



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103189793 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 03

(21) 申请号 201180052861. 9

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

(22) 申请日 2011. 10. 20

代理人 吴敬莲

(30) 优先权数据

2010-246479 2010. 11. 02 JP

(51) Int. Cl.

G03B 21/00 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 05. 02

G02B 17/08 (2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2011/005868 2011. 10. 20

(87) PCT申请的公布数据

W02012/060065 JA 2012. 05. 10

(71) 申请人 富士胶片株式会社

地址 日本国东京都

(72) 发明人 马场智之

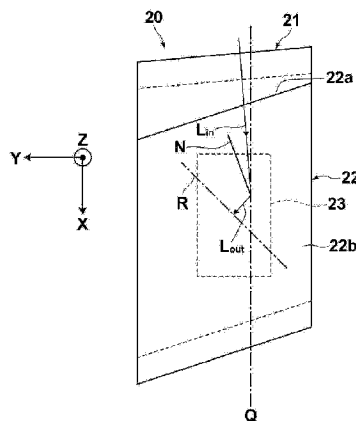
权利要求书1页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

投影仪设备

(57) 摘要

本发明公开了一种用于在投影仪设备中使用的薄型照明光学系统。所公开的照明光学系统用于投影仪设备中，投影仪设备将从光源发射的光引导至 TIR 棱镜 (20)，通过用具有矩形表面的 DMD (23) 反射已经在所述棱镜 (20) 的全反射表面上被全反射的光来光学调制所述光，并将所述光学调制光投射到屏幕上。照明光学系统的 TIR 棱镜 (20) 被构造为使得通过所述全反射表面的法线垂直地投影到 DMD (23) 的表面上形成的投影线与所述 DMD (23) 的微镜转动轴线 (R) 形成  $90^\circ$  以外的角度，作为通过从所述全反射表面出射的光束 ( $L_{out}$ ) 的主光线垂直地投影到 DMD (23) 的表面上形成的出射光投影线与转动轴线 (R) 形成  $90^\circ$  角，以及作为通过入射到所述全反射表面上的光束 ( $L_{in}$ ) 的主光线垂直地投影到 DMD (23) 的表面上形成的入射光投影线关于穿过入射光投影线的端点并平行于 DMD 的长边延伸的直线 (Q) 位于与出射光投影线相同的一侧。



1. 一种用于与投影仪设备一起使用的照明光学系统, 在所述投影仪设备中, 从光源发射的光被引导至 TIR 棱镜, 被所述 TIR 棱镜的全反射表面全反射的光被具有矩形表面的 DMD 反射以进行光调制, 并且在所述光调制之后透射通过所述全反射表面的光通过投影光学系统被投射在屏幕上, 其中:

所述 DMD 被设置为使得所述 DMD 的矩形表面平行于所述 TIR 棱镜的一个端面, 全反射光从所述一个端面出射; 以及

所述 TIR 棱镜被构造为使得: 作为所述全反射表面的法线垂直地投影在所述 DMD 的表面的投影线与所述 DMD 的微镜转动轴线形成除  $90^\circ$  以外的角度, 作为从全反射表面出射的光束的主光线垂直地投影在所述 DMD 的表面的出射光投影线与所述微镜转动轴线形成  $90^\circ$  角, 以及作为入射在所述全反射表面上的光束的主光线垂直地投影在所述 DMD 的表面的入射光投影线关于穿过所述入射光投影线的端点并平行于所述 DMD 的长边延伸的直线位于与所述出射光投影线相同的一侧。

2. 一种投影仪设备, 包括权利要求 1 所述的照明光学系统。

## 投影仪设备

### 技术领域

[0001] 本发明总体涉及一种投影仪设备,并且更具体地涉及一种其中由反射型光调制装置中的一种 DMD 形成投影图像的投影仪设备。

[0002] 本发明还涉及一种用于这种投影仪设备的照明光学系统。

### 背景技术

[0003] 例如,如专利文献 1 中所述已知一种其中由反射型光调制装置中的一种 DMD(数字微镜装置,注册商标)形成的图像由投影光学系统被投射和显示在屏幕上的显示器设备。DMD 包括设置成矩阵的多个微镜,其中每个微镜具有 ON 状态和 OFF 状态这两种倾斜状态。在采用 DMD 的投影仪设备中,投影光学系统被设置为使得当照明光被朝向 DMD 引导时,入射在 ON 状态微镜上的照明光被朝向投影光学系统的内侧反射,而入射在 OFF 状态微镜上的照明光被向着投影光学系统的外侧反射。因此,仅由 ON 状态微镜反射的光由投影光学系统投射在屏幕上,从而在屏幕上形成明暗图案显示图像。在这种情况下,一个微镜表示显示图像的一个像素。

[0004] 现在将参照图 9 和 10 描述 DMD 的概述。图 9 为 DMD 的平面图,图示 DMD 的驱动结构,图 10 为 DMD 的剖视图,图示沿着图 9 中的 A-A 线的一部分的横截面形状。注意到,这些附图以放大形式图示多个微镜中的一个,并且实际 DMD 包括设置成矩阵的多个微镜。

[0005] 如图所示,DMD1 的微镜 2 具有 ON 状态和 OFF 状态这两种倾斜状态,其中在 ON 状态下,微镜例如倾斜  $+12^\circ$ ,在 OFF 状态下,微镜通过围绕转动轴线 R 转动而倾斜  $-12^\circ$ 。转动轴线 R 设置在与 DMD1 的长边或短边形成  $45^\circ$  角的方向上,并且照明光  $L_0$  从正交于转动轴线的方向相对于 DMD1 的表面以  $24^\circ$  的入射角朝向 DMD1 的表面引导。被引导向 DMD1 的照明光  $L_0$  当被 ON 状态微镜 2 反射时变为相对于 DMD1 的表面具有  $0^\circ$  反射角的投影光  $L_1$ ,而照明光  $L_0$  在被 OFF 状态微镜 2 反射时变为相对于 DMD1 的表面具有  $-48^\circ$  反射角的投影光  $L_2$ 。由于仅被 ON 状态微镜 2 反射的具有  $0^\circ$  反射角的投影光  $L_1$  进入投影光学系统,因此通过控制每个微镜 2 的明暗形成的图像被投射在屏幕上。也就是说,在这种情况下,DMD1 的一个微镜 2 代表该图像的一个像素。

[0006] 如在本文中使用的用语“DMD1 的表面”被定位为平行于包括所有微镜的转动轴线 R 并横向于所有微镜 2 的表面的表面。

[0007] 同时,在采用如上所述的 DMD1 的投影仪设备中,由于 DMD1 的结构原因,需要将照明光学系统配置为满足两个条件:从正交于微镜 2 的转动轴线 R 的方向,即从与 DMD1 的长边或短边形成  $45^\circ$  角的方向引导照明光  $L_0$ ,并且以  $24^\circ$  入射角将照明光  $L_0$  朝向 DMD1 的表面引导。

[0008] 因此,在常规投影仪设备中,经常需要采用 TIR 棱镜(全内反射棱镜)将照明光引导至 DMD1(如图 11 和 12 所示)的照明光学系统。也就是说,从光源 3 发射的光通过彩色转盘 4 由光积分棒 5 收集,并由第一反射镜 6 和第二反射镜 7 引导至 TIR 棱镜 8,在 TIR 棱镜 8 中光被全反射,从而以预定入射角(相对于 DMD1 的表面为  $24^\circ$ )将光从预定方向(正

交于微镜的转动轴线的方向)被引导向 DMD1。随后,以上述方式被引导的照明光由 DMD1 反射以进行光调制,并且在光调制之后透射通过 TIR 棱镜 8 的光通过投影光学系统 9 被投射在屏幕上。

[0009] 现在将参照分别图示透视形状、侧向形状和底部形状的图 6,7 和 8 详细描述常规投影仪设备中使用的示例性 TIR 棱镜 8。注意到,在图 6 至 8 中,DMD1 的长边方向和短边方向分别被指定为 X 方向和 Y 方向,正交于 X 方向和 Y 方向的方向被指定为 Z 方向。如图 6 至 8 所示,TIR 棱镜 8 包括第一棱镜 8A 和第二棱镜 8B,并在全反射表面 P 处全反射从光学系统(未示出)引导的照明光  $L_{in}$ ,以相对于 DMD1 从预定方向且以预定角引导被全反射的照明光  $L_{out}$ 。TIR 棱镜 8 还使来自 DMD1 的反射光  $L_{ref}$  透射通过第一棱镜 8A 的全反射表面 P 并从第二棱镜 8B 输出,从而将光  $L_{ref}$  引导至投影光学系统。

[0010] 为此目的,在 TIR 棱镜 8 中,全反射表面 P 的倾角  $\alpha$  被设置为全反射入射照明光  $L_{in}$  并透射来自 DMD1 的反射光  $L_{ref}$ ,并且全反射表面 P 的方向被设置为使得投影线相对于 DMD1 的微镜转动轴线 R(图 7 和 8)形成  $90^\circ$  角,其中该投影线是投射在包括 DMD1 的表面的表面上的全反射表面的法线 N。随后,照明光被朝向 TIR 棱镜 8 引导,使得为入射照明光  $L_{in}$  和出射(反射)照明光  $L_{out}$  相对于投射在包括 DMD1 的表面的表面上的全反射表面 P 的行进方向的投影线与全反射表面的法线 N 一样与 DMD1 的微镜转动轴线 R 形成  $90^\circ$  角。

[0011] 然而,在具有前述 DMD 和 TIR 棱镜的常规投影仪设备中,没有别的选择,只能采用厚棱镜作为 TIR 棱镜,如在图 8 中清楚地所示,从而引起投影仪设备由此变厚的问题。

[0012] 考虑到上述情况,本发明人已经提出了一种投影仪设备,其可以采用专利文献 2 中的薄 TIR 棱镜。该投影仪设备是如下所述的一种投影仪设备,其中来自光源的光被引导至 TIR 棱镜,被 TIR 棱镜全反射的光被 DMD 反射以进行光调制,并且在光调制之后透射通过 TIR 棱镜的光通过投影光学系统被投射在屏幕上,其中:TIR 棱镜具有用于全反射和引导照明光至 DMD 并透射由 DMD 调制的光的全反射表面,并且被设置为使得投影线与 DMD 的长边或短边形成小于  $45^\circ$  的角,即与 DMD 的微镜转动轴线形成小于  $90^\circ$  的角,其中该投影线为从垂直于 DMD 的表面的方向看时全反射表面的法向量;并且照明光学系统使照明光入射在全反射表面上,使得为从垂直于 DMD 的表面的方向看时从 TIR 棱镜出射至 DMD 的照明光的光轴的投影线与 DMD 的长边或短边形成  $45^\circ$  角。

[0013] [现有技术文献]

[0014] [专利文献]

[0015] 专利文献 1:日本未审查专利公开 No. 12-206452

[0016] 专利文献 2:日本未审查专利公开 No. 2002-350775

## 发明内容

[0017] 专利文献 2 中描述的投影仪设备已经实现预期目标,但本发明意图提供一种更薄的投影仪设备和一种允许实现这种投影仪设备的照明光学系统。

[0018] 根据本发明的用于与投影仪设备一起使用的照明光学系统是一种用于与投影仪设备一起使用的照明光学系统,在所述投影设备中,从光源发射的光被引导至 TIR 棱镜,被 TIR 棱镜的全反射表面全反射的光被具有矩形表面的 DMD 反射以进行光调制,并且在光调制之后透射通过全反射表面的光通过投影光学系统被投射在屏幕上,其中:

[0019] DMD 被设置为使得 DMD 的矩形表面平行于 TIR 棱镜的一个端面,全反射光从所述一个端面出射;并且

[0020] TIR 棱镜被构造为使得:作为全反射表面的法线垂直地投影在 DMD 的表面上上的投影线与 DMD 的微镜转动轴线形成除了  $90^\circ$  以外的角度,作为从全反射表面出射的光束的主光线垂直地投影在 DMD 的表面上上的出射光投影线与微镜转动轴线形成  $90^\circ$  角,以及作为入射在全反射表面上的光束的主光线垂直地投影在 DMD 的表面上上的入射光投影线关于穿过入射光投影线的端点并平行于 DMD 的长边延伸的直线位于与出射光投影线相同的一侧。

[0021] 根据本发明的投影仪设备是具有本发明的上述照明光学系统的投影仪设备。

[0022] 在本发明的照明光学系统中, TIR 棱镜被构造为使得作为全反射表面的法线垂直地投影在 DMD 的表面上上的投影线与 DMD 的微镜转动轴线形成除了  $90^\circ$  以外的角度(这对应于在专利文献 2 中描述的投影仪设备中投影线与 DMD 的长边或短边形成小于  $45^\circ$  的角),并且作为从全反射表面出射的光束的主光线垂直地投影在 DMD 的表面上上的出射光投影线与微镜转动轴线形成  $90^\circ$  角(这对应于在专利文献 2 中描述的投影仪设备中投影线与 DMD 的长边或短边形成  $45^\circ$  角,并且这是 DMD 正常使用的必要条件)。这允许薄薄地形成整个光学系统,基本上与专利文献 2 中描述的投影仪设备一样。

[0023] 此外,在本发明的照明光学系统中, TIR 棱镜进一步被构造为使得作为入射在全反射表面上的光束的主光线垂直地投影在 DMD 的表面上上的入射光投影线关于穿过入射光投影线的端点(即,主光线在全反射表面上的入射点)并平行于 DMD 的长边延伸的直线位于与出射光投影线相同的一侧。这进一步允许实现厚度的减小。

[0024] 本发明的投影仪设备是具有上述照明光学系统的投影仪设备,使得可以充分地减小投影仪设备的厚度和尺寸。

## 附图说明

[0025] 图 1 为根据本发明的一个实施例的投影仪设备的侧视图;

[0026] 图 2 为用在上述投影仪设备中的照明光学系统的透视图;

[0027] 图 3 为从不同的方向观看的图 2 中图示的照明光学系统的透视图;

[0028] 图 4 为图 2 中图示的照明光学系统的正视图;

[0029] 图 5 为图 2 中图示的照明光学系统的平面图;

[0030] 图 6 为用在常规投影仪设备中的示例性光学系统的透视图;

[0031] 图 7 为图 6 中图示的光学系统的侧视图;

[0032] 图 8 为图 6 中图示的光学系统的平面图;

[0033] 图 9 为 DMD 的示意性平面图,其中图示了 DMD 的结构;

[0034] 图 10 为 DMD 的示意性侧视图,其中图示了 DMD 的结构;

[0035] 图 11 为示例性常规投影仪设备的平面图;以及

[0036] 图 12 为图 11 中图示的投影仪设备的透视图。

## 具体实施方式

[0037] 以下,将参照附图描述本发明的实施例。图 1 图示根据本发明的实施例的投影仪设备 100。图 2 至 5 图示在投影仪设备 100 中使用的照明光学系统 200。

[0038] 如图 1 所示,投影仪设备 100 包括每个例如具有发射不同波长范围的光的 LED(发光二极管)的第一光源 11 和第二光源 12、用于会聚从第一光源 11 发射的光 L1 的聚光透镜 13、用于会聚从第二光源 12 发射的光 L2 的聚光透镜 14、用于反射光 L2 和透射光 L1 以合并光 L2 和光 L 的分色镜 15、用于均化为合并的照明光的光束 L 的截面亮度分布的蝇眼透镜阵列 16、用于反射透射通过蝇眼透镜阵列 16 的光束 L 的反射镜 17、根据本发明的实施例的照明光学系统 200、和用于将由透射通过照明光学系统 200 的光束  $L_{ref}$  形成的图像向着未示出的屏幕投射的投射透镜 24。稍后描述该图像的形成。

[0039] 现在将描述照明光学系统 200。除了聚光透镜 13 和 14、分色镜 15、蝇眼透镜阵列 16 和反射镜 17 之外,照明光学系统 200 还包括由第一棱镜 21 和第二棱镜 22 形成的 TIR 棱镜(全内反射棱镜)20、和靠近第一棱镜 21 的底表面 21a 设置的 DMD(数字微镜装置)23。

[0040] 第一棱镜 21 和第二棱镜 22 被设置为使得第一棱镜 21 的一个端面 21c 和第二棱镜 22 的与端面 21c 相对的表面彼此相对,在在所述端面 21c 与所述表面之间具有气隙,如随后所述。注意到,第一棱镜 21 和第二棱镜 22 中的每一个的整个表面设置有多层电介质防反射膜。

[0041] 图示照明光学系统 200 的被提取出的主要部分的图 2、3、4 和 5 分别示出从图 1 的右下、右上、左侧和顶部观看时 TIR 棱镜 20 和 DMD23 的部分。注意到,在图 2 至 5, DMD23 的长边方向和短边方向分别被指定为 X 方向和 Y 方向,并且垂直于 X 方向和 Y 方向的方向被指定为 Z 方向,以帮助理解相互关系。

[0042] 如在图 2 中清楚地图示,从图 1 中示出的反射镜 17 反射的光束 L 从第一棱镜 21 的输入端面 21b 进入第一棱镜 21 内,随后被全反射表面 21c(与第二棱镜 22 的分界面)全反射,从第一棱镜 21 的底表面 21a 出射,并指向 DMD23。注意到,入射在全反射表面 21c 上的光束,被全反射表面 21c 全反射的光束、和在被 DMD23 反射后的光束分别被指定为光束  $L_{in}$ 、光束  $L_{out}$ 、光束  $L_{ref}$ ,并且所述光束仅由图中的主光线指示。在图 2 中,附图标记 22a 表示第二棱镜 22 的接触第一反射镜 21 的边缘,附图标记 22b 是第二反射镜 22 的以随后所述的方式被调制的光束  $L_{ref}$  透射通过的上端面。

[0043] 如上所述, DMD23 包括设置成矩阵的、基于图像信号具有 ON 状态或 OFF 状态的多个可转动微镜,由微镜反射并指向投射透镜 24 的光束  $L_{ref}$  被空间调制。注意到, DMD23 的每个微镜的倾角被设定为  $\pm 12^\circ$ ,如上参照图 10 描述的那样。在这种情况下,全反射光束  $L_{out}$  与微镜的转动轴线 R(图 5)形成  $90^\circ$  角,并从相对于 DMD23 的表面(即,平行于包括所有微镜的转动轴线 R 并横向于所有微镜 2 的表面的表面)形成  $24^\circ$  的入射角的方向指向 DMD23。

[0044] 随后,当空间调制光束  $L_{ref}$  投射在屏幕上时,在一个像素由 DMD23 的一个微镜表示的情况下明暗图案图像被投影并显示。关于该图像,通过控制微镜的 ON 状态的占空比以及二值图像可以显示色调图像。

[0045] 如图 5 所示, DMD23 具有矩形表面并被设置成使得所述表面平行于第一棱镜 21 的底表面 21a。在本实施例中,第一棱镜 21 的全反射表面 21c 相对于第一棱镜 21 的底表面 21a 的角度  $\alpha$  是  $33.3^\circ$ ,如图 3 所示。通过将角度  $\alpha$  设为这种值,可以通过全反射表面 21c 全反射入射光  $L_{in}$ ,同时被 DMD23 反射之后的光束  $L_{ref}$  可以透射通过全反射表面 21c。

[0046] 同时,入射在全反射表面 21c 上的光束  $L_{in}$  的入射角  $\beta$  是  $42.8^\circ$ ,因此,全反射光

束  $L_{out}$  的反射角  $\beta$  也是  $42.8^\circ$  ,如图 2 所示。在这里,  $N$  是全反射表面 21c 在光束  $L_{in}$  的入射点处的法线。

[0047] 图 5 图示从上方,即,从垂直于 DMD23 的表面的方向看时的 TIR 棱镜 20。如图 5 所示, TIR 棱镜 20 被构造为使得作为全反射表面 21c 的法线垂直投影在 DMD23 的表面的投影线与 DMD23 的显微镜转动轴线 R 形成除了  $90^\circ$  以外的角度,作为从全反射表面 21c 出射的光束  $L_{out}$  的主光线垂直投影在 DMD23 的表面的出射光投影线与显微镜转动轴线 R 形成  $90^\circ$  角,以及作为入射在全反射表面 21c 上的光束  $L_{in}$  的主光线垂直投影在 DMD23 的表面的入射光投影线关于直线 Q 位于与出射光投影线相同的一侧,其中直线 Q 穿过入射光投影线的端点(也就是说,全反射表面 21c 上的入射点)并平行于 DMD23 的长边延伸。

[0048] 如上所述,必要条件是,作为从全反射表面 21c 出射的光  $L_{out}$  的主光线垂直投影在 DMD23 的表面的出射光投影线与用于 DMD23 的正常使用的显微镜转动轴线 R 形成  $90^\circ$  角。

[0049] 同时,作为全反射表面 21c 的法线垂直投影在 DMD23 的表面的投影线与 DMD23 的显微镜转动轴线 R 形成除了  $90^\circ$  以外的角度。与被构造使得形成  $90^\circ$  角的常规设备相比,如图 8 中示出的设备,这允许减小 TIR 棱镜 20 沿 DMD23 的长边方向的倾角,更优选地该倾角形成为零。这又允许通过将薄棱镜用作 TIR 棱镜 20 而薄薄地形成照明光学系统 200。如果是这种情况,同样在图 1 中示出的投影仪设备 100 中,可以减小投影仪设备 100 沿垂直于图 1 的平面的方向的厚度或尺寸,从而可以实现投影仪设备的厚度减小。

[0050] 进一步, TIR 棱镜 20 被构造为使得作为入射在全反射表面 21c 上的光束  $L_{in}$  的主光线垂直投影在 DMD23 的表面的入射光投影线关于直线 Q 位于与出射光投影线相同的一侧,所述直线 Q 穿过入射光投影线的端点并平行于 DMD23 的长边延伸。与在专利文献 2 中描述的、其中 TIR 棱镜被构造为使得入射光投影线关于前述直线 Q 位于与出射光投影线相对的一侧的投影仪设备相比,这消除了为 TIR 棱镜 20 采取沿图 5 中的左右方向的大宽度或尺寸的需求,从而可以为照明光学系统 200 实现进一步的厚度减小。

[0051] 本发明适用于其中显微镜的倾角不是  $\pm 12^\circ$  ,例如,为  $\pm 10^\circ$  的情况。在这种情况下,全反射光束  $L_{out}$  与显微镜转动轴线 R 形成  $90^\circ$  角,并从相对于 DMD23 的表面形成  $20^\circ$  入射角的方向指向 DMD23。

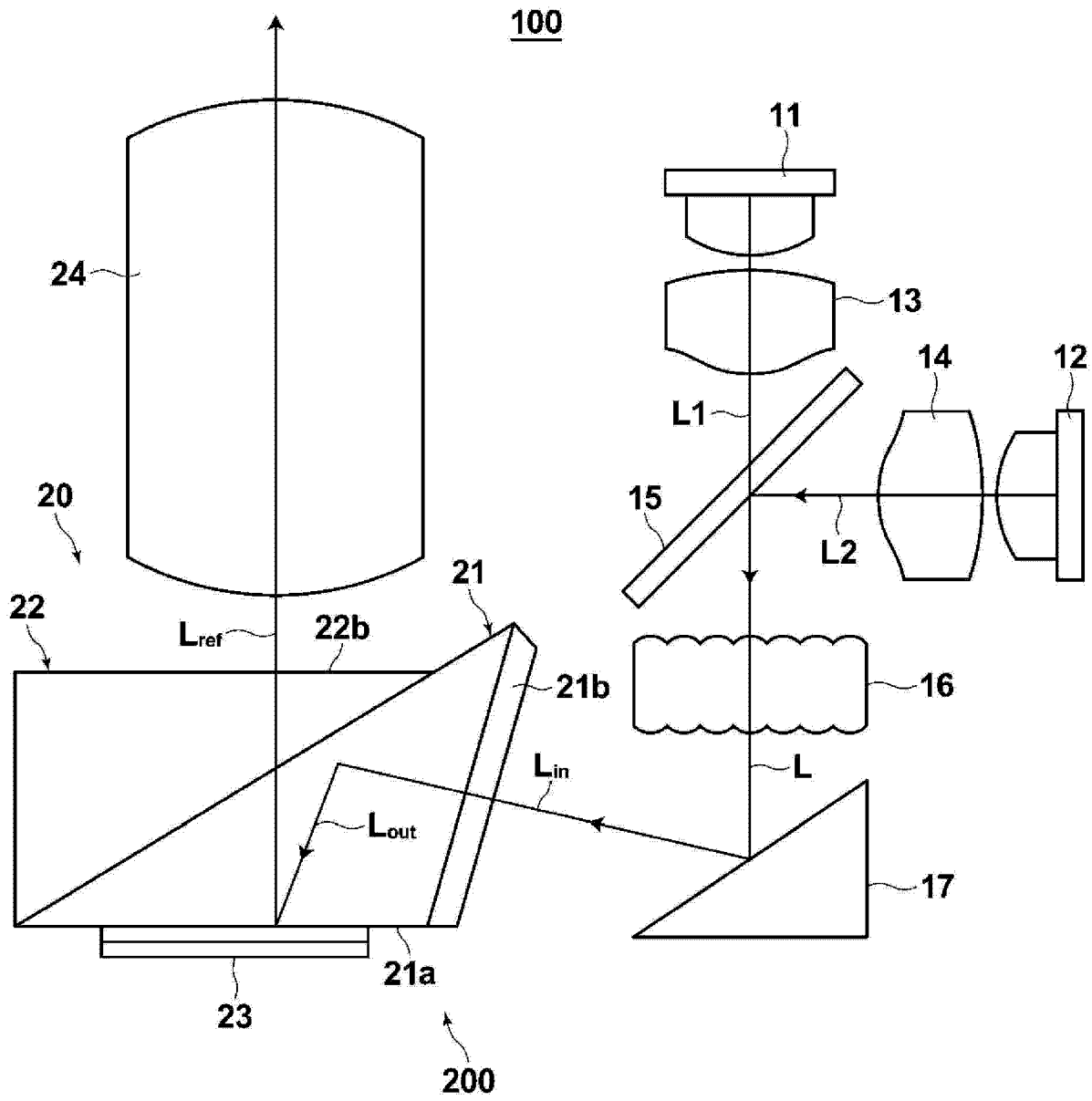


图 1



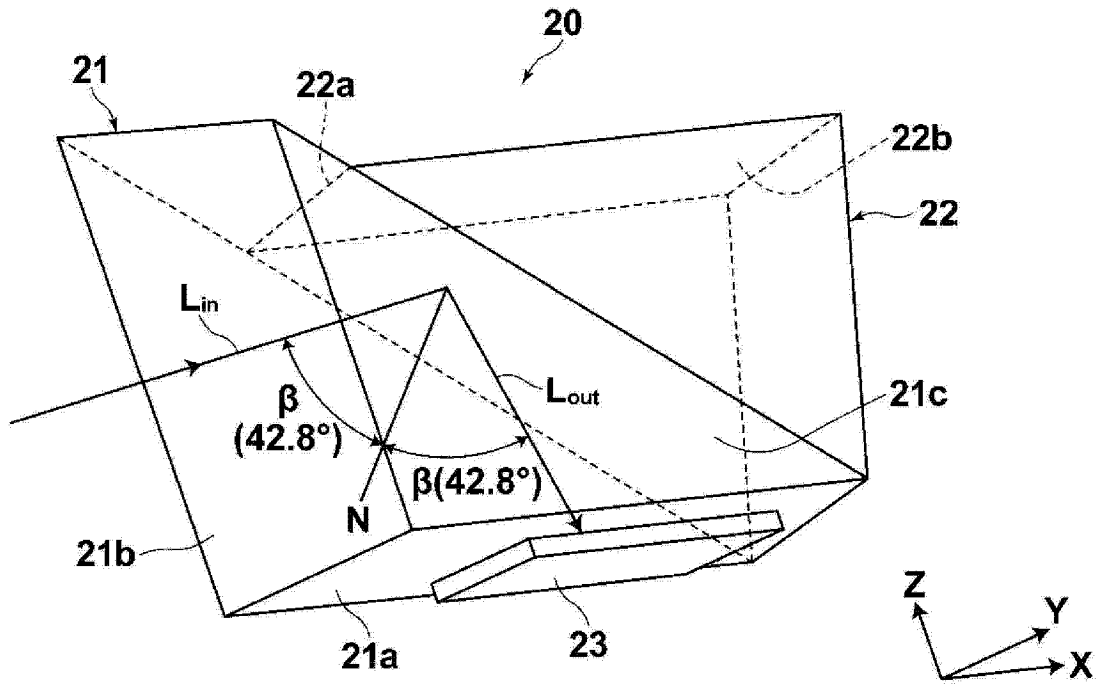


图 2

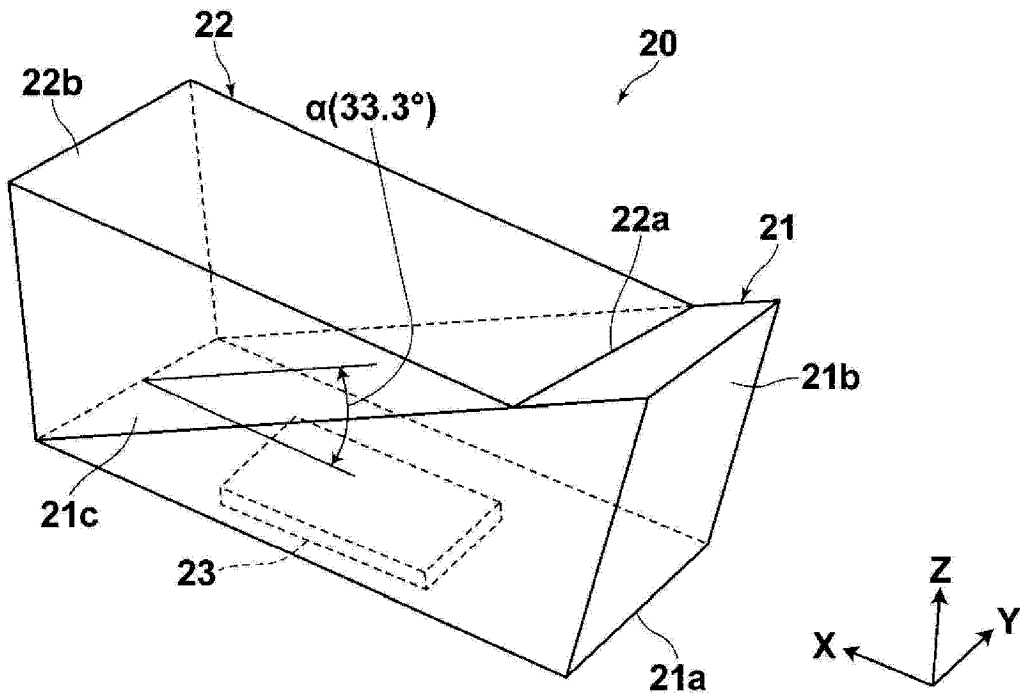


图 3

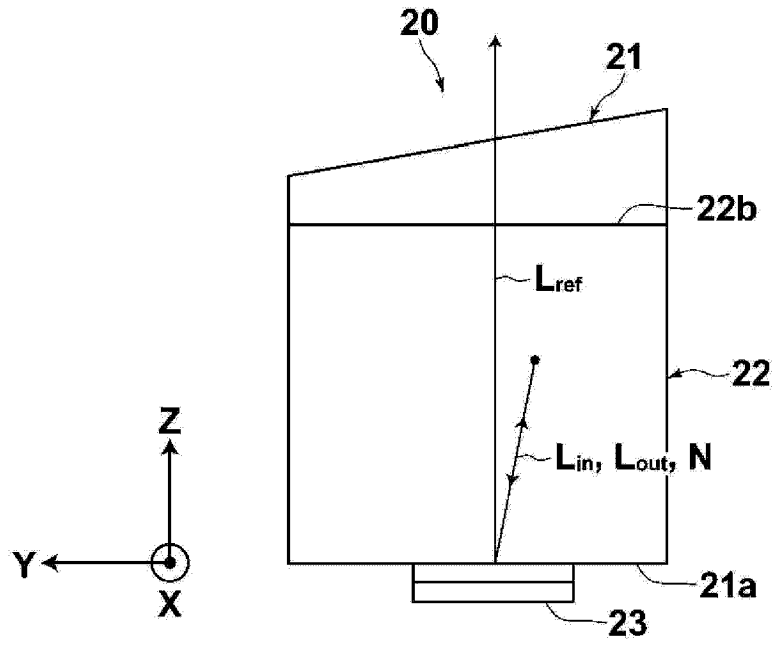


图 4

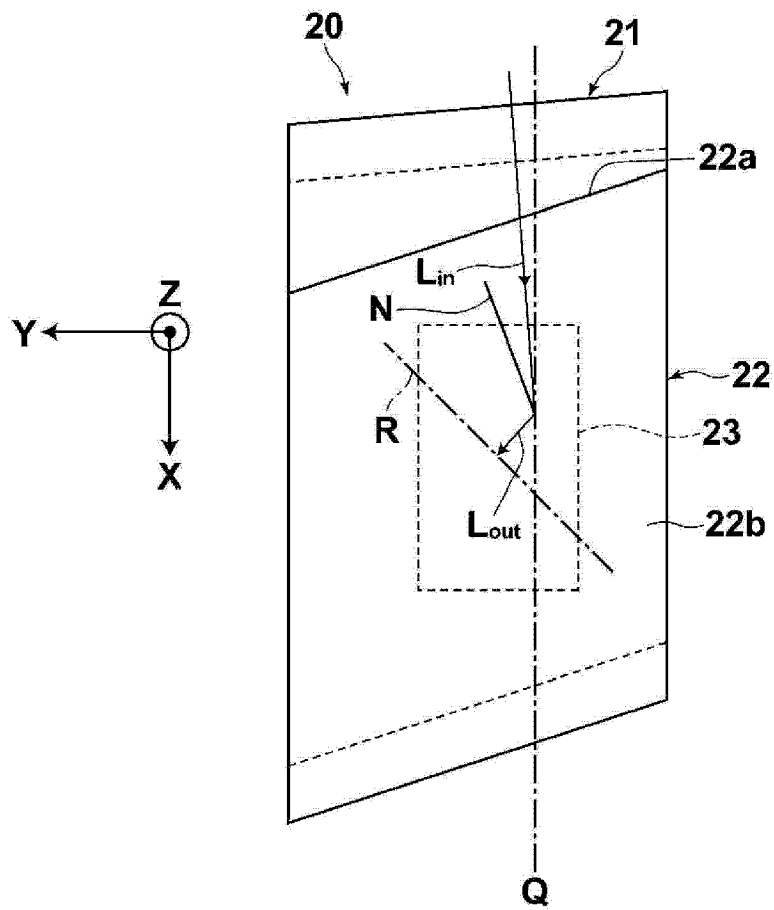


图 5

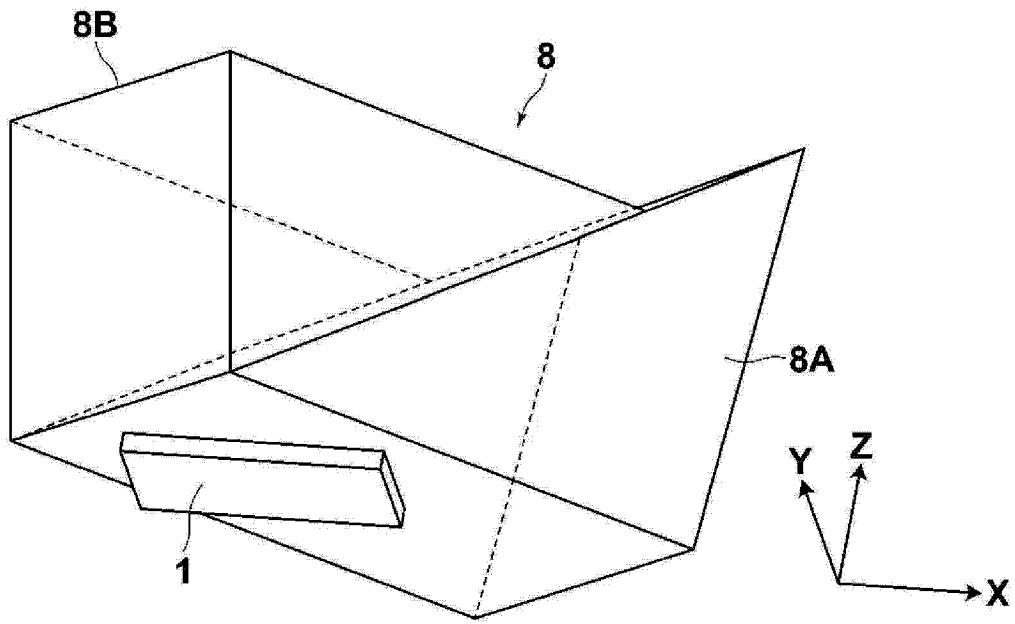


图 6

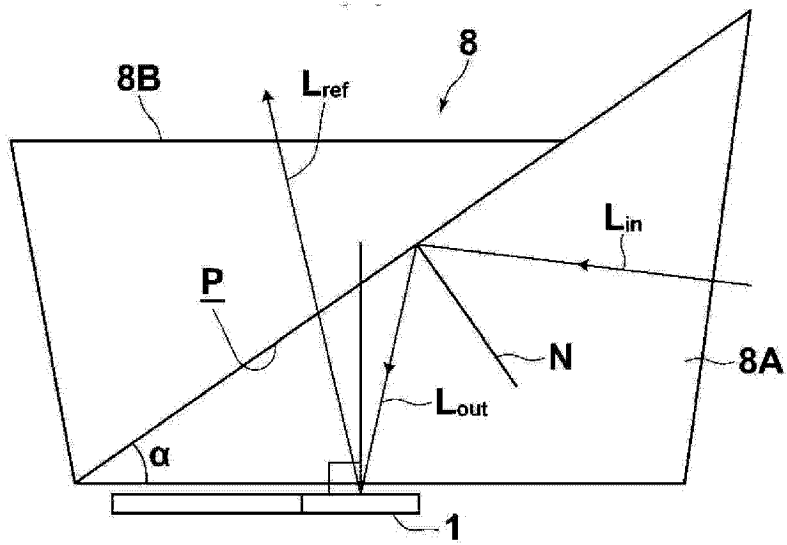


图 7

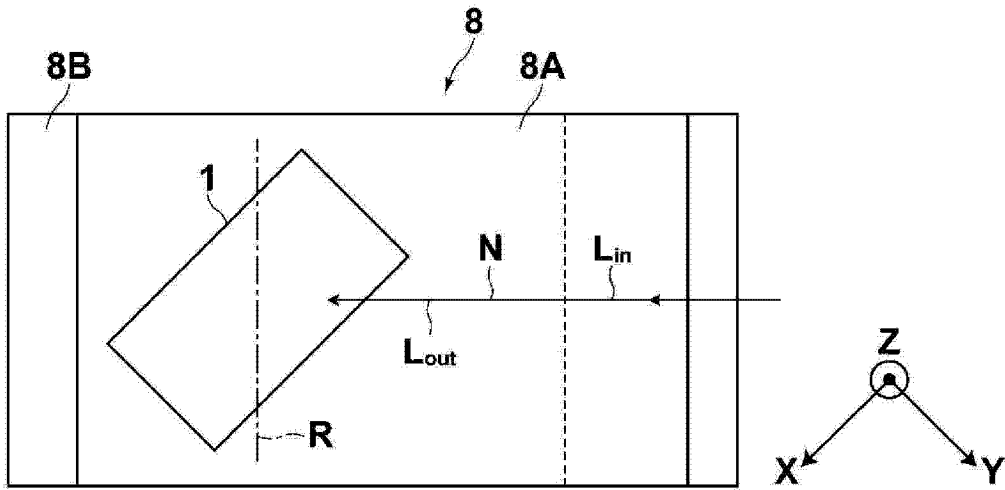


图 8

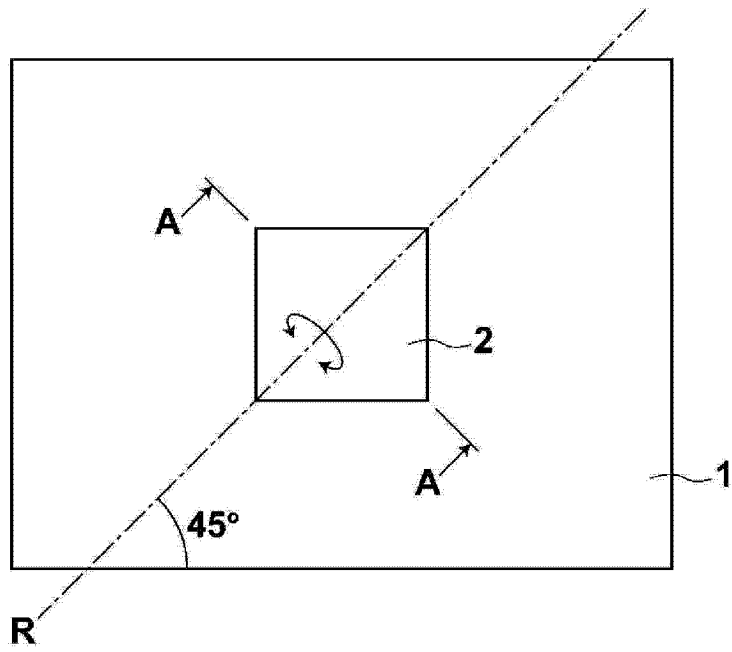


图 9

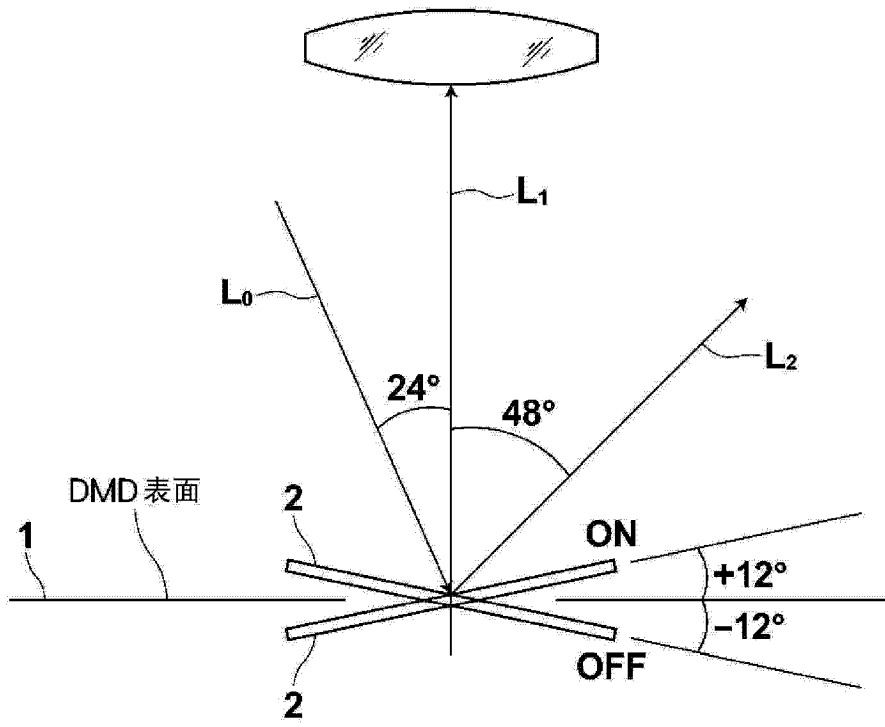


图 10

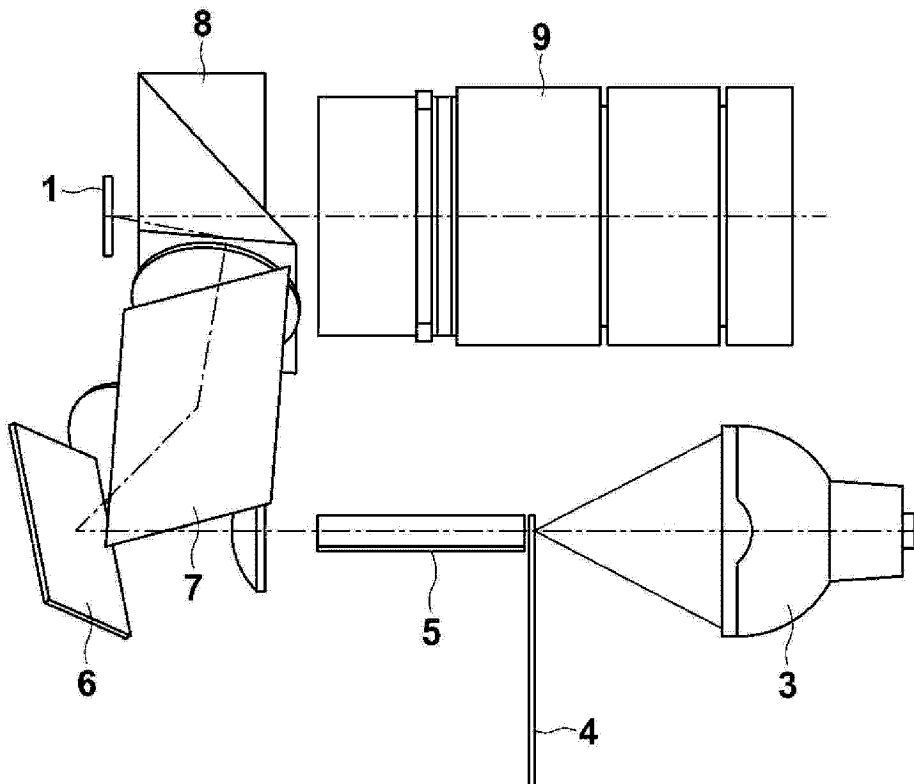


图 11

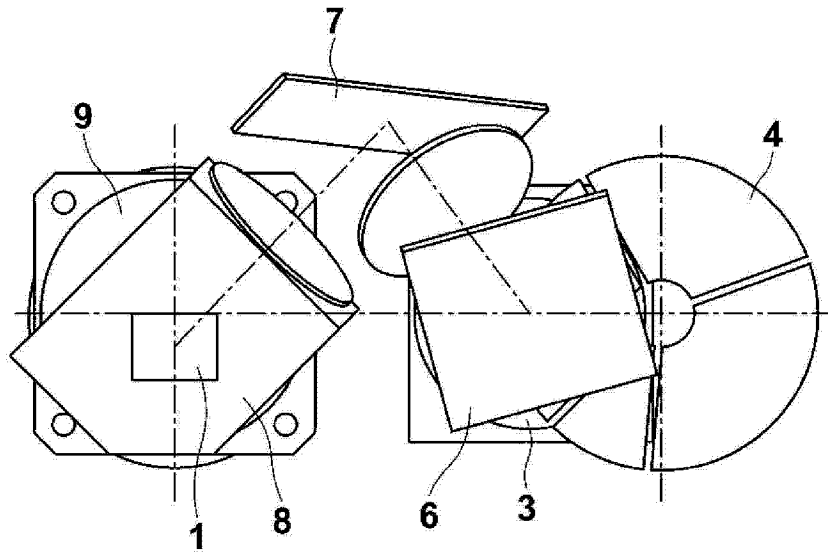


图 12