



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106164714 A

(43)申请公布日 2016. 11. 23

(21)申请号 201580017431.1

(22)申请日 2015.03.24

(30)优先权数据

61/975,941 2014.04.07 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.09.29

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2015/058919 2015.03.24

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/156120 JA 2015.10.15

(71)申请人 纳卢克斯株式会社

地址 日本大阪府

(72)发明人 关大介 坂上典久

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 李辉 金玲

(51)Int.Cl.

G02B 3/00(2006.01)

F21V 5/00(2015.01)

F21V 5/02(2006.01)

F21V 5/04(2006.01)

权利要求书1页 说明书13页 附图13页

(54)发明名称

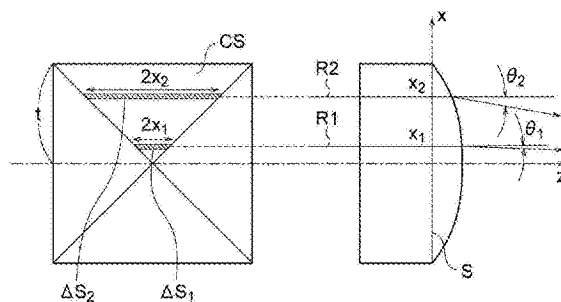
光学元件

(57)摘要

提供一种光学元件,其使形成在面上的光像的照度分布相同到充分程度。一种光学元件,其具备多个微透镜,各个微透镜包括:凸多边形的N个边;从该凸多边形的平面分离的微透镜顶点;及N个曲面,它们分别由连结该微透镜顶点与该凸多边形的N个顶点的线划分,将通过该微透镜顶点且与该平面正交的直线设为z轴,将z轴与该平面之间的交点设为原点,将在该平面内通过原点且与某一边正交的直线设为x轴时,由z=f(x)来表示与该边对应的曲面的z坐标,将从原点到该边为止的距离设为t时,在0≤|x|≤t中,假设以z=F(x)来表示的假想曲面,在将该微透镜的材料折射率设为n,将A设为非负,将C设为正的常数时,在0.25·t<|x|≤t中,满足如下的数学式

$$g(x) = \frac{dF(x)}{dx} = \frac{-x}{|x|} \cdot \frac{Cx^2 + A}{n\sqrt{1 + (Cx^2 + A)^2}} - 1$$

$$g(x) - 0.035 \leq \frac{df(x)}{dx} \leq g(x) + 0.035。$$



CN 106164714 A

1. 一种光学元件,其具备多个微透镜,

各个微透镜包括:凸多边形的N个边;从该凸多边形的平面离开的微透镜顶点;及N个曲面,它们分别由连结该微透镜顶点与该凸多边形的N个顶点的线进行了划分,将通过该微透镜顶点且与该平面正交的直线设为z轴,将z轴与该平面之间的交点设为原点,将在该平面内通过原点且与某个边正交的直线设为x轴,将与该边对应的曲面的z坐标由 $z=f(x)$ 来表示,将从原点到该边为止的距离设为t,在 $0 \leq |x| \leq t$ 中,假设以 $z=F(x)$ 来表示的假想曲面,将该微透镜的材料的折射率设为n,将A设为非负常数,将C设为正常数,设

【数学式1】

$$g(x) = \frac{dF(x)}{dx} = \frac{-x}{|x|} \cdot \frac{Cx^2 + A}{n\sqrt{1 + (Cx^2 + A)^2} - 1} \text{ 时, 在 } 0.25 \cdot t < |x| \leq t \text{ 中, 满足}$$

【数学式2】

$$g(x) - 0.035 \leq \frac{df(x)}{dx} \leq g(x) + 0.035$$

2. 根据权利要求1所述的光学元件,其中,

在包括z轴且与x轴平行的截面中,在将垂直于该平面入射且向z轴方向行进的光线从该假想曲面射出后行进的方向与z轴所构成的锐角设为 θ ,将 $x=0$ 时的 θ 设为 θ_c ,将 $|x|=t$ 时的 θ 设为 θ_e 时,

【数学式3】

$$A = \tan \theta_c$$

【数学式4】

$$C = \frac{\tan \theta_e - \tan \theta_c}{t^2}$$

3. 根据权利要求1或2所述的光学元件,其中,

在 $0 \leq |x| \leq t$ 中,随着 $|x|$ 的增加, $z=F(x)$ 递减。

4. 根据权利要求1至3中的任意一项所述的光学元件,其中,该凸多边形为正多边形。

5. 根据权利要求4所述的光学元件,其中,

该光学元件构成为z轴通过该正多边形的中心。

6. 根据权利要求1至5中的任意一项所述的光学元件,其中,N为3、4或6。

7. 根据权利要求1至6中的任意一项所述的光学元件,其中,该光学元件构成为与相邻的边对应的曲面的形状不同。

8. 根据权利要求1至7中的任意一项所述的光学元件,其中,该光学元件与准直透镜一体地形成。

光学元件

技术领域

[0001] 本发明涉及形成具备相同的照度分布的光像的光学元件。

背景技术

[0002] 为了形成在测定仪器、医疗仪器、产业用机器人用等的对准标志、视觉辨认用的显示中使用的光像，研发了变换来自光源的光的分布的光学元件。在这些光学元件中，具有将分割的柱透镜组合而成的元件（例如，专利文献1）、形成为具备延长的侧面的多棱锥形状的元件（例如，专利文献2）。

[0003] 但是，以往未研发出构成为使形成在面上的光像的照度分布相同到充分程度的光学元件。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献3特开平11-133209号公报

[0007] 专利文献4特表2003-504217号公报

发明内容

[0008] 发明要解决的课题

[0009] 因此，需要一种构成为使形成在面上的光像的照度分布相同到充分程度的光学元件。

[0010] 解决课题的手段

[0011] 根据本发明的一方式的光学元件具备多个微透镜。各个微透镜包括：凸多边形的N个边；从该凸多边形的平面离开的微透镜顶点；及N个曲面，它们分别由连结该微透镜顶点与该凸多边形的N个顶点的线划分，将通过该微透镜顶点且与该平面正交的直线设为z轴，将z轴与该平面之间的交点设为原点，将在该平面内通过原点且与某个边正交的直线设为x轴，将与该边对应的曲面的z坐标由 $z=f(x)$ 来表示，将从原点到该边为止的距离设为t，在 $0 \leq |x| \leq t$ 中，假设以 $z=F(x)$ 来表示的假想曲面，将该微透镜的材料的折射率设为n，将A设为非负的常数，将C设为正的常数，设为如下的数学式1，

[0012] 【数学式1】

$$[0013] \quad g(x) = \frac{dF(x)}{dx} = \frac{-x}{|x|} \cdot \frac{Cx^2 + A}{n\sqrt{1 + (Cx^2 + A)^2} - 1}$$

[0014] 此时，在 $0.25 \cdot t < |x| \leq t$ 中，满足如下的数学式2。

[0015] 【数学式2】

$$[0016] \quad g(x) - 0.035 \leq \frac{df(x)}{dx} \leq g(x) + 0.035$$

[0017] 在该方式的光学元件的微透镜的曲面中，通过垂直地入射到微透镜的多边形的平面的均匀的平行光束，与使形成在垂直于该平行光束的平面上的光像的照度分布相同的假

想曲面 $F(x)$ 的相对于 x 的斜率之间的斜率之差在 $0.25 \cdot t < |x| \leq t$ 中,成为0.035以下。因此,通过垂直地入射到本方式的光学元件的微透镜的多边形的平面的均匀的平行光束而形成的、在垂直于该平行光束的平面上形成的光像的照度分布大致相同。即便入射到微透镜阵列的平行光束的强度存在不均,也因微透镜阵列包括多个微透镜,通过整个微透镜阵列形成的光像的照度分布也大致相同。另外, $0.25 \cdot t < |x| \leq t$ 的曲面的面积小,因此曲面的斜率并不重要。

[0018] 在本发明的第1实施方式的光学元件中,在包括 z 轴且与 x 轴平行的截面中,在将垂直于该平面入射并向 z 轴方向行进的光线从该假想曲面射出之后行进的方向与 z 轴所构成的锐角设为 θ ,将 $x=0$ 中的 θ 设为 θ_c ,将 $|x|=t$ 中的 θ 设为 θ_e 时,满足如下数学式。

[0019] 【数学式3】

$$[0020] \quad A = \tan \theta_c$$

[0021] 【数学式4】

$$[0022] \quad C = \frac{\tan \theta_e - \tan \theta_c}{t^2}$$

[0023] 在本发明的第2实施方式的光学元件中,在 $0 \leq |x| \leq t$ 中,随着 $|x|$ 的增加, $z=F(x)$ 递减。

[0024] 在本发明的第3实施方式的光学元件中,该凸多边形为正多边形。

[0025] 在本发明的第4实施方式的光学元件中,该光学元件构成为 z 轴通过该正多边形的中心。

[0026] 在本发明的第5实施方式的光学元件中, N 为3、4或6。

[0027] 在本发明的第6实施方式的光学元件中,该光学元件构成为与相邻的边对应的曲面的形状不同。

[0028] 例如,在与正方形的相邻的边对应的曲面的形状不同的情况下,在正方形的相邻的两边的各个方向上能够形成长度不同的十字的、照度分布大致相同的光像。

[0029] 本发明的第6实施方式的光学元件与准直透镜一体地形成。

[0030] 根据本实施方式,能够获得廉价且紧凑的光学元件。

附图说明

[0031] 图1是表示作为本发明的一实施方式的光学元件的微透镜阵列的图。

[0032] 图2是表示作为图1的微透镜阵列的构成要件的微透镜的图。

[0033] 图3是表示包括光源、准直透镜、微透镜阵列的光学系统的图。

[0034] 图4是用于说明微透镜的功能的第1图。

[0035] 图5是用于说明微透镜的功能的第2图。

[0036] 图6是表示在光轴方向上自光源的中心点 A_1 离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由实施例1的微透镜阵列实现的光像的照度分布的图。

[0037] 图7是表示在光轴方向上自光源的中心点 A_1 离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由实施例1的微透镜阵列实现的光像的水平方向的照度分布的图。

[0038] 图8是表示实施例1的微透镜的曲面的斜率的图。

[0039] 图9是表示在光轴方向上自光源的中心点 A_1 离开3.0米的位置处垂直于光轴而配

置的平面中的、由比较例的微透镜阵列实现的光像的照度分布的图。

[0040] 图10是表示在光轴方向上自光源的中心点A1离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由比较例的微透镜阵列实现的光像的水平方向的照度分布的图。

[0041] 图11是表示比较例的微透镜的曲面的斜率的图。

[0042] 图12是表示在光轴方向上自光源的中心点A1离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由实施例2的微透镜阵列实现的光像的照度分布的图。

[0043] 图13是表示在光轴方向上自光源的中心点A1离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由实施例2的微透镜阵列实现的光像的水平方向的照度分布的图。

[0044] 图14是表示实施例2的微透镜的曲面的斜率的图。

[0045] 图15是表示实施例3的微透镜阵列的图。

[0046] 图16是表示在光轴方向上自光源的中心点A1离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由实施例3的微透镜阵列实现的光像的照度分布的图。

[0047] 图17是表示在光轴方向上自光源的中心点A1离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由实施例3的微透镜阵列实现的光像的水平方向的照度分布的图。

[0048] 图18是表示实施例3的微透镜的曲面的斜率的图。

[0049] 图19是表示实施例4的光学系统的图。

[0050] 图20是表示实施例4的光学元件的形状的图。

[0051] 图21是表示在光轴方向上自光源的中心点B1离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由实施例4的微透镜阵列实现的光像的照度分布的图。

[0052] 图22是表示在光轴方向上自光源的中心点B1离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由实施例4的微透镜阵列实现的光像的水平方向的照度分布的图。

[0053] 图23是表示在光轴方向上自光源的中心点B1离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由实施例4的微透镜阵列实现的光像的铅直方向的照度分布的图。

[0054] 图24是表示实施例4的微透镜的水平方向的曲面的斜率的图。

[0055] 图25是表示实施例4的微透镜的铅直方向的曲面的斜率的图。

具体实施方式

[0056] 图1是表示作为本发明的一实施方式的光学元件的微透镜阵列的图。微透镜阵列包括配置在平面的相同形状的多个微透镜。

[0057] 图2是表示作为图1的微透镜阵列的构成要件微透镜的图。微透镜包括：正方形的4个边S、微透镜顶点T、及由连结正方形的4个顶点与微透镜顶点T的曲线划分的4个曲面CS。

[0058] 图3是表示包括光源310、准直透镜200、微透镜阵列100的光学系统的图。在图3中用单点划线表示光学系统的光轴。光轴被设定为如下：通过光源310的发光面的中心点A1，并与准直透镜200的主轴一致，与微透镜阵列100的光源侧的面正交。

[0059] 从光源310放出的光成为通过准直透镜200而与光轴平行的光束，并垂直地入射到微透镜阵列100的光源侧的面。入射到微透镜阵列100的平行光束通过微透镜而朝向规定的方向而射出。

[0060] 图4是用于说明微透镜的功能的第1图。微透镜的底面B与正方形的4个边S平行。将

与底面B正交且通过微透镜顶点T的直线设为z轴。将z轴与正方形的面之间的交点设为原点O,将在正方形的面内,通过原点O并与正方形的两边平行且与其他两边正交的直线设为x轴。图4表示包括z轴及x轴的微透镜的截面。在此,包括与正方形的x轴垂直的方向的边的曲面CS的z坐标仅构成x坐标的函数。即,曲面CS由以下的式表示。

$$[0061] \quad z=f(x)$$

[0062] 在图4的截面中,垂直地入射到微透镜的底面B的光线R以入射角 Φ 入射到微透镜的曲面CS,并相对于z轴而朝向角度 θ 的方向射出。即,角度 θ 是从曲面CS射出的光行进的方向与z轴之间的锐角。关于角度 θ 及入射角 Φ ,将以z轴为基准按顺时针测定的角度为正,将按逆时针测定的角度为负。从图4可知,在x为正的区域中,角度 θ 为正,入射角 Φ 为负,在x为负的区域中,角度 θ 为负,入射角 Φ 为正。垂直地入射到底面B的平行光束在通过了包括与x轴垂直的方向的边的曲面CS之后,成为仅向zx方向扩展的光束。因此,通过该光束,在与z轴垂直的平面上形成的光像成为x轴方向的规定的长度的线状。另外,同样地,利用垂直地入射到底面B并通过了包括与x轴平行的方向的边的曲面CS的光束,在与z轴垂直的平面上形成的光像成为与x轴方向垂直的方向的规定的长度的线状。因此,在与z轴垂直的平面上形成的光像成为在x轴方向及与x轴方向垂直的方向上具备规定的长度的线状。

[0063] 图5是用于说明微透镜的功能的第2图。图5的右侧的图表示包括z轴及x轴的微透镜的截面。图5的左侧的图是微透镜的平面图。由R1及R2来表示垂直地入射到微透镜的底面B的2条光线。在微透镜内,光线R1的x坐标是 x_1 ,光线R2的x坐标是 x_2 。在此, $x_1 < x_2$ 。光线R1在通过了曲面CS之后,向与z轴构成角度 θ_1 的方向行进,光线R2在通过了曲面CS之后,向与z轴构成角度 θ_2 的方向行进。

[0064] 如图5所示,可由 $\Delta S=2 \Delta x \cdot x$ 来表示光束通过x坐标附近的微小面积。因此,如果入射的光束的光束密度均匀,则通过靠近微透镜的中心的 $x=x_1$ 附近的 ΔS_1 并向 θ_1 方向折射的光束少于通过 x_2 附近的 ΔS_2 的光束。如果与微透镜的尺寸相比,评价照度分布的到垂直于z轴的平面为止的z轴方向的距离L足够大,则视为以角度 θ_1 折射的光束在该平面上被照射到从光轴起为 $L \tan \theta_1$ 的位置处,因此使放射照度相同的条件入以下的式表示。

[0065] 【数学式5】

$$[0066] \quad \frac{d}{dx}(\tan \theta) = 2C \cdot x \quad \dots (1)$$

[0067] 在此,C是正的常数。

[0068] 在此,在从微透镜充分离开的、与z轴垂直的平面上使放射照度相同的微透镜的假想曲面可由 $z=F(x)$ 来表示。当将 $F(x)$ 的相对于x轴的倾斜角设为 ϕ 时,成立以下的式。

[0069] 【数学式6】

$$[0070] \quad \frac{dF(x)}{dx} = \tan \phi \quad \dots (2)$$

[0071] 当将微透镜的折射率设为n时,通过斯内尔定律而成立以下的式。

[0072] 【数学式7】

$$[0073] \quad \sin(-\phi+\theta) = n \sin(-\phi) \quad \dots (3)$$

[0074] 为了使放射照度相同,只要同时满足式(1)至(3)即可。因为变量多,因此进行整理。首先,通过计算式(1)的定积分,可获得以下的式。

[0075] 【数学式8】

$$[0076] \quad \tan\theta = Cx^2 + A = X \cdots (4)$$

[0077] 在此,A是非负的常数。

[0078] 将从原点到正方形的边为止的距离设为t,并在式(4)中代入x=0及x=t时,可获得以下的式。

[0079] 【数学式9】

$$[0080] \quad \tan\theta_T = A$$

$$[0081] \quad \tan\theta_S = Ct^2 + A$$

[0082] 在此, θ_T 是在微透镜顶点上的在曲面CS射出的光行进的方向与z轴之间的锐角, θ_S 是在正方形的边中在曲面CS射出的光行进的方向与z轴之间的锐角。从上述的式,可导出以下的式。

[0083] 【数学式10】

$$[0084] \quad C = \frac{\tan\theta_S - \tan\theta_T}{t^2}$$

[0085] 将式(4)变形而可导出以下的式。

[0086] 在 $X \geq 0$ 时,导出:

[0087] 【数学式11】

$$[0088] \quad \sin\theta = \sqrt{\frac{X^2}{1+X^2}} \quad \cdots (5a)$$

[0089] 在 $X < 0$ 时,导出:

[0090] 【数学式12】

$$[0091] \quad \sin\theta = -\sqrt{\frac{X^2}{1+X^2}} \quad \cdots (5b)$$

[0092] 【数学式13】

$$[0093] \quad \cos\theta = \sqrt{\frac{1}{1+X^2}} \quad \cdots (6)$$

[0094] 另外,将式(3)变形而可获得以下的式。

[0095] 【数学式14】

$$[0096] \quad \sin\theta \cos\phi - \cos\theta \sin\phi = -n \sin\phi$$

[0097] 进而,可获得以下的式。

[0098] 【数学式15】

$$[0099] \quad \tan\phi = \frac{-\sin\theta}{n - \cos\theta} \quad \cdots (7)$$

[0100] 通过整理式(2)、(5a)、(6)、(7)式而可获得以下的式。

[0101] 在 $x \geq 0$ 时,获得:

[0102] 【数学式16】

$$[0103] \quad \frac{dF(x)}{dx} = \frac{X}{n\sqrt{1+X^2} - 1} = -\frac{Cx^2 + A}{n\sqrt{1+(Cx^2 + A)^2} - 1} \quad \cdots (8a)$$

[0104] 另外,通过整理式(2)、(5b)、(6)、(7)式而可获得以下的式。

[0105] 在 $x < 0$ 时,获得:

[0106] **【数学式17】**

$$[0107] \quad \frac{dF(x)}{dx} = \frac{X}{n\sqrt{1+X^2}-1} = \frac{Cx^2+A}{n\sqrt{1+(Cx^2+A)^2}-1} \quad \dots (8b)$$

[0108] 因此,具备满足式(8a)及(8b)的截面形状的微透镜在充分地分离的与z轴垂直的平面上使放射照度相同。

[0109] 即便在未保证入射光束的密度的均匀性的情况下,只要微透镜阵列的数量足够,则由通过多个微透镜实现的分布的重叠而构成的整个放射照度分布变得相同。

[0110] 关于式(8a)及(8b),可由以下的式来表示。

[0111] **【数学式18】**

$$[0112] \quad g(x) = \frac{dF(x)}{dx} = \frac{-x}{|x|} \cdot \frac{Cx^2+A}{n\sqrt{1+(Cx^2+A)^2}-1} \quad \dots (9)$$

[0113] 一般地,关于微透镜的曲面 $f(x)$ 在各种应用中实现相同到充分程度的放射照度分布的条件,可由以下的式来表示。

[0114] **【数学式19】**

$$[0115] \quad g(x) - 0.035 \leq \frac{df(x)}{dx} \leq g(x) + 0.035 \quad \dots (10)$$

[0116] 另外,对放射照度分布的有利作用与光学面的面积大致成正比,因此即便在光轴的附近的一部分的区域未能满足式(10),但对整体的放射照度分布的影响小,不会损坏其功能。例如,自光轴离开距离 t 的25%的区域的面积为6%左右,即便在该范围内未满足式(10),但只要其他的范围满足式(10),则能够获得接近相同的辐射状的放射照度分布。

[0117] 下面,对实施例及比较例进行说明。

[0118] 实施例1-2及比较例的光学系统

[0119] 实施例1-2及比较例的光学系统由图3所示的光学系统构成。实施例1-2及比较例的光源310及准直透镜200的规格相同,准直透镜200的规格如下。

[0120] 位置(以光源的中心点为基准): $z = 30[\text{mm}]$

[0121] 材料: BK7(折射率: $n = 1.519$)

[0122] 厚度: $4.0[\text{mm}]$

[0123] 入射面中心曲率半径: $130.7[\text{mm}]$

[0124] 射出面中心曲率半径: $-19.38[\text{mm}]$

[0125] 在此,准直透镜200的位置是指,准直透镜200的入射面与光轴之间的交点,即图3的A2的位置。 $z = 30[\text{mm}]$ 表示,从光源的中心点A1到A2为止的距离为30毫米。准直透镜200的厚度是指,沿着光轴的中心厚度。

[0126] 关于实施例1-2及比较例的微透镜的规格,除了曲面CS的形状之外均相同,具体如下。因此,实施例2及比较例的微透镜阵列与图1所示的实施例1的微透镜阵列相同。

[0127] 位置(以光源的中心点为基准): $z = 40[\text{mm}]$

[0128] 材料: 聚碳酸酯(折射率: $n = 1.590$)

[0129] 厚度:1.0[mm]

[0130] 多边形:正方形

[0131] 正方形的尺寸:一边为2.0毫米的正方形

[0132] 在此,微透镜阵列100的位置是指,微透镜阵列100的不具有透镜的面,即底面与光轴之间的交点,即图3的A3的位置。 $z=40$ [mm]表示,从光源的中心点A1到A3为止的距离为40毫米。微透镜阵列100的厚度是指,从微透镜的底面到微透镜的顶点为止的距离,即从图4的B到T为止的距离。

[0133] 实施例1的微透镜

[0134] 关于实施例1的微透镜的曲面,可由以下的式来表示。

[0135] **【数学式20】**

$$[0136] \quad z = f(x) = \sum_{n=1}^{10} \left(\frac{x}{|x|} \right)^n a_n x^n \quad \dots \quad (11)$$

[0137] 表1是示出表示实施例1的微透镜的曲面的式(11)的系数的表。

[0138] [表1]

[0139]

a1	a2	a3	a4	a5
-0.050	-0.003	-0.406	0.044	-0.185
a6	a7	a8	a9	a10
0.396	-0.159	0.000	0.000	0.000

[0140] 图6是表示在光轴方向上自光源的中心点A1离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由实施例1的微透镜阵列实现的光像的照度分布的图。在表示实施例1的图3中,光轴配置在水平方向上。微透镜的正方形的两边配置在水平方向上,另外两边配置在铅直方向上。因此,如图6所示,出现在水平方向及铅直方向上具备规定的长度的直线状的放射照度分布的光像。

[0141] 图7是表示在光轴方向上自光源的中心点A1离开3.0米的位置处垂直于光轴配置的平面中的、由实施例1的微透镜阵列实现的光像的水平方向的照度分布的图。图7的横轴表示平面上的水平方向的位置。光轴与平面相交的位置是横轴的坐标的0.0的位置。图7的纵轴表示相对照度。相对照度的1是照度的最大值。

[0142] 图8是表示实施例1的微透镜的曲面的斜率的图。图8的横轴表示微透镜的x轴的坐标,图8的纵轴表示实施例1的微透镜的曲面的斜率

[0143] **【数学式21】**

$$[0144] \quad \frac{df(x)}{dx}$$

[0145] 及使照度分布均匀的假想曲面的斜率。

[0146] **【数学式22】**

$$[0147] \quad g(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

[0148] 实施例1的微透镜的曲面的斜率在x的全部范围内满足式(10)。

[0149] 比较例的微透镜

[0150] 比较例的微透镜的曲面是中心曲率半径为1.66毫米的圆弧形。

[0151] 图9是表示在光轴方向上自光源的中心点A1离开3.0米的位置处垂直于光轴配置的平面中的、由比较例的微透镜阵列表示的光像的照度分布的图。在表示比较例的图3中，光轴配置在水平方向上。微透镜的正方形的两边配置在水平方向上，另外的两边配置在铅直方向上。因此，如图9所示，出现在水平方向及铅直方向上具备规定的长度的直线状的放射照度分布的光像。

[0152] 图10是表示在光轴方向上自光源的中心点A1离开3.0米的位置处垂直于光轴配置的平面中的、由比较例的微透镜阵列实现的光像的水平方向的照度分布的图。图10的横轴表示平面上的水平方向的位置。光轴与平面相交的位置表示横轴的坐标的0.0的位置。图10的纵轴表示相对照度。相对照度的1是照度的最大值。

[0153] 图11是表示比较例的微透镜的曲面的斜率的图。图11的横轴表示微透镜的x轴的坐标，图11的纵轴表示比较例的微透镜的曲面的斜率

[0154] **【数学式23】**

$$[0155] \quad \frac{df(x)}{dx}$$

[0156] 及使照度分布均匀的假想曲面的斜率。

[0157] **【数学式24】**

$$[0158] \quad g(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

[0159] 比较例的微透镜的曲面的斜率在x的全部范围的70%以上的范围内不满足式(10)。

[0160] 实施例2的微透镜

[0161] 关于实施例2的微透镜的曲面，可由以下的式来表示。

[0162] **【数学式25】**

$$[0163] \quad z = f(x) = \sum_{n=1}^{10} \left(\frac{x}{|x|} \right)^n a_n x^n \quad \dots \quad (11)$$

[0164] 表2是示出表示实施例2的微透镜的曲面的式(11)的系数的表。

[0165] [表2]

[0166]

a1	a2	a3	a4	a5
0.000	-0.600	1.912	-4.604	5.088
a6	a7	a8	a9	a10
-2.754	0.604	0.000	0.000	0.000

[0167] 图12是表示在光轴方向上自光源的中心点A1离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由实施例2的微透镜阵列实现的光像的照度分布的图。在表示实施例2的图3中，光轴配置在水平方向上。微透镜的正方形的两边配置在水平方向上，另外的两边配置在铅直方向上。因此，如图12所示，出现在水平方向及铅直方向上具备规定的长度的直线状的

放射照度分布的光像。

[0168] 图13是表示在光轴方向上自光源的中心点A1离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由实施例2的微透镜阵列实现的光像的水平方向的照度分布的图。图13的横轴是表示平面上的水平方向的位置。光轴与平面相交的位置是横轴的坐标的0.0的位置。图13的纵轴表示相对照度。相对照度的1是照度的最大值。

[0169] 图14是表示实施例2的微透镜的曲面的斜率的图。图14的横轴表示微透镜的x轴的坐标,图14的纵轴表示实施例2的微透镜的曲面的斜率

[0170] 【数学式26】

$$[0171] \quad \frac{df(x)}{dx}$$

[0172] 及使照度分布相同的假想曲面的斜率。

[0173] 【数学式27】

$$[0174] \quad g(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

[0175] 实施例2的微透镜的曲面的斜率在除了 $x < 0.1$ 之外的范围内满足式(10)。

[0176] 实施例3的光学系统和微透镜

[0177] 实施例3的光学系统是图3所示的光学系统。实施例3的准直透镜200的规格如下。

[0178] 位置(以光源的中心点为基准): $z = 30$ [mm]

[0179] 材料: BK7(折射率: $n = 1.519$)

[0180] 厚度: 4.0[mm]

[0181] 入射面中心曲率半径: 130.7[mm]

[0182] 射出面中心曲率半径: -19.38[mm]

[0183] 在此,准直透镜200的位置是指,入射面与光轴之间的交点,即图3的A2的位置。 $z = 30$ [mm]表示,从光源的中心点A1到A2为止的距离是30毫米。准直透镜200的厚度是指,沿着光轴的中心厚度。

[0184] 图15是表示实施例3的微透镜阵列的图。

[0185] 实施例3的微透镜的规格如下。

[0186] 位置(以光源的中心点为基准): $z = 40$ [mm]

[0187] 材料: 聚碳酸酯(折射率: $n = 1.590$)

[0188] 厚度: 1.0[mm]

[0189] 多边形: 正六边形

[0190] 正六边形的尺寸: 相向的边的间隔(水平方向的长度)为2.0毫米,相向的顶点的间隔(铅直方向的长度)为2.309毫米的正六边形)

[0191] 在此,微透镜阵列100的位置是指,微透镜阵列100的不具备透镜的面,即底面与光轴之间的交点,即图3的A3的位置。 $z = 40$ [mm]是指,从光源的中心点A1到A3为止的距离为40毫米。微透镜阵列100的厚度是指,从微透镜的底面到微透镜的顶点为止的距离,即图4的从B到T为止的距离。

[0192] 关于实施例3的微透镜的曲面,可由以下式来表示。

[0193] 【数学式28】

$$[0194] \quad z = f(x) = \sum_{n=1}^{10} \left(\frac{x}{|x|} \right)^n a_n x^n \quad \dots \quad (11)$$

[0195] 表3是示出表示实施例3的微透镜的曲面的式(11)的系数的表。

[0196] [表3]

[0197]

a1	a2	a3	a4	a5
-0.100	-0.002	-0.210	0.014	-0.035
a6	a7	a8	a9	a10
0.066	0.000	0.000	0.000	0.000

[0198] 图16是表示在光轴方向上自光源的中心点A1离开3.0米的位置处垂直于光轴配置的平面中的、由实施例3的微透镜阵列实现的光像的照度分布的图。在表示实施例3的图3中,光轴配置在水平方向上。微透镜的正六边形的两边配置在铅直方向上。因此,如图16所示,出现具备6条直线状的放射照度分布的光像。

[0199] 图17是表示在光轴方向上自光源的中心点A1离开3.0米的位置处垂直于光轴配置的平面中的、由实施例3的微透镜阵列实现的光像的水平方向的照度分布的图。图17的横轴表示平面上的水平方向的位置。光轴与平面相交的位置是横轴的坐标的0.0的位置。图17的纵轴表示相对照度。相对照度的1是照度的最大值。

[0200] 图18是表示实施例3的微透镜的曲面的斜率的图。图18的横轴表示微透镜的x轴的坐标,图18的纵轴表示实施例3的微透镜的曲面的斜率

[0201] 【数学式29】

$$[0202] \quad \frac{df(x)}{dx}$$

[0203] 及使照度分布相同的假想曲面的斜率。

[0204] 【数学式30】

$$[0205] \quad g(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

[0206] 实施例3的微透镜的曲面的斜率在x的全部范围内满足式(10)。但是,在 $0.5 < x < 0.8$ 的范围内,几乎等同于式(10)的上限。

[0207] 实施例4的光学系统和光学元件

[0208] 图19是表示实施例4的光学系统的图。实施例4的光学系统包括:光源320、准直透镜1200、微透镜阵列1100。准直透镜1200与微透镜阵列1100一体地形成。准直透镜1200包括透射面1201和反射面1203。从光源320放出而透射了透射面1201的光及通过反射面1203反射的光成为平行光束而入射到微透镜阵列1100。以使准直透镜1200的主轴与光轴一致,使光源320的中心通过光轴的方式配置。在图19中,光轴配置在水平方向上。

[0209] 图20是表示实施例4的光学元件的形状的图。实施例4的光学元件在准直透镜1200的射出侧具备微透镜阵列1100。光学元件以使微透镜的正方形的相邻的两边分别构成水平方向及铅直方向的方式被进行配置。光学元件的材料为聚碳酸酯(折射率: $n=1.590$)。

[0210] 准直透镜1200的透射面1201是向光源侧凸出的非球面形状。将自光轴的距离设为

r,以如下的式来对面形状进行定义。

[0211] 【数学式31】

$$[0212] \quad z(r) = \frac{\frac{1}{R} \cdot r^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k) \frac{1}{R^2} \cdot r^2}}$$

[0213] 在此,z表示从位于光轴上的透射面1201的顶点到面上的点为止的z轴方向的距离,r表示从光轴到面上的点为止的距离。用于定义准直透镜的透射面1201的参数如下。

[0214] 位置(以光源的中心点为基准): $z=2.25[\text{mm}]$

[0215] 中心曲率半径: $R=1.327[\text{mm}]$

[0216] 圆锥曲线: $k=-2.527$

[0217] 在此,准直透镜的透射面1201的位置是指,透射面1201与光轴之间的交点,即图19的B2的位置。B2的位置是上述透射面1201的顶点的位置。 $z=2.25[\text{mm}]$ 表示,从光源的中心点B1到B2为止的距离为2.25毫米。

[0218] 准直透镜反射面1203是向光源侧凸出的偶数次非球面形状。将自光轴的距离设为r,由以下的式来对面形状进行定义。

[0219] 【数学式32】

$$[0220] \quad z(r) = a_2 r^2 + a_4 r^4 + a_6 r^6$$

[0221] 在此,z表示在后面说明的从位于光轴上的点 $z(0)$ 到面上的点为止的z轴方向的距离,r表示从光轴到面上的点为止的距离。用于定义准直透镜的反射面1203的参数如下。

[0222] 位置(以光源的中心点为基准): $z=-0.455[\text{mm}]$

[0223] 非球面系数 $a_2:3.44\text{E}-1$

[0224] 非球面系数 $a_4:-5.56\text{E}-3$

[0225] 非球面系数 $a_6:7.68\text{E}-5$

[0226] 在此,准直透镜的反射面1203的位置是指,相当于表示反射面1203的上述式的 $z(0)$ 的值的轴上的位置。 $z=-0.455[\text{mm}]$ 是指,相当于 $z(0)$ 的值的轴上的位置是从光源的中心点B1在微透镜阵列1100的相反侧离开0.455毫米的位置。

[0227] 用于定义微透镜阵列的参数如下。

[0228] 位置(以光源的中心点为基准): $z=6.0[\text{mm}]$

[0229] 部分尺寸: $2.0(\text{水平方向}) \times 1.5(\text{铅直方向})[\text{mm}^2]$

[0230] 在此,微透镜阵列1100的位置是指,微透镜阵列1100的不具备透镜的面,即底面与光轴的交点,即图19的B3的位置。 $z=6.0[\text{mm}]$ 是指,从光源的中心点B1到B3为止的距离为6.0毫米。微透镜阵列1100的厚度为2.0毫米。

[0231] 关于实施例4的微透镜的曲面,可由以下的式来表示。

[0232] 【数学式33】

$$[0233] \quad z = f(x) = \sum_{n=1}^{10} \left(\frac{x}{|x|} \right)^n a_n x^n \quad \dots \quad (11)$$

[0234] 表4是示出表示实施例4的微透镜的在水平方向上配置的曲面(包括正方形的水平方向的边的曲面)的式(11)的系数的表。

[0235] [表4]

[0236]

a1	a2	a3	a4	a5
-0.100	0.002	-0.210	0.014	-0.035
a6	a7	a8	a9	a10
0.066	-0.020	0.000	0.000	0.000

[0237] 表5是示出表示实施例4的微透镜的在铅直方向上配置的曲面(包括正方形的铅直方向的边的曲面)的式(11)的系数的表。

[0238] [表5]

[0239]

a1	a2	a3	a4	a5
-0.100	-0.001	-0.266	0.009	-0.023
a6	a7	a8	a9	a10
0.077	-0.020	0.000	0.000	0.000

[0240] 图21是表示在光轴方向上自光源的中心点B1离开3.0米的位置处垂直于光轴配置的平面中的、由实施例4的微透镜阵列实现的光像的照度分布的图。微透镜的正方形的两边配置在水平方向上,另外的两边配置在铅直方向上。因此,如图21所示,出现在水平方向及铅直方向上具备规定的长度的直线状的放射照度分布的光像。

[0241] 图22是表示在光轴方向上自光源的中心点B1离开3.0米的位置处垂直于光轴配置的平面中的、由实施例4的微透镜阵列实现的光像的水平方向的照度分布的图。图22的横轴表示平面上的水平方向的位置。光轴与平面相交的位置是横轴的坐标的0.0的位置。图22的纵轴表示相对照度。相对照度的1是照度的最大值。

[0242] 图23是表示在光轴方向上自光源的中心点B1离开3.0米的位置处垂直于光轴而配置的平面中的、由实施例4的微透镜阵列实现的光像的铅直方向的照度分布的图。图23的横轴表示平面上的铅直方向的位置。光轴与平面相交的位置是横轴的坐标的0.0的位置。图23的纵轴表示相对照度。相对照度的1是照度的最大值。

[0243] 图24是表示实施例4的微透镜的水平方向的曲面的斜率的图。图24的横轴表示微透镜的x轴的坐标,图24的纵轴表示实施例4的微透镜的水平方向的曲面的斜率

[0244] 【数学式34】

$$[0245] \frac{dfH(x)}{dx}$$

[0246] 即使照度分布相同的假想曲面的斜率。

[0247] 【数学式35】

$$[0248] g(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

[0249] 实施例4的微透镜的水平方向的曲面的斜率在x的全部范围内满足式(10)。

[0250] 图25是表示实施例4的微透镜的铅直方向的曲面的斜率的图。图25的横轴表示微透镜的x轴的坐标,图25的纵轴表示实施例4的微透镜的水平方向的曲面的斜率

[0251] 【数学式36】

[0252]
$$\frac{dfH(x)}{dx}$$

[0253] 及使照度分布相同的假想曲面的斜率

[0254] 【数学式37】

[0255]
$$g(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

[0256] 实施例4的微透镜的铅直方向的曲面的斜率在x的全部范围内满足式(10)。

[0257] 实施例的照度分布与比较例的照度分布的比较

[0258] 根据图7,关于实施例1的照度分布,在 $0.2 \leq |x| \leq 2.2$ 的范围内,相对照度为0.95以上。对此,根据图10,关于比较例的照度分布,在 $0.3 \leq |x| \leq 1.2$ 以外的范围内,相对照度低于0.8。这样,实施例1的照度分布相比于比较例的照度分布更为相同。

[0259] 根据图13,在实施例2的照度分布中,在 $0.3 \leq |x| \leq 2.0$ 的范围内,相对照度为0.9以上。对此,根据图10,关于比较例的照度分布,在 $0.3 \leq |x| \leq 1.2$ 以外的范围内,相对照度低于0.8。这样,实施例2的照度分布相比于比较例的照度分布更为相同。如上述,实施例2的微透镜的曲面的斜率在 $x < 0.1$ 的范围内不满足式(10),但能够实现具有相同的照度分布的光像。

[0260] 根据图17,在实施例3的照度分布中,在 $0.2 \leq |x| \leq 1.3$ 的范围内,相对照度为0.8以上,在 $0.2 \leq |x| \leq 2.0$ 的范围内,相对照度为0.6以上。对此,根据图10,关于比较例的照度分布,在 $0.2 \leq |x| \leq 1.6$ 以外的范围内,相对照度低于0.6。这样,实施例3的照度分布相比于比较例的照度分布更为相同。根据图18,实施例3的微透镜的曲面的斜率在x的全部范围内满足式(10),但在 $0.5 < x < 0.8$ 的范围内,大致等于式(10)的上限。当微透镜的曲面的斜率与假想曲面的斜率 $g(x)$ 之差大于本例时,损坏照度分布的相同性的优良性。

[0261] 根据图22,在实施例4的水平方向的照度分布中,在 $0.3 \leq |x| \leq 1.1$ 的范围内,相对照度为0.8以上。根据图23,在实施例4的铅直方向的照度分布中,在 $0.3 \leq |x| \leq 0.8$ 的范围内,相对照度为0.8以上。虽然无法简单地与具备不同的光学系统的比较例进行比较,但通过实施例4的光学元件而能够实现具备较相同的照度分布的光像。

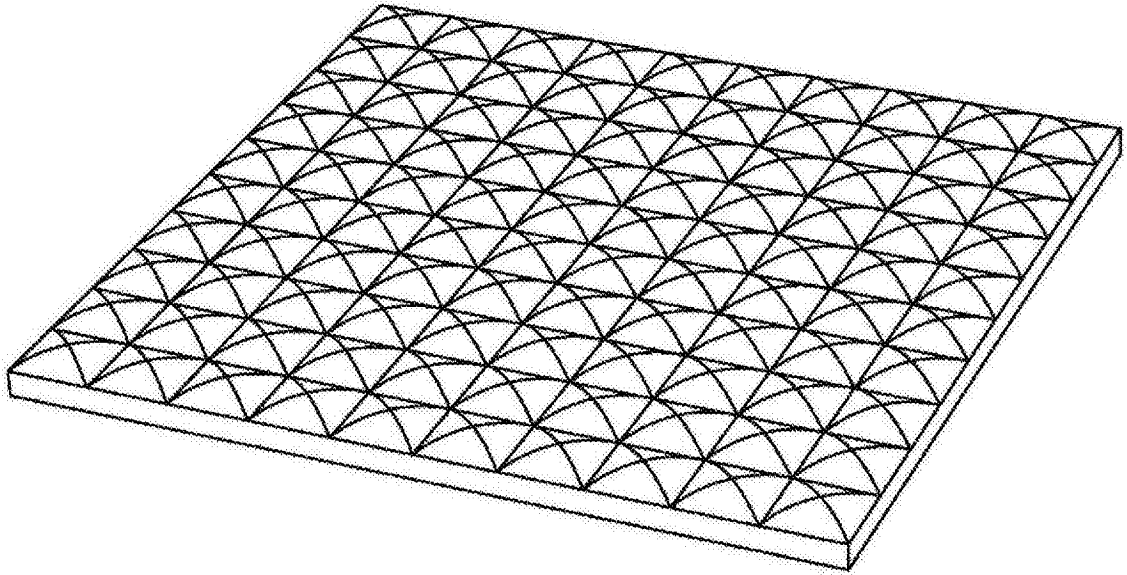


图1

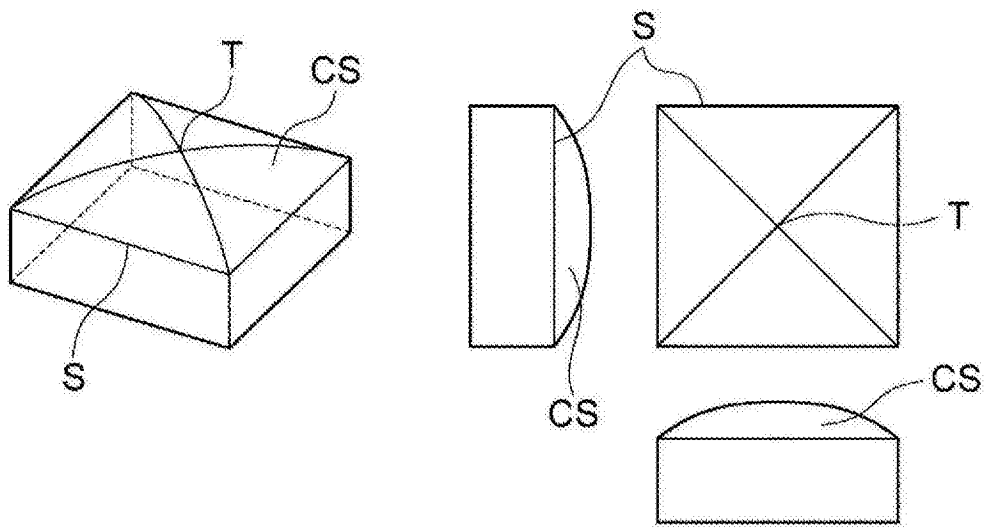


图2

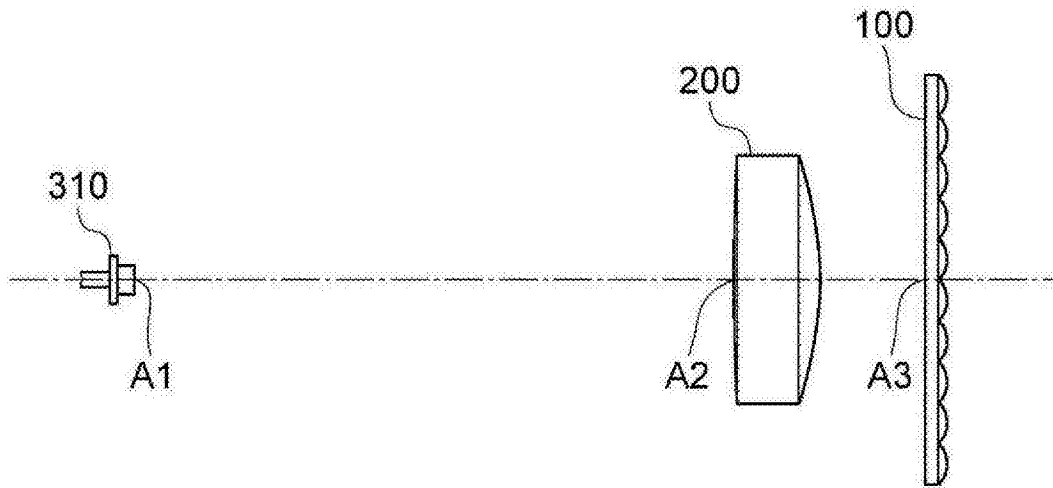


图3

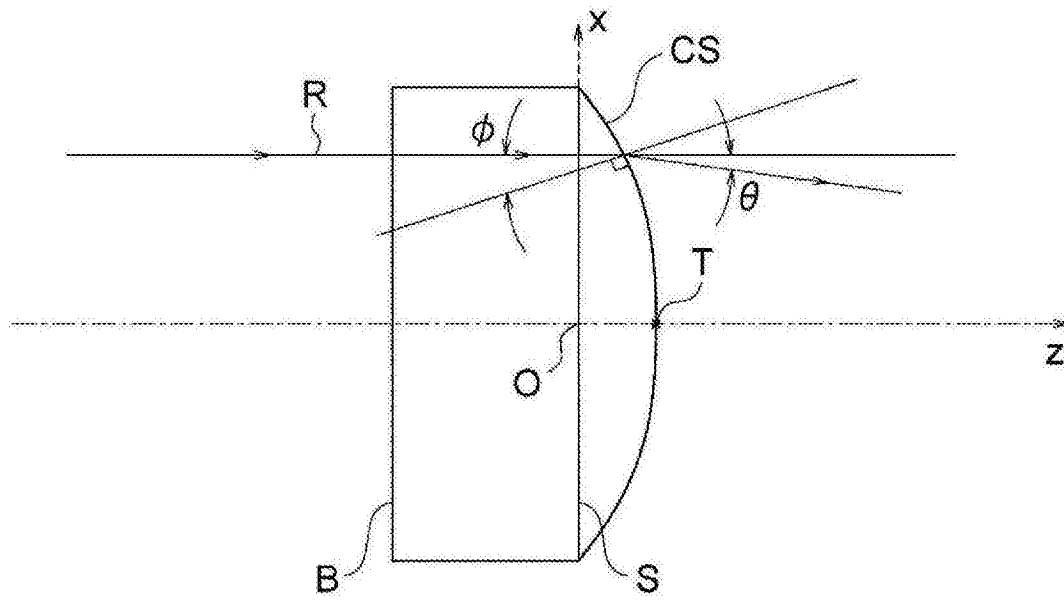


图4

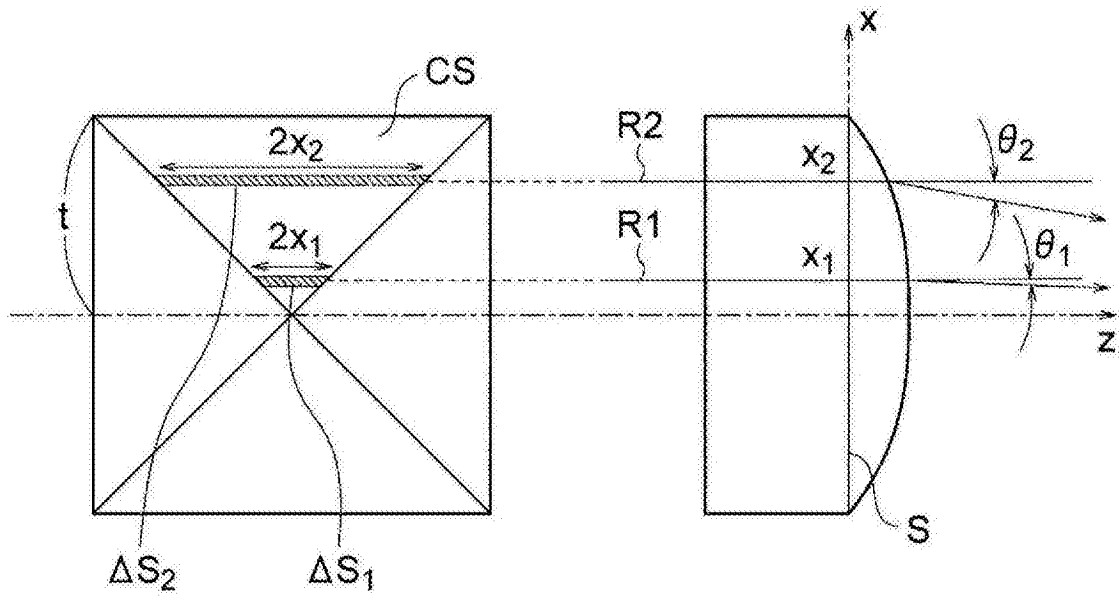


图5

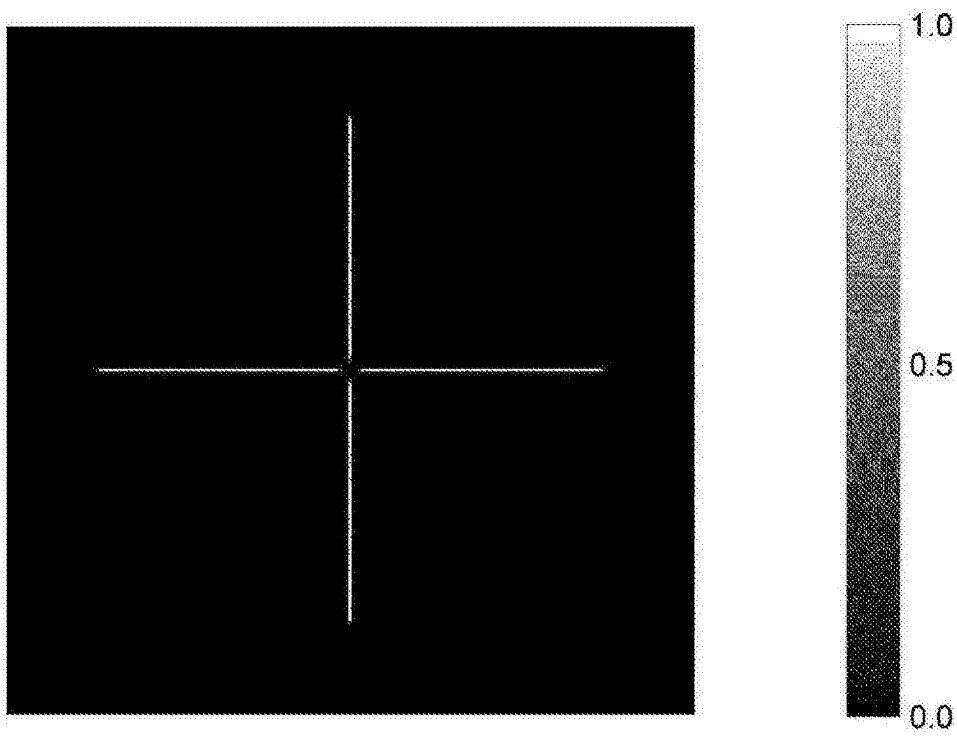


图6

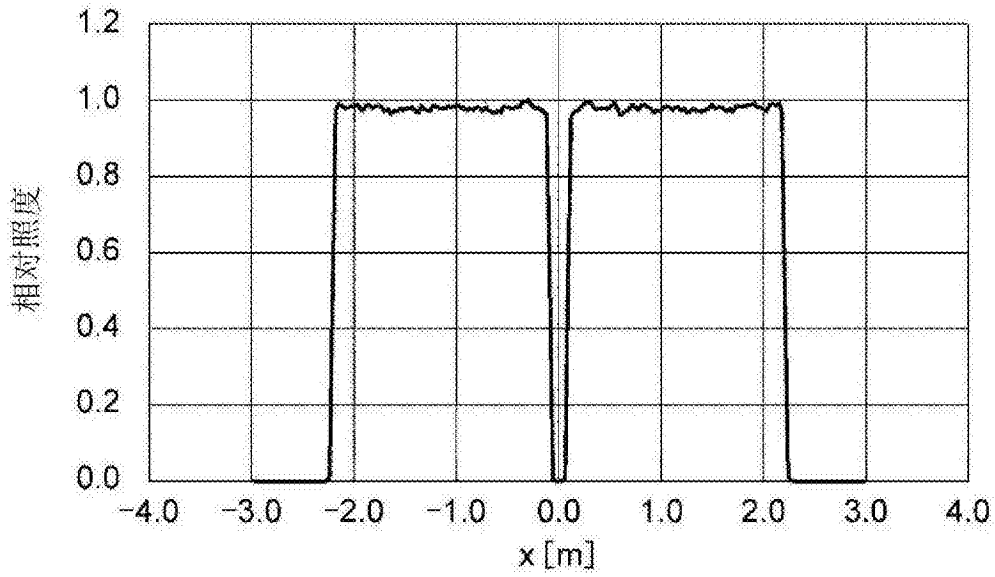


图7

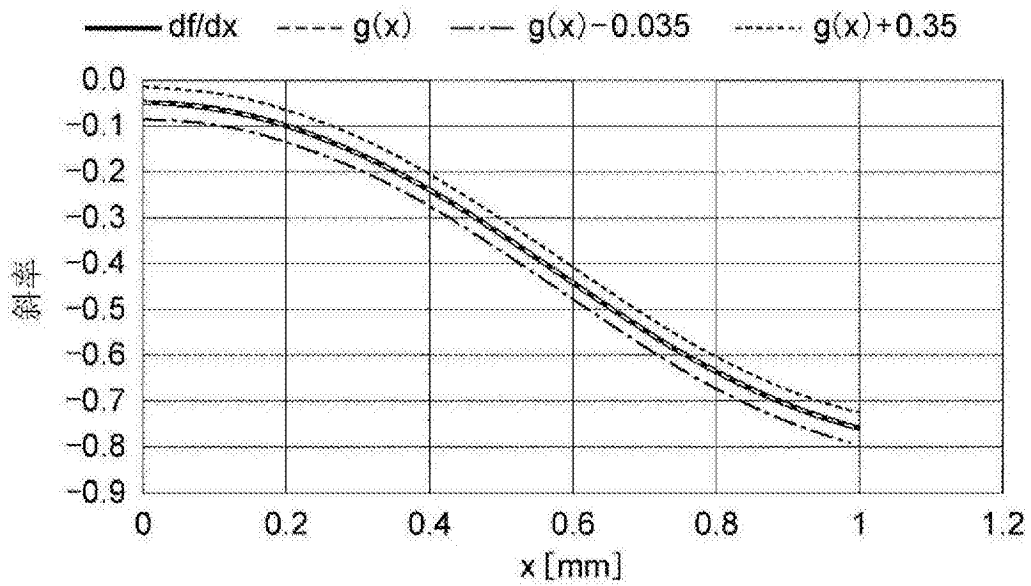


图8

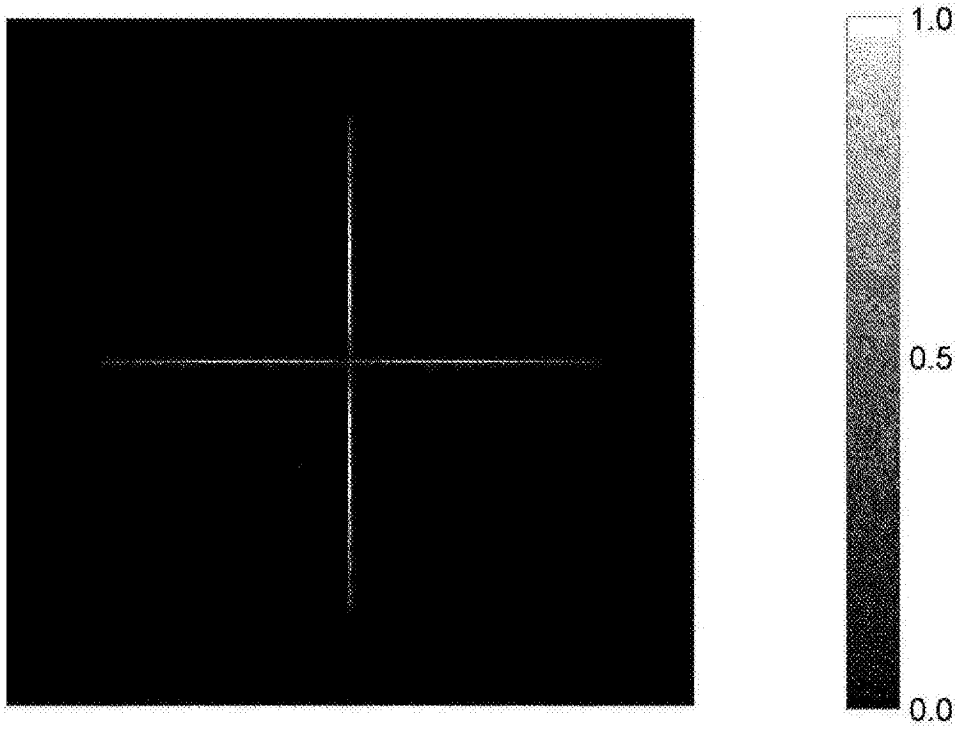


图9

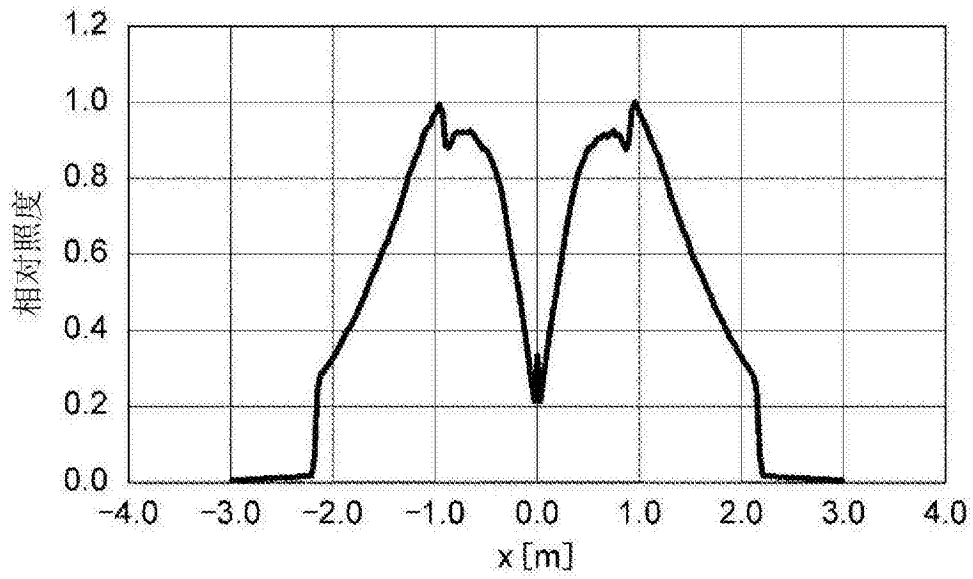


图10

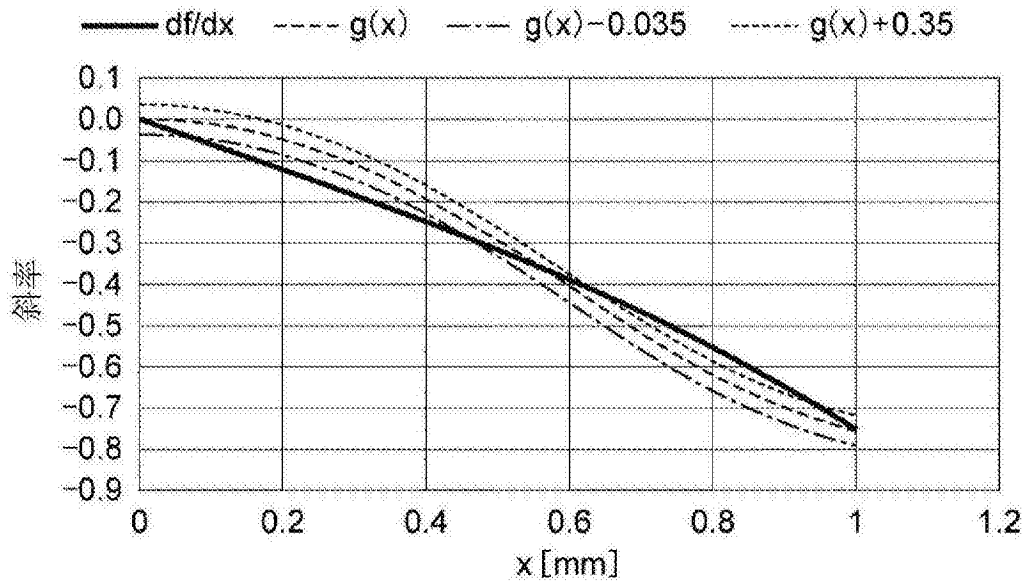


图11

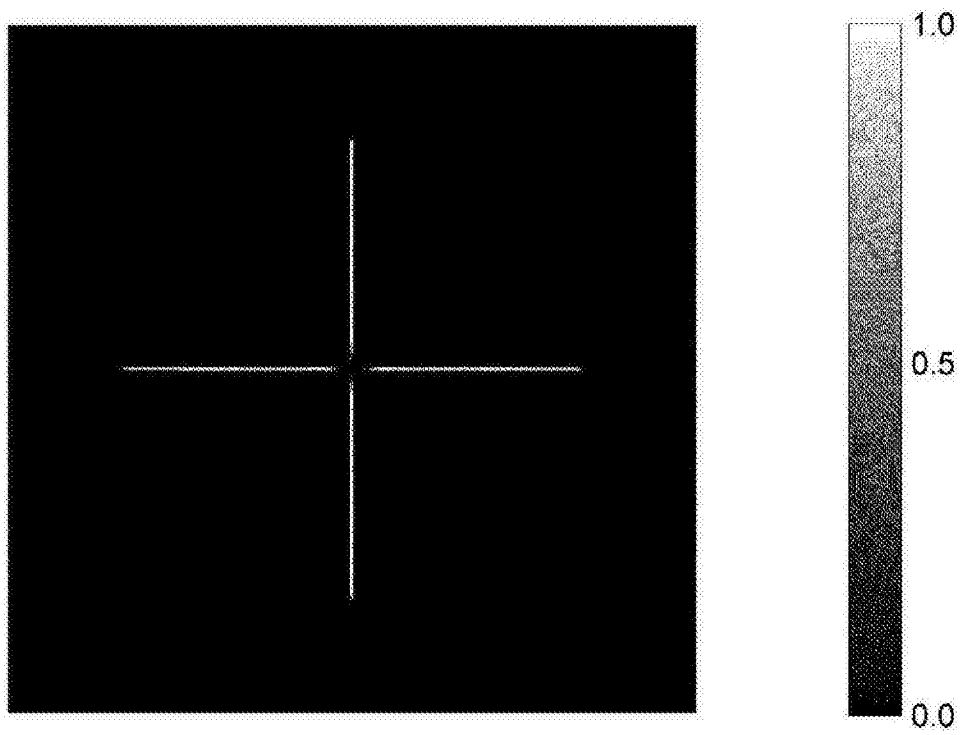


图12

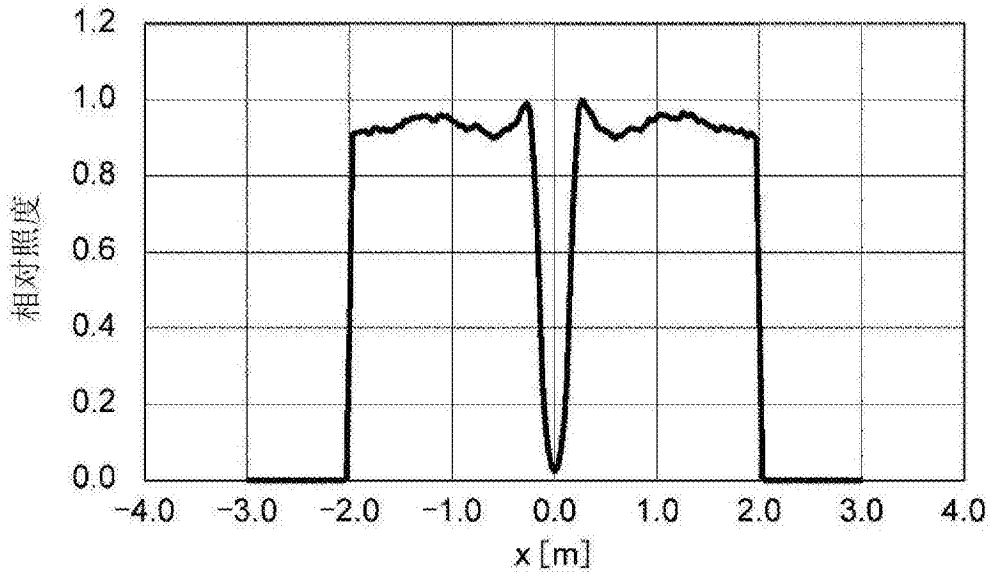


图13

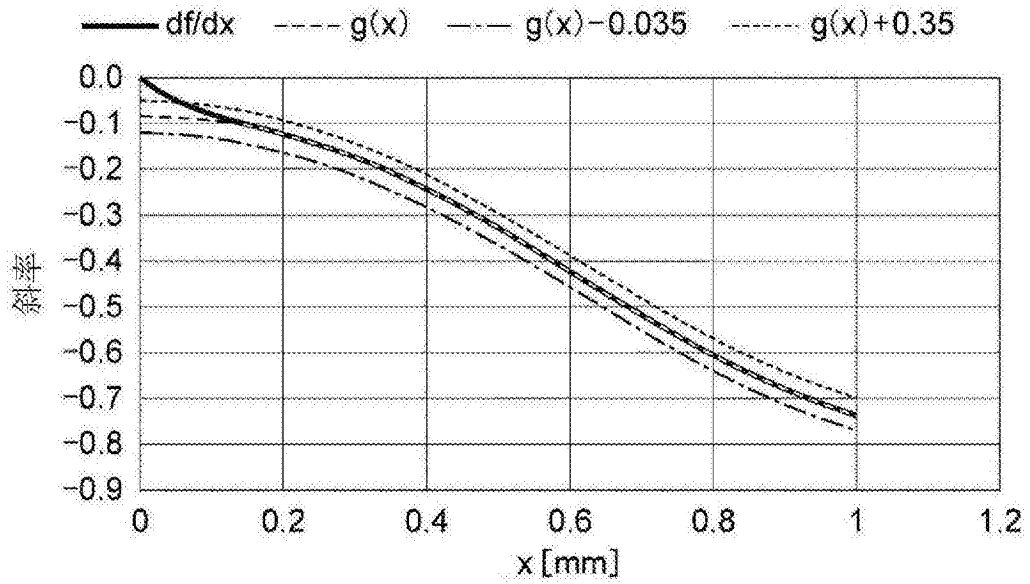


图14

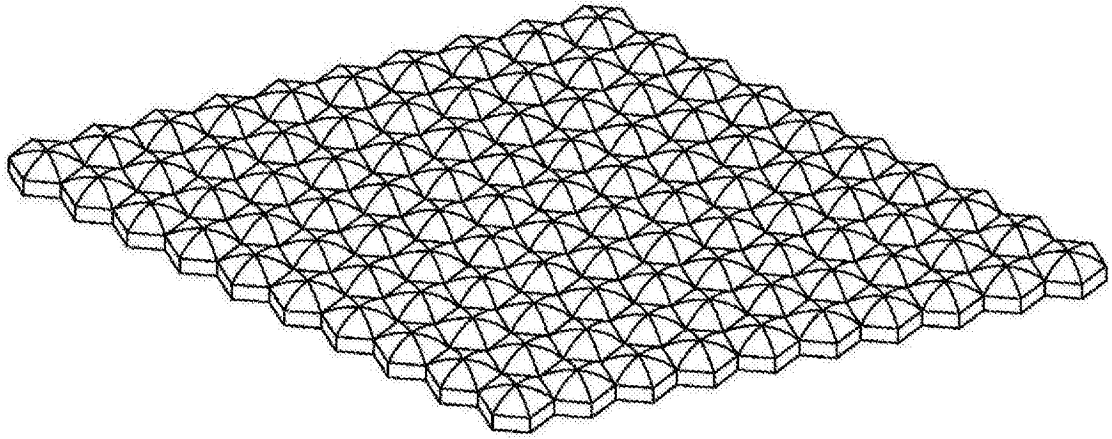


图15

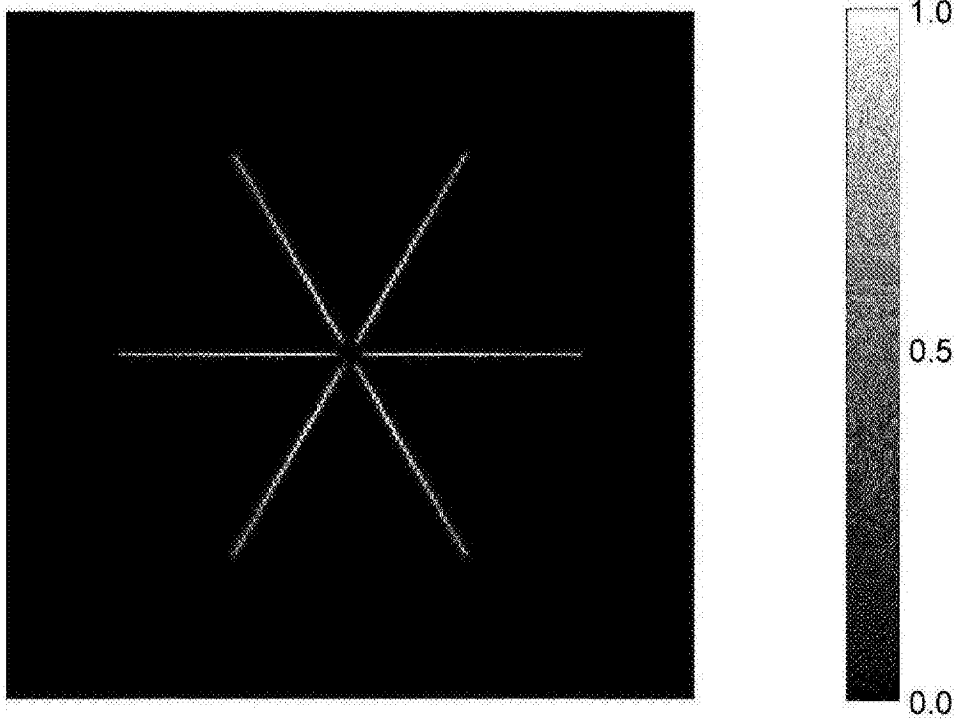


图16

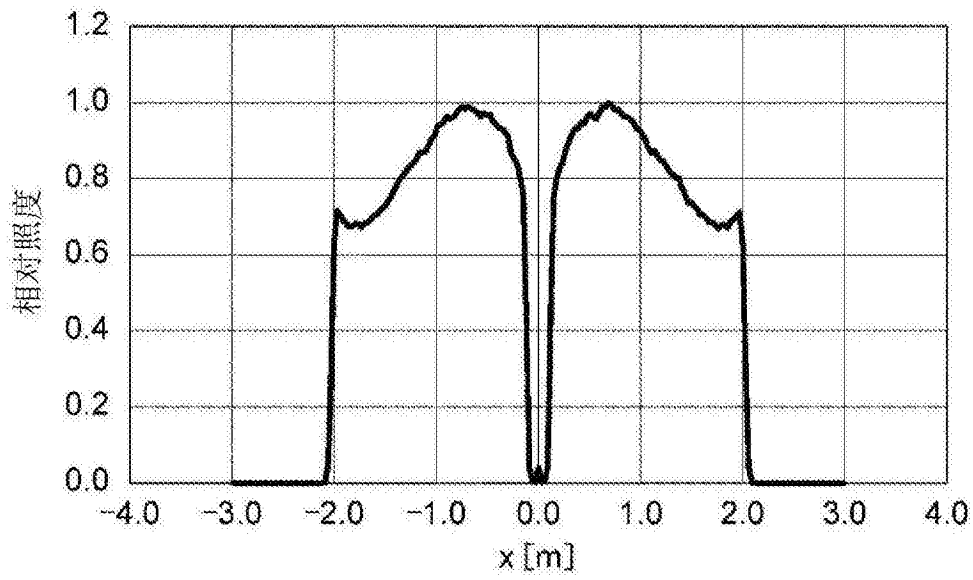


图17

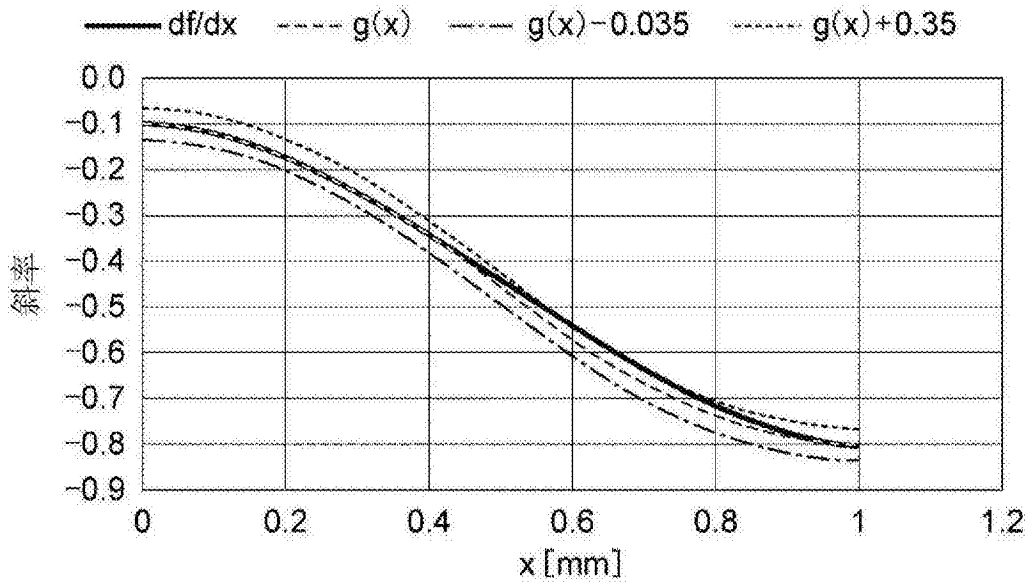


图18

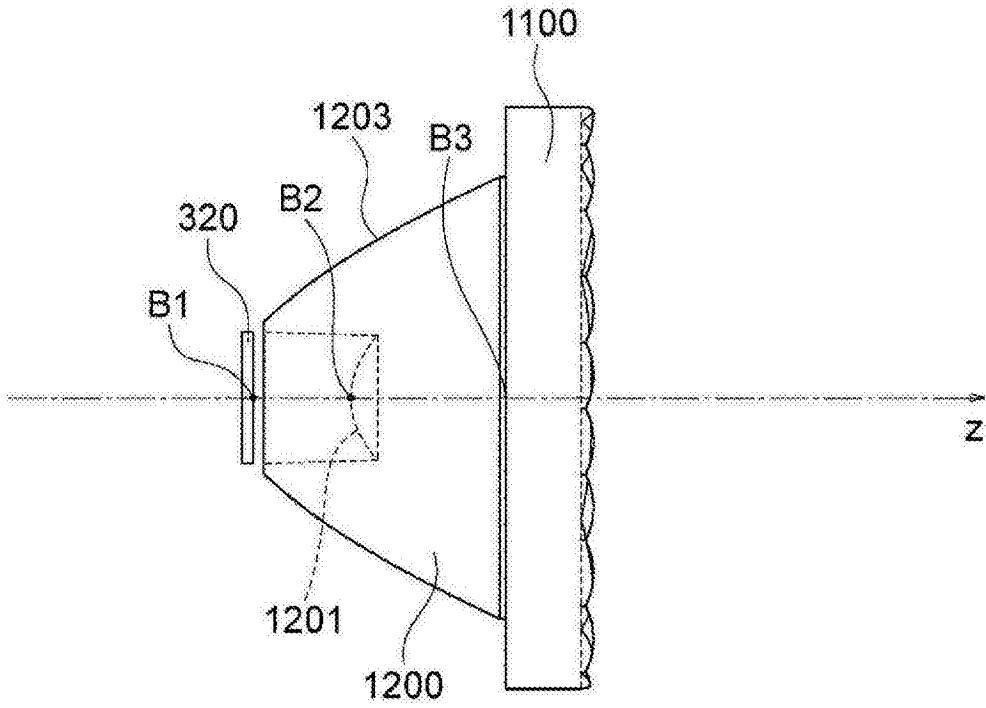


图19

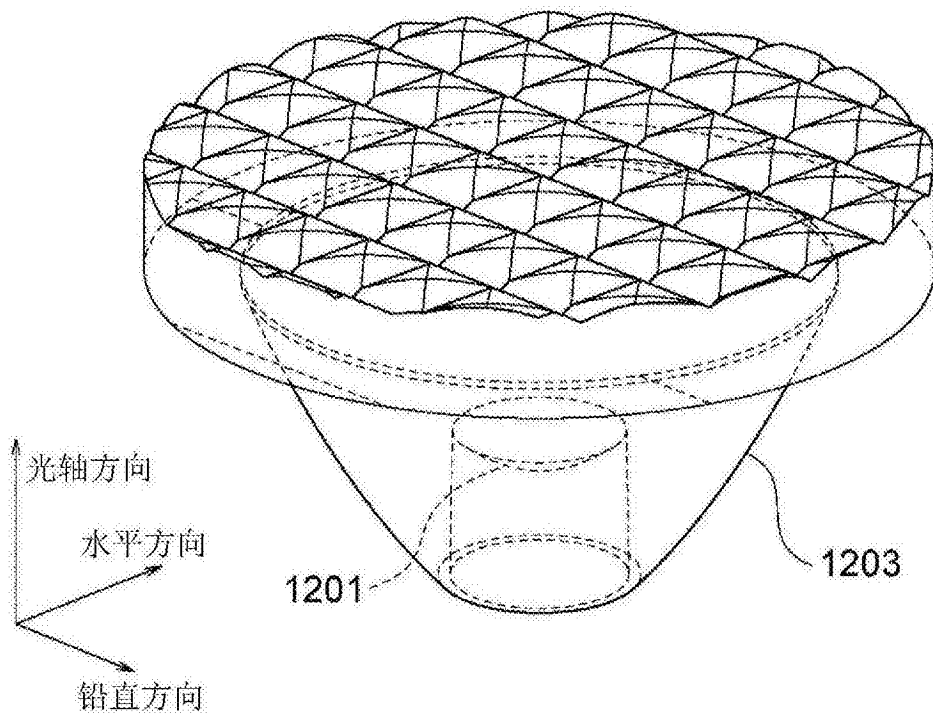


图20

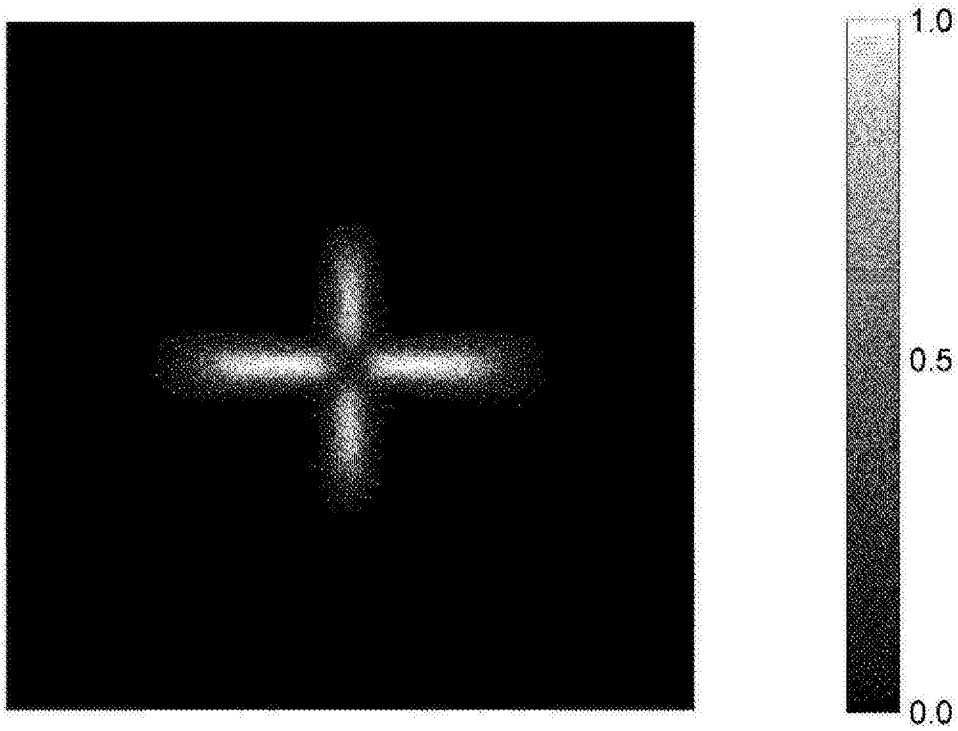


图21

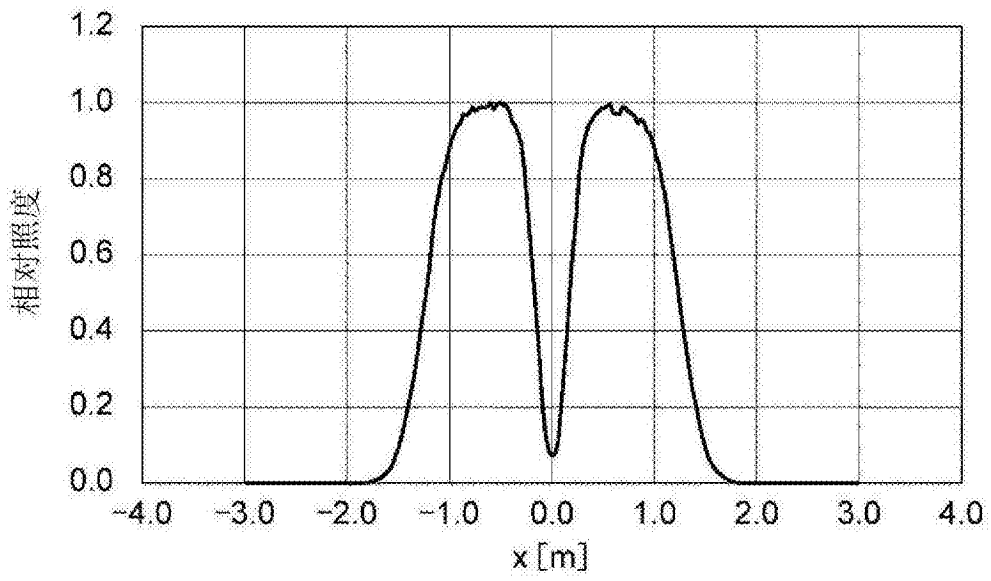


图22

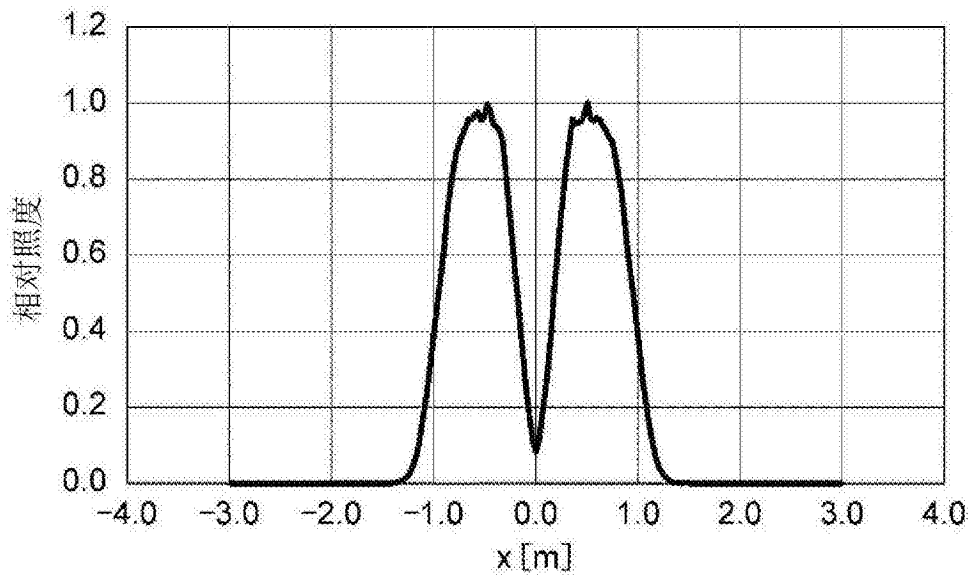


图23

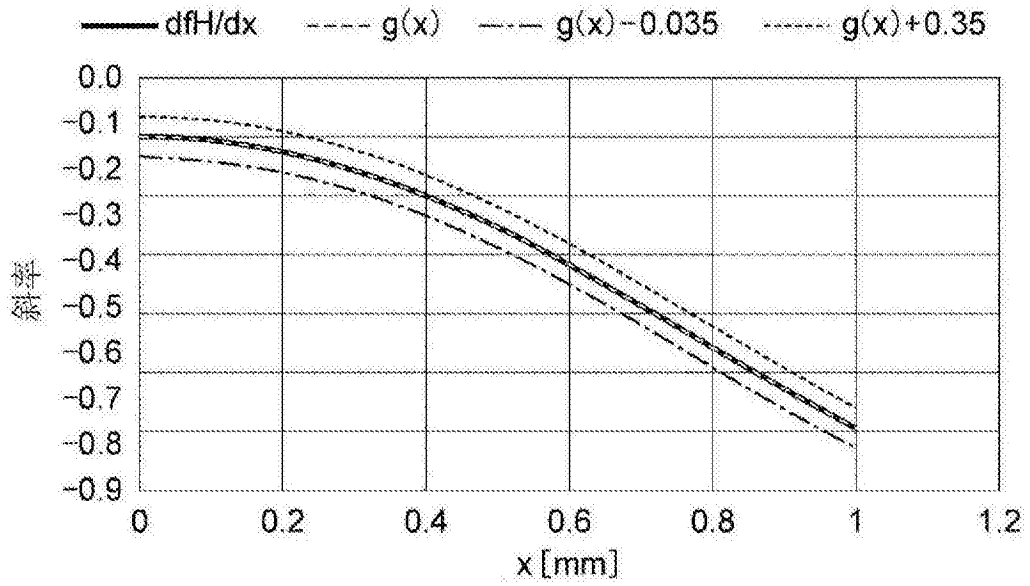


图24

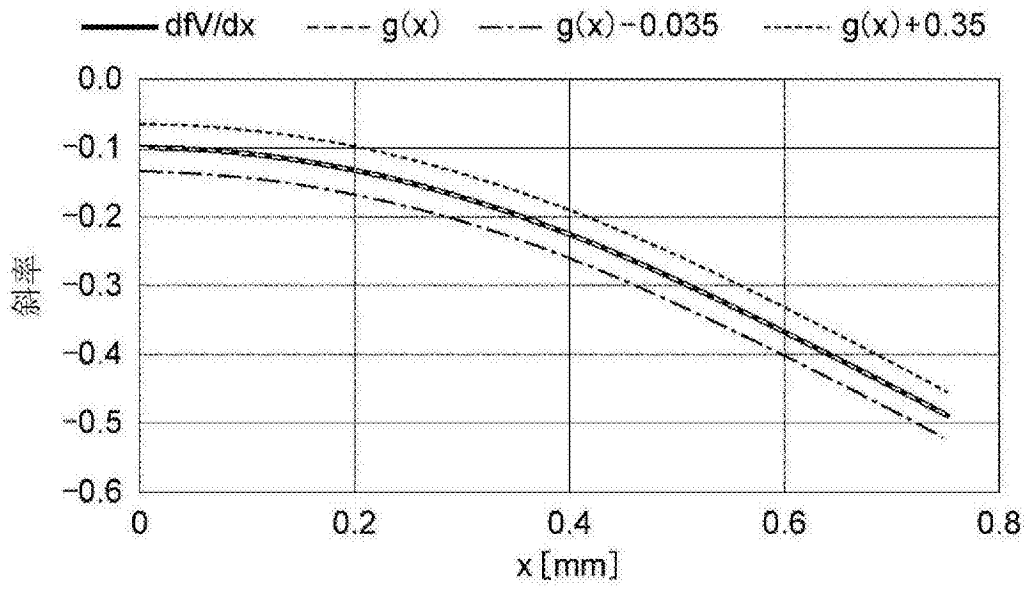


图25