



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105393157 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 09

(21) 申请号 201480035593. 3

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 02. 13

G02B 19/00(2006. 01)

F21V 5/04(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/844, 495 2013. 07. 10 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 12. 22

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/053292 2014. 02. 13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/004937 JA 2015. 01. 15

(71) 申请人 纳卢克斯株式会社

地址 日本大阪

(72) 发明人 池田贤元

(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 黄纶伟

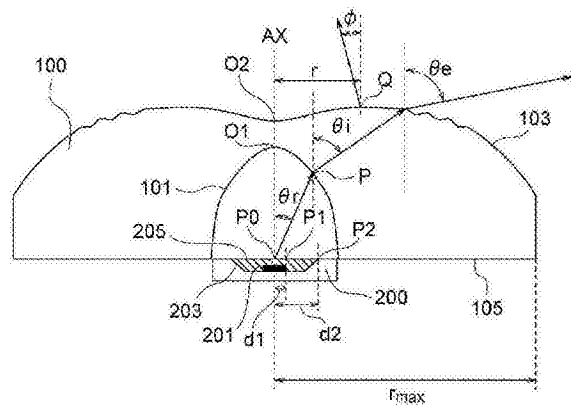
权利要求书2页 说明书17页 附图8页

(54) 发明名称

光学元件

(57) 摘要

提供一种光学元件,能够减小因光的方向而产生的色差并使来自光源的光扩散。本发明的光学元件具有覆盖配置在平面上的光源的入射面和覆盖该入射面的出射面,且构成为来自该光源的光在通过该入射面和该出射面之后照射到外部,其中,该出射面构成为:设该光学元件的中心轴为光轴,在该光学元件的包含该光轴且与该平面垂直的截面中,设该出射面上的点Q处的该出射面的法线相对于该光轴的角度为 ϕ 、该点Q距该光轴的距离为r, ϕ 相对于r具有至少三个极小值和至少三个极大值。



1. 一种光学元件, 其具有覆盖配置在平面上的光源的入射面和覆盖该入射面的出射面, 且构成为来自该光源的光在通过该入射面和该出射面之后照射到外部, 其中,

该出射面构成为: 设该光学元件的中心轴为光轴, 在该光学元件的包含该光轴且与该平面垂直的截面中, 设该出射面上的点 Q 处的该出射面的法线相对于该光轴的角度为 ϕ 、点 Q 距该光轴的距离为 r , ϕ 相对于 r 具有至少三个极小值和至少三个极大值。

2. 根据权利要求 1 所述的光学元件, 其中,

该出射面构成为: ϕ 相对于 r 具有至少六个极小值和至少六个极大值。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的光学元件, 其中,

该出射面构成为: ϕ 的所述至少三个极小值和所述至少三个极大值全部为正, 设与相邻的极小值和极大值对应的 ϕ 的两个值之差为 $\Delta \phi$,

$$\Delta \phi \leq 20^\circ。$$

4. 根据权利要求 3 所述的光学元件, 其中,

该出射面构成为: $\Delta \phi \leq 15^\circ$ 。

5. 根据权利要求 1 ~ 4 中的任意一项所述的光学元件, 其中,

该出射面构成为: 设该出射面距该光轴的距离的最大值为 r_{\max} , 关于 ϕ 的所述至少三个极小值和所述至少三个极大值, 设与相邻的极小值和极大值对应的 r 的两个值之差为 Δr ,

$$\Delta r/r_{\max} \leq 0.05。$$

6. 根据权利要求 5 所述的光学元件, 其中,

该出射面构成为: 设 Δr 的最大值为 Δr_{\max} ,

$$0.01 \leq \Delta r_{\max}/r_{\max} \leq 0.05。$$

7. 根据权利要求 5 或 6 所述的光学元件, 其中,

仅在该出射面的 $0.5r_{\max} \leq r$ 的范围内具有所述至少三个极小值和所述至少三个极大值。

8. 根据权利要求 1 ~ 7 中的任意一项所述的光学元件, 其中,

所述光学元件构成为: 设该光轴与该入射面的交点为 O1, 设该光轴与该平面的交点为 P0, 在该光学元件的包含该光轴且与该平面垂直的任意截面中, 设连接点 P0 和该入射面上的点 P 的直线与该光轴所成的角度为 θ_r , 设从点 P0 朝点 P 行进的光通过光学元件后的行进方向与该光轴所成的角度为 θ_e , 在使点 P 从点 O1 沿着该入射面移动时, θ_e 相对于 θ_r 在 $60^\circ \leq \theta_e$ 的范围内具有至少三个极小值和至少三个极大值。

9. 根据权利要求 8 所述的光学元件, 其中,

所述光学元件构成为 ϕ 相对于 r 具有至少六个极小值和至少六个极大值, 以使 θ_e 相对于 θ_r 在 $60^\circ \leq \theta_e$ 的范围内具有至少六个极小值和至少六个极大值。

10. 根据权利要求 8 或 9 所述的光学元件, 其中,

所述光学元件构成为: θ_e 的所述至少三个极小值和所述至少三个极大值中、相邻的极小值与极大值之差 $\Delta \theta_e$ 的最大值为 5 度以上。

11. 根据权利要求 10 所述的光学元件, 其中,

所述光学元件构成为: $\Delta \theta_e$ 的最大值为 15 度下。

12. 根据权利要求 1 ~ 11 中的任意一项所述的光学元件, 其中,

该出射面为关于该光轴旋转对称的形状。

13. 根据权利要求 1 ~ 11 中的任意一项所述的光学元件, 其中,
所述光学元件构成为: 将该光轴的周围分割成多个角度区间, 各个角度区间的出射面具有全部不同的形状。

14. 一种光学元件, 其将该光轴的周围分割成多个角度区间, 仅在该多个角度区间的一部分的角度区间中, 该出射面具有根据权利要求 1 ~ 11 中的任意一项所述的形状。

15. 根据权利要求 1 ~ 11 中的任意一项所述的光学元件, 其中,
所述光学元件形成为: $0.5r_{\max} \leq r$ 的范围的出射面的表面部分包含散射材料。

光学元件

技术领域

[0001] 本发明涉及使来自光源的光扩散的光学元件。

背景技术

[0002] 近年来,为了照明而大多使用 LED(发光二极管)光源。LED 光源的朝前方照射的光的比例较高,因此往往与 LED 光源组合使用使来自 LED 光源的光扩散的光学元件。尤其是,在使用 LED 光源作为照射较大范围的背光用等照明单元的光源的情况下,为了以较少的数量的 LED 光源实现紧凑的照明单元,使用了将来自 LED 光源的光扩散为宽角度的光学元件(专利文献 1)。

[0003] 大光量的 LED 光源由蓝色等短波长的光的发光芯片和发出绿色、黄色、红色等较长波长的荧光的荧光部件构成。在这样的 LED 光源中,将短波长的光的发光芯片配置在中心部,从其周围起,配置有发出长波长的荧光的荧光部件的情况较多。在这样的 LED 光源中,发出短波长的光的部分的位置和发出长波长的光的部分的位置不同。因此,在利用光学元件来扩散来自 LED 光源的光的情况下,有时会产生短波长的光较强的方向和长波长的光较强的方向。其结果是,有时会根据光的方向而产生蓝色或红色等色差。作为照明单元,产生这样的色差不是优选的。但是,到此为止,没有开发出能够减小因光的方向而产生的色差且使来自光源的光扩散的光学元件。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献 1:日本特开 2006-92983 号公报

发明内容

[0007] 发明要解决的问题

[0008] 因此,对于能够减小因光方向而产生的色差且使来自光源的光扩散的光学元件存在需求。

[0009] 用于解决问题的手段

[0010] 本发明的光学元件具有覆盖配置在平面上的光源的入射面和覆盖该入射面的出射面,且构成为来自该光源的光在通过该入射面和该出射面后照射到外部,该出射面构成为:设该光学元件的中心轴为光轴,在该光学元件的包含该光轴且与该平面垂直的截面中,设该出射面上的点 Q 处的该出射面的法线相对于该光轴的角度为 ϕ 、该点 Q 与距光轴的距离为 r , ϕ 相对于 r 具有至少三个极小值和至少三个极大值。

[0011] 根据本发明的光学元件,出射面构成为: ϕ 相对于 r 具有至少三个极小值和至少三个极大值,因此,在具有所述极小值和所述极大值的出射面的区域中通过的光朝向各个方向散射,由此缓解特定波长的光因光的方向而增强的趋势。因此,本发明的光学元件能够减小因光的方向而产生的色差。

[0012] 另外,在本说明书及权利要求书中, ϕ 相对于 r 的极小值包含与 ϕ 的谷底对应的

局部部位的最小值。并且,极大值包含与 ϕ 的山脊的顶点对应的局部部位的最大值。

[0013] 本发明的第 1 实施方式的光学元件,该出射面构成为: ϕ 相对于 r 具有至少六个极小值和至少六个极大值。

[0014] 根据本实施方式的光学元件,出射面构成为: ϕ 相对于 r 具有至少六个极小值和至少六个极大值,因此能够更有效地减小因光的方向而产生的色差。

[0015] 本发明的第 2 实施方式的光学元件的该出射面构成为: ϕ 的所述至少三个极小值和所述至少三个极大值全部为正,设与相邻的极小值和极大值对应的 ϕ 的两个值之差为 $\Delta \phi$,

[0016] $\Delta \phi \leq 20^\circ$ 。

[0017] 如果在 ϕ 为正时 $\Delta \phi$ 过大,则基于光学元件的光的扩散功能降低。根据本实施方式,由于设定适当的 $\Delta \phi$,因而能够维持基于光学元件的光的扩散功能,有效地减小因光的方向而产生的色差。

[0018] 本发明的第 3 实施方式的光学元件是根据第 2 实施方式所述的光学元件,该出射面构成为:

[0019] $\Delta \phi \leq 15^\circ$ 。

[0020] 根据本实施方式,基于光学元件的光的扩散功能的降低进一步减小。

[0021] 本发明的第 4 实施方式的光学元件,该出射面构成为:设该出射面距该光轴的距离的最大值为 r_{\max} ,关于 ϕ 的所述至少三个极小值和所述至少三个极大值,设与相邻的极小值和极大值对应的 r 的两个值之差为 Δr ,

[0022] $\Delta r/r_{\max} \leq 0.05$ 。

[0023] 在本实施方式的光学元件中,由于设定适当的 Δr ,因而能够有效地减小因光的方向而产生的色差。

[0024] 本发明的第 5 实施方式的光学元件是在第 2 实施方式所述的光学元件中,该出射面构成为:设 Δr 的最大值为 Δr_{\max} ,

[0025] $0.01 \leq \Delta r_{\max}/r_{\max} \leq 0.05$ 。

[0026] 根据本实施方式的光学元件,由于设定适当的 Δr ,因而能够有效地减小因光的方向而产生的色差。

[0027] 本发明的第 6 实施方式的光学元件是根据第 2 或第 3 实施方式所述的光学元件,仅在该出射面的 $0.5r_{\max} \leq r$ 的范围内具有所述至少三个极小值和所述至少三个极大值。

[0028] 从光学元件的外侧的部分射出的光因光的方向而产生的色差,大于从光学元件的中心轴的周边的部分射出的光。本实施方式的光学元件具有极大值和极小值,且仅在该出射面的 $0.5r_{\max} \leq r$ 的范围内具有通过该区域的光朝向各个方向散射的区域即散射区域,因此能够有效地减小因光的方向而产生的色差。

[0029] 另外,在本实施方式的光学元件中,散射区域仅存在于 $0.5r_{\max} \leq r$ 的范围内,不存在于中心轴的周围。因此,在出射面的中心轴的周围通过的光以不受所述散射区域的影响且远离中心轴的方式扩散。

[0030] 这样根据本实施方式的光学元件,能够使在出射面的中心轴的周围通过的光以远离中心轴的方式扩散,使在出射面的外侧通过的光朝向各个方向散射,有效地减小因光的方向而产生的色差。

[0031] 本发明的第 7 实施方式的光学元件构成为：设该光轴与该入射面的交点为 O_1 ，设该光轴与该平面的交点为 P_0 ，在该光学元件的包含该光轴且与该平面垂直的任意截面中，设连接点 P_0 和该入射面上的点 P 的直线与该光轴所成的角度为 θ_r ，设从点 P_0 朝点 P 行进的光通过光学元件后的行进方向与该光轴所成的角度为 θ_e ，在使点 P 从点 O_1 沿着该入射面移动时， θ_e 相对于 θ_r 在 $60^\circ \leq \theta_e$ 的范围内具有至少三个极小值和至少三个极大值。

[0032] 因光的方向而产生的色差的主要是满足 $60^\circ \leq \theta_e$ 的光。本实施方式的光学元件构成为， θ_e 相对于 θ_r 在 $60^\circ \leq \theta_e$ 的范围内具有至少三个极小值和至少三个极大值，因此能够有效地减小因光的方向而产生的色差。

[0033] 本发明的第 8 实施方式的光学元件是在第 7 实施方式所述的光学元件中，该出射面构成为，关于 θ_e 相对于 θ_r ，在 $60^\circ \leq \theta_e$ 的范围内，使得 ϕ 相对于 r 具有至少六个极小值和至少六个极大值，以使具有至少六个极小值和至少六个极大值。

[0034] 根据本实施方式的光学元件，出射面构成为，关于 θ_e 相对于 θ_r ，在 $60^\circ \leq \theta_e$ 的范围内，使得 ϕ 相对于 r 具有至少六个极小值和至少六个极大值，以使具有至少六个极小值和至少六个极大值，因此能够有效地减小因光的方向而产生的色差。

[0035] 本发明的第 9 实施方式的光学元件是根据第 7 或第 8 实施方式所述的光学元件且构成为： θ_e 的所述至少三个极小值和所述至少三个极大值中、相邻的极小值与极大值之差的最大值为 5 度以上。

[0036] 根据本实施方式的光学元件，相邻的极小值与极大值之差 $\Delta \theta_e$ 的最大值为 5 度以上，因此能够有效地减小因光的方向而产生的色差。

[0037] 本发明的第 10 实施方式的光学元件构成为： $\Delta \theta_e$ 的最大值为 15 度下。

[0038] 本实施方式的光学元件构成为 $\Delta \theta_e$ 的最大值为 15 度下，因此能够维持基于光学元件的光的扩散功能，有效地减小因光的方向而产生的色差。

[0039] 本发明的第 11 实施方式的光学元件，该出射面为关于该光轴旋转对称的形状。

[0040] 本实施方式的光学元件能够容易制造。

[0041] 本发明的第 12 实施方式的光学元件构成为：将该光轴的周围分割成多个角度区间，各个角度区间的出射面具有全部不同的形状。

[0042] 根据本实施方式，能够针对与光轴的周围的角度区间对应的每个方向实现不同的光分布。

[0043] 本发明的第 13 实施方式的光学元件将该光轴的周围分割成多个角度区间，仅在该多个角度区间的一部分的角度区间中，出射面具有本发明或者第 1 实施方式～第 10 实施方式中任意一个方式所述的形状。

[0044] 根据本实施方式，能够仅针对光轴的周围的一部分的角度区间，减小因光的方向而产生的色差。

[0045] 本发明的第 14 实施方式的光学元件形成为： $0.5r_{\max} \leq r$ 的范围的出射面的表面部分包含散射材料。

[0046] 根据本实施方式的光学元件， $0.5r_{\max} \leq r$ 的范围的出射面的表面部分包含散射材料，因此能够有效地减小因光的方向而产生的色差。

附图说明

[0047] 图 1 是示出与本发明的光学元件同时使用的 LED 光源的结构的一例的图。

[0048] 图 2 是为了扩散 LED 光源的光而使用的本发明的一个实施方式的光学元件的包含中心轴 AX 的剖视图。

[0049] 图 3 是示出在基板的面上配置多组光源以及光学元件而成的照明单元的结构的一例的图。

[0050] 图 4 是示出实施例 1 的光学元件的 r 与 ϕ 之间的关系的图。

[0051] 图 5 是示出实施例 1 的光学元件的 θ_r 与 θ_e 之间的关系的图。

[0052] 图 6 是示出将实施例 1 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光的强度分布的图。

[0053] 图 7 是示出将比较例 1 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光的强度分布的图。

[0054] 图 8 是示出实施例 2 的光学元件的 r 与 ϕ 之间的关系的图。

[0055] 图 9 是示出实施例 2 的光学元件的 θ_r 与 θ_e 之间的关系的图。

[0056] 图 10 是示出将实施例 2 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光的强度分布的图。

[0057] 图 11 是示出将比较例 2 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光的强度分布的图。

[0058] 图 12 是示出实施例 3 的光学元件的 r 与 ϕ 之间的关系的图。

[0059] 图 13 是示出实施例 3 的光学元件的 θ_r 与 θ_e 之间的关系的图。

[0060] 图 14 是示出将实施例 3 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光的强度分布的图。

[0061] 图 15 是示出将比较例 3 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光的强度分布的图。

具体实施方式

[0062] 图 1 是示出与本发明的光学元件同时使用的 LED 光源 200 的结构的一例的图。图 1(a) 是示出 LED 光源 200 的与面 205 垂直的截面的图。图 1(b) 是 LED 光源 200 的俯视图。通常,大光量的白色 LED 光源由发出蓝色等短波长的光的芯片和在接收到来自发光芯片的光的情况下发出绿色、黄色、红色等较长波长的光的荧光剂构成。在图 1 中,在 LED 光源 200 的中心位置处配置有蓝色的发光芯片 201,在比发光芯片 201 所占的区域更大的区域内,以覆盖发光芯片 201 的方式配置有荧光剂 203。在图 1(b) 的俯视图中,发光芯片 201 是一个边为 1.0mm 的正方形,荧光剂 203 的形状是直径为 3.0mm 的圆形。蓝色的光 A 从位于中心附近的发光芯片 201 射出。较长波长的光 B 从配置在包含 LED 光源的周边部分的区域的荧光剂射出。在具有图 1 那样的结构的 LED 光源中,射出蓝色光的位置和射出较长波长的光的位置不同。

[0063] 图 2 是为了扩散 LED 光源 200 的光而使用的本发明的一个实施方式的光学元件 100 的包含中心轴 AX 的剖视图。本实施方式的光学元件 100 具有关于中心轴 AX 旋转对称的形状。光学元件 100 的底面 105 在中心轴 AX 附近具有凹陷,该凹陷的面形成入射面 101。光学元件 100 的入射面 101 以及底面 105 以外的面形成出射面 103。

[0064] 光学元件 100 和 LED 光源 200 被配置为：光学元件 100 的中心轴 AX 通过 LED 光源 200 的中心、即图 1(b) 中的圆的中心。在该情况下，中心轴 AX 成为包含光学元件 100 和 LED 光源 200 的光学系统的光轴。并且，在图 2 中，设入射面 101 和中心轴 AX 的交点的坐标为 O_1 ，设出射面 103 和中心轴 AX 的交点的坐标为 O_2 。

[0065] 从光源 200 射出的光经过入射面 101 进入光学元件 100，并从出射面 103 向外部射出。在该情况下，从光源 200 射出的光在入射面 101 和出射面 103 的几乎所有部分中朝远离中心轴 AX 的方向折射，其结果是，光被扩散。

[0066] 在本实施方式中，LED 光源 200 的面为平面，但光源的面不是一定为平面。本发明是配置在平面上的光源，可以应用于发出短波长的光的部分的位置和发出长波长的光的部分的位置不同的任意光源。

[0067] 在图 2 中，将上述的平面表示为面 205。设光源 200 的面 205 与中心轴 AX 的交点为点 P_0 。从点 P_0 射出的光线的行进方向与中心轴 AX 所成的角度为 θ_r ，设该光线在入射面 101 折射后，光线在光学元件 100 内的行进方向与中心轴 AX 所成的角度为 θ_i 。此外，设该光线在出射面折射后的行进方向与中心轴 AX 所成的角度为 θ_e 。在图 2 中，设从发光芯片 201 的边下垂到面 205 的垂线的脚为 P_1 ，设荧光剂的端部的点、即图 1(b) 的荧光剂的周边的圆周上的点为 P_2 。

[0068] 在本实施方式中，设 P_1 及 P_2 距中心轴 AX 的距离分别为 d_1 及 d_2 ， $d_1 = 0.5(\text{mm})$ ， $d_2 = 1.5(\text{mm})$ 。

[0069] 出射面的中心轴 AX 附近的形状不限于凸面，也不限于凹面，而可以为凹面、凸面、平面中的任意一个。优选为在透镜内部不发生全反射的出射面形状。在该情况下，设光学元件的折射率为 n ，则光学元件内的光线与出射面的法线的角度 α 满足

[0070] $\alpha < \sin^{-1}(1/n)$ 的条件。

[0071] 此外，在图 2 中，设出射面 103 的某个点 Q 处的法线与中心轴 AX 所成的角度为 ϕ 。设以中心轴 AX 为基准时顺时针的角度为正，设逆时针的角度为负。在图 2 中，出射面 103 和中心轴 AX 的交点处的出射面 103 的法线的角度为 0 度。

[0072] 图 3 是示出在基板 310 的面 305 上配置有多组光源 200 以及光学元件 100 而成的照明单元的结构的一例的图。基板 310 和基板 320 是用于配置光源 200 和光学元件 100 的基板。照明单元还具有扩散板 400。利用照明单元，能够均匀地照射前方（图 3 的上侧）。

[0073] 在以下记述中，对本发明的光学元件的实施例和比较例进行说明。实施例和比较例的光学元件的材料为聚甲基丙烯酸甲酯树脂 (PMMA)，折射率为 1.492(d 线, 587.56nm)，阿贝数为 56.77(d 线, 587.56nm)。此外，在实施例和比较例中，只要没有另外说明，则长度的单位则为毫米。

[0074] 实施例 1

[0075] 在本实施例中， P_0 与 O_2 之间的距离 T 为

[0076] $T = 5.500\text{mm}$ ，

[0077] P_0 与 O_1 的距离 h 为

[0078] $h = 4.450\text{mm}$ 。

[0079] 出射面 103 的形状由下式表示。

[0080] 在 $0 \leq r < 6.8$ 以及 $8.5 < r \leq r_{\max}$ 时，

[0081] [公式 1]

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{i=1}^N A_i r^i \quad (1)$$

[0083] 在 $6.8 \leq r \leq 8.5$ 时,

[0084] [公式 2]

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{i=1}^N A_i r^i + e^{-\alpha r_i} (B \sin[\pi K r_i]) \quad (2)$$

[0086] 其中,以将式 (1) 和式 (2) 连续地连接的方式来规定 r 的函数 z。

[0087] 此处,

[0088] [公式 3]

[0089] $c = 1/R$

[0090] [公式 4]

[0091] $r^2 = x^2 + y^2$

[0092] r 为距中心轴 AX 的距离。r_{max} 为出射面中的 r 的最大值, r_{max} = 9.25 (mm)。z 为以出射面和中心轴 AX 的交点 O2 为基准的中心轴 AX 方向的坐标。c 为曲率, R 为曲率半径, k 为圆锥曲线系数 (conic), A_i 为非球面系数。此外, π 为圆周率, B 为振幅, K 为频率。另外,

[0093] $r_i = r - 6.8$ 。

[0094] 表 1 是示出表示实施例 1 的出射面的形状的式 (1) 及式 (2) 的系数的数值的表。

[0095] [表 1]

[0096]

R	1.452
k	-5.372
A1	0.000
A2	-7.131E-02
A3	-4.205E-04
A4	5.871E-05
A5	2.648E-06
A6	1.921E-08
A7	1.819E-08
A8	3.274E-09

A9	4.862E-10
A10	-4.438E-10
A11	7.082E-13
A12	-5.008E-13
ω	-0.02
B	0.004
K	10

[0097] 图4是示出实施例1的光学元件的 r 与 ϕ 的关系的图。图4的横轴表示距光轴AX的距离 r 。图4的纵轴表示在出射面103中距光轴AX的距离为 r 的点处的法线与中心轴AX所成的角度 ϕ 。

[0098] 根据图4, $r=0$ 时, $\phi=0$ 。在 $0 < r < 0.9$ 的范围内,随着 r 增大, ϕ 单调减少。在 $0.9 < r < 6.5$ 的范围内,随着 r 增大, ϕ 单调增大。

[0099] 在 $6.5 \leq r \leq 8.5$ 的范围内,随着 r 增大, ϕ 振动且增大。如上所述,以将式(1)和式(2)连续地连接的方式来规定 r 的函数 z ,因而在 r 小于6.8的区域中也观察到振动。

[0100] 振动的周期 p 如下所述。

$$[0101] \quad p = 2/K = 0.2$$

[0102] 此外,在用 p' 表示利用 r_{\max} 将 p 归一化而得的值时,

$$[0103] \quad p' = p/r_{\max} = 0.022$$

[0104] 振动的振幅的最大值即 r 的函数 ϕ 的相邻的极大值与极小值之差的最大值为12度。在 $6.5 \leq r \leq 8.5$ 的范围内,存在至少9个极大值和至少9个极小值。具有极大值和极小值的上述的形状使通过上述范围的光朝向各个方向散射。因此,也将上述范围称为出射面103的散射区域。

[0105] 在 $8.5 < r \leq r_{\max}$ 的范围内,随着 r 增大, ϕ 单调增大。

[0106] 入射面101的形状由下式表示。

[0107] [公式5]

$$[0108] \quad z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{i=1}^N A_i r^i \quad (3)$$

[0109] 此处,

[0110] [公式6]

$$[0111] \quad c = 1/R$$

[0112] [公式7]

$$[0113] \quad r^2 = x^2 + y^2$$

[0114] r 为距中心轴AX的距离。 z 为以入射面和中心轴AX的交点O1为基准的中心轴AX方向的坐标。 c 为曲率, R 为曲率半径, k 为圆锥曲线系数, A_i 为非球面系数。

[0115] 表 2 是示出表示实施例 1 的入射面的形状的式 (3) 的系数的数值的表。

[0116] [表 2]

[0117]

R	-1.1353
k	-0.7990
A1	0.000
A2	-0.040
A3	0.058
A4	0.000

[0118] 图 5 是示出实施例 1 的光学元件的 θ_r 与 θ_e 之间的关系图。图 5 的横轴表示从点 P0 射出的光线的行进方向与中心轴 AX 所成的角度 θ_r 。图 5 的纵轴表示从点 P0 射出的光线在出射面折射后的行进方向与中心轴 AX 所成的角度 θ_e 。

[0119] 在图 5 中, $\theta_r = 0$ 时, $\theta_e = 0$ 。在 $0 < \theta_r < 40$ (度) 的范围内, 随着 θ_r 增大, θ_e 单调增大。在 40 (度) $\leq \theta_r \leq 62$ (度) 的范围内, 随着 θ_r 增大, θ_e 振动且增大。振动的周期为 2 度 ~ 3 度。振动的振幅的最大值即 θ_r 的函数 θ_e 相邻的极大值与极小值之差的最大值为 10 度。在 40 (度) $\leq \theta_r \leq 62$ (度) 的范围内, 存在至少 9 个极大值和至少 9 个极小值。这些 θ_e 的极大值和极小值在 69 度 ~ 78 度的范围内。在 62 (度) $< \theta_r$ 的范围内, 随着 θ_r 增大, θ_e 单调增大。

[0120] 比较例 1

[0121] 在本比较例中, P0 与 O2 之间的距离 T 为

[0122] $T = 5.500\text{mm}$,

[0123] P0 与 O1 的距离 h 为

[0124] $h = 4.450\text{mm}$ 。

[0125] 出射面的形状由式 (1) 表示。

[0126] 表 3 是示出表示比较例 1 的出射面的形状的式 (1) 的系数的数值的表。

[0127] [表 3]

[0128]

R	1.452
k	-5.372
A1	0.000
A2	-7.131E-02
A3	-4.205E-04

A4	5.871E-05
A5	2.648E-06
A6	1.921E-08
A7	1.819E-08
A8	3.274E-09
A9	4.862E-10
A10	-4.438E-10
A11	7.082E-13
A12	-5.008E-13

[0129] 入射面的形状由式 (3) 表示, 式 (3) 的系数根据表 2 赋值。

[0130] 换言之, 比较例 1 的入射面的形状与实施例 1 的入射面的形状完全相同。此外, 比较例 1 的出射面的形状不具有散射区域, 除此以外是与实施例 1 的出射面相同的形状。

[0131] 实施例 1 与比较例 1 的性能比较

[0132] 对将实施例 1 和比较例 1 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光分布进行比较, 由此对实施例 1 和比较例 1 的性能进行比较。

[0133] 图 6 是示出将实施例 1 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光的强度分布的图。图 6 的横轴表示与中心轴 AX 所成的角度为 θ 的方向。图 6 的纵轴表示朝与中心轴 AX 所成的角度为 θ 的方向射出的光的强度的相对值。图 6 的实线表示波长小于 500 纳米的光 (短波长侧的光) 的相对强度。在相对强度中, 将最大值表示为 100%。图 6 的虚线表示波长为 500 纳米以上的光 (长波长侧的光) 的相对强度。在相对强度中, 将最大值表示为 100%。

[0134] 图 7 是示出将比较例 1 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光的强度分布的图。图 7 的横轴表示与中心轴 AX 所成的角度为 θ 的方向。图 7 的纵轴表示朝与中心轴 AX 所成的角度为 θ 的方向射出的光的强度的相对值。图 7 的实线表示波长小于 500 纳米的光 (短波长侧的光) 的相对强度。在相对强度中, 将最大值表示为 100%。图 7 的虚线表示波长为 500 纳米以上的光 (长波长侧的光) 的相对强度。在相对强度中, 将最大值表示为 100%。

[0135] 对图 6 和图 7 进行比较, 在关于比较例 1 的图 7 中, 短波长侧的光的强度与长波长侧的光的强度之差较大。尤其是, 在 θ 为 65 度附近, 两者之差较大。在两者之差增大时, 会产生色差。例如, 如图 7 所示, 在 θ 为 65 度附近, 两者之差较大, 当长波长侧的强度较大的情况下, 在 θ 为 65 度附近时, 红色变强。

[0136] 这样, 与比较例 1 的光学元件相比, 实施例 1 的光学元件能够抑制产生色差。

[0137] 实施例 2

[0138] 在本实施例中, P0 与 O2 的距离 T 为

[0139] $T = 5.536\text{mm}$,

[0140] P0 与 O1 的距离 h 为

[0141] $h = 4.536\text{mm}$ 。

[0142] 出射面 103 的形状由下式表示。

[0143] 在 $0 \leq r < 7.0$ 以及 $8.5 < r \leq r_{\max}$ 时,

[0144] [公式 8]

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{i=1}^N A_i r^i \quad (1)$$

[0146] 在 $7.0 \leq r \leq 8.5$ 时,

[0147] [公式 9]

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{i=1}^N A_i r^i + e^{-\alpha r_i} (B \sin[\pi K r_i]) \quad (2)$$

[0149] 其中, 以将式 (1) 和式 (2) 连续地连接的方式来规定 r 的函数 z。

[0150] 此处,

[0151] [公式 10]

[0152] $c = 1/R$

[0153] [公式 11]

[0154] $r^2 = x^2 + y^2$

[0155] r 为距中心轴 AX 的距离。r_{max} 为出射面中的 r 的最大值, r_{max} = 9.25 (mm)。z 为以出射面和中心轴 AX 的交点 O2 为基准的中心轴 AX 方向的坐标。c 为曲率, R 为曲率半径, k 为圆锥曲线系数, A_i 为非球面系数。此外, π 为圆周率, B 为振幅, K 为频率。另外,

[0156] $r_i = r - 7.0$ 。

[0157] 表 4 是示出表示实施例 2 的出射面的形状的式 (1) 及式 (2) 的系数的数值的表。

[0158] [表 4]

[0159]

R	1452
k	-5.372
A1	0.000
A2	-7.131E-02
A3	-4.205E-04
A4	5.871E-05
A5	3.648E-06

A6	1.921E-08
A7	1.819E-08
A8	3.274E-09
A9	4.862E-10
A10	-4.438E-10
A11	7.082E-13
A12	-5.008E-13
ω	-0.024
B	0.004
K	10

[0160] 图8是示出实施例2的光学元件的 r 与 ϕ 的关系的图。图8的横轴表示距光轴AX的距离 r 。图8的纵轴表示在出射面103中距光轴AX的距离为 r 的点处的法线与中心轴AX所成的角度 ϕ 。

[0161] 根据图8, $r=0$ 时, $\phi=0$ 。在 $0 < r < 0.95$ 的范围内,随着 r 增大, ϕ 单调减少。在 $0.95 < r < 6.5$ 的范围内,随着 r 增大, ϕ 单调增大。

[0162] 在 $6.5 \leq r \leq 8.5$ 的范围内,随着 r 增大, ϕ 振动且增大。如上所述,以将式(1)和式(2)连续地连接的方式来规定 r 的函数 z ,因而在 r 小于7.0的区域中也观察到振动。

[0163] 振动的周期 p 如下所述。

$$[0164] \quad p = 2/K = 0.2$$

[0165] 此外,在用 p' 表示利用 r_{\max} 将 p 归一化的值时,

$$[0166] \quad p' = p/r_{\max} = 0.022$$

[0167] 振动的振幅的最大值即 r 的函数 ϕ 相邻的极大值与极小值之差的最大值为12度。在 $6.5 \leq r \leq 8.5$ 的范围内,存在至少8个极大值和8个极小值。也将上述范围称为出射面103的散射区域。

[0168] 在 $8.5 < r \leq r_{\max}$ 的范围内,随着 r 增大, ϕ 单调增大。

[0169] 入射面101的形状由下式表示。

[0170] [公式12]

$$[0171] \quad z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{i=1}^N A_i r^i \quad (3)$$

[0172] 此处,

[0173] [公式13]

$$[0174] \quad c = 1/R$$

[0175] [公式 14]

[0176] $r^2 = x^2 + y^2$

[0177] r 为距中心轴 AX 的距离。 z 为以入射面和中心轴 AX 的交点 O1 为基准的中心轴 AX 方向的坐标。 c 为曲率, R 为曲率半径, k 为圆锥曲线系数, A_i 为非球面系数。

[0178] 表 5 是示出表示实施例 2 的入射面的形状的式 (3) 的系数的数值的表。

[0179] [表 5]

[0180]

R	-1.1353
k	-0.758
A1	0.000
A2	-0.040
A3	0.058
A4	0.000

[0181] 图 9 是示出实施例 2 的光学元件的 θ_r 与 θ_e 之间的关系图。图 9 的横轴表示从点 P0 射出的光线的行进方向与中心轴 AX 所成的角度 θ_r 。图 9 的纵轴表示从点 P0 射出的光线在出射面折射后的行进方向与中心轴 AX 所成的角度 θ_e 。

[0182] 在图 9 中, $\theta_r = 0$ 时, $\theta_e = 0$ 。在 $0 < \theta_r < 40$ (度) 的范围内, 随着 θ_r 增大, θ_e 单调增大。在 40 (度) $\leq \theta_r \leq 70$ (度) 的范围内, 随着 θ_r 增大, θ_e 振动。振动的周期为 1 度 ~ 2 度。振动的振幅的最大值即 θ_r 的函数 θ_e 相邻的极大值与极小值之差的最大值为约 10 度。在 40 (度) $\leq \theta_r \leq 70$ (度) 的范围内, 存在至少 10 个极大值和至少 10 个极小值。这些 θ_e 的极大值和极小值在 69 度 ~ 80 度的范围内。

[0183] 比较例 2

[0184] 在本比较例中, P0 与 O2 之间的距离 T 为

[0185] $T = 5.536\text{mm}$,

[0186] P0 与 O1 的距离 h 为

[0187] $h = 4.536\text{mm}$ 。

[0188] 出射面的形状由式 (1) 表示。

[0189] 表 6 是示出表示比较例 2 的出射面的形状的式 (1) 的系数的数值的表。

[0190] [表 6]

[0191]

R	1.452
k	-5.372
A1	0.000

A2	-7.131E-02
A3	-4.205E-04
A4	5.871E-05
A5	3.648E-06
A6	1.921E-08
A7	1.819E-08
A8	3.274E-09
A9	4.862E-10
A10	-4.438E-10
A11	7.082E-13
A12	-5.008E-13

[0192] 入射面的形状由式 (3) 表示, 式 (3) 的系数根据表 5 赋值。

[0193] 换言之, 比较例 2 的入射面的形状与实施例 2 的入射面的形状完全相同。此外, 比较例 2 的出射面的形状不具有散射区域, 除此以外是与实施例 2 的出射面相同的形状。

[0194] 实施例 2 与比较例 2 的性能比较

[0195] 对将实施例 2 和比较例 2 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光分布进行比较, 由此对实施例 2 和比较例 2 的性能进行比较。

[0196] 图 10 是示出将实施例 2 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光的强度分布的图。图 10 的横轴表示与中心轴 AX 所成的角度为 θ 的方向。图 10 的纵轴表示朝与中心轴 AX 所成的角度为 θ 的方向射出的光的强度的相对值。图 10 的实线表示波长小于 500 纳米的光 (短波长侧的光) 的相对强度。在相对强度中, 将最大值表示为 100%。图 10 的虚线表示波长为 500 纳米以上的光 (长波长侧的光) 的相对强度。在相对强度中, 将最大值表示为 100%。

[0197] 图 11 是示出将比较例 2 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光的强度分布的图。图 11 的横轴表示与中心轴 AX 所成的角度为 θ 的方向。图 11 的纵轴表示朝与中心轴 AX 所成的角度为 θ 的方向射出的光的强度的相对值。图 11 的实线表示波长小于 500 纳米的光 (短波长侧的光) 的相对强度。在相对强度中, 将最大值表示为 100%。图 11 的虚线表示波长为 500 纳米以上的光 (长波长侧的光) 的相对强度。在相对强度中, 将最大值表示为 100%。

[0198] 对图 10 和图 11 进行比较, 在关于比较例 2 的图 11 中, 短波长侧的光的强度与长波长侧的光的强度之差较大。尤其是, 在 θ 为 65 度附近, 两者之差较大。在两者之差增大时, 会产生色差。例如, 如图 11 所示, 在 θ 为 65 度附近, 两者之差较大, 当长波长侧的强度

较大的情况下,在 θ 为 65 度附近时,红色变强。

[0199] 这样,与比较例 2 的光学元件相比,实施例 2 的光学元件能够抑制产生色差。

[0200] 实施例 3

[0201] 在本实施例中, P0 与 O2 的距离 T 为

[0202] $T = 5.555\text{mm}$,

[0203] P0 与 O1 的距离 h 为

[0204] $h = 4.555\text{mm}$ 。

[0205] 出射面 103 的形状由以下的点群的三次样条曲线表示。三次样条曲线是指如下曲线:在通过所给的多个控制点的顺滑的曲线中,对被相邻的点夹着的各区间使用了在全部点处连续的独立的三次多项式而得的曲线。

[0206] 表 7 是表示三次样条曲线的点群的表。 r 为距中心轴 AX 的距离。 r_{\max} 为出射面中的 r 的最大值, $r_{\max} = 9.25(\text{mm})$ 。 z 为以出射面和中心轴 AX 的交点 O2 为基准的中心轴 AX 方向的坐标。

[0207] [表 7]

[0208]

r	z	r	z	r	z	r	z
0.000	0.000	7.350	-0.636	8.000	-1.134	8.650	-1.886
0.100	0.003	7.375	-0.654	8.025	-1.156	8.675	-1.925
0.200	0.010	7.400	-0.668	8.050	-1.181	8.700	-1.969
0.300	0.023	7.425	-0.682	8.075	-1.207	8.725	-1.994
0.400	0.039	7.450	-0.701	8.100	-1.239	8.750	-2.036
0.500	0.058	7.475	-0.720	8.125	-1.262	8.775	-2.078
1.000	0.175	7.500	-0.736	8.150	-1.279	8.800	-2.115
2.000	0.387	7.525	-0.750	8.175	-1.297	8.825	-2.153
3.000	0.486	7.550	-0.770	8.200	-1.321	8.850	-2.197
4.000	0.455	7.575	-0.790	8.225	-1.356	8.875	-2.242
5.000	0.295	7.600	-0.806	8.250	-1.394	8.900	-2.283
6.000	0.008	7.625	-0.822	8.275	-1.434	8.925	-2.324
7.000	-0.431	7.650	-0.845	8.300	-1.440	8.950	-2.372
7.025	-0.442	7.675	-0.864	8.325	-1.466	8.975	-2.420
7.050	-0.458	7.700	-0.881	8.350	-1.497	9.000	-2.464
7.075	-0.474	7.725	-0.896	8.375	-1.529	9.025	-2.509
7.100	-0.486	7.750	-0.920	8.400	-1.556	9.050	-2.560
7.125	-0.498	7.775	-0.942	8.425	-1.594	9.075	-2.613
7.150	-0.514	7.800	-0.960	8.450	-1.617	9.100	-2.660
7.175	-0.531	7.825	-0.979	8.475	-1.652	9.125	-2.708
7.200	-0.544	7.850	-1.002	8.500	-1.681	9.150	-2.754
7.225	-0.556	7.875	-1.025	8.525	-1.711	9.175	-2.821
7.250	-0.574	7.900	-1.045	8.550	-1.747	9.200	-2.872
7.275	-0.591	7.925	-1.064	8.575	-1.783	9.225	-2.925
7.300	-0.604	7.950	-1.089	8.600	-1.815	9.250	-2.985
7.325	-0.618	7.975	-1.114	8.625	-1.847		

[0209] 图 12 是示出实施例 3 的光学元件的 r 与 ϕ 的关系的图。图 12 的横轴表示距光轴 AX 的距离 r 。图 12 的纵轴表示在出射面 103 中距光轴 AX 的距离为 r 的点处的法线与中心轴 AX 所成的角度 ϕ 。

[0210] 根据图 12, $r = 0$ 时, $\phi = 0$ 。在 $0 < r < 0.95$ 的范围内,随着 r 增大, ϕ 单调减少。

[0211] 在 $6.5 \leq r \leq r_{\max}$ 的范围内,随着 r 增大, ϕ 振动且增大。振动的周期 p 为 $0.1 \sim 0.2$ 。此外,在用 p' 表示利用 r_{\max} 将 p 归一化的值时, p' 为 $0.011 \sim 0.022$ 。振动的振幅的最大值即 r 的函数 ϕ 相邻的极大值与极小值之差的最大值为约 12 度。在 $6.5 \leq r \leq r_{\max}$

的范围内,存在至少 18 个极大值和 18 个极小值。也将上述范围称为出射面 103 的散射区域。

[0212] 入射面 101 的形状由下式表示。

[0213] [公式 15]

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{i=1}^N A_i r^i \quad (3)$$

[0215] 此处,

[0216] [公式 16]

[0217] $c = 1/R$

[0218] [公式 17]

[0219] $r^2 = x^2 + y^2$

[0220] r 为距中心轴 AX 的距离。 z 为以入射面和中心轴 AX 的交点 O1 为基准的中心轴 AX 方向的坐标。 c 为曲率, R 为曲率半径, k 为圆锥曲线系数, A_i 为非球面系数。

[0221] 表 8 是示出表示实施例 3 的入射面的形状的式 (3) 的系数的数值的表。

[0222] [表 8]

[0223]

R	-1.1397
k	-0.768
A1	0.000
A2	-0.054
A3	0.052
A4	0.000

[0224] 图 13 是示出实施例 3 的光学元件的 θ_r 与 θ_e 的关系的图。图 13 的横轴表示从点 P0 射出的光线的行进方向与中心轴 AX 所成的角度 θ_r 。图 13 的纵轴表示从点 P0 射出的光线在出射面折射后的行进方向与中心轴 AX 所成的角度 θ_e 。

[0225] 在图 13 中, $\theta_r = 0$ 时, $\theta_e = 0$ 。在 $0 < \theta_r < 40$ (度) 的范围内,随着 θ_r 增大, θ_e 单调增大。在 40 (度) $\leq \theta_r \leq 70$ (度) 的范围内,随着 θ_r 增大, θ_e 振动。振动的周期为 1 度~2 度。振动的振幅的最大值即 θ_r 的函数 θ_e 相邻的极大值与极小值之差的最大值为约 10 度。在 40 (度) $\leq \theta_r \leq 70$ (度) 的范围内,存在至少 18 个极大值和至少 18 个极小值。这些 θ_e 的极大值和极小值在 69 度~80 度的范围内。

[0226] 比较例 3

[0227] 在本比较例中, P0 与 O2 的距离 T 为

[0228] $T = 5.555\text{mm}$,

[0229] P0 与 O1 的距离 h 为

[0230] $h = 4.555\text{mm}$ 。

[0231] 出射面的形状由以下的点群的三次样条曲线表示。

[0232] 表 9 是示出表示三次样条曲线的点群的表。 r 为距中心轴 AX 的距离。 r_{\max} 为出射面中的 r 的最大值, $r_{\max} = 9.25(\text{mm})$ 。 z 为以出射面和中心轴 AX 的交点 O2 为基准的中心轴 AX 方向的坐标。

[0233] [表 9]

[0234]

r	z	r	z	r	z	r	z
0.000	0.000	7.350	-0.636	8.000	-1.134	8.650	-1.886
0.100	0.003	7.375	-0.652	8.025	-1.157	8.675	-1.922
0.200	0.010	7.400	-0.668	8.050	-1.181	8.700	-1.969
0.300	0.023	7.425	-0.684	8.075	-1.206	8.725	-2.017
0.400	0.039	7.450	-0.701	8.100	-1.229	8.750	-2.066
0.500	0.058	7.475	-0.718	8.125	-1.254	8.775	-2.115
1.000	0.175	7.500	-0.735	8.150	-1.279	8.800	-2.165
2.000	0.387	7.525	-0.753	8.175	-1.306	8.825	-2.216
3.000	0.486	7.550	-0.770	8.200	-1.331	8.850	-2.267
4.000	0.455	7.575	-0.788	8.225	-1.357	8.875	-2.318
5.000	0.296	7.600	-0.806	8.250	-1.384	8.900	-2.369
6.000	0.000	7.625	-0.824	8.275	-1.412	8.925	-2.327
7.000	-0.431	7.650	-0.842	8.300	-1.440	8.950	-2.372
7.025	-0.442	7.675	-0.852	8.325	-1.466	8.975	-2.417
7.050	-0.458	7.700	-0.861	8.350	-1.497	9.000	-2.464
7.075	-0.472	7.725	-0.869	8.375	-1.526	9.025	-2.512
7.100	-0.486	7.750	-0.878	8.400	-1.556	9.050	-2.560
7.125	-0.500	7.775	-0.889	8.425	-1.586	9.075	-2.609
7.150	-0.514	7.800	-0.898	8.450	-1.617	9.100	-2.659
7.175	-0.529	7.825	-0.904	8.475	-1.649	9.125	-2.711
7.200	-0.544	7.850	-1.002	8.500	-1.681	9.150	-2.764
7.225	-0.558	7.875	-1.023	8.525	-1.714	9.175	-2.818
7.250	-0.574	7.900	-1.045	8.550	-1.747	9.200	-2.872
7.275	-0.589	7.925	-1.066	8.575	-1.781	9.225	-2.926
7.300	-0.604	7.950	-1.089	8.600	-1.815	9.250	-2.980
7.325	-0.620	7.975	-1.111	8.625	-1.850		

[0235] 入射面的形状由式 (3) 表示, 式 (3) 的系数根据表 8 赋值。

[0236] 换言之, 比较例 3 的入射面的形状与实施例 3 的入射面的形状完全相同。此外, 比较例 3 的出射面的形状不具有散射区域, 除此以外是与实施例 2 的出射面相同的形状。

[0237] 实施例 3 与比较例 3 的性能比较

[0238] 对将实施例 3 和比较例 3 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光分布进行比较, 由此对实施例 3 和比较例 3 的性能进行比较。

[0239] 图 14 是示出将实施例 3 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光的强度分布的图。图 10 的横轴表示与中心轴 AX 所成的角度为 θ 的方向。图 14 的纵轴表示朝与中心轴 AX 所成的角度为 θ 的方向射出的光的强度的相对值。图 14 的实线表示波长小于 500 纳米的光 (短波长侧的光) 的相对强度。在相对强度中, 将最大值表示为 100%。图 14 的虚线表示波长为 500 纳米以上的光 (长波长侧的光) 的相对强度。在相对强度中, 将最大值表示为 100%。

[0240] 图 15 是示出将比较例 3 的光学元件组合到图 1 所示的光源中的情况下的光的强度分布的图。图 15 的横轴表示与中心轴 AX 所成的角度为 θ 的方向。图 15 的纵轴表示朝与中心轴 AX 所成的角度为 θ 的方向射出的光的强度的相对值。图 15 的实线表示波长小于 500 纳米的光 (短波长侧的光) 的相对强度。在相对强度中, 将最大值表示为 100%。图

15 的虚线表示波长为 500 纳米以上的光（长波长侧的光）的相对强度。在相对强度中，将最大值表示为 100%。

[0241] 对图 14 和图 15 进行比较，在关于比较例 3 的图 15 中，短波长侧的光的强度与长波长侧的光的强度之差较大。尤其是，在 θ 为 65 度附近，两者之差较大。在两者之差增大时，会产生色差。例如，如图 15 所示，在 θ 为 65 度附近，两者之差较大，当长波长侧的强度较大的情况下，在 θ 为 65 度附近时，红色变强。

[0242] 这样，与比较例 3 的光学元件相比，实施例 3 的光学元件能够抑制产生色差。

[0243] 其它优选实施方式

[0244] 实施例 1 ~ 3 的光学元件关于中心轴 AX 旋转对称的形状。在其它实施方式中也可以构成如下的光学元件：将光学元件的中心轴 AX 的周围分割成多个角度区间，使各个角度区间的出射面具有全部不同的形状。关于角度区间，可以是 90 度的 4 个角度区间以及 60 度的 6 个角度区间等的等间隔区间，也可以不是这样。也可以构成为，各个区间的出射面具有诸如实施例 1 ~ 3 中任意一例所示的形状、即具有散射区域。或者，也可以构成为，仅一部分区间的出射面具有散射区域，其它区间的出射面不具有散射区域。

[0245] 根据上述实施方式，能够针对与轴 AX 的周围的角度区间对应的每个方向实现不同的光分布。例如，尤其是，能够针对轴 AX 的周围的特定的方向，减小色差。

[0246] 此外，作为散射区域的形状优选的是，在出射面具有用于扩散光的扩散结构。扩散结构是从表面上去掉从表面起直径小于 1mm 的球面或非球面形状后的面、在表面上加上从表面起直径小于 1mm 的球面或非球面形状后的面、从表面上去掉从表面起直径小于 1mm 的圆锥、三角锥、四棱锥后的面、在表面上加上从表面起直径小于 1mm 的圆锥、三角锥、四棱锥后的面、通过粗糙化形成的褶皱面、以微透镜阵列等为代表的微小的曲面、棱镜等折射结构或棱镜等全反射结构等。

[0247] 另外，为了在出射面的 $0.5r_{\max} \leq r$ 的范围内形成散射区域，也可以由包含散射材料的材料形成出射面的表面部分。散射材料为丙烯酸树脂粉末、聚苯乙烯粒子、硅粉末、银粉末、氧化钛粉末、铝粉末、白炭黑、氧化镁、氧化锌等。出射面的表面部分是指从出射面起例如 0.1mm 深的区域。利用这样的扩散材料，从出射面射出的光进一步被扩散。

[0248] 也可以仅由如实施例 1 ~ 3 所示的出射面的形状形成出射面的散射区域。此外，也可以如上所述仅由扩散材料形成出射面的散射区域。另外，还可以将形状和扩散材料进行组合来形成散射区域。

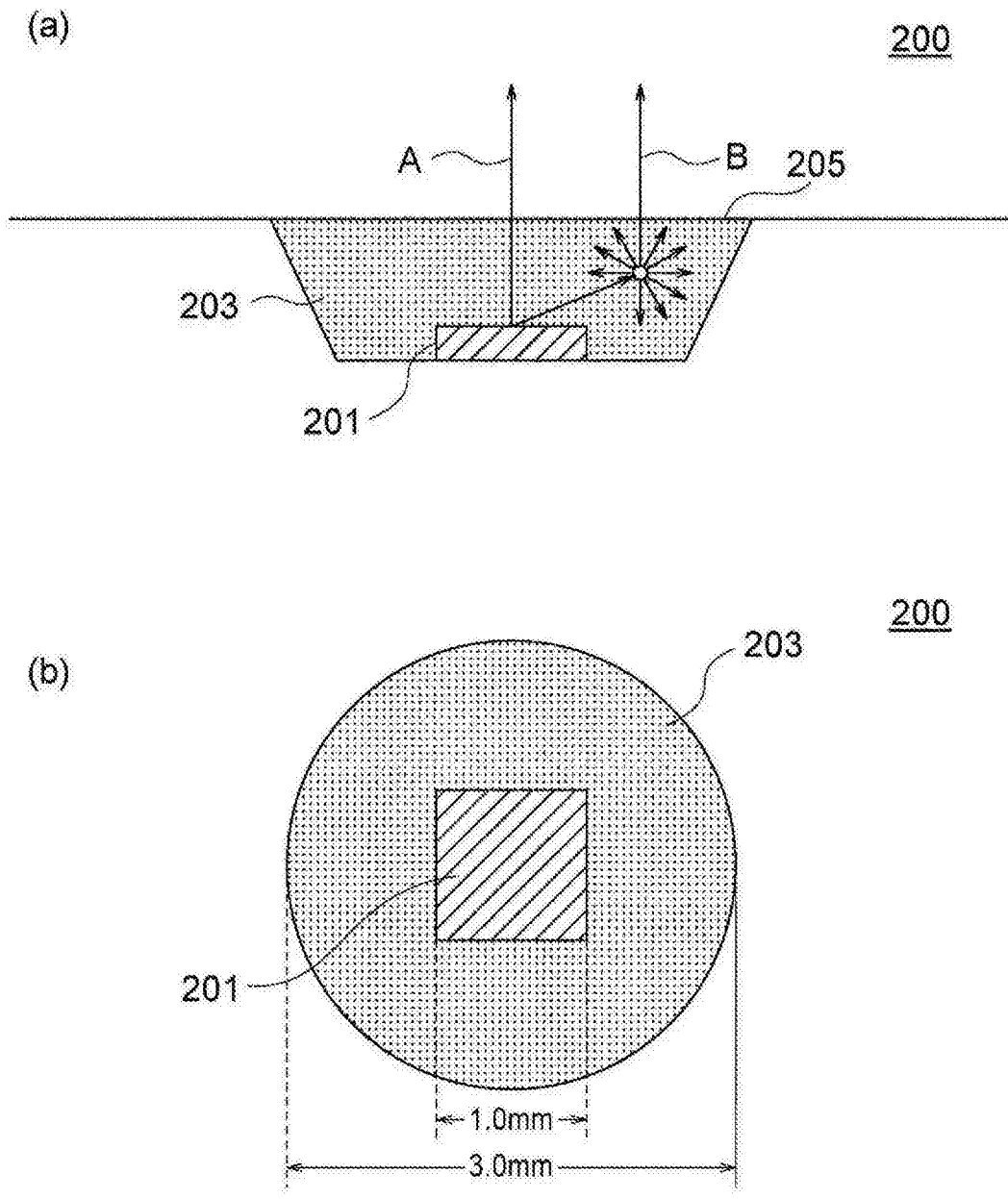


图 1

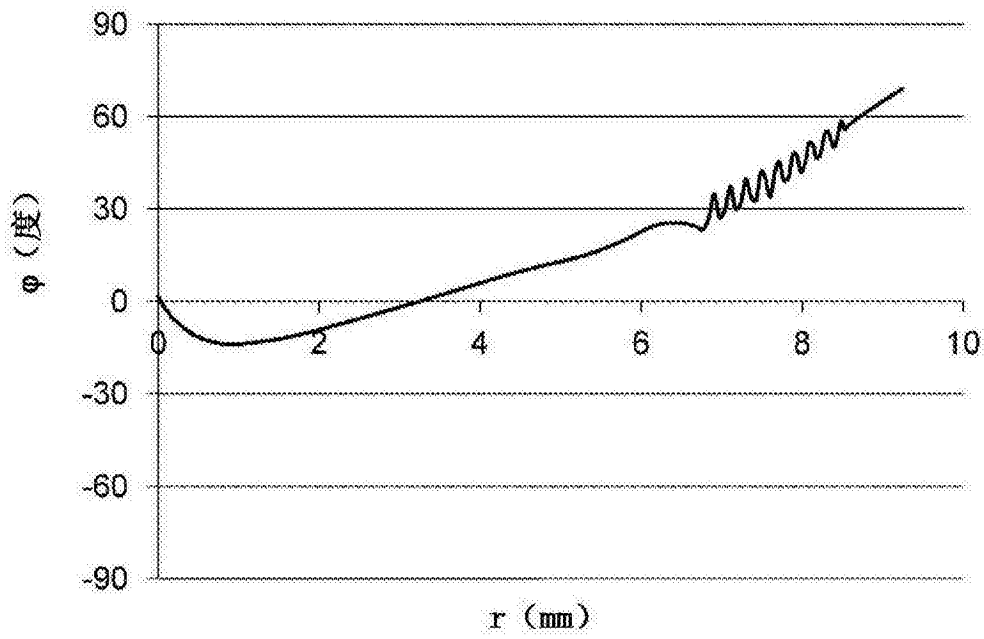


图 4

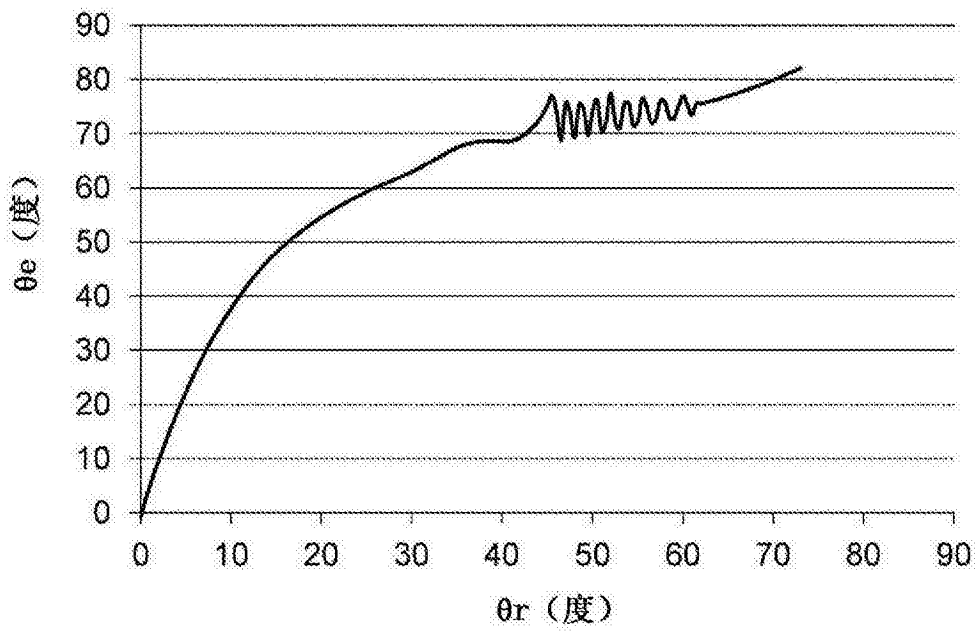


图 5

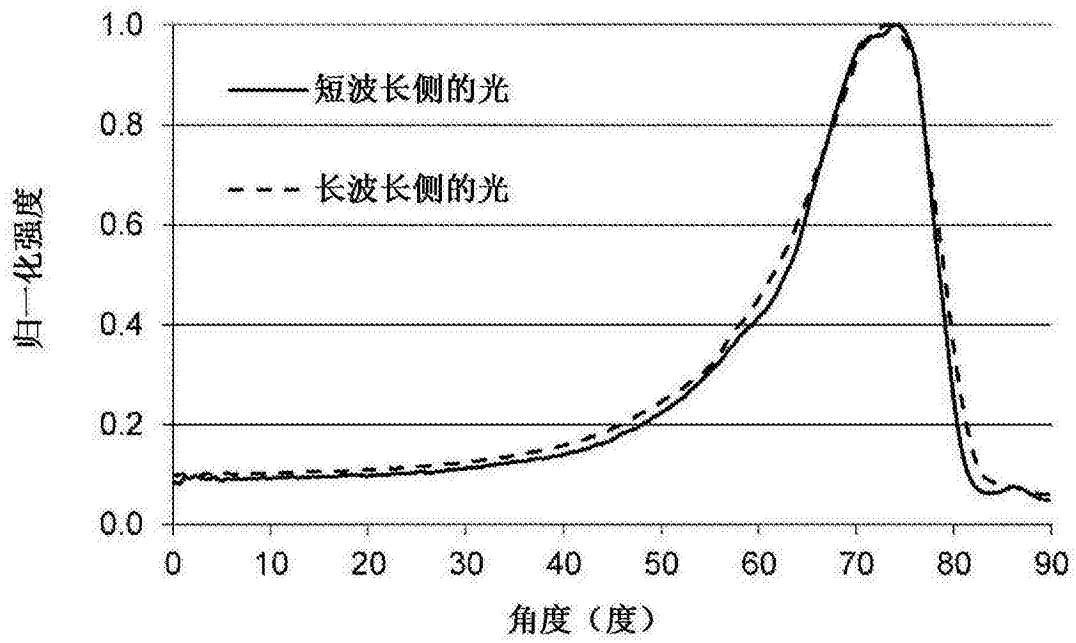


图 6

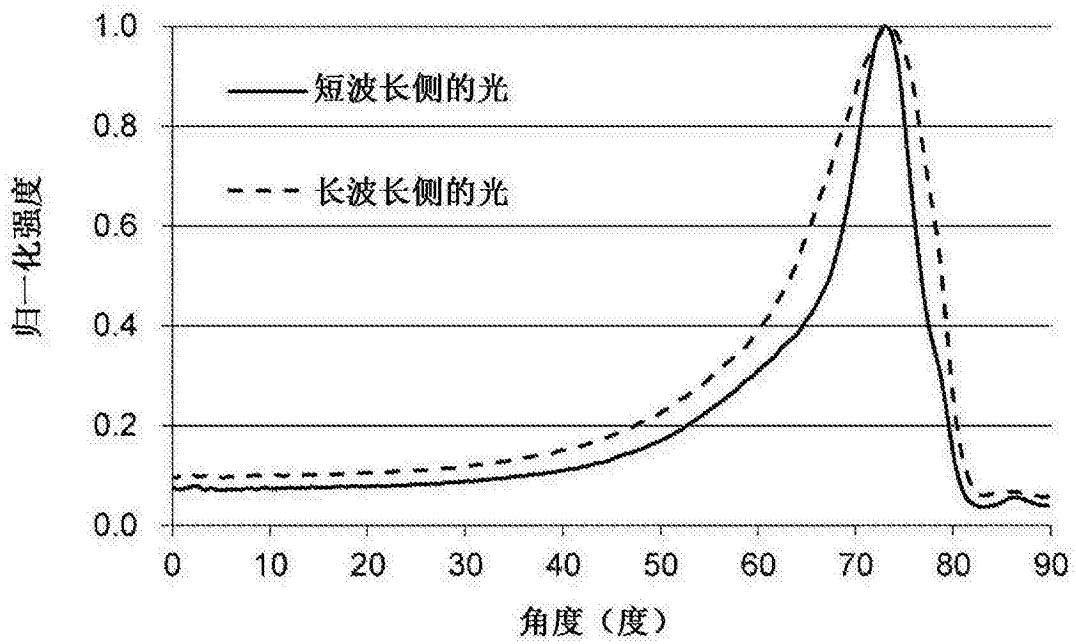


图 7

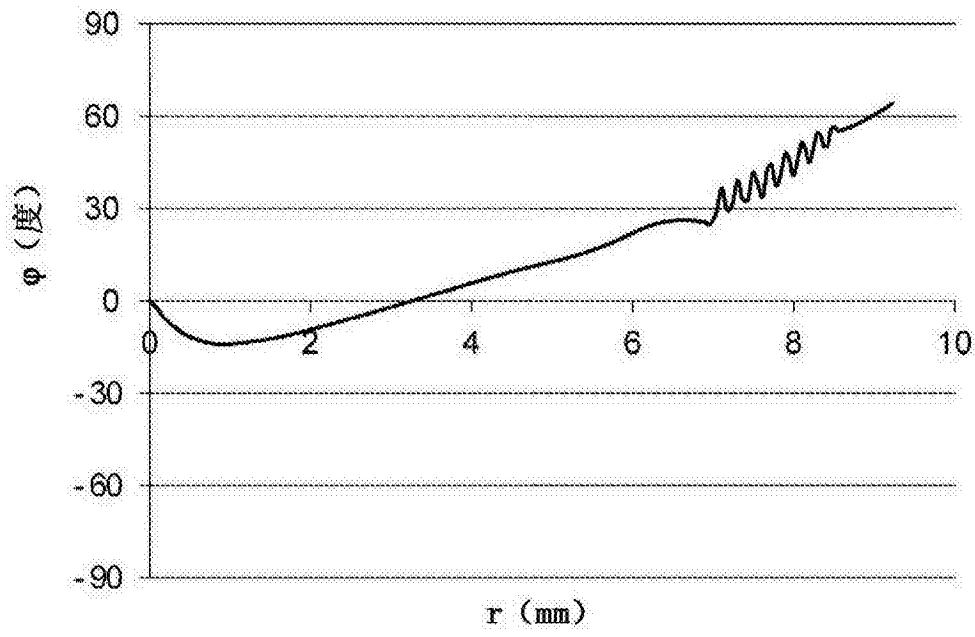


图 8

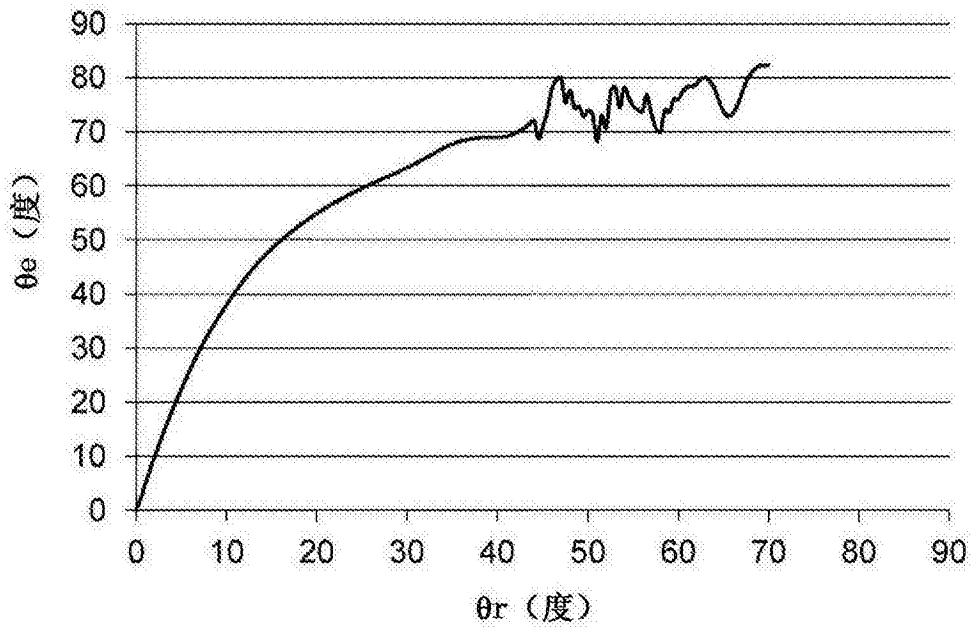


图 9

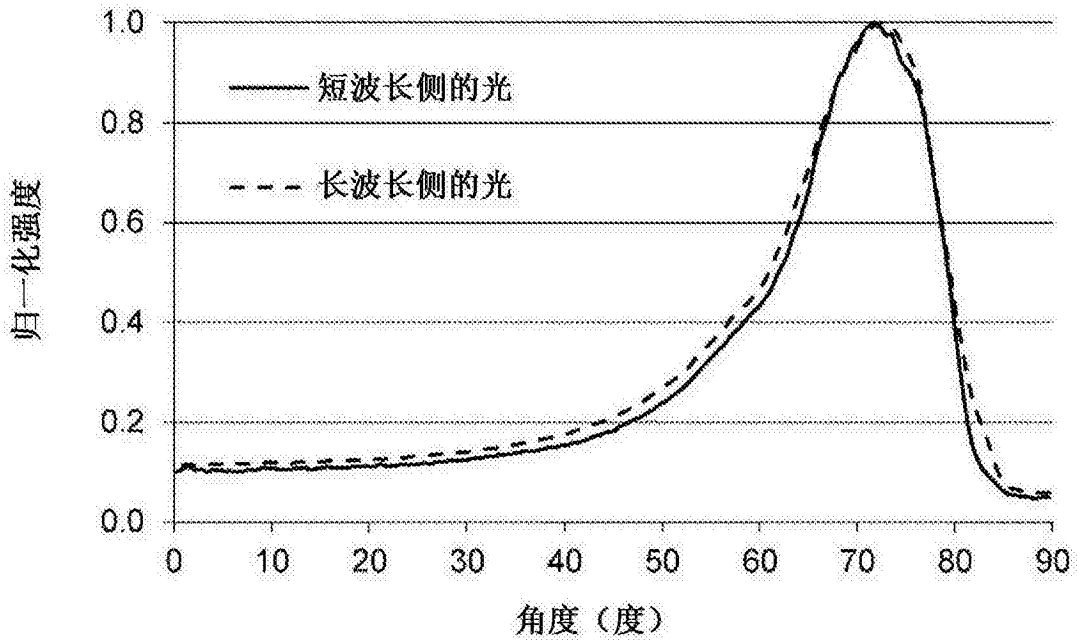


图 10

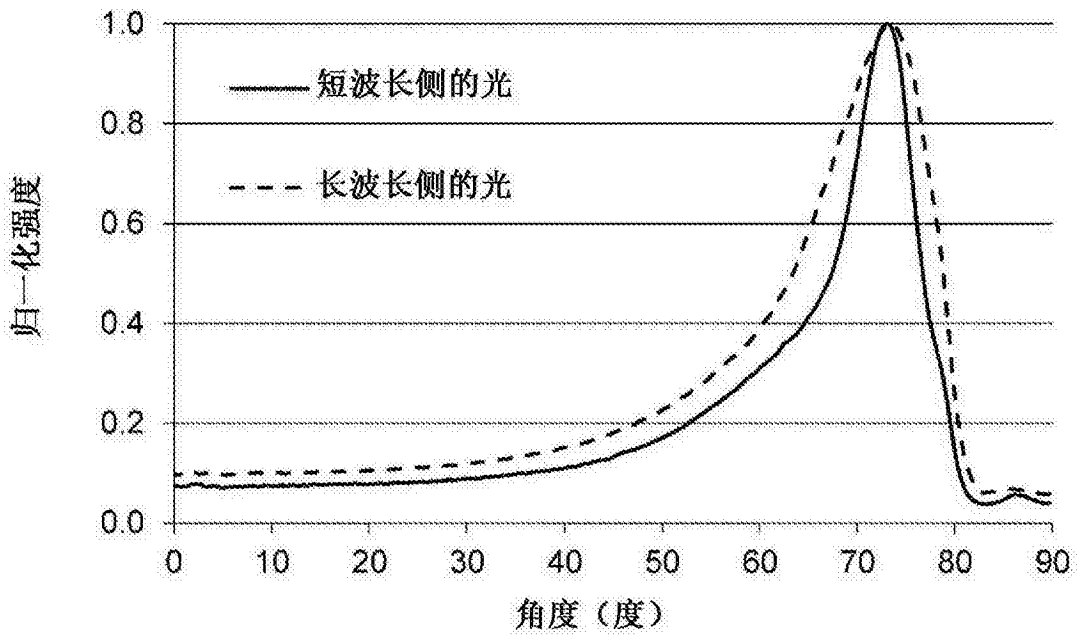


图 11

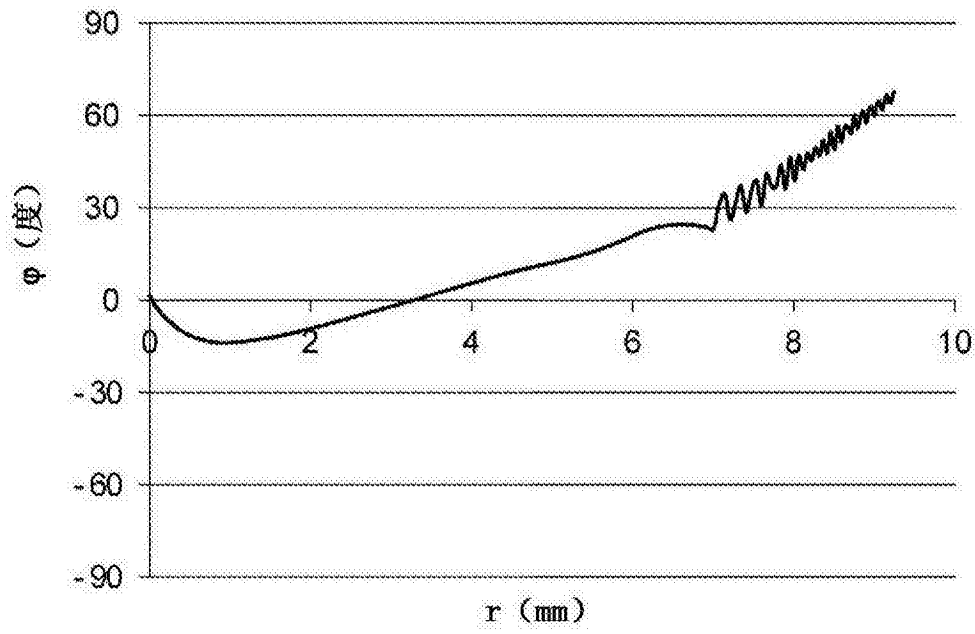


图 12

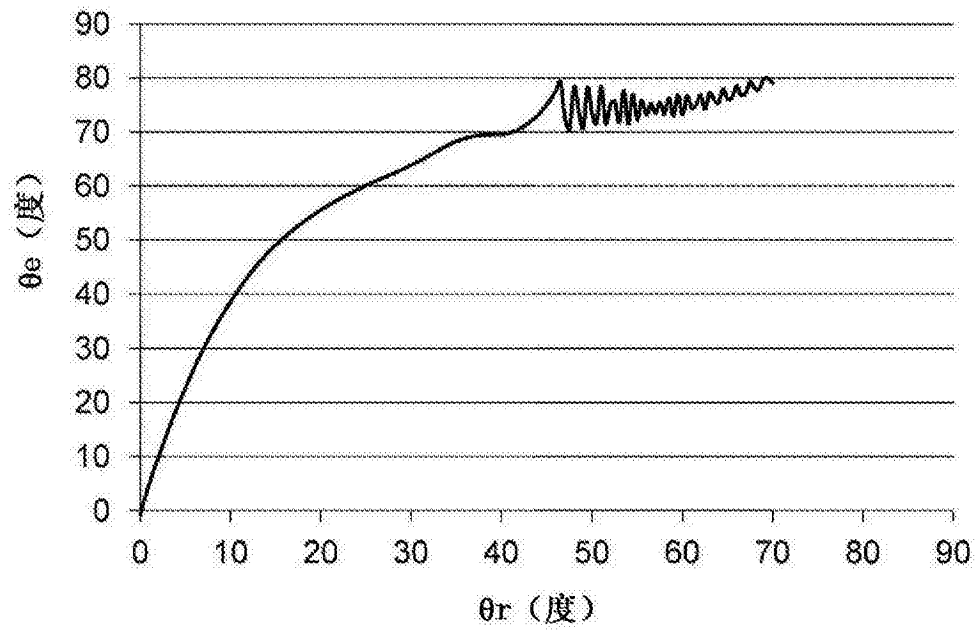


图 13

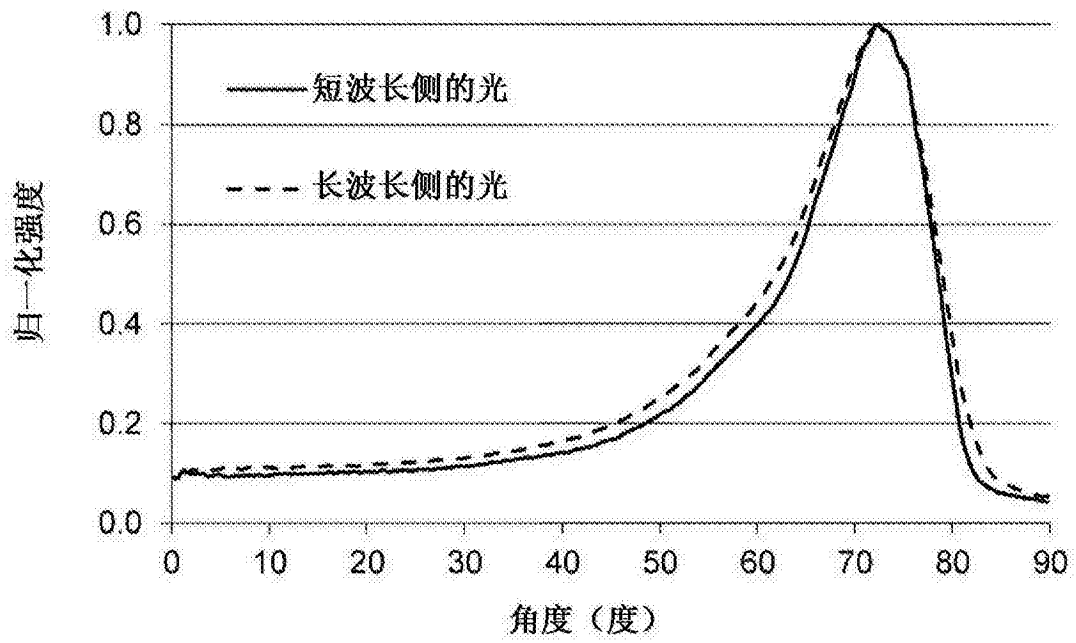


图 14

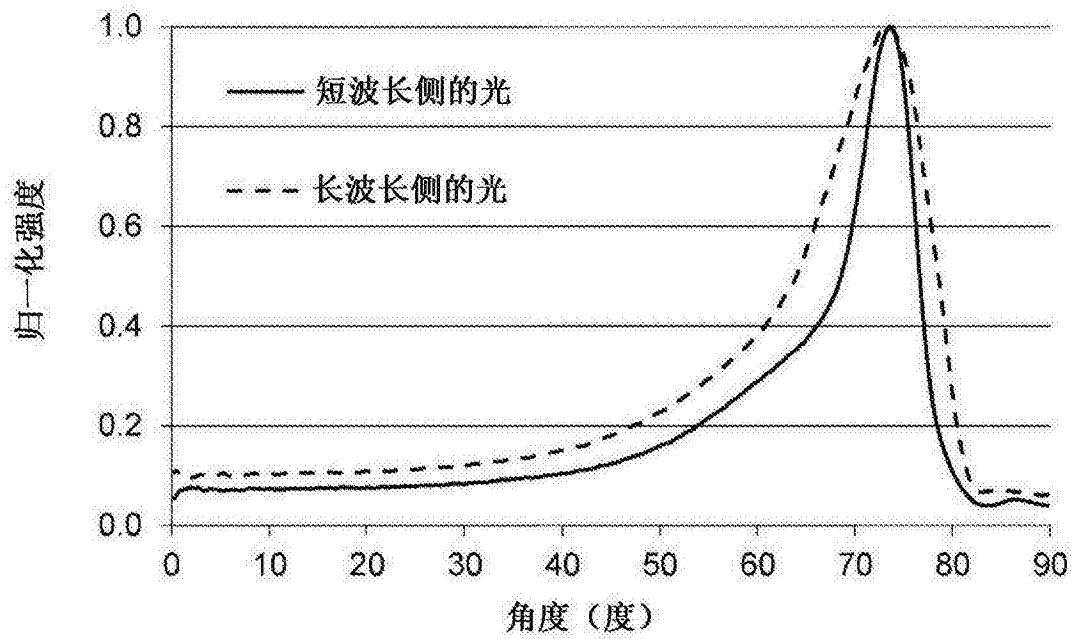


图 15