



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102893197 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 23

(21) 申请号 201180024284. 2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 05. 09

G02B 17/08(2006. 01)

(30) 优先权数据

G02B 13/18(2006. 01)

2010-114662 2010. 05. 18 JP

G03B 21/14(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 11. 15

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2011/061116 2011. 05. 09

(87) PCT申请的公布数据

W02011/145535 EN 2011. 11. 24

(71) 申请人 株式会社理光

地址 日本东京都大田区中马达一丁目3番6号

(72) 发明人 高桥达也 藤田和弘 安部一成

(74) 专利代理机构 上海市华诚律师事务所
31210

代理人 肖华

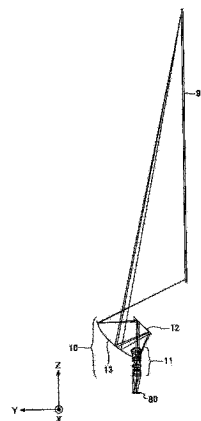
权利要求书 2 页 说明书 17 页 附图 17 页

(54) 发明名称

投影光学系统以及图像投影装置

(57) 摘要

本发明所揭示的投影光学系统将图像投影在被投影面上。投影光学系统包括第一光学系统、折叠镜和第二光学系统,该第一光学系统包括至少一个折射光学系统并在总体上具有正光焦度,该第二光学系统包括至少一个具有光焦度的反射面并在总体上具有正光焦度。更进一步地,折叠镜将光路从第一光学系统折叠至第二光学系统,并在包括第一光学系统的光轴和被投影面的法线的平面上,满足以下条件表达式(1)至(3):(1) $0.43 \leq d_1$ 、(2) $0.43 \leq d_2$ 和(3) $0.7 \leq d_2/d_1 \leq 2.0$ 。



1. 一种投影光学系统,用于将图像投影到被投影面上,其特征在于,所述投影光学系统包括:

第一光学系统,所述第一光学系统包括至少一个折射光学系统且在总体上具有正光焦度;

折叠镜;以及

第二光学系统,所述第二光学系统包括至少一个具有光焦度的反射面且在总体上具有正光焦度;

其中,在包括所述第一光学系统的光轴和所述被投影面的法线的平面中,所述折叠镜将光路从所述第一光学系统折叠至所述第二光学系统,且满足以下条件表达式(1)至(3)

$$(1) 0.43 \leq d_1;$$

$$(2) 0.43 \leq d_2; \text{和}$$

$$(3) 0.7 \leq d_2/d_1 \leq 2.0,$$

更进一步地, d_1 由以下方程式(1)表示

$$d_1 = \frac{l_1}{f \cos \theta_3} \sin(2\theta_2 - \theta_1 - \theta_3) \quad (1)$$

其中,

符号 f 表示所述第一光学系统的焦距;

符号 d_1 表示由一段距离除以所述第一光学系统的所述焦距 f 获得的值,所述距离是在所述光线的法线方向上一光线和一点之间的距离,该光线在最靠近外端的位置被所述折叠镜反射,该外端是所述折叠镜的多个外端中更靠近所述第一光学系统的外端,该点是所述第一光学系统中的面与所述第一光学系统的所述光轴的交点,该面是最靠近所述光线的面;

符号 d_2 表示由一段距离除以所述第一光学系统的所述焦距 f 获得的值,该距离是在所述第一光学系统的所述光轴的法线方向上一光线和所述折叠镜的外端之间的距离,该外端是所述折叠镜的所述多个外端中离所述第一光学系统更远的外端,该光线已经被所述第二光学系统反射且最靠近所述外端,所述外端是所述折叠镜的多个外端中离所述第一光学系统更远的外端;

符号 l_1 表示在所述第一光学系统的所述光轴方向上所述第一光学系统中的一个面和所述折叠镜的外端之间的距离,该面是最靠近所述折叠镜的面,该外端是所述折叠镜的多个外端中更靠近所述第一光学系统的外端;

符号 θ_1 表示一光线相对于所述光轴方向的发射角,该光线在最靠近外端的位置被所述折叠镜反射,该外端是所述折叠镜的多个外端中更靠近所述第一光学系统的外端,并且该光线从最靠近折叠镜的面被发出,该面被包括在所述第一光学系统中;

符号 θ_2 表示所述折叠镜相对于所述光轴的法线方向的角度;且

符号 θ_3 表示一条线相对于所述光轴方向的角度,该线连接外端和一点,该外端是所述折叠镜的多个外端中更靠近所述第一光学系统的外端,该点是所述第一光学系统中的面与所述第一光学系统的所述光轴的交点,该面是最靠近所述折叠镜的面。

2. 如权利要求 1 所述的投影光学系统,其特征在于,

满足以下条件表达式(4)

$$(4) 0.43 \leq d_3,$$

更进一步地 d_3 由以下方程式(2)表示

$$d_3 = \frac{l_1}{f \cos \theta_4} \sin(2\theta_2 - \theta_1 - \theta_4) \quad (2)$$

其中

符号 θ_4 表示一条线相对于所述第一光学系统的所述光轴方向的角度,该线是从外端引出至所述第一光学系统中的一个面上一点的切线,该外端是所述折叠镜的多个外端中更靠近所述第一光学系统的外端,该面是最靠近所述折叠镜的面;且

符号 d_3 表示由一段距离除以所述第一光学系统的所述焦距 f 获得的值,该距离是在光线的法线方向上该光线和该面上的点之间的距离,该光线已经在最靠近所述外端的一点被所述折叠镜反射,该外端是所述折叠镜的多个外端中更靠近所述第一光学系统的外端,该点是该切线和所述第一光学系统的所述面的交点,该面是最靠近所述折叠镜的面。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的投影光学系统,其特征在于,

满足以下条件表达式(5)

$$(5) 6.3 \leq l_2/f \leq 9.0,$$

其中,

符号 l_2 表示从所述第一光学系统中的面到所述第二光学系统的光的距离,该光线在最靠近外端的位置被所述折叠镜反射,该外端是所述折叠镜的多个外端中离所述第一光学系统更远的外端,该面是最靠近所述折叠镜的面。

4. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的投影光学系统,其特征在于,所述第二光学系统的所述反射面是能校正的曲面。

5. 如权利要求 1 至 4 中任一项所述的投影光学系统,其特征在于,所述折射光学系统包括非球面形状的折射面。

6. 如权利要求 1 至 5 中任一项所述的投影光学系统,其特征在于,所述折叠镜是平面镜。

7. 如权利要求 1 至 6 中任一项所述的投影光学系统,其特征在于,所述第一光学系统是共轴系统。

8. 如权利要求 1 至 7 中任一项所述的投影光学系统,其特征在于, θ_2 是在 $45^\circ \leq \theta_2 \leq 60^\circ$ 的范围之内。

9. 一种图像投影装置,其特征在于,

来自光源的照射光被照射在图像形成部件上,在所述图像形成部件上基于调制信号形成图像,且所述图像形成部件上形成的所述图像利用根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的投影光学系统被放大并投影在被投影面上。

投影光学系统以及图像投影装置

技术领域

[0001] 本发明涉及投影光学系统以及图像投影装置。

背景技术

[0002] 近来,在作为图像投影装置而广为人知的液晶投影机中,已经做出一些改进,例如液晶板的分辨率更高,投影图像更亮以及光源灯效率更高,且费用降低。更进一步地,使用DMD(数字微镜装置)的小且重量轻的图像投影装置已经被广泛使用。因此,不仅在办公室和0学校中使用图像投影装置,而且在家庭中也开始使用图像投影装置。特别是,随着可携带性的改善,正投影式投影机已经被使用于数人规模的小型会议室。

[0003] 超短焦投影机具有演说者的影子不会被投影在屏幕上的优点。另一方面,当投影距离小于光学系统的总长度时,有可能无法通过将光学系统安装为与被投影面分离来使用光学系统。在这种情况下,光学系统可能需要被嵌在被投影面的背面(被投影面中)。

发明内容

[0004] 本发明要解决的问题

[0005] 对于常规投影光学系统和包括常规投影光学系统的图像投影装置,例如,专利文献1揭示的配置中折叠镜被布置在第一光学系统和第二光学系统之间。然而,在专利文献1所揭示的投影光学系统和包含投影光学系统的图像投影装置中,依据状况,被折叠镜反射的光可能被第一光学系统阻挡(截断)或者被第二光学系统反射的光可能被折叠镜阻挡。

[0006] 专利文献1:日本专利申请公开No.:2008-096983

[0007] 考虑到以上环境提出本发明,并且本发明可以提供一种投影光学系统,该投影光学系统能够解决光被阻挡的问题且不用被嵌在被投影面背面进行投影。

[0008] 解决问题的手段

[0009] 根据本发明的一个方面,投影光学系统将图像投影在被投影面上,该投影光学系统包含第一光学系统,该第一光学系统包括至少一个折射光学系统且总体上具有正光焦度;折叠镜;以及第二光学系统,该第二光学系统包括至少一个具有光焦度的反射面且总体上具有正光焦度。更进一步地,在包括第一光学系统的光轴和被投影面的法线的平面中,折叠镜将光路从第一光学系统折叠至第二光学系统,且以下条件表达式(1)至(3)被满足

[0010] (1) $0.43 \leq d_1$;

[0011] (2) $0.43 \leq d_2$;和

[0012] (3) $0.7 \leq d_2/d_1 \leq 2.0$ 。

[0013] 更进一步地, d_1 由以下方程式(1)表示

$$[0014] \quad d_1 = \frac{l_1}{f \cos \theta_3} \sin(2\theta_2 - \theta_1 - \theta_3) \quad (1)$$

[0015] 其中

[0016] 符号 f 表示第一光学系统的焦距;

[0017] 符号 d_1 表示由一段距离除以第一光学系统焦距 f 获得的值,该段距离是在光线的法线方向上一光线和一点之间的距离,该光线在最靠近外端的位置被折叠镜反射,该外端是折叠镜的多个外端中更靠近第一光学系统的外端,该点是第一光学系统中的面与第一光学系统的光轴的交点,该面是最靠近该光线的面;

[0018] 符号 d_2 表示由一段距离除以第一光学系统焦距 f 获得的值,该距离在第一光学系统的光轴的法线方向上一光线和折叠镜的外端之间之间的距离,该外端是折叠镜的多个外端中离第一光学系统更远的外端,该光线已被第二光学系统反射且最靠近外端,该外端折叠镜的多个外端中离第一光学系统更远的外端;

[0019] 符号 l_1 表示在第一光学系统的光轴方向上第一光学系统中的一个面和折叠镜的外端之间的距离,该面是最靠近折叠镜的面,外端是折叠镜的多个外端中更靠近第一光学系统的外端;

[0020] 符号 θ_1 表示光线相对于光轴方向的发射角,该光线在最靠近外端的位置被折叠镜反射,该外端是折叠镜的多个外端中更靠近第一光学系统的外端,并且该光线从最靠近折叠镜的面被发出,该面被包括在第一光学系统中;

[0021] 符号 θ_2 表示折叠镜相对于光轴的法线方向的角度;

[0022] 符号 θ_3 表示一条线相对于光轴方向的角度,该线连接外端和一点,该外端是折叠镜的多个外端中更靠近第一光学系统的外端,该点是第一光学系统中的面与第一光学系统的光轴的交点,该面是最靠近折叠镜的面。

[0023] 发明的效果

[0024] 根据所揭示的技术,可以提供能够解决光被阻挡的问题且不用被嵌在被投影面背面进行投影。

附图说明

[0025] 图 1 是说明根据本发明的第一实施例的投影光学系统的光线图;

[0026] 图 2 是图 1 的局部放大的光线图;

[0027] 图 3 是说明作为比较实例 1 的投影光学系统的光线图;

[0028] 图 4 是说明作为比较实例 2 的投影光学系统的光线图;

[0029] 图 5 是说明参数的(第一种)图;

[0030] 图 6 是说明当参数 D_1 是负值时图 1 的投影光学系统的光线图;

[0031] 图 7 是图 6 的局部放大的光线图;

[0032] 图 8 是说明参数的(第二种)图;

[0033] 图 9 是说明当参数 D_2 是负值时图 1 的投影光学系统的光线图;

[0034] 图 10 是图 9 的局部放大的光线图;

[0035] 图 11 是说明参数 l_2 的图;

[0036] 图 12 是说明确定参数 l_2 的方法的(第一种)光线图;

[0037] 图 13 是说明确定参数 l_2 的方法的(第二种)光线图;

[0038] 图 14 是说明在第一个实例中屏幕上的最终分辨性能数据的图;

[0039] 图 15 是说明在第二个实例中屏幕上的最终分辨性能数据的图;

[0040] 图 16 是说明第三个实例的投影光学系统的光线图;以及

- [0041] 图 17 是说明根据本发明的第二实施例的图像投影装置的示意图。
- [0042] 符号说明
- [0043] 10, 10A, 10B, 20 : 投影光学系统
- [0044] 11 : 第一光学系统
- [0045] 12 : 折叠镜
- [0046] 12A, 12B : 外端
- [0047] 13 : 第二光学系统
- [0048] 50 : 图像投影装置
- [0049] 60 : 照明光学系统
- [0050] 61 : 光源
- [0051] 62 : 反射器
- [0052] 63, 64 : 中继透镜
- [0053] 65 : 亮度均匀单元
- [0054] 66 : 色轮
- [0055] 70 : 分离单元
- [0056] 80 : 图像形成部件
- [0057] 90 : 屏幕
- [0058] 91, 92 : 辅助线
- [0059] 95, 97, 98 : 光线
- [0060] 96 : 点
- [0061] D_1, D_2, D_3, l_1, l_2 : 距离
- [0062] $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_{14}$: 角度
- [0063] Φ_1 : 直径

具体实施方式

[0064] 在下文中, 将参考附图来描述本发明的实施例。在附图中, 相同的参考标记被用于相同的或者等效的部件, 且由此可以省略重复的描述。

[0065] 第一实施例

[0066] 图 1 是说明根据本发明的第一实施例的投影光学系统的光线图。图 2 是图 1 的局部放大的光线图。在图 1 和图 2 的坐标系中, 符号 X 表示屏幕的长轴方向, 符号 Z 表示屏幕的短轴方向, 且符号 Y 表示屏幕的法线方向。参考图 1 和图 2, 投影光学系统 10 包括第一光学系统 11、折叠镜 12 和第二光学系统 13。更进一步地, 参考标记 80 表示图像形成部件(以下称为图像形成部件 80), 且参考标记 90 表示屏幕(以下称为屏幕 90)。

[0067] 在投影光学系统 10 中, 第一光学系统 11 是包括至少一个折射光学系统(即, 透镜)的共轴光学系统且总体上具有正光焦度。折叠镜 12 是折叠(改变)从第一光学系统 11 向第二光学系统 13 行进的光的路线(方向)的镜。第二光学系统包括至少一个具有光焦度的反射面并且总体上具有正光焦度。更进一步地, 在这个实施例中, 描述了第一光学系统 11 包括十一个透镜的情况。然而, 本发明不局限于这个配置。

[0068] 从图像形成部件 80 发出的光束(light fulxes)投射入投影光学系统 10 的第一

光学系统 11 中,在经过第一光学系统 11 之后被折叠镜 12 折叠,然后被第二光学系统 13 反射以便投影到屏幕 90 上,该图像形成部件 80 是例如液晶板的光阀。由图像形成部件 80 形成的图像被成像为在第一光学系统 11 和第二光学系统 13 的光路上的中间图像,且通过放大该中间图像而生成的图像被投影并被成像在屏幕 90 上。

[0069] 接近光轴的光形成折叠镜 12 和第二光学系统 13 之间的中间图像,且远离光轴的光形成第一光学系统 11 和折叠镜 12 之间的中间图像。通过利用折叠镜 12 折叠光路,即使当光学系统的投影距离小于光学系统的总长度时,也可能可以将投影方向从平行于深度方向的方向转换为平行于高度方向的方向。因为这个特性,可能可以不用将光学系统嵌入屏幕内投影图像。在比较图 1 中的第一光学系统的方向和图 4 中的第一光学系统的方向时,这个特性可以显而易见。

[0070] 更进一步地,投影距离可以被缩短。因为这个特性,可能可以在狭窄的会议室等中使用投影机。更进一步地,作为另一个效果,与常规的投影机不同,可能可以减轻当演说者在投影机和屏幕之间时演说者的影子被投影在屏幕上这个问题。更进一步地,通过使用作为被包括在第一光学系统 1 中的透镜的一部分的非球面透镜,设计的自由度可以被扩大且在屏幕 90 上的成像性能可以被改善。更进一步地,当在第二光学系统 13 中具有正光焦度的反射镜具有能畸变多项式校正的曲面(anamorphic polynomial adjustable curved surface)的形状时,可能可以就相应于各自的图像高度的单个反射区调节反射面的曲面形状,从而使像差校正性能能够得到改善。

[0071] 更进一步地,术语“能畸变多项式校正的曲面”是通过以下公式(2)表示的形状,其中当使用投影图像作为参考时 X 轴方向对应于上下方向且 Y 轴方向对应于左右方向并且符号“X2, Y2, X2Y, Y3, X2Y2 等”是系数。

$$[0072] \quad Z = X2 \cdot x^2 + Y2 \cdot y^2 + X2Y \cdot x^2y + Y3 \cdot y^3 + X4 \cdot x^4 + X2Y$$

$$[0073] \quad 2 \cdot x^2y^2 + Y4 \cdot y^4 + X4Y \cdot x^4y + X2Y3 \cdot x^2y^3 + Y5 \cdot y^5 + X$$

$$[0074] \quad 6 \cdot x6 + X4Y2 \cdot x^4y^2 + X2Y4 \cdot x^2y^4 + Y6 \cdot y^6 + \dots$$

$$[0075] \quad (2)$$

[0076] 在这个第一实施例中,作为第二光学系统 13,使用凹形的反射面。然而,本发明不局限于这个配置。例如,可以使用任何适当的具有光聚焦光焦度(效果)反射光学部件例如菲涅耳反射镜或者全息反射镜。

[0077] 接下来,参考图 3 和图 4 中的比较实例,补充描述根据本发明的这个实施例的投影光学系统 10 的效果。图 3 是说明比较实例 1 的投影光学系统的光线图。图 4 是说明比较实例 2 的投影光学系统的光线图。在图 3 和图 4 的坐标系中,符号 X 表示屏幕的长轴方向,符号 Y 表示屏幕的短轴方向,且符号 Z 表示屏幕的法线方向。参考图 3 和图 4,比较实例 1 中的投影光学系统 10A 和比较实例 2 中的投影光学系统 10B 与这个第一实施例的投影光学系统 10 一样,除了没有配备折叠镜 12。

[0078] 在图 3 中说明的投影光学系统 10A 中,与投影光学系统 10 相类似,投影距离可以被缩短。然而,当投影距离被进一步缩短时。与图 4 所示的投影光学系统 10B 相类似,投影距离小于投影光学系统 10B 的总长度。在图 4 的投影光学系统 10B 中,第一光学系统 11 的一部分被布置在屏幕 90 的右手侧。因此,必须将投影光学系统 10B 的这部分嵌在屏幕的背面(屏幕中),这可能使其难以使用。

[0079] 这种问题可以通过如同第一实施例中的投影光学系统 10 中一样在第一光学系统 11 和第二光学系统 13 之间配备折叠镜 12 避免。

[0080] 然而,在如同投影光学系统 10 中一样配备折叠镜 12 的情况下,可能会出现这样的问题,“被折叠镜 12 反射的光被第一光学系统 11 阻挡”或者“被第二光学系统 13 反射的光被折叠镜 12 阻挡”。因此,为了避免这样的问题,可能必须适宜地确定折叠镜 12 的位置。

[0081] 也就是说,可能必须适宜地确定包括如下所述的 d_1 和 d_2 的参数。需要通过考虑折叠结构是否可以被使用,性能是否可以被维持等,并基于透镜数据来适宜地确定包括 d_1 和 d_2 的参数的数值。

[0082] 接下来,参考图 5,描述适宜地确定包括 d_1 和 d_2 的参数的方法。图 5 是说明参数和在第一光学系统 11 邻近处的放大视图的(第一种)图。在图 5 的坐标系中,符号 X 表示屏幕的长轴方向,符号 Z 表示屏幕的短轴方向,且符号 Y 表示屏幕的法线方向。参考图 5,参考标记 91 和 92 表示用于说明光线的角度的辅助线(附加线)(以下分别称为辅助线 91 和 92)。具体而言,辅助线 91 是正交于第一光学系统 11 的光轴的线,且辅助线 92 是平行于第一光学系统 11 的光轴的线。

[0083] 在图 5 中,参数(距离) D_1 表示在光线 95 的法线方向上光线 95 和点 96 之间的距离,光 95 已经在最靠近外端 12a 的位置被折叠镜 12 反射,外端 12a 是折叠镜 12 的外端 12a 和 12b 中更靠近第一光学系统 11 的外端,点 96 是第一光学系统 11 中的一个面和第一光学系统 11 的光轴的交点,该面为最靠近光线 95 的面。另一方面,参数(距离) D_2 表示在第一光学系统 11 的光轴的法线方向上光线 97 和外端 12b 之间的距离,光线 97 已经被第二光学系统 13 反射且最靠近外端 12b,外端 12b 是折叠镜 12 的外端 12a 和 12b 中离第一光学系统 11 更远的外端,外端 12b 离第一光学系统 11 更远。

[0084] 然后,当符号 d_1 和 d_2 是通过将 D_1 和 D_2 分别除以焦距 f 给出时(即, $d_1=D_1/f$, $d_2=D_2/f$),参数 d_1 被表示为下面的公式 (3)。

$$[0085] \quad d_1 = \frac{l_1}{f \cos \theta_3} \sin(2\theta_2 - \theta_1 - \theta_3) \quad (3)$$

[0086] 在公式(3)中,符号 l_1 表示在第一光学系统 11 的光轴方向上第一光学系统 11 中的面和外端 12a 之间的距离,该面是最靠近折叠镜 12 的面,外端 12a 是折叠镜 12 的外端 12a 和 12b 中更靠近第一光学系统 11 的外端;符号 f 表示第一光学系统 11 的焦距;符号 θ_1 表示光的相对于辅助线 92(即,第一光学系统 11 的光轴方向)的发射角,这束光在最靠近折叠镜 12 的外端 12a 和 12b 的外端 12a 的位置被折叠镜 12 反射并从最靠近折叠镜 12 的面中被发出,该面被包括在第一光学系统 11 中;符号 θ_2 表示折叠镜 12 相对于辅助线 91(即,第一光学系统 1 的光轴的法线方向)的角度;且符号 θ_3 表示一条线相对于辅助线 92(即,第一光学系统 11 的光轴方向)的线的角度,该线连接外端 12a 和点 96,外端 12a 是折叠镜 12 的外端 12a 和 12b 中更靠近第一光学系统 11 的外端,点 96 是第一光学系统 11 中的一个面和第一光学系统 11 的光轴的交点,该面是最靠近折叠镜 12 的面。

[0087] 首先,描述确定参数 d_1 的方法。图 6 是说明在距离 D_1 是负值的情况下图 1 的投影光学系统的光线图。图 7 是对图 6 的局部放大的光线图。在图 6 和图 7 的坐标系中,符号 X 表示屏幕的长轴方向,符号 Z 表示屏幕的短轴方向,且符号 Y 表示屏幕的法线方向。参考图 6 和 7,被折叠镜 12 反射的光被第一光学系统 11 阻挡。另一方面,当距离 D_1 是正值时,

被折叠镜反射的光没有被第一光学系统 11 阻挡。

[0088] 因此,可能当 $0 < D_1$ 时为较佳。然而,当考虑到投影光学系统 10 的组件的实际装配时,当 $0 < D_1$ 时可能不够,且当 $10 \text{ 毫米} \leq D_1$ 时为较佳。例如,当如下所述 $f=23.5$ 毫米时,如实例 1 的图表 1 中所述,当 $D_1=10$ 毫米,基于 $d_1=D_1/f$ 得到 $d_1=0.43$ 。因此, $0.43 \leq d_1$ 为较佳。

[0089] 然而,仅仅调节 d_1 的值可能不够。也就是说,重要的是透镜的表面形状以及已经被折叠镜 12 反射的光线和透镜之间的位置关系。例如,当在非球面中表面形状的改变较大时,可能会有 d_1 的条件是满足的但是光和透镜之间的距离太短的情况。在这种情况下,可能使用另一个参数 d_3 来调节优于使用参数 d_1 来调节。

[0090] 图 8 是说明参数的(第二种)图。在图 8 的坐标系中,符号 X 表示屏幕的长轴方向,符号 Z 表示屏幕的短轴方向,且符号 Y 表示屏幕的法线方向。在图 8 中,符号 θ_4 表示线 99 相对于辅助线 92 (即,第一光学系统 11 的光轴方向)的角度,线 99 是从外端 12a 引出至第一光学系统 11 中的一个面上一点的切线,外端 12a 是折叠镜 12 的外端 12a 和 12b 中更靠近第一光学系统 11 的外端,该面是最靠近折叠镜 12 的面;且符号 D_3 表示在光线 95 的法线方向上光线 95 和该面上该点之间的距离,光线 95 已经在最靠近外端 12a 的一点被折叠镜 12 反射,外端 12a 是折叠镜 12 的外端 12a 和 12b 中更靠近第一光学系统 11 的外端。

[0091] 如图 8 所示,在第一光学系统 11 中最靠近折叠镜 12 的一部分中,在非球面中表面形状的改变较大的情况下(即,当 $d_3 < d_1$ 时),当考虑投影光学系统的组件的实际装配时, $10 \text{ 毫米} < D_3$ 为较佳。

[0092] 然后,当 d_3 由 D_3 除以焦距 f 给出时(即, $d_3=D_3/f$),参数 d_3 被表示为下面的公式(4)。

$$[0093] \quad d_3 = \frac{l_1}{f \cos \theta_4} \sin(2\theta_2 - \theta_1 - \theta_4) \quad (4)$$

[0094] 例如,当如下所述 $f=23.5$ 毫米时,如实例 1 的图表 1 中所述,当 $D_1=10$ 毫米,基于 $d_3=D_3/f$ 得到 $d_3=0.43$ 。因此, $0.43 \leq d_3$ 为较佳。更进一步地,关系 $d_3 < d_1$ 总是被满足,因此当关系 $0.43 \leq d_3$ 被满足时,关系 $0.43 \leq d_1$ 被满足。也就是说,当非球面中表面形状的改变较大时(即,当 $d_3 < d_1$ 时),必须用 d_3 代替 d_1 进行调节,且较佳的是关系 $0.43 \leq d_3$ 被满足。

[0095] 接下来,描述确定参数 d_2 的方法。图 9 是说明在距离 D_2 是负值的情况下图 1 的投影光学系统的光线图。图 10 是对图 9 的局部放大的光线图。在图 9 和图 10 的坐标系中,符号 X 表示屏幕的长轴方向,符号 Z 表示屏幕的短轴方向,且符号 Y 表示屏幕的法线方向。参考图 9 和图 10,依据从第一光学系统 11 入射到折叠镜 12 上的光的扩展范围来确定折叠镜 12 的有效直径 ϕ_1 。在图 9 和图 10 的实例中,被第二光学系统 13 反射的光被折叠镜 12 阻挡。更进一步地,第二光学系统 13 被布置在第一光学系统 11 和折叠镜 12 之间。为了避免这个问题,可能必须适宜地选择距离 D_2 。

[0096] 具体而言,可能当 $0 < D_2$ 时为较佳。然而,当考虑到投影光学系统 10 的组件的实际装配时,当 $0 < D_2$ 时可能不够,且当 $10 \text{ 毫米} \leq D_2$ 时为较佳。例如,在如下所述 $f=23.5$ 毫米的情况下,如实例 1 的图表 1 中所述,当 $D_2=10$ 毫米,基于 $d_1=D_1/f$ 得到 $d_2=0.43$ 。因此, $0.43 \leq d_2$ 为较佳。

[0097] 如上所述,需要通过考虑折叠结构能否被形成,性能能否被维持等并基于透镜数据来确定包括 d_1 和 d_2 的参数的适当值。更进一步地,当 $0.43 \leq d_1$ 和 $0.43 \leq d_2$ 时为较佳。

然而, d_1 和 d_2 的上限值是基于图 11 中所述的 l_2 的值被确定的。更进一步地, d_1 和 d_2 之间有这样的关系, 当其中一个增加时另一个相应地减少。因此, 可能必须确定 d_1 和 d_2 的上限值。更进一步地, 图 11 是放大接近图 1 的第一光学系统 11 和第二光学系统 13 的部分, 并删去折叠镜 12, 说明距离 l_2 的图, 因此图 11 说明的是光线性行进的状态。

[0098] 参考图 5 和图 11, 符号 l_2 表示光 98 从第一光学系统 11 中的面到第二光学系统 13 行进的距离, 光 98 在最靠近外端 12b 的位置被折叠镜 12 反射, 外端 12b 是折叠镜 12 的外端 12a 和 12b 中离第一光学系统 11 更远的外端, 该面是最靠近折叠镜 12 的面。

[0099] 例如, 当如下所述实例 1 的图表 1 中 $f=23.5$ 毫米时, 如上所述, $d_1=0.43$ 被计算出并得到 $d_2=0.85$ 。这个数值是 d_2 的上限。以同样方式, 当 $d_2=0.43$ 被计算出, 得到 $d_1=0.66$ 。这个数值是 d_1 的上限值。于是, $0.7 \leq d_2/d_1 \leq 2.0$ 为较佳。更进一步地, l_2 的值变得越大, d_1 和 d_2 选择的自由度就变得越大。

[0100] 更进一步地, 较佳的是确定 l_2 的适当值。通过确定 l_2 的适当值, 可能可以使投影光学系统具有实际的尺寸并可以保证足够的性能。

[0101] 在下文中, 描述确定距离 l_2 的方法。图 12 是说明确定 l_2 的方法的(第一种)光线图。图 13 是说明确定 l_2 的方法的(第二种)光线图。在图 12 和图 13 的坐标系中, 符号 X 表示屏幕的长轴方向, 符号 Y 表示屏幕的短轴方向, 且符号 Z 表示屏幕的法线方向。在这里, 为了简化, 使用不具有如图 3 所示的折叠镜 14 的光学系统来描述方法。

[0102] 如图 12 所示, 假设第二光学系统 13 被移至第二光学系统 23 的位置。换言之, 假设缩短距离 l_2 的同时不改变投影距离和投影尺寸。由于位置的改变, 在图 12 中光路从实线改变为虚线。这是因为, 例如, 当第二光学系统 23 中具有正光焦度的反射镜具有能够畸变多项式校正的曲面形状时, 第二光学系统 23 中具有能校正的曲面形状的反射镜的可用区域变得比第二光学系统 13 中具有能校正的曲面形状的反射镜的可用区域更狭窄。具有能校正的曲面形状的反射镜允许通过对与图像高度相对应的每个反射区调节反射面的曲面形状来进行像差校正。因此, 具有能校正的曲面形状的反射镜的可用区域变得越狭窄, 像差校正就可能变得更困难并且性能可能变得更低。

[0103] 接下来, 描述如何避免由于具有能校正的曲面形状的反射镜的可用范围便得更狭窄而使性能降低。为此, 如图 13 所示, 可以使用具有更大可用范围的反射镜的第二光学系统 33 来代替第二光学系统 23(图 12 中)。如图 13 的光路中所述, 经过第一光学系统 11 的光的角度变小。这意味着第一光学系统 11 具有比如下所述的实例 1 的情况下更大的光焦度, 这可能会使像差增大。因此, 在这种情况下性能可能也会被降低。

[0104] 如上所述, 当距离 l_2 被缩短时, 性能可能被降低。因此, 可能必须确定 l_2 的下限。作为发明人的研究结果, 当参数具有如下所述的实例 1 的图表 1 中所述的相应的数值时可以保证足够的性能(即, 当 $6.3 \leq l_2/f$ 时)。另一方面, 当距离 l_2 增加时, 投影光学系统的尺寸相应地增加, 这可能变成性能下降的原因。因此, 较佳的是确定 l_2 的上限。作为发明人的研究结果, 可以确定的是当 $l_2/f \leq 9.0$ 时, 投影光学系统具有实际的尺寸并且足够的性能被保证。作为以上研究结果, $6.3 \leq l_2/f \leq 9.0$ 为较佳。

[0105] 另一方面, 当角度 θ_2 增加时, 可能更容易地形成折叠结构, 但是投影光学系统的尺寸可能相应地增加。从尺寸的观点来看, $45^\circ \leq \theta_2 \leq 60^\circ$ 为较佳。

[0106] 如上所述, 在根据本发明的第一实施例的投影光学系统中, 通过将折叠镜布置在

第一光学系统和第二光学系统之间,即使当投影距离小于投影光学系统的总长度也可以将投影方向从深度方向改变为高度方向。因此,可以使用图像投影装置例如不嵌在屏幕背面的投影机。

[0107] 更进一步地,通过以满足关系“ $0.43 \leq d_1, 0.43 \leq d_2$ 以及 $0.7 \leq d_2/d_1 \leq 2.0$ ”的方式确定 d_1 和 d_2 的数值,其中 d_1 和 d_2 是根据本发明的第一实施例的投影光学系统的参数,可能可以避免被折叠镜反射的光被第一光学系统阻挡的问题和被第二光学系统反射的光被折叠镜阻挡的问题。更进一步地,当 $d_3 < d_1$ 时,通过确定 d_3 的数值是“ $0.43 \leq d_3$ ”,可以避免以上问题。

[0108] 更进一步地,通过以满足关系“ $6.3 \leq l_2/f \leq 9.0$ ”的方式确定根据本发明的第一实施例的投影光学系统的参数 l_2 的数值,在一定程度上由此被满足,可以使得投影光学系统具有实际的尺寸并且可以保证投影光学系统具有如同光学系统的足够的性能。

[0109] 更进一步地,通过以满足关系“ $45^\circ \leq \theta_2 \leq 60^\circ$ ”的方式确定折叠镜的角度 θ_2 的数值,可以使投影光学系统具有实际的尺寸并且可以容易地形成折叠结构同时性能没有显著降低。换言之,可以增加在位置上布置折叠镜的自由度以便避免被折叠镜反射的光被第一光学系统阻挡的问题和被第二光学系统反射的光被折叠镜阻挡的问题。

[0110] 更进一步地,在第二光学系统中被成像在屏幕中的位置上的光通量与各个图像高度的局部反射区相符。因此,通过使第二光学系统的表面形状具有能校正的曲面形状并调节对应于图像高度的反射区的反射面的曲面形状,可以最有效地校正像差,从而使性能能够得到改善。

[0111] 更进一步地,通过使第一光学系统具有非球面形状的折射面,可以增加第一光学系统的自由度,这使得投影光学系统具有更高的性能得到实现。

[0112] 更进一步地,通过使用平面镜作为折叠镜,在和具有非球面形状或者能校正的曲面形状的镜子的情况相比时可能可以降低成本。

[0113] 更进一步地,通过将第一光学系统做成共轴系统,可以使装配更容易。

[0114] 接下来,描述实例。

[0115] 实例 1

[0116] 在实例 1 中,假设 $d_1=0.49$ 且 $d_2=0.77$ 。其他参数的数值如以下图表 1 中所示。在图表 1 中, l_1 、 l_2 和 f 的单位是“毫米”,且 θ_1 、 θ_2 和 θ_3 的单位是度($^\circ$)。

[0117] 图表 1

[0118]

参数	数值
l_1	30.1
l_2	148.0
f	23.5
θ_1	30.0

θ_2	45.0
θ_3	44.0

[0119] 根据 d_1 和 d_2 的数值以及图表 1 中的数值,可以得到 $d_2/d_1 = 1.6$, $l_2/f=6.3$, 且 $\theta_2=45^\circ$, 任何一个都满足以上关系(条件)“ $0.43 \leq d_1, 0.43 \leq d_2$, 以及 $0.7 \leq d_2/d_1 \leq 2.0, 6.3 \leq l_2/f \leq 9.0$, 以及 $45^\circ \leq \theta_2 \leq 60^\circ$ ”。

[0120] 接下来,如下所述的图表 2 说明实例 1 中的数据。

[0121] 图表 2

面号码	曲率半径	面间距	折射率	色散	移位	偏转	面形状
0	∞	1.11					球状的
1	∞	1.05	1.507	63.35			球状的
2	∞	36.89					球状的
3 光阑	∞	0.00			-1		球状的
4	23.5	3.22	1.514	63.9			非球面
5	-169.1	0.20					非球面
6	30.0	1.00	1.879	39.6			球状的
7	11.9	7.15	1.487	70.4			球状的
8	-20.0	1.00					球状的
9	-60.5	2.00	1.822	33.4			球状的
10	42.3	4.65					球状的
11	20.0	6.60	1.565	43.7			球状的
12	-16.8	1.00	1.835	43			球状的
13	-30.5	1.83					球状的
14	-79.3	1.00	1.497	81.6			球状的
15	69.3	7.80					球状的
16	20.4	3.92	1.676	40.2			球状的
17	561.1	3.49					球状的
18	-24.7	5.11	1.833	41.3			球状的
19	19.3	4.51					球状的
20	-17.3	3.93	1.531	55.8			非球面
21	-22.2	5.18					非球面
22	-18.1	3.12	1.531	55.8			非球面
23	-15.4	21.07					非球面
24	∞	40.00					球状的
25	∞	-48.00	反射			-45	球状的
26	-1148.3	236.07	反射		-58.515	49.7391	能多项式调整的曲面
27	∞	0.00					球状的

[0122] 在图表 2 中,“面号码”指的是分配给透镜的面的号码并且从物侧增加。具体而言,图像形成部件 80 的一个面(离第一光学系统 11 更远的表面)指的是第 0 号面。图像形成部件 80 的另一个面指的是第 1 号面。顺着图像形成部件 80 侧,第一光学系统 11 的面指的是第 3 号面到第 24 号面。折叠镜 12 指的是 25 号面。第二光学系统 13 指的是第 26 号面。屏幕 90 指的是第 27 号面。“曲率半径”指的是具有面号码的面的曲率半径。“面间距”指的是

在轴线上从被编码的面到下一个面的距离。“折射率”指的是在相应的面号码的面和下一个面号码的面之间形成的透镜的折射率。“色散”被表示为色散系数,色散系数是与折射率相关的 d 线的值。“移位”指的是移动的偏心率量,且“偏转”指的是偏转的偏心率量。曲率半径、面间距和移动的偏心率量的度量单位是“毫米”,且偏转的偏心率量的度量单位是“°”。更进一步地,对于移位和偏转的符号,在移位中使用 + 符号表示沿 Y 轴方向的正方向移动且在偏转中使用 + 符号表示环绕 X 轴沿逆时针方向偏转。以上也被应用于下面的实例。

[0124] 在第 4 号、第 5 号、第 20 号、第 21 号、第 22 号和第 23 号面中使用的非球面是旋转对称的非球面。然而,可以使用不对称的非球面。如本领域公知的,旋转对称的非球面由非球面方程式“ $Z=c \cdot r^2 / [1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2 r^2}] + Ar^4 + Br^6 + Cr^8 + \dots$ ”给出,其中“Z”表示光轴的深度,“c”表示近轴曲率半径,“r”表示在正交于轴线方向的方向上与光轴的距离,且“k”表示圆锥系数。“A”,“B”,“C”,... 表示高阶非球面系数。通过确定 k, A, B, C 等的数值形状被指定。以上也可被应用于以下实例。

[0125] 图表 3 说明实例 1 中的非球面的系数。

[0126] 图表 3

[0127]

系数	第 4 号面	第 5 号面	第 20 号面	第 21 号面	第 22 号面	第 23 号面
圆锥系数 :k	0	0	0	0	0	0
第四阶系数 :B	8. 227061E-05	9. 955267E-05	1. 775767E-04	8. 144775E-05	-1. 071179E-04	-6. 215357E-05
第六阶系数 :B	1. 963915E-07	2. 538604E-07	2. 149390E-06	1. 907467E-07	-6. 172360E-07	-5. 390229E-07
第八阶系数 :B	3. 402974E-09	2. 103399E-09	-1. 150242E-07	-1. 443357E-08	1. 043242E-08	1. 190752E-08
第十阶系数 :B	-3. 255382E-11	1. 251145E-11	2. 544557E-09	1. 585259E-10	4. 201341E-12	-1. 388212E-10
第十二阶系数 :B	-1. 618297E-13	-1. 026672E-12	-2. 824568E-11	-3. 068536E-13	-9. 499176E-14	1. 317858E-12
第十四阶系数 :B	6. 132829E-15	1. 254136E-14	1. 590174E-13	-4. 033239E-15	-4. 234670E-16	-5. 506125E-15
第十六阶系数 :B	0	0	-3. 603504E-16	1. 822642E-17	1. 343150E-18	8. 030897E-18

[0128] 图表 4 说明实例 1 中的能畸变多项式校正的曲面的系数。能畸变多项式校正的曲面的系数与上述公式(2)相对应。

[0129] 图表 4

[0130]

系数	系数的数值	系数	系数的数值
X2	6. 90009E-03	X8Y3	-1. 83451E-18
Y2	2. 81858E-03	X6Y5	-3. 65090E-19
X2Y	4. 44629E-05	X4Y7	8. 26438E-19
Y3	3. 23567E-06	X2Y9	-1. 69295E-18

X4	2.15017E-07	Y11	-8.02167E-19
X2Y2	6.46894E-07	X12	2.71346E-20
Y4	8.11435E-08	X10Y2	-2.49447E-20
X4Y	3.82612E-09	X8Y4	-4.90264E-21
X2Y3	7.80283E-09	X6Y6	-4.13650E-20
Y5	2.91554E-09	X4Y8	-2.62478E-20
X6	-1.25061E-10	X2Y10	5.60614E-20
X4Y2	-1.81432E-11	Y12	-6.47013E-21
X2Y4	1.13225E-10	X12Y	2.11719E-22
Y6	6.51812E-12	X10Y3	1.25614E-21
X6Y	-4.08129E-12	X8Y5	-1.06646E-21
X4Y3	-2.38189E-12	X6Y7	-1.95060E-22
X2Y5	-6.60692E-13	X4Y9	2.53308E-22
Y7	-3.66693E-12	X2Y11	-1.83495E-22
X8	1.34403E-13	Y13	4.28249E-22
X6Y2	5.19629E-14	X14	-3.94311E-24
X4Y4	-1.02085E-13	X12Y2	1.06669E-23
X2Y6	4.47863E-15	X10Y4	-1.41249E-23
Y8	3.50359E-14	X8Y6	1.55692E-23
X8Y	3.87703E-15	X6Y8	1.17364E-23
X6Y3	3.03998E-15	X4Y10	-9.09887E-24
X4Y5	1.23131E-15	X2Y12	-6.76570E-24
X2Y7	3.21303E-15	Y14	-4.21775E-24
Y9	1.67936E-15	X14Y	2.79140E-26

X10	-8.05177E-17	X12Y3	-3.55954E-25
X8Y2	5.01392E-19	X10Y5	4.66445E-25
X6Y4	1.07016E-16	X8Y7	-1.19101E-25
X4Y6	4.19776E-17	X6Y9	6.74353E-27
X2Y8	-5.11164E-17	X4Y11	9.72070E-26
Y10	2.52155E-18	X2Y13	5.59308E-26
X10Y	-1.62578E-18	Y15	1.15168E-26

[0131] 图 14 说明实例 1 中在屏幕上最终获得的示例的分辨性能。在图 14 的结果中,假设例如图像形成部件 80 的面板的对角线尺寸为 0.54 英寸且宽高比为 3:4。放大率约为 111.1 倍。从图像形成部件 80 发出的光的 f 数为 $f/2.5$ 。根据图 14, MTF(调制传递函数)在评估频率 0.42 周期/毫米下的数值为等于或者大于 50%。通过进一步缩短距离 l_2 , MTF(调制传递函数)的改善是可以期待的。然而,在实例 1 中的光学系统中,当距离 l_2 被缩短至等于或者小于 148 毫米,可能无法实现折叠结构。也就是说,被折叠镜反射的光可能被第一光学系统 11 阻挡,或者被第二光学系统 13 反射的光可能被折叠镜 12 阻挡。更进一步地,评估频率的数值的确定是基于被评估的白色(黑色)区域的尺寸。

[0132] 实例 2

[0133] 在实例 1 中,假设 $d_1=0.49$ 且 $d_2=0.77$ 。另一方面,在这个实例 2 中,假设 $d_1=0.83$ 且 $d_2=0.72$ 。在实例 2 中,可以省略对与实例 1 中的相同的部件的描述。在图表 5 中描述除 d_1 和 d_2 以外的参数及其数值。在图表 5, l_1 、 l_2 和 f 的度量单位是“毫米”,且 θ_1 、 θ_2 和 θ_3 的度量单位是度($^\circ$)。如图 5 所示,在实例 2 中,距离 l_2 为 160 毫米($l_2=160$ 毫米),这大于实例 1 中的 148 毫米的距离 l_2 。

[0134] 图表 5

[0135]

参数	数值
I_1	39.6
I_2	160.0
f	25.1
θ_1	27.5
θ_2	45.0
θ_3	38.1

[0136] 根据 d_1 和 d_2 的数值以及图表 5 中的数值,可以得到 $d_2/d_1 = 0.9$, $l_2/f=6.4$, 且 $\theta_2=45^\circ$, 任何一个都满足以上关系(条件)“ $0.43 \leq d_1, 0.43 \leq d_2$, 以及 $0.7 \leq d_2/d_1 \leq 2.0, 6.3 \leq l_2/f \leq 9.0$, 以及 $45^\circ \leq \theta_2 \leq 60^\circ$ ”。

[0137] 接下来,如下所述的图表 6 说明实例 2 中的数据。

[0138] 图表 6

面号码	曲率半径	面间距	折射率	色散	移位	偏转	面形状
0	∞	1.11					球状的
1	∞	1.05	1.507	63.35			球状的
2	∞	36.89					球状的
3 光阑	∞	0.00			-1		球状的
4	21.8	3.63	1.514	63.9			非球面
5	-321.2	0.20					非球面
6	30.8	1.00	1.883	40.8			球状的
7	11.8	7.27	1.487	70.4			球状的
8	-19.7	1.00					球状的
9	-45.7	2.00	1.819	31.7			球状的
10	54.0	3.85					球状的
11	22.1	7.37	1.565	43.5			球状的
12	-15.5	1.00	1.829	43.3			球状的
13	-27.9	1.45					球状的
14	-63.6	1.11	1.497	81.6			球状的
[0139] 15	-100.7	5.41					球状的
16	22.8	4.13	1.791	25.9			球状的
17	39.1	3.52					球状的
18	-33.2	5.01	1.828	37.4			球状的
19	18.3	5.60					球状的
20	-15.1	4.82	1.531	55.8			非球面
21	-22.0	2.38					非球面
22	-21.6	4.30	1.531	55.8			非球面
23	-16.3	33.25					非球面
24	∞	40.00					球状的
25	∞	-48.00	反射			-45	球状的
26	-985.3	236.25	反射		-58.996	48.9185	能多项式调整的曲面
27	∞	0.00					球状的

[0140] 与实例 1 类似,用于第 4 号、第 5 号、第 20 号、第 21 号、第 22 号和第 23 号面是旋转对称的非球面。然而,可以使用不对称的非球面。

[0141] 图表 7 说明实例 2 中的非球面的系数。

[0142] 图表 7

[0143]

系数	第 4 号面	第 5 号面	第 20 号面	第 21 号面	第 22 号面	第 23 号面
圆锥系数 :k	0	0	0	0	0	0
第四阶系数 :B	8.358625E-05	1.026035E-04	1.647839E-04	1.770800E-05	-1.517795E-04	-5.991419E-05
第六阶系数 :B	1.417425E-07	1.898282E-07	1.742950E-06	1.136145E-07	-7.626229E-07	-5.664464E-07
第八阶系数 :B	3.470135E-09	3.233679E-09	-1.160684E-07	-1.564341E-08	1.074226E-08	1.180280E-08
第十阶系数 :B	-2.792272E-11	-7.894975E-12	2.550532E-09	1.535385E-10	6.832567E-12	-1.402501E-10
第十二阶系数 :B	-1.638869E-13	-7.480424E-13	-2.812559E-11	-3.056009E-13	-8.822712E-14	1.308996E-12
第十四阶系数 :B	5.013862E-15	1.025965E-14	1.598721E-13	-3.860115E-15	-4.656651E-16	-5.520500E-15
第十六阶系数 :B	0	0	-3.606204E-16	1.948595E-17	1.098489E-18	8.119450E-18

[0144] 图表 8 明实例 2 中的能畸变多项式校正的曲面的系数。能畸变多项式校正的曲面的系数与上述公式(2)相对应。

[0145] 图表 8

[0146]

系数	系数的数值	系数	系数的数值
X2	6.88446E-03	X8Y3	-1.75401E-18
Y2	2.74146E-03	X6Y5	-4.08567E-21
X2Y	4.38472E-05	X4Y7	1.29040E-19
Y3	3.49425E-06	X2Y9	-1.73452E-18
X4	2.09227E-07	Y11	-8.28364E-19
X2Y2	6.53634E-07	X12	3.00503E-20
Y4	7.70154E-08	X10Y2	-2.27484E-20
X4Y	5.89371E-09	X8Y4	-3.67904E-21
X2Y3	8.62509E-09	X6Y6	-4.21991E-20
Y5	2.72475E-09	X4Y8	-4.43447E-21
X6	-1.15853E-10	X2Y10	5.92650E-20
X4Y2	-3.55595E-11	Y12	-6.26460E-21
X2Y4	1.00377E-10	X12Y	2.30635E-22

Y6	1.78858E-11	X10Y3	1.32798E-21
X6Y	-5.17641E-12	X8Y5	-1.16773E-21
X4Y3	-3.29892E-12	X6Y7	3.27966E-22
X2Y5	-1.02969E-12	X4Y9	-3.69481E-22
Y7	-3.45930E-12	X2Y11	2.20404E-22
X8	1.16364E-13	Y13	4.31389E-22
X6Y2	5.08151E-14	X14	-4.92944E-24
X4Y4	-9.59747E-14	X12Y2	8.88382E-24
X2Y6	1.19956E-14	X10Y4	-7.77832E-24
Y8	1.29345E-14	X8Y6	6.91752E-24
X8Y	3.76035E-15	X6Y8	9.52269E-24
X6Y3	2.91449E-15	X4Y10	-3.41545E-24
X4Y5	1.44323E-15	X2Y12	-1.83521E-23
X2Y7	2.99657E-15	Y14	-4.21711E-24
Y9	2.13420E-15	X14Y	1.97720E-26
X10	-7.72566E-17	X12Y3	-4.01815E-25
X8Y2	1.18432E-18	X10Y5	4.45546E-25
X6Y4	8.62461E-17	X8Y7	-8.74484E-26
X4Y6	4.86642E-17	X6Y9	-3.54073E-26
X2Y8	-5.70557E-17	X4Y11	9.85300E-26
Y10	-1.57380E-19	X2Y13	1.36093E-25
X10Y	-1.51362E-18	Y15	1.11194E-26

[0147] 图 15 说明实例 2 中在屏幕上最终获得的示例的分辨性能。在图 15 的结果中,与实例 1 相类似,假设例如图像形成部件 80 的面板的对角线尺寸为 0.54 英寸且宽高比为 3:4。放大率约为 111.1 倍。从图像形成部件 80 发出的光的 f 数为 f/2.5。根据图 14, MTF

(调制传递函数)的数值在评估频率 0.42 周期 / 毫米下大约为 40%，这比实例 1 中的数值更差。这是因为实例 2 中的距离 l_2 比实例 1 中的距离 l_2 大。通过进一步增加距离 l_2 ，可能可以更容易实现折叠结构。然而，MTF (调制传递函数)可能会更差。更进一步地，光学系统的尺寸可能会增加。因此，可能必须在一定范围内确定距离 l_2 ，其中关系“ $6.3 \leq l_2/f \leq 9.0$ ”被满足。更进一步地，评估频率的数值的确定是基于被评估的白色(黑色)区域的尺寸。

[0148] 实例 3

[0149] 在实例 1 和实例 2 中，假设 $\theta_2=45^\circ$ 。然而，在实例 3 中，假设 $\theta_2=60^\circ$ 。在实例 3 中，可以省略对与实例 1 中的相同的部件的描述。

[0150] 图 16 是说明实例 3 的投影光学系统的光线图。在图 16 的坐标系中，符号 X 表示屏幕的长轴方向，符号 Z 表示屏幕的短轴方向，且符号 Y 表示屏幕的法线方向。参考图 16，投影光学系统 20 与实例 1 和实例 2 中的投影光学系统 10 相同，除了折叠镜 θ_2 的角度是 60° ($\theta_2=60^\circ$)。

[0151] 在实例 3 中，假设 $d_1=0.77$ 且 $d_2=0.85$ 。更进一步地，在实例 3 中，使用图表 1 中的参数及其数值。也就是说，与实例 1 类似，假设 $l_2=148$ 毫米。像这样做，通过调节折叠镜的角度，可以容易地实现折叠结构而不改变距离 l_2 。然而，当这样做时，如图 16 所示，第一光学系统 11 可能会相对于 Z 轴偏转，且因此，在 Y 轴方向上的光学系统的尺寸可能增加。因此，可能必须在一定范围内确定角度 θ_2 ，其中关系“ $45^\circ \leq \theta_2 \leq 60^\circ$ ”被满足。较佳地，角度 θ_2 更接近 45° 。

[0152] 根据 d_1 和 d_2 的数值以及图表 1 中的数值，可以得到 $d_2/d_1=1.1$ ， $l_2/f=6.3$ ，且 $\theta_2=60^\circ$ ，任何一个都满足第一实施例中描述的关系(条件)“ $0.43 \leq d_1, 0.43 \leq d_2$ ，以及 $0.7 \leq d_2/d_1 \leq 2.0, 6.3 \leq l_2/f \leq 9.0$ ，以及 $45^\circ \leq \theta_2 \leq 60^\circ$ ”。

[0153] 第二实施例

[0154] 在本发明的第二实施例中，描述图像投影装置，该图像投影装置包括根据本发明的第一实施例的投影光学系统。在第二实施例中，省略对那些与第一实施例中相同的部件的描述。

[0155] 图 17 示意地说明根据本发明第二实施例的图像投影装置。如图 17 所示，根据本发明第二实施例的图像投影装置 50 包括根据本发明第一实施例的投影光学系统 10、照明光学系统 60、分离单元 70 以及图像形成部件 80。

[0156] 照明光学系统 60 包括光源 61，被布置在例如接近光源 61 处的反射器 62 (可以与光源 61 合并)、中继透镜 63 和 64 以及亮度均匀单元 65 (被称为集成光学系统)，亮度均匀单元 65 使得被反射器 62 反射的光束均匀并具有方向性，因此在图像形成部件 80 的面上获得均匀的亮度分布。对于光源 61，可以使用卤素灯，氙气灯，金属卤化物灯，超高压水银灯，LED 等。

[0157] 照明光学系统 60 可以进一步包括用于改变照射光的颜色的色轮 66，因此利用对图像形成部件 80 的图像的同步控制，可以投影彩色图像。当反射型液晶图像形成装置被用作图像形成部件 80 时，通过使用分离单元 70 将照明光路从投影光路中分离出来，可以提高照明效率。另一方面当 DMD 板被用作图像形成部件 80 时，采用使用全反射棱镜等进行的光路分离。如上所述，可以采用依据图像形成部件 80 的类型的适当的光学系统。

[0158] 更进一步地，可以配置多个用于例如红色、绿色和蓝色的图像形成装置 80，以便已

经经过滤色镜的照射光被照射。更进一步地,由色彩合成单元合成的合成光可以入射到投影光学系统 10 上。通过这种做法,可能可以将彩色图像投影在屏幕 90 上。更进一步地,可以使用投影光学系统 20 来代替投影光学系统 10。

[0159] 在图像投影装置 50 中,图像形成装置 80 基于调制信号形成图像。来自光源 61 的照明光被照射在图像形成装置 80 上,且在图像形成装置 80 上形成的图像通过投影光学系统 10 被放大并投影在屏幕 90 上。

[0160] 尽管根据特定的实施例对本发明做出了完整且清楚的揭示,附加的权利要求不是要对此做限制,而是要被解释为包含正好落入在此阐明的基本的教导范围内所有本领域的技术人员能想到的变型和可替换的结构。

[0161] 本申请基于并要求申请日 2010 年 5 月 18 日的日本在先专利申请 No. 2010-114662 的优先权,其全部内容通过引用结合在本文中。

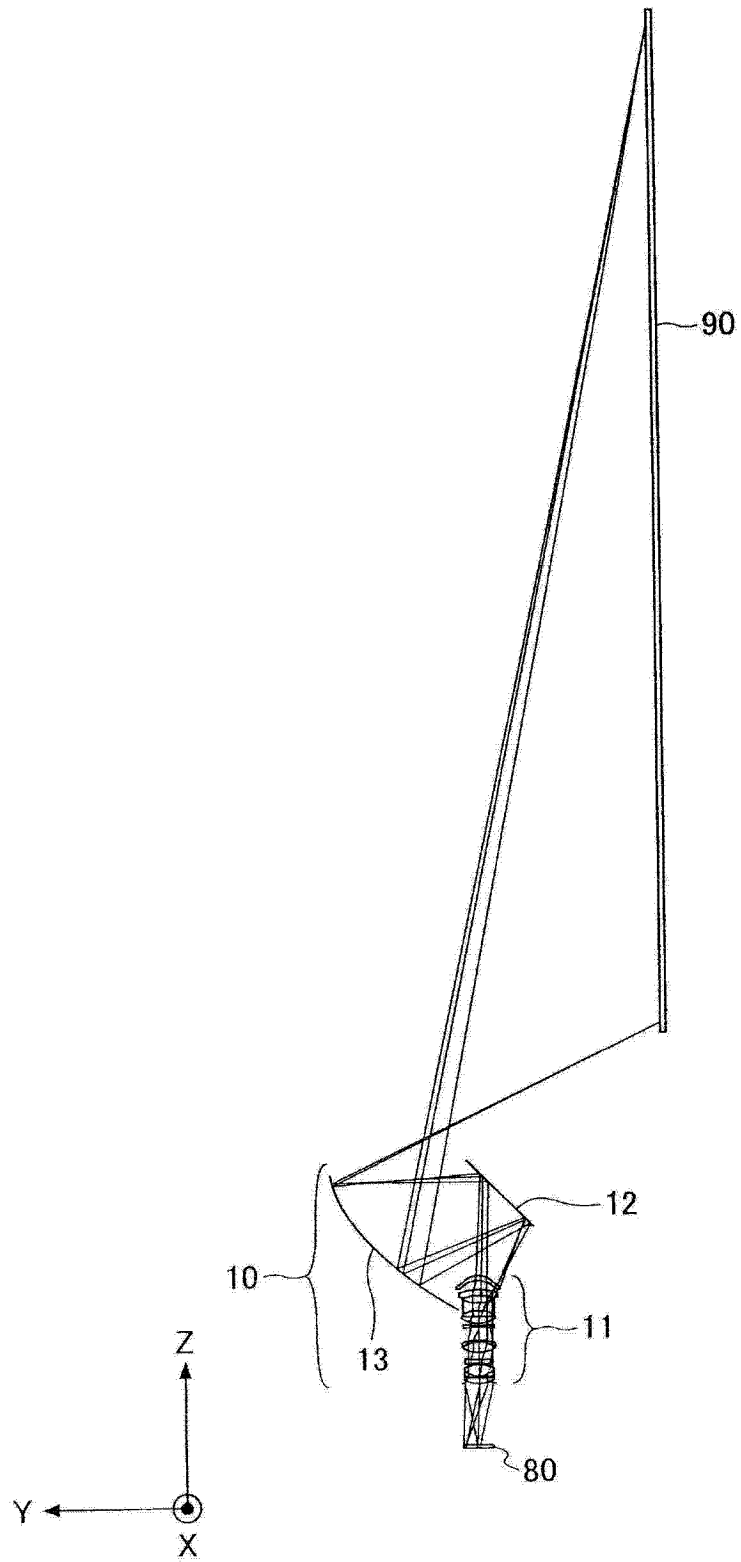


图 1

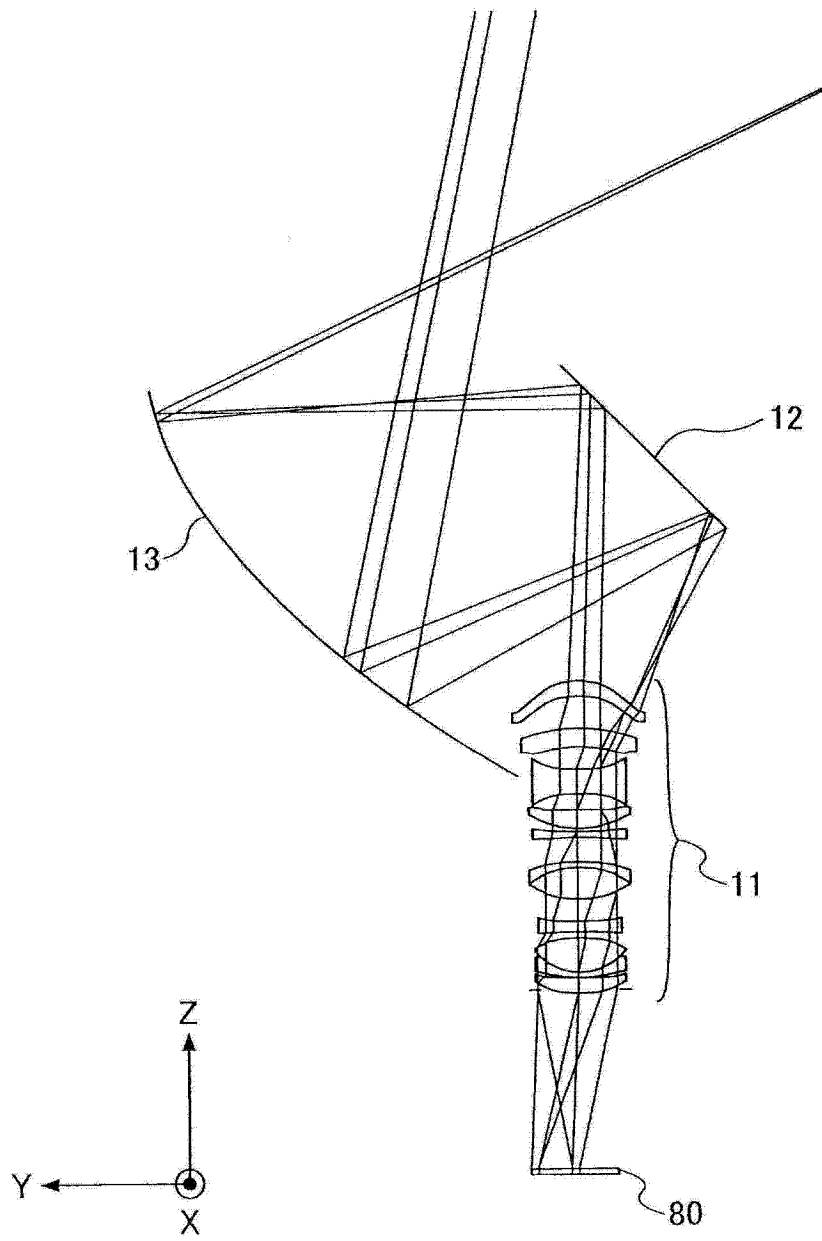


图 2

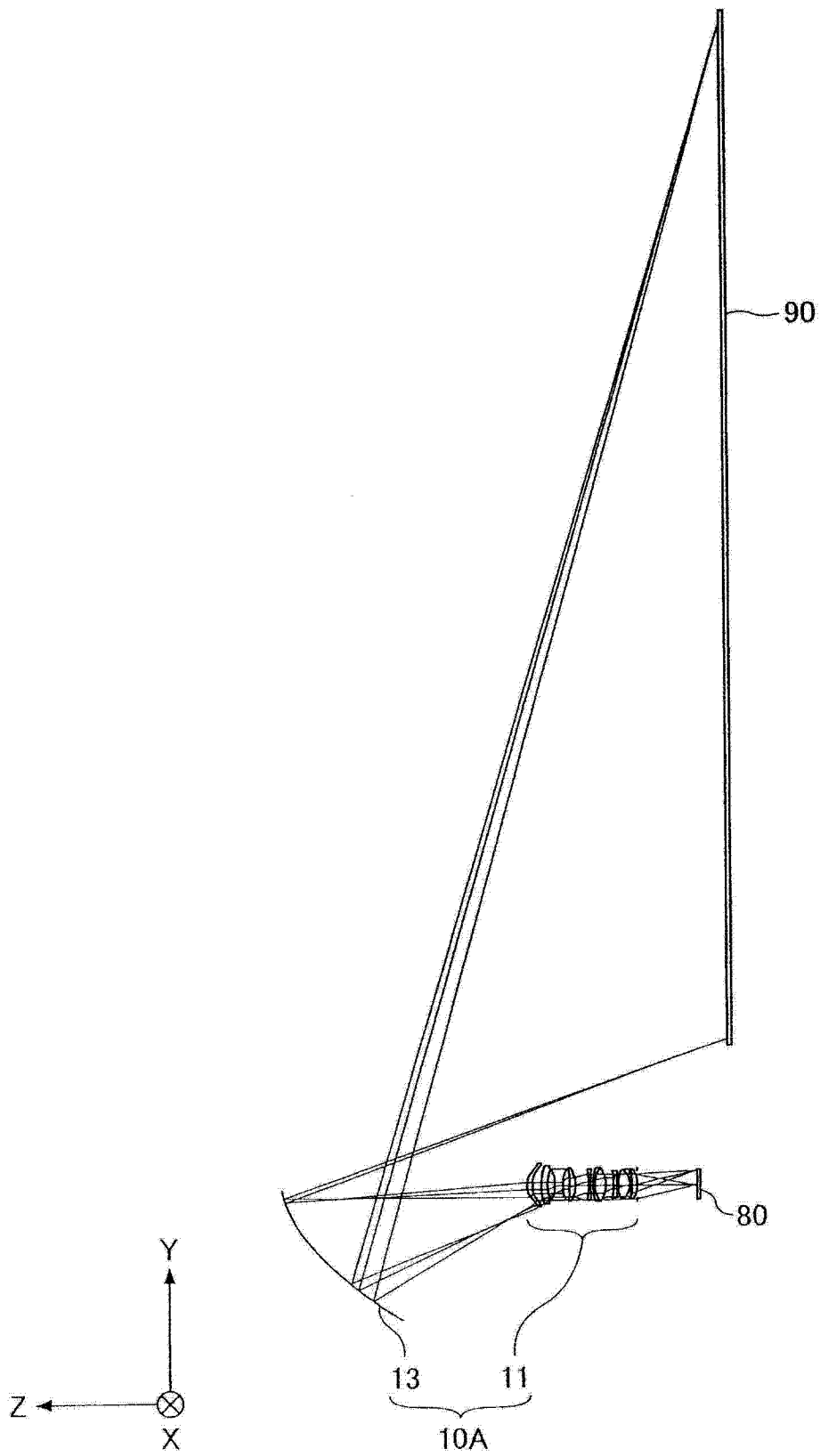


图 3

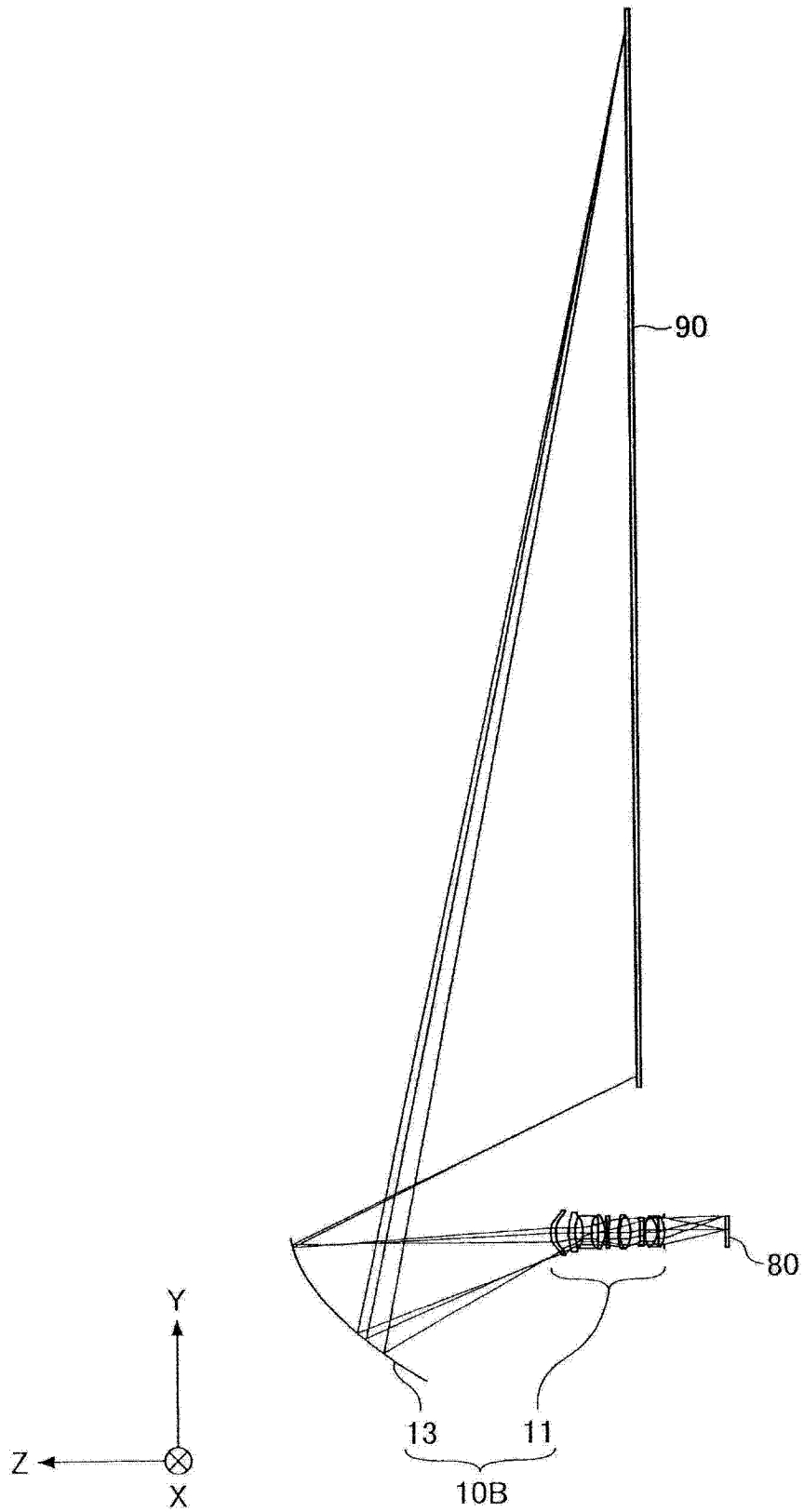


图 4

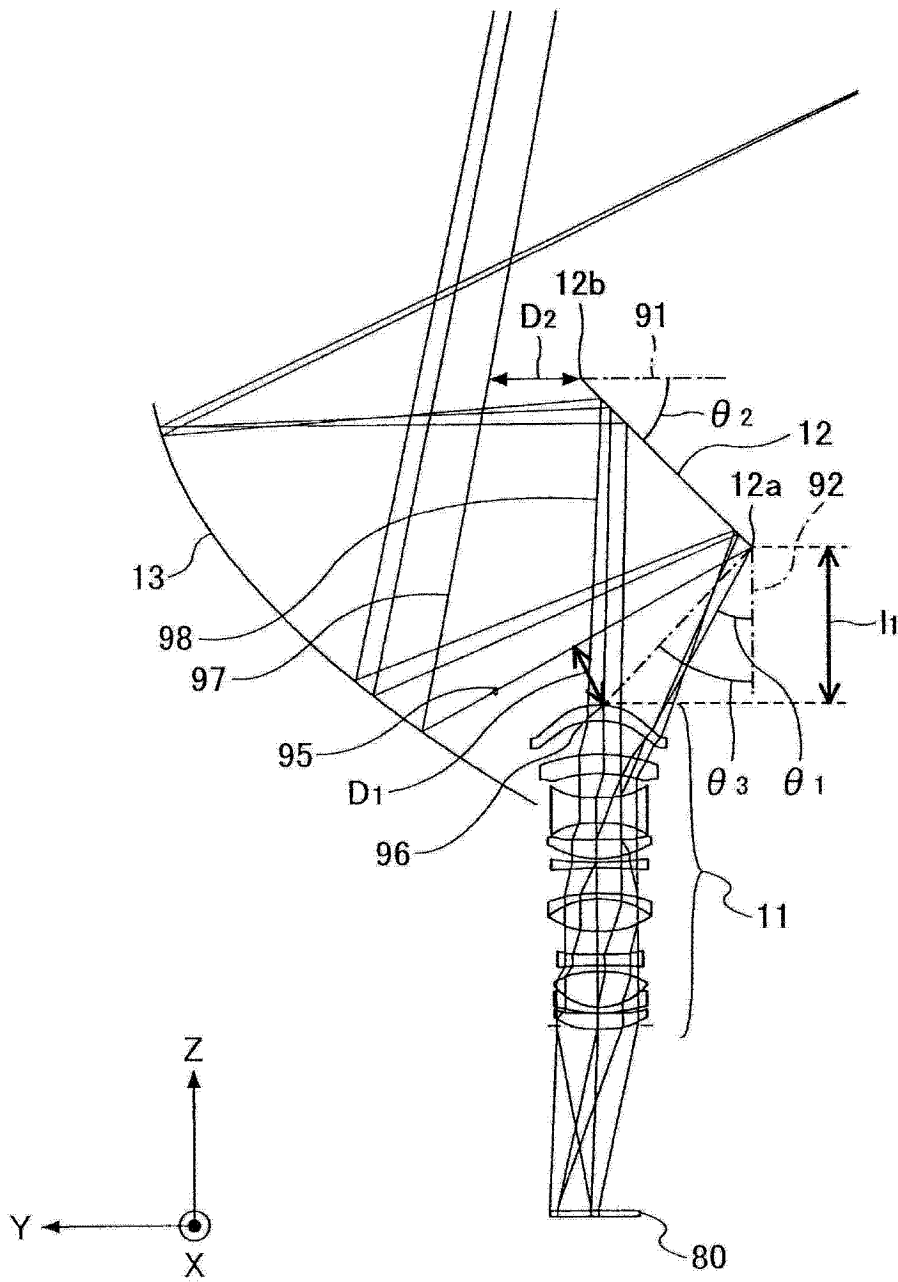


图 5

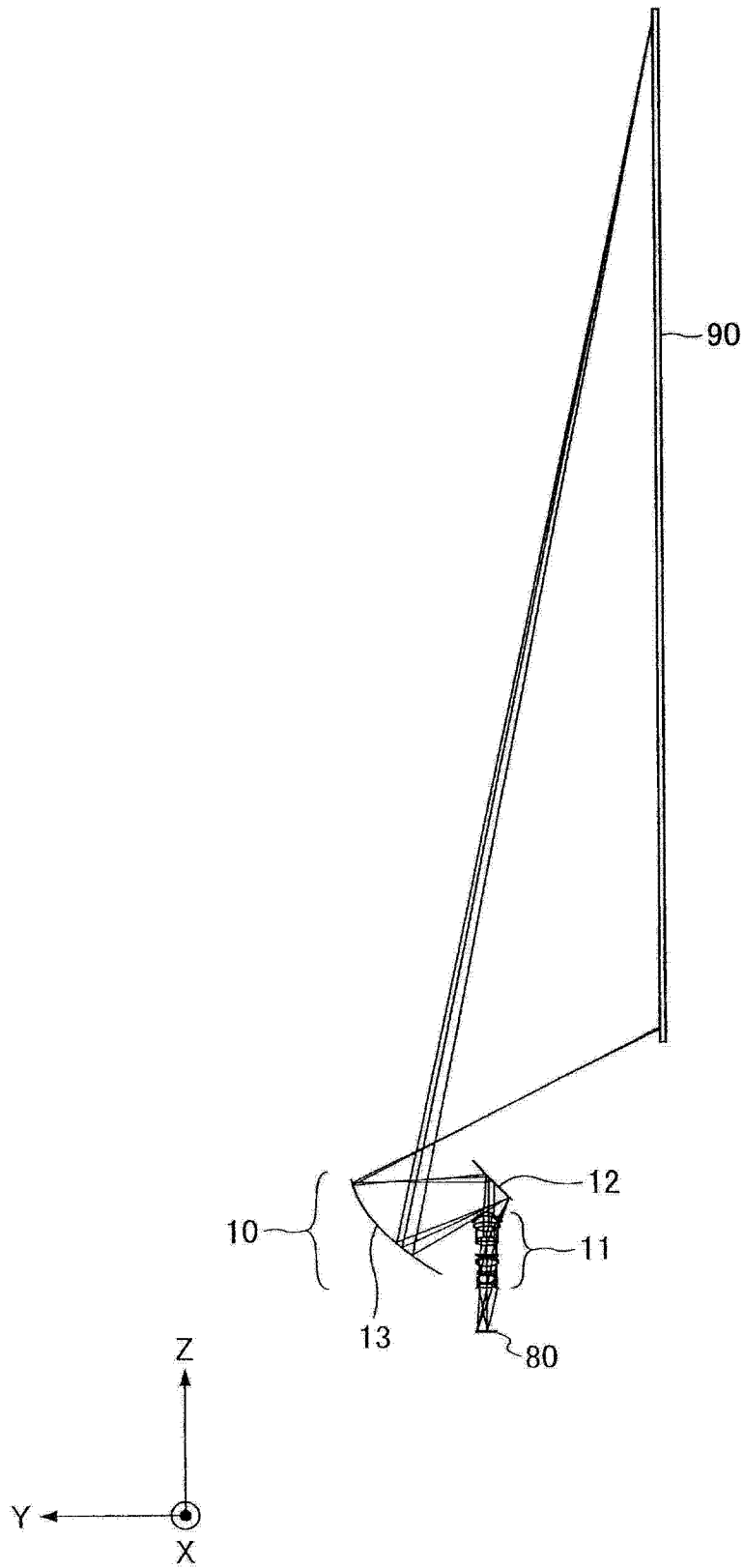


图 6

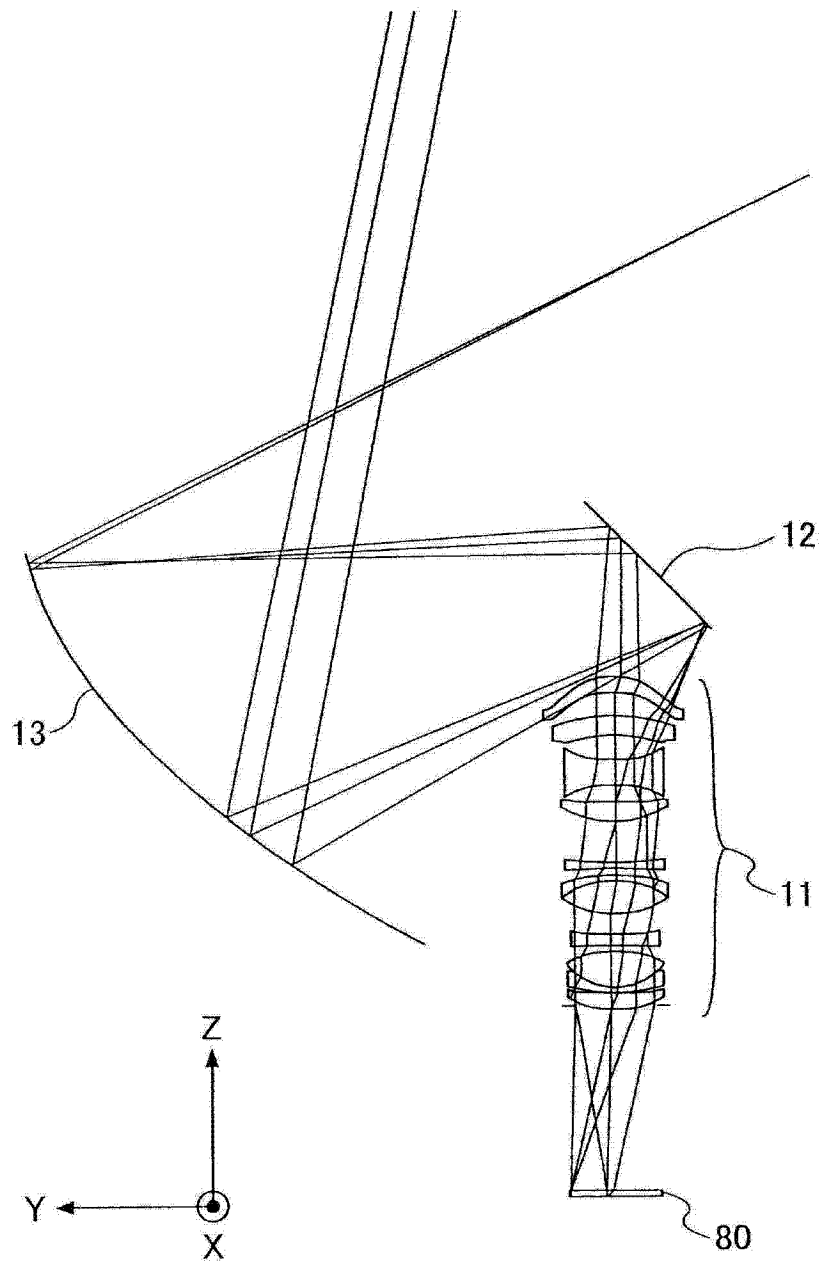


图 7

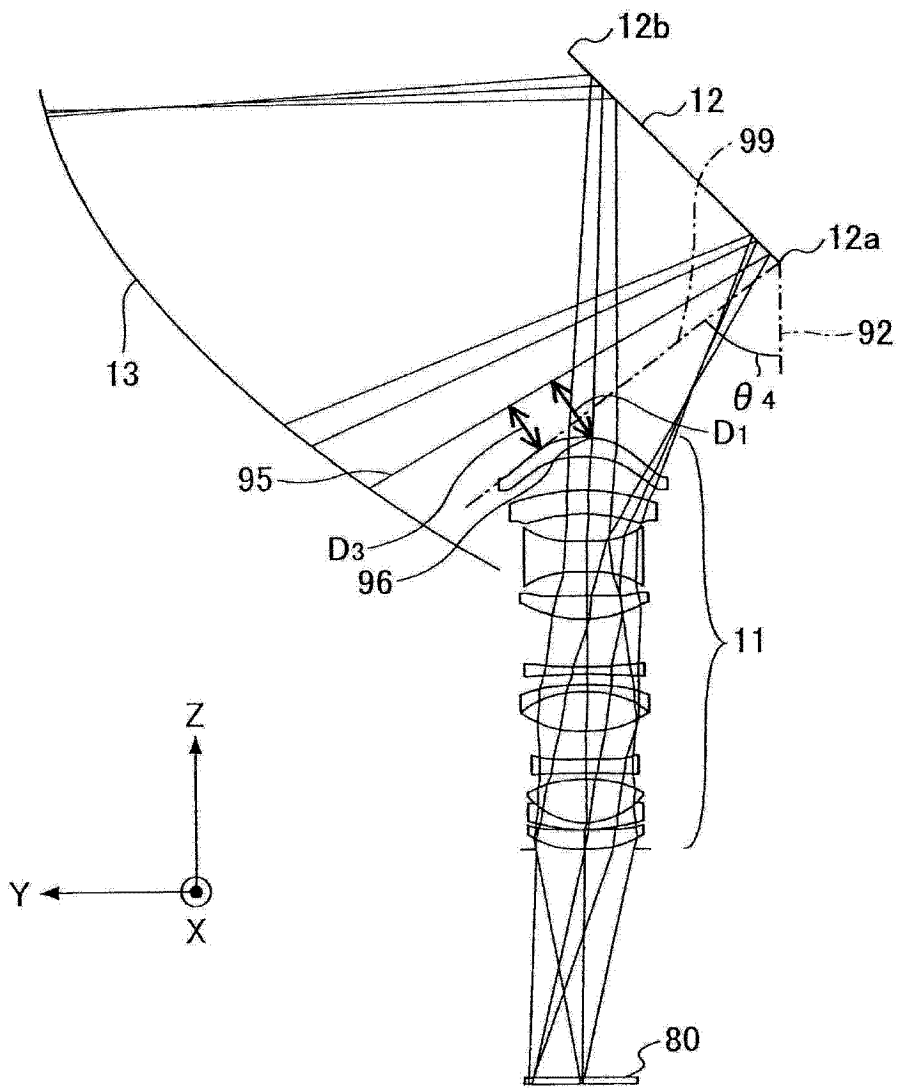


图 8

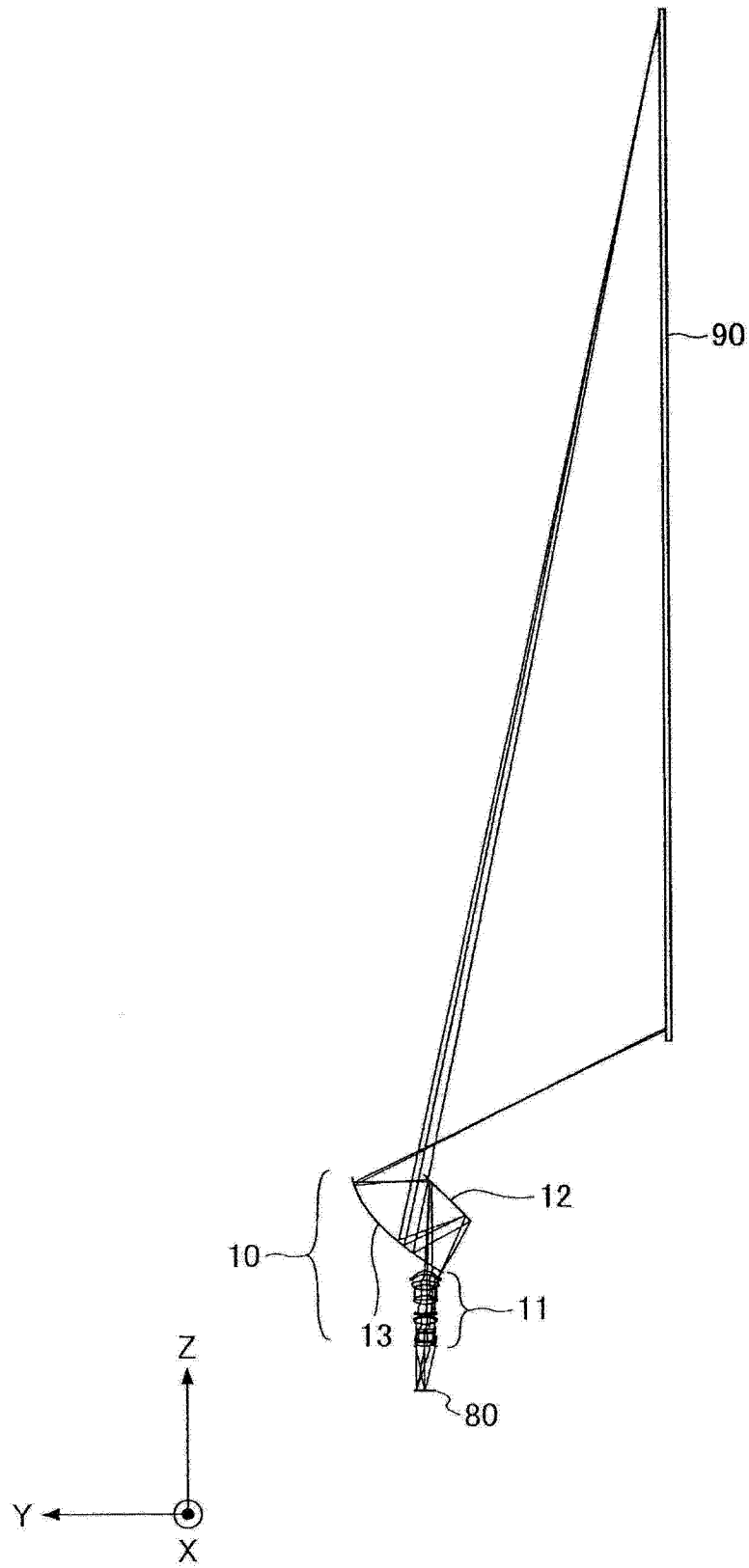


图 9

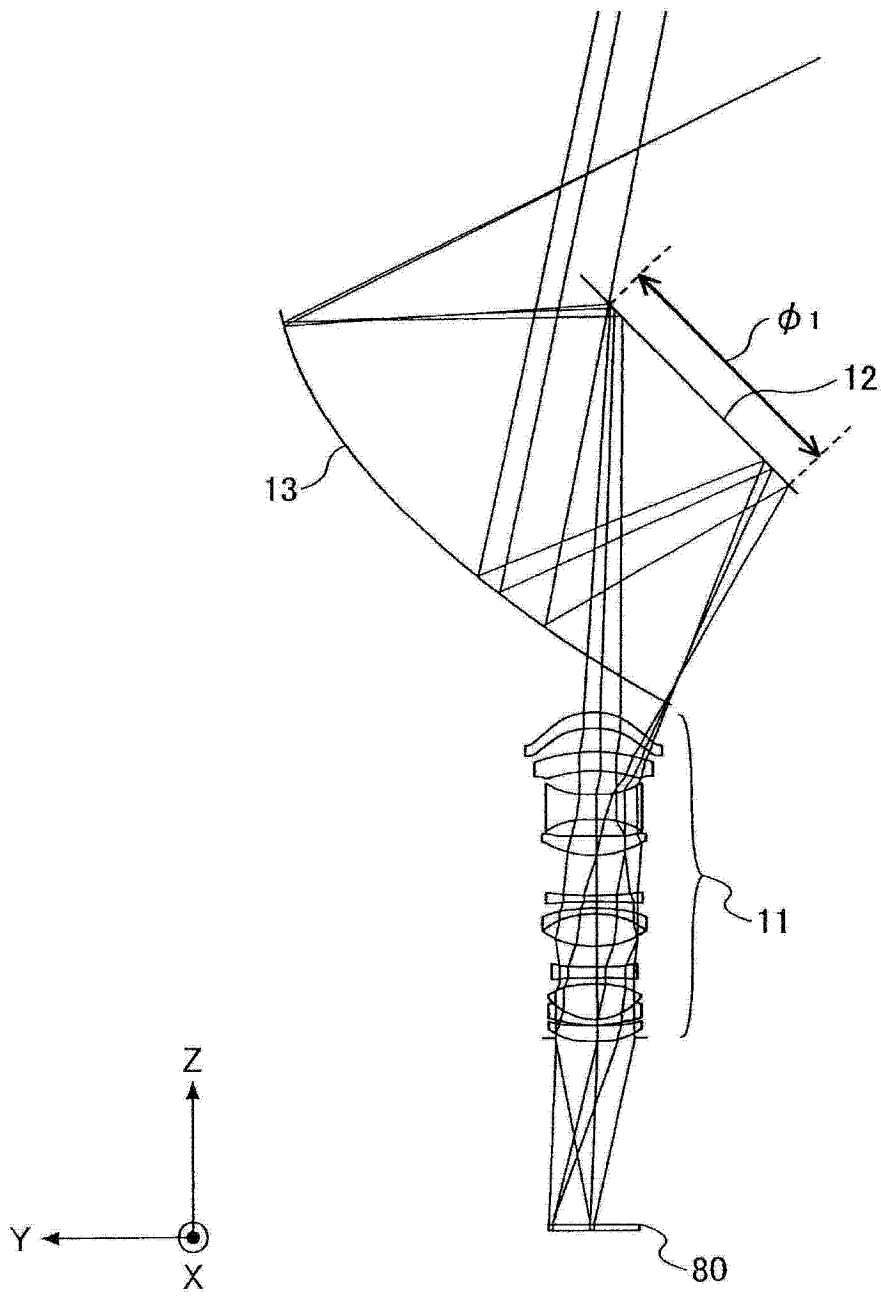


图 10

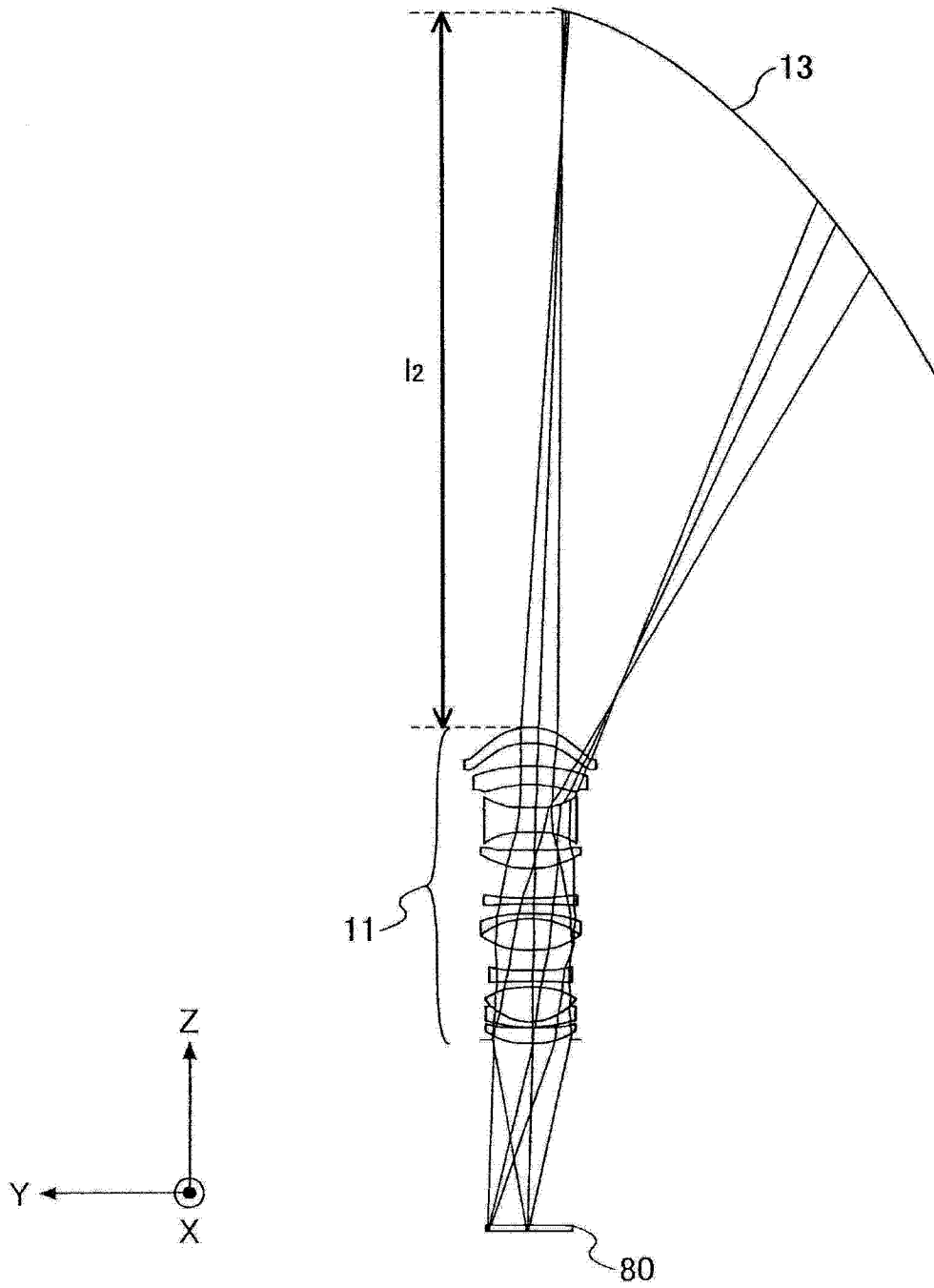


图 11

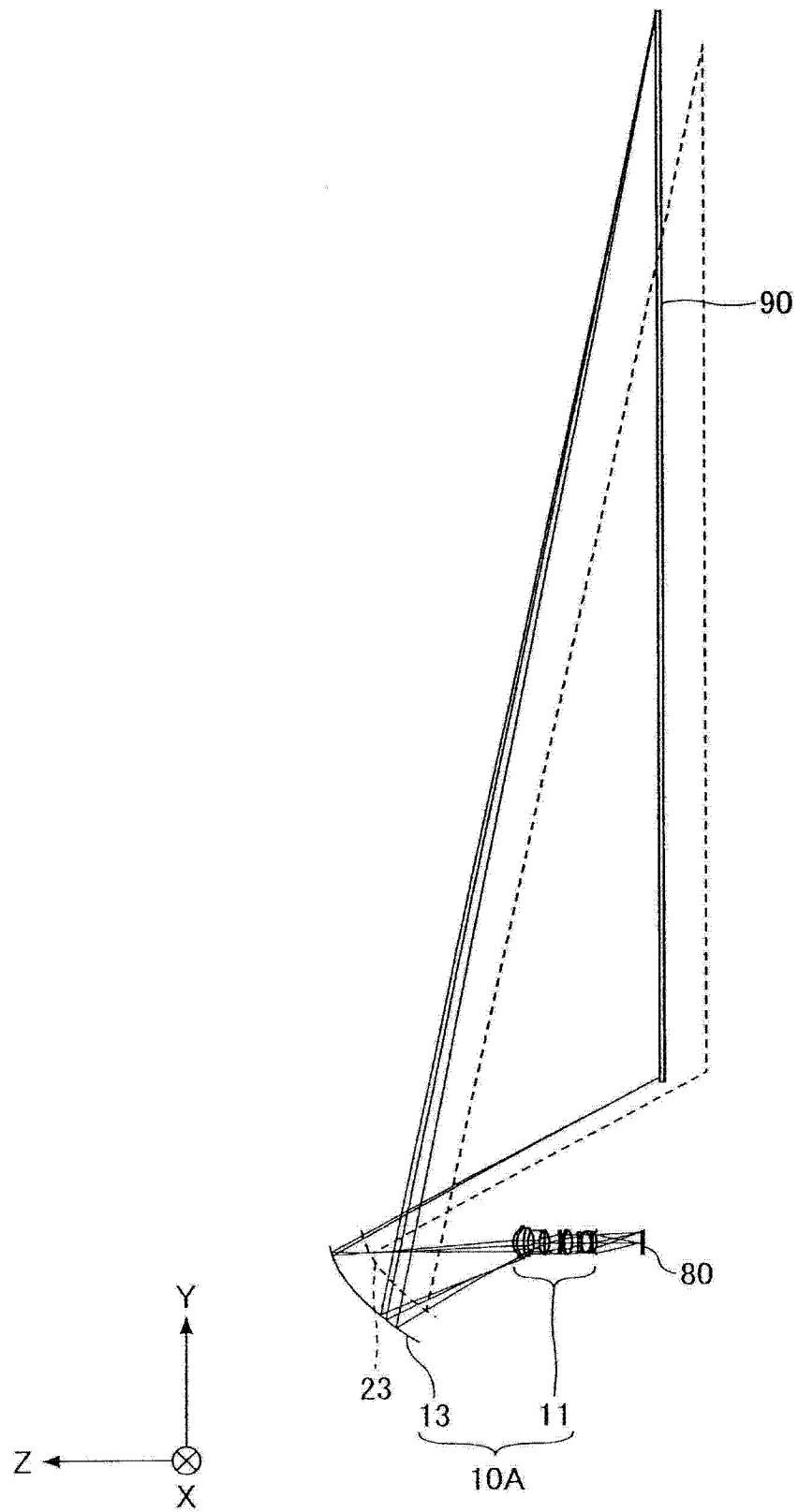


图 12

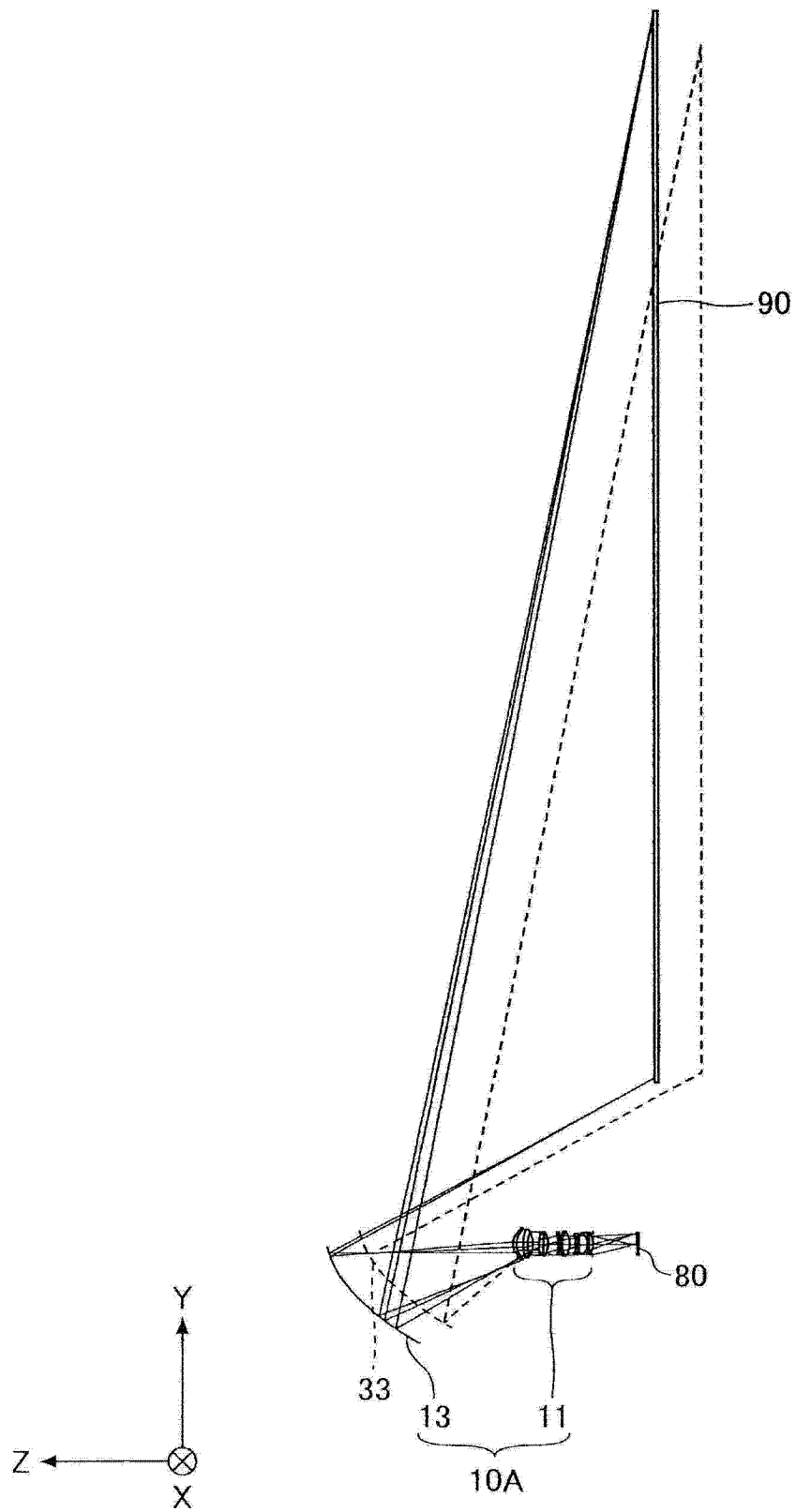


图 13

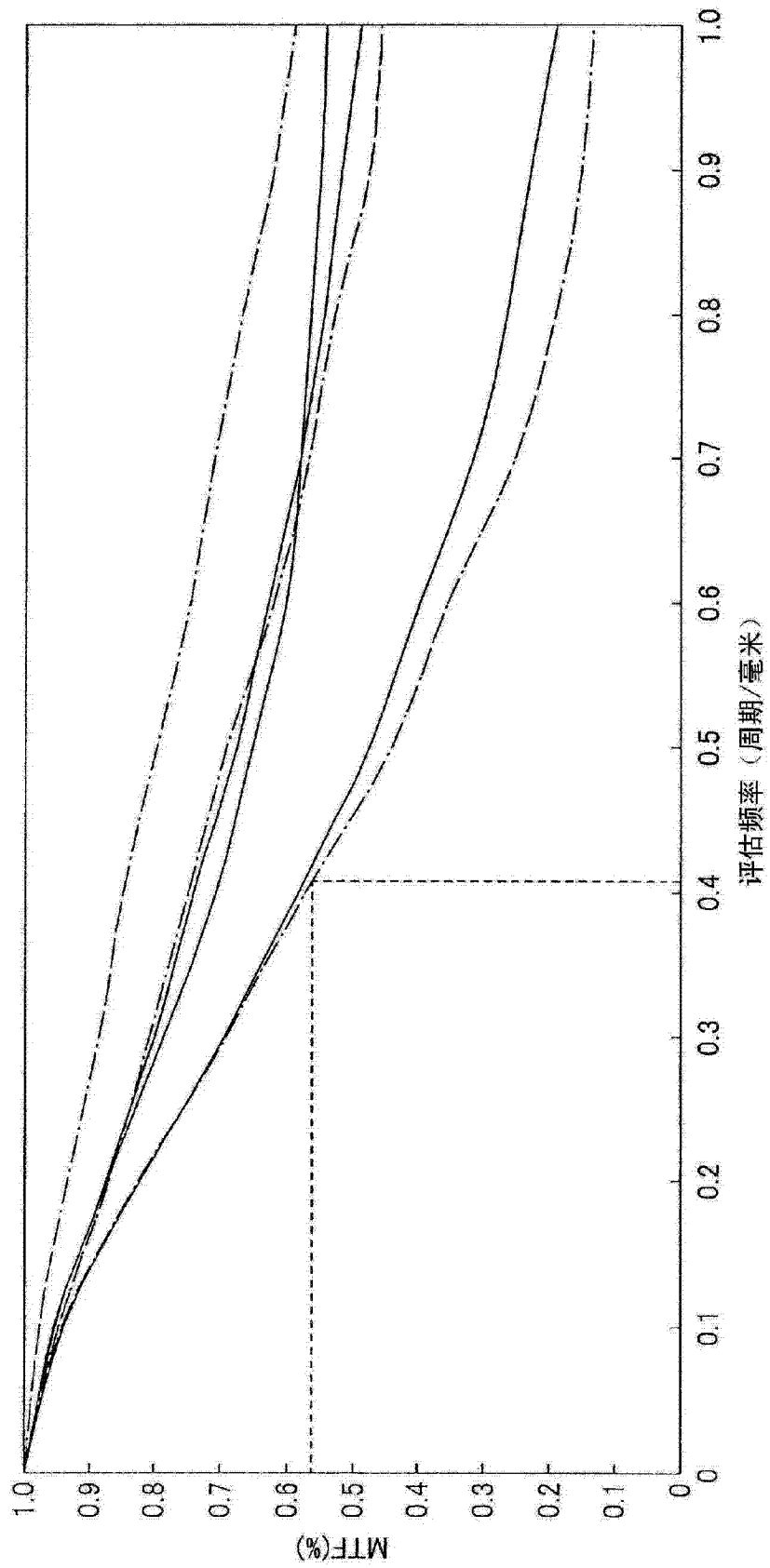


图 14

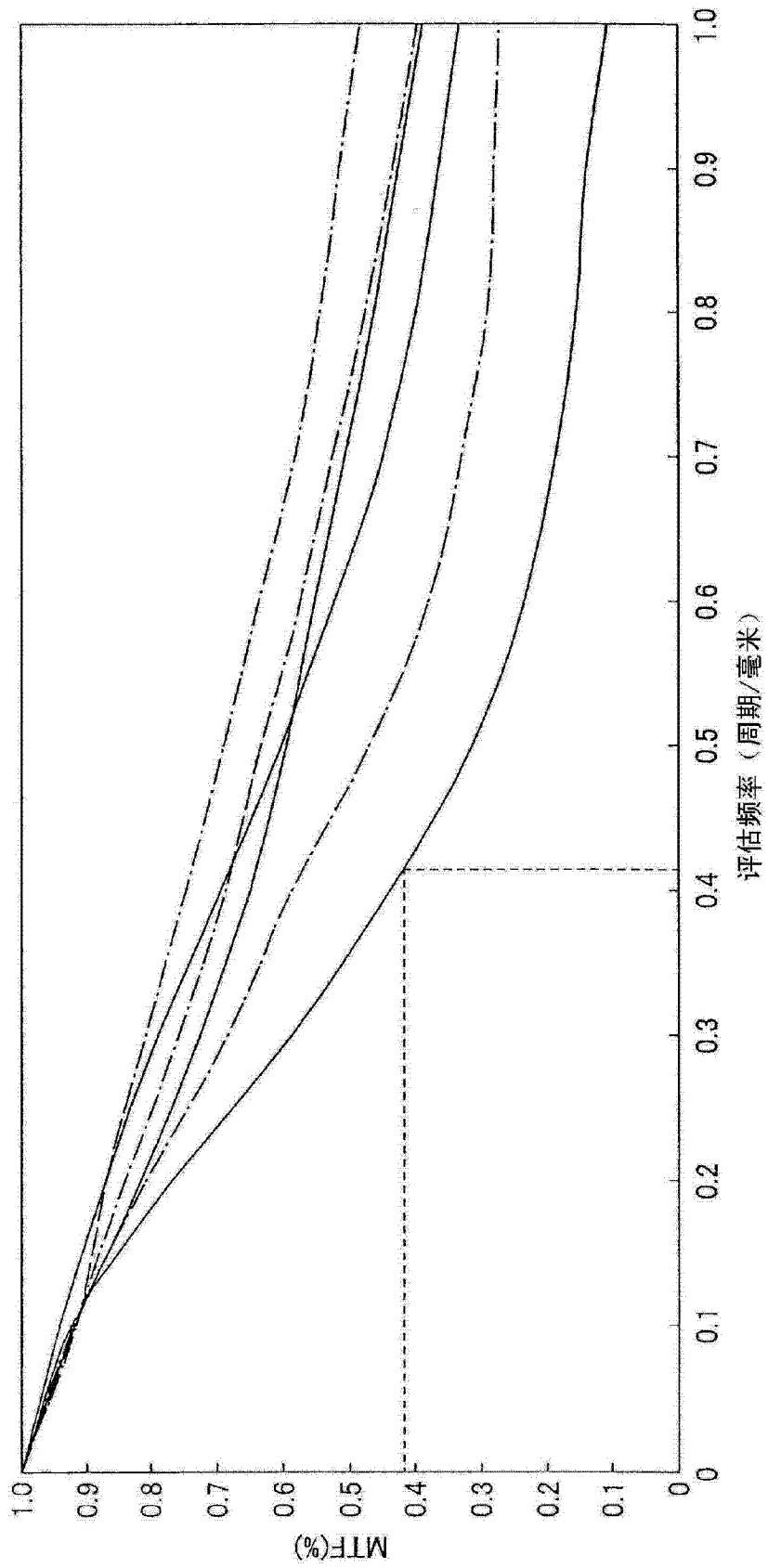


图 15

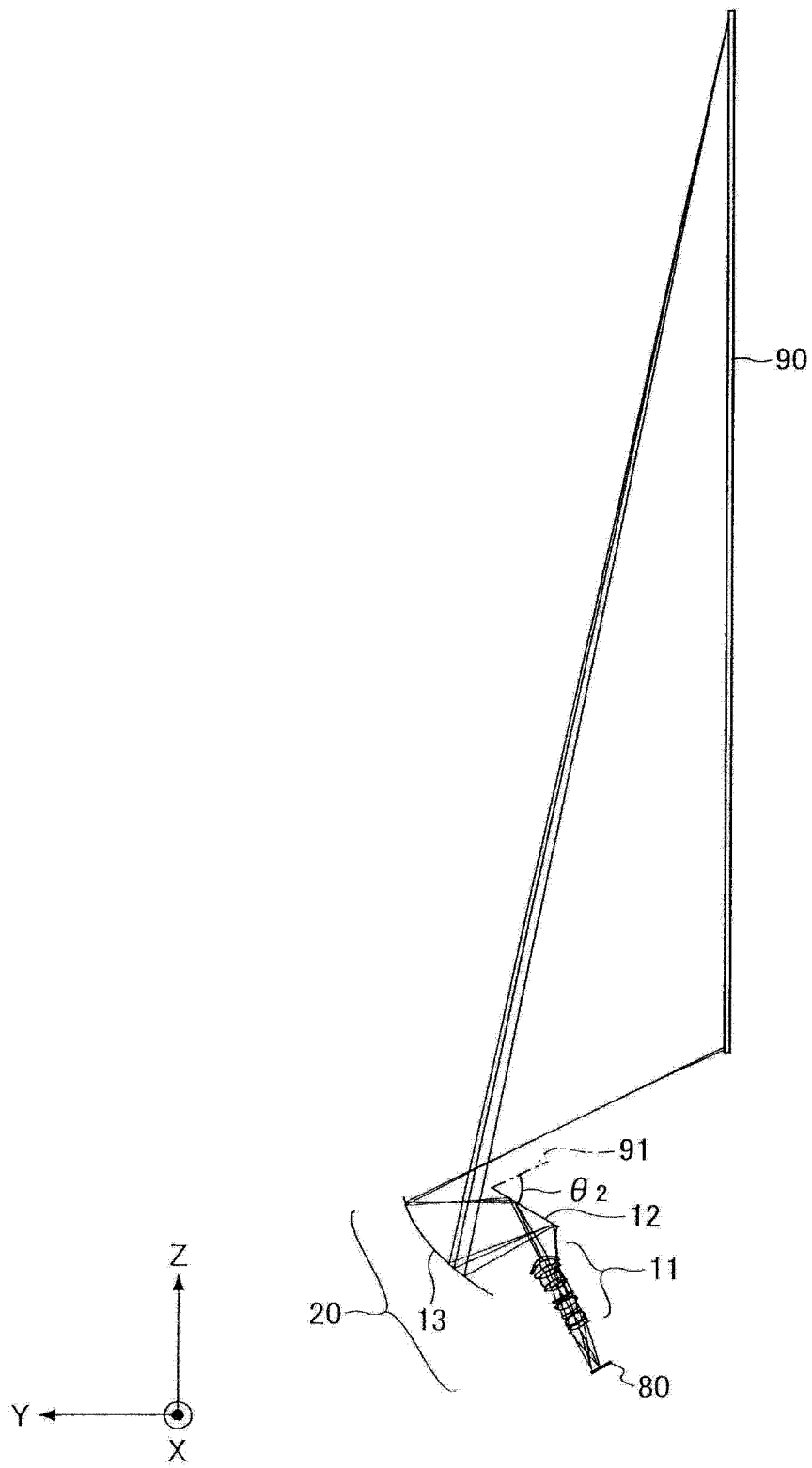


图 16

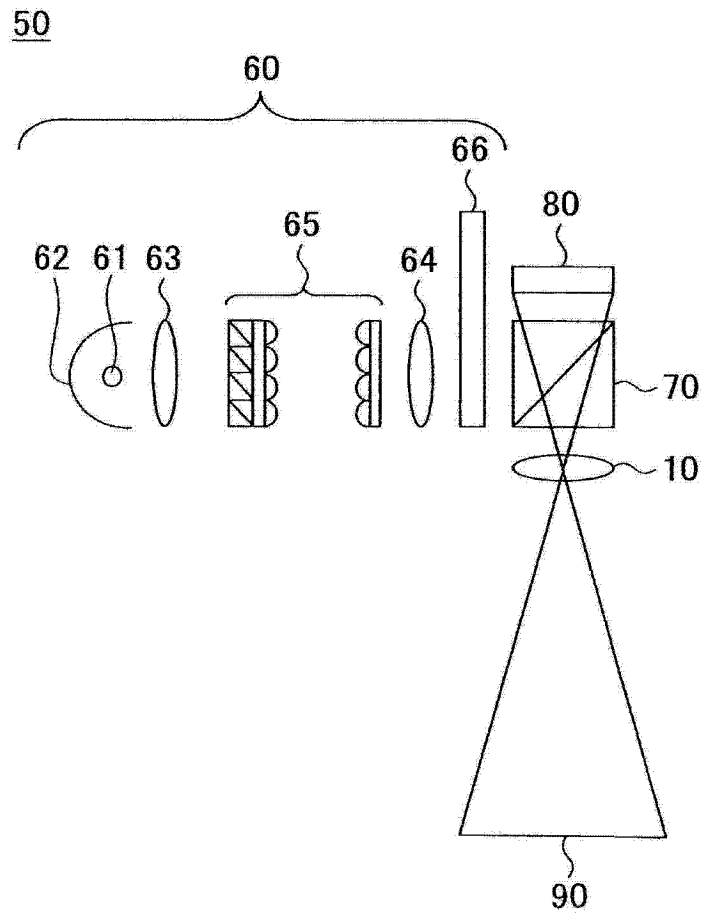


图 17