



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104977789 B

(45)授权公告日 2017.04.26

(21)申请号 201510151866.7

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2015.04.01

G03B 21/20(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G02B 27/10(2006.01)

申请公布号 CN 104977789 A

G02B 27/09(2006.01)

(43)申请公布日 2015.10.14

H04N 9/31(2006.01)

(30)优先权数据

审查员 文洁

2014-075161 2014.04.01 JP

2015-045685 2015.03.09 JP

(73)专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)发明人 须藤贵士 前田勇树

(74)专利代理机构 北京魏启学律师事务所

11398

代理人 魏启学

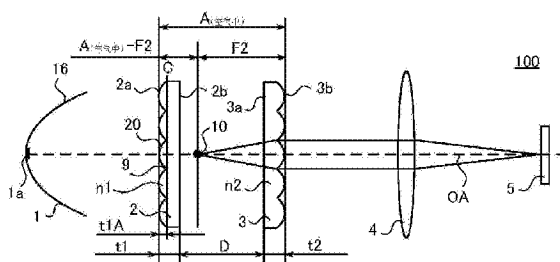
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54)发明名称

照明光学系统和具有该照明光学系统的图像投影设备

(57)摘要

本发明涉及一种照明光学系统和具有该照明光学系统的图像投影设备。该照明光学系统对图像显示元件进行照明，并且包括：第一透镜阵列，用于对从光源发出的光进行分割；第二透镜阵列，用于接收来自所述第一透镜阵列的光；以及聚光光学系统，用于将来自所述第二透镜阵列的光引导至所述图像显示元件，其中，所述图像显示元件的共轭点位于所述第一透镜阵列的入射面和所述第二透镜阵列的入射面之间。



1. 一种照明光学系统,用于对图像显示元件进行照明,所述照明光学系统包括:
第一透镜阵列,用于对从光源发出的光进行分割;
第二透镜阵列,用于接收来自所述第一透镜阵列的光;以及
聚光光学系统,用于将来自所述第二透镜阵列的光引导至所述图像显示元件,
其特征在于,所述图像显示元件的共轭点位于所述第一透镜阵列的入射面和所述第二透镜阵列的入射面之间,以及

满足以下表达式:

$$0.010 < (A_{\text{空气}} - F2) / A_{\text{空气}} < 0.300,$$

其中, $A_{\text{空气}}$ 是在光轴方向上从所述第一透镜阵列的入射面起直到所述第二透镜阵列的入射面为止的空气换算长度,并且 $F2$ 是所述第二透镜阵列的焦距。

2. 根据权利要求1所述的照明光学系统,其特征在于,
所述第一透镜阵列的入射面是所述第一透镜阵列的折射面。

3. 根据权利要求1所述的照明光学系统,其特征在于,
所述第一透镜阵列的出射面是所述第一透镜阵列的折射面,以及
所述图像显示元件的共轭点位于所述第一透镜阵列的出射面和所述第二透镜阵列的入射面之间。

4. 根据权利要求1所述的照明光学系统,其特征在于,
满足以下表达式:

$$A_{\text{空气}} - F2 > t1A/n1,$$

其中, $t1A$ 是所述第一透镜阵列的透镜单元部的厚度,并且 $n1$ 是所述第一透镜阵列的折射率。

5. 根据权利要求1所述的照明光学系统,其特征在于,
所述第一透镜阵列、所述第二透镜阵列和所述聚光光学系统沿着所述聚光光学系统的光轴方向,从所述光源起以所述第一透镜阵列、所述第二透镜阵列和所述聚光光学系统的顺序配置。

6. 根据权利要求1所述的照明光学系统,其特征在于,
满足以下表达式:

$$0.7 < F2/F1 < 1.0,$$

其中, $F1$ 是所述第一透镜阵列的焦距。

7. 根据权利要求1所述的照明光学系统,其特征在于,
所述第一透镜阵列包括多个单元和形成在所述多个单元之间的单元边界部,以及
所述单元边界部具有负折射力。

8. 根据权利要求7所述的照明光学系统,其特征在于,
所述聚光光学系统使来自所述第一透镜阵列的所述单元边界部的会聚光在所述聚光光学系统和所述图像显示元件之间的位置。

9. 根据权利要求1所述的照明光学系统,其特征在于,
所述第一透镜阵列和所述第二透镜阵列被配置成:在与所述聚光光学系统的光轴正交的平面内的预定方向上,所述第一透镜阵列和所述第二透镜阵列的各单元的曲率中心相对于各单元的中心位置发生移位。

10. 根据权利要求9所述的照明光学系统,其特征在于,

所述第一透镜阵列被配置成:在所述预定方向上,所述第一透镜阵列的各单元的曲率中心相对于所述第一透镜阵列的各单元的中心位置以靠近所述聚光光学系统的光轴的方式发生移位,以及

所述第二透镜阵列被配置成:在所述预定方向上,所述第二透镜阵列的各单元的曲率中心相对于所述第二透镜阵列的各单元的中心位置以远离所述光轴的方式发生移位。

11. 根据权利要求9所述的照明光学系统,其特征在于,

所述预定方向是所述图像显示元件的短边方向。

12. 根据权利要求11所述的照明光学系统,其特征在于,

所述图像显示元件的与所述短边方向有关的共轭点与所述图像显示元件之间的距离短于所述第一透镜阵列和所述图像显示元件之间的距离,以及

所述图像显示元件的与所述图像显示元件的长边方向有关的共轭点与所述图像显示元件之间的距离长于所述第一透镜阵列和所述图像显示元件之间的距离。

13. 根据权利要求12所述的照明光学系统,其特征在于,

所述第二透镜阵列具有复曲面,并且被配置成各单元在所述短边方向的曲率半径和在所述长边方向上的曲率半径彼此不同。

14. 根据权利要求13所述的照明光学系统,其特征在于,

所述第二透镜阵列的各单元被配置成在所述长边方向上的曲率半径大于在所述短边方向上的曲率半径。

15. 一种图像投影设备,包括:

图像显示元件;以及

照明光学系统,用于对所述图像显示元件进行照明,

其中,所述照明光学系统包括:

第一透镜阵列,用于对从光源发出的光进行分割;

第二透镜阵列,用于接收来自所述第一透镜阵列的光;以及

聚光光学系统,用于将来自所述第二透镜阵列的光引导至所述图像显示元件,

其特征在于,所述图像显示元件的共轭点位于所述第一透镜阵列的入射面和所述第二透镜阵列的入射面之间,以及

满足以下表达式:

$$0.010 < (A_{(\text{空气中})} - F2) / A_{(\text{空气中})} < 0.300,$$

其中, $A_{(\text{空气中})}$ 是在光轴方向上从所述第一透镜阵列的入射面起直到所述第二透镜阵列的入射面为止的空气换算长度,并且F2是所述第二透镜阵列的焦距。

照明光学系统和具有该照明光学系统的图像投影设备

技术领域

[0001] 本发明涉及照明光学系统和具有该照明光学系统的图像投影设备。

背景技术

[0002] 近来,在诸如液晶投影仪等的图像投影设备中,正通过改善照明效率来提高亮度。为了改善照明效率,优选缩小照明区域并且使照明区域的边缘部分锐化。日本特开2011-90321公开了照明面位于相对于弯曲像面的近轴像面的光源侧并且弯曲像面的周边像面也位于相对于近轴像面的光源侧的照明设备。在该结构中,通过像场弯曲的影响缓解了照明区域的模糊。

[0003] 然而,在日本特开2011-90321的结构中,将面板表面设置到相对于近轴像面的光源侧,因而该面板的共轭点位于相对于第一透镜阵列(复眼透镜(fly-eye lens))的光源侧。在这种情况下,在照明区域的端部处产生高亮度部分(条纹),因此有效照明区域缩小。结果,需要确保区域余量,因而明度下降。另一方面,如果区域余量不足,则条纹被投影并且图像质量下降。

发明内容

[0004] 本发明提供能够实现高亮度和高质量的图像的投影的照明光学系统和图像投影设备。

[0005] 作为本发明的一个方面的一种照明光学系统,用于对图像显示元件进行照明,所述照明光学系统包括:第一透镜阵列,用于对从光源发出的光进行分割;第二透镜阵列,用于接收来自所述第一透镜阵列的光;以及聚光光学系统,用于将来自所述第二透镜阵列的光引导至所述图像显示元件,其特征在于,所述图像显示元件的共轭点位于所述第一透镜阵列的入射面和所述第二透镜阵列的入射面之间。

[0006] 作为本发明的另一方面的一种图像投影设备,包括:图像显示元件;以及照明光学系统,用于对所述图像显示元件进行照明,其中,所述照明光学系统包括:第一透镜阵列,用于对从光源发出的光进行分割;第二透镜阵列,用于接收来自所述第一透镜阵列的光;以及聚光光学系统,用于将来自所述第二透镜阵列的光引导至所述图像显示元件,其特征在于,所述图像显示元件的共轭点位于所述第一透镜阵列的入射面和所述第二透镜阵列的入射面之间。

[0007] 通过以下参考附图对典型实施例的说明,本发明的其它特征和方面将变得明显。

附图说明

[0008] 图1是第一实施例中的图像投影设备(照明光学系统)的主要结构的图。

[0009] 图2是第一实施例中的入射到单元边界部的光的光路的图。

[0010] 图3是第一实施例中的单元边界部的曲率半径和面板表面上的光斑直径的相关图。

- [0011] 图4是第一实施例中的面板的短边方向上的亮度分布的图。
- [0012] 图5是说明亮度不均匀的图。
- [0013] 图6是面板的短边方向上的亮度分布的图。
- [0014] 图7是图6中的高亮度部分的放大图。
- [0015] 图8是复眼透镜的单元边界部的放大图。
- [0016] 图9是说明面板的共轭点的图。
- [0017] 图10是入射到除第一复眼透镜的单元边界部以外的区域的平行光的光路的图。
- [0018] 图11是入射到第一复眼透镜的单元边界部的平行光的光路的图。
- [0019] 图12是单元边界部的曲率半径和面板表面上的光斑直径之间的相关图。
- [0020] 图13是第二实施例中的沿面板的短边方向的图像投影设备的主要结构的图。
- [0021] 图14是第二实施例中的沿面板的长边方向的图像投影设备的主要结构的图。
- [0022] 图15是第二实施例中的面板的短边方向上的光的光路的图。
- [0023] 图16是第二实施例中的面板的长边方向上的光的光路的图。
- [0024] 图17是第三实施例中的沿面板的短边方向的图像投影设备的主要结构的图。
- [0025] 图18是第三实施例中的沿面板的长边方向的图像投影设备的主要结构的图。

具体实施方式

[0026] 以下将参考附图来说明本发明的典型实施例。

[0027] 首先,将针对包括一般的照明光学系统的图像投影设备,说明在照明区域的端部所产生的高亮度部分(以下称为条纹)的产生原理。将参考图5来说明条纹的现象。图5是说明二维亮度不均匀的图,并且示出图像显示元件5的表面(面板表面)上的照明区域。在图5中,水平方向上的箭头表示面板的长边方向(x轴)并且垂直方向上的箭头表示面板的短边方向(y轴)。

[0028] 图6是图5中的y方向上的亮度分布的图。在图6中,纵轴表示照度并且横轴表示位置(y轴)。图6中的虚线部60表示高亮度部分(条纹)。图7是图6中的虚线部60及其周边的放大图。在条纹部分存在于图像显示元件5的有效区域(面板有效区域)内的情况下,该条纹部分在显示图像时被识别为明亮的发光线并且该条纹部分导致图像质量的水平下降。因此,图像投影设备需要被设计成针对照明范围(照明区域)的宽度具有余量以确保更宽的照明区域,使得条纹没有包括在面板有效区域内。因此,可以防止条纹侵入图像。然而,将图像投影设备设计成使照明区域变宽,导致面板表面的有效区域内的明度下降。因此,从照明效率方面而言,这是不利的。

[0029] 随后,将详细说明条纹的产生原理。条纹的产生是由两个光学结构(两个原因)引起的。第一个原因是在第一复眼透镜2(第一透镜阵列或第一光分割单元)中彼此邻接的单元之间的边界部(单元边界部)的形状是凹面,即单元边界部具有负折射力。第二个原因是图像显示元件5(面板)的共轭点的位置。

[0030] 参考图8,对于第一个原因,将说明第一复眼透镜2(单元边界部)的形状。图8是第一复眼透镜2的单元边界部的放大图。在一般的复眼透镜中,由于制造原因,邻接单元之间的边界部(单元边界部)如图8中的虚线部80所示具有凹面形状。复眼透镜是利用模具进行制造的。在这种情况下,关于复眼透镜的边界部的形状,模具的形状的误差趋于增大。关于

边界部,在多数情况下无法实现良好的转印精度。因此,复眼透镜的单元边界部具有凹面形状。即使在改善了模具的精度,单元边界部的凹面部分也仅在深度或宽度方面改变,并且难以完全消除凹面部分。

[0031] 接着,对于第二个原因,将说明图像显示元件5(面板)的共轭点。例如,在日本特开2011-90321所公开的结构中,面板的共轭点位于第一复眼透镜的光源侧。即使在除日本特开2011-90321所公开的结构以外的结构的情况下,通常也将面板的共轭点设置成位于光源侧。以下将说明该原因。

[0032] 通常,第一复眼透镜2和图像显示元件5的表面(面板表面)位于具有大致近轴共轭关系的位置。然而,在将这两者设置到具有完全共轭关系的位置的情况下,第一复眼透镜2上的划痕或灰尘在面板表面上成像并且第一复眼透镜2上的划痕或灰尘被投影到屏幕(投影面)上。因此,将这两者在光轴方向上相对于具有共轭关系的位置略微偏移(移位),以进行照明设计从而制造图像投影设备。关于这两者偏移的方向,通常将面板的共轭位置设计成朝向第一复眼透镜的光源侧偏移。

[0033] 将参考图9来说明图像显示元件5(面板)的共轭点。图9是说明图像显示元件5的共轭点的图。在图9中,附图标记1表示光源单元。光源单元1包括光源和抛物面反射器,并且光源单元1被配置为从光源发出平行光。附图标记2表示第一复眼透镜,附图标记3表示第二复眼透镜,附图标记4表示聚光透镜(聚光光学系统),并且附图标记5表示图像显示元件(面板)。图9中的圆形黑点90表示面板的共轭点。面板的共轭点相对于第一复眼透镜2的具有倍率的面(在图9中为第一复眼透镜2的左侧面)偏向光源单元1,以能够增大第二复眼透镜3的焦距(增大曲率半径)。结果,抑制了上述的划痕或灰尘对第一复眼透镜2的表面的影响并且可以容易地对第二复眼透镜3进行成型。通常,为了缩小图像投影设备的大小,设计复眼透镜的焦距使其缩短,并且减小曲率半径。

[0034] 随后,将参考图10和图11来说明基于上述两个原因的条纹的产生原因。图10是入射到除第一复眼透镜2的单元边界部以外的区域的平行光的光路的图。在图10中,入射到第一复眼透镜2(单元部)的平行光会聚到第二复眼透镜3附近的位置。然后,该光经由聚光透镜4变成平行光以对图像显示元件5(面板)进行照明。

[0035] 图11是入射到第一复眼透镜2的单元边界部(或单元边界部附近的区域)的平行光的光路的图。如上所述,单元边界部9具有凹面形状,因此其具有负折射力。因此,入射到单元边界部9的平行光因负折射力而发散并出射。视在发光点位于单元边界部9的入射侧,并且位于图11的虚线部110内的黑点115所示的位置。从单元边界部9出射的发散光经由第二复眼透镜3变为大致平行光,然后入射到聚光透镜4。入射到聚光透镜4的光向图像显示元件5的表面(面板表面)的端部会聚。因此,在面板表面的端部出现亮度高的条纹(高亮度部分)。换句话说,在由于单元边界部9的凹面所引起的视在发光点(黑点115)与面板表面的共轭点一致的情况下,产生条纹。单元边界部9在单元有效区域内具有正折射力,并且在单元边界部9的最凹的区域内具有负折射力。如上所述,单元边界部9被配置成曲率半径从正折射力向负折射力逐渐改变。

[0036] 将参考图12来说明单元边界部9的曲率半径和面板表面上的光斑半径(光斑直径)。图12是单元边界部9的曲率半径和面板表面上的光斑直径的相关图。图12的实线表示在与面板的短边方向(y轴)平行的平面内单元边界部9(或其周边)的曲率半径,并且纵轴和

横轴分别表示y坐标和曲率半径。如图12所示,单元边界部9的曲率半径从无穷大(∞)向70 μ m连续改变。这意味着在面板的共轭点位于第一复眼透镜2的光源侧的情况下,不可避免会产生条纹。换句话说,这意味着在光束入射到连续改变的单元边界部9的曲率半径是预定曲率半径的范围内的区域的情况下,不可避免会产生条纹。如上所述,在视在发光点(图11中的黑点115)与面板表面的共轭点一致的情况下,产生条纹。这是因为单元边界部9(或其周边)的曲率半径连续改变,因而在第一复眼透镜2的光源侧,在光轴上曲率半径为无限大(∞)~70 μ m的范围内存在视在发光点。图12的虚线示出单元边界部9的曲率半径和面板表面上的光斑直径(光斑大小)之间的关系。随着光斑直径变小,聚光点的大小缩小,因此作为条纹的亮度不均匀变得显著。图12示出在曲率半径R近似等于1100 μ m的情况下条纹最大。

[0037] 以下将在各实施例中说明去除或减少照明区域的范围内的条纹的结构。

[0038] 第一实施例

[0039] 首先,将参考图1来说明本发明的第一实施例。图1是本实施例中的图像投影设备100(液晶投影仪)的主要结构的图。图像投影设备100包括能够减少照明区域的端部的高亮度部分(条纹)的照明光学系统。

[0040] 在图1中,附图标记1表示光源单元。光源单元1包括光源1a和抛物面反射器1b,并且光源单元1被配置为从光源1a发出平行光。附图标记2表示第一复眼透镜(第一透镜阵列)。第一复眼透镜2是对从光源1a发出的光进行分割(将该光分割成多个光束)的光分割单元。第一复眼透镜2在图1的左侧设置有具有倍率(折射力)的面(入射面2a)。第一复眼透镜2的入射面2a二维地设置有多个单元20。在多个单元20的邻接单元之间形成单元边界部9。单元边界部9具有如参考图11所述的凹面形状(负折射力)。附图标记3表示第二复眼透镜(第二透镜阵列),并且该第二复眼透镜3是引导(接收)来自第一复眼透镜的光的光分割单元。附图标记4表示聚光透镜,并且聚光透镜4是会聚来自第二复眼透镜3的光的聚光光学系统。附图标记5表示图像显示元件,并且该图像显示元件5是来自聚光透镜4的光所入射的面板(液晶面板)。在本实施例中,第一复眼透镜2、第二复眼透镜3、聚光透镜4和图像显示元件5按该顺序从光源侧起沿着聚光透镜4的光轴0A(光轴方向)的方向配置。

[0041] 在图1中,黑点10表示图像显示元件5(面板)的共轭点。在本实施例中,第一复眼透镜2包括从光源1a发出的光所入射的入射面2a和对光进行分割并使分割后的光出射的出射面2b。在这种情况下,图像显示元件5的共轭点(黑点10)位于更靠近第一复眼透镜2的出射面2b的位置处(入射面2a的相反侧)的位置。换句话说,图像显示元件5的共轭点与图像显示元件5之间的距离短于第一复眼透镜2和图像显示元件5之间的距离(即,图像显示元件5的共轭点相比第一复眼透镜2更靠近图像显示元件5)。图像显示元件5的共轭点位于第一复眼透镜2的入射面2a和第二复眼透镜3的入射面3a之间。

[0042] 换句话说,如图1所示,图像显示元件5的共轭点可以位于第一复眼透镜2和第二复眼透镜3之间的空气中,或者可选地,该共轭点可以位于第一复眼透镜2上。

[0043] 随后,将参考图2来说明入射到第一复眼透镜2的单元边界部9的光的光路。图2是入射到第一复眼透镜2的单元边界部9的光的光路的图。如图2所示,入射到单元边界部9的光因单元边界部9的凹面而发散,并且由第二复眼透镜3和聚光透镜4(第一聚光透镜7和第二聚光透镜8)引导至图像显示元件5。

[0044] 在本实施例中,将图像显示元件5的表面(面板表面)的共轭点(图1中的黑点10所

示的位置) 设置到第一复眼透镜2的出射侧。换句话说, 图像显示元件5的共轭点与图像显示元件5之间的距离短于第一复眼透镜2和图像显示元件5之间的距离。因此, 入射到单元边界部9的平行光被会聚的位置未到达面板表面 (被会聚在图像显示元件5和第二聚光透镜8 (聚光光学系统) 之间的位置)。图2中的黑点12表示这种情况下的聚光点, 其位于相对于图像显示元件5 (面板) 向入射侧移位的位置。由于在图像显示元件5的表面上光发生模糊, 因此没有产生高亮度部分 (条纹)。

[0045] 随后, 将参考图3来说明本实施例中的单元边界部9的曲率半径和面板表面上的光斑的半径 (光斑直径)。图3是单元边界部9的曲率半径和面板表面上的光斑直径的相关图。图3中的实线表示在与面板的短边方向 (y轴) 平行的平面中单元边界部9 (或其周边) 的曲率半径, 并且纵轴和横轴分别表示y坐标和曲率半径。如图3所示, 单元边界部9的曲率半径从无限大 (∞) 向 $70\mu\text{m}$ 连续改变。如从图3可以看出, 在本实施例中, 在曲率半径R从无限大 (∞) 向 $70\mu\text{m}$ 改变的情况下, 光斑始终模糊。根据本实施例, 光斑直径始终大于 1mm , 因此不会产生条纹。这是因为: 即使在曲率半径R从无限大 (∞) 向 $70\mu\text{m}$ 改变的情况下, 图2中的聚光点 (黑点12) 也在光轴方向上从图像显示元件5向光源单元1移位。

[0046] 随后, 关于本实施例中的改善照明区域的条纹的效果 (减少高亮度部分的效果), 将参考图4来说明照明分布计算。图4是在对单元边界部9设置凹面的状态下的模拟结果 (y方向上的亮度分布的图)。在图4中, 纵轴表示照度并且横轴表示位置 (y轴)。如图4所示, 不同于图6, 去除了条纹 (高亮度部分) 并且获得了良好的亮度分布。

[0047] 在本实施例中, 优选第二复眼透镜3的焦距 F_2 短于第一复眼透镜2的焦距 F_1 。更优选地, 第一复眼透镜2的焦距 F_1 和第二复眼透镜3的焦距 F_2 满足以下的表达式 (1)。

$$[0048] \quad 0.7 < F_2/F_1 < 1.0 \cdots (1)$$

[0049] 优选地, 照明光学系统 (图像投影设备100) 满足以下的表达式 (2)。

$$[0050] \quad 0.010 < (A_{(\text{空气中})} - F_2) / A_{(\text{空气中})} < 0.300 \cdots (2)$$

[0051] 更优选地, 照明光学系统 (图像投影设备100) 满足以下的表达式 (2a)。

$$[0052] \quad 0.010 < (A_{(\text{空气中})} - F_2) / A_{(\text{空气中})} < 0.200 \cdots (2a)$$

[0053] 在表达式 (2) 和 (2a) 中, 符号 “ $A_{(\text{空气中})}$ ” 表示在光轴方向上从第一复眼透镜2 (第一透镜阵列) 的入射面2a起直到第二复眼透镜3 (第二透镜阵列) 的入射面3b为止的空气换算长度, F_2 是第二复眼透镜3的焦距。可以通过以下的表达式 (3) 来获得符号 “ $A_{(\text{空气中})}$ ”。

$$[0054] \quad A_{(\text{空气中})} = t_1/n_1 + D + t_2/n_2 \cdots (3)$$

[0055] 在表达式 (3) 中, 符号 t_1 表示第一复眼透镜2在光轴方向上的厚度, 符号 n_1 表示第一复眼透镜2的折射率, 符号 D 表示从第一复眼透镜2的出射面2b起直到第二复眼透镜3的入射面3a为止的距离。符号 t_2 表示第二复眼透镜3在光轴方向上的厚度, 符号 n_2 表示第二复眼透镜3的折射率。

[0056] 在本实施例中, 可以将符号 D 称为在光轴方向上, 第一复眼透镜2和第二复眼透镜3之间的空气的厚度。

[0057] 通过满足表达式 (2), 照明光学系统 (图像投影设备100) 能够减少照明区域的端部的高亮度部分 (条纹) 并且抑制照明区域的模糊。

[0058] 优选地, 照明光学系统满足以下的表达式 (4)。

$$[0059] \quad A_{(\text{空气中})} - F_2 > t_1 A / n_1 \cdots (4)$$

[0060] 在表达式(4)中,符号 t_{1A} 表示第一复眼透镜2的透镜单元部的厚度,并且符号 n_1 表示第一复眼透镜2的折射率。

[0061] 在照明光学系统(图像投影设备100)中,满足表达式(4)意味着图像显示元件5的共轭点位于第一复眼透镜2的透镜单元部上。

[0062] 通过满足表达式(4),照明光学系统(图像投影设备100)能够减少照明区域的端部的高亮度部分(条纹)并且抑制第一复眼透镜2的表面上的划痕或灰尘的影响。

[0063] 透镜单元部意思是在复眼透镜中设置有透镜单元的部分,并且将没有设置透镜单元部的部分称为平面部。换句话说,第一复眼透镜2和第二复眼透镜3各自包括透镜单元部和平面部。

[0064] 具体地,在图1中,第一复眼透镜2中的相对于直线C更靠近入射面2a的部分是透镜单元部,并且相对于直线C更靠近出射面2b的部分是平面部。

[0065] 与各复眼透镜的焦距有关的数值示例如下所述。

[0066] 第一数值示例

[0067] $F_1 = 25.3\text{mm}$

[0068] $F_2 = 21.1\text{mm}$

[0069] $F_2/F_1 = 0.83$

[0070] 第二实施例

[0071] 接着,将参考图13和图14来说明本发明的第二实施例。省略了与第一实施例中的说明相同的说明。图13是沿着图像显示元件5的短边方向(面板的短边方向或y轴方向)的图像投影设备100a(照明光学系统)的主要结构的图。图14是沿着图像显示元件5的长边方向(面板的长边方向或x轴方向)的图像投影设备100a(照明光学系统)的主要结构的图。

[0072] 在图13和图14中,附图标记1表示包括光源和抛物面反射器的光源单元。附图标记22表示第一复眼透镜(第一透镜阵列)。第一复眼透镜22被配置成:在面板的短边方向(y轴方向)上,各单元的曲率中心以相对于各单元的中心更靠近光轴OA侧的方式移位(偏心)。附图标记33表示第二复眼透镜(第二透镜阵列)。第二复眼透镜33被配置成:在面板的短边方向(y轴方向)上,各单元的曲率中心以相对于各单元的中心远离光轴OA的方式移位(偏心)。附图标记4表示聚光透镜(聚光光学系统),并且附图标记5表示图像显示元件(面板)。

[0073] 在本实施例中,关于第一复眼透镜22和第二复眼透镜33,在单元的短边方向(面板的短边方向)上,各单元的曲率中心相对于各单元的中心移位(偏心)。在本实施例中,第二复眼透镜33具有复曲面(圆环面),并且被配置成各单元的在长边方向(x轴方向)的曲率半径和在短边方向(y轴方向)上的曲率半径彼此不同。在本实施例中,各单元的长边方向上的曲率半径被设置成大于各单元的短边方向上的曲率半径。

[0074] 图13是沿单元的短边方向或面板的短边方向(y轴方向)的截面图。图14是沿单元的长边方向或面板的长边方向(x轴方向)的截面图。在图13和图14中,黑点11和12各自表示面板的共轭点。换句话说,关于面板的短边方向(y轴方向),面板的共轭点(黑点11)向第一复眼透镜22的出射侧移位(即,图像显示元件5的共轭点与图像显示元件5之间的距离短于第一复眼透镜22和图像显示元件5之间的距离)。另一方面,关于面板的长边方向(x轴方向),面板的共轭点向第一复眼透镜22的光源侧移位。换句话说,图像显示元件5的共轭点与图像显示元件5之间的距离长于第一复眼透镜22和图像显示元件5之间的距离(即,图像显

示元件5的共轭点相比第一复眼透镜22更远)。这是因为,复眼透镜中的单元边界部的形状的下陷在发生偏心的平面方向上显著,并且通过实施针对第一实施例所述的条纹(特别是针对发生偏心的平面)的对策,获得了显著的效果。根据本实施例的结构,特别是可以去除或减少短边方向上的高亮度部分(条纹)。

[0075] 随后,将参考图15和图16来说明入射到各复眼透镜的除单元边界部以外的区域的光的光路。图15是面板的短边方向(y轴方向)上的光的光路的图。图16是面板的长边方向(x轴方向)上的光的光路的图。在图15中,各单元的曲率半径的中心相对于各单元的中心发生移位(偏心)。第一复眼透镜22被配置成各单元的曲率中心向着光轴0A发生移位。另一方面,第二复眼透镜33被配置成各单元的曲率中心以远离光轴0A的方式发生移位。因此,尽管光束被分割成多个光束,但可以在面板的短边方向(y轴方向)上对该光束进行压缩。结果,可以缩小图像投影设备100a的大小。

[0076] 因而,在本实施例中,各复眼透镜被配置成:在与聚光透镜4的光轴0A正交的平面(xy平面)内的预定方向上,各复眼透镜的各单元的曲率中心从各单元的中心位置起发生移位(偏心)。各单元的中心位置是各单元的两端之间在预定方向上的中心位置。优选地,第一复眼透镜22被配置成:在上述预定方向上,第一复眼透镜22的各单元的曲率中心相对于各单元的中心位置向着聚光透镜4的光轴0A(向着更靠近光轴0A的方向)发生移位(偏心)。另一方面,第二复眼透镜33被配置成:在上述预定方向上,第二复眼透镜33的各单元的曲率中心相对于各单元的中心位置以远离光轴0A的方式发生移位(偏心)。更优选地,上述预定方向是图像显示元件5的短边方向(面板的短边方向)。

[0077] 优选地,图像显示元件5的与面板的短边方向有关的共轭点和图像显示元件5之间的距离短于第一复眼透镜22和图像显示元件5之间的距离。另一方面,图像显示元件5的与面板的长边方向有关的共轭点和图像显示元件5之间的距离长于第一复眼透镜22和图像显示元件5之间的距离。

[0078] 优选地,第二复眼透镜33具有复曲面,并且该第二复眼透镜33被配置成各单元在面板的短边方向的曲率半径和在长边方向上的曲率半径彼此不同。更优选地,第二复眼透镜33的各单元被配置成在面板的长边方向上的曲率半径大于在面板的短边方向上的曲率半径。

[0079] 优选地,满足以下的表达式(5)和(6)。

[0080] $0.7 < F21/F1 < 1.0 \cdots (5)$

[0081] $F22/F1 > 1.0 \cdots (6)$

[0082] 在表达式(5)和(6)中,符号F1表示第一复眼透镜22的焦距,F21表示第二复眼透镜33的与面板的短边方向有关的焦距,并且F22表示第二复眼透镜33的与面板的长边方向有关的焦距。

[0083] 与面板的短边方向有关的焦距意思是在与照明光学系统的光轴和面板的短边方向平行的截面中的焦距。同样,与面板的长边方向有关的焦距意思是在与照明光学系统的光轴和面板的长边方向平行的截面中的焦距。

[0084] 如图13和图14所示,在第一复眼透镜22和第二复眼透镜33的透镜单元部的形状根据截面而彼此不同的情况下,将A(空气中)定义为复眼透镜的中心处的透镜单元的表面的顶点之间的空气换算长度。

[0085] 在图13所示的截面中,优选满足与以上所述的表达式(2)和(4)的条件相同的条件。

[0086] 因而,通过根据截面使第一复眼透镜22的焦点的位置在光轴方向上发生移位,可以抑制由于到光学元件的热所产生的影响。

[0087] 与各复眼透镜的焦距有关的数值示例如下所述。

[0088] 第二数值示例

[0089] $F1 = 25.3\text{mm}$

[0090] $F21 = 21.1\text{mm}$

[0091] $F22 = 29.4\text{mm}$

[0092] $F21/F1 = 0.83$

[0093] $F22/F1 = 1.16$

[0094] 第三实施例

[0095] 接着,将参考图17和图18来说明本发明的第三实施例。省略了与第一实施例中的说明共通的说明。图17是沿着图像显示元件5的短边方向(面板的短边方向或y轴方向)的图像投影设备100b(照明光学系统)的主要结构的图。图18是沿着图像显示元件5的长边方向(面板的长边方向或x轴方向)的图像投影设备100b的主要结构的图。

[0096] 本实施例与第二实施例的不同之处在于:在第二复眼透镜33和聚光透镜4(聚光光学系统)之间设置有偏振转换元件6,并且第一复眼透镜22的焦距和第二复眼透镜33的焦距之间的关系不同。偏振转换元件6的偏振分离面的法线与平行于照明光学系统的光轴和图像显示元件5的长边方向的截面平行。

[0097] 在本实施例中, $F11$ 表示第一复眼透镜22的与面板的短边方向有关的焦距,并且 $F12$ 表示第一复眼透镜22的与面板的长边方向有关的焦距。另外, $F21$ 表示第二复眼透镜33的与面板的短边方向有关的焦距,并且 $F22$ 表示第二复眼透镜33的与面板的长边方向有关的焦距。

[0098] 在本实施例中,图像投影设备100b(照明光学系统)满足以下的表达式(7)和(8),其中符号 $B_{(\text{空气中})}$ 表示从第一复眼透镜22的入射面的表面的顶点起直到偏振转换元件6的出射面为止的空气换算长度。

[0099] $0.9 \leq F11/A_{(\text{空气中})} \leq 1.1 \cdots (7)$

[0100] $0.9 \leq F12/B_{(\text{空气中})} \leq 1.1 \cdots (8)$

[0101] 表达式(7)表示焦距 $F11$ 大致等于空气换算长度 $A_{(\text{空气中})}$ 。换句话说,满足表达式(7)意味着在与照明光学系统的光轴和面板的短边方向平行的截面中,第一复眼透镜22的焦点位于第二复眼透镜33的附近。

[0102] 另一方面,表达式(8)意味着焦距 $F12$ 大致等于空气换算长度 $B_{(\text{空气中})}$ 。换句话说,满足表达式(8)意味着在与照明光学系统的光轴和面板的长边方向平行的截面中,第一复眼透镜22的焦点位于偏振转换元件6的附近。

[0103] 在本实施例中,优选图像投影设备100b(照明光学系统)满足以下表达式(9)和(10)。

[0104] $0.7 < F21/F11 < 1.0 \cdots (9)$

[0105] $0.7 < F22/F12 < 1.0 \cdots (10)$

[0106] 与各复眼透镜的焦距有关的数值示例如下所述。

[0107] 第三数值示例

[0108] $F11=26.1\text{mm}$

[0109] $F12=29.0\text{mm}$

[0110] $F21=23.5\text{mm}$

[0111] $F22=25.1\text{mm}$

[0112] $F21/F11=0.90$

[0113] $F22/F12=0.87$

[0114] 根据各实施例,有效照明区域可以扩展直至照明区域的端部(即,可以减少有效照明区域内的条纹的产生)。结果,不必确保照明区域的大的余量。因此,根据各实施例,可以提供能够实现高亮度和高质量的图像的投影的照明光学系统和图像投影设备。各实施例可以应用于诸如液晶投影仪等的图像投影设备所使用的照明光学系统,特别是在包括复眼透镜(透镜阵列或光分割单元)的光学系统中是有效的。

[0115] 在以下的表1中列出与实施例中的表达式(2)和(4)有关的数值示例,并且各数值示例满足表达式(2)所表示的范围。

[0116] 表1

[0117]

数值示例	D	t1	t1A	t1A(空气中)	t2	F2	n1	n2
4	44.3	4.8	2.8	1.9	2.8	48.8	1.49	1.49
5	44.3	4.8	2.8	1.9	2.8	44.5	1.49	1.49
6	44.3	4.8	2.8	1.9	2.8	42.2	1.49	1.49
7	44.3	4.8	2.8	1.9	2.8	39.7	1.49	1.49
8	44.3	4.8	2.8	1.9	2.8	34.8	1.49	1.49

[0118]

数值示例	$A_{(空气中)}$	$A_{(空气中)}-F2$	$A_{(空气中)}-F2/A_{(空气中)}$	$A_{(空气中)}-F2>t1A_{(空气中)}$
4	49.4	0.6	0.012	×
5	49.4	4.9	0.099	○
6	49.4	7.2	0.146	○
7	49.4	9.7	0.196	○
8	49.4	14.6	0.296	○

[0119] 在上述各个实施例中,在第一复眼透镜的入射侧(光源侧)设置折射面,但各个实施例不限于此,并且可以在第一复眼透镜的出射侧(第二复眼透镜侧)设置折射面。在第一复眼透镜的出射侧设置折射面的情况下,优选地,面板的共轭点位于第一复眼透镜的出射面和第二复眼透镜的入射面之间。

[0120] 尽管已经参考典型实施例说明了本发明,但是应该理解,本发明不限于所公开的典型实施例。所附权利要求书的范围符合最宽的解释,以包含所有这类修改、等同结构和功能。

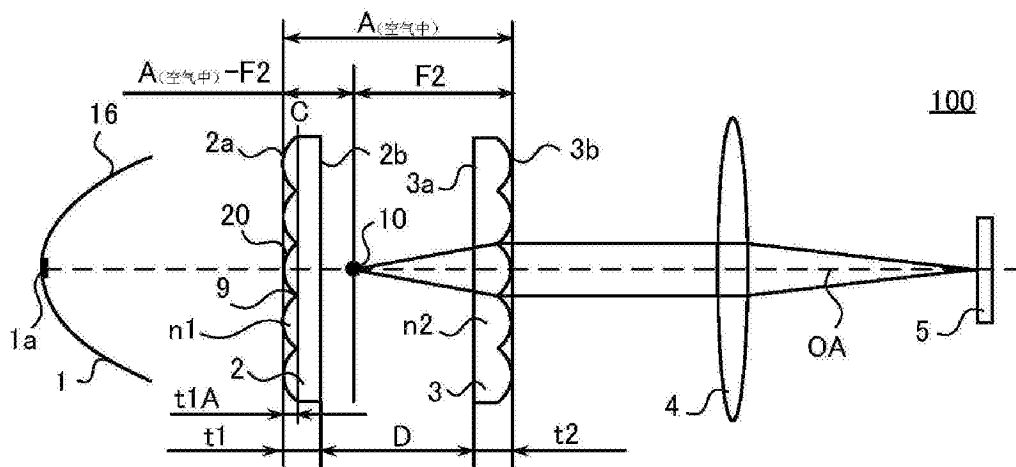


图1

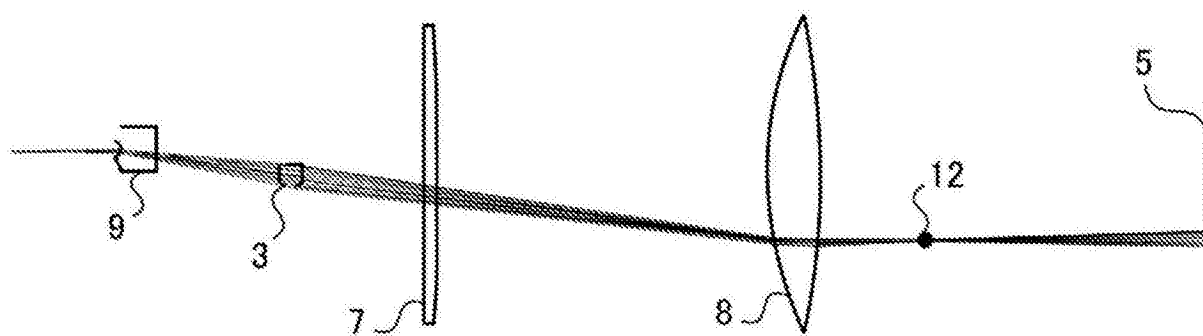


图2

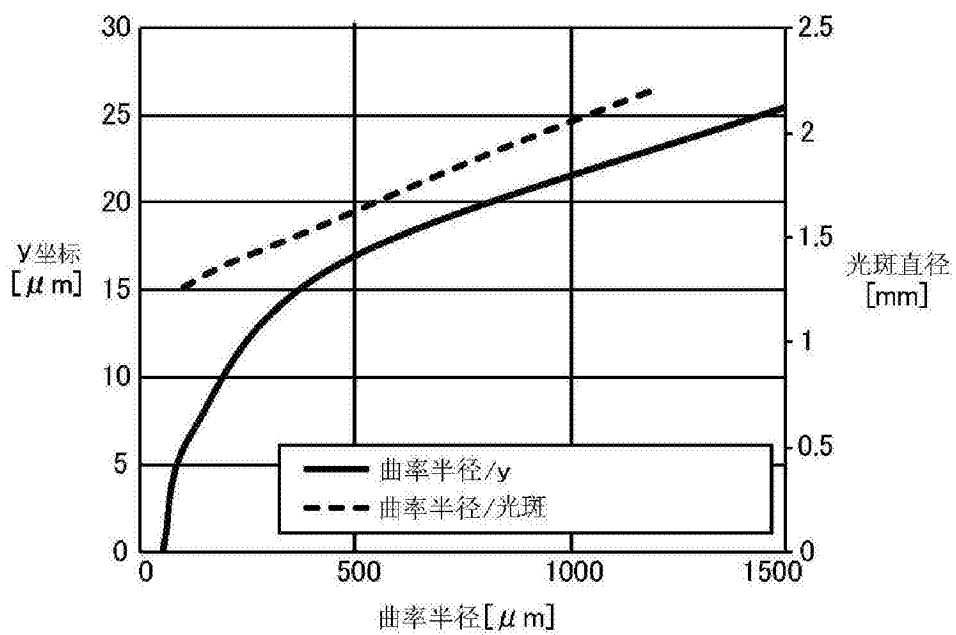


图3

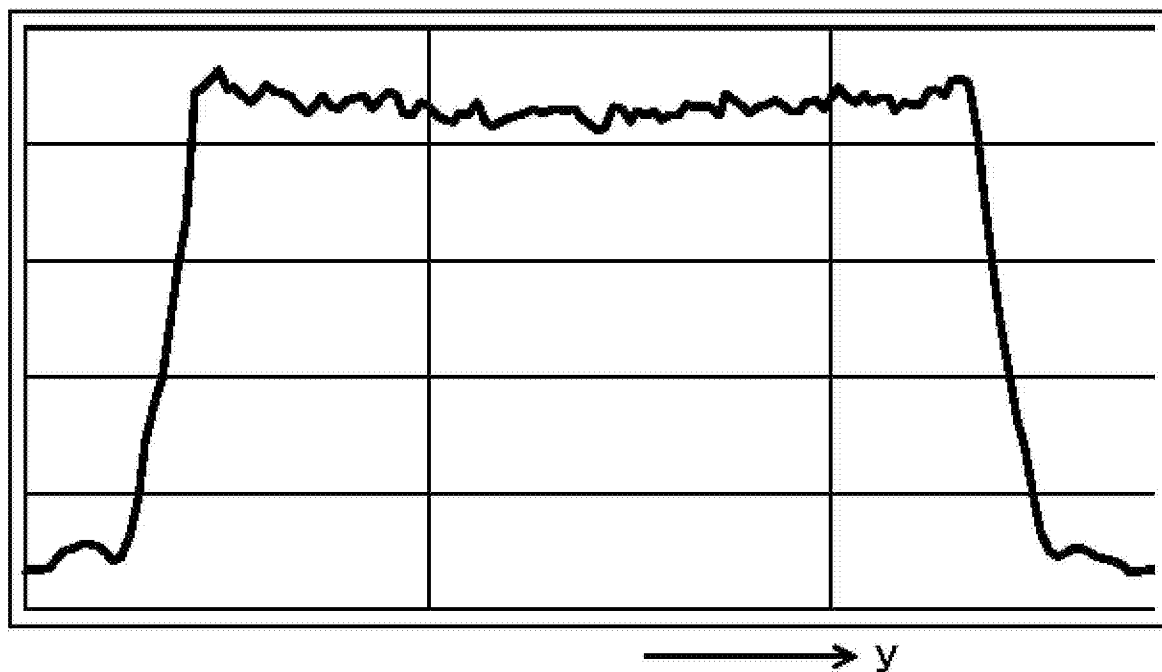


图4

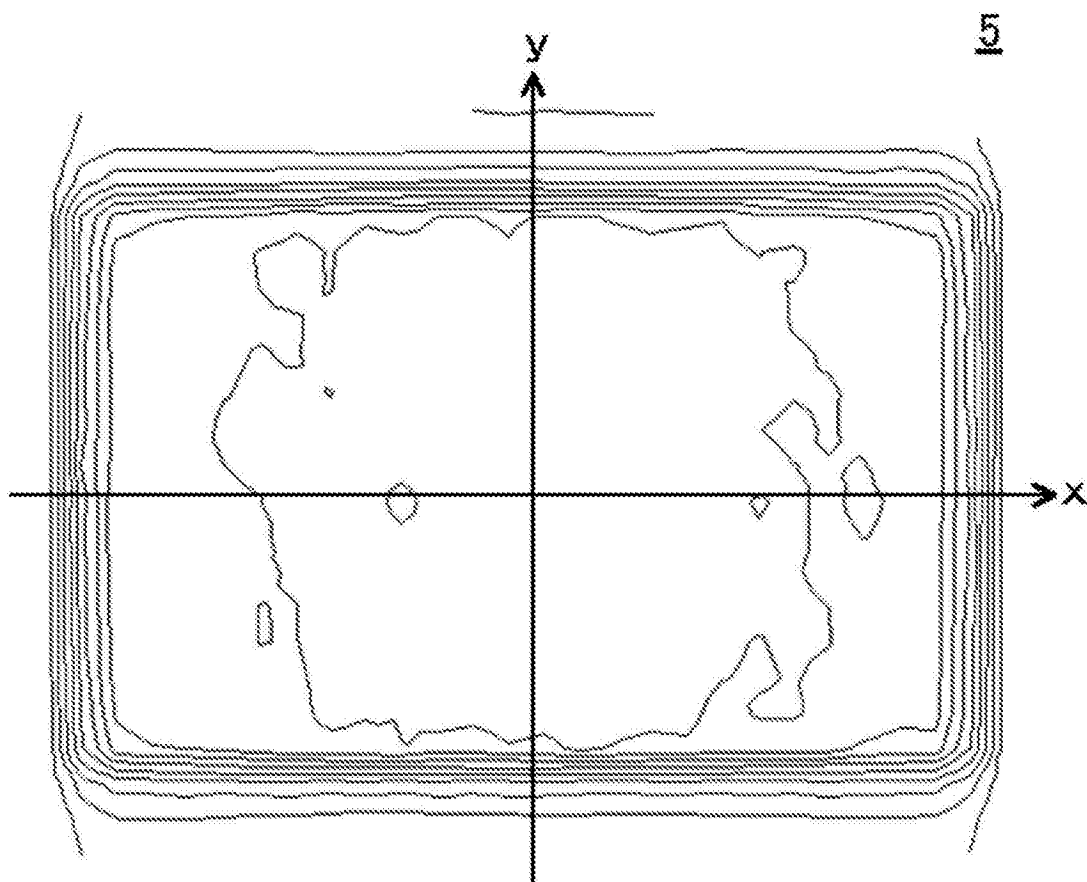


图5

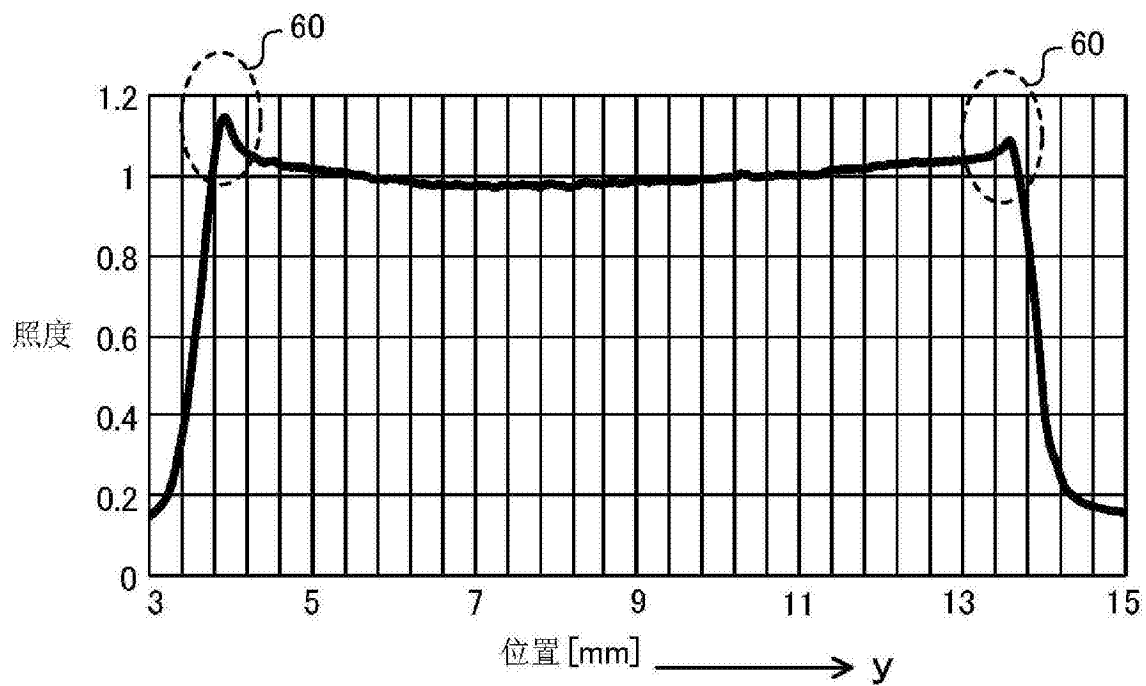


图6

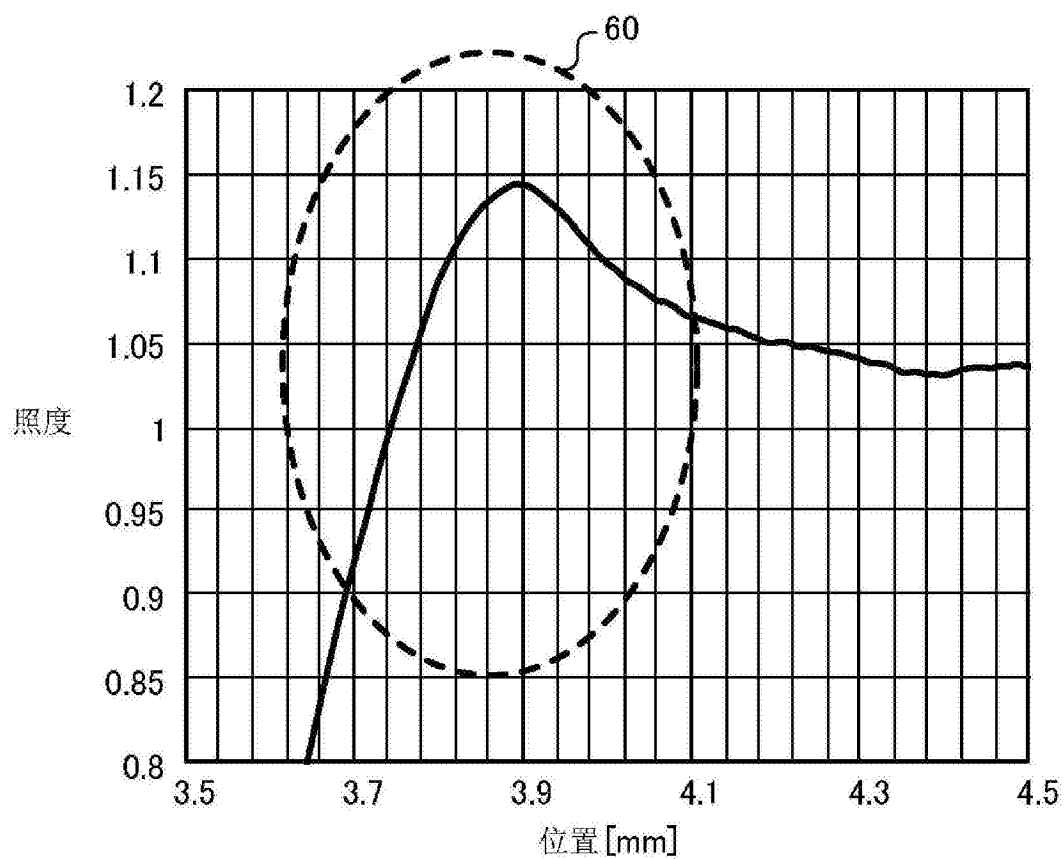


图7

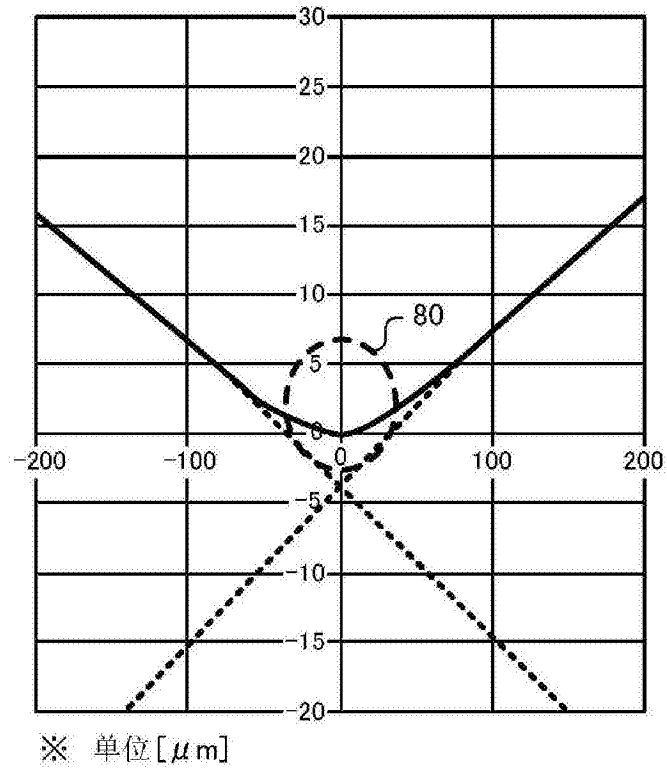


图8

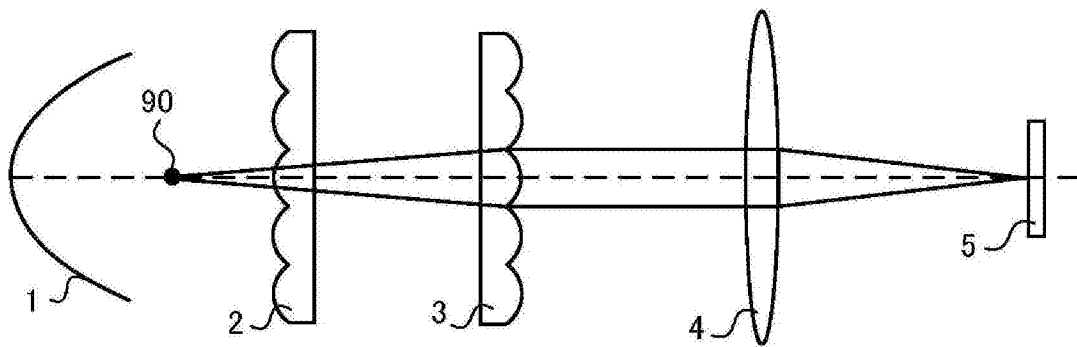


图9

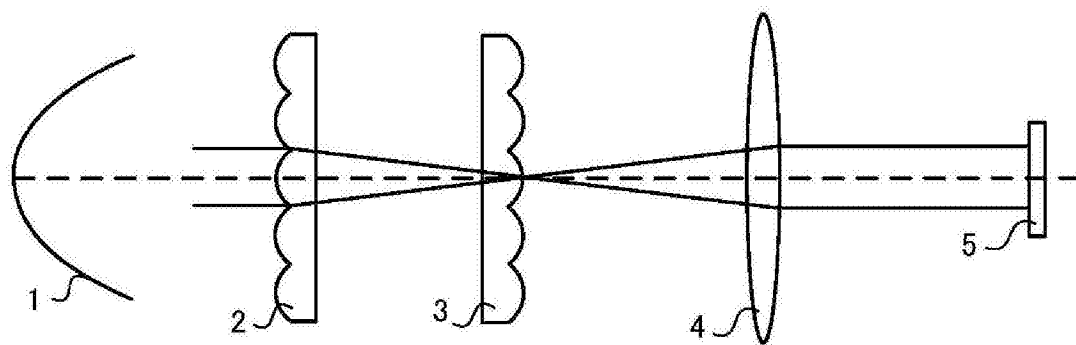


图10

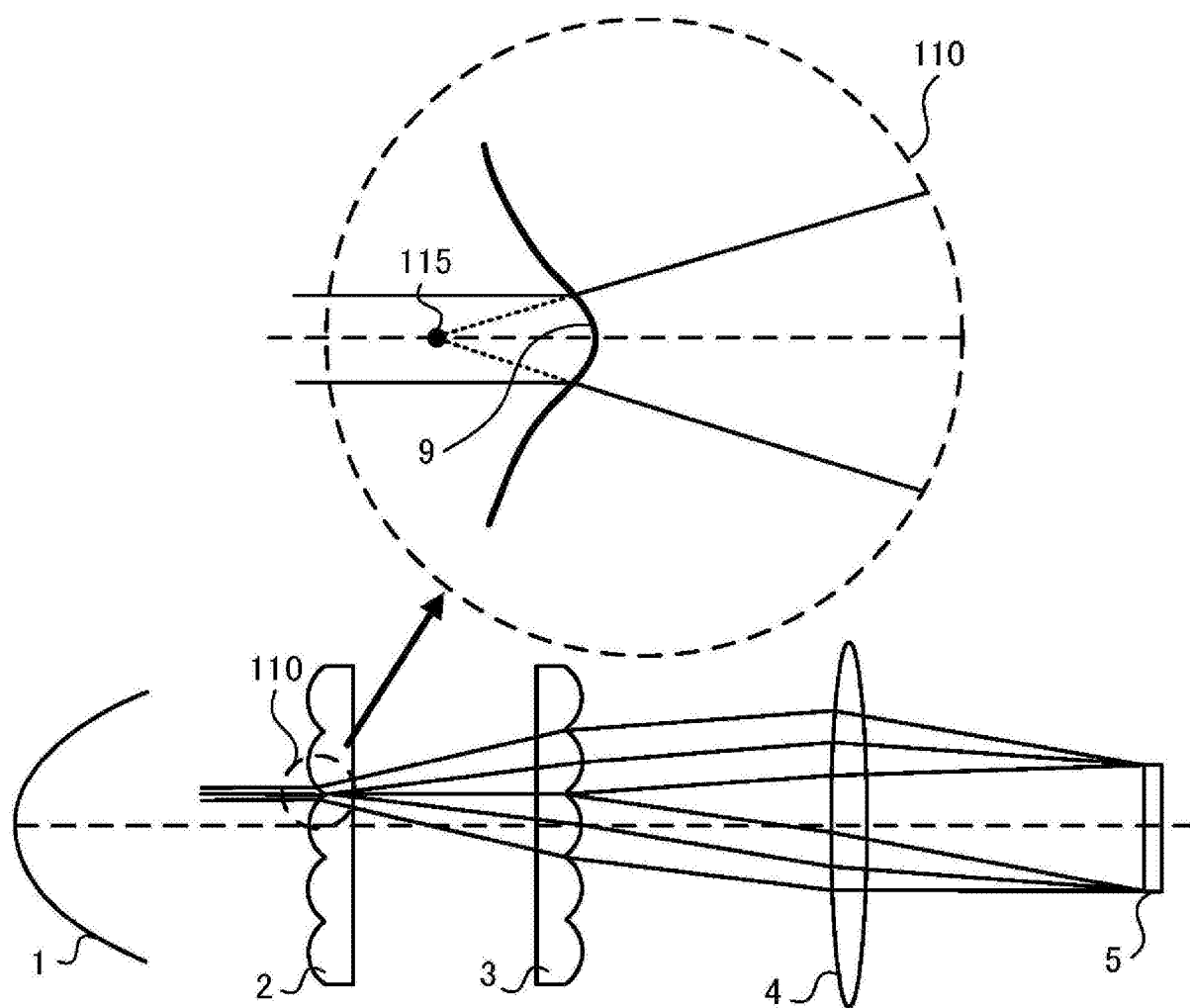


图11

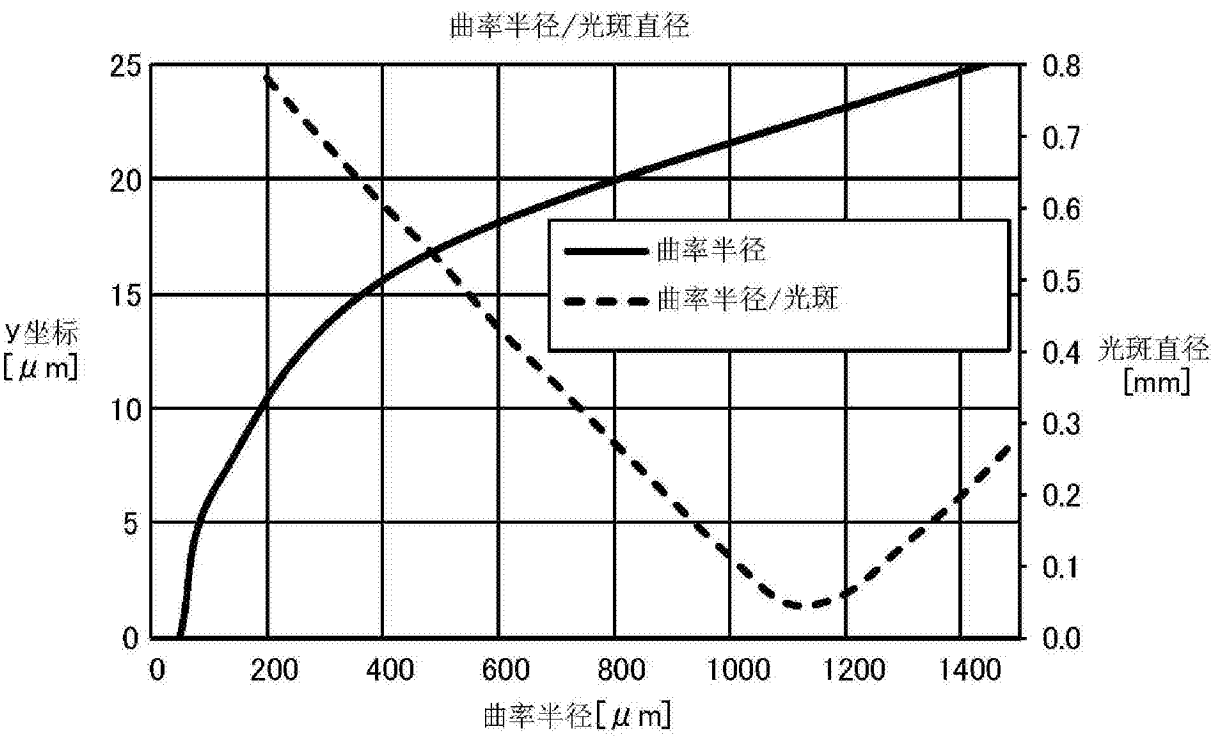


图12

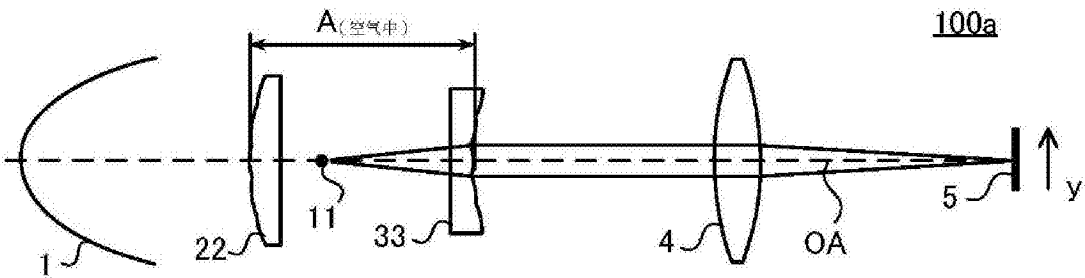


图13

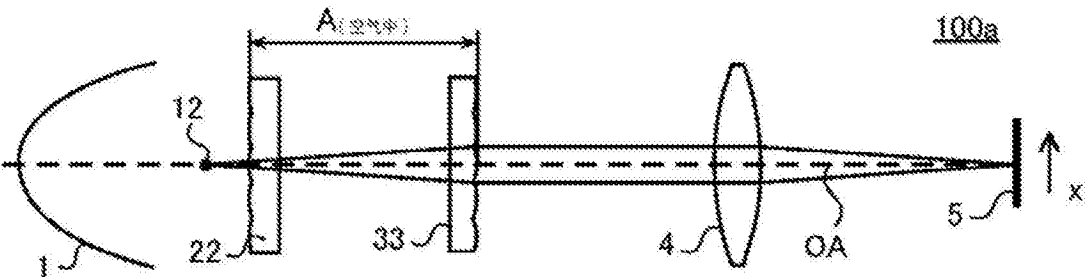


图14

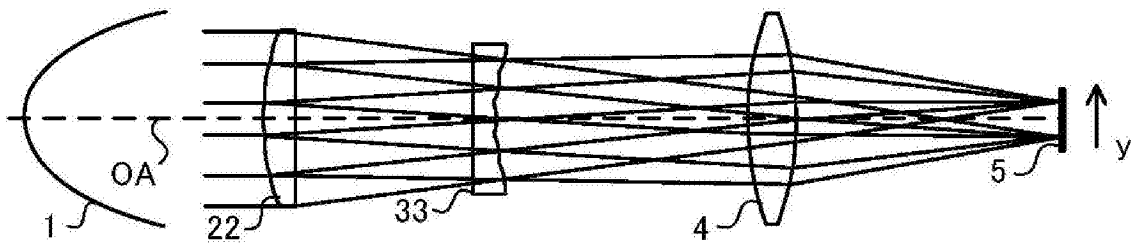


图15

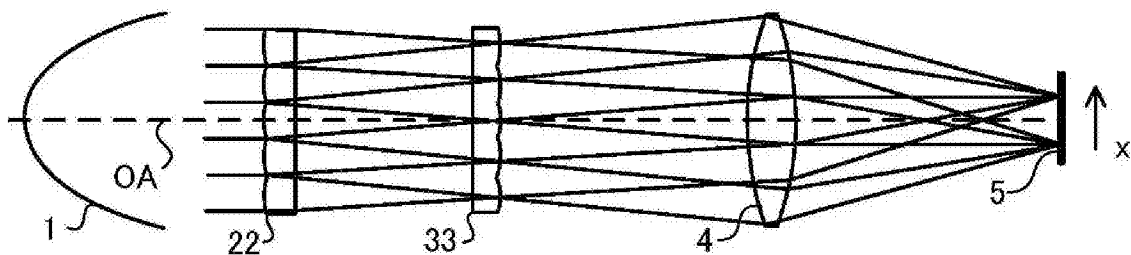


图16

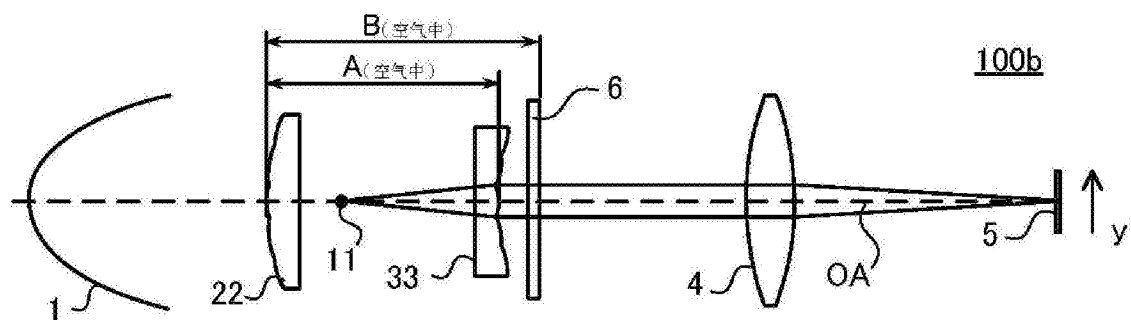


图17

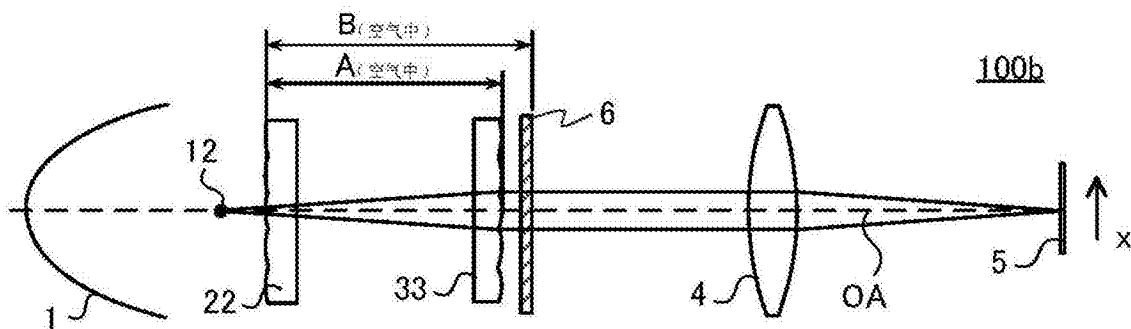


图18