透镜 16 执行,从而压缩长度为 E。

[0150] 因此,在该实施例中,在 XZ 截面和在 YZ 截面中的压缩率互不相同。具体的说,由于 $D/E < 1$, YZ 截面中的压缩率大于在 XZ 截面中的压缩率。

[0151] 换句话说,当 XZ 截面中的压缩率是 α , 而 YZ 截面中的压缩率是 β 时,

[0152] $\alpha / \beta < 1$

[0153] ($\alpha \neq 0$)。

[0154] 如上所述,在该实施例中,从抛物面反射镜 12 射出的平行光束由凸透镜 13 转换为

会聚光束,而且通过利用从凸透镜 13 到第一凹柱面透镜 14 的距离与凸透镜 13 到第二凹柱面透镜 16 的距离之差来使得光束在 YZ 截面中的压缩率大于在 XZ 截面中的压缩率。

[0155] 因此,与实施例 1 相同,照明光学系统可以达到光束在 YZ 截面所需要的压缩率,同时抑制每个复眼透镜 15、16 的厚度的增加和所导致的照明效率的降低。因此,用于图像投影的光学系统可以投影亮图像,同时使光束在偏振分束器 20 对角分布敏感的方向上(即在 YZ 截面的方向上)的角分布变窄,以抑制亮度的不均匀和对比度的降低。

[0156] 此外,照明光学系统(或者用于图像投影的光学系统)也将光束在偏振分束器 20 对角分布不敏感的方向上(即在 XZ 截面的方向上)的角分布变窄,由此,与角分布在该方向上很大的情况相比,使得能够对抑制亮度的不均匀和对比度的降低有贡献。

[0157] 尽管该实施例使用作为与复眼透镜分离的透镜的凹柱面透镜,凹柱面透镜表面还可以设置在位于复眼透镜的与其透镜单元表面相反的表面。

[0158] 实施例 3

[0159] 图 13 和 14 示出作为本发明实施例 3 的用于图像投影的光学系统中使用的照明光学系统的配置。图 13 示出照明光学系统的 XZ 截面,图 14 示出其 YZ 截面。

[0160] 从光源 31 发射出的白光由抛物面反射镜 32 转换为平行光束。光源 31 和抛物面反射镜 32 构成光源灯 LP。平行光束由双凸复曲面透镜 33 转换为会聚光束,然后穿过双凹复曲面透镜 34 从而进入第一复眼透镜 35。双凸复曲面透镜 33 可以具有平凸形状或弯月形状,并且双凹复曲面透镜 34 可以具有平凹形状或弯月形状。

[0161] 进入第一复眼透镜 35 的光束被分为多个光束,由此每个光束被聚集。从第一复眼透镜 35 射出的光束在第二复眼透镜 36 和偏振转换元件 37 的附近形成二次光源影像。

[0162] 从偏振转换元件 37 射出的多个分开的光束(即具有预定偏振方向的线性偏振光)由聚光透镜 38 会聚,穿过偏振分束器 39,然后在反射液晶板 40 上彼此重叠。偏振分束器 39 具有类似于在实施例 1 中描述的偏振分束膜(光学膜表面或光学表面)39a。

[0163] 第一和第二复眼透镜 35 和 36 中的每一个都由二维排列的多个透镜单元构成。

[0164] 图 15 和 16 分别放大地示出图 13 和 14 所示的从抛物面反射镜 32 到偏振转换元件 37 的光路。穿过双凸复曲面透镜 33 的光束是会聚光束,但是该会聚光束由具有凹透镜功能的双凹复曲面透镜 34 转换为在 XZ 和 YZ 截面中的平行光束。

[0165] 也就是说,光束在 XZ 截面和 YZ 截面中的压缩通过由双凸复曲面透镜(或者第一光学元件)33 和双凹复曲面透镜(或者第二光学元件)34 构成的压缩系统执行。这里,光束的压缩率定义为通过将光束在从抛物面反射镜 32 射出的出射点的外径除以光束在紧接从压缩系统射出之后的点的外径(或者光束在进入偏振转换元件 37 的进入点的外径)而获得的值。在该实施例中,来自抛物面反射镜 32 的平行光束进入双凸复曲面透镜 33,从双凹复曲面透镜 34 射出的平行光束进入偏振转换元件 37。也就是说,在该实施例中,光束在 XZ 截面中的压缩率 α 和光束在 YZ 截面中的压缩率 β 彼此也是不同的。

[0166] 当双凸复曲面透镜 33 在 XZ 和 YZ 截面的焦距分别是 $T1x$ 和 $T1y$,而双凹复曲面透镜 34 在 XZ 和 YZ 截面的焦距分别是 $T2x$ 和 $T2y$ 时,它们的关系表达如下:

[0167] $T1x/T1y > 1$

[0168] $T2x/T2y > 1$ 。

[0169] 在 XZ 和 YZ 截面中的压缩率 α 和 β 如下:

[0170] $\alpha = T1x/T2x > 1$

[0171] $\beta = T1x/T2y > 1$ 。

[0172] 因此,在 YZ 截面中的压缩率 (β) 大于在 XZ 截面中的压缩率 (α)。

[0173] 换句话说,当 XZ 截面中的压缩率是 α ,而 YZ 截面中的压缩率是 β 时,

[0174] $\alpha / \beta < 1$

[0175] ($\alpha \neq 0$)

[0176] 如上所述,在该实施例中,从抛物面反射镜 32 射出的平行光束由双凸复曲面透镜 33 转换为会聚光束,而且通过利用双凸复曲面透镜 33 和双凹复曲面透镜 34 在 XZ 和 YZ 截面的焦距差来使得光束在 YZ 截面中的压缩率大于在 XZ 截面中的压缩率。

[0177] 因此,与实施例 1 一样,照明光学系统可以达到光束在 YZ 截面所需要的压缩率,同时抑制每个复眼透镜 35、37 的厚度的增加和所导致的照明效率的降低。因此,用于图像投影的光学系统可以投影亮图像,同时使光束在偏振分束器 39 对角分布敏感的方向上(即在 YZ 截面的方向上)的角分布变窄,以抑制亮度的不均匀和对比度的降低。

[0178] 此外,照明光学系统(或者用于图像投影的光学系统)也将光束在偏振分束器 39 对角分布不敏感的方向上(即在 XZ 截面的方向上)的角分布变窄,由此,与角分布在该方向上很大的情况相比,使得能够对抑制亮度的不均匀和对比度的降低有贡献。

[0179] 实施例 4

[0180] 图 17 和 18 示出作为本发明实施例 4 的用于图像投影的光学系统中使用的照明光学系统的配置。图 17 示出照明光学系统的 XZ 截面,图 18 示出其 YZ 截面。

[0181] 从光源 51 发射出的白光由椭圆反射镜 52 反射以转换为会聚光束。该会聚光束进入第一复眼透镜 53。光源 51 和椭圆反射镜 52 构成光源灯 LP。可以用抛物面反射器代替椭圆反射器 52。

[0182] 在该实施例中,构成第一复眼透镜 53 的多个透镜单元中的每一个(除了中心透镜单元)在 XZ 和 YZ 截面中具有不同的偏心量,这向整个第一复眼透镜 53 提供双凸复曲面透镜功能。

[0183] 进入第一复眼透镜 53 的光束被分为多个光束,由此每个光束被聚集。从第一复眼透镜 53 射出的光束在第二复眼透镜 54 和未示出的偏振转换元件附近形成二次光源影像。

[0184] 在该实施例中,构成第二复眼透镜 54 的多个透镜单元中的每一个(除了中心透镜单元)在 XZ 和 YZ 截面中具有不同的偏心量,这向整个第二复眼透镜 54 提供双凹复曲面透镜功能。

[0185] 从偏振转换元件射出的多个分开的光束(即具有预定偏振方向的线性偏振光)由聚光透镜 55 会聚,穿过偏振分束器 56 的偏振分束膜(光学膜表面或光学表面)56a,然后在反射液晶板 57 上彼此重叠。

[0186] 作为双凸复曲面透镜的第一复眼透镜 53 在 XZ 和 YZ 截面中的焦距的关系以及作为双凹复曲面透镜的第二复眼透镜 54 在 XZ 和 YZ 截面中的焦距的关系与在实施例 3 中的相同。

[0187] 也就是说,当 XZ 截面中的压缩率是 α ,而 YZ 截面中的压缩率是 β 时,

[0188] $\alpha / \beta < 1$

[0189] ($\alpha \neq 0$)

[0190] 因此,按照该实施例可以获得类似于实施例 3 的效果。

[0191] 在上述实施例中,是针对使用偏振分束器的照明光学系统进行描述的。但是,使用相对于光轴倾斜的二向色棱镜或具有二向色膜表面的二向色镜的照明光学系统可以在上述每个实施例中采用该实施例的光束压缩系统。

[0192] 表格 1 示出在实施例 1 至 4 中每一个的压缩率 α 、 β 和 α/β 的值。但是,如果这些值在上述条件表达式的范围内变化,则可以获得与实施例 1 至 4 中每一个类似的效果。也就是说,例如实施例 1 中的压缩率可以应用于其它实施例的压缩率,其它实施例中的压缩率可以用于实施例 1 的压缩率。此外,表格 1 中的压缩率 α 、 β 可用于下面描述的从实施例 5 开始的实施例中。

[0193] 表格 1

[0194]

	α	β	α/β
实施例 1	1.21	1.67	0.72
实施例 2	1.12	1.29	0.87
实施例 3	1.38	1.83	0.75
实施例 4	1.40	1.59	0.88

[0195] 这里,满足 $\alpha/\beta < 1$ 。更优选的是 $\alpha/\beta < 0.95$,还要优选的是 $\alpha/\beta < 0.9$ 。

[0196] 关于下限,优选 $\alpha/\beta > 0.3$,更优选 $\alpha/\beta > 0.5$,更为优选的是 $\alpha/\beta > 0.7$ 。

[0197] 当然 $\alpha > 1$,但是优选 $\alpha > 1.05$,更为优选的是 $\alpha > 1.10$ 。另一方面,当然 $\beta > 1$,但是优选 $\beta > 1.10$,更为优选的是 $\beta > 1.25$ 。

[0198] 实施例 5

[0199] 在上述每个实施例中,是针对包括比偏振转换元件更靠近光源的压缩系统并且该压缩系统在 XZ 和 YZ 截面中具有不同压缩率的照明光学系统进行描述的。但是,具有类似于上述每个实施例的功能的压缩系统可以比偏振转换元件更靠近偏振分束器。

[0200] 而且在该情况中,压缩系统配置为在 YZ 截面中的压缩率大于在 XZ 截面中的压缩率。

[0201] 按照上述每个实施例,可以实现投影亮图像同时抑制对比度降低的光学系统。

[0202] 在实施例 1 至 5 的每一个中,压缩率定义为通过将光束在进入压缩系统之前(或者紧接从反射镜射出之后)的点的外径除以光束在紧接从压缩系统射出之后的点的外径而获得的值。

[0203] 但是,将在实施例 7 以及随后的实施例中使用的描述为“压缩率”和“扩展率”的比率(下面都称为“转换率”)具有相反的含义。也就是说,用在实施例 7 和随后的实施例中的压缩率和扩展率(转换率)定义为通过将光束在紧接从压缩系统射出之后的点的外径除以光束在进入压缩系统之前(或者紧接从反射镜射出之后)的点的外径而获得的值。压缩率和扩展率(转换率)当然可以用在实施例 7 和随后的实施例中描述的压缩系统中的光学系统的焦距来定义。

[0204] 此外,实施例 1 至 5 中的 XZ 和 YZ 截面以及实施例 7 至 15 中的 XZ 和 YZ 截面表示互不相同(或相反)的截面。也就是说,实施例 7 至 15 中的 XZ 截面表示平行于光学表面(偏振分束表面)的法线的截面,而 YZ 截面表示垂直于该 XZ 截面的截面。实施例 7 至 15 中的 XZ 和 YZ 截面也平行于 Z 轴(或照明光学系统的光轴)。

[0205] 基于在实施例 7 以及随后的实施例中使用的定义,在平行于光学表面(偏振分束表面)的法线的 XZ 截面中(该 XZ 截面对应于实施例 1 至 5 中的 YZ 截面)的转换率定义为 γ ,而在垂直于该 XZ 截面的 YZ 截面中(该 YZ 截面对应于实施例 1 至 5 中的 XZ 截面)的转换率定义为 δ 。在这种情况下,上述表格 1 可以被下面的表格 1A 代替。

[0206] 在表格 1A 中,很自然 γ 小于 1。但是, γ 优选小于 0.90,更为优选的是 γ 小于 0.75。当然 δ 也小于 1。但是优选 δ 小于 0.95,更为优选的是 δ 小于 0.90。它们在实施例 1 至 5 中当然得到了满足,在实施例 7 至 11 中同样得到满足。但是在实施例 12 至 15 中,光束被扩展,因此 γ 和 δ 大于 1。

[0207] 另外, γ/δ 当然小于 1。但是,优选 γ/δ 小于 0.95,更为优选的 γ/δ 小于 0.90。此外,优选 γ/δ 大于 0.3,更为优选的 γ/δ 大于 0.5,还要优选的 γ/δ 为 0.6 或更大。这些在实施例 1 至 5 当然得到了满足,在实施例 7 至 15 中同样得到满足。

[0208] 表格 1A

[0209]

	γ	δ	γ/δ
实施例 1	0.60	0.83	0.72
实施例 2	0.78	0.89	0.87
实施例 3	0.55	0.72	0.75
实施例 4	0.63	0.71	0.88

[0210] 如上所述,在实施例 7 和随后的实施例中,XZ 截面平行于光学表面(偏振分束表面)的法线,而 YZ 截面垂直于该 XZ 截面。这些定义刚好与实施例 1 至 5 中的相反。

[0211] 也就是说,表格 1A 中的 γ 对应于实施例 7 和随后的实施例的 XZ 截面中的转换率(压缩率或扩展率),表格 1A 中的 δ 对应于实施例 7 和随后的实施例的 YZ 截面中的转换率。

[0212] 换句话说,表格 1A 中的 γ 对应于在实施例 7 和随后的实施例的 XZ 截面中的 α 和准直放大率 HX,表格 1A 中的 δ 对应于在实施例 7 和随后的实施例的 YZ 截面中的 β 和准直放大率 HY。因此,表格 1A 中的 γ/δ 与实施例 7 和随后的实施例中的 α/β 以及 HX/HY 同义,因此优选其算术值在相似的范围内。

[0213] 实施例 6

[0214] 图 19 示出使用实施例 1 描述的包括照明光学系统的用于图像投影的光学系统的液晶投影仪(图像投影装置)的配置。图 19 示出包括实施例 1 中的 YZ 截面的截面。在该液晶投影仪中,可以使用在每个实施例 2 至 5 中描述的照明光学系统来代替实施例 1 的照明光学系统。

[0215] 在该图中,附图标记 1 表示以连续谱发射白光的光源,2 表示在预定方向反射和聚集来自光源 1 的光的椭圆反射镜。光源 1 和椭圆反射镜 2 构成光源灯 LP。

[0216] 附图标记 100 表示省略了光源灯 LP 和偏振分束器 7 的照明光学系统的一部分。

[0217] 附图标记 158 表示反射蓝色波长区域中的光(B:430 至 495nm)和红色波长区域中的光(R:590 至 650nm)并透过绿色波长范围内的光(G:505 至 580nm)的二向色镜。R、G、B 的上述波长区域是例子,因此实际波长区域不限于此。每个波长区域 R、G、B 只需要在上述范围内具有 40nm 或更大的宽度。在 R 波长区域内的光、在 G 波长区域内的光和在 B 波长区域内的光下面分别称为“R 光”、“G 光”和“B 光”。

[0218] 附图标记 159 表示通过向透明基板粘接偏振元件而形成并且只透过 S 偏振光的用于 G 的入射侧偏振板。附图标记 60 表示透过 P 偏振光并在其由多层膜构成的偏振分束表面(偏振分束膜)上反射 S 偏振光的第一偏振分束器。

[0219] 附图标记 61R、61G 和 61B 分别表示用于 R、G、B 的反射液晶板(或者光调制元件或成像元件),每个液晶板都反射进入的光并进行图像调制。

[0220] 附图标记 64 表示通过向透明基板粘接偏振元件而形成并且只透过 S 偏振光的用于 G 和 B 的入射侧偏振板。

[0221] 附图标记 65 表示将 B 光的偏振方向旋转 90° 并且不旋转 R 光的偏振方向的第一色选择性相位差板。附图标记 66 表示透过 P 偏振光并在其偏振分束表面上反射 S 偏振光的第二偏振分束器。附图标记 67 表示将 R 光的偏振方向旋转 90° 并且不旋转 B 光的偏振方向的第二色选择性相位差板。

[0222] 附图标记 68 表示只透过 S 偏振光的用于 R 和 G 的出射侧偏振板(偏振元件)。附图标记 69 表示透过 P 偏振光并在其偏振分束表面上反射 S 偏振光的第三偏振分束器。

[0223] 上述从二向色镜 158 到第三偏振分束器 69 的部件构成颜色分离/组合光学系统 200。

[0224] 附图标记 70 表示投影透镜(或投影光学系统)。上述照明光学系统 100、颜色分离/组合光学系统 200 和投影透镜 70 构成用于图像投影的光学系统。投影透镜 70 可以包括镜子和透镜,或者只包括镜子,或者折射光学元件。

[0225] 下面描述光穿过照明光学系统 100 之后的光学效果。首先描述 G 光的光路。

[0226] 透过二向色镜 158 的 G 光进入入射侧偏振板 159。G 光在由二向色镜 158 分离之后保持为 S 偏振光。在 G 光从入射侧偏振板 159 出射之后,其作为 S 偏振光进入第一偏振分束器 60,被其偏振分束表面反射,并到达用于 G 的反射液晶板 61G。

[0227] 设置在投影仪中的液晶驱动电路 250 与图像提供装置 300 如个人计算机、DVD 播放器和电视调谐器连接。投影仪和图像提供装置 300 构成图像显示系统。液晶驱动电路 250 基于从图像提供装置 300 接收的图像(视频)信息驱动液晶板 61R、61G、61B,从而使液晶板 61R、61G、61B 形成各颜色的原始图像。每个反射液晶板 61R、61G、61B 都对进入的光进行图像调制和反射。

[0228] 在经过图像调制后的 G 光中,S 偏振光分量又被第一偏振分束器 60 的偏振分束表面反射,并向光源一侧返回从而从用于投影的光中去掉。另一方面,在经过图像调制的 G 光中,P 偏振光分量穿过第一偏振分束器 60 的偏振分束表面,并作为投影光朝着第三偏振分束器 69 前进。

[0229] 当所有的偏振光分量都转换为 S 偏振光之后（即显示黑色时），可以在预定方向上调整设置在第一偏振分束器 60 和用于 G 的反射液晶板 61G 之间的四分之一相位板 62G 的慢轴，以减小在第一偏振分束器 60 和用于 G 的反射液晶板 61G 中产生的被扰乱的偏振状态的影响。

[0230] 从第一偏振分束器 60 出射的 G 光作为 P 偏振光进入第三偏振分束器 69，穿过第三偏振分束器 69 的偏振分束表面，并到达投影透镜 70。

[0231] 同时，由二向色镜 158 反射的 R 光和 B 光进入入射侧偏振板 64。应当注意，R 光和 B 光在被二向色镜 158 分离之后保持为 S 偏振光。在 R 光和 B 光从入射侧偏振板 64 射出之后，这些光进入第一色选择性相位差板 65。

[0232] 第一色选择性相位差板 65 具有将 B 光的偏振方向旋转 90° 的功能。这使得 B 光和 R 光分别作为 P 偏振光和 S 偏振光进入第二偏振分束器 66。作为 S 偏振光进入第二偏振分束器 66 的 R 光被第二偏振分束器 66 的偏振分束表面反射，并到达用于 R 的反射液晶板 61R。

[0233] 作为 P 偏振光进入第二偏振分束器 66 的 B 光穿过第二偏振分束器 66 的偏振分束表面，并到达用于 B 的反射液晶板 61B。

[0234] 进入用于 R 的反射液晶板 61R 的 R 光经过图像调制和反射。在经过图像调制后的 R 光中，S 偏振光分量又被第二偏振分束器 66 的偏振分束表面反射，并向光源一侧返回从而从用于投影的光中去掉。另一方面，在经过图像调制的 R 光中，P 偏振光分量穿过第二偏振分束器 66 的偏振分束表面，并作为用于投影的光朝着第二色选择性相位差板 67 前进。

[0235] 进入用于 B 的反射液晶板 61B 的 B 光经过图像调制和反射。在经过图像调制后的 B 光中，P 偏振光分量又穿过第二偏振分束器 66 的偏振分束表面，并向光源一侧返回从而从用于投影的光中去掉。另一方面，在经过图像调制的 B 光中，S 偏振光分量被第二偏振分束器 66 的偏振分束表面反射，并作为用于投影的光朝着第二色选择性相位差板 67 前进。

[0236] 在这种情况下，可以调整设置在第二偏振分束器 66 以及用于 R 和 B 的反射液晶板 61R 和 61B 之间的各个四分之一波板 62R 和 62B 的慢轴，以便像在 G 光中那样调整在 R 和 B 光每一个中的黑色显示。

[0237] 在组合为一个光束并从第二偏振分束器 66 射出的 R 和 B 的投影光中，R 光的偏振方向由第二色选择性相位差板 67 旋转 90° 并转换为 S 偏振光分量，所得到的光被出射侧偏振板 68 分析并进入第三偏振分束器 69。

[0238] B 光作为 S 偏振光没有改变地穿过第二色选择性相位差板 67，该光被出射侧偏振板 68 分析并进入第三偏振分束器 69。

[0239] 由出射侧偏振板 68 进行的分析实现了 R 和 B 的投影光，其排除了由于穿过第二偏振分束器 66、用于 R 和 B 的反射液晶板 61R 和 61B，以及四分之一波板 62R 和 62B 而产生的无效分量。

[0240] 进入第三偏振分束器 69 的 R 和 B 的投影光被第三偏振分束器 69 的偏振分束表面反射，并与上述穿过该偏振分束表面的 G 光组合。所得到的光到达投影透镜 70。

[0241] 因此，组合的 R、G、B 的投影光（即彩色图像）由投影透镜 70 放大并投影在诸如屏幕的投影表面上。

[0242] 由于上述光路用在反射液晶板针对白色显示运行时，因此下面描述反射液晶板针

对黑色显示运行时的光学效果。

[0243] 首先描述 G 光的光路。作为穿过二向色镜 158 的 S 偏振光的 G 光进入入射侧偏振板 159。然后 G 光进入第一偏振分束器 60, 被其偏振分束表面反射, 并到达用于 G 的反射液晶板 61G。但是, 反射液晶板 61G 针对黑色显示运行, G 光没有经过图像调制就被反射。

[0244] 结果, G 光在被反射液晶元件 61G 反射之后保持为 S 偏振光。因此, G 光再次被第一偏振分束器 60 的偏振分束表面反射, 穿过入射侧偏振板 159, 并向光源返回从而从投影光中去掉。

[0245] 下面描述 R 光和 B 光的光路。作为由二向色镜 158 反射的 S 偏振光的 R 光和 B 光进入入射侧偏振板 64。在 R 光和 B 光从入射侧偏振板 64 射出之后, 它们进入第一色选择性相位差板 65。第一色选择性相位差板 65 具有只将 B 光的偏振方向旋转 90° 的功能。这使得 B 光和 R 光分别作为 P 偏振光和 S 偏振光进入第二偏振分束器 66。

[0246] 作为 S 偏振光进入第二偏振分束器 66 的 R 光被第二偏振分束器 66 的偏振分束表面反射, 并到达用于 R 的反射液晶板 61R。作为 P 偏振光进入第二偏振分束器 66 的 B 光穿过第二偏振分束器 66 的偏振分束表面, 并到达用于 B 的反射液晶板 61B。

[0247] 由于用于 R 的反射液晶板 61R 是针对黑色显示运行的, 进入用于 R 的反射液晶板 61R 的 R 光没有经过图像调制就被反射。

[0248] 结果, R 光在被用于 R 的反射液晶元件 61R 反射之后保持为 S 偏振光。因此, R 光再次被第二偏振分束器 66 的偏振分束表面反射, 穿过入射侧偏振板 64, 并向光源返回从而从投影光中去掉。

[0249] 另一方面, 由于用于 B 的反射液晶板 61B 是为黑色显示运行的, 进入用于 B 的反射液晶板 61B 的 B 光没有经过图像调制就被反射。因此 B 光在被用于 B 的反射液晶板 61B 反射之后保持为 P 偏振光。因此, B 光再次穿过第二偏振分束器 66 的偏振分束表面, 由第一色选择性相位差板 65 转换为 S 偏振光, 穿过入射侧偏振板 64, 并向光源返回从而从投影光中去掉。

[0250] 由此黑色显示在投影表面上。

[0251] 尽管在该实施例中颜色分离 / 组合光学系统 200 包括波长选择性相位差板 (wavelength selective phase plate), 但该波长选择性相位差板可以去掉。在这种情况下, 在该颜色分离 / 组合光学系统 200 中的偏振分束器可以配置为其偏振分束膜用作针对在可见光范围内的特定波长范围的偏振分束表面, 并且用作针对其它波长范围的透射或反射表面而不管偏振方向是什么。

[0252] 此外, 四分之一相位板可以设置在颜色分离 / 组合光学系统 200 和投影透镜 70 之间, 使得防止由投影透镜 70 中的透镜表面反射、然后返回四分之一相位板的光再次被其反射并再次返回屏幕方向。

[0253] 此外, 尽管该实施例使用三个液晶板, 也可以使用一个、两个、四个或更多液晶板。

[0254] 此外, 这些实施例中的复眼透镜可以由两个彼此靠近的柱面透镜或相互粘合的两个柱面透镜组成。

[0255] 实施例 7

[0256] 图 22 和 23 示出使用实施例 7 的包括照明光学系统的用于图像投影的光学系统的投影仪的配置。在下面的实施例中, XZ 和 YZ 截面的定义和压缩率的含义与在实施例 1 至 6

中的不同。

[0257] 在这些图中,附图标记 401 表示光源如高压水银放电管,402 表示作为光束聚集器的椭圆反射镜(椭圆镜)。光源 401 的发光表面 401a 设置在椭圆反射镜 402 的第一焦点 P1 上。

[0258] 从光源 401 径向射出的光束由椭圆反射镜 402 转换为会聚光束,从而在椭圆反射镜 402 的第二焦点 P2 聚集。

[0259] 可以使用抛物面反射镜和正透镜的组合来代替椭圆反射镜 402。

[0260] 从椭圆反射镜 402 的顶点 T 到其第二焦点 P2 的距离 f_p 对应于椭圆反射镜(或光束聚集器)402 的焦距。也就是说,椭圆反射镜 402 在比第一透镜阵列 403 更靠近光源 401 的第二焦点 P2 处聚集来自光源 401 的光束。在此第二焦点 P2 是指聚集来自光源 401 的光束的位置,并且在不使用椭圆反射镜 402 的情况下对应于光聚集点(光聚集位置)。

[0261] 来自第二焦点 P2 的光束由第一透镜阵列 403 分为多个光束,该第一透镜阵列 403 比第二焦点 P2 更靠近偏振转换元件 405。分开的光束穿过第二透镜阵列 404,然后在附近或者在偏振转换元件 405 的光入射侧或者在其光出射侧形成多个二次光源影像。

[0262] 形成各二次光源影像的光束由偏振转换元件 405 转换为具有预定偏振方向的线性偏振光,然后进入聚光透镜 406。

[0263] 从聚光透镜 406 射出的分开的光束穿过偏振分束器 407 的偏振分束表面(光学膜表面或光学表面)407a,然后在液晶板 408 上相互重叠。由此,用具有均匀强度分布的照明光束照射液晶板 408。

[0264] 由液晶板 408 图像调制和反射的光被偏振分束器 407 的偏振分束表面 407a 反射,从而引入投影透镜 409。

[0265] 尽管在该实施例中仅示出一个液晶板 408,实际和通用的投影仪具有用于红色(R)、绿色(G)和蓝色(B)的三个液晶板。偏振分束器 407 构成所谓的颜色分离/组合光学系统的一部分,该系统分别将 R 照明光、G 照明光和 B 照明光引入这三个液晶板,并组合来自这三个液晶板的 R 图像光、G 图像光和 B 图像光。

[0266] 在图 22 中示出第一截面(或 XZ 截面),其包括偏振分束器 407 的偏振分束表面 407a 的法线以及照明光学系统的光轴。

[0267] 光轴 o 例如通过经过聚光透镜 406 的中心和液晶板 408 的板表面中心的轴线来定义,并对应于 Z 轴。

[0268] 在图 23 中,示出包括照明光学系统的光轴 o 的垂直于第一截面的第二截面(或 YZ 截面)。

[0269] 图 22 所示的 XZ 截面是平行于具有矩形形状的液晶板 408 的短边的截面,图 23 所示的 YZ 截面是平行于液晶板 408 的长边的截面。

[0270] 换句话说,XZ 截面是平行于偏振分束表面 407a 的法线和液晶板 408 的板表面(入射/出射表面)的法线的截面。YZ 截面是垂直于 XZ 截面并平行于 Z 轴(光轴)的截面。针对 Z 轴、XZ 截面和 YZ 截面的定义也适用于下面描述的实施例。

[0271] 该照明光学系统使用来自光源 401 的光束穿过偏振分束器 407 而照射作为反射成像元件的反射液晶板(下面简称为“液晶板”)408 上,该液晶板 408 设置在该照明光束的照射表面上。由液晶板 8 进行了图像调制的光束(图像光)再次通过偏振分束器 407 引入投

影透镜（或者投影光学系统），从而投影到诸如屏幕的投影表面上。

[0272] 在图 22 所示的第一截面（即 XZ 截面）中，第一透镜阵列 403 的光入射表面形成仅为在第一截面中具有正折光力的圆柱表面。第一透镜阵列 403 的光出射表面形成成为透镜阵列表面。第二透镜阵列 404 的光入射表面形成成为透镜阵列表面。第二透镜阵列 404 的光出射表面形成成为没有折光力的表面。

[0273] 在图 23 所示的第二截面（即 YZ 截面）中，第一透镜阵列 403 的光入射表面形成成为没有折光力的表面。第一透镜阵列 403 的光出射表面形成成为透镜阵列表面。第二透镜阵列 404 的光入射表面形成成为透镜阵列表面。第二透镜阵列 404 的光出射表面形成成为仅在第二截面中具有正折光力的圆柱表面。

[0274] 在第一截面中，当第一透镜阵列 403 的圆柱表面的焦距为 f_x 时，从第二焦点 P2 到第一透镜阵列 403 的距离是 f_x 。从第二焦点 P2 发散的光束穿过第一透镜阵列 403 而变成平行光束，该平行光束穿过第二透镜阵列 404 和偏振转换元件 405 而进入聚光镜 406。

[0275] 在该实施例中的平行光束不仅包括完全平行的光束，还包括从光学性能的方面来看可以看作是平行光束的光束。

[0276] 在图 22 中，虚线表示穿过第一透镜阵列 403 的中心的 가束（即沿着光轴 o 前进的光束）。实线表示经过非第一透镜阵列 403 中心的 가束的部分的光束。图 22 示出由实线示出的光束在液晶板 408 上的叠加。在第一截面中，第一透镜阵列 403 用作准直器。

[0277] 在图 23 所示的第二截面中，当作为第二透镜阵列 404 的光出射表面的圆柱表面的焦距为 f_y 时，从第二焦点 P2 到第二透镜阵列 404 的距离（空气等效值）是 f_y 。

[0278] 因此在从第二焦点 P2 发散的光束中，穿过第一透镜阵列 403 的圆柱表面（光出射表面）的中心以及第二透镜阵列 404 的圆柱表面（光入射表面）的中心的 가束从第二透镜阵列 404 的光出射表面射出，而变成平行光束。

[0279] 第一透镜阵列 403 的光出射表面和第二透镜阵列 404 的光入射表面促使多个分开的光束在聚光透镜 406 的焦平面上形成多个光源影像。

[0280] 来自多个光源影像的多个光束穿过偏振转换元件 405，然后由聚光透镜 406 重叠在液晶板 408 上。

[0281] 在第二截面中，第二透镜阵列 404 用作准直器。

[0282] 图 39 示出偏振转换元件 405 的一部分。偏振转换元件 405 设置在准直器的光出射侧或者准直器的光路中。

[0283] 偏振转换元件 405 包括多个偏振分束表面 405a、多个反射表面 405b 和多个半波片 405c。具体的说，偏振转换元件 405 是一种阵列类型的光学元件，其中分别包括偏振分束表面 405a、反射表面 405b 和半波片 405c 的多个偏振转换元件部分排列在基本上垂直于光轴的方向上。可以用偏振分束表面代替反射表面 405b。因此，这里的偏振转换元件 405 可以称为“偏振转换元件阵列”。

[0284] 在进入每个偏振分束表面 405a 的光中，具有预定偏振方向的偏振光分量穿过该表面而从偏振转换元件 405 射出。

[0285] 另一方面，在进入每个偏振分束表面 405a 的光中，具有垂直于上述预定偏振方向的偏振方向的偏振光分量被该表面反射，然后被反射表面 405b 反射。此外，该偏振光分量的偏振方向被半波片 405c 旋转 90 度，然后该光分量从偏转转换元件 405 射出。偏振转换

元件 405 通过这种方式将入射的非偏振光转换为具有预定偏振方向的线性偏振光。

[0286] 半波片 405c 可以只设置在穿过偏振分束表面 405a 的光的光路中。偏振转换元件 405 可以将非偏振光转换为各种颜色的线性偏振光分量,在这种情况下线性偏振光分量的偏振方向不必相同。

[0287] 换句话说,偏振转换元件 405 可以使红、绿和蓝光分量之一的偏振方向不同于另外两个光分量的偏振方向,使得例如红光分量是相对于偏振分束器 407 的 S 偏振光,而绿色和蓝色光分量是相对于偏振分束器 407 的 P 偏振光。

[0288] 具体的说,这是通过向偏振分束表面 405a 提供反射绿色和蓝色 S 偏振光以及红色 P 偏振光,并透过绿色和蓝色 P 偏振光以及红色 S 偏振光的特性,并且通过在偏振分束表面 405a 反射的光的光路中设置半波片 405c 来实现。

[0289] 被椭圆反射镜(或第一光学元件 402)反射的会聚光束由第一透镜阵列(或第二光学元件)403 在图 22 所示的 XZ 截面中转换为平行光束,并且由第二透镜阵列(或第三光学元件)404 在图 23 所示的 YZ 截面中转换为平行光束。

[0290] 也就是说,光束在 XZ 截面中的压缩是通过由椭圆反射镜 402 以及第一透镜阵列 403 组成的压缩系统来执行的,光束在 YZ 截面中的压缩是通过由椭圆反射镜 402 以及第二透镜阵列 404 组成的压缩系统来执行的。

[0291] 如上所述,在该实施例中,会聚光束由椭圆反射镜 402 产生,而且通过利用从椭圆反射镜 402 到第一透镜阵列 403 的距离与椭圆反射镜 402 到第二透镜阵列 404 的距离之差来使得光束在 XZ 截面的压缩率(或准直放大率)大于在 YZ 截面中的压缩率(或准直放大率)。

[0292] 因此,与在第一和第二透镜阵列之间剧烈压缩光束的传统配置相比,不需要使构成每个透镜阵列 403、404 的各透镜单元的偏心量很大。

[0293] 因此,可以抑制每个透镜阵列 403、404 在光轴方向上的厚度的增加。结果,该照明光学系统可以降低在每个透镜阵列中产生的像差,并在不大幅减小照明效率的情况下实现光束在 XZ 截面的所需要的压缩率(或需要的准直放大率)。由此,用于图像投影的光学系统可以投影亮图像,同时使光束在偏振分束器 407 对角分布敏感的方向上(即在 XZ 截面的方向上)的角分布变窄,以抑制亮度的不均匀和对比度的降低。

[0294] 此外,照明光学系统(或者用于图像投影的光学系统)也将光束在偏振分束器 407 对角分布不敏感的方向上(即在 YZ 截面的方向上)的角分布变窄,由此,与角分布在该方向上很大的情况相比,使得能够对抑制亮度的不均匀和对比度的降低有贡献。

[0295] 在该实施例中,进入液晶板 408 的板表面的光束在图 23 所示平行于液晶板 408 的长边的 YZ 截面中的角分布大于在图 22 所示平行于液晶板 408 的短边的 XZ 截面中的角分布。

[0296] 在该实施例中,准直器(或透镜阵列,或第二和第三光学元件)403、404 设置在光源 401 和偏振分束器 407 之间,在该照明光学系统中,这些准直器分别在彼此垂直的第一(XZ)和第二(YZ)截面中压缩光束。通过准直器 403 在第一截面中获得的压缩率(或准直放大率)以及通过准直器 404 在第二截面中获得的压缩率是互不相同的。

[0297] 光束的压缩是由光束聚集器(或椭圆反射器)402 减小光束的直径(换句话说,宽度)、然后通过准直器 403 或 404 使光束准直的光学作用。

[0298] 压缩率定义为在紧接从准直器 403 或 404 射出之后的位置的光束直径 L (在 XZ 截面中是 L_x , 在 YZ 截面中是 L_y) 与在光束聚集器 402 上的反射位置处的光束直径 L_r 之比 L/L_r 。

[0299] 当第一截面中的压缩率是 α , 而第二截面中的压缩率是 β 时,

[0300] $\alpha = L_x/L_r$

[0301] $\beta = L_y/L_r$,

[0302] 其中,

[0303] $\alpha \neq \beta$

[0304] $\alpha < 1, \beta < 1$

[0305] $\alpha < \beta$

[0306] $\alpha/\beta < 1$ 。

[0307] 也就是说, 在图 22 所示的第一截面中的压缩率 α 小于在图 23 所示的第二截面中的压缩率 β 。

[0308] 例如,

[0309] $\alpha = 0.6$

[0310] $\beta = 0.83$ 。

[0311] $\alpha/\beta = 0.72$ 。

[0312] 在该实施例中, 每个光学元件具有满足 $\alpha/\beta \leq 0.75$ 的设置。

[0313] 优选的, 每个光学元件可以具有满足 $0.5 < \alpha/\beta \leq 0.75$ 的设置。

[0314] 在此, 第一截面中的压缩率 (转换率) α 、第二截面中的压缩率 (转换率) β 以及比例 α/β 可以分别被第一和第二截面中的准直放大率 HX 和 HY 以及 HX/HY 所代替。

[0315] 因此, 下面描述的 HX 和 HY 与压缩率 (转换率) α (γ) 和 β (δ) 的含义大致相同, 涉及 α (γ)、 β (δ) 和 α/β (γ/δ) 的条件表达式可以适用于 HX、HY 和 HX/HY。

[0316] 因此, 当然与 γ/δ 的数值范围一样, HX/HY 小于 1。但是, 优选 HX/HY 小于 0.95, 更为优选的是 HX/HY 小于 0.90, 更进一步优选的是如上所述 HX/HY 为 0.75 或更低。此外, 如上所述, 优选 HX/HY 大于 0.5, 更为优选的是 HX/HY 为 0.6 或更大。但是只需要 HX/HY 像 γ/δ 那样大于 0.3。

[0317] 此外, 在该实施例中, 在第一截面 (XZ 截面) 中的准直放大率 HX 和在第二截面 (YZ 截面) 中的准直放大率 HY 如下所示。

[0318] 在如图 22 所示的第一截面中的第一准直放大率 (压缩率) HX 表示为:

[0319] $HX = |f_x/f_p|$ 。

[0320] 在如图 23 所示的第二截面中的第二准直放大率 HY 表示为:

[0321] $HY = |f_y/f_p|$ 。

[0322] 如图 22 和 23 所示, 第二透镜阵列 404 比第一透镜阵列 403 更远离第二焦点 P2, 从而:

[0323] $|f_y| > |f_x|$ 。

[0324] 因此, HX 和 HY 满足下面的条件:

[0325] $HY > HX$ 。

[0326] 由此, 来自光束聚集器 402 的光束以在第一和第二截面中不同的压缩率压缩, 由

此转换为在这些截面中具有不同宽度（或直径）的光束。

[0327] 在该实施例中，偏振转换元件 405 配置为多个偏振转换元件部分排列在图 23 所示的光束宽度较宽的第二截面中，偏振分束器 407 配置为偏振分束表面 407a 在图 22 所示的光束宽度较窄的第一截面的方向上折叠光束。这使得可以提高对比度，而不会降低在偏振分束表面 407a 上的亮度。

[0328] 此外，针对 XZ 截面的、压缩在 XZ 截面中的光束宽度的准直器以及针对 YZ 截面的、压缩在 YZ 截面的光束宽度的准直器可以通过相同的光学元件构成，或者包括相同的光学元件作为其部件，或者通过不同的光学元件构成。

[0329] 该实施例中的准直器设置在光源和偏振转换元件之间，并在 XZ 和 YZ 截面中压缩反射镜的反射点的光束直径。由此，光束直径可以在照明光学系统的、将光从光源引入液晶板的光瞳位置（光源影像形成位置）处变窄。

[0330] 此外，光学元件的位置和屈光力的至少一项在 XZ 和 YZ 截面中的差异使得光束直径在 XZ 和 YZ 截面中进入偏振转换元件的进入点处（换句话说，在从准直器射出的出射点）互不相同。也就是说，包括上述差异的准直器使得光束直径的压缩率在 XZ 和 YZ 截面中互不相同。

[0331] 该描述主要针对在该实施例中准直器比偏振转换元件更靠近光源的情况做出的。但是，准直器可以比偏振转换元件更靠近液晶板（或投影透镜）。

[0332] 在这种情况下，针对 YZ 截面的、用于压缩 YZ 截面的光束直径的准直器在照明光学系统的 YZ 截面中可以比光瞳位置（光源影像形成位置）更靠近光源，针对 XZ 截面的、用于压缩 XZ 截面的光束直径的准直器在照明光学系统的 XZ 截面中可以比光瞳位置（光源影像形成位置）更靠近光源。这些也适用于下面描述的实施例。

[0333] 作为替换实施例，在该实施例中可以在第一和第二截面中以不同的比率来扩展进入的光束，而不是由准直器 403 和 404 进行压缩。在这种情况下，在该实施例中不是由光束聚集器 402 和准直器 403、404 构成压缩系统，而是使用由光束发散器和准直器构成的扩展系统，该光束发散器具有负的折光力（或者负的屈光力）以使光束发散，该准直器具有正的折光力以使来自光束发散器的光束准直。

[0334] 这种采用光束发散器和准直器的配置适用于光源和反射来自光源的光束的反射镜的外径很小的情况，如外径小于液晶板（或成像元件）的尺寸或小于该尺寸一半的情况。

[0335] 在扩展光束的情况下，在第一和第二截面中的扩展率分别是 HXX 和 HYY。在这种情况下，在第二截面中的扩展率大于在第一截面中的扩展率，从而可以获得类似于在压缩光束的情况中的效果。

[0336] 也就是说，类似的效果可以通过满足以下条件来获得：

[0337] $HXX < HYY$ 。

[0338] 扩展率和压缩率可以称为“转换率”，其是一种转换光束直径（或光束宽度）的比率。此外，扩展系统和压缩系统可以称为“转换系统”。它们都适用于下面描述的实施例。

[0339] 在计算准直放大率 (HX, HY) 时使用的每个截面中的焦距定义如下。

[0340] 在图 22 和 23 中，第一和第二透镜阵列 403、404 中每一个在其一个表面上具有圆柱表面，在其另一个表面上具有透镜阵列表面，但是圆柱表面和透镜阵列表面可以彼此组合在一起。

[0341] 图 24 示出组合的透镜阵列 A 的例子。透镜阵列 A 在其一个光学表面上具有多个微型透镜表面（透镜单元 LA1、LA2、LA2'），每个微型透镜表面都是偏心的。

[0342] 透镜阵列 A（或光学表面）的焦距可以在计算时基于经过透镜单元 LA1 的中心的射线与经过透镜单元 LA2、LA2' 的中心的射线的会聚点来定义。

[0343] 当构成透镜阵列 A 的每个透镜单元都排列为垂直于参考轴（即照明光学系统的光轴） o 时，每个透镜单元（例如 LA1、LA2、LA2'）的表面的平行于参考轴 o 的法线可以认为是每个透镜单元的光轴（如 o_1 、 o_2 和 o_2' ）。

[0344] 因此在图 24 中，在跟踪经过透镜单元（LA1、LA2、LA2'）的中心（ o_1 、 o_2 和 o_2' ）并平行于参考轴 o 的光线时，穿过透镜单元 LA2 和 LA2' 的光线被该透镜单元折射，并在预定点 Q 与中心透镜单元 LA1 的光轴相交。

[0345] 从透镜单元 LA1 的透镜表面到点 Q 的距离 f_g 对应于透镜阵列 A 在第一和第二截面每一个中的焦距。

[0346] 如果透镜单元 LA2 和 LA2' 相对于参考轴 o 对称，则经过透镜单元 LA2 和 LA2' 中心的光线在一个点与中心透镜单元 LA1 的光轴相交。

[0347] 另一方面，如果透镜单元 LA2 和 LA2' 关于参考轴 o 非对称，则经过透镜单元 LA2 和 LA2' 中心的光线在不同的交点与中心透镜单元 LA1 的光轴相交。在这种情况下，透镜阵列 A 的焦距可以利用交点的中点来定义。

[0348] 此外，如果在如图 25 所示的参考轴 o 上没有设置透镜单元，则为设置在参考轴 o 附近的透镜单元 LA3 和 LA3' 绘制类似的示图（figure）使得可以基于经过透镜单元 LA3 和 LA3' 的中心的两个光线的交点 Q' 来定义焦距 $f_{g'}$ 。

[0349] 图 26 示出由代替椭圆反射镜（椭圆镜）而使用的抛物面反射镜（物镜）402a 和正透镜 420 的组合构成的光束聚集器的例子。来自光源 401 的光束被抛物面反射镜 402a 反射，从而变成平行光束，然后进入正透镜 420。

[0350] 如果正透镜 420 的焦点与图 22、23 所示的第二焦点 P2 一致，则穿过正透镜 420 的光束聚集在第二焦点 P2 上。由此，可以获得类似于上面所描述的效果。

[0351] 在这种情况下，由抛物面反射镜 402a 和正透镜 420 组成的光束聚集器的焦距对应于正透镜 420 的焦距 f_{20} 。

[0352] 另一方面，如果光束聚集器如图 27 所示由抛物面反射镜 402b 和正透镜 420b 的组合构成，则光束聚集器的焦距可以如下定义。

[0353] 在这种情况下，光束聚集器的焦距可以通过认为具有焦距 f_p 的透镜设置在抛物面反射镜 402b 的顶点 T1，而且正透镜 420b（其焦距为 f_{20} ）与顶点 T1 之间间隔空气距离 d 来定义。

[0354] 可替换地，光束聚集器可以由椭圆反射镜和聚集透镜构成。

[0355] 实施例 8

[0356] 图 28、29 示出实施例 8 的使用包括照明光学系统的用于图像投影的光学系统的投影仪的配置。图 28 示出第一截面（或 XZ 截面），图 29 示出第二截面（或 YZ 截面）。

[0357] 该实施例与图 22 和 23 所示的实施例 7 的不同之处仅在于具有旋转对称形状的负透镜 423 设置在椭圆反射镜 421 和第一透镜阵列 424 之间，其它配置与实施例 7 相同。

[0358] 在图 28 和 29 中，与图 22 和 23 相同的元件标以相同的附图标记。

[0359] 在这些图中,附图标记 401 表示光源,421 表示椭圆反射镜,423 表示负透镜,424 表示第一透镜阵列,425 表示第二透镜阵列。405 表示偏振转换元件,406 表示聚光透镜,407 表示偏振分束器 (PBS),408 表示反射成像元件,409 表示投影透镜,410 表示相位片。

[0360] 在图 28 和 29 中,由椭圆反射镜 421 和负透镜 423 形成光源 401 的虚像的点 P2' 对应于图 22 和 23 所示的第二焦点 P2。

[0361] 因此,在该实施例中,点 P2' 基本上可以认为是图 22 和 23 中的第二焦点 P2。

[0362] 在该实施例中,光源 401 的发光点设置在椭圆反射镜 421 的第一焦点 P1,来自光源 401 的光束聚集在椭圆反射镜 421 的第二焦点 P2。椭圆反射镜 421 构成光束聚集器。

[0363] 从椭圆反射镜 421 的顶点 T 到其第二焦点 P2 的距离对应于光束聚集器的焦距 f_p 。

[0364] 设置在椭圆反射镜 421 和第二焦点 P2 之间的负透镜 423 的负屈光力使得光束在点 P2' 形成第二焦点 (即物点) P2 的影像。光束从点 P2' 发散开去。

[0365] 第一透镜阵列 424 的入射侧表面具有在图 28 所示的第一 (XZ) 截面中具有正屈光力的透镜阵列形状。入射侧表面在透镜单元之间没有梯级 (step),这与图 26 所示的第一透镜阵列不同。但是,在该透镜阵列中的正透镜的焦距可以按照与使用图 26 描述的类似的方式来计算。

[0366] 如果从上述形状获得的第一透镜阵列 424 的焦距是 f_x ,则与点 P2' 相距 f_x 的第一透镜阵列 424 在该 (XZ) 截面中使光束准直。

[0367] 因此,负透镜 423 和第一透镜阵列 424 构成在第一 (XZ) 截面中的准直器。

[0368] 该准直器在第一 (XZ) 截面中的焦距由负透镜 423 的焦距 f_{23} 和第一透镜阵列 424 的焦距 f_{x1} 确定。

[0369] 在图 28 所示的第一截面中,如果空气转换距离定义为从负透镜 423 的、透镜阵列一侧的主平面位置到第一透镜阵列 424 的表面的距离 L_1 ,则负透镜 423 和第一透镜阵列 424 的合成焦距表达为:

$$[0370] \quad f_x = 1 / (1/f_{23} + 1/f_{x1} - L_1/f_{23}/f_{x1})$$

[0371] 第二透镜阵列 425 的出射侧表面具有在图 29 所示的第二 (YZ) 截面中具有正屈光力的透镜阵列形状。

[0372] 如果从上述形状获得的第二透镜阵列 425 的焦距是 f_{y1} ,则与点 P2' 相距空气转换距离 f_y 的第二透镜阵列 425 在该 (YZ) 截面中使光束准直。

[0373] 因此,负透镜 423 和第二透镜阵列 425 构成在第二 (YZ) 截面中的准直器。

[0374] 该准直器在第二 (YZ) 截面中的焦距由负透镜 423 的焦距 f_{23} 和第一和第二透镜阵列 424 和 425 中每一个的焦距 f_{y1} 确定。

[0375] 在图 29 所示的第二截面中,如果从负透镜 423 的、透镜阵列一侧的主平面位置到第二透镜阵列 425 的表面的距离定义为 L_2 ,则负透镜 423 和第二透镜阵列 425 的合成焦距表达为:

$$[0376] \quad f_y = 1 / (1/f_{23} + 1/f_{y1} - L_2/f_{23}/f_{y1})$$

[0377] 在这种情况下,图 28 所示的第一截面中的第一准直放大率 H_X 表达为:

$$[0378] \quad H_X = |f_x/f_p|$$

[0379] 类似地,图 29 所示的第二截面中的第二准直放大率 H_Y 表达为:

$$[0380] \quad H_Y = |f_y/f_p|$$

[0381] 在图 28 和 29 中,第二透镜阵列 425 比第一透镜阵列 424 更远离第二焦点 P2,从而:

[0382] $|f_y| > |f_x|$

[0383] 由此,

[0384] $H_Y > H_X$

[0385] 因此,来自光束聚集器的光束以在第一和第二截面中的不同压缩率被压缩,并由此转换为在这些截面中具有不同宽度(或直径)的光束。

[0386] 例如,如果 $f_{23} = -50\text{mm}$, $f_x = 150\text{mm}$, $L_1 = 50\text{mm}$, $f_y = 200\text{mm}$, $L_2 = 100\text{mm}$, 则 f_x 和 f_y 如下所示:

[0387] $f_x = -150\text{mm}$

[0388] $f_y = -200\text{mm}$ 。

[0389] 因此,

[0390] $H_X/H_Y = |f_x/f_y| = 0.75$

[0391] 实施例 8 的改进例子

[0392] 图 30 和 31 示出图 28 和 29 所示的实施例 8 的改进例子。

[0393] 在这些图中,附图标记 401 表示光源,421a 表示椭圆反射镜,423a 表示具有旋转对称形状的负透镜,424a 表示第一透镜阵列,425a 表示第二透镜阵列。405 表示偏振转换元件,406 表示聚光透镜,407 表示偏振分束器 (PBS),408 表示反射成像元件,409 表示投影透镜。

[0394] 在图 30 中,光源 401 设置在椭圆反射镜 421a 的第一焦点 P1,来自光源 401 的光束聚集在椭圆反射镜 421a 的第二焦点 P2。椭圆反射镜 421a 构成光束聚集器。

[0395] 从椭圆反射镜 421a 的顶点 T 到其第二焦点 P2 的距离对应于光束聚集器的焦距 f_p 。

[0396] 设置在椭圆反射镜 421a 和第二焦点 P2 之间的负透镜 423a 的负屈光力使光束准直。

[0397] 在图 30 所示的第一截面中,第一透镜阵列 424a 和第二透镜阵列 425a 没有屈光力。也就是说,透镜单元均匀设置在透镜阵列 424a 和 425a 中。因此,负透镜 423a 构成第一 (XZ) 截面中的准直器。

[0398] 在图 31 所示的第二 (YZ) 截面中,第一透镜阵列 424a 具有负屈光力的透镜阵列形状,第二透镜阵列 425a 具有正屈光力的透镜阵列形状。

[0399] 如果从上述形状获得的第一和第二透镜阵列 424a 和 425a 的焦距为 f_{y1} 和 f_{y2} ,则第一和第二透镜阵列 424a 和 425a 设置为使得它们的对应于焦距 f_{y1} 和 f_{y2} 的焦点在点 R1 相互重合。由此,光束被第一透镜阵列 424a 发散,然后由第二透镜阵列 425a 在第二截面中再次准直。

[0400] 因此,负透镜 423a 和第一、第二透镜阵列 424a、425a 构成在第二截面中的准直器。

[0401] 该准直器的焦距 f_x 和 f_y 由负透镜 423a 的焦距 f_{23} 和第一、第二透镜阵列 424a、425a 的焦距 f_{y1} 、 f_{y2} 确定。

[0402] 在图 30 所示的第一截面中,准直器的焦距 f_x 与负透镜 423a 的焦距相同,即 $f_x = f_{23}$ 。

[0403] 在图 31 所示的第二截面中,如果第一透镜阵列 424a 的焦距是 f_{y1} ,第二透镜阵列 425a 的焦距是 f_{y2} ,则从三个光学元件 423a、424a、425a 的合成焦距获得的准直器的焦距 f_y 为:

[0404] $f_y = f_{23} \times |f_{y2}/f_{y1}|$ 。

[0405] 在这种情况下,图 30 所示的第一截面中的第一准直放大率 HX 表达为:

[0406] $HX = |f_x/f_p|$ 。

[0407] 类似地,图 31 所示的第二截面中的第二准直放大率 HY 表达为:

[0408] $HY = |f_y/f_p|$ 。

[0409] 在图 31 中示出 $|f_{y2}| > |f_{y1}|$,从而:

[0410] $|f_y| > |f_x|$,

[0411] 由此,

[0412] $HY > HX$ 。

[0413] 因此,来自光束聚集器 421a 的光束以在第一和第二截面中的不同压缩率被压缩,并由此转换为在这些截面中具有不同宽度(直径)的光束。

[0414] 实施例 9

[0415] 图 32 和 33 示出使用实施例 9 的包括照明光学系统的用于图像投影的光学系统的投影仪的配置。图 32 示出第一截面(或 XZ 截面),图 33 示出第二截面(或 YZ 截面)。

[0416] 在图 32 和 33 中,与图 22 和 23 相同的元件标以相同的附图标记。

[0417] 在这些图中,附图标记 401 表示光源,432 表示椭圆反射镜,433 表示第一透镜阵列,434 表示第二透镜阵列。405 表示偏振转换元件,406 表示聚光透镜,407 表示偏振分束器(PBS),408 表示反射成像元件,409 表示投影透镜,410 表示相位片。

[0418] 虚线 o 表示照明光学系统的参考轴(或光轴),其与椭圆反射镜 432 的旋转对称轴以及聚光透镜 406 的光轴重合。但是,这些轴不是必须彼此重合。

[0419] 在该实施例中,光源 401 设置在椭圆反射镜 432 的第一焦点 P1,来自光源 401 的光束聚集在椭圆反射镜 432 的第二焦点 P2。椭圆反射镜 432 构成光束聚集器。

[0420] 从椭圆反射镜 432 的顶点 T 到其第二焦点 P2 的距离对应于光束聚集器的焦距 f_p 。

[0421] 第二透镜阵列 434 的入射侧表面具有在图 32 所示的第一(XZ)截面中具有负屈光力的柱面形状。

[0422] 如果从上述形状获得的第二透镜阵列 434 的焦距是 f_x ,则与第二焦点 P2 相距 f_x 的第二透镜阵列 434 在该(XZ)截面中使光束准直。

[0423] 因此,第二透镜阵列 434 构成在第一(XZ)截面中的准直器。

[0424] 第一透镜阵列 433 的出射侧表面具有在图 33 所示的第二(YZ)截面中具有负屈光力的柱面形状。

[0425] 如果从上述形状获得的第一透镜阵列 433 的焦距是 f_y ,则与第二焦点 P2 相距空气转换距离 f_y 的第一透镜阵列 433 在该第二截面中使光束准直。

[0426] 因此,第一透镜阵列 433 构成在第二(YZ)截面中的准直器。

[0427] 在这种情况下,图 32 所示的第一截面中的第一准直放大率 HX 表达为:

[0428] $HX = |f_x/f_p|$ 。

[0429] 类似地,图 33 所示的第二截面中的第二准直放大率 HY 表达为:

[0430] $HY = |f_y/f_p|$ 。

[0431] 在图 32 和 33 中,第一透镜阵列 433 设置在比第二透镜阵列 434 更远离第二焦点 P2 的位置,从而:

[0432] $|f_y| > |f_x|$,

[0433] 由此,

[0434] $HY > HX$ 。

[0435] 当 $f_p = 200\text{mm}$, $f_x = 90\text{mm}$, $f_y = 150\text{mm}$ 时,

[0436] $HX = 0.45$

[0437] $HY = 0.75$, 而

[0438] $HX/HY = 0.6$ 。

[0439] 由此,来自光束聚集器的光束在第一和第二截面中以不同压缩率被压缩,并由此转换为在这些截面中具有不同宽度(直径)的光束。

[0440] 实施例 10

[0441] 图 34 示出使用三个反射成像元件以及一个在实施例 7 至 9 中描述的照明光学系统的投影仪。

[0442] 该实施例的投影仪如图 34 所示是三板类型的投影仪,其中颜色分离元件 501 设置在偏振分束器 471 和 472 之间,颜色组合元件 502 设置在偏振分束器 471、472 和投影透镜 409 之间。

[0443] 在图 34 中,与图 22 和 23 中相同的元件标以相同的附图标记。

[0444] 在图 34 中,附图标记 503、504、505 分别表示用于绿色(G)、红色(R)和蓝色(B)的反射成像元件。附图标记 506、507、508 表示用于 G、R、B 的半相位片。附图标记 471 表示用于 G 的偏振分束器,472 表示用于 R 和 B 的偏振分束器。附图标记 509 表示色选择性相位差板。

[0445] 可以使用透射成像元件来代替反射成像元件。在使用透射成像元件的情况下,优选两个相互垂直的截面方向中光束宽度比例较小的那个方向用于该成像元件的相对较低对比度一侧。

[0446] 在实施例 7 至 9 的每一个中,在计算光束的压缩率时,优选将光束准直器视为不管方向如何都具有恒定焦距,而且从反射镜到具有共同(common)正屈光力的光学元件的光学系统可以看作是光束压缩系统。

[0447] 实施例 11

[0448] 图 35 和 36 示出来自抛物面反射镜 RF 的光束由在 XZ 截面和 YZ 截面中具有不同正屈光力(f_x , f_y)的复曲面透镜 TL 聚集。

[0449] 图 37 和 38 示出在图 35 和 36 中示出的光学系统的折光力配置。

[0450] 在该光学系统中,如图 37 和 38 所示,可以认为在 XZ 和 YZ 截面中弱正屈光力一侧的焦距(f_y)用作共同的焦距,而在图 37 所示的 XZ 截面中强正屈光力一侧的焦距(f_x)通过其间没有间隔地设置焦距为 f_y 的正透镜和焦距为 f_x' 的正透镜来形成。

[0451] 如果通过认为焦距 f_x' 是准直器的一部分来计算合成焦距,则上述每个实施例中的条件都可适用于这种情况。

[0452] 当使用高强度光源时,由于热量问题,反射镜的尺寸不能减小。因此,当例如使用

强度高于 30 瓦特的灯和对角尺寸为 1 英寸或更小的小型成像元件时,缩小光束宽度对增加光使用效率很有效。在这种情况下,优选准直放大率 HY 满足以下条件:

[0453] $HY < 1$

[0454] 根据上述各实施例,可以实现以高对比度投影亮图像的光学系统和包含该光学系统的图像投影装置。

[0455] 实施例 12

[0456] 图 40A 和 40B 示出本发明实施例 12 的用于图像投影的光学系统。该实施例示出来自光源或反射镜的光束的直径(或宽度)被扩大的配置。这种配置尤其是对于光源或反射镜的外径很小的情况很有效。

[0457] 尽管可以用高压水银灯作为该实施例的光源,但是小型光源如氙灯和激光光源特别适用于该实施例。具体地说,该实施例适用于反射镜的外径或者激光光源的激光振荡区域的尺寸小于成像元件的有效区域(或图像显示区域)的尺寸的情况。此外,该实施例特别适用于反射镜的外径或者激光振荡区域的尺寸等于或小于成像元件的有效区域尺寸的一半的情况。

[0458] 图 40A 示出平行于液晶板(或图像显示元件或成像元件)的短边的 XZ 截面,在该 XZ 截面中光束的扩展率(或转换率)小于在后面描述的 YZ 截面中的扩展率。图 40B 示出平行于液晶板的长边的 YZ 截面,在该 YZ 截面中光束的扩展率(或转换率)大于在 XZ 截面中的扩展率。

[0459] 附图标记 1001 表示径向发射光束的光源(或发光点)。附图标记 1002 表示将光源 1001 射出的光束转换为平行光束的抛物面反射镜(抛物面镜)。附图标记 1003 表示将来自抛物面反射镜 1002 的光束转换为发散光束的凹透镜(或第一光学元件)。可以使用椭圆反射镜来代替抛物面反射镜 1002,而且光源 1001 和反射镜 1002 之间的位置关系可以设置为使得由该反射镜 1002 反射的光束变成发散光束。

[0460] 在图 40A 所示的 XZ 截面中,附图标记 1004 表示由多个微型透镜单元(或多个微型柱面透镜单元)组成的第一透镜阵列。第一透镜阵列 1004 使发散光束准直(即将该发散光束转换为平行光束),并将其分为多个光束。附图标记 1005 表示由多个微型透镜单元组成并将多个分开的光束引入后面的偏振转换元件阵列 1006 的第二透镜阵列。

[0461] 附图标记 1007 表示聚光透镜,1008 表示偏振分束器,1009 表示四分之一相位板,1010 表示液晶板,1011 表示投影透镜。这些元件的功能与上述实施例的相同,因此省略其描述。

[0462] 在图 40B 所示的 YZ 截面中,附图标记 1004 表示由多个微型透镜单元组成并使发散光束没有改变地射出的第一透镜阵列。也就是说,第一透镜阵列 1004 对光束没有准直效果。第一透镜阵列 1004 将发散光束分为多个光束。

[0463] 附图标记 1005 表示由多个微型透镜单元组成的第二透镜阵列。第二透镜阵列 1005 使发散光束准直(即将该发散光束转换为平行光束),并将其引入后面的偏振转换元件阵列 1006。附图标记 1007 至 1011 表示与图 40A 所示的 XZ 截面中相同的元件,因此省略其描述。

[0464] 在该实施例中,进入液晶板 1010 的板表面的光束在图 40B 示出的平行于液晶板 1010 的长边的 YZ 截面(或第二截面)中的角分布大于其在图 40A 所示的平行于液晶板

1010 的短边的 XZ 截面（或第一截面）中的角分布。

[0465] 该实施例具有准直器（或第二和第三光学元件）1004、1005，换句话说光源 1001 和偏振分束器 1008 之间的扩展系统，该准直器分别在照明光学系统中相互垂直的第一（XZ）和第二（YZ）截面中扩展光束。通过准直器 1004 在第一截面中获得的扩展率（或准直放大率）以及通过准直器 1005 在第二截面中获得的扩展率互不相同。

[0466] 光束的扩展是通过光束发散器（或凹透镜）1003 增加该光束的直径（换句话说说是宽度）、然后由准直器 1004 或 1005 使该光束准直的光学作用。

[0467] 扩展率定义为在紧接从准直器 1004 或 1005 射出后的位置处的光束直径 L （在 XZ 截面中是 L_x ，在 YZ 截面中是 L_y ）与在被光束发散器 1003 扩展之前的光束直径 L_r 之比 L/L_r 。

[0468] 当第一截面中的扩展率为 α ，而第二截面的扩展率为 β 时，

[0469] $\alpha = L_x/L_r$

[0470] $\beta = L_y/L_r$ ，

[0471] 其中，

[0472] $\alpha \neq \beta$

[0473] $\alpha < 1, \beta < 1$

[0474] $\alpha < \beta$

[0475] $\alpha/\beta < 1$

[0476] 也就是说，在图 40A 所示的第一截面中的扩展率 α 小于在图 40B 所示的第二截面中的扩展率 β 。

[0477] 例如，当 $L_r = 30\text{mm}$ ， $L_x = 12\text{mm}$ ，而 $L_y = 18\text{mm}$ 时，

[0478] $\alpha = 0.4$

[0479] $\beta = 0.6$

[0480] $\alpha/\beta = 0.67$ 。

[0481] 实施例 13

[0482] 图 41 和 42 示出实施例 13 的包括照明光学系统的用于图像投影的光学系统的 XZ 截面和 YZ 截面。

[0483] 在这些图中，附图标记 701 表示光源单元，703 表示第一透镜阵列，704 表示第二透镜阵列。附图标记 705 表示偏振转换元件，706 表示聚光透镜，707 表示偏振分束器（PBS），708 表示反射液晶板（或反射成像元件），709 表示投影透镜，710 表示相位片。

[0484] 光源单元 701 由可以发射高强度光的光源部分 714 和设置在光源单元 701 的光出射侧的凹透镜 715 构成。光源部分 714 包括发光元件如氙灯，在该发光元件中发光电极 711 和 712 与抛物面反射镜 713 集成地形成。从光源部分 714 发射的光束由凹透镜 715 转换为发散光束。

[0485] 虚线 o 表示照明光学系统的参考轴（或光轴），其与椭圆反射镜 713 的旋转对称轴以及聚光透镜 706 的光轴重合。但是，这些轴并非必须彼此重合。

[0486] 第一透镜阵列 703 在其入射侧具有在图 41 所示 XZ 截面中具有正屈光力的柱面形状。

[0487] 如果从上述形状获得的焦距为 f_x ，则将该形状的焦点基本上设置在凹透镜 715 的

焦点处将使光束在该 (XZ) 截面中准直。

[0488] 在图 41 中用粗虚线表示的光线经过每个透镜阵列的中心并被准直。从第一透镜阵列 703 开始所示的细实线表示被第一透镜阵列 703 分开的多个光束在反射液晶板 708 上重叠。也就是说,第一透镜阵列 703 是 XZ 截面中的准直器。

[0489] 第二透镜阵列 704 在其出射侧具有在图 42 所示 YZ 截面中具有正屈光力的柱面形状。

[0490] 如果从上述形状获得的焦距为 f_y ,则将该形状的焦点基本上设置在凹透镜 715 的焦点处将使光束在该 (YZ) 截面中准直。也就是说,第二透镜阵列 704 是 YZ 截面中的准直器。

[0491] 根据图 41 和 42,第二透镜阵列 704 设置在比第一透镜阵列 703 更远离凹透镜 715 的位置上,从而 f_x 和 f_y 满足以下关系:

[0492] $|f_y| < |f_x|$ 。

[0493] 因此,来自作为光束聚集器的抛物面反射镜 713 的光束被转换为在 XZ 和 YZ 截面中具有不同宽度(直径)的光束。

[0494] 在该实施例中,偏振转换元件 705 配置为使得在光束宽度较宽的第二截面方向上排列多个偏振转换元件部分。偏振分束器 707 配置为偏振分束表面在光束宽度较窄的第一截面的方向上折叠光束。这使得可以提高对比度而不会降低亮度。

[0495] 尽管图 41 和 42 示出第一和第二透镜阵列 703、704 的每一个在其一个表面上具有柱面形状而在另一个表面上具有透镜阵列形状的情况,但是柱面形状和透镜阵列形状可以相互集成地设置在同一个表面上。

[0496] 实施例 14

[0497] 图 43 示出用于在实施例 14 的用于图像投影的光学系统中的照明光学系统的光源单元。

[0498] 光源单元 721 具有这样的配置:从安装在诸如 LED 芯片或 LD(激光二极管)芯片上的光源 722 辐射出的发散光被凸透镜 723 转换为具有小发散角度的光束,并使其从该凸透镜射出。在图 43 中,射出的光由细实线表示。

[0499] 在只使用一个光源 721 时,光量可能不足,因此优选使用其中多个光源单元 721 如图 44 所示排列的光源单元 731。

[0500] 图 45 和 46 示出包括使用图 44 所示光源单元 731 的照明光学系统的用于图像投影的光学系统的 XZ 截面和 YZ 截面。在图 45 和 46 中,与实施例 13 相同的元件标以相同的附图标记,并且省略其描述。

[0501] 作为用于该实施例的光学系统的光源,可以使用没有电极的放电管。

[0502] 实施例 15

[0503] 图 47 示出用于在实施例 15 的用于图像投影的光学系统中的照明光学系统的另一个光源单元。

[0504] 在该实施例中,来自多个光源 842 的平行光束分别被具有对应于该多个光源 842 的多个透镜单元的透镜阵列 843 会聚一次,然后作为发散光束引入未示出的照明光学系统。该光束由细实线表示。

[0505] 此外,本发明不限于这些优选实施例,在不脱离本发明的范围的情况下可以作出

各种改变和变型。

[0506] 本申请要求基于 2006 年 6 月 8 日提交的日本专利申请 No. 2006-160000、2007 年 5 月 1 日提交的日本专利申请 No. 2007-120515 以及 2007 年 6 月 6 日提交的日本专利申请 No. 2007-150814 的外国优先权,通过引用将它们每一个的全文合并于此,就像在此完整地陈述了一样。

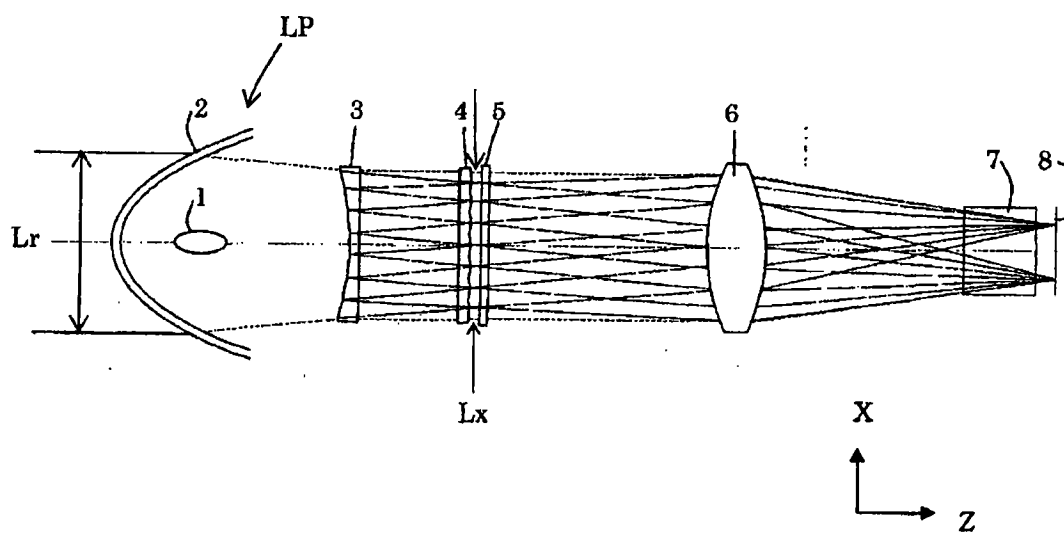


图 1

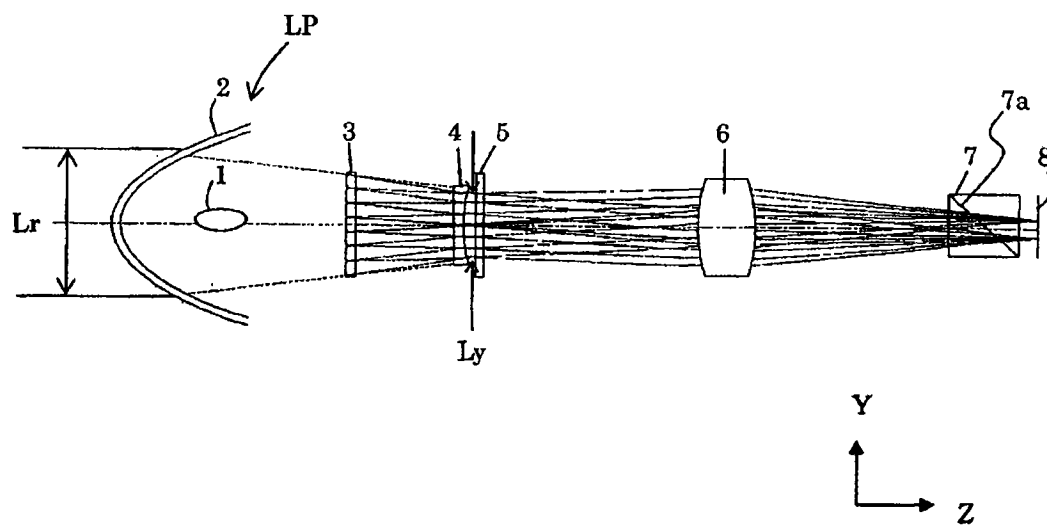


图 2

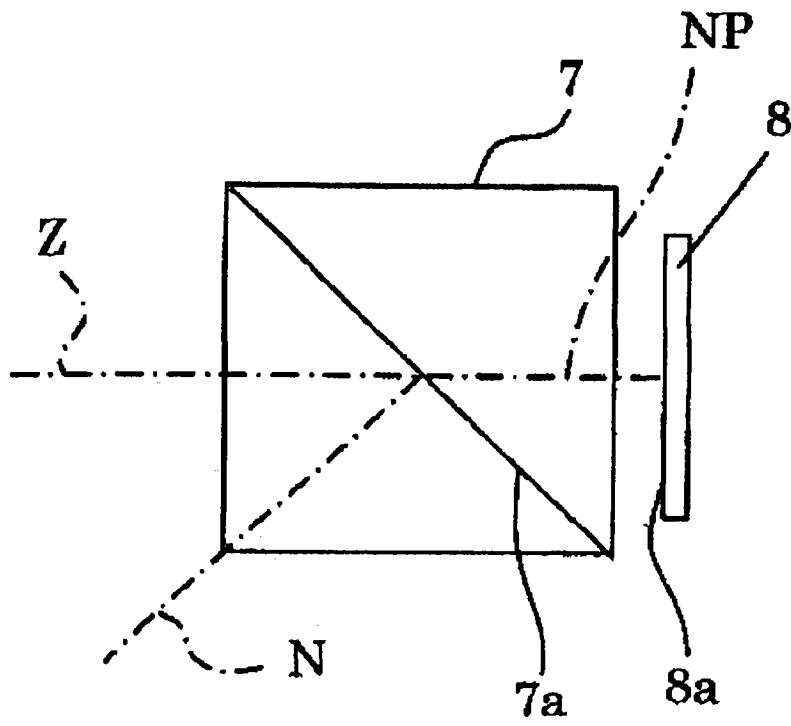


图 3

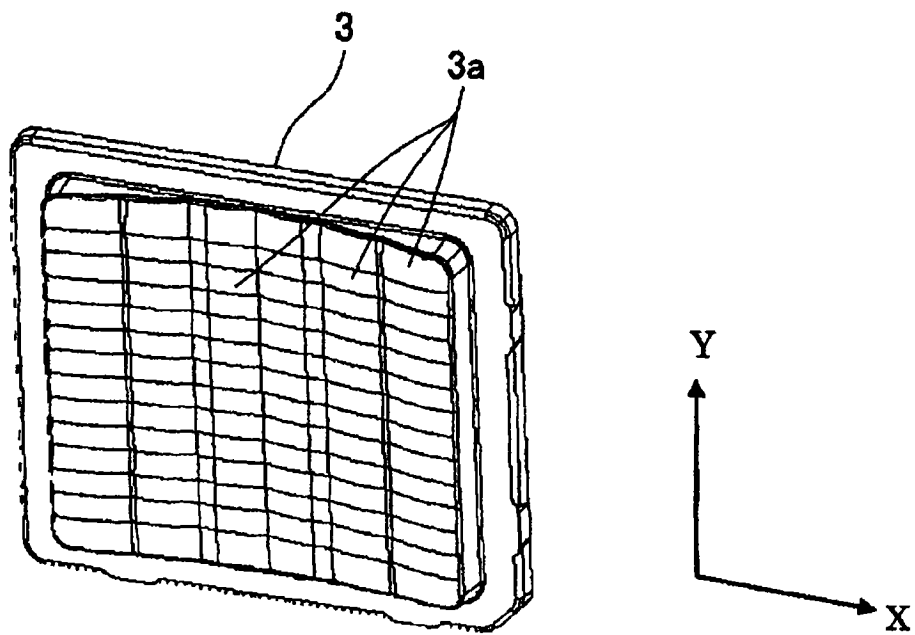


图 4

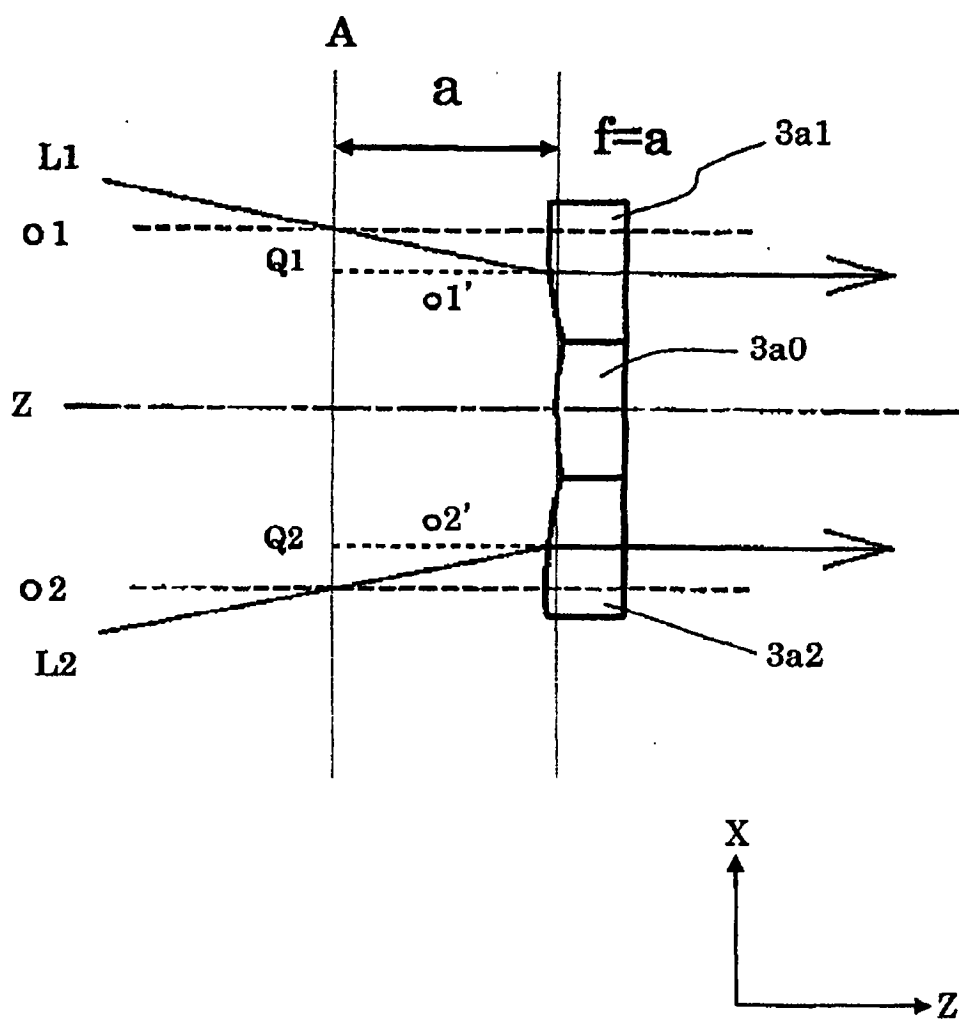


图 5

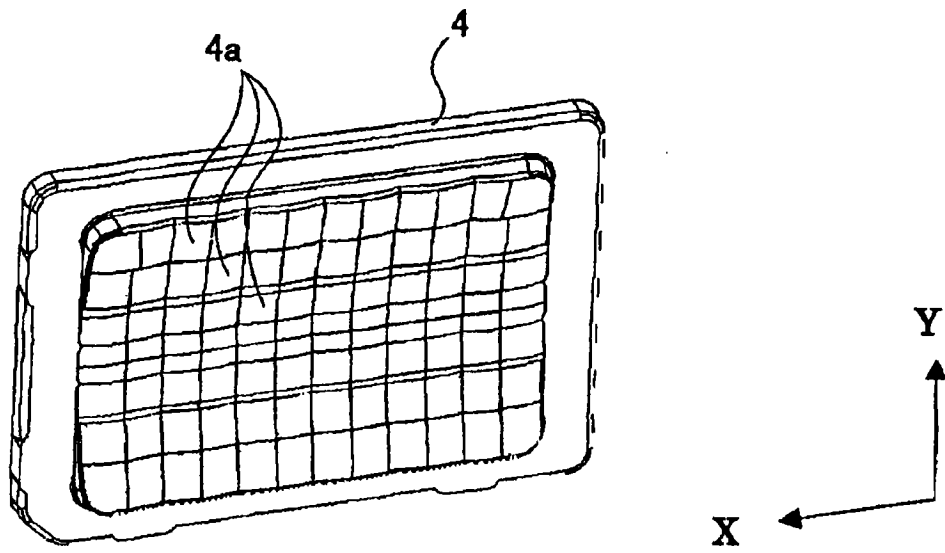


图 6

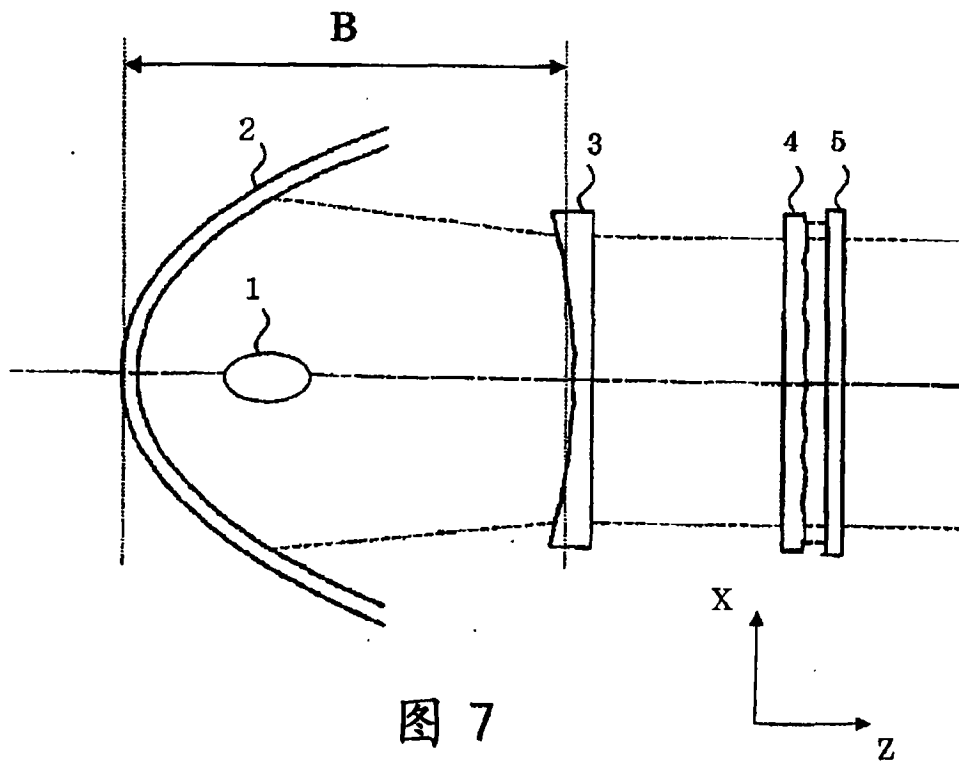
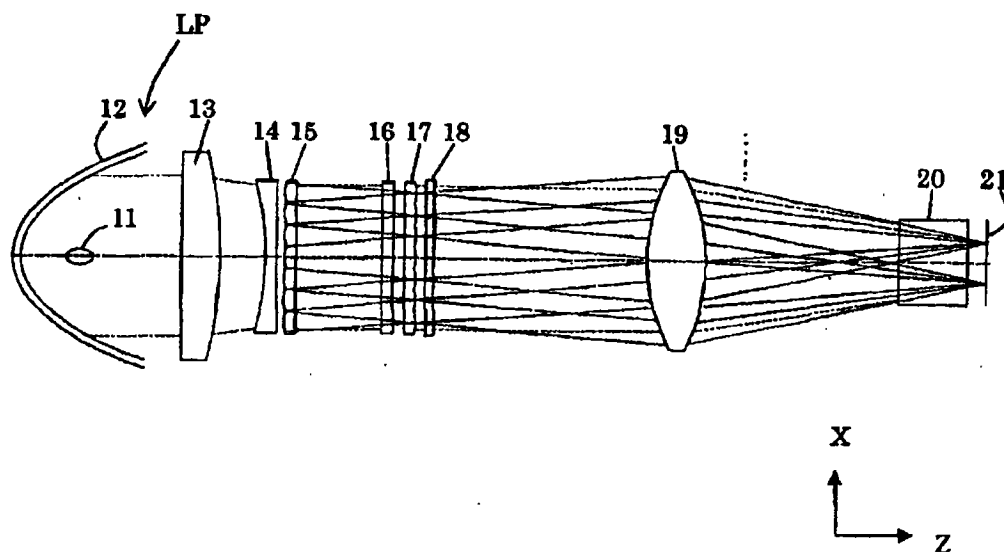
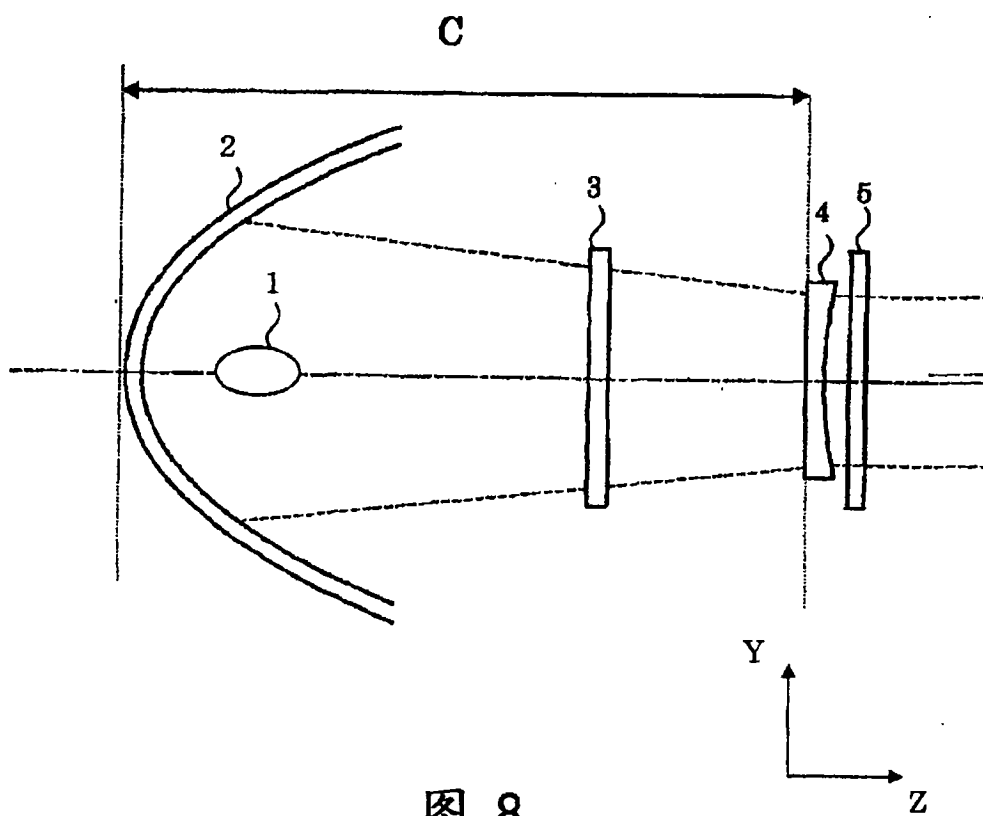


图 7



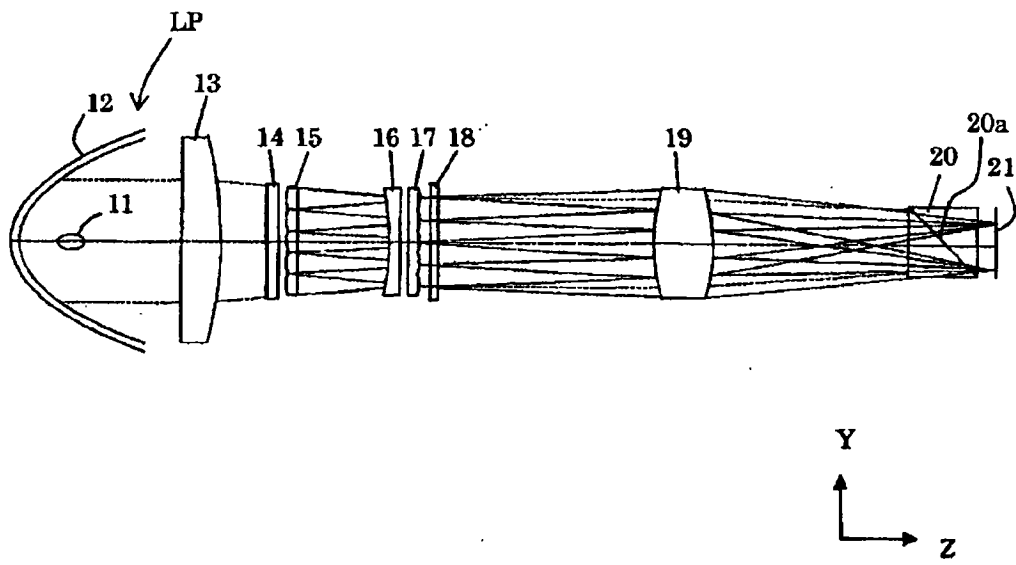


图 10

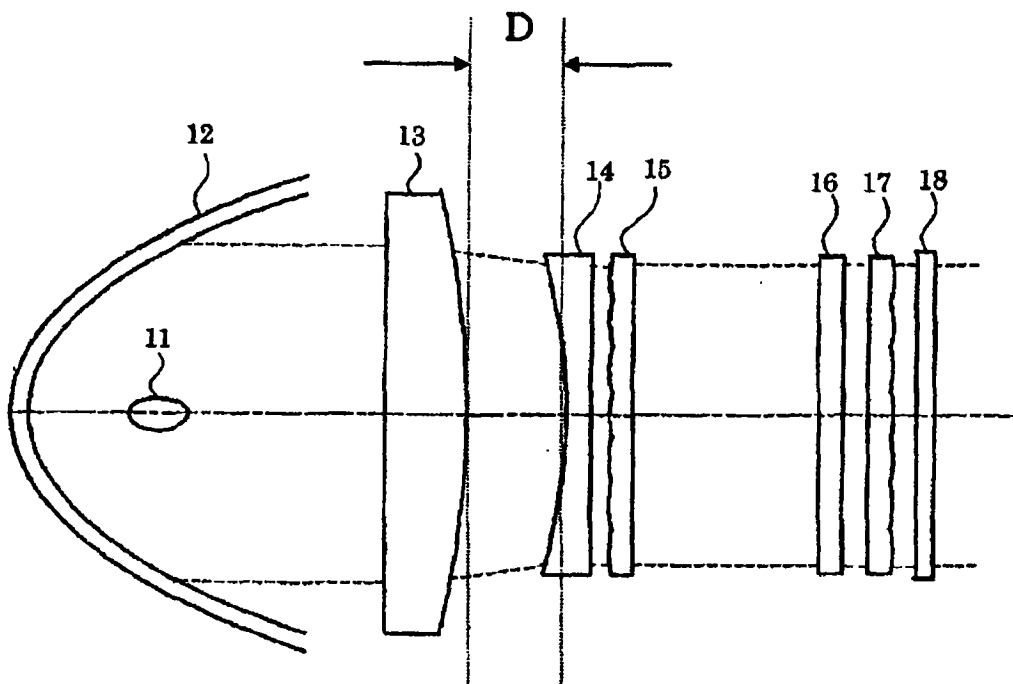


图 11

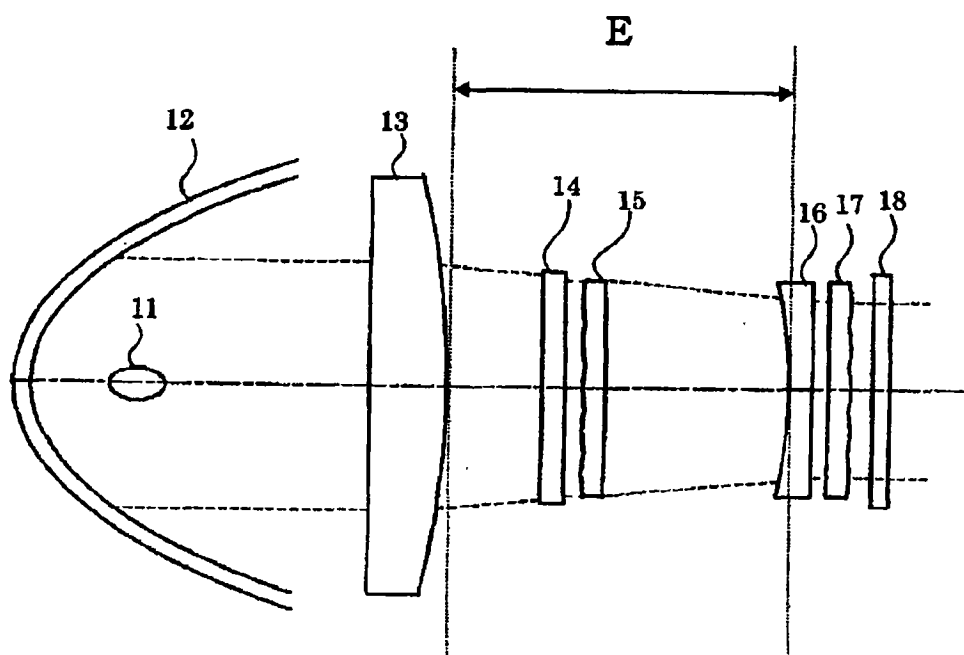


图 12

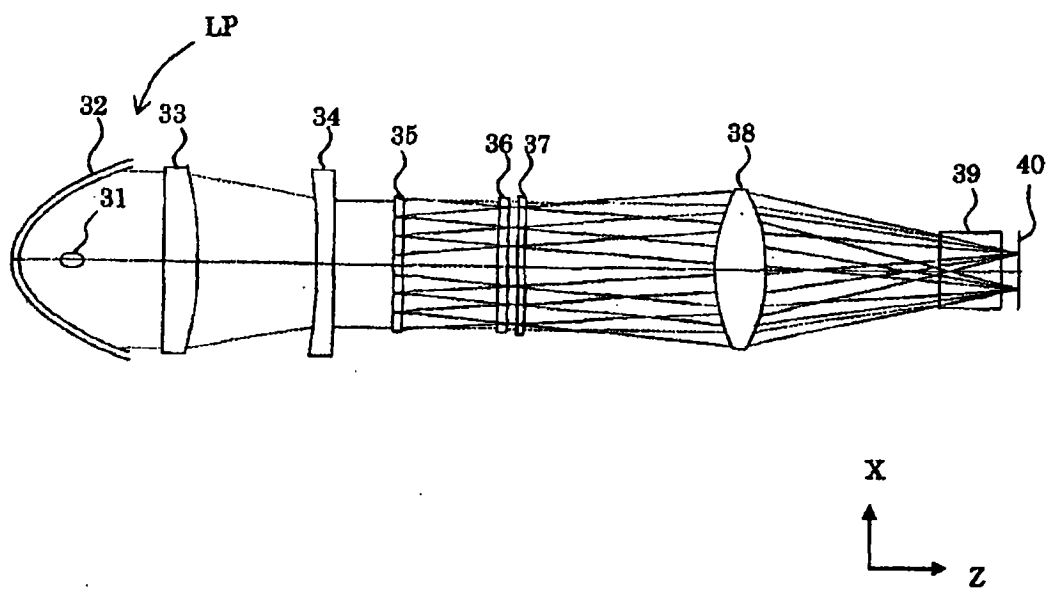


图 13

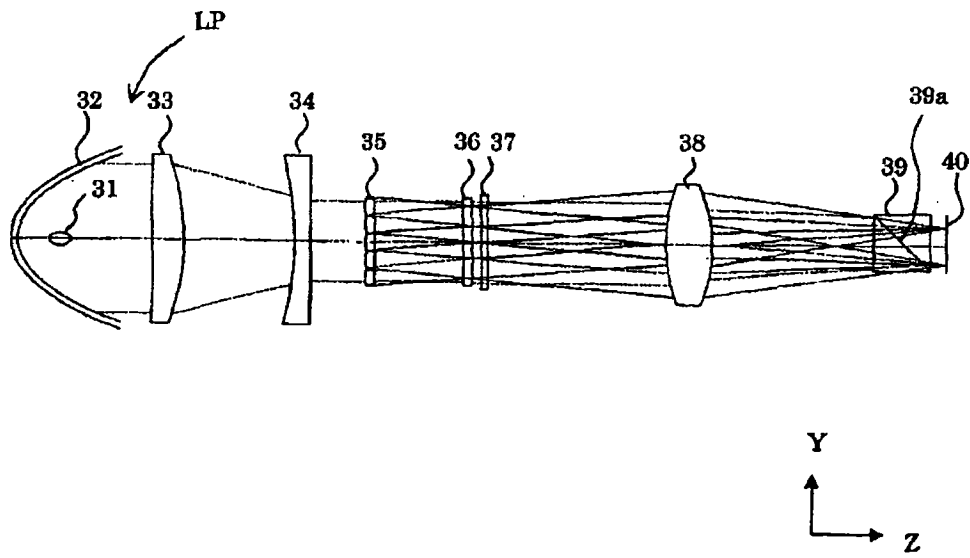


图 14

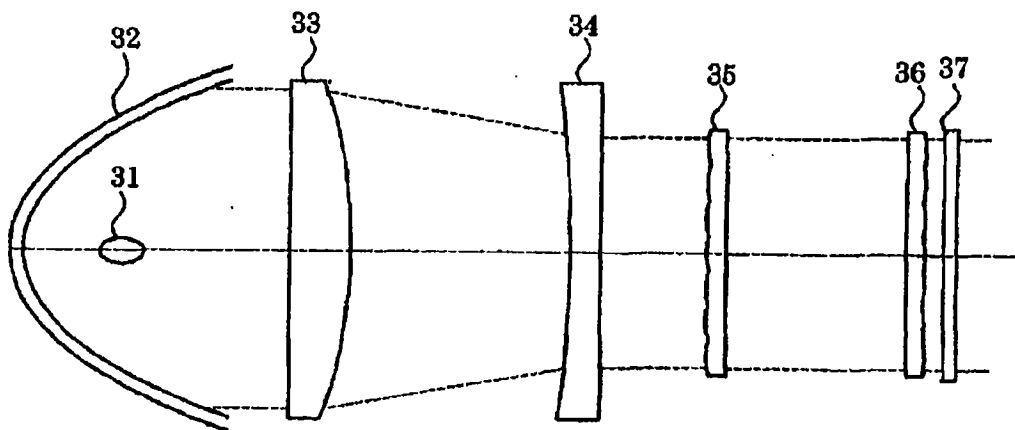


图 15

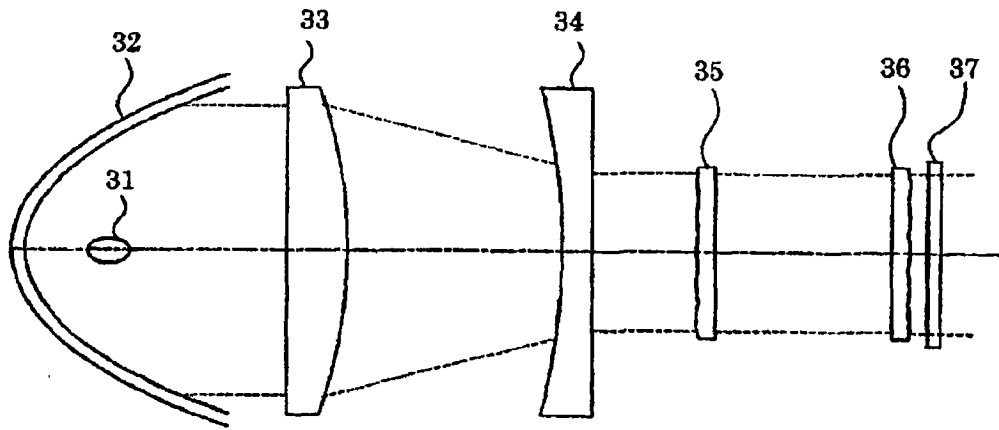


图 16

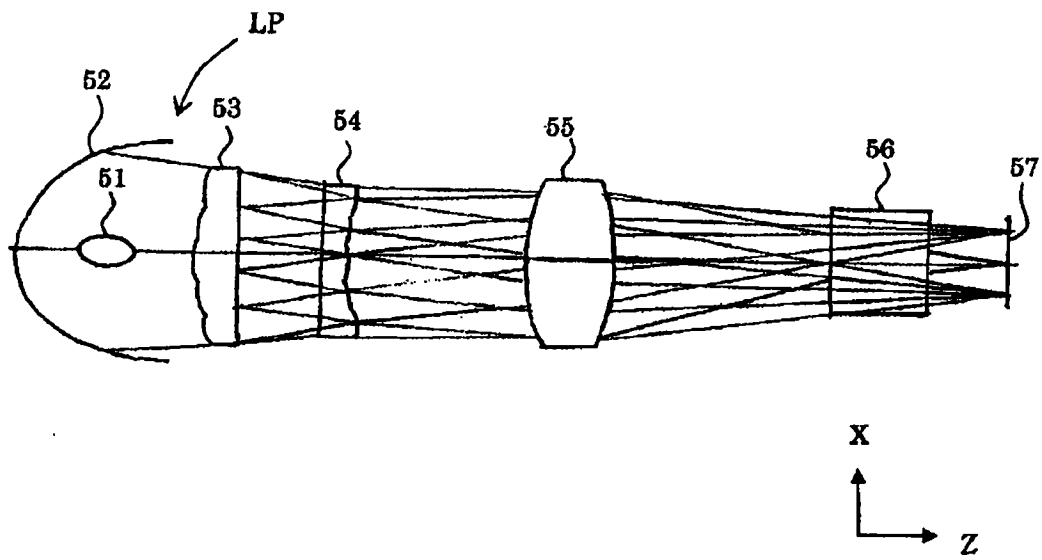


图 17

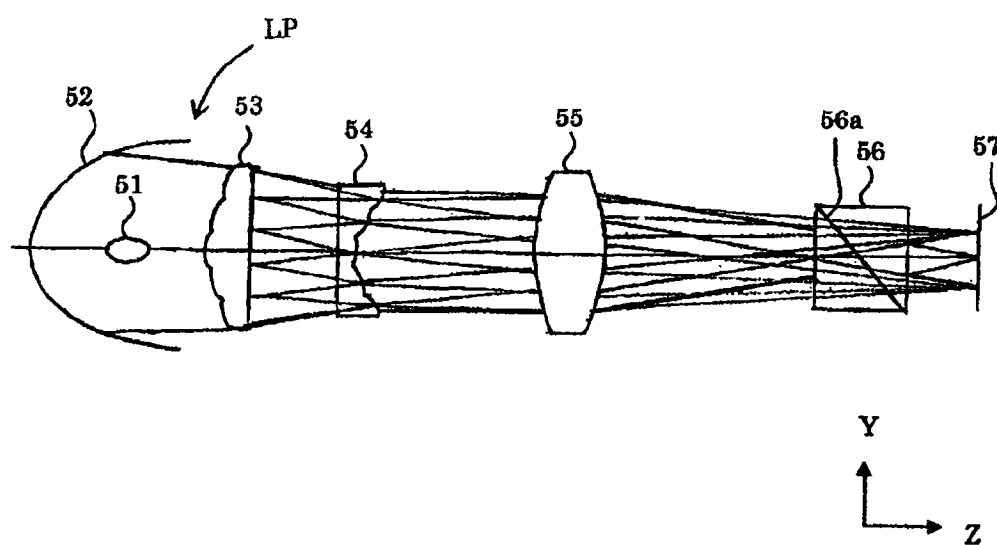


图 18

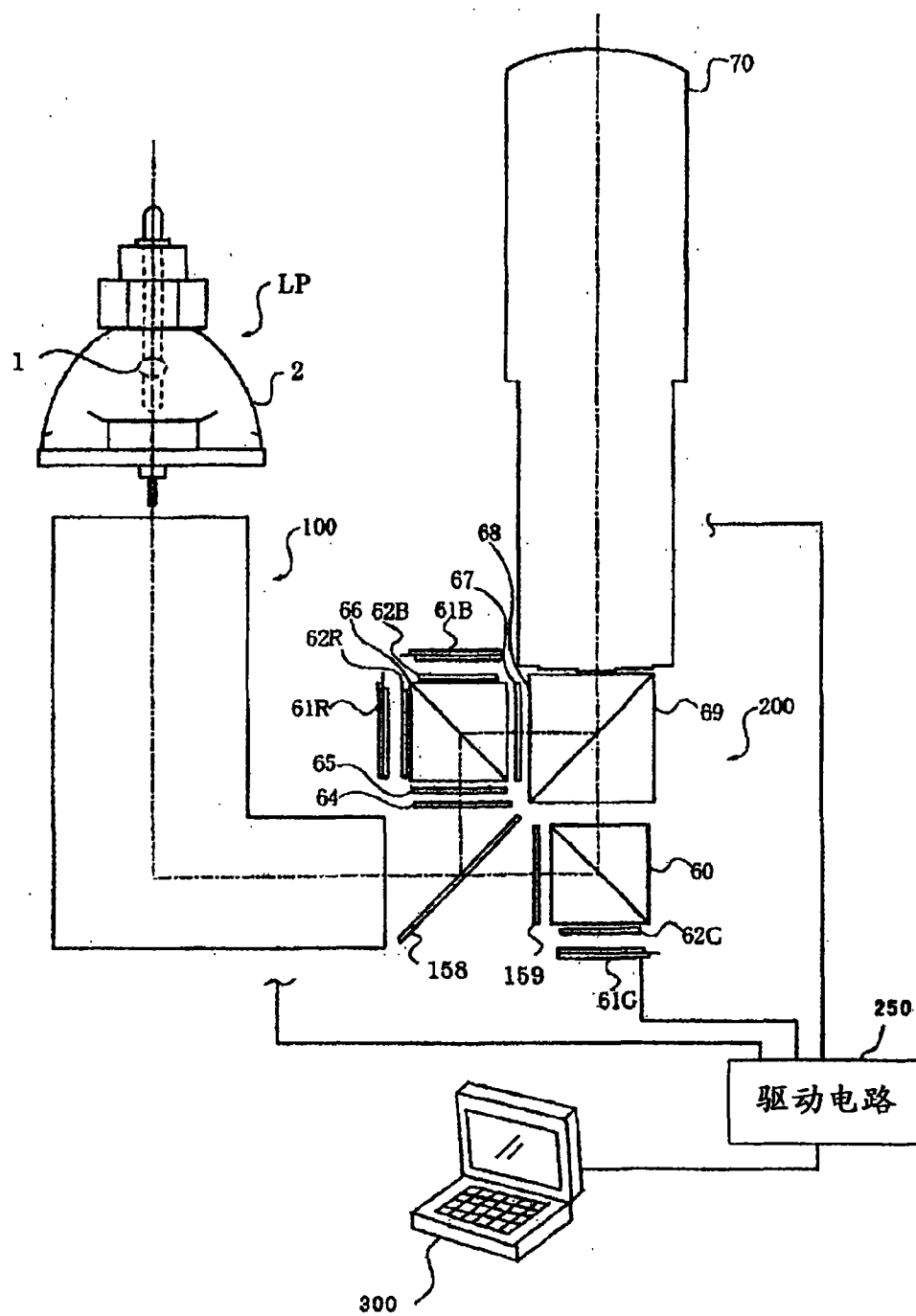


图 19

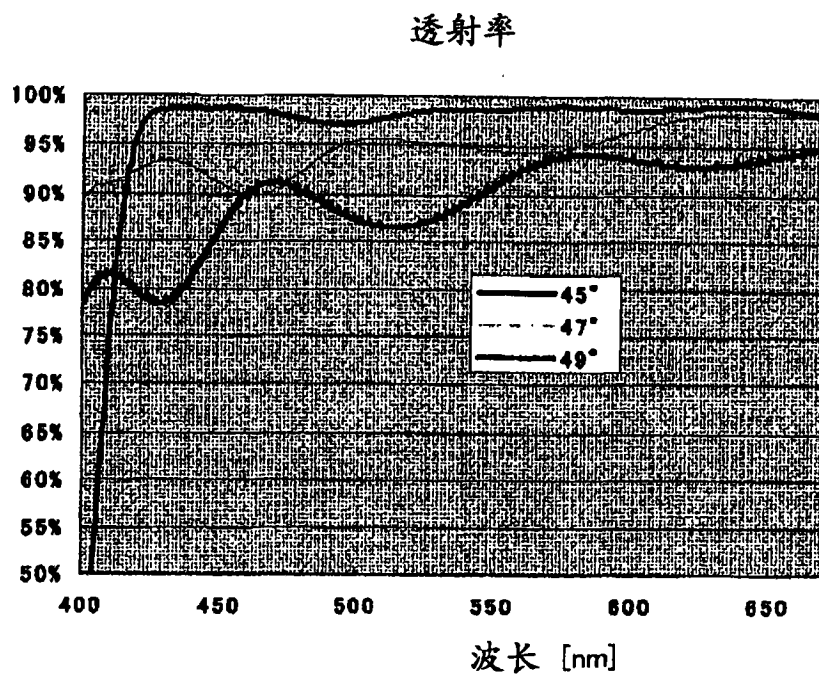


图 20

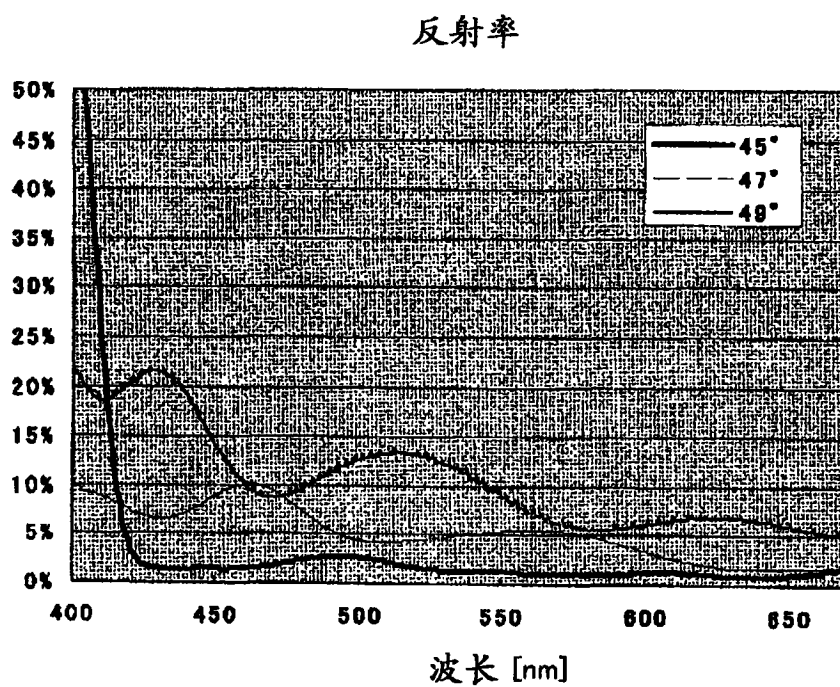


图 21

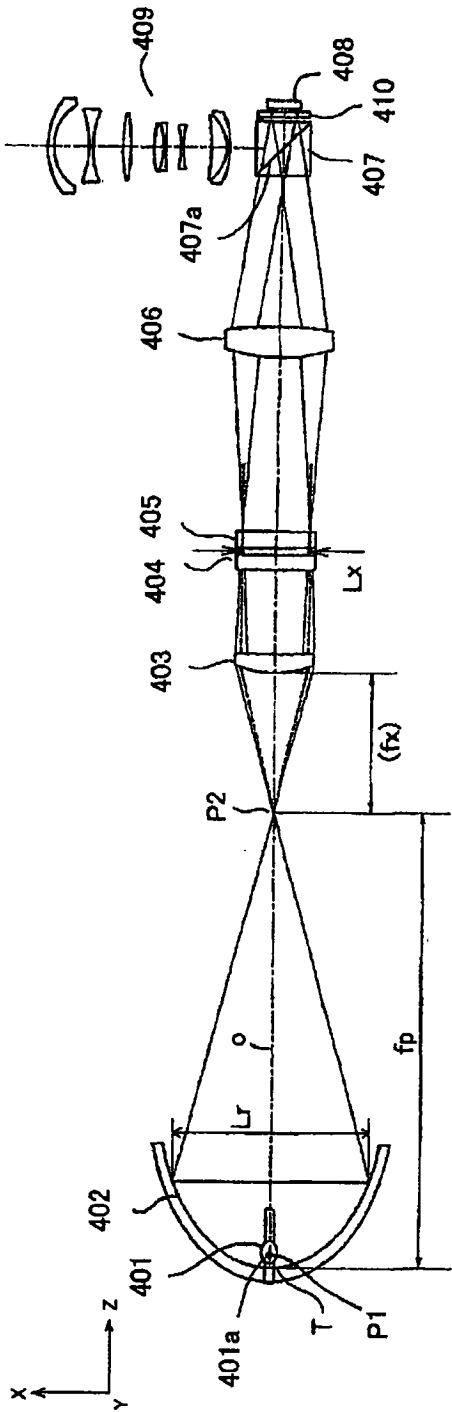


图 22

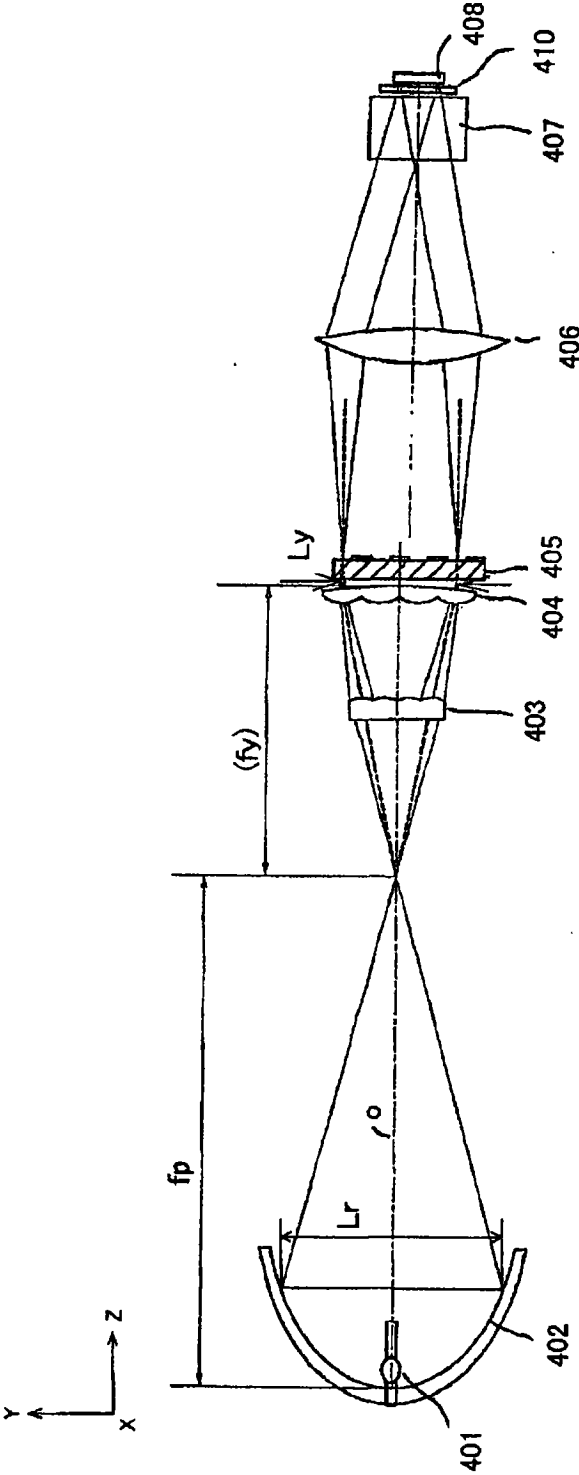


图 23

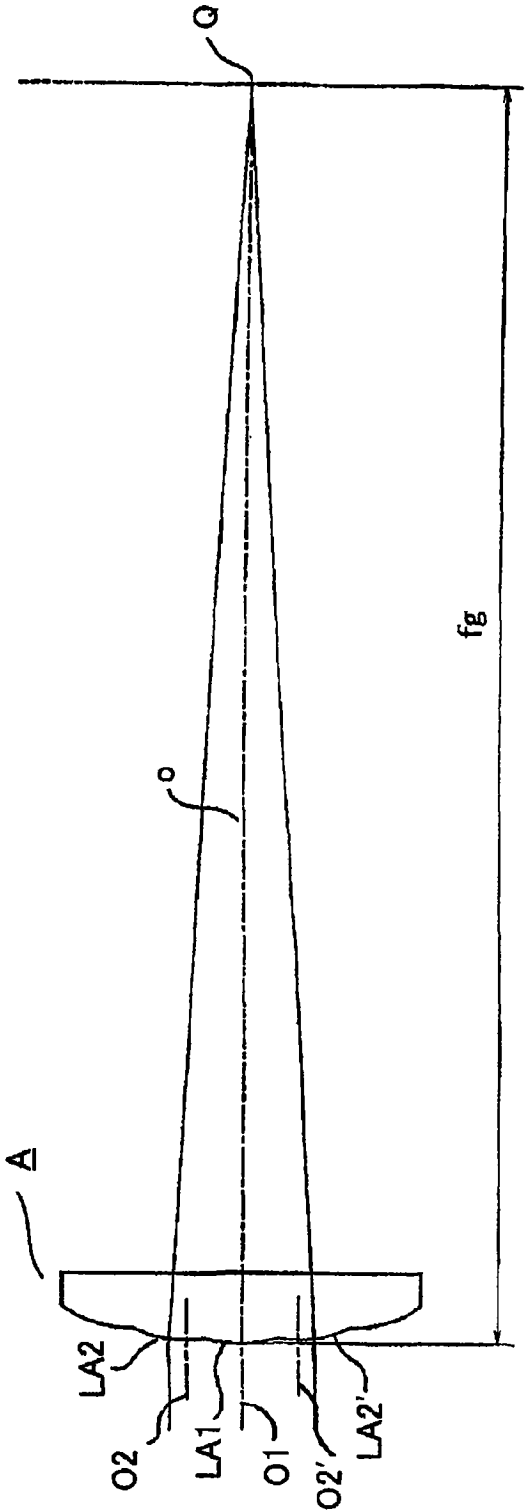


图 24

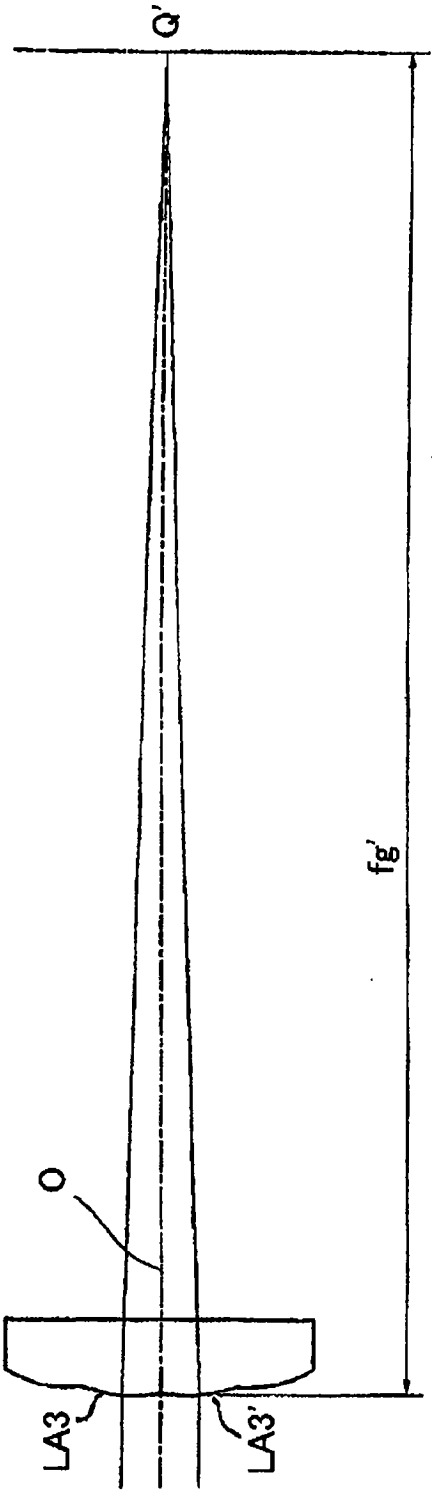


图 25

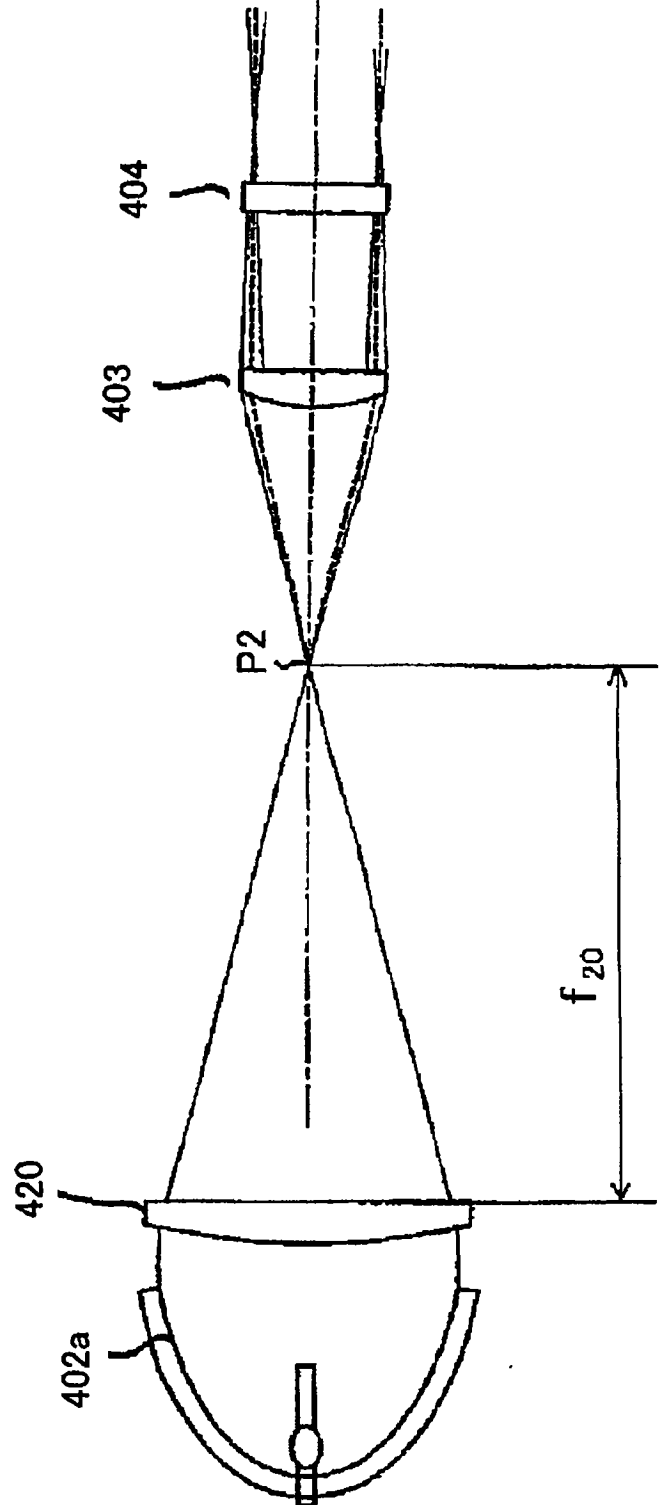


图 26

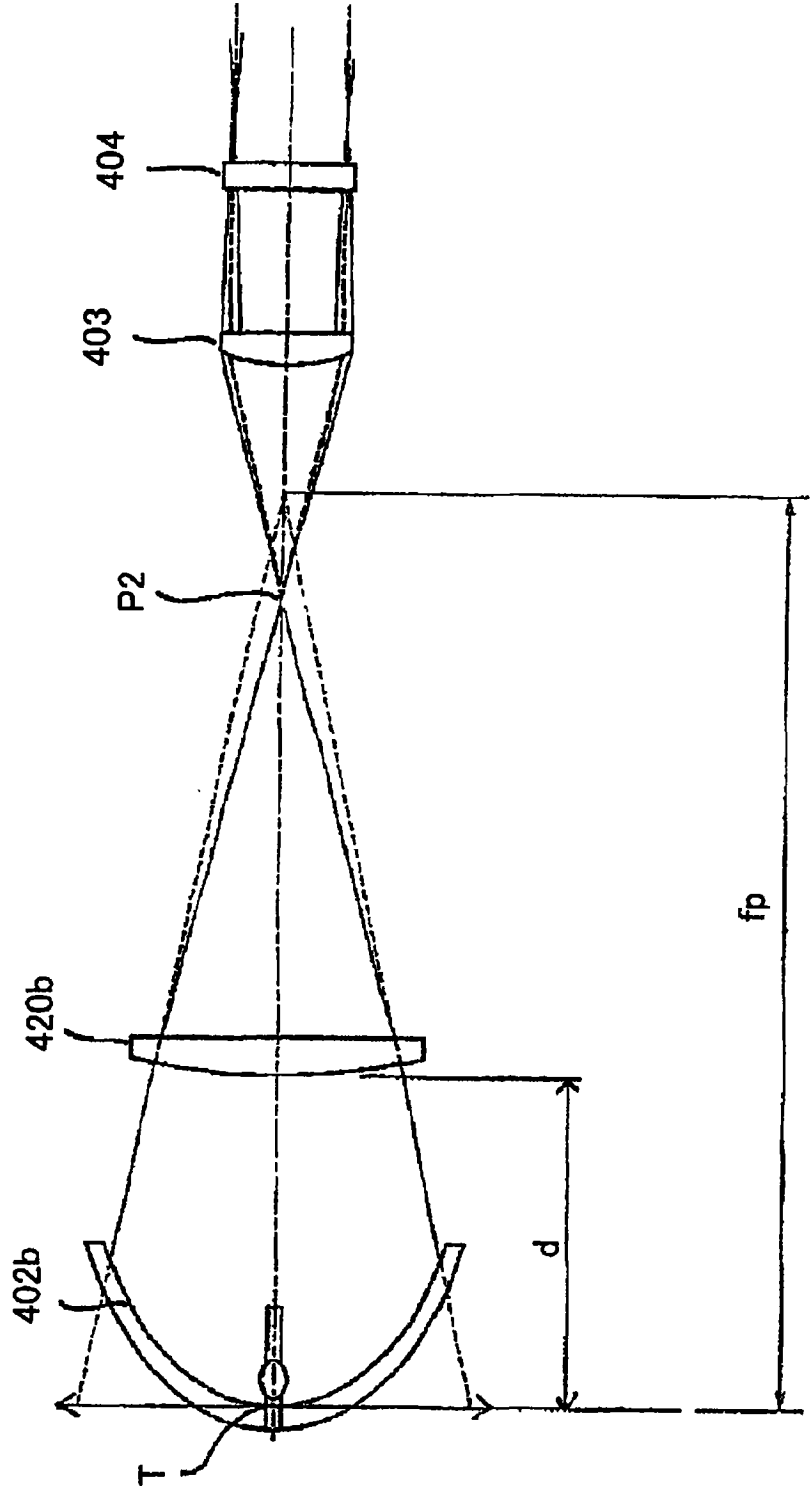


图 27

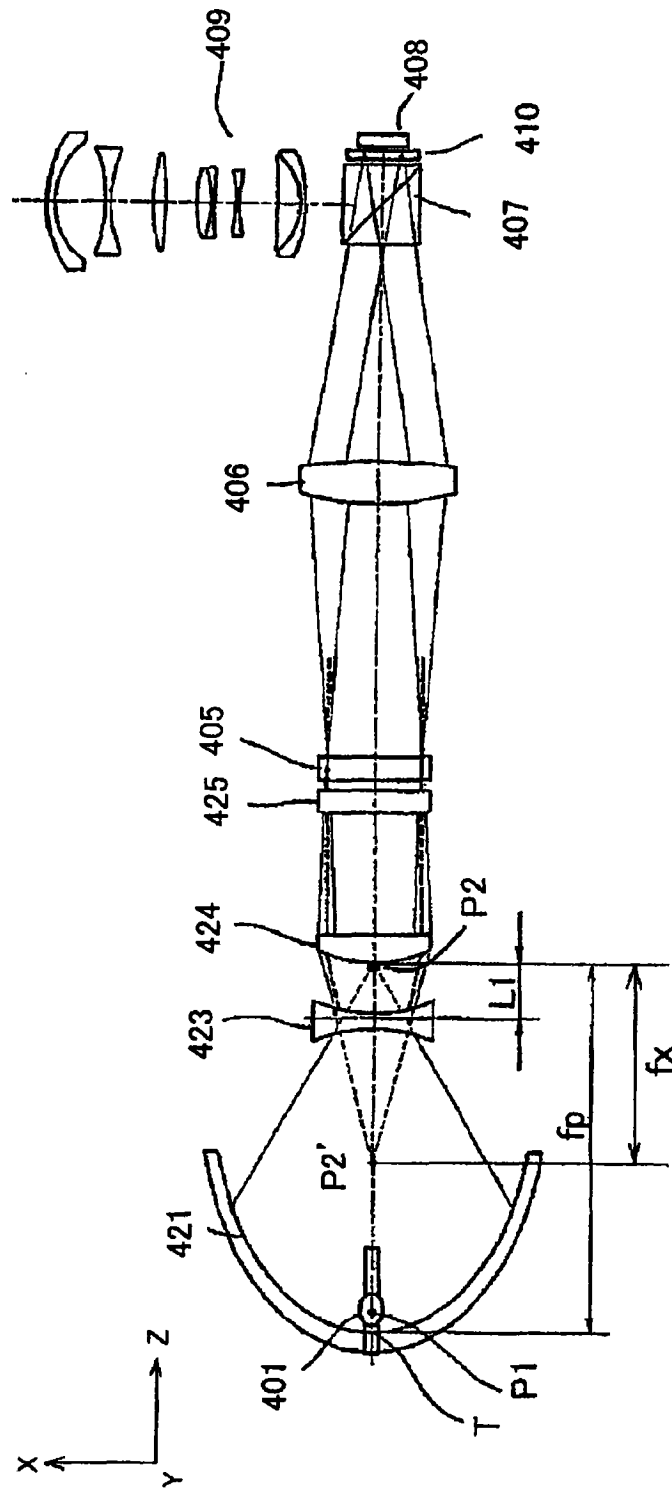


图 28

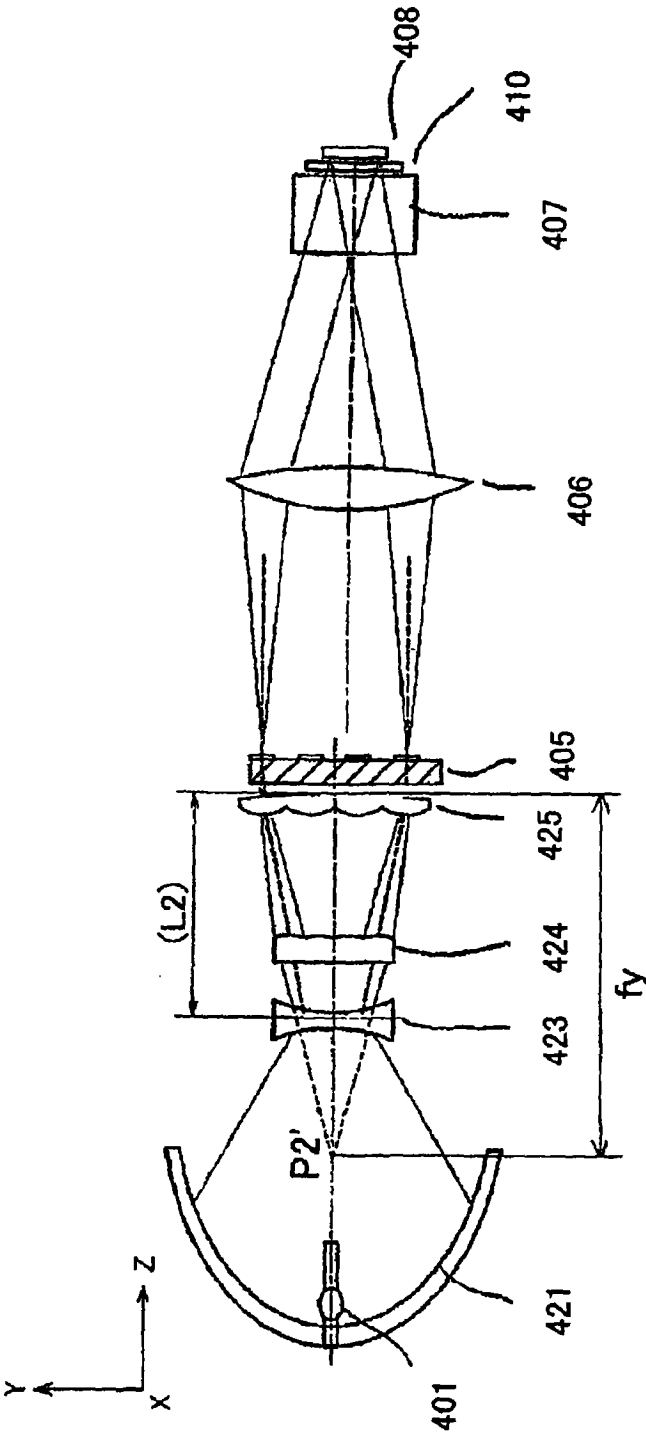


图 29

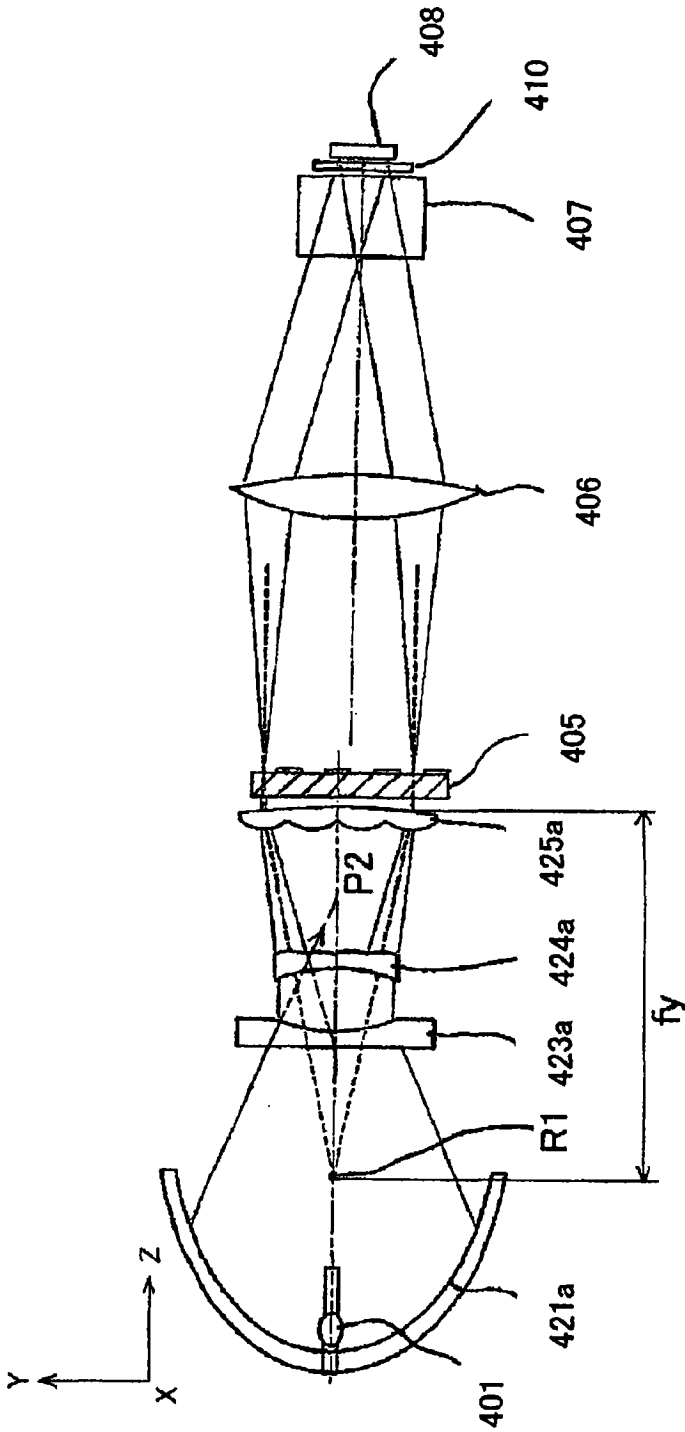


图 31

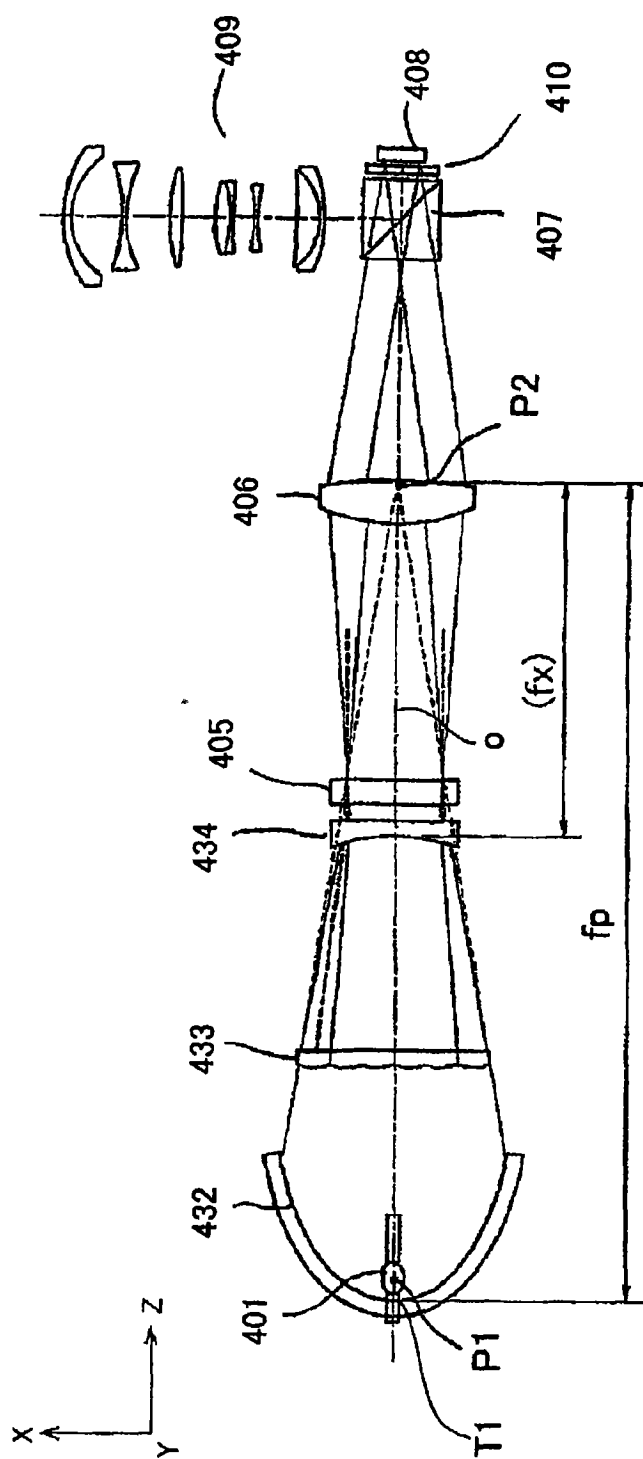


图 32

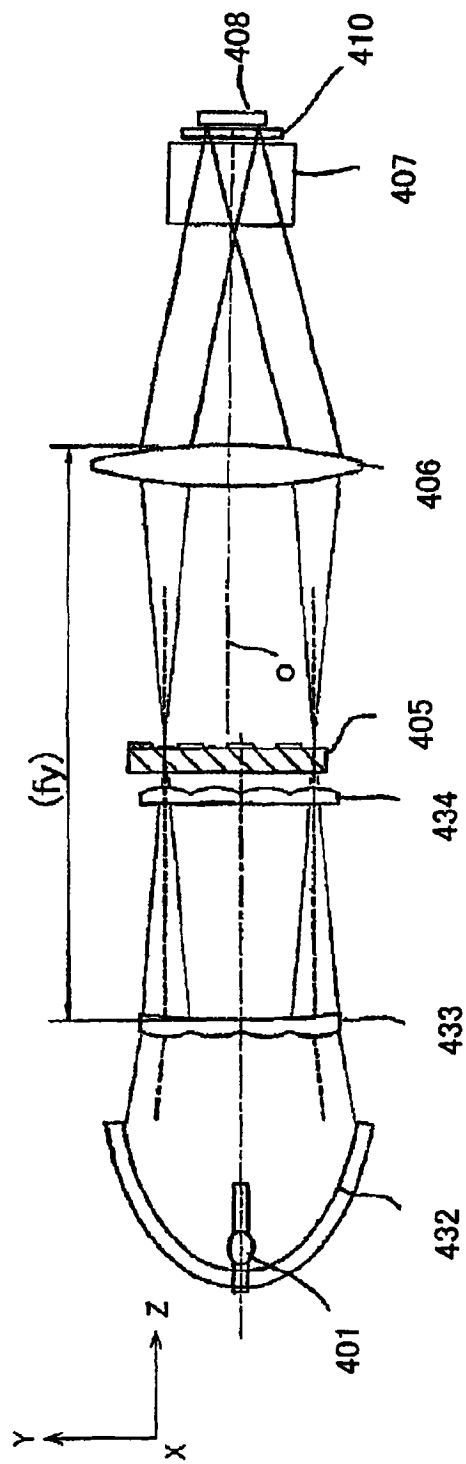


图 33

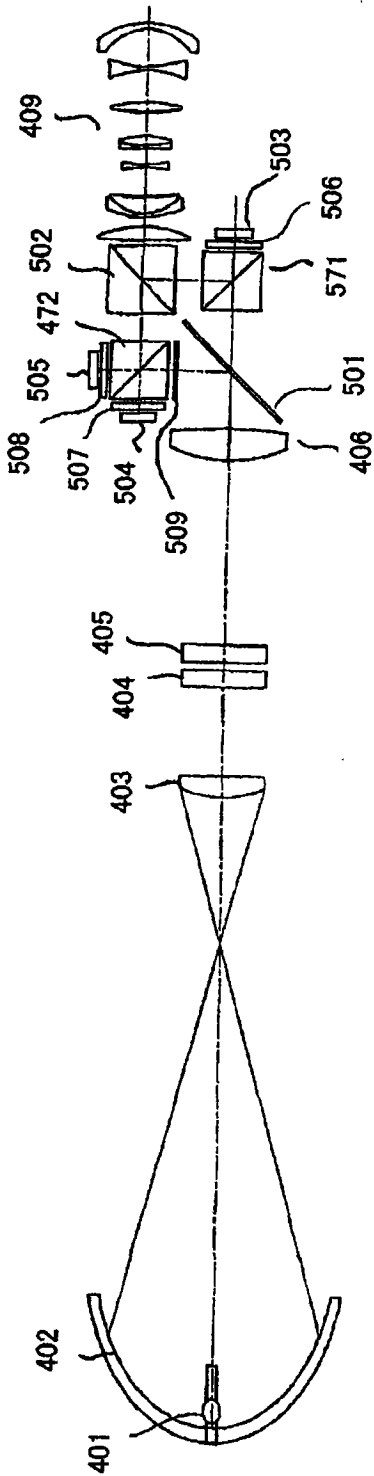


图 34

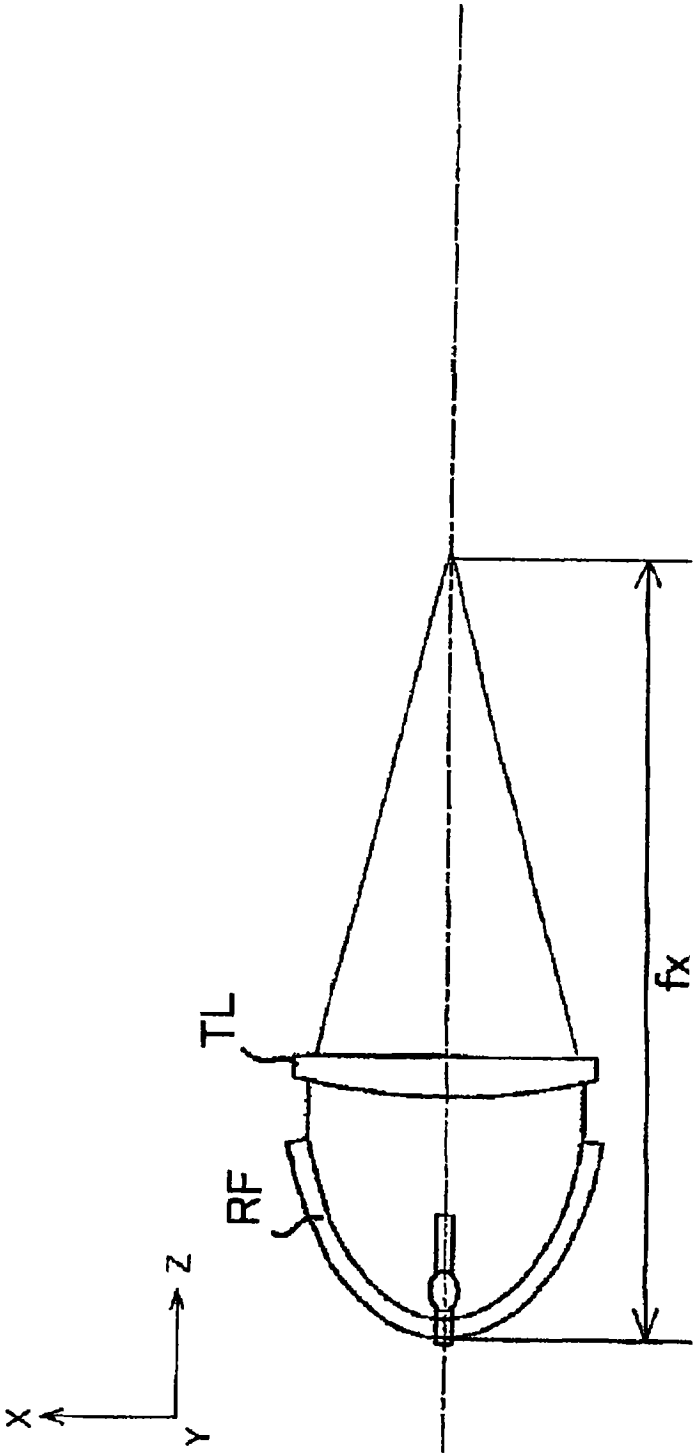


图 35

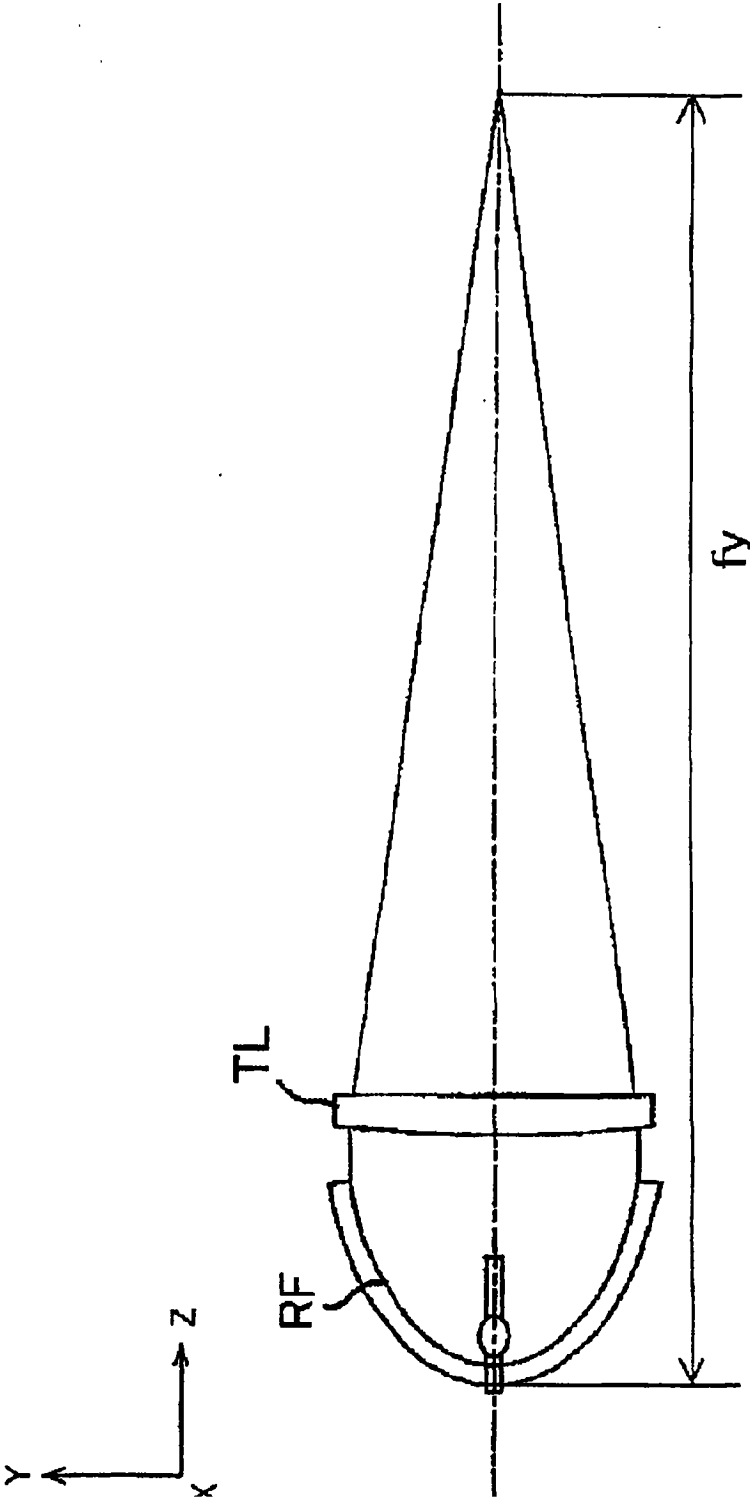


图 36

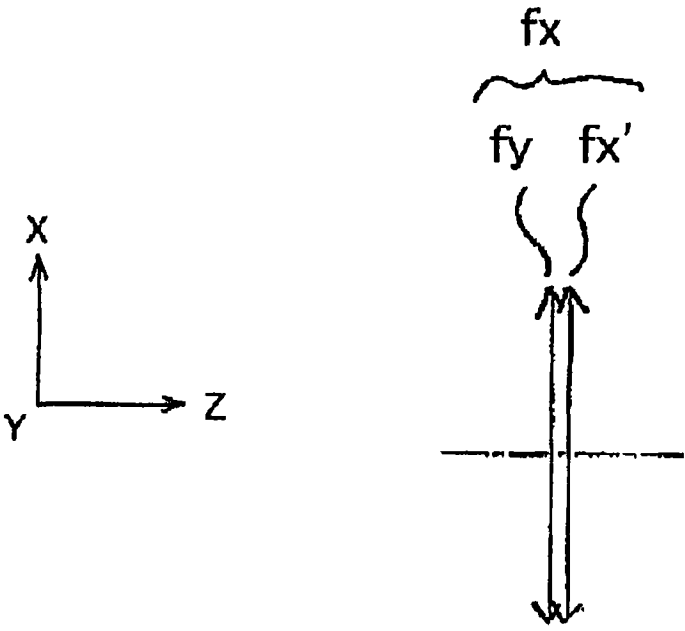


图 37

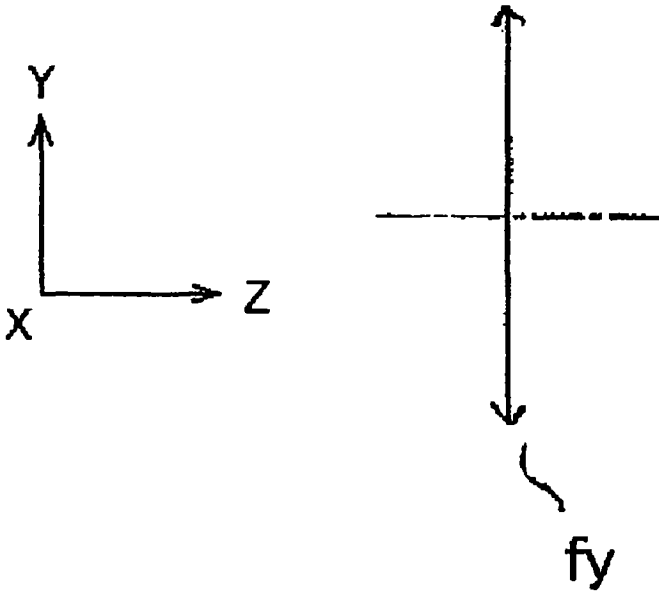


图 38

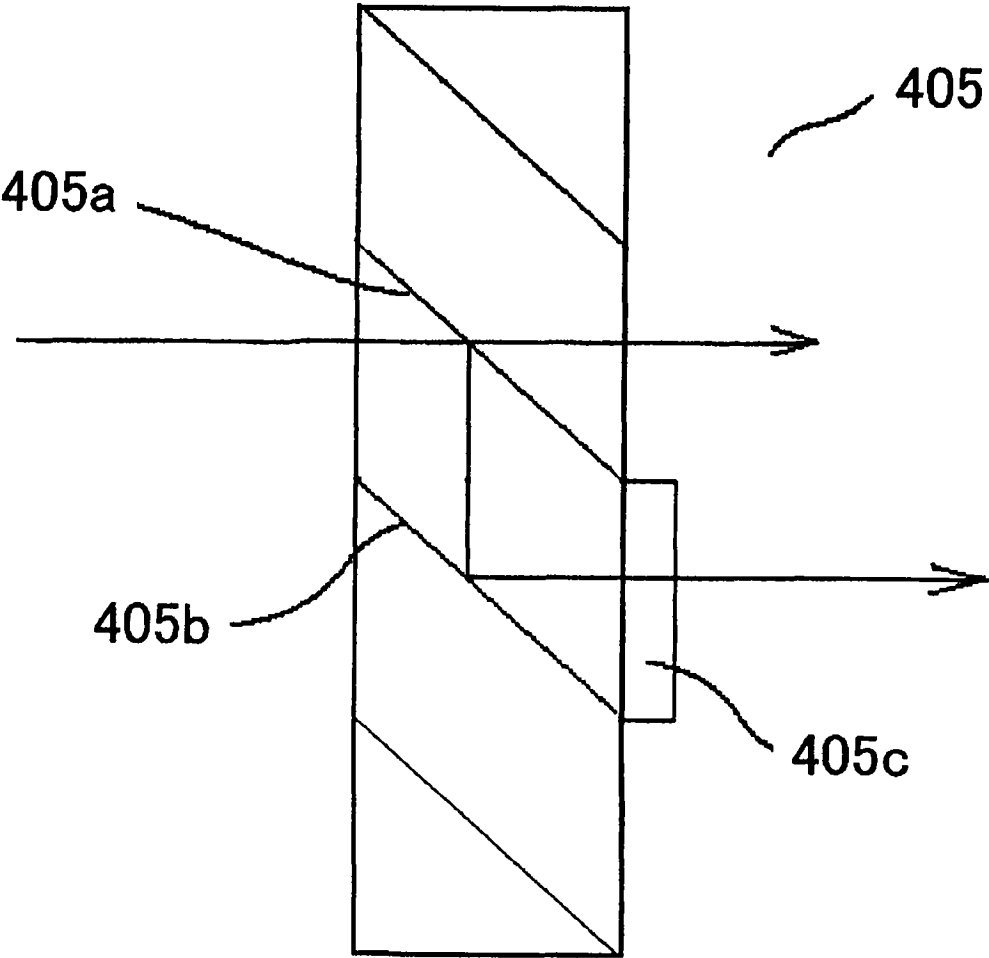
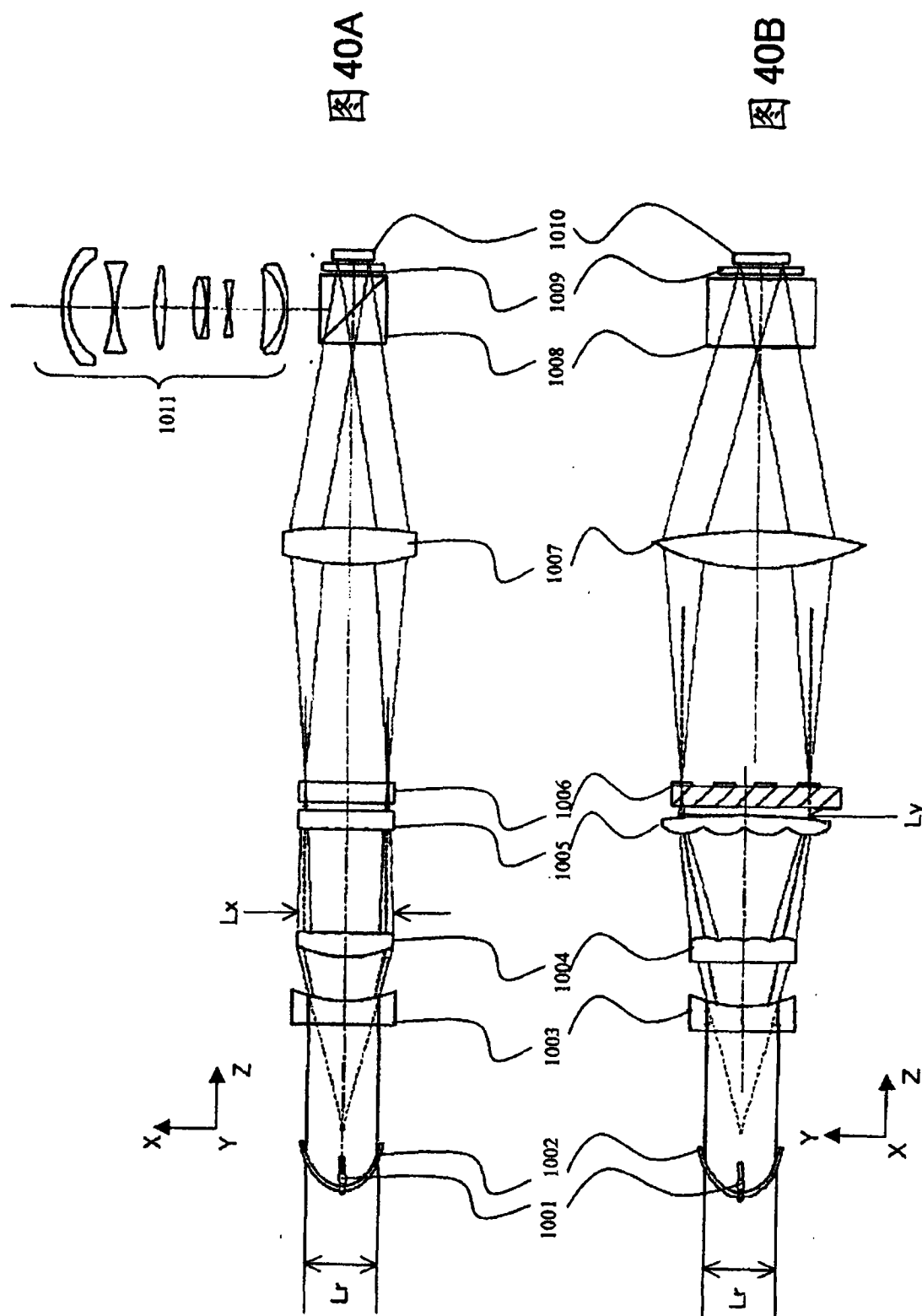


图 39



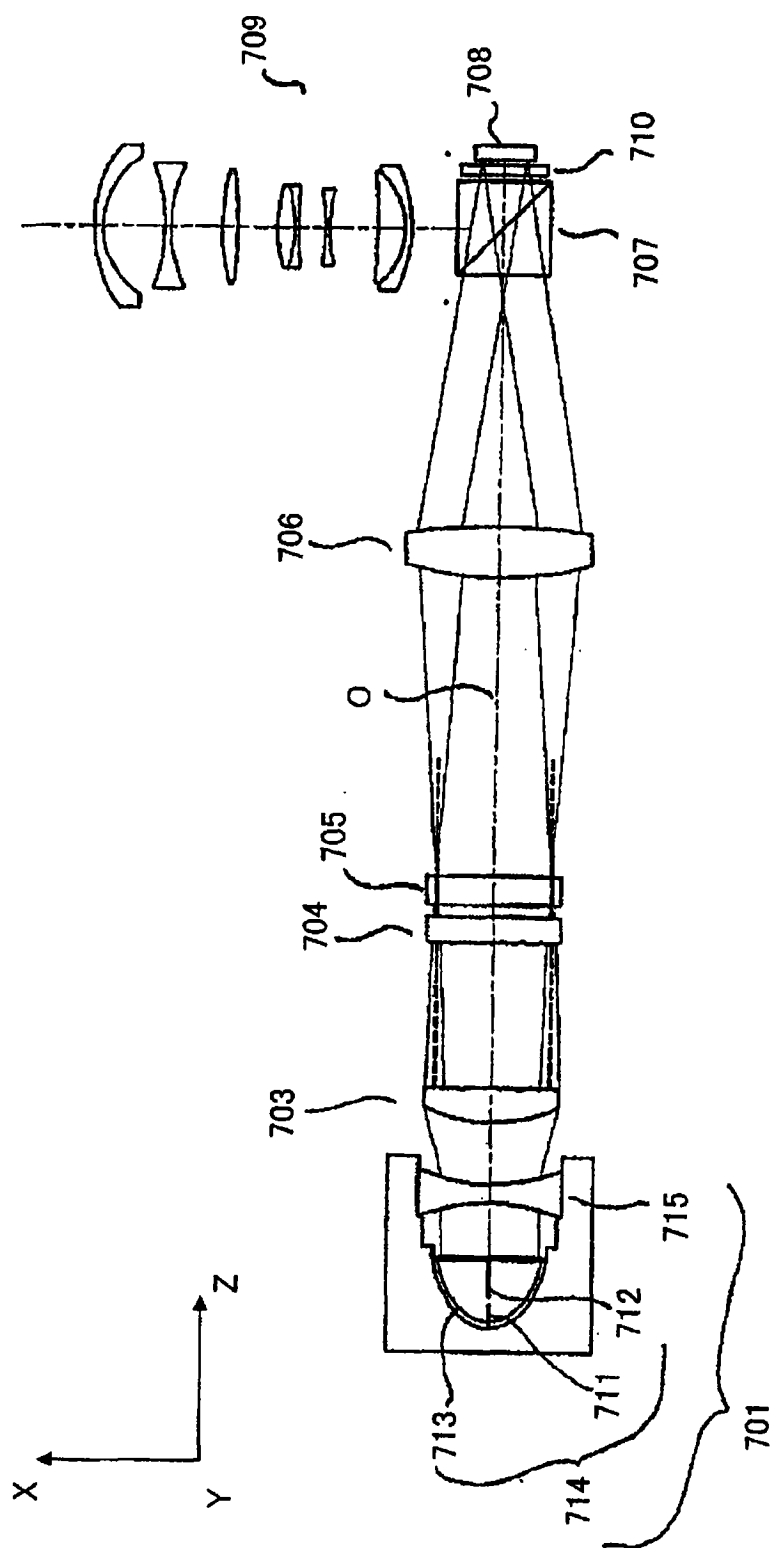


图 41

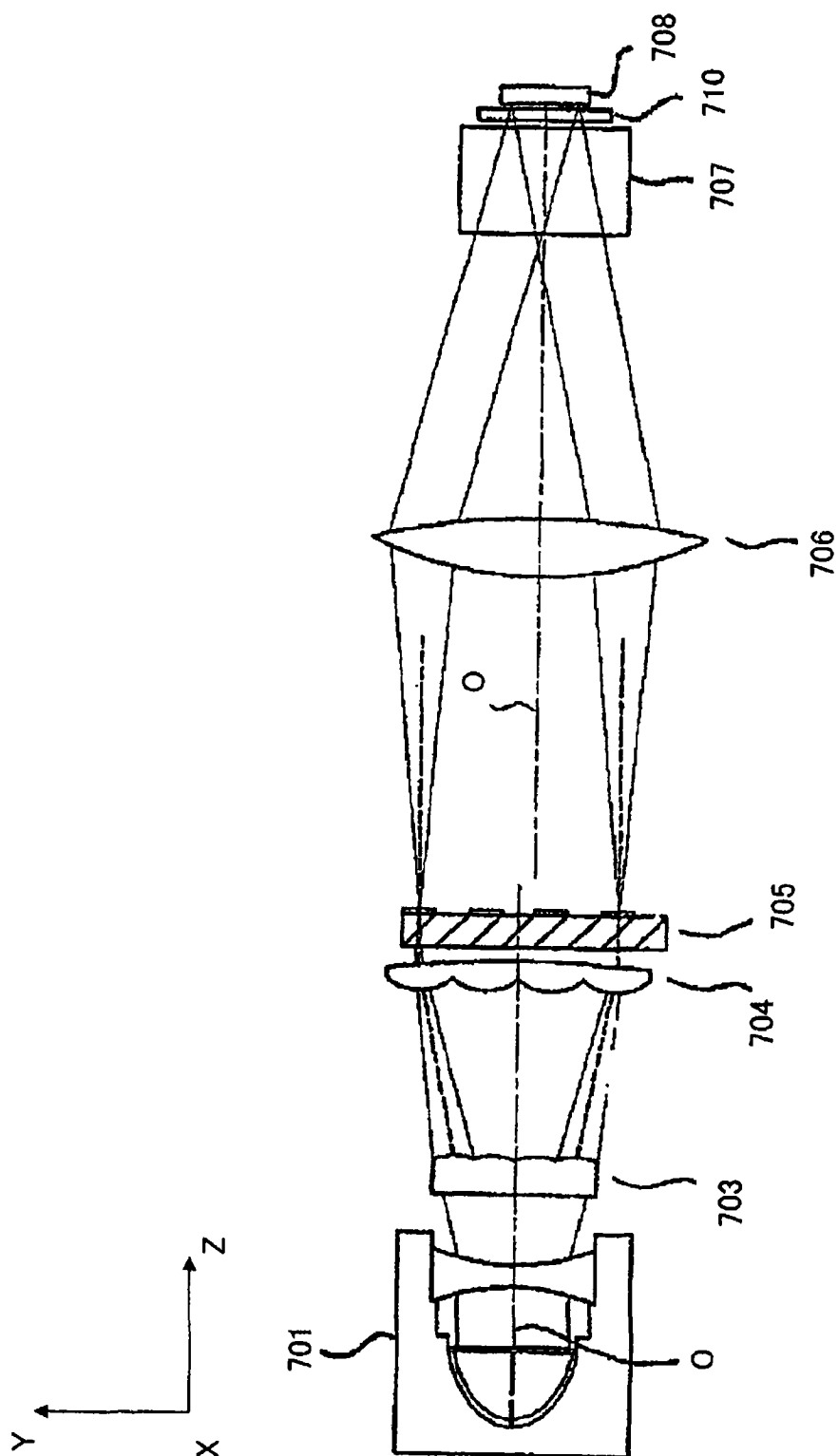


图 42

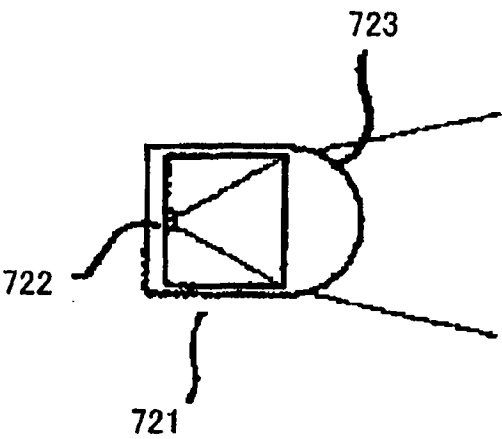


图 43

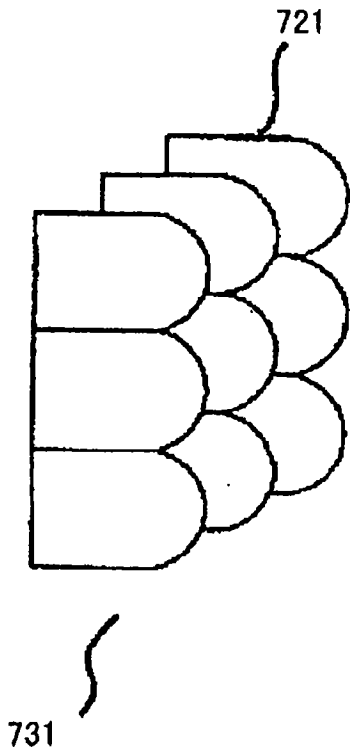


图 44

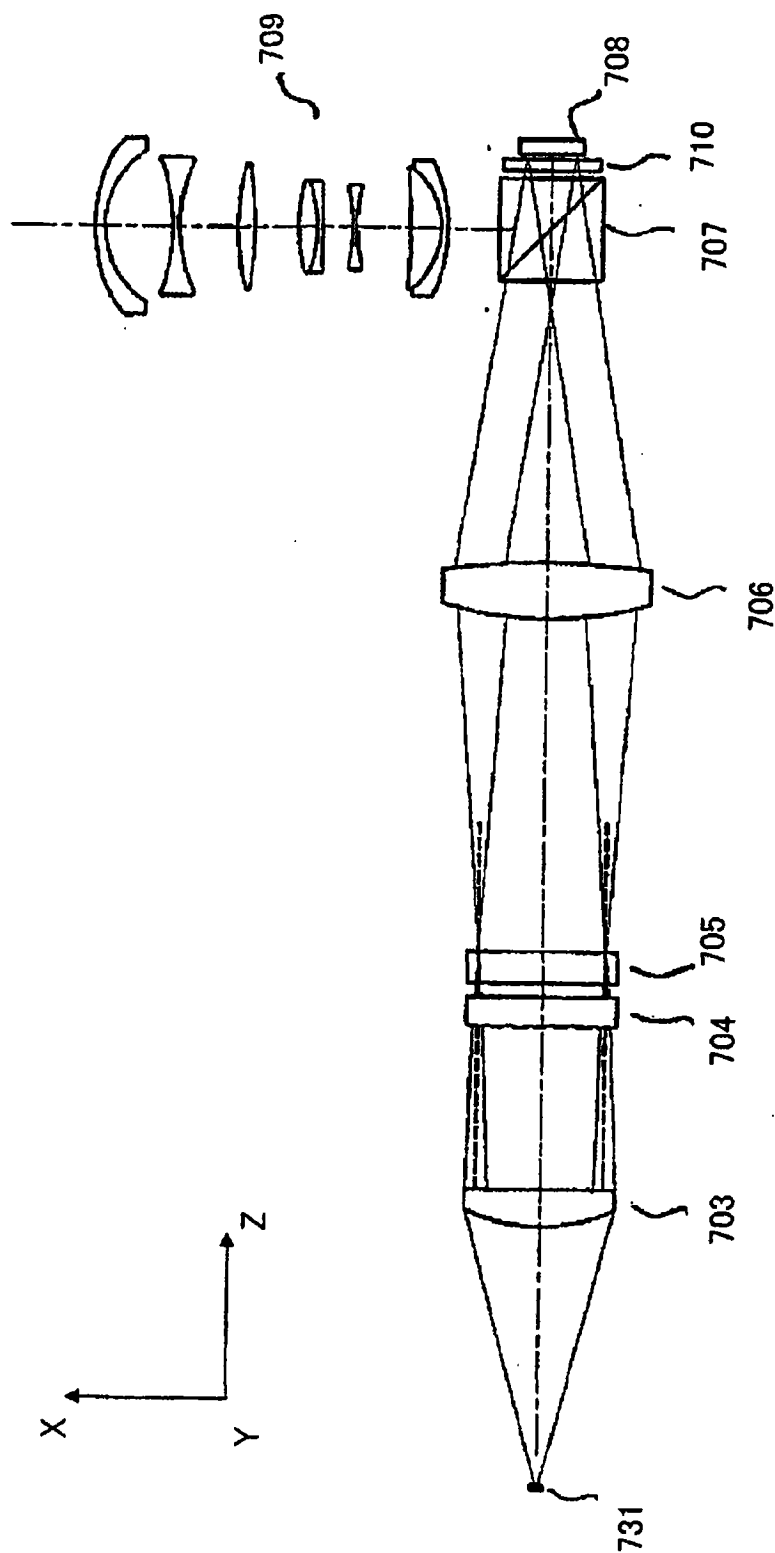


图 45

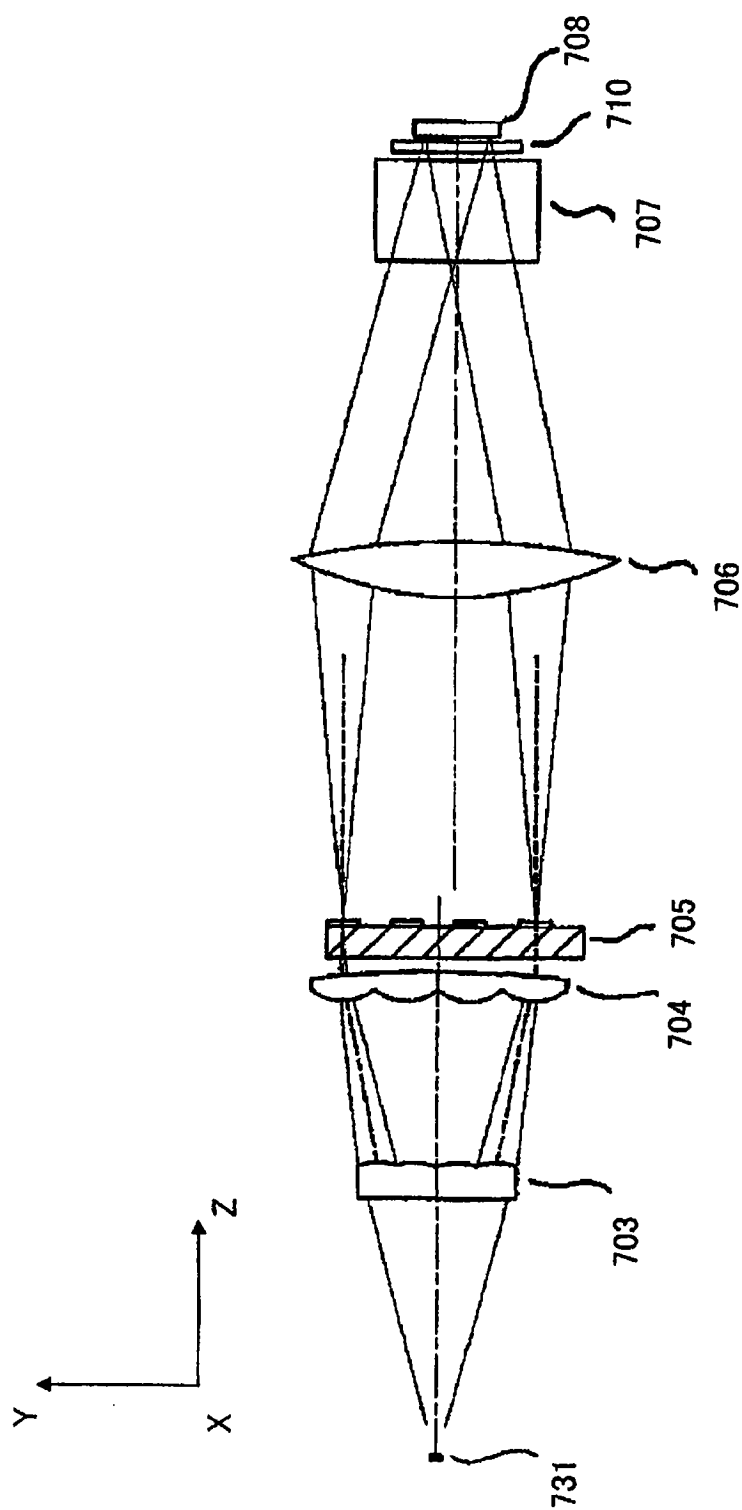


图 46

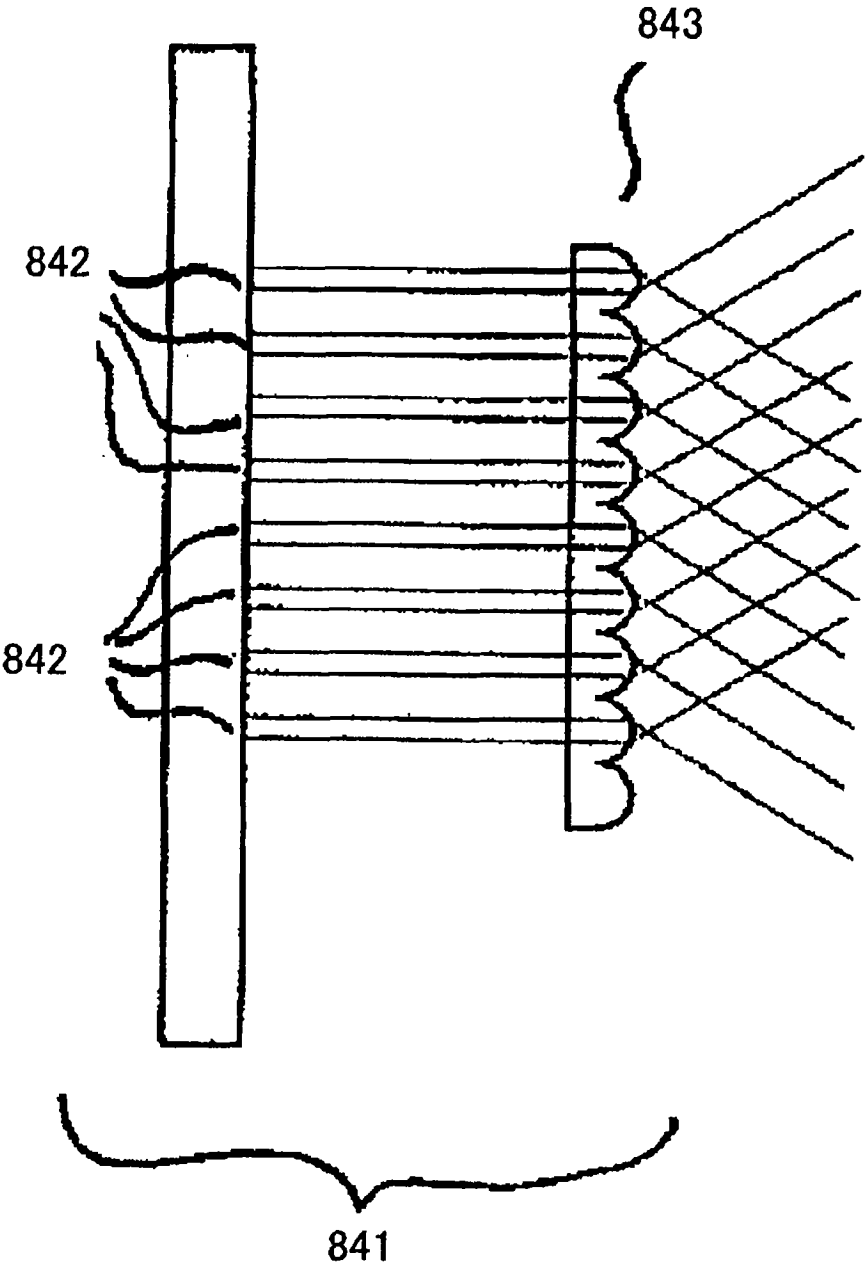


图 47