



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109073908 B

(45) 授权公告日 2020.12.15

(21) 申请号 201680084699.1

广泽贤一 柳泽隆行

(22) 申请日 2016.04.28

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109073908 A

代理人 邓毅 马建军

(43) 申请公布日 2018.12.21

(51) Int.Cl.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2018.10.18

G02B 27/30 (2006.01)

G02B 3/06 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2016/063398 2016.04.28

审查员 孙禹

(87) PCT国际申请的公布数据
W02017/187609 JA 2017.11.02

(73) 专利权人 三菱电机株式会社
地址 日本东京都

(72) 发明人 酒井浩平 高田由香里 正田史生

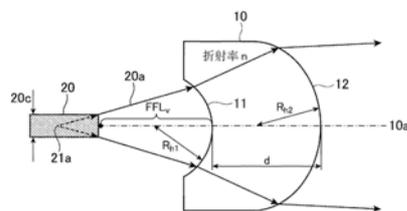
权利要求书1页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称

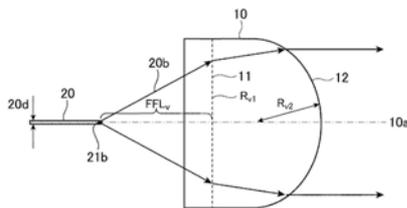
平行光发生装置

(57) 摘要

透镜(10)具有呈柱面形状且凹面形状的入射面(11)和相对于光轴(10a)呈凸面形状的出射面(12)。光源(20)在垂直方向具有较大的发散角,在水平方向具有比垂直方向的发散角小的发散角。光源(20)配置在透镜(10)的垂直方向的入射面侧焦距的位置。将光源(20)的水平方向被配置为透镜(10)的柱面形状的曲率方向。



A



B

1. 一种平行光发生装置,其特征在于,该平行光发生装置具有:

透镜,其具有呈柱面形状且凹面形状的入射面和呈关于光轴轴对称的凸面形状的出射面;以及

光源,其与所述光轴垂直的面内的一个方向和与该一个方向相差90度的另一个方向的发散角不同,

所述光源配置在所述透镜的所述另一个方向的入射面侧焦距的位置,而且所述光源的一个方向被配置为所述透镜的柱面形状的曲率方向,

所述入射面的所述一个方向的曲率半径 R_{h1} 、所述出射面的所述一个方向的曲率半径 R_{h2} 、所述透镜的厚度 d 以及所述透镜的折射率 n 满足下式的关系:

$$R_{h1} - R_{h2} + \frac{n-1}{n}d = 0 \quad (3)$$

所述另一个方向的焦距 f 、所述入射面的所述另一个方向的曲率半径 R_{v1} 、所述出射面的所述另一个方向的曲率半径 R_{v2} 、所述透镜的厚度 d 以及所述透镜的折射率 n 满足下式的关系:

$$f = \frac{R_{v1}R_{v2}}{(n-1)\left(R_{v1} - R_{v2} + \frac{n-1}{n}d\right)}。$$

2. 根据权利要求1所述的平行光发生装置,其特征在于,

所述光源的所述一个方向的发光点宽度大于所述另一个方向的发光点宽度。

3. 根据权利要求1所述的平行光发生装置,其特征在于,

所述光源是具有像散的光源。

4. 根据权利要求3所述的平行光发生装置,其特征在于,

所述光源是半导体激光器。

5. 根据权利要求1所述的平行光发生装置,其特征在于,

所述光源在所述一个方向具有多个发光点。

6. 根据权利要求5所述的平行光发生装置,其特征在于,

所述光源是根据所述多个发光点各自的发光宽度 W 和发光点的周期 P 决定的填充因数 $F.F.$ 满足 $0.5 \leq F.F. < 1$ 的阵列状光源。

7. 根据权利要求5所述的平行光发生装置,其特征在于,

所述光源是半导体激光器阵列。

平行光发生装置

技术领域

[0001] 本发明涉及平行光发生装置,该平行光发生装置具有:光源,其射出具有在与光轴垂直的面内包含的双轴方向上不对称的发散角的光;以及转换光学系统,其减小来自光源的输出光的发散角。

背景技术

[0002] 近年来,高效率的照明用的光源备受关注,已实现使用LED(Light Emitting Diode:发光二极管)或激光器的固体照明产品。

[0003] 从光源射出的光随着传播而发散,因而在向期望的光学系统或照射面传播时,要求减小发散角而成为接近平行光的光线。为了使光线成为平行光,广泛采用通过使用透镜在透镜的入射面侧焦点位置配置光源来进行校准的技术。

[0004] 以往,例如专利文献1所示的结构通过使用非球面单透镜并在透镜的焦点位置配置光源,使发散角较大的光成为大致平行光。实际的光源不是点光源而是具有有限的发光点的尺寸。此时,使用在校准时使用的透镜的焦距 f 和光源的各方向的发光半宽 w_h 、 w_v ,将水平方向和垂直方向的校准后的发散半角 θ_{ho} 、 θ_{vo} 表示成如下式(1)所示。

$$[0005] \quad \theta_{ho} = \tan^{-1}(w_h/f)$$

$$[0006] \quad \theta_{vo} = \tan^{-1}(w_v/f) \quad (1)$$

[0007] 由此,在用焦距 f 的透镜进行校准的情况下,光源的发光半宽 w_h 、 w_v 越大,则校准后的发散半角 θ_{ho} 、 θ_{vo} 越大。光源的发光宽度通常使用者是不能自由变更的,因而为了减小发散角,需要增大透镜的焦距 f 。此时,光源配置在透镜的入射面侧焦点位置,因而随着增大焦距 f ,光源与透镜的距离增大。

[0008] 另外,当使用发散角在与光的出射方向垂直的面处不同的光源的情况下,从光的利用效率的观点考虑,优选以相对于发散角较大的方向的光线不产生损失的方式决定透镜的有效直径 Φ 。在设较大的方向的分散半角为 θ_{vi} 时,透镜位置处的光线的发光半宽 w_{v1} 表示成如下式(2)所示。

$$[0009] \quad w_{v1} = w_v + f \times \tan(\theta_{vi}) \quad (2)$$

[0010] 由此,在使用焦距 f 的透镜的情况下,为了有效地利用发散半角 θ_{vi} 内的能量,透镜的有效直径 Φ 优选为 $2 \times w_{v1}$ 以上。其结果是,在增大焦距 f 时,需要具有与 f 成比例地增大的有效直径 Φ 的透镜。在透镜的有效直径小于式(2)的值的的情况下,发散半角 θ_{vi} 内的能量的一部分因晕影而消失。

[0011] 现有技术文献

[0012] 专利文献

[0013] 专利文献1:日本特开平2-235010号公报

发明内容

[0014] 发明要解决的问题

[0015] 根据式(1)和式(2)的关系,对于具有发光半宽 w_h 、 w_v 的光源,焦距 f 、透镜的有效直径 Φ 和校准后的发散半角 θ_{ho} 、 θ_{vo} 是不能单独决定的,存在取舍的关系。即,为了减小发散角,需要增大焦距 f ,需要将较大的透镜置于较远的位置。在使用焦距 f 较短的透镜时,不能减小发散角。因此,存在很难同时满足小型化、较小的发散角以及较高的光利用效率的条件这样的问题。

[0016] 本发明正是为了解决该问题而完成的,其目的在于,得到一种平行光发生装置,能够同时满足小型化、较小的发散角以及较高的光利用效率的条件。

[0017] 用于解决问题的手段

[0018] 本发明的平行光发生装置具有:透镜,其具有呈柱面形状且凹面形状的入射面和呈关于光轴轴对称的凸面形状的出射面;以及光源,其与光轴垂直的面内的一个方向和与一个方向相差90度的另一个方向的分散角不同,光源配置在透镜的另一个方向的入射面侧焦距的位置,而且光源的一个方向被配置为透镜的柱面形状的曲率方向。

[0019] 发明效果

[0020] 本发明的平行光发生装置具有透镜,该透镜具有呈柱面形状且凹面形状的入射面和呈关于光轴凸面形状的出射面,将在一个方向和另一个方向具有不同的发散角的光源配置在透镜的另一个方向的入射面侧焦距的位置,而且配置成使一个方向为透镜的柱面形状的曲率方向。由此,作为平行光发生装置,能够满足小型化、较小的发散角以及较高的光利用效率的条件。

附图说明

[0021] 图1A是本发明的实施方式1的平行光发生装置的俯视图,图1B是侧视图。

[0022] 图2A是本发明的实施方式1的平行光发生装置的光源的俯视图,图2B是侧视图。

[0023] 图3A是用于说明本发明的实施方式1的平行光发生装置的光路的俯视图,图3B是侧视图。

[0024] 图4是表示水平方向和垂直方向的校准后的发散半角 θ_{ho} 、 θ_{vo} 与焦距 f 的关系的说明图。

[0025] 图5是表示光源的各方向的发光半宽 w_h 、 w_v 与焦距 f 的关系的说明图。

[0026] 图6A是本发明的实施方式2的平行光发生装置的俯视图,图6B是侧视图。

[0027] 图7A是本发明的实施方式3的平行光发生装置的光源的俯视图,图7B是侧视图。

具体实施方式

[0028] 下面,为了更详细地说明本发明,参照附图说明用于实施本发明的方式。

[0029] 实施方式1

[0030] 图1是实施方式1的平行光发生装置的说明图,图1A是俯视图,图1B是侧视图。

[0031] 在实施方式1的平行光发生装置中,作为光源20使用半导体激光器,光源20在与光轴垂直的面内的一个方向即水平方向和与一个方向相差90度的另一个方向即垂直方向,具有不同的发散角。水平方向的光线20a是最小的发散半角,典型地是 $2^\circ \sim 15^\circ$ (半角 $1/e^2$)。另外,内部位置21a是水平方向的光线20a的假想出射点。垂直方向的光线20b是最大的发散半角,典型地是 $15^\circ \sim 45^\circ$ (半角 $1/e^2$)。垂直方向的光线20b的出射点是光源20的端面21b。并

且,光源20在水平、垂直方向具有有限的发光宽度20c、20d。水平方向的发光宽度20c通常在数 μm ~数百 μm 的范围。垂直方向的发光宽度20d通常在1 μm ~数 μm 的范围。

[0032] 如图2A和图2B所示,通常作为光源20的半导体激光器具有数 μm ~20 μm 左右的像散,在水平方向和垂直方向上假想出射点不同,水平方向呈从比半导体激光器的端面更靠内部出射的状态。即,内部位置21a是假想出射点。透镜10是具有入射面11和出射面12的中心厚度d的光学元件,用折射率n的玻璃制作。透镜10利用研磨或模塑成形等通常制作透镜的方法制作。在入射面11和出射面12的表面形成针对光源波长的防反射膜,但没有图示。入射面11构成为相对于光源20的水平方向的光线20a为柱面的凹面形状,出射面12具有关于透镜10的光轴10a轴对称的凸面形状。入射面11具有在水平方向为曲率半径 R_{h1} 且在垂直方向为曲率半径 R_{v1} (平面)的曲率,出射面12具有在水平方向、垂直方向都是曲率半径 R_{v2} 的曲率。入射面11的水平方向的曲率半径 R_{h1} 和出射面12的水平方向的曲率半径 R_{h2} 、透镜的厚度d以及玻璃的折射率n满足下式(3)的关系。

$$[0033] \quad R_{h1} - R_{h2} + \frac{n-1}{n}d = 0 \quad (3)$$

[0034] 另外,关于曲率半径 R_{h1} 和 R_{h2} 的符号,以入射面11和出射面12与光轴10a的交点为基准,将曲率中心的位置位于光源侧的情况定义为正,将位于相对一侧的情况定义为负。

[0035] 针对垂直方向的光线20b,垂直方向的焦距f和前侧(光源侧)焦距 FFL_v 使用入射面11的垂直方向的曲率半径 R_{v1} 、出射面12的垂直方向的曲率半径 R_{v2} 、透镜的厚度d以及玻璃的折射率n表示成如下式(4)所示。

$$[0036] \quad f = \frac{R_{v1}R_{v2}}{(n-1)\left(R_{v1} - R_{v2} + \frac{n-1}{n}d\right)} = \frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{R_{v2}} - \frac{1}{R_{v1}} + \frac{d}{R_{v1}R_{v2}} \frac{n-1}{n}\right)} \quad (4)$$

$$FFL_v = f - h1 = f\left(1 - \frac{n-1}{n} \frac{d}{R_{v2}}\right)$$

[0037] 其中,h1是透镜10的垂直方向的前侧(光源侧)主点位置,从入射面11与光轴10a的交点朝向透镜内部的方向,将符号定义为正。在曲率半径 R_{v1} 无限大(平面)的情况下,式(4)可简化成下式(5)。

$$[0038] \quad f = \frac{R_{v2}}{n-1} \quad (5)$$

$$FFL_v = \frac{R_{v2}}{n-1} - \frac{d}{n}$$

[0039] 在设出射面12轴对称的情况下,曲率半径 $R_{h2} = R_{v2}$,将式(3)和式(5)关联起来。将光源20设置成使其端面21b位于透镜10的针对垂直方向的焦距 FFL_v 处。

[0040] 下面,使用图3说明实施方式1的动作。图3A是俯视图,图3B是侧视图。

[0041] 从光源20射出的光线一边发散一边入射到透镜10的入射面11,从入射面11到出射面12在透镜内部传播,并从出射面12出射。入射面11成为柱面形状,因而水平方向的光线20a和垂直方向的光线20b根据入射面11的形状而受到不同的作用。为了简化说明,作为来自光源20的光线,水平方向仅考虑水平方向的光线20a,垂直方向仅考虑垂直方向的光线20b。

[0042] 水平方向的光线20a呈从半导体激光器的内部位置21a出射的状态,光束直径通过曲率半径 R_{h1} 的凹面和曲率半径 R_{h2} 的凸面而扩大。通过光线矩阵(关于光线矩阵,例如参照Lasers,A.E.Siegman,University Science Books,Mill Valley California,1986.)来说明以上的光线的动作。来自光源20的水平方向的光线20a传播从光源20到透镜10的入射面11的距离(焦距 $FFLv$)并入射到透镜10。可以将透镜10的动作作为通过曲率半径 R_{h1} 且折射率 n 的介质界面(入射面11)、在厚度 d 且折射率 n 的介质中的传播以及曲率半径 R_{h2} 且折射率 n 的介质界面(出射面12)的各光学要素,水平方向的光线20a受到的作用进行说明。各光学要素对用列向量记述的水平方向的光线20a形成的作用,可以用2行2列的矩阵记述,分别成为式(6)、式(7)、式(8)、式(9)。

$$[0043] \quad \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & FFLv \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & \frac{R_{v2}}{n-1} - \frac{d}{n} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix}$$

$$[0044] \quad \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{n-1}{nR_{h1}} & \frac{1}{n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$[0045] \quad \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$[0046] \quad \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{n-1}{R_{h2}} & n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \quad (9)$$

[0047] 其中, r 是入射到各光学要素的光线的光轴高度, θ 是以光轴为基准入射到各光学要素的光线的角度, r' 是从各光学要素出射的光线的光轴高度, θ' 是从各光学要素出射的光线的角度。另外,在本说明书的后面的记述中,将表示光学要素的作用的2行2列的矩阵的(1,1)成分定义为A,将(1,2)成分定义为B,将(2,1)成分定义为C,将(2,2)成分定义为D。例如,式(7)的C表示 $(n-1)/(nR_{h1})$ 。

[0048] 由此,水平方向的光线20a从入射面11到出射面12受到的作用,作为表示各光学要素的矩阵之积,表示成下式(10)。

$$[0049] \quad \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{n-1}{R_{h2}} & n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{n-1}{nR_{h1}} & \frac{1}{n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$= \begin{pmatrix} 1 + \frac{n-1}{n} \frac{d}{R_{h1}} & \frac{d}{n} \\ (n-1) \left(\frac{1}{R_{h1}} - \frac{1}{R_{h2}} - \frac{n-1}{n} \frac{d}{R_{h1}R_{h2}} \right) & 1 - \frac{n-1}{n} \frac{d}{R_{h2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix}$$

[0050] 根据式(3)的关系对式(10)进行整理,成为下式(11)。

$$[0051] \quad \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{R_{h2}}{R_{h1}} & \frac{d}{n} \\ 0 & \frac{R_{h1}}{R_{h2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{R_{h2}}{R_{h1}} r + \frac{d}{n} \theta \\ \frac{R_{h1}}{R_{h2}} \theta \end{pmatrix} \quad (11)$$

[0052] 在满足式(3)的理想的扩大系统的情况下,入射面11处的水平方向光束半径 w_{h1} 在出射面12处成为大致 R_{h2}/R_{h1} 倍,入射到入射面11的水平方向的光线20a的发散半角 θ_{h1} 在出射面处成为 R_{h1}/R_{h2} 倍。

[0053] 由此,能够根据的曲率半径 R_{h1} 、 R_{h2} 的比率,减小水平方向的发散角。这表示通过将水平方向作为扩大系统而不进行校准,能够相对于式(1)所示的光源的发光半宽 w_h 、 w_v 与焦距 f 的关系单独地决定水平方向的发散角。

[0054] 并且,根据式(6)与式(11)的矩阵之积,能够求出水平方向的光线20a从光源20到出射面12受到的作用,成为式(12)。

$$[0055] \quad \begin{aligned} \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \frac{R_{h2}}{R_{h1}} & \frac{d}{n} \\ 0 & \frac{R_{h1}}{R_{h2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & FFLv \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \frac{R_{h2}}{R_{h1}} & \frac{R_{h2}}{R_{h1}} FFLv + \frac{d}{n} \\ 0 & \frac{R_{h1}}{R_{h2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \frac{R_{h2}}{R_{h1}} (r + FFLv\theta) + \frac{d}{n} \theta \\ \frac{R_{h1}}{R_{h2}} \theta \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (12)$$

[0056] 比较式(11)和式(12)可知,通过从光源20到入射面11的传播,仅仅是入射面11处的光束直径从 r 增大到 $r + FFLv \times \theta$,入射面11与出射面12之间的光束直径和发散角的变化率不变。这根据式(12)可知不限于传播距离是 $FFLv$ 的情况。根据以上所述可知,在本发明的平行光发生装置中,水平方向的发散角不依赖于光源20与透镜10的光轴方向的距离。另外,关于光线倾斜不仅对光轴方向的错位而且对水平方向的错位的影响较小这样的优点,根据考虑到错位的光线矩阵进行说明。在考虑错位时,在透镜10的入射面11到出射面12之间,水平方向的光线20a受到的作用由式(11)成为式(13)。其中, Δ 是透镜的错位量, Δ' 是透镜的倾斜。

$$\begin{aligned}
 \begin{pmatrix} E \\ F \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 1-A & d-B \\ -C & 1-D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta \\ \Delta' \end{pmatrix} \\
 \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \\ 1 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \frac{R_2}{R_1} & \frac{d}{n} & E \\ 0 & \frac{R_1}{R_2} & F \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \\ 1 \end{pmatrix} \\
 [0057] \quad &= \begin{pmatrix} \frac{R_{h2}}{R_{h1}} & \frac{d}{n} & \left(1 - \frac{R_{h2}}{R_{h1}}\right)\Delta + \left(d - \frac{d}{n}\right)\Delta' \\ 0 & \frac{R_{h1}}{R_{h2}} & \left(1 - \frac{R_{h1}}{R_{h2}}\right)\Delta' \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \\ 1 \end{pmatrix} \quad (13)
 \end{aligned}$$

[0058] 对其进行整理而成为式(14),可知具有水平方向的错位 Δ 对光线的角度不产生影响这样的特点。

$$\begin{aligned}
 r' &= \frac{R_{h2}}{R_{h1}} r + \frac{d}{n} \theta + \left(1 - \frac{R_{h2}}{R_{h1}}\right)\Delta + \left(d - \frac{d}{n}\right)\Delta' \\
 [0059] \quad \theta' &= \frac{R_{h1}}{R_{h2}} \theta + \left(1 - \frac{R_{h1}}{R_{h2}}\right)\Delta' \quad (14)
 \end{aligned}$$

[0060] 另一方面,在焦距FFLv的位置配置有半导体激光器的端面21b,因而垂直方向的光线20b被入射面11的平面和曲率半径 R_{v2} 的凸面校准。

[0061] 与水平方向同样地通过光线矩阵来说明以上的光线的动作。从光源射出的光线20b传播从光源到透镜10的入射面11的距离(焦距FFLv)并入射到透镜10。可以将透镜10的动作作为通过曲率半径 R_{v1} 且折射率n的介质界面(入射面11)、在厚度d且折射率n的介质中的传播以及曲率半径 R_{v2} 且折射率n的介质界面(出射面12)的各光学要素,水平方向的光线20b受到的作用进行说明。各光学要素对用列向量记述的垂直方向的光线20b形成的作用,可以用2行2列的矩阵记述,分别成为式(15)、式(16)、式(17)。

$$[0062] \quad \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{n-1}{nR_{v1}} & \frac{1}{n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \quad (15)$$

$$[0063] \quad \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \quad (16)$$

$$[0064] \quad \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{n-1}{R_{v2}} & n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \quad (17)$$

[0065] 由此,垂直方向的光线20b从入射面11到出射面12受到的作用,作为它们之积成为下式(18)。

$$\begin{aligned}
 \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{n-1}{R_{v2}} & n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{n-1}{nR_{v1}} & \frac{1}{n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \\
 [0066] \quad &= \begin{pmatrix} 1 + \frac{n-1}{n} \frac{d}{R_{v1}} & \frac{d}{n} \\ (n-1) \left(\frac{1}{R_{v1}} - \frac{1}{R_{v2}} - \frac{n-1}{n} \frac{d}{R_{v1}R_{v2}} \right) & 1 - \frac{n-1}{n} \frac{d}{R_{v2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \quad (18)
 \end{aligned}$$

[0067] 在设曲率半径 R_{v1} 为无限大(平面)且曲率半径 $R_{v2}=R_{h1}$ 进行整理时,成为下式(19)。

$$[0068] \quad \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{d}{n} \\ -\frac{n-1}{R_{v2}} & 1 - \frac{n-1}{n} \frac{d}{R_{v2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \quad (19)$$

[0069] 前侧(光源侧)主点位置 $h1$ 和光源侧(前侧)焦距 $FFLv$ 为式(19)的 $(D-1)/C$ 和 $-D/C$,代入后与式(5)相同。

[0070] 并且,根据式(6)与式(19)的矩阵之积,能够求出垂直方向的光线20b从光源20到出射面12受到的作用,成为下式(20)。

$$\begin{aligned}
 \begin{pmatrix} r' \\ \theta' \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 1 & \frac{d}{n} \\ -\frac{n-1}{R_{v2}} & 1 - \frac{n-1}{n} \frac{d}{R_{v2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & FFLv \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \\
 [0071] \quad &= \begin{pmatrix} 1 & FFLv + \frac{d}{n} \\ -\frac{n-1}{R_{v2}} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ \theta \end{pmatrix} \quad (20) \\
 &= \begin{pmatrix} r + \left(FFLv + \frac{d}{n} \right) \theta \\ -\frac{n-1}{R_{v2}} r \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

[0072] 根据式(20)可知,从光源20的某一点起的垂直方向的光线20b在从出射面12出射后成为平行光。并且,在具有有限的发光宽度的情况下,通过将式(20)的入射光线的光轴高度 r 改写成发光半宽 $wv1$,能够得到式(1)所示的关系。

[0073] 这样可得到水平方向和垂直方向的光线的关系,因而能够按照垂直方向的发散角的要求值决定垂直方向的焦距 f 即曲率半径 R_{v2} 和透镜的折射率 n ,按照水平方向的发散角的要求值选择曲率半径 R_{h1} 和厚度 d 。

[0074] 为了示出本发明的意义,例如考虑使用轴对称的平凸透镜对波长808nm的EAGLEYARD公司制的半导体激光器(型号:EYP-BAL-0808-

[0075] 08000-4020-CMT-0000)进行校准的情况。所述半导体激光器的水平方向的发散半角为 8.5° ,垂直方向的发散半角为 25.5° ,水平方向的发光宽度为 $200\mu\text{m}$,垂直方向的发光宽度为 $1\mu\text{m}$ 。使校准后的发散角在水平、垂直方向上都是半角 1° 。

[0076] 图4表示水平方向和垂直方向的校准后的发散半角 θ_{ho401} 、 θ_{vo402} 与焦距 f 的关系,图5表示光源20的各方向的发光半宽 w_{h501} 、 w_{v502} 与焦距 f 的关系。在使用式(1)和式(2)时,如这些图4和图5所示,需要焦距5.7mm、有效开口5.5mm的透镜。另一方面,根据本实施方式,可以使用例如曲率半径 R_{h1} :0.2mm、曲率半径 $R_{h2}=R_{v2}$:1.7mm、厚度3.4mm、折射率1.8、垂直方向焦距:2.1mm、光源侧焦点位置:0.25mm、有效直径2mm的透镜,还能够满足较小的发散角和较高的光利用效率,同时实现透镜的大幅小径化。曲率半径等的值当然不限于本结构,通过缩短垂直方向的焦距进行缩放,还能够进一步小型化。

[0077] 如上所述,光源20在垂直方向具有较大的发散角,在水平方向具有较小的发散角,透镜10具有相对于光源20呈柱面形状且凹面形状的入射面11和呈关于光轴10a轴对称的形状且凸面形状的出射面12,将透镜10配置成使光源20的水平方向为透镜10的柱面形状的曲率方向,而且在垂直方向的入射面侧焦距 F_{FLv} 的位置配置光源20的端面21b,由此光源20的水平方向的光被透镜10的入射面11和出射面12扩大,光源20的垂直方向的光被透镜10的出射面12转换成大致平行光,因而能够实现同时满足较小的发散角、较高的光利用效率以及小型化的条件的平行光发生装置。

[0078] 另外,在上述例子中说明了光源20为半导体激光器的情况,但其它类型的激光器或非激光器的光源也能够得到相同的效果。但是,在使用半导体激光器的情况下更加适合,对此进行说明。

[0079] 一,不会因像散而产生发散角的增大。在使用轴对称的透镜的情况下,在使透镜的焦点位置与半导体激光器的端面21b一致时,在水平方向产生聚焦偏差,发散角增大。另外,为了校正像散,还存在如下方法:使用在水平方向和垂直方向具有不同焦距的透镜,使用使水平方向的焦点位置与半导体激光器的内部位置21a一致,使垂直方向的焦点位置与半导体激光器的端面21b一致的透镜。但是,半导体激光器的水平方向的出射点位置即内部位置21a存在偏差,并且依赖于激光输出而变化,因而很难抑制在多个动作条件下像散造成的发散角的增大。根据本实施方式,水平方向的发散角不依赖于光源20与透镜10之间的配置距离,因而通过在垂直方向的焦距 F_{FLv} 的位置配置光源20的端面21b,具有如下技术效果:即使存在像散,进而存在偏差或激光器的输出依赖性,水平方向的发散角也不增大。

[0080] 作为另一个效果,能够放宽光源20和透镜10的水平方向的定位精度。根据以往的校准法,当在水平和垂直方向产生错位时,根据式(20)可知,存在光线的出射方向相对于理想的出射方向倾斜的问题。为了抑制光线的倾斜,要求相对于光源20高精度地定位透镜10,典型地,要求数 μm ~数十 μm 左右的设置精度。

[0081] 然而,对于半导体激光器相对于芯片外形的发光点位置精度,虽然在垂直方向具有较高的精度,但是水平方向的精度较低。这是因为对垂直方向进行了严格的厚度控制,相比之下,水平方向依赖于从晶片切成芯片时的精度,水平方向通常达到数 μm ~数十 μm 的切割精度。因此,导致水平方向的发光点位置相对于芯片的外形偏移,例如即使在按照外形基准高精度地装配芯片和透镜的情况下,也导致水平方向的发光点与透镜的相对位置偏移。与此相对,在本实施方式中,即使因芯片切出位置的偏差而产生水平方向的错位,对光线出射方向的倾斜形成的影响也较小,具有能够容易进行基于外形基准的装配的效果。

[0082] 另外,透镜10的入射面11的形状虽然在水平方向上是凹面状的柱面形状,但该凹面形状也可以是球面,还可以是非球面。通过设为非球面,可以期待更良好地校正在光学系

统产生的像差。另外,本发明的水平方向的动作等效于在出射面12的介质边界面上对入射面11的介质边界的焦点位置的光源像进行校准。这与包含非轴对称的情况在内,以往的校准透镜在出射面的介质边界面对入射面的介质边界的成像位置的光源像进行校准不同。因此,即使不与式(3)严格一致,显然也能够得到本效果,对于出射面12的介质边界的焦点位置不在入射面11的介质边界的焦点位置而位于接近焦点面的范围的情况比较有效。并且,将垂直方向的形状设为单纯的平面,但不需要是完整的平面,即使是凹面或凸面,也能够得到本发明的效果,这一点是不变的。例如,通过设为凹面,能够放宽光线的入射角度,因而可以期待进一步减小像差。出射面12的形状为轴对称的凸面,但不严格需要是轴对称。通过设为曲率半径在水平方向和垂直方向不同的环形面,可以期待良好地校正像差,以便增大设计上的自由度,但在设为轴对称的形状时,研磨或成形这样的透镜制作容易实现。透镜10的材料不需要是玻璃,也可以是塑料或晶体等。透镜10的焦距 FFL_v 和光源20的设置位置不需要严格一致,只要在垂直方向的发散角的要求值的范围内,显然前后偏差些也没有问题。例如,在使水平方向和垂直方向的发散角相同的情况下,根据式(12)和式(20)(设 FFL_v 为 $FFL_v + \Delta$ 进行计算)的关系,在满足下式的范围内是可以允许的。其中, θ_v 是从光源20沿垂直方向射出的发散角。

$$[0083] \quad R_{h1}/R_{h2} \times \theta_{h1} = \Delta / f \times \theta_v \quad (21)$$

[0084] 如以上说明的那样,根据实施方式1的平行光发生装置,具有:透镜,其具有呈柱面形状且凹面形状的入射面和相对于光轴呈凸面形状的出射面;以及光源,其与光轴垂直的面内的一个方向和与一个方向相差90度的另一个方向的发散角不同,光源配置在透镜的另一个方向的入射面侧焦距的位置,而且光源的一个方向被配置为透镜的柱面形状的曲率方向。因而,作为平行光发生装置,能够满足小型化、较小的发散角以及较高的光利用效率的条件。

[0085] 并且,根据实施方式1的平行光发生装置,光源的一个方向的发光点宽度大于另一个方向的发光点宽度,因而能够实现具有不同发散角的光源。

[0086] 并且,根据实施方式1的平行光发生装置,光源是具有像散的光源,因而能够有助于实现具有不同发散角的光源。

[0087] 并且,根据实施方式1的平行光发生装置,光源是半导体激光器,因而可以实现能够满足小型化、较小的发散角以及较高的光利用效率的条件的平行光发生装置。

[0088] 实施方式2

[0089] 图6是实施方式2的平行光发生装置的说明图,图6A是其俯视图,图6B是其侧视图。

[0090] 实施方式2的平行光发生装置使用在水平方向具有多个发光点的半导体激光器阵列作为光源30,这与实施方式1的光源20不同。其它方面与实施方式1相同,因而对对应的部分标注相同的标号并省略其说明。

[0091] 下面,对实施方式2的动作进行说明。

[0092] 与实施方式1相同,在透镜10的垂直方向的光源侧焦距 FFL_v 的位置设置作为半导体激光器阵列的光源30的端面31。对于来自光源30的水平方向的光线30a,通过曲率半径 R_{h1} 的透镜10的凹面和曲率半径 R_{h2} 的凸面,从各发光点出射的光线各自的光束直径被放大。来自光源30的垂直方向的光线30b由于在焦距 FFL_v 的位置配置有光源30,因而被透镜10的入射面11的平面和曲率半径 R_{v2} 的凸面校准。由此,与实施方式1同样,光源30的水平方向的光

被透镜10的入射面11和出射面12放大,光源30的垂直方向的光被透镜10的出射面12转换成大致平行光,因而能够实现同时满足较小的发散角、较高的光利用效率以及小型化的条件的平行光发生装置。

[0093] 在单纯地对从作为半导体激光器阵列的光源30射出的光进行校准的情况下,透镜后的光束图案成为阵列状,在空间上均匀性较低。另一方面,在本实施方式中,透镜10具有呈柱面形状且凹面形状的入射面11和呈关于光轴10a轴对称的形状且凸面形状的出射面12,将透镜10配置成使光源30的水平方向为透镜的柱面形状的曲率方向,而且在垂直方向的焦距 F_{FLv} 的位置配置光源30的端面31,由此从水平方向各发光点出射的光束被放大,能够在减小发散角的同时使各光束重合,因而具有能够得到在空间上均匀的光束这样的特点。在空间上均匀的光束在不使用均匀光学系统等而直接用于照明的情况下等特别有用。另外,由于多个发光点的光束重合,因而具有不需追加均匀光学系统,即可降低在将激光器用于照明时成为问题的光斑这样的效果。

[0094] 并且,像散受到半导体激光器内部的温度分布的影响。半导体激光器阵列的发热密度在半导体激光器阵列的中心部和端部不同,因而在中心部和端部,内部的温度分布变化,像散的大小成为按照每个发光点而偏差的原因。但是,在本实施方式中,具有即使在各发光点存在像散的偏差,也能够抑制发散角的增大而得到稳定的平行光这样的效果。

[0095] 另外,在光源30是发光宽度或者发光点的周期根据水平方向的位置而不同的阵列状光源的情况下,在与本发明的透镜10的组合中,当然也能够得到相同的效果。

[0096] 与使用阵列状光学元件的情况相比,结构简单且价格低廉,并且,即使在发光宽度和发光点的周期在水平方向上静态地和动态地变化的情况下,在实施方式2的结构中,也具有能够满足较小的发散角、较高的光利用效率以及小型化的条件这样的效果。

[0097] 如以上说明的那样,根据实施方式2的平行光发生装置,光源在一个方向上具有多个发光点,因而,作为平行光发生装置,能够满足小型化、较小的发散角以及较高的光利用效率的条件。

[0098] 并且,根据实施方式2的平行光发生装置,设光源为半导体激光器阵列,因而能够得到在空间上均匀的光束。

[0099] 实施方式3

[0100] 在实施方式3中,定义根据实施方式2的光源30的多个发光点各自的发光宽度 W 和发光点的周期 P 决定的填充因数 $F.F.$ 。

[0101] 图7是示出实施方式3的光源30的定义的说明图。由半导体激光器阵列构成的光源30以其发光宽度 W 和发光点的周期 P 来赋予特征,用下式(22)定义填充因数 $F.F.$ 。

$$[0102] \quad F.F. = W/P \quad (22)$$

[0103] 在本实施方式中,平行光发生装置特别适合于将式(22)所示的填充因数 $F.F.$ 位于 $0.5 \leq F.F. < 1$ 的范围内的半导体激光器阵列作为光源30的情况。另外,实施方式3的平行光发生装置的整体结构和动作与实施方式2相同,因而在此省略说明。

[0104] 关于光源30的发散角,考虑使用由关于各发光点的光轴轴对称的透镜构成的阵列状校准透镜来减小发散角的情况。理想地,透镜后的发散角使用发光宽度 W 和透镜的焦距 f 而成为下式,

$$[0105] \quad \theta_{ho} = 2 \times \text{TAN}^{-1}(W/2/f) \quad (23)$$

[0106] 决定焦距 f 以使各发光点的光在透镜位置不重合,成为下式,

$$[0107] \quad f = (P-W) / (2 \times \tan(\theta_{hi}/2)) \quad (24)$$

[0108] 因而,整理式(23)和式(24)得到

$$[0109] \quad \tan(\theta_{ho}/2) / \tan(\theta_{hi}/2) \\ [0110] \quad = F.F. / (1-F.F.) \quad (25)。$$

[0111] 来自光源30的水平方向发散角和阵列状透镜后的发散角被光源30的填充因数 $F.F.$ 限制。根据式(25)可知,填充因数 $F.F.$ 为0.5以上的阵列状光源通过以往的轴对称的透镜进行校准,因而当在前侧焦点位置配置光源的情况下,在针对某一发散角 θ 内的光束没有晕影的条件下,无法减小水平方向的分散角。

[0112] 并且,虽然还可考虑使用将关于各发光点的光轴非轴对称的透镜组合成阵列状的校准透镜,但是透镜的制作难度大,很难低成本地制作。并且,光源和透镜的装配难度也大。

[0113] 另一方面,在本发明的透镜10和由半导体激光器阵列构成的光源30的组合中,对于任何填充因数 $F.F.$ 的阵列状光源都能够减小水平方向的分散角,可以实现能够满足较小的发散角、较高的光利用效率以及小型化的条件的平行光发生装置。

[0114] 现在,考虑使用按照光源30的发光宽度 W 和发光宽度的周期 P 将透镜10配置成阵列状的光学元件的情况。在这种情况下,水平方向的分散角与前面的说明同样,是根据入射面和出射面处的光束直径的比率即倍率决定的。在此,由于入射面处的光束直径不会小于发光宽度 W ,以及为了在透镜内部和出射面处不产生晕影而出射面处的光束直径不能大于发光点的周期 P ,因此,最大的倍率被限制成

$$[0115] \quad m = P/W = 1/F.F. \quad (26)。$$

[0116] 因此,导致透镜后的水平方向的分散角被限制在原始的分散角的填充因数 $F.F.$ 倍。

[0117] 根据以上的结果,在将式(22)所示的填充因数 $F.F.$ 位于0.5~1的范围内的半导体激光器阵列作为光源30的情况下,实施方式3的平行光发生装置特别适合。

[0118] 如以上说明的那样,根据实施方式3的平行光发生装置,光源是根据多个发光点各自的发光宽度 W 和发光点的周期 P 决定的填充因数 $F.F.$ 满足 $0.5 \leq F.F. < 1$ 的阵列状光源,因而,作为平行光发生装置,能够进一步满足小型化、较小的发散角以及较高的光利用效率的条件。

[0119] 另外,本申请能够在本发明的范围内进行各实施方式的自由组合、或者各实施方式的任意构成要素的变形或者在各实施方式中省略任意的构成要素。

[0120] 产业上的可利用性

[0121] 如上所述,本发明的平行光发生装置涉及具有光源和转换光学系统的结构,该光源射出具有在与光轴垂直的面内包含的双轴方向上不对称的分散角的光,该转换光学系统减小来自光源的输出光的发散角,适合用于使用LED或激光器的固体照明。

[0122] 标号说明

[0123] 10透镜;10a光轴;11入射面;12出射面;20、30光源;20a、30a水平方向的光线;20b、30b水平方向的光线;20c水平方向的发光宽度;20d垂直方向的发光宽度;21a内部位置;21b、31端面。

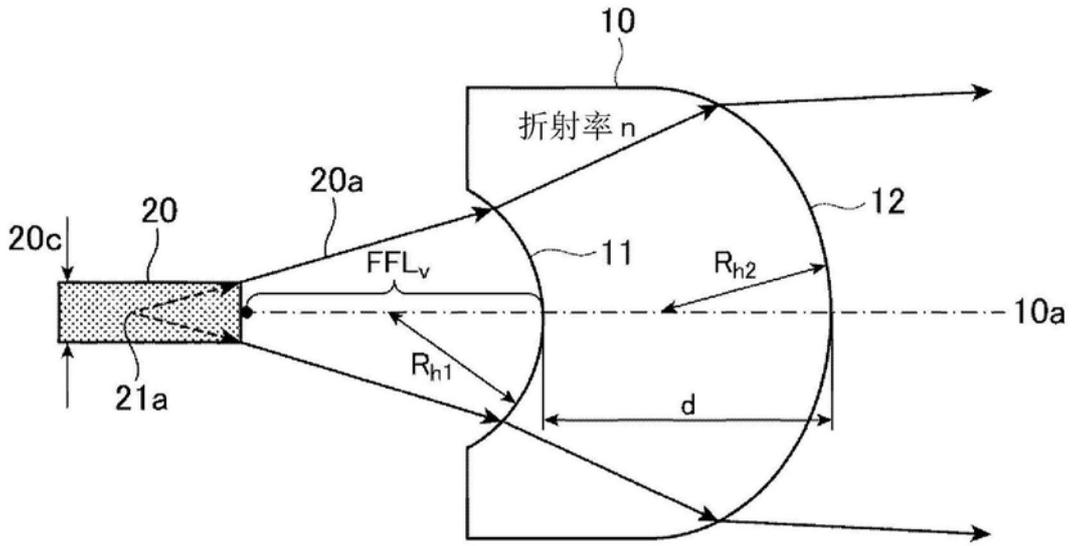


图1A

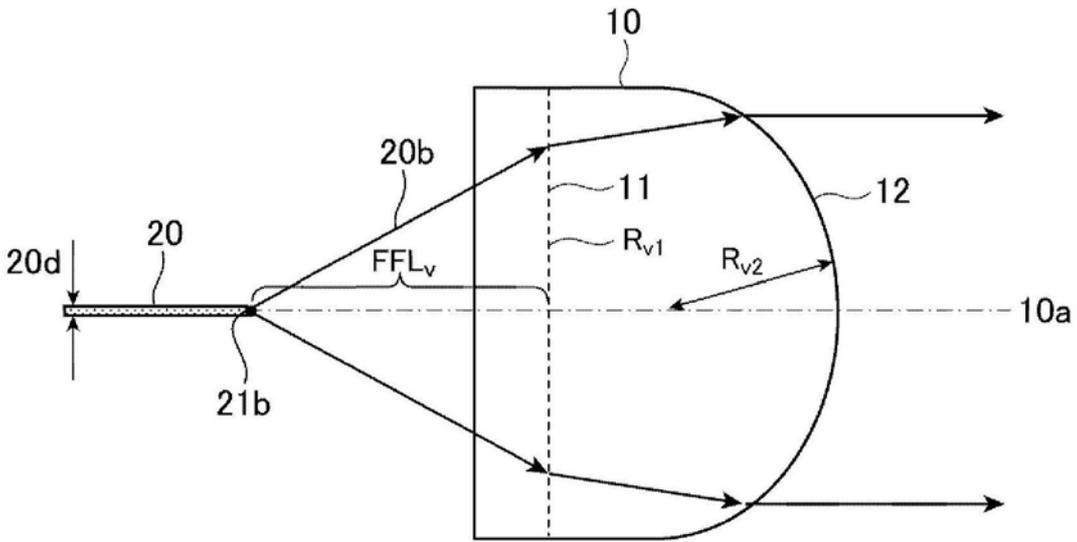


图1B

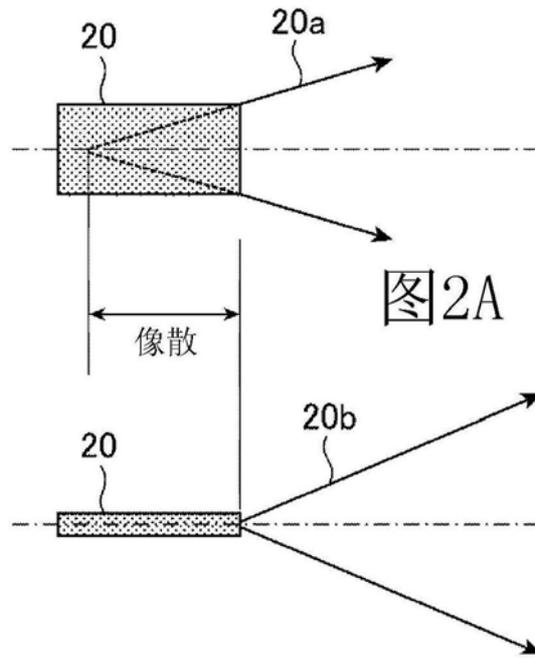


图2A

图2B

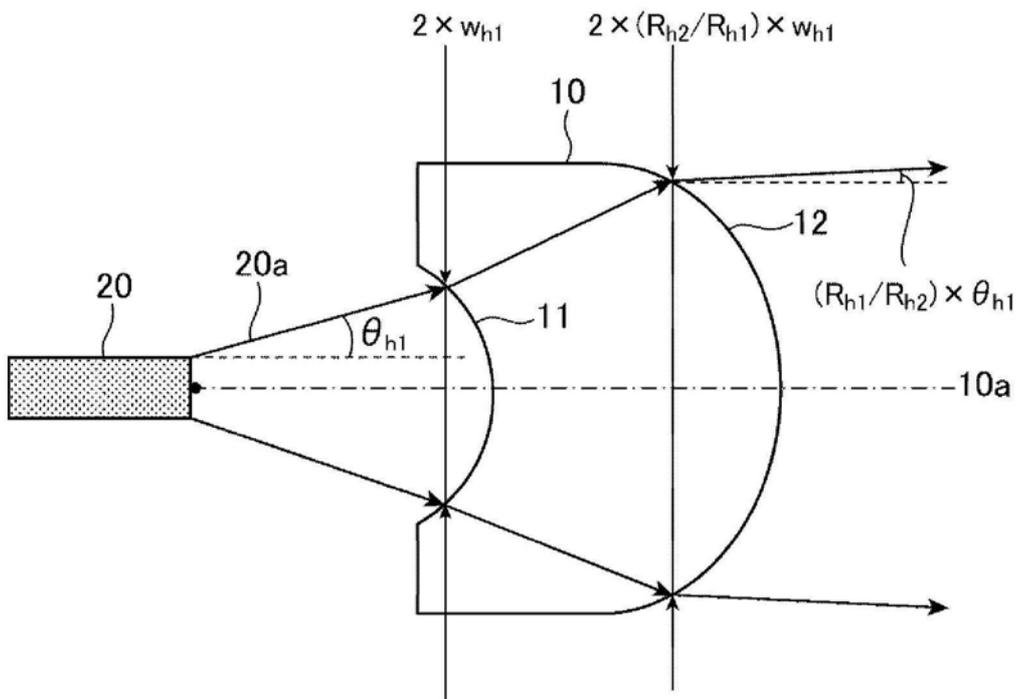


图3A

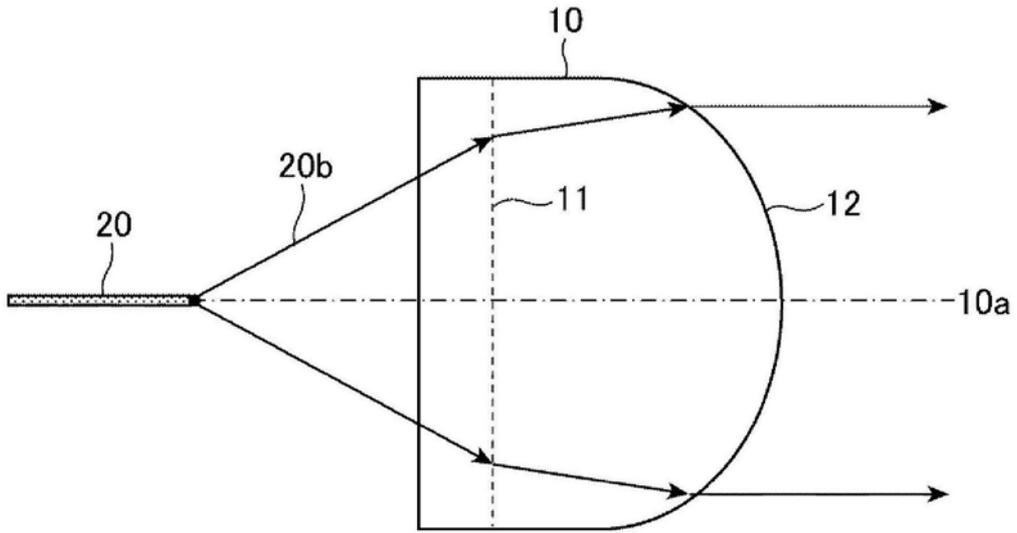


图3B

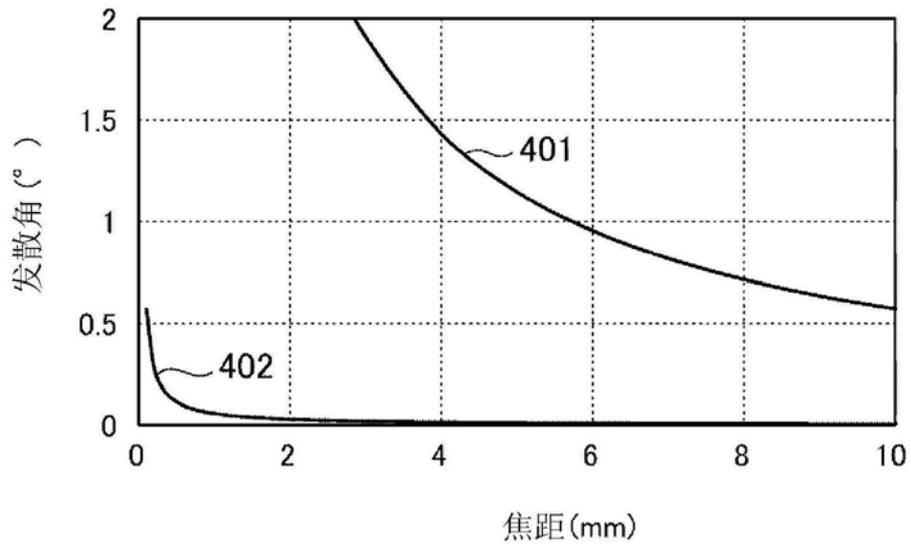


图4

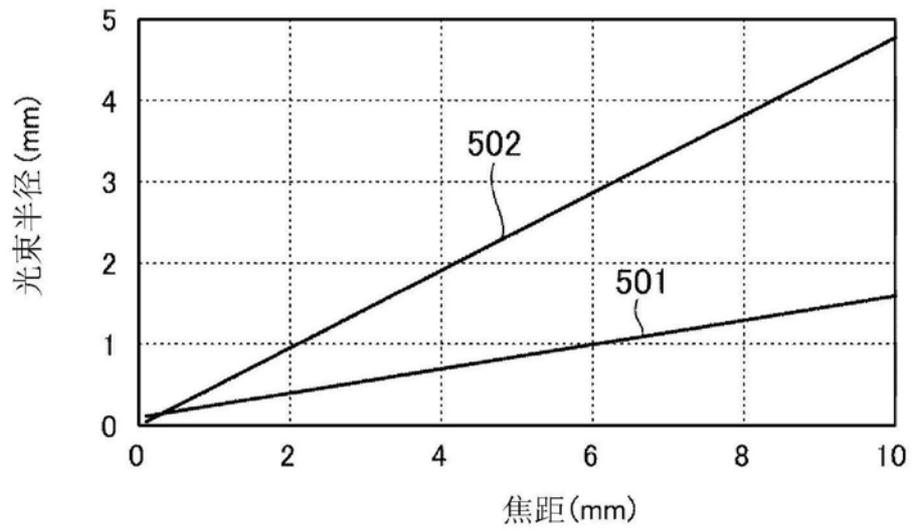


图5

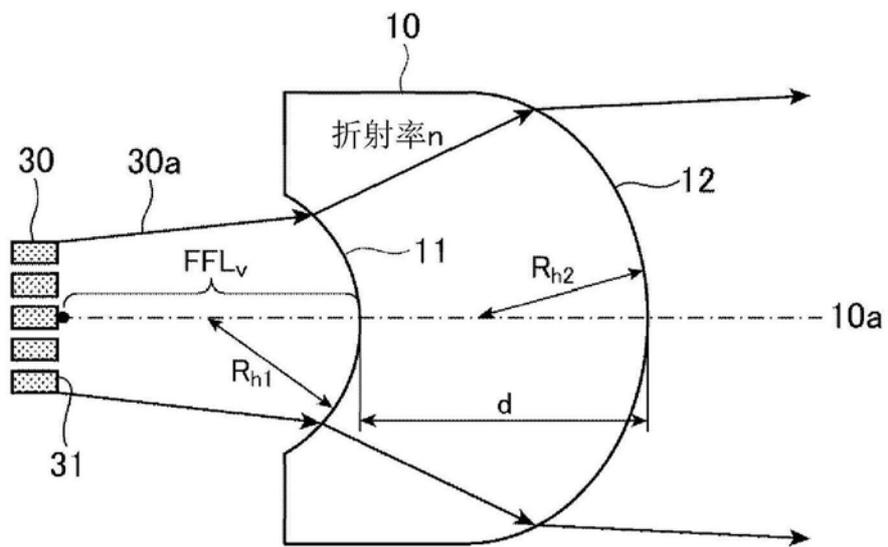


图6A

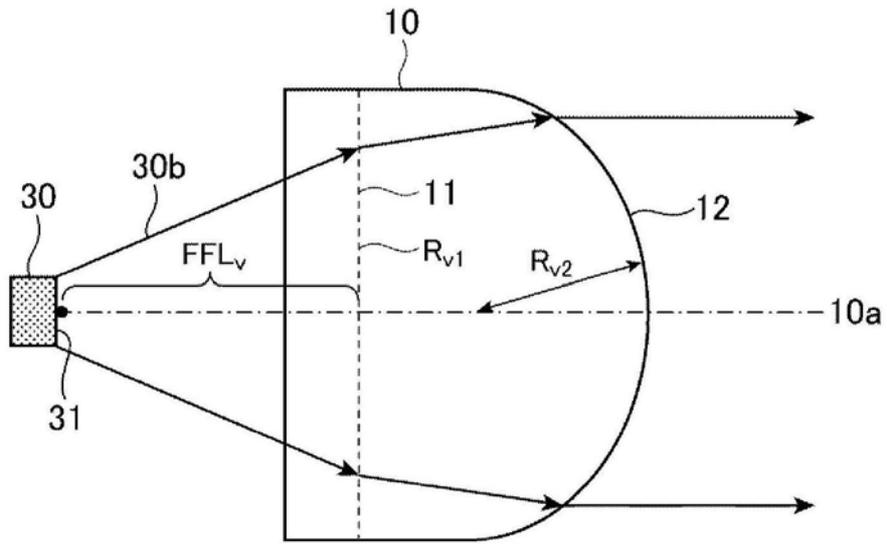


图6B

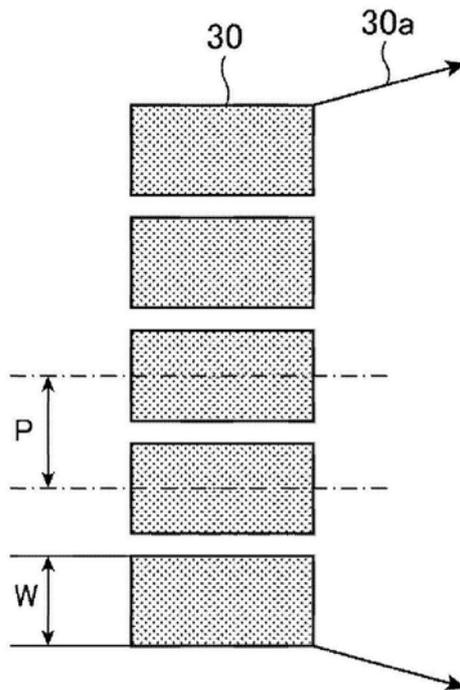


图7A

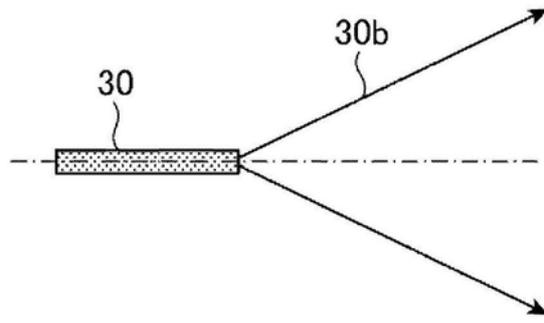


图7B