



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117881987 A

(43) 申请公布日 2024. 04. 12

(21) 申请号 202280055608.7

(22) 申请日 2022.03.18

(30) 优先权数据

2021-130655 2021.08.10 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.02.07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/012827 2022.03.18

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/017644 JA 2023.02.16

(71) 申请人 松下知识产权经营株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 饭山智子 市桥宏基

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

专利代理师 柯瑞京

(51) Int.Cl.

G02B 3/00 (2006.01)

H01S 5/02253 (2006.01)

H01S 5/02255 (2006.01)

H01S 5/14 (2006.01)

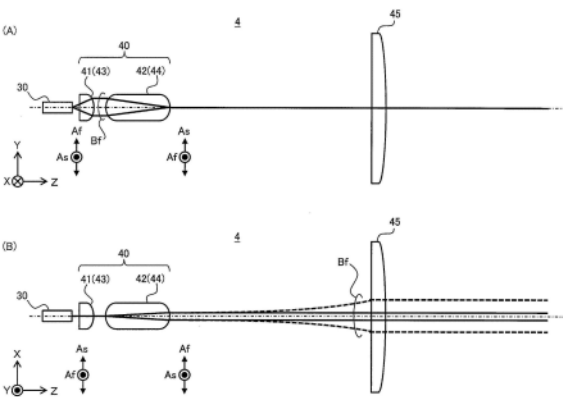
权利要求书2页 说明书15页 附图21页

(54) 发明名称

光学系统以及激光装置、准直透镜

(57) 摘要

光学系统(4)具备:第1准直透镜(41),与光源阵列(3)对置配置,在与多个光源(30)的排列方向(X)以及各光束的光轴方向(Z)交叉的垂直方向(Y)、和排列方向当中的至少垂直方向上,对各光束进行准直;光学元件(42),配置于第1准直透镜中的各光束的出射侧;和第2准直透镜(45),配置于光学元件中的各光束的出射侧,至少在排列方向上对各光束进行准直。第1准直透镜包含与光源阵列中的多个光源对应地在排列方向上排列的多个透镜部(43)。多个透镜部分别旋转非对称地设置,以使得在垂直方向上具有正光焦度,且在排列方向上具有正光焦度。



1. 一种光学系统,对来自排列有多个光源的光源阵列的多个光束进行导光,
所述光学系统具备:

第1准直透镜,与所述光源阵列对置配置,在与所述多个光源的排列方向以及各光束的光轴方向交叉的垂直方向、和所述排列方向当中的至少所述垂直方向上,对所述各光束进行准直;

光学元件,配置于所述第1准直透镜中的所述各光束的出射侧;和

第2准直透镜,配置于所述光学元件中的所述各光束的出射侧,至少在所述排列方向上对所述各光束进行准直,

所述第1准直透镜包含与所述光源阵列中的所述多个光源对应地在所述排列方向上排列的多个透镜部,

所述多个透镜部分别旋转非对称地设置,以使得在所述垂直方向上具有正光焦度,且在所述排列方向上具有正光焦度。

2. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,

所述光源阵列的各光束在所述排列方向上的发散角比所述垂直方向上的发散角小的状态下从各光源出射,

在所述第1准直透镜的各透镜部中,所述排列方向的正光焦度比所述垂直方向的正光焦度小。

3. 根据权利要求1或2所述的光学系统,其中,

所述第2准直透镜在所述排列方向上具有正光焦度,且在所述垂直方向上具有正光焦度。

4. 根据权利要求3所述的光学系统,其中,

所述第2准直透镜在所述光轴方向上旋转对称地设置,且从所述光学元件的出射侧的面隔开焦距来配置。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的光学系统,其中,

所述第1准直透镜配置成在所述垂直方向以及所述排列方向上对来自所述光源阵列的各光束进行准直,

所述第2准直透镜配置成在所述排列方向以及所述垂直方向上对来自所述光学元件的各光束进行准直。

6. 根据权利要求1~5中任一项所述的光学系统,其中,

所述光学元件使从所述第1准直透镜入射的各光束绕所述光轴方向旋转。

7. 根据权利要求1~6中任一项所述的光学系统,其中,

所述第1准直透镜中的所述各光束的出射侧的面按每个所述透镜部,在所述垂直方向上具有凸形状,且在所述排列方向上具有与所述垂直方向的所述凸形状不同的凸形状。

8. 根据权利要求7所述的光学系统,其中,

所述第1准直透镜中的所述各光束的入射侧的面是平面。

9. 根据权利要求7所述的光学系统,其中,

所述第1准直透镜中的所述各光束的入射侧的面在所述排列方向上按每个所述透镜部具有凸形状。

10. 根据权利要求7所述的光学系统,其中,

所述第1准直透镜中的所述各光束的入射侧的面在所述垂直方向上具有凸形状。

11. 根据权利要求1~6中任一项所述的光学系统,其中,

在所述第1准直透镜中,所述各光束的入射侧的面在所述排列方向上按每个所述透镜部具有凸形状,所述各光束的出射侧的面在所述垂直方向上具有凸形状。

12. 一种激光装置,具备:

光源阵列,包含在所述排列方向上排列且发出所述多个光束的多个光源;和

权利要求1~11中任一项所述的光学系统,对来自所述光源阵列的多个光束进行导光。

13. 根据权利要求12所述的激光装置,其中,

所述激光装置还具备:

衍射元件,在与从所述光源阵列在所述光学系统中被进行导光的各光束的波长相应的角度下,将各光束衍射;和

输出耦合器,使在所述衍射元件中衍射的光束的一部分反射而返回到所述光源,并输出该光束的剩余部分。

14. 根据权利要求13所述的激光装置,其中,

所述激光装置还具备:

加工头,将从所述光谐振器的输出耦合器输出的光束照射到加工对象物。

15. 一种准直透镜,将来自排列有多个光源的光源阵列的多个光束进行准直,

所述准直透镜包含与所述光源阵列中的所述多个光源对应地在排列方向上排列的多个第1透镜部,

所述多个第1透镜部分别旋转非对称地设置,以使得在与所述排列方向以及各光束的光轴方向交叉的垂直方向上具有正光焦度,且在所述排列方向上具有正光焦度。

16. 一种光学系统,具备:

权利要求15所述的准直透镜;和

光学元件,配置于所述准直透镜中的所述各光束的出射侧,

所述光学元件包含排列成使从所述准直透镜入射的各光束绕所述光轴方向旋转的多个第2透镜部。

17. 一种激光装置,具备:

光源阵列,包含在所述排列方向上排列且发出所述多个光束的多个光源;和

权利要求15所述的准直透镜,对来自所述光源阵列的多个光束进行导光。

光学系统以及激光装置、准直透镜

技术领域

[0001] 本公开涉及激光加工装置等中使用的光学系统以及激光装置、准直透镜。

背景技术

[0002] 专利文献1公开了将各个光束重合来形成耦合束的波长合成型的激光系统。在专利文献1中,出于增大光输出的观点,公开了将来自多个二极管条的光束聚光于光纤。此外,出于将激光系统小型化的目的,另外包含用于将波长合成中的耦合透镜的配置从焦距避开的光学系统,或使束转子旋转。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:美国专利第2016/0048028号说明书

发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 本公开提供能易于简单地构成对来自光源阵列的多个光束进行导光的光学系统的光学系统以及激光装置、准直透镜。

[0008] 用于解决课题的手段

[0009] 在本公开的一方式中,光学系统对来自排列有多个光源的光源阵列的多个光束进行导光。光学系统具备:第1准直透镜,与光源阵列对置配置,在与多个光源的排列方向以及各光束的光轴方向交叉的垂直方向、和排列方向当中的至少垂直方向上对各光束进行准直;光学元件,配置于第1准直透镜中的各光束的出射侧;和第2准直透镜,配置于光学元件中的各光束的出射侧,至少在排列方向上对各光束进行准直。第1准直透镜包含与光源阵列中的多个光源对应地在排列方向上排列的多个透镜部。多个透镜部分别旋转非对称地设置,以使得在垂直方向上具有正光焦度,且在排列方向上具有正光焦度。

[0010] 在本公开的一方式中,激光装置具备:光源阵列,包含在排列方向上排列且发出多个光束的多个光源;和对来自光源阵列的多个光束进行导光的上述光学系统。

[0011] 在本公开的一方式中,准直透镜对来自排列有多个光源的光源阵列的多个光束进行准直。准直透镜包含与光源阵列中的多个光源对应地在排列方向上排列的多个第1透镜部。多个第1透镜部分别旋转非对称地设置,以使得在与排列方向以及各光束的光轴方向交叉的垂直方向上具有正光焦度,且在排列方向上具有正光焦度。

[0012] 发明的效果

[0013] 根据本公开,能提供能易于简单地构成对来自光源阵列的多个光束进行导光的光学系统的光学系统以及激光装置、准直透镜。

附图说明

[0014] 图1是例示本公开的实施方式1所涉及的激光加工装置的结构图。

- [0015] 图2是例示实施方式1的激光加工装置中的光谐振器的结构的图。
- [0016] 图3是例示实施方式1的准直光学系统中的束扭转器单元 (BTU) 的结构的图。
- [0017] 图4是例示实施方式1的BTU中的快轴准直器 (FAC) 的结构的图。
- [0018] 图5是例示实施方式1的BTU中的束扭转器 (BT) 的结构的图。
- [0019] 图6是用于说明实施方式1的准直光学系统中的快轴的准直功能的图。
- [0020] 图7是用于说明准直光学系统的典型例的图。
- [0021] 图8是用于说明实施方式1的准直光学系统中的慢轴的准直功能的图。
- [0022] 图9是说明实施方式1的光谐振器中的光束的耦合方法的图。
- [0023] 图10是表示光谐振器中的谐振波长的光谱的图表。
- [0024] 图11是用于说明实施方式1的准直光学系统中的光点的数值模拟的图。
- [0025] 图12是表示实施方式1的准直光学系统中的数值实施例的图表。
- [0026] 图13是例示实施方式2所涉及的准直光学系统的结构的图。
- [0027] 图14是例示实施方式2中的FAC的结构的立体图。
- [0028] 图15是用于说明实施方式2的准直光学系统中的光点的数值模拟的图。
- [0029] 图16是表示实施方式2的准直光学系统中的数值实施例的图表。
- [0030] 图17是例示实施方式3中的FAC的结构的立体图。
- [0031] 图18是用于说明实施方式3的准直光学系统中的光点的数值模拟的图。
- [0032] 图19是表示实施方式3的准直光学系统中的数值实施例的图表。
- [0033] 图20是例示实施方式4中的FAC的结构的立体图。
- [0034] 图21是用于说明实施方式4的准直光学系统中的光点的数值模拟的图。
- [0035] 图22是表示实施方式4的准直光学系统中的数值实施例的图表。

具体实施方式

[0036] 以下,适当参考附图来详细说明实施方式。但有时会省略必要以上详细的说明。例如,有时会省略已经广为人知的事项的详细说明、对实质相同的结构的重复说明。这是为了避免以下的说明变得不必要地冗长,使本领域技术人员的理解容易。

[0037] 另外,申请人为了本领域技术人员充分理解本公开而提供附图以及以下的说明,但意图并不在于由此限定记载于权利要求书的主题。

[0038] (实施方式1)

[0039] 在实施方式1中,作为激光装置的一例而说明波长合成型的光谐振器以及具备该光谐振器的激光加工装置。

[0040] 1. 结构

[0041] 使用图1来说明实施方式1所涉及的激光加工装置以及光谐振器的结构。图1是表示本实施方式所涉及的激光加工装置1的结构的图。

[0042] 例如如图1所示那样,激光加工装置1具备光谐振器2、传输光学系统10、加工头11和控制器12。激光加工装置1是将激光照射到各种加工对象物15来进行各种激光加工的激光装置的一例。各种激光加工例如包含激光焊接、激光切断以及激光穿孔等。

[0043] 光谐振器2例如是在激光加工装置1中生成所输出的激光的激光装置的一例。在本实施方式中,光谐振器2是使多个光束在各个波长下谐振来进行合成的波长合型的外部

谐振器。根据波长合成型的光谐振器2,易于得到良好的束品质,容易缩小束直径。

[0044] 如图1所示那样,本实施方式所涉及的光谐振器2具备:排列有多个激光元件31~33的LD(激光二极管)阵列3;出射输出光的输出耦合器25;和配置于LD阵列3以及输出耦合器25之间的光学系统(4、20)。以下,将排列激光元件31~33的方向设为“X方向”,将LD阵列3从激光元件31~33出射的光束的光轴的方向设为“Z方向”,将与X、Z方向正交的方向设为“Y方向”。此外,有时将激光元件31~33的总称称作“激光元件30”。

[0045] 光谐振器2中的LD阵列3是包含多个激光元件30的光源阵列的一例。在图1中例示LD阵列3中所包含的3个激光元件31~33。LD阵列3中所包含的激光元件30的个数例如是数十个到数百个。

[0046] 光谐振器2中的光学系统(4、20)例如包含衍射元件20以及对入射到衍射元件20的各光束进行准直的准直光学系统4等。本实施方式的光谐振器2在经由这样的光学系统在LD阵列3与输出耦合器25之间进行往复的光路上使特定的波段的各光束谐振。

[0047] 在本实施方式中,在这样的光谐振器2中使用的光学系统中,提供能在确保激光加工装置1的束品质的同时通过削减部件件数等来将配置结构简单化的光学系统。关于光谐振器2中的光学系统等的结构,之后叙述。

[0048] 在激光加工装置1中,传输光学系统10是将来自光谐振器2的激光传输到加工头11的光学系统,例如包含光纤。加工头11例如与加工对象物15对置配置,是将从光谐振器2传输的激光照射到加工对象物15的装置。

[0049] 控制器12是控制激光加工装置1的整体动作的控制装置。控制器12例如具备与软件协作来实现给定的功能的CPU或MPU。控制器12可以具备存储各种程序以及数据的内部存储器、以及能通过使用者的操作来输入振荡条件等的各种接口。控制器12可以具备实现各种功能的ASIC、FPGA等硬件电路。此外,控制器12可以与光源的驱动电路一体构成。

[0050] 1-1.关于光谐振器

[0051] 使用图2来说明本实施方式所涉及的光谐振器2的光学系统等的结构。

[0052] 图2例示实施方式1的激光加工装置1中的光谐振器2的结构。在本实施方式的光谐振器2中,例如如图2所示那样,准直光学系统4包含BTU(束扭转器单元)40和FAC(快轴准直器)45(详细后述)。在本结构例中,光谐振器2可以还具备配置于衍射元件20以及输出耦合器25之间的望远镜光学系统26。

[0053] 在光谐振器2中,LD阵列3例如由直接二极管激光器构成。在LD阵列3的后侧(即-Z侧)端面实施例如反射率99.9%以上的高反射率涂层。在LD阵列3的前侧(即+Z侧)端面例如实施透射率99.9%以上的反射防止涂层。LD阵列3中的多个激光元件30例如具有与LD发光层的材质相应的共通的自然放出光谱。该光谱例如与谐振波段对应,例如是波长400nm~450nm这样的蓝色区域。

[0054] 在本实施方式中,LD阵列3从各激光元件30发出具有发散角比较大的快轴以及比较小的慢轴的光束(参考图6以及图8)。光束的快轴比慢轴更急速地使束直径扩大,且易于得到良好的束品质。各激光元件30是构成LD阵列3的发射器的光源的一例,分别向+Z侧出射光束。

[0055] 衍射元件20例如配置在从准直光学系统4的FAC45向+Z侧隔开距离的位置。衍射元件20例如是形成有透射型的衍射光栅的分散性元件。在本实施方式中,衍射元件20的衍射

光栅将来自多个激光元件31~33的光束向相同方向出射,从而满足用于进行耦合的衍射条件(详细后述)。衍射元件20并不特别限于透射型,也可以由反射型的衍射光栅构成。

[0056] 望远镜光学系统26例如由在与快轴对应的方向上具有光学光焦度的多个圆柱透镜构成。望远镜光学系统26例如将来自衍射元件20的光束中的快轴的束直径缩小,并出射到输出耦合器25。根据望远镜光学系统26,能降低关于光束的快轴的输出耦合器25的角度误差灵敏度。

[0057] 输出耦合器25配置在衍射元件20中发生衍射的光束所出射的方向上。输出耦合器25例如包含具有给定的透射率以及反射率的镜元件等。从衍射元件20入射到输出耦合器25的光束当中的与透射率相应的透射分量作为光谐振器2的输出而出射到例如传输光学系统10。另一方面,与反射率相应的反射分量由于光谐振而返回到衍射元件20。可以在输出耦合器25设置能调整这样的反射率以及透射率的机构。

[0058] 以上这样的光谐振器2的结构是一例,并不特别限定于该结构。例如,可以省略望远镜光学系统26。也可以取而代之或在此基础上包含用于在光谐振器2中进行各种调整的光学系统。此外,光谐振器2可以还具备1/2波长板或棱镜等各种光学元件。此外,光谐振器2中的LD阵列3的个数并不限于1个,也可以是多个。

[0059] 1-2. 准直光学系统

[0060] 使用图2~图5来说明本实施方式中的准直光学系统4的详细情况。

[0061] 例如如图2所示那样,在本实施方式的准直光学系统4中,在LD阵列3的+Z侧配置BTU40,在BTU40的+Z侧配置FAC45。图3例示准直光学系统4中的BTU40的结构。图3与BTU40中沿着激光元件30的光轴的XZ截面对应。

[0062] 例如如图3所示那样,准直光学系统4中的BTU40包含:与LD阵列3对置配置的FAC41;和配置于FAC41的+Z侧的BT(光束扭转器)42。以下,将BTU40内的FAC41称作第1FAC41,将BTU外的FAC45称作第2FAC45。第1FAC41在LD阵列3中的多个激光元件30的排列方向即X方向上延伸。

[0063] 本实施方式的第1FAC41构成为按X方向上排列的每个激光元件30具有正的光学光焦度(即正光焦度)的阵列状。通过这样的第1FAC41的导入,本实施方式的光谐振器2能实现整体的光学系统的结构的简单化。

[0064] 图4是例示本实施方式的BTU40中的第1FAC41的结构的立体图。本实施方式的第1FAC41由环形阵列构成,包含在X方向上排列的多个透镜部43。透镜部43是在第1FAC41中构成与各个激光元件30对应的透镜的部分。

[0065] 第1FAC41中的多个透镜部43例如具有相互相同的形状等,以与LD阵列3中的激光元件30间的间距同样的间距配置。例如,各透镜部43分别具有与来自对应的激光元件30的光束的光轴一致的光轴。第1FAC41例如从LD阵列3的出射侧隔开各透镜部43的焦距而配置(参考图3)。

[0066] 本实施方式的第1FAC41对应于激光元件30的快轴Af以及慢轴As的特性,在各透镜部43中由与Y方向上的正光焦度相比减小了X方向上的正光焦度的透镜形状构成。第1FAC41的透镜部43是本实施方式中的第1透镜部43的一例。

[0067] 在图4的结构例中,在第1FAC41中的+Z侧出射光束的透镜面即出射面按每个透镜部43由环形非球面构成。这样的第1FAC41的出射面按每个透镜部43相对于各个光轴旋转非

对称。

[0068] 此外,在本结构例中,在第1FAC41中的-Z侧从激光元件30入射光束的透镜面、即入射面是平面。根据本结构例,能不需要入射面与出射面之间的轴匹配,能使第1FAC41的制造容易化。关于这样的第1FAC41的数值实施例,之后叙述。

[0069] 图5是表示BT42的结构例的立体图。BT42例如是使多个光束分别旋转的光学元件,包含多个斜行的透镜部44。斜行透镜部44在BT42中是构成每个激光元件30的透镜的部分,例如构成圆柱透镜。斜行透镜部44是本实施方式中的第2透镜部的一例。另外,BT42和第1FAC41并不特别限于BTU40这样的一体的提供,例如也可以与BT42分体来提供第1FAC41。

[0070] BT42例如形成为在X方向上以给定的间距排列多个斜行透镜部44。斜行透镜部44例如相对于X、Y方向双方倾斜 45° 。BT42中的斜行透镜部44的倾斜不一定是 45° ,例如也可以相对于Y方向为 $40^\circ \sim 50^\circ$ 。

[0071] BT42例如可以相对于第1FAC41以及LD阵列3绕中央等特定的激光元件30的光轴旋转给定的微小角度(例如 0.01° 以下)来进行安装。由此,也可以使BT42具有使得通过的多个光束以随着行进而相互靠近的光线角度出射的聚光功能(例如参考专利文献1)。

[0072] 回到图2,在本实施方式的准直光学系统4中,第2FAC45例如由球面透镜构成,具有正光焦度。例如,第2FAC45绕从LD阵列3中的中央等特定的激光元件30出射的光束的光轴而旋转对称地配置。例如第2FAC45例如配置在从BTU40的出射面向光束所行进的正Z侧隔开焦距的位置。

[0073] 第2FAC45并不特别限于球面透镜,例如也可以是旋转对称的非球面透镜,还可以是变形非球面透镜等旋转非对称的透镜。此外,第2FAC45并不限于1片透镜元件,也可以由多片透镜元件构成。例如,第2FAC45也可以组合正透镜和负透镜来构成,以使得具有比1片正透镜的焦距长的合成焦距。此外,第2FAC45并不特别限于折射透镜,也可以是衍射透镜。

[0074] 1-2-1.快/慢轴的准直功能

[0075] 使用图6~图8来说明以上那样构成的本实施方式的准直光学系统4对来自LD阵列3的各光束进行准直的功能。

[0076] 图6是用于说明本实施方式的准直光学系统4中的快轴Af的准直功能的图。图6的(A)表示从X侧观察准直光学系统4的侧视图。图6的(B)表示从Y侧观察准直光学系统4的侧视图。在图6的(A)、(B)中,例示与来自1个激光元件30的光束对应的各透镜部43、44。

[0077] 在图6的(A)、(B)中,例示关于光束的快轴Af的分量Bf。在激光元件30的光束入射到准直光学系统4前,光束的快轴Af朝向Y方向,慢轴As朝向X方向。

[0078] 在本实施方式的准直光学系统4中,例如如图6的(A)所示那样,第1FAC41在与快轴Af对应的Y方向上对来自激光元件30的光束进行准直,将准直的光束出射到BT42。

[0079] BT42使从激光元件30经由第1FAC41入射的光束在XY平面中旋转旋转角度 90° 。由此,从BT42出射的光束的快轴Af朝向X方向,慢轴As朝向Y方向。

[0080] 如图6的(B)所示那样,从BT42出射的光束关于与快轴Af对应的分量Bf,基本上向Z侧直线行进。但根据光的波动性的作用,随着光束向+Z侧前进,与快轴Af对应的束直径会因衍射的影响而扩展。

[0081] 因此,在BT42的正Z侧,第2FAC45对这样扩展的束直径的光束进行准直,例如抑制了光束的快轴Af的分量Bf中的波动性的衍射的影响。通过这样的快轴Af的准直功能,本实施

方式的准直光学系统4例如能在快轴Af上将束品质良好的光束输出到光谐振器2的衍射元件20等(参考图2)。

[0082] 本实施方式的准直光学系统4除了上述这样的快轴Af的准直功能以外还具有慢轴As的准直功能。在其说明之前,说明具有这样的准直功能的典型的现有结构(例如参考专利文献1)。

[0083] 图7是用于说明上述的典型例的准直光学系统4x的图。图7的(A)表示准直光学系统4x的从X侧的侧视图,图7的(B)表示从Y侧的侧视图。在图7的(A)、(B)中,例示准直光学系统4x中的光束的快轴Af的分量Bf以及慢轴As的分量Bs。

[0084] 现有的准直光学系统4x除了BTU40x以及第2FAC45x以外,还具备SAC(慢轴准直器)46。此外,现有的各FAC41x、FAC45x在透镜形状等结构中与本实施方式的准直光学系统4中的各FAC41、45不同。

[0085] 例如如图7的(A)、(B)所示那样,现有的第1FAC41x由仅在与快轴Af对应的Y方向上具有正光焦度的圆柱透镜构成。在本例中,来自激光元件30的光束通过第1FAC41x仅在快轴Af的分量Bf上被准直,并入射到BT42。若这样的典型例中的光束从BT42出射,则例如如图7的(A)所示那样,慢轴As的分量Bs成为发散光。

[0086] 例如如图7的(A)、(B)所示那样,SAC46配置于BTU40x与FAC45x间,由仅在与慢轴As对应的Y方向上具有正光焦度的圆柱透镜构成。在本例中,来自BT42的光束通过SAC46在慢轴As的分量Bs上被准直,并出射到FAC45x。

[0087] 例如如图7的(A)、(B)所示那样,现有的第2FAC45x由仅在与快轴Af对应的X方向上具有正光焦度的圆柱透镜构成。如图7的(B)所示那样,通过第2FAC45x,抑制了快轴Af的分量Bf中的光的波动性的影响。

[0088] 如以上那样,现有的准直光学系统4x在快轴Af的准直功能中使用2个FAC41x、45x,在慢轴As的准直功能中使用1个SAC46。在这样的现有结构中,为了分别实现各轴Af、As的准直功能,需要除了BTU40x和第2FAC45x以外,还将SAC46相互精度良好地进行配置,会招致配置结构的复杂化以及装置结构的大型化。

[0089] 因此,在本实施方式的准直光学系统4中,省去上述这样的现有结构的SAC46,取而代之在第1以及第2FAC41、45中采用能实现慢轴As的准直功能的透镜形状。由此,能提供在维持各轴Af、As的准直功能的同时简化了省去的SAC46的部分的配置结构且还能小型化的准直光学系统4。

[0090] 图8是用于说明本实施方式的准直光学系统4中的慢轴As的准直功能的图。图8的(A)、(B)分别与图6的(A)、(B)同样地表示准直光学系统4的各透镜部43、44的从X、Y侧的侧视图。在图8的(A)、(B)中,例示准直光学系统4中的光束的慢轴As的分量Bs。

[0091] 在本实施方式的准直光学系统4中,例如如图8的(B)所示那样,BTU40内的第1FAC41由在与慢轴As对应的X方向上也具有正光焦度的形状构成。这样的第1FAC41还承担本实施方式的准直光学系统4中的慢轴As的准直功能。即,若来自激光元件30的光束入射到第1FAC41,则除了快轴Af的分量Bf(图6的(A))以外,如图8的(B)所示那样,在慢轴As的分量Bs上也被准直。

[0092] 进而,在本实施方式的准直光学系统4中,例如如图6的(A)所示那样,从BTU40出射后的第2FAC45由在与慢轴As对应的Y方向上也具有正光焦度的形状构成。根据这样的结构,

关于慢轴As的准直功能,能消除通过对现有的准直光学系统4x进行上述的改变而新产生的问题点。关于这一点,以下进行说明。

[0093] 在本实施方式的准直光学系统4中,从第1FAC41入射到BT42的光束通过上述的各轴Af、As的旋转,例如如图8的(A)所示那样,使慢轴As朝向Y方向地从BT42出射。这样从BT42出射的光束的分量Bs由于在BT42的入射前在第1FAC41中在慢轴As上准直完毕(图8的(B)),因此,在几何光学上成为与Z方向平行的光线。

[0094] 但在上述这样的BT42的入射前的准直中,如图8的(A)所示那样,在BT42的出射后的+Z侧,在光束的慢轴As的分量Bs中,也会招致光的波动性的衍射的影响。因此,尽管一次进行了慢轴As的准直,但也会越向+Z侧前进,则慢轴As的束直径越继续扩展,从而会产生难以对衍射元件20等供给小直径的光束这样的新的问题点。

[0095] 因此,如图8的(A)所示那样,本实施方式的准直光学系统4通过BT42的出射侧的第2FAC45而在慢轴As的Y方向上也将光束再次准直。由此,本实施方式的准直光学系统4能抑制慢轴As的波动光学性的束直径的扩展,从而消除上述的问题点。

[0096] 此外,根据本实施方式中的第1FAC41的准直,如图8的(A)所示那样,如上述那样慢轴As的束直径开始扩展的波源位于BT42的出射面附近,能与快轴Af的波源的位置一致(参考图6的(B))。因而,本实施方式中的第2FAC45能采用这样的波源的位置成为焦点位置这样的旋转对称的透镜形状,能以简单的结构来实现。另外,第2FAC45可以是变形非球面等旋转非对称的透镜形状。

[0097] 此外,例如出于减小慢轴As的束直径的观点,本实施方式的准直光学系统4中的第2FAC45的配置靠近BT42至现有的准直光学系统4x中配置SAC46的位置程度。由此,能将准直光学系统4构成得小型,进而也能实现光谐振器2的小型化。此外,并不限于慢轴As,快轴Af的束直径也易于成为小直径。

[0098] 2. 动作

[0099] 以下说明以上那样构成的激光加工装置1以及光谐振器2的动作。

[0100] 本实施方式的激光加工装置1(图1)例如基于控制器12中设定的振荡条件来驱动光谐振器2的LD阵列3,使光谐振器2生成激光。激光加工装置1例如通过控制器12的控制,从加工头11对加工对象物15照射由光谐振器2生成的激光,进行各种激光加工。

[0101] 例如在以上这样的激光加工装置1中,光谐振器2的准直光学系统4通过上述的快轴Af以及慢轴As的准直功能来对来自LD阵列3的多个光束进行准直,并供给到衍射元件20。

[0102] 衍射元件20例如按照下式(1)这样的衍射条件来使光衍射,以使得具有波长 λ 的光若以入射角 α 入射就以衍射角 β 出射,由此将来自各LD阵列3的多个光束耦合。

$$[0103] \quad \sin\alpha + \sin\beta = m\lambda/d \cdots (1)$$

[0104] 在此,d是衍射元件20的间距,m表示衍射次数。图9是说明光谐振器2的衍射元件20中的光束的耦合方法的图。

[0105] 例如如图9所示那样,在衍射元件20中,来自各激光元件31、32、33的各光束的入射角 $\alpha = \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 相互不同。在本实施方式的光谐振器2中,例如基于上式(1)来对各激光元件31、32、33设定不同的谐振波长 $\lambda = \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$,以使得各光束的衍射角 β 相同。由此,来自多个LD阵列3的光束在图9例示那样的光路中,在衍射后从衍射元件20向相同方向出射。

[0106] 图10是表示光谐振器2中的谐振波长 λ 的光谱的图表。在图10的图表中,横轴表示

波长,纵轴表示光的强度。

[0107] 在图10中示出LD阵列3中的多个激光元件31~33中的各个谐振光谱S1~S3和共同的自然放出光谱S0。各谐振光谱S1、S2、S3表示各个LD31、32、33的谐振波长 λ 的分布。自然放出光谱S0例如包含蓝色区域等特定的波段。这样耦合的光束例如经由望远镜光学系统26入射到输出耦合器25。

[0108] 输出耦合器25通过使衍射元件20中耦合的光束的一部分反射并在望远镜光学系统26等中逆行,从而使其返回到各激光元件30。例如,通过图9例示的光路的逆行,具有多个波长 $\lambda=\lambda_1\sim\lambda_3$ 的光束与从各激光元件31、32、33向衍射元件20的入射角 α 同样地,在衍射元件20中按波长 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 区分地分离成不同的角度 α_1 、 α_2 、 α_3 而出射。分离的各光束进一步在准直光学系统4等中逆行,并分别返回到入射源的激光元件31、32、33。

[0109] 如此地,在光谐振器2中,遍及各种谐振波长 $\lambda=\lambda_1\sim\lambda_3$ 来供给激光振荡用的返回光,能在LD阵列3的后侧端面与输出耦合器25之间产生光谐振。此外,通过了输出耦合器25的光束例如作为激光加工装置1的输出而利用。

[0110] 2-1. 光点的数值模拟

[0111] 通过针对以上这样的激光加工装置1中的光谐振器2中得到的光束的点、即光点的数值模拟,来确认本实施方式的准直光学系统4的效果。使用图11来说明这样的数值模拟。

[0112] 图11是用于说明本实施方式中的光点的数值模拟的图。图11的(A)表示典型例的准直光学系统4x的模拟结果。图11的(B)表示本实施方式的准直光学系统4的模拟结果。

[0113] 在图11中,进行来自LD阵列3中的1个激光元件30的光束所形成的光点的数值模拟。在本模拟中,对于上述的现有的具备各FAC41x、45x的典型例的准直光学系统4x(图7)和本实施方式的具备各FAC41、45的准直光学系统4进行光点的数值计算。

[0114] 在图11的(A)、(B)中,分别示出作为在衍射元件20的入射面形成的光点的模拟结果而得到的光强度的二维分布。在图11的(A)、(B)中,横轴表示与快轴Af对应的X方向的位置,纵轴表示与慢轴As对应的Y方向的位置,分别是mm单位。此外,在图中,以浓淡表示光强度的大小,大致白色的部分表示光点。

[0115] 如图11的(B)所示那样,根据本实施方式的准直光学系统4,确认到:与图11的(A)的情况相比,在X方向即快轴Af上,能减小光点的大小(即束直径)。由此,能提升波长合成型的光谐振器2中的束品质。

[0116] 此外,在Y方向即慢轴As上,本实施方式的束直径(图11的(B))也能得到毫不逊色于典型例的束直径(图11的(A))的程度的结果。即,确认到:本实施方式的准直光学系统4消除了关于慢轴As的准直功能的上述的新的问题点,能对衍射元件20供给充分小的直径的光束。

[0117] 进而,根据本实施方式的准直光学系统4,还由于如上述那样能在快轴Af的方向上较小地得到束直径,因此,能使光谐振器2的结构更加简单化。例如,从衍射元件20在出射侧的望远镜光学系统26中,特别在快轴Af的方向上不再需要将光点缩小,能省略望远镜光学系统26。

[0118] 2-2. 数值实施例

[0119] 使用图12来说明以上这样的本实施方式的准直光学系统4中的第1FAC41的数值的实施例。

[0120] 图12是表示本实施方式的准直光学系统4中的数值实施例的图表。图12的图表关于本实施方式的第1FAC41包含透镜厚度数据D1和出射面数据D11。另外,如前述那样,本实施方式的第1FAC41的入射面是平面。

[0121] 透镜厚度数据D1表示Z方向上的第1FAC41的透镜部43的厚度。在图12的图表中,示出与第1FAC41中的1个透镜部43的部分相关的各种尺寸,作为透镜厚度等长度的单位,例如使用毫米。

[0122] 出射面数据D11规定第1FAC41中的透镜部43的出射侧的透镜面的形状。例如如图12所示那样,本实施方式的出射面数据D11包含X曲率半径、Y曲率半径、X、Y方向上的圆锥常数KX、KY、旋转对称的变形系数AR、BR、CR、DR、和非旋转对称的变形系数AP、BP、CP、DP。X曲率半径是X方向上的透镜部43的曲率半径。Y曲率半径是Y方向上的透镜部43的曲率半径。各曲率半径例如在穿过透镜部43的光轴的截面中的顶点附近测量。本实施方式的第1FAC41的出射面按每个透镜部43构成由下式(2)规定的变形非球面。

[0123] [数学式1]

$$z = \frac{CUXx^2 + CUYy^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + KX)CUX^2x^2 - (1 + KY)CUY^2y^2} + AR\{(1 - AP)x^2 + (1 + AP)y^2\}^2 + BR\{(1 - BP)x^2 + (1 + BP)y^2\}^3 + CR\{(1 - CP)x^2 + (1 + CP)y^2\}^4 + DR\{(1 - DP)x^2 + (1 + DP)y^2\}^5} \quad \dots (2)$$

[0125] 在上式(2)中,x、y分别表示X、Y方向上的透镜面上的位置,z表示Z方向上的透镜面的矢高量。此外,CUX表示X方向上的曲率,与X曲率半径对应。CUY表示Y方向上的曲率,与Y曲率半径对应。

[0126] 本实施方式的FAC41是按每个透镜部43满足上式(2)的环形阵列。这样的透镜部43的出射侧的透镜面是旋转非对称的凸面,即,在X、Y方向上分别向+Z侧凸,且各个凸形状相互不同。

[0127] 例如如图12所示那样,在本实施方式的第1FAC41中,在出射面中,X曲率半径的绝对值比Y曲率半径的绝对值大,即,X方向的正光焦度比Y方向的正光焦度小。根据这样的第1FAC41,能易于进行与激光元件30的快轴Af和慢轴As的各自的特性相应的准直。

[0128] 3. 总结

[0129] 如以上那样,本实施方式中的准直光学系统4是对来自排列有作为多个光源的激光元件30的光源阵列的一例的LD阵列3的多个光束进行导光的光学系统的一例。准直光学系统4具备第1准直透镜的一例即第1FAC41、光学元件的一例即BT42、和第2准直透镜的一例即第2FAC45。第1FAC41与LD阵列3对置配置,在与多个激光元件30的排列方向的一例的Y方向以及各光束的光轴方向的一例的Z方向交叉的垂直方向的一例的Y方向、和X方向当中的至少Y方向上,对各光束进行准直。BT42配置在FAC41中的各光束的出射侧(+Z侧)。第2FAC45配置在BT42中的各光束的出射侧,至少在X方向上对各光束进行准直。第1FAC41包含与LD阵列3中的多个激光元件30对应地在X方向上排列的多个透镜部43。多个透镜部43分别旋转非对称地设置,以使得在Y方向上具有正光焦度,且在X方向上具有正光焦度。

[0130] 根据以上的准直光学系统4,通过导入由在X方向上也有正光焦度的透镜部43构成

环形阵列的第1FAC41,能易于简单地构成对来自LD阵列3的多个光束进行导光的光学系统。

[0131] 在本实施方式中,LD阵列3的各光束在与快轴Af对应的X方向上的发散角比与慢轴As对应的Y方向上的发散角小的状态下从各激光元件30出射(参考图6的(A)以及图8的(B))。在第1FAC41的各透镜部43中,X方向的正光焦度比Y方向的正光焦度小。

[0132] 根据以上的准直光学系统4,第1FAC41能与在来自激光元件30的光束中慢轴As的分量Bs的发散角比快轴Af的分量Bf的发散角小的特性相匹配地,在与慢轴As对应的Y方向上,以比X方向小的正光焦度对光束进行导光。如此地,能从第1FAC41进行与2轴Af、As间不同的发散角的特性相匹配的各光束的导光,能易于进行用于LD阵列3这样的光源阵列的光学系统的结构的简单化。

[0133] 在本实施方式中,第2FAC45在X方向上具有正光焦度且在Y方向上具有正光焦度。由此,在第2FAC45中,也是不仅能在快轴Af上,还能在慢轴As上进行光束的准直等导光,易于实现准直光学系统4的结构的简单化。

[0134] 在本实施方式中,第2FAC45在Z方向上旋转对称地设置,从BT42的出射侧的面隔开焦距而配置。由此,能简单地构成在快轴Af以及慢轴As上进行光束的准直的第2FAC45,能将准直光学系统4的结构简单化。

[0135] 在本实施方式中,第1FAC41配置成在Y方向以及X方向上对来自LD阵列3的各光束进行准直。第2FAC45配置成在X方向以及Y方向上对来自BT42的各光束进行准直。由此,关于快轴Af以及慢轴As双方,通过第1FAC41对各光束进行准直,且通过第2FAC45对从BT42会因光的波动性的影响而扩展的各光束进行准直,能使从准直光学系统4输出的光束的束品质良好。

[0136] 在本实施方式中,BT42使从第1FAC41入射的各光束绕Z方向旋转。由此,使光束的快轴Af朝向光束的排列方向的X方向,从而能在准直光学系统4中进行能在束品质良好的快轴Af上进行多个光束的波长合成的光束的输出。

[0137] 在本实施方式中,第1FAC41中的各光束的出射侧的面按每个透镜部43在Y方向上具有凸形状,且在X方向上具有与Y方向的凸形状不同的凸形状。由此,能在第1FAC41的出射面中按每个透镜部43旋转非对称地控制光束的导光,能实现作为准直光学系统4整体的结构的简单化。

[0138] 在本实施方式中,第1FAC41中的各光束的入射侧的面是平面。由此,在第1FAC41中能并不特别需要入射面与出射面间的轴匹配等,能将第1FAC41的制造简单化。

[0139] 在本实施方式中,例如光谐振器2等激光装置具备:包含在X方向上排列且发出多个光束的多个激光元件30在内的LD阵列3;和对来自LD阵列3的多个光束进行导光的准直光学系统4。根据这样的激光装置,通过准直光学系统4的第1FAC41,能易于简单地构成利用了LD阵列3的激光装置中的光学系统。

[0140] 在本实施方式中,激光装置的一例的光谐振器2还具备衍射元件20和输出耦合器25。衍射元件20在与从LD阵列3在光学系统中被进行导光的各光束的波长相应的角度下将各光束衍射。输出耦合器25使在衍射元件20中衍射的光束的一部分反射而返回到激光元件30,并输出该光束的剩余部分。在这样的光谐振器2中,通过准直光学系统4的第1FAC41,能易于简单地构成光学系统。

[0141] 在本实施方式中,激光装置的再一例的激光加工装置1除了光谐振器2的结构以

外,还具备将从光谐振器2的输出耦合器25输出的光束照射到加工对象物的加工头11。在这样的激光加工装置1中,通过准直光学系统4的第1FAC41,能易于简单地构成光学系统。

[0142] 在本实施方式中,第1FAC41是对来自排列有多个激光元件30的LD阵列3的多个光束进行准直的准直透镜的一例。第1FAC41包含透镜部43,来作为与LD阵列3中的多个激光元件30对应地在X方向上排列的多个第1透镜部的一例。多个透镜部43分别旋转非对称地设置,以使得在Y方向上具有正光焦度,且在X方向上具有正光焦度。根据这样的第1FAC41,能易于简单地构成对来自LD阵列3等光源阵列的多个光束进行导光的各种光学系统。

[0143] 在本实施方式中,BTU40是具备第1FAC41和配置于第1FAC41中的各光束的出射侧的BT42的光学系统的一例。BT42包含斜行透镜部44,来作为排列成使从第1FAC41入射的各光束绕Z方向旋转的多个第2透镜部的一例。根据这样的BTU40,也能易于简单地构成对来自LD阵列3等的多个光束进行导光的光学系统。

[0144] 在本实施方式中,可以提供如下激光装置,该激光装置具备:包含在X方向上排列且发出多个光束的多个激光元件30在内的LD阵列3;和对来自LD阵列3的多个光束进行导光的第1FAC41。例如,可以提供对LD阵列3组装有BTU40的激光模块。此外,在这样的激光模块中,可以省略BT42。在使用这样的激光模块的各种系统中,通过第1FAC41,能易于简单地构成光学系统。

[0145] (实施方式2)

[0146] 以下,使用图13~图16来说明实施方式2。在实施方式1中,说明了准直光学系统4中的第1FAC41的入射面是平面的示例。在实施方式2中,说明使第1FAC的入射面具有正光焦度的准直光学系统。

[0147] 以下,适当省略与实施方式1所涉及的激光加工装置1以及光谐振器2等激光装置、准直光学系统4等光学系统以及第1FAC4同样的结构、动作的说明,来说明本实施方式所涉及的准直光学系统以及第1FAC。

[0148] 图13例示实施方式2所涉及的准直光学系统4a的结构。图13(A)、(B)分别与图6的(A)、(B)等同样地示出本实施方式的准直光学系统4a的从X、Y侧的侧视图。本实施方式的准直光学系统4a在与实施方式1的准直光学系统4同样的结构中具备具有与实施方式1的透镜部43不同的透镜部43a的形狀的第1FAC41a。

[0149] 图14例示实施方式2中的第1FAC41a的结构。在本实施方式的第1FAC41a中,-Z侧的入射面由按每个透镜部43a具有X方向上的正光焦度且在Y方向上不具有光学光焦度的圆柱面构成。此外,本实施方式的第1FAC41a中的+Z侧的出射面由具有Y方向上的正光焦度且在X方向上不具有光学光焦度的圆柱面构成。

[0150] 以上那样构成的第1FAC41a在入射面承担慢轴As的准直功能,在出射面承担快轴Af的准直功能。通过这样的结构,在1FAC41a中也能不需要在入射面与出射面之间进行轴匹配,能使第1FAC41a的制造容易化。

[0151] 返回到图13,在本实施方式的准直光学系统4a中,第2FAC45可以具有比实施方式1的第2FAC45短的焦距。第2FAC45例如以缩短了焦距的量来靠近BT42的出射面而配置。

[0152] 图15是用于说明实施方式2的准直光学系统4a中的光点的数值模拟的图。图15的(A)例示本实施方式的准直光学系统4a中的第2FAC45的焦距与实施方式1同样的情况。图15的(B)例示从图15的(A)将第2FAC45的焦距缩短为一半的情况。

[0153] 如图15的(A)、(B)所示那样,确认到:根据本实施方式的准直光学系统4a,与实施方式1同样,能得到光点充分小的光束。此外,例如如图15的(B)所示那样,通过缩短第2FAC45的焦距,与实施方式1等同样,也能使Y方向(慢轴As)上的光点的尺寸充分小。

[0154] 图16是表示实施方式2的准直光学系统4a中的数值实施例的图表。图16的图表关于本实施方式的第1FAC41a,包含与实施方式1同样的透镜厚度数据D1、入射面数据D10a和出射面数据D11a。

[0155] 例如如图16所示那样,本实施方式的入射面数据D10a关于第1FAC41a中的透镜部43a的入射侧的透镜面,包含X曲率半径、圆锥常数k和各种非球面系数A、B、C、D。圆锥常数k以及各种非球面系数A~D表示规定非球面的形状的下式(3)的各种系数。

[0156] [数学式2]

$$[0157] \quad z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k)c^2r^2}} + Ar^4 + Br^6 + Cr^8 + Dr^{10} \quad \dots(3)$$

[0158] 在上式(3)中,z是透镜面的矢高量,r是相对于基准位置的透镜面上的距离,c是透镜面的顶点处的曲率。另外,在上式(3)中,使用4阶至10阶的非球面系数A~D,但也可以使用更高阶的非球面系数。例如,在轴对称的非球面中,矢高量z表示与Z方向平行的位移,距离r表示以光轴穿过XY平面的位置为基准位置的径向的位移。

[0159] 本实施方式的透镜部43a例如在各XZ截面中通过入射面数据D10a而满足非球面的式(3)。即,透镜部43a的入射侧的透镜面整体的形状通过在Y方向上的各位置设定相同XZ截面的形状而得到。如图14所示那样,这样的透镜部43a的入射侧的透镜面在X方向上向-Z侧为凸状。

[0160] 本实施方式的出射面数据D11a关于第1FAC41a的出射面包含Y曲率半径和式(3)的各种系数k、A~D。本实施方式的第1FAC41a的出射面例如在各YZ截面中通过出射面数据D11a而满足非球面的式(3)。如图14所示那样,这样的第1FAC41a的出射面在Y方向上向+Z侧为凸状。本实施方式的第1FAC41a也是按每个透镜部43a旋转非对称的环形阵列。

[0161] 如以上那样,在本实施方式的准直光学系统4a中,在第1FAC41a中,各光束的入射侧的面在X方向上按每个透镜部43a具有凸形状。在第1FAC41a中,各光束的出射侧的面在Y方向上具有凸形状。上述入射侧的面可以具有在Y方向上按每个透镜部43a延伸的圆柱形状。上述出射侧的面可以具有在X方向上延伸的圆柱形状。根据这样的第1FAC41a,也能与实施方式1同样地易于简单地构成对来自LD阵列3等的多个光束进行导光的光学系统。

[0162] (实施方式3)

[0163] 以下,使用图17~图19来说明实施方式3。在实施方式1、2中,说明仅使出射面或入射面的一方具有X方向的正光焦度的第1FAC41、41a。在实施方式3中,说明使第1FAC中的入射面和出射面双方具有X方向的正光焦度的准直光学系统。

[0164] 以下,适当省略与实施方式1、2所涉及的各种激光装置以及光学系统等同样的结构、动作的说明,来说明本实施方式所涉及的准直光学系统以及第1FAC。

[0165] 图17例示实施方式3的第1FAC41b的结构。本实施方式的第1FAC41b例如在与实施方式1的第1FAC41(图4)同样的结构中具备在入射侧在X方向上具有凸形状的透镜部43b。

[0166] 本实施方式的透镜部43b例如在出射侧与实施方式1同样地具有环形非球面的结

构,在入射侧与实施方式2同样地具有圆柱面的结构。这样的第1FAC41b通过入射面和出射面来承担慢轴As的准直功能,通过出射面来承担快轴Af的准直功能。

[0167] 图18是用于说明实施方式3的准直光学系统中的光点的数值模拟的图。本实施方式的准直光学系统例如在与实施方式1同样的结构中,取代实施方式1的第1FAC41而具备上述的第1FAC41b。在图18的模拟中,使用这样的第1FAC41b和与实施方式1同样的焦距的第2FAC45,与上述各实施方式同样地对光点进行数值计算。如图18所示那样,能确认到:根据本实施方式的准直光学系统,通过上述的第1FAC41b,关于光点的尺寸,能得到与实施方式1等同样的效果。

[0168] 图19是表示实施方式3的准直光学系统中的数值实施例的图表。图19的图表关于本实施方式的第1FAC4b包含与实施方式1、2同样的透镜厚度数据D1、入射面数据D10b和出射面数据D11b。

[0169] 在本实施方式的透镜部43b中,例如如图19所示那样,入射面数据D10b包含X曲率半径和圆锥常数k。本实施方式中的第1FAC41b的入射面例如在式(3)中设圆锥常数k以外的系数 $A \sim D = 0$,与实施方式2的入射面同样地,按每个透镜部43b满足非球面的式(3)。

[0170] 在本实施方式中,例如如图19所示那样,出射面数据D11b包含X曲率半径、Y曲率半径、X、Y方向上的圆锥常数KX、KY、旋转对称的变形系数AR、BR、CR、DR、和非旋转对称的变形系数AP、BP、CP、DP。本实施方式的第1FAC41b的出射面与实施方式1的出射面同样,按每个透镜部43b满足变形非球面的式(2)。本实施方式的第1FAC41b也是按每个透镜部43b旋转非对称的环形阵列。

[0171] 如以上那样,在本实施方式中,第1FAC41b中的各光束的入射侧的面在X方向上按每个透镜部43b具有凸形状。上述入射侧的面可以具有在Y方向上按每个透镜部43b延伸的圆柱形状。根据这样的第1FAC41b,也能与实施方式1、2同样地易于简单地构成对来自光源阵列的多个光束进行导光的光学系统。

[0172] (实施方式4)

[0173] 以下,使用图20~图22来说明实施方式4。在实施方式3中,说明了使入射面具有X方向的正光焦度的第1FAC41b。在实施方式4中,说明使第1FAC中的入射面具有Y方向的正光焦度的准直光学系统。

[0174] 以下,适当省略与实施方式1~3所涉及的各种激光装置以及光学系统等同样的结构、动作的说明,来说明本实施方式所涉及的准直光学系统以及第1FAC。

[0175] 图20例示实施方式4的第1FAC41c的结构。本实施方式的第1FAC41c例如在与实施方式1的第1FAC41(图4)同样的结构中,在入射侧具备在Y方向上具有凸形状的透镜部43b。

[0176] 本实施方式的透镜部43c例如在出射侧与实施方式1同样地具有环形非球面的结构,在入射侧与实施方式2的出射面同样地具有圆柱面的结构。这样的第1FAC41c通过入射面和出射面来承担快轴Af的准直功能,通过出射面来承担慢轴As的准直功能。

[0177] 图21是用于说明实施方式4的准直光学系统中的光点的数值模拟的图。本实施方式的准直光学系统例如在与实施方式1同样的结构中,取代实施方式1的第1FAC41而具备上述的第1FAC41c。在图21的模拟中,使用这样的第1FAC41c和与实施方式1同样的焦距的第2FAC45,与上述各实施方式同样地对光点进行数值计算。如图21所示那样,根据本实施方式的准直光学系统,也能确认到:通过上述的第1FAC41c,关于光点的尺寸能得到与实施方式1

等同样的效果。

[0178] 图22是表示实施方式4的准直光学系统中的数值实施例的图表。图22的图表关于本实施方式的第1FAC4c包含与实施方式1~3同样的透镜厚度数据D1、入射面数据D10c和出射面数据D11c。

[0179] 在本实施方式的透镜部43c中,例如如图22所示那样,入射面数据D10c包含Y曲率半径和圆锥常数k。本实施方式中的第1FAC41c的入射面例如在式(3)中设圆锥常数k以外的系数 $A \sim D=0$,与实施方式2的出射面同样地满足非球面的式(3)。

[0180] 本实施方式的出射面数据D11c与实施方式3的出射面数据D11b同样地表示变形非球面的式(2)中的各种系数。本实施方式的第1FAC41c也与上述各实施方式同样地,是按每个透镜部43c旋转非对称的环形阵列。此外,在本实施方式的第1FAC41c中,由于入射面在X方向上不具有光学光焦度,因此在入射面与出射面之间不需要轴匹配,能谋求制造容易化。

[0181] 如以上那样,在本实施方式中,第1FAC41c中的各光束的入射侧的面在Y方向上具有凸形状。上述入射侧的面可以具有在X方向上延伸的圆柱形状。根据这样的第1FAC41c,也能与实施方式1~3同样地易于简单地构成对来自光源阵列的多个光束进行导光的光学系统。

[0182] (其他实施方式)

[0183] 如以上那样,作为本申请中公开的技术的例示,说明了实施方式1~4。但本公开中的技术并不限于此,还能运用于适当进行了变更、置换、附加、省略等的实施方式中。此外,还能将上述各实施方式中说明的各构成要素组合来做出新的实施方式。因此,以下,例示其他实施方式。

[0184] 在上述的实施方式1中,说明了在第1FAC41中进行慢轴 A_s (X方向)的准直且在第2FAC45中再次进行慢轴 A_s (Y方向)的准直的准直光学系统4。本实施方式的准直光学系统4可以不必一定在第1以及第2FAC41、45各自中进行2次慢轴 A_s 的准直。也可以适当分配第1FAC41的X方向的正光焦度和第2FAC45的Y方向的正光焦度,以使得作为第1以及第2FAC41、45整体来进行1次份儿的慢轴 A_s 的准直。此外,从本实施方式的准直光学系统输出的光束可以不必一定在慢轴 A_s 上完全是平行光,也可以适当在容许的范围内具有发散角。此外,各轴 A_s 、 A_f 的准直可以适当在容许误差的范围内进行。

[0185] 如以上那样,在本实施方式中,第1FAC41也可以不在X方向上对来自激光元件30的光束进行准直。此外,第2FAC45也可以不在Y方向上对来自BT42的光束进行准直。即使是该情况,也能对应于导入了第1FAC41等的光学系统的各种规格,与实施方式1等同样地易于简单地构成对多个光束进行导光的光学系统。

[0186] 在上述的各实施方式中,作为准直光学系统4中的光学元件的一例而例示了BT42。在本实施方式中,准直光学系统4也可以具备与BT42不同的光学元件。例如,也可以使用如下光学元件,该光学元件不使来自LD阵列3的各光束旋转,而具有使通过的多个光束以随着行进而相互靠近的光线角度出射等聚光功能。

[0187] 此外,在上述的各实施方式中,说明了利用波长合成型的光谐振器2的激光加工装置1的示例。在本实施方式中,激光加工装置1并不特别限于波长合成型,例如也可以是空间合成型。在这样的激光加工装置1中,通过使用第1FAC41,也能易于简单地构成对来自LD阵列的多个光束进行空间合成的光学系统的结构。

[0188] 此外,在上述的各实施方式中,说明了光谐振器2的谐振波段为蓝色区域的示例。在本实施方式中,光谐振器2的谐振波段并不限于上述,例如也可以是红色区域,例如也可以是波长900nm~950nm。

[0189] 如以上那样,作为本公开中的技术的例示而说明了实施方式。因此,提供了附图以及详细的说明。

[0190] 因此,在附图以及详细的说明中记载的构成要素中,不仅包含为了解决课题所必须的构成要素,还能为了例示上述技术而包含并非为了解决课题而必须的构成要素。因此,不应因这些并非必须的构成要素记载于附图、详细的说明中而直接认定这些并非必须的构成要素是必须的。

[0191] 此外,上述的实施方式由于用于例示本公开中的技术,因此,能在权利要求书或其等同的范围内进行各种变更、置换、附加、省略等。

[0192] 产业上的可利用性

[0193] 本公开能运用于使用多个光束的各种用途中,例如能运用于各种激光加工技术中。

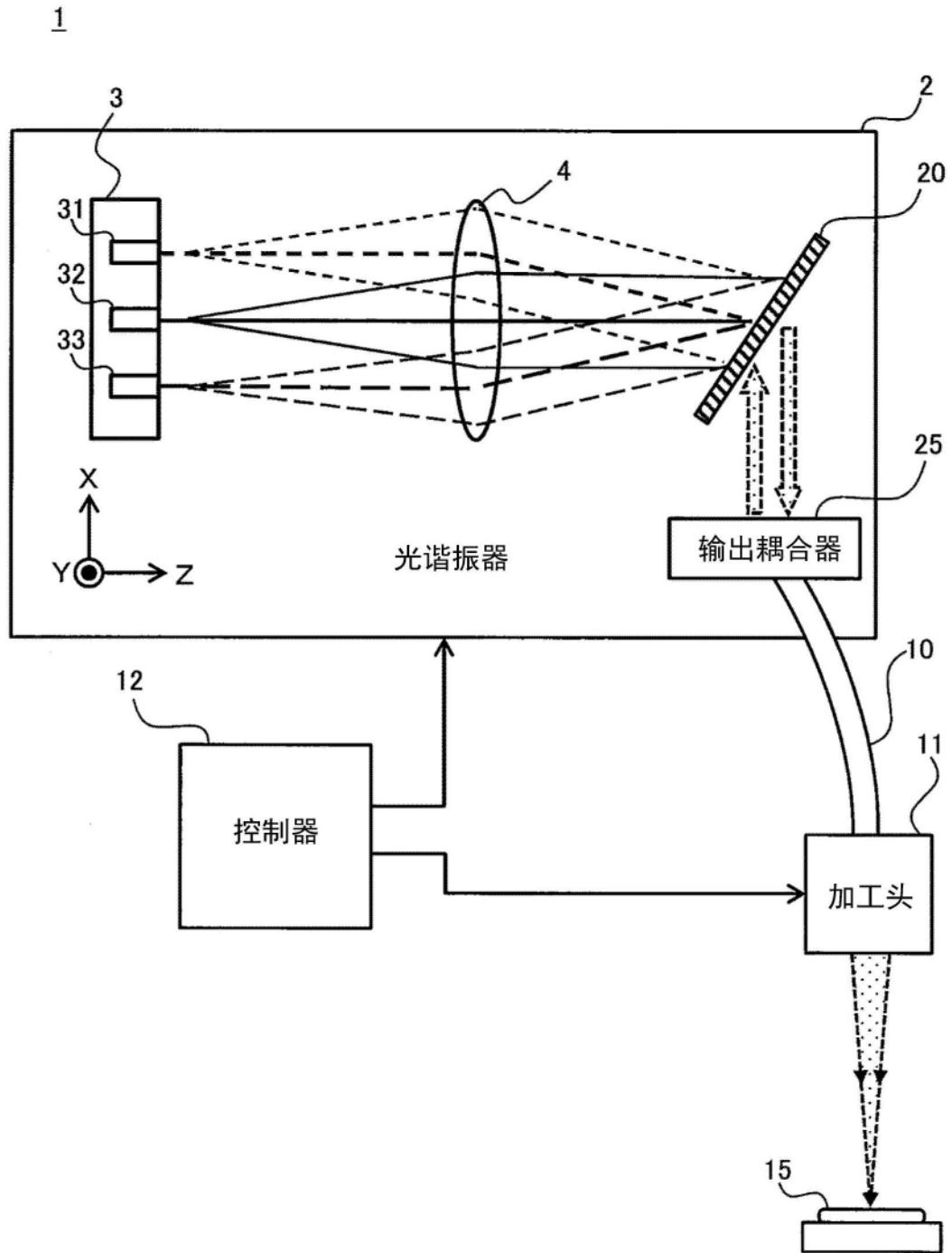


图1

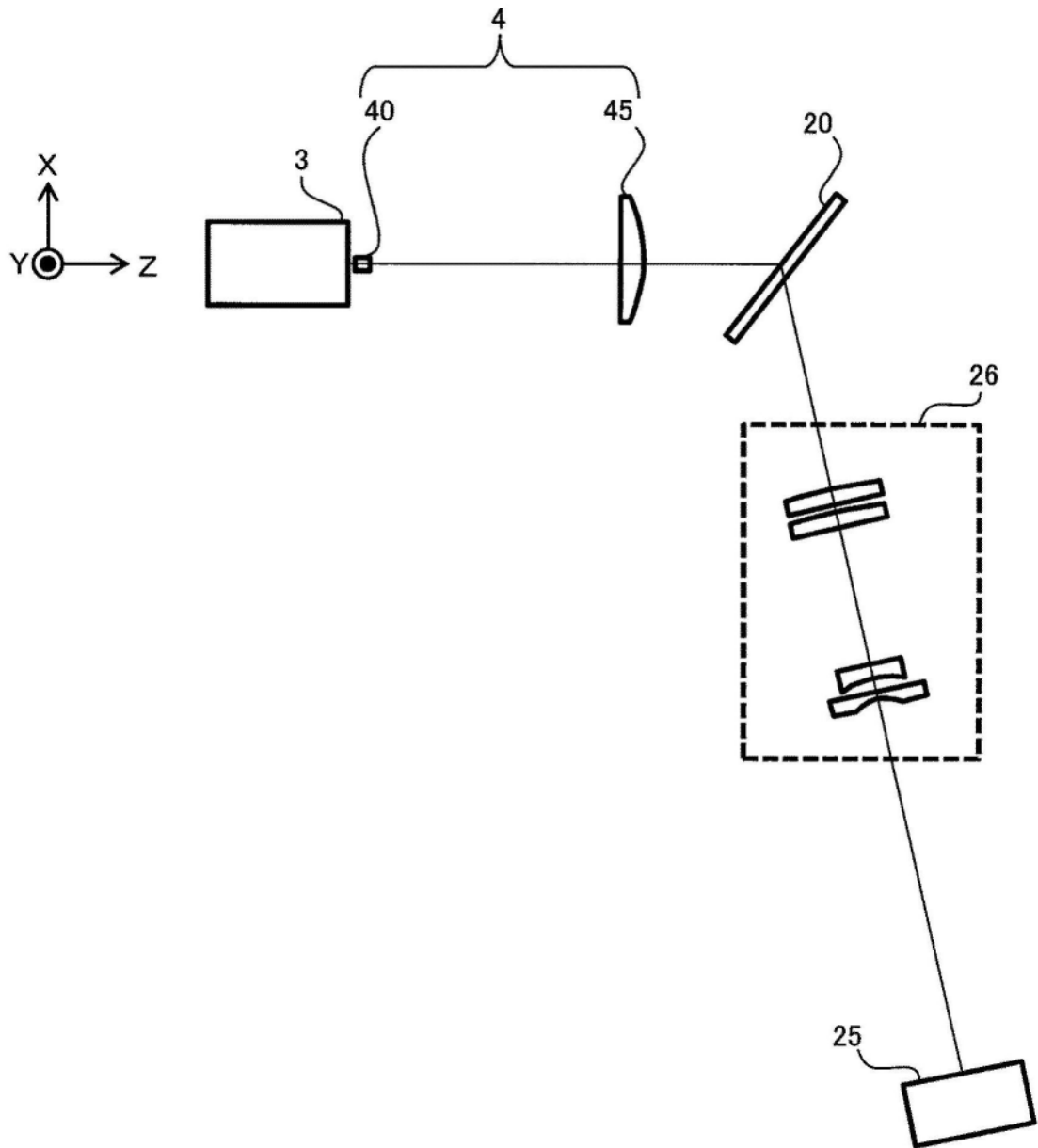
2

图2

4

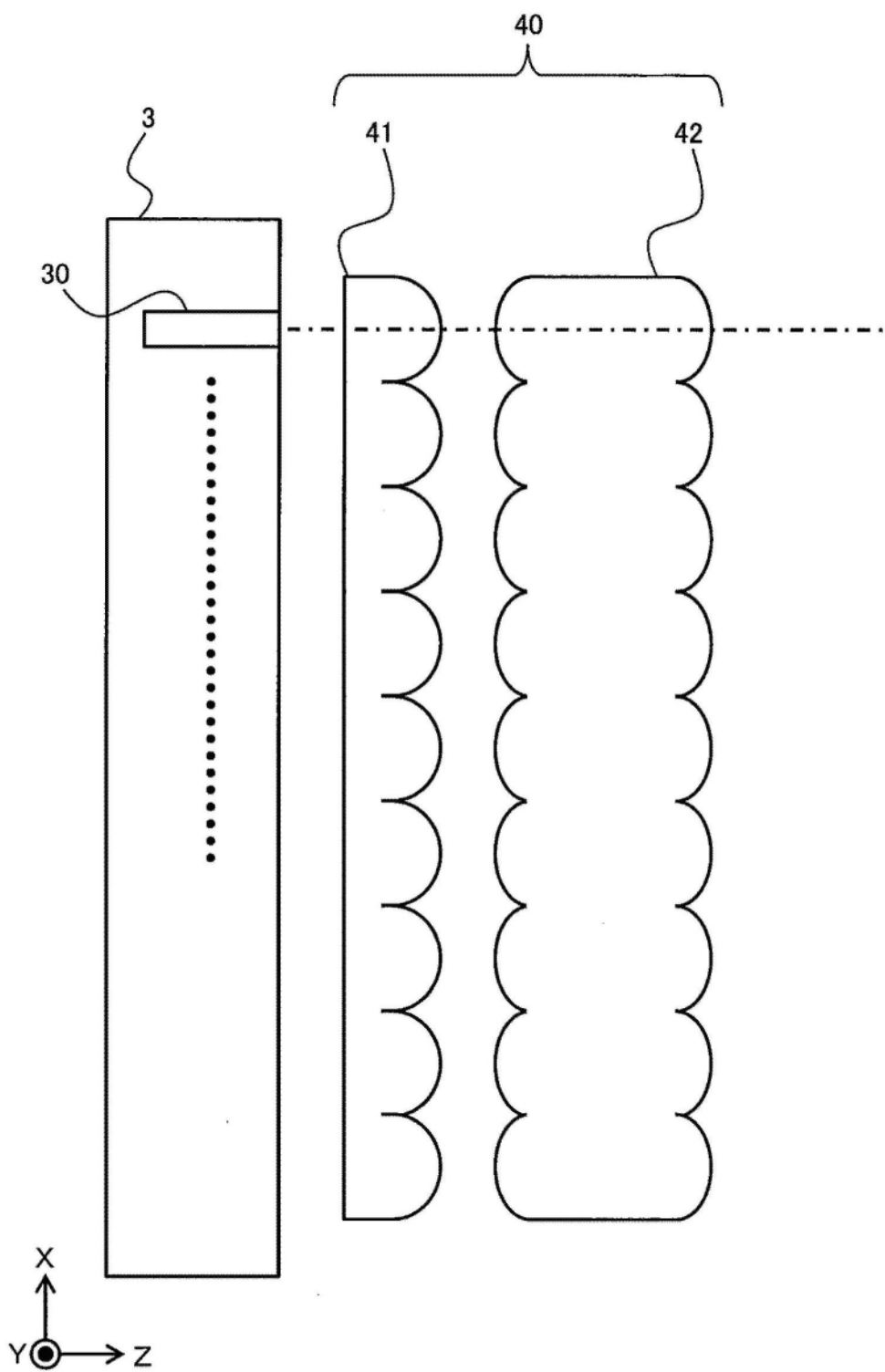


图3

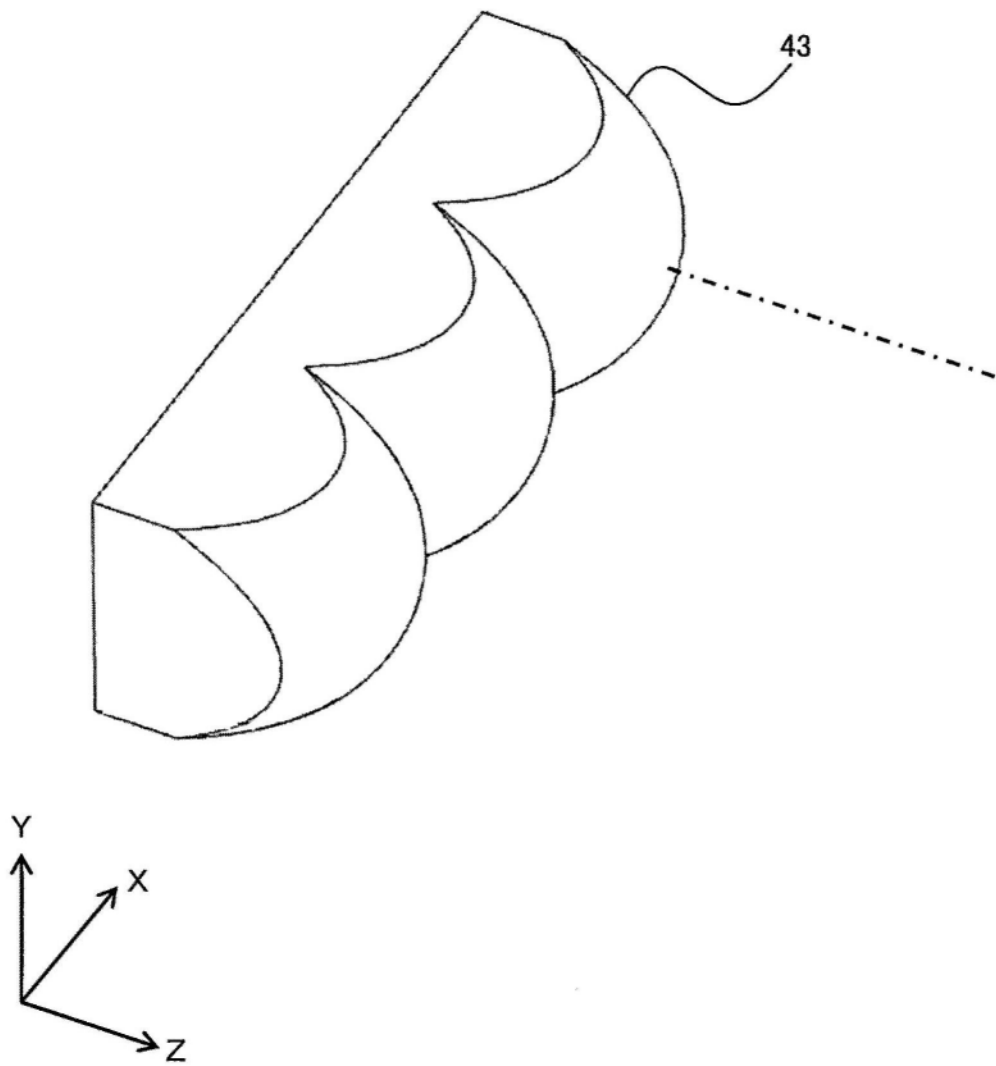
41

图4

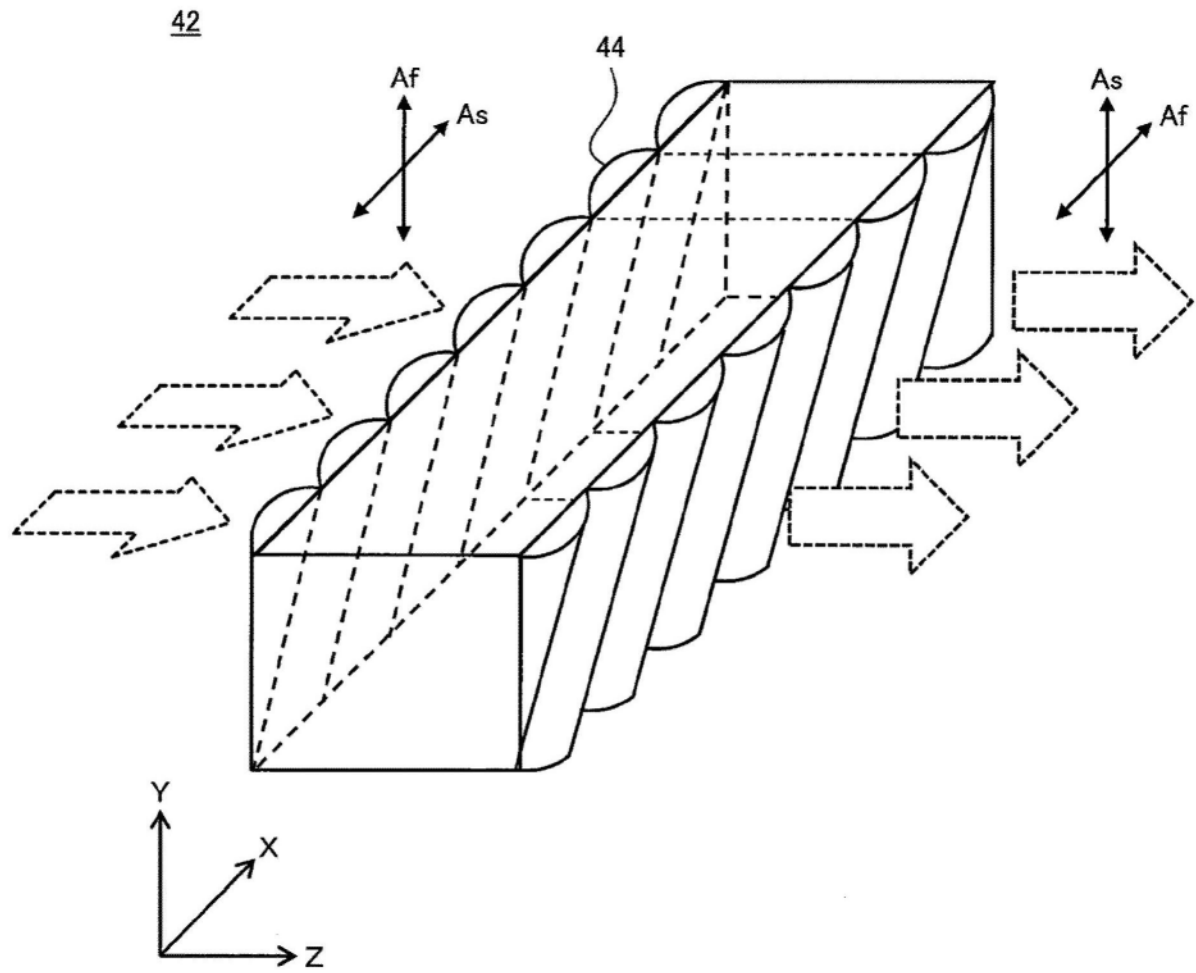


图5

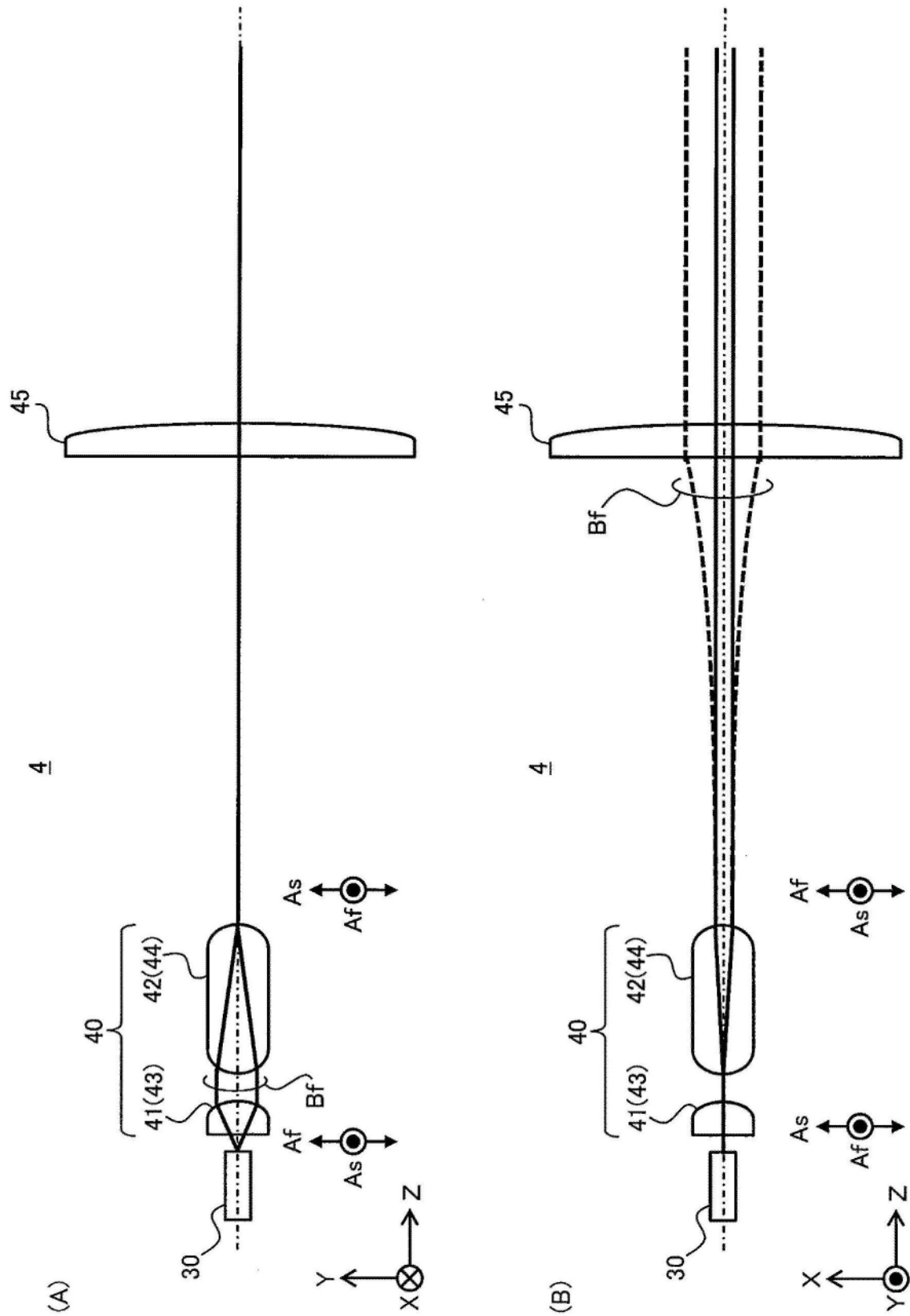


图6

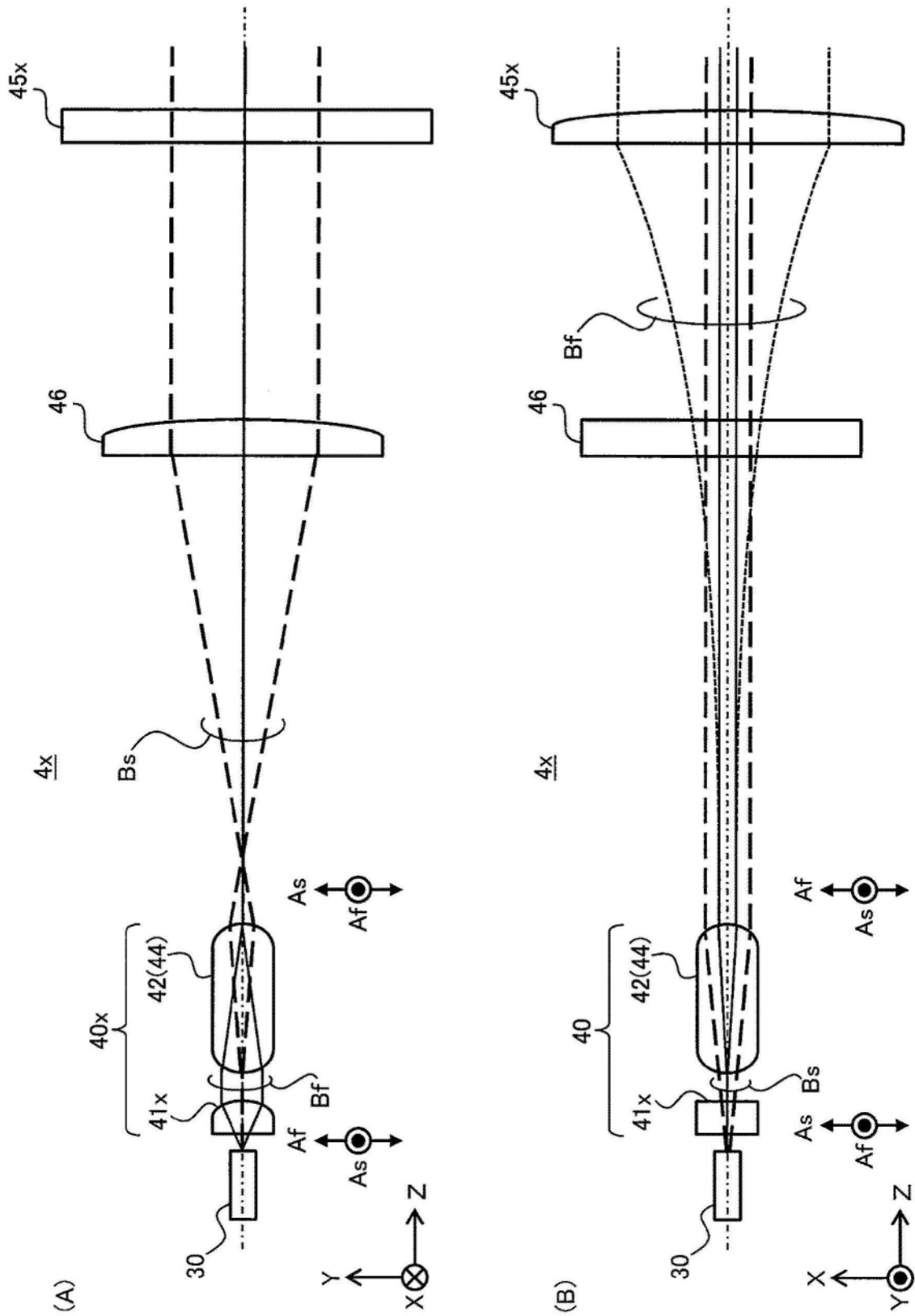


图7

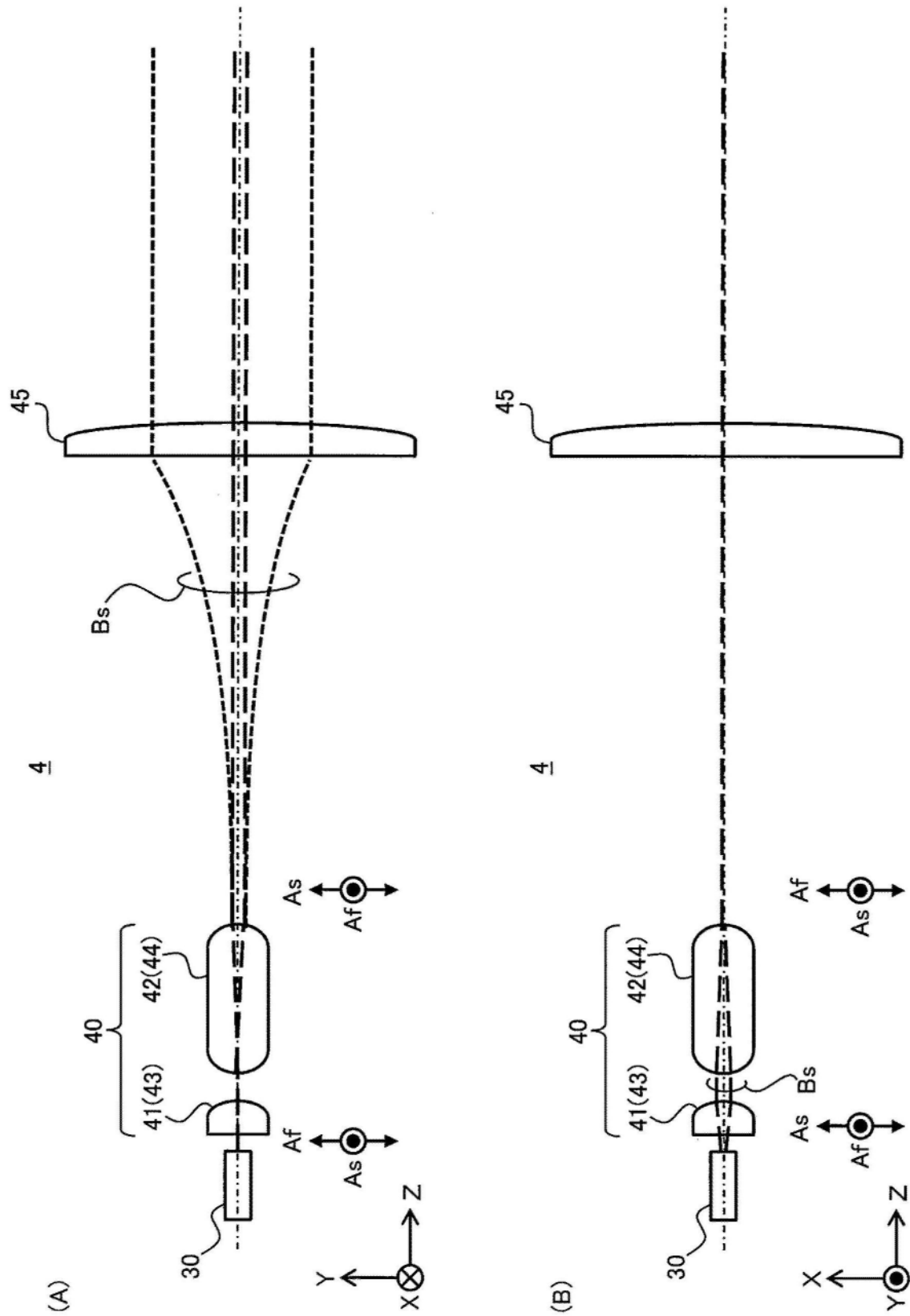


图8

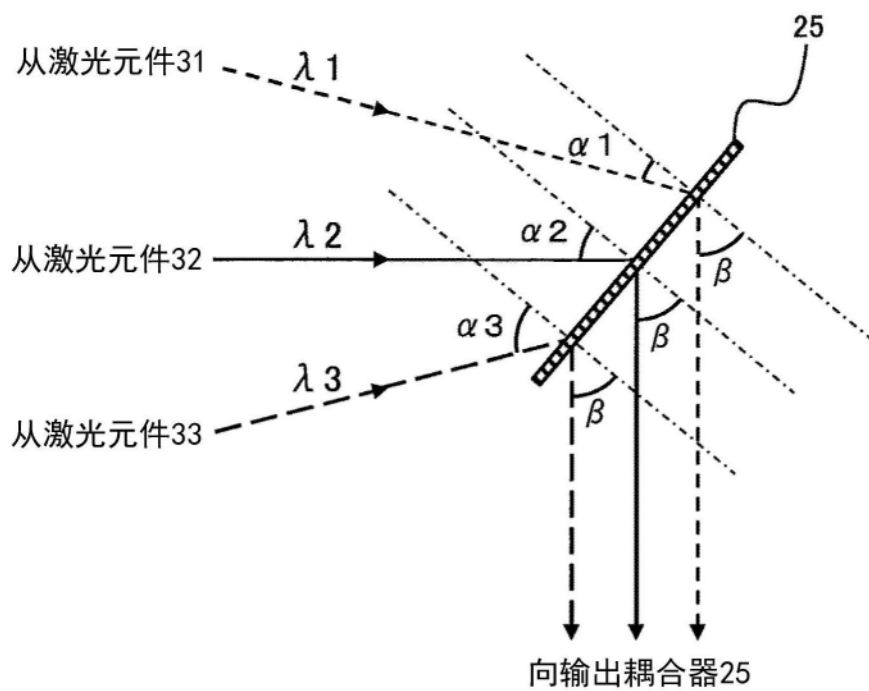


图9

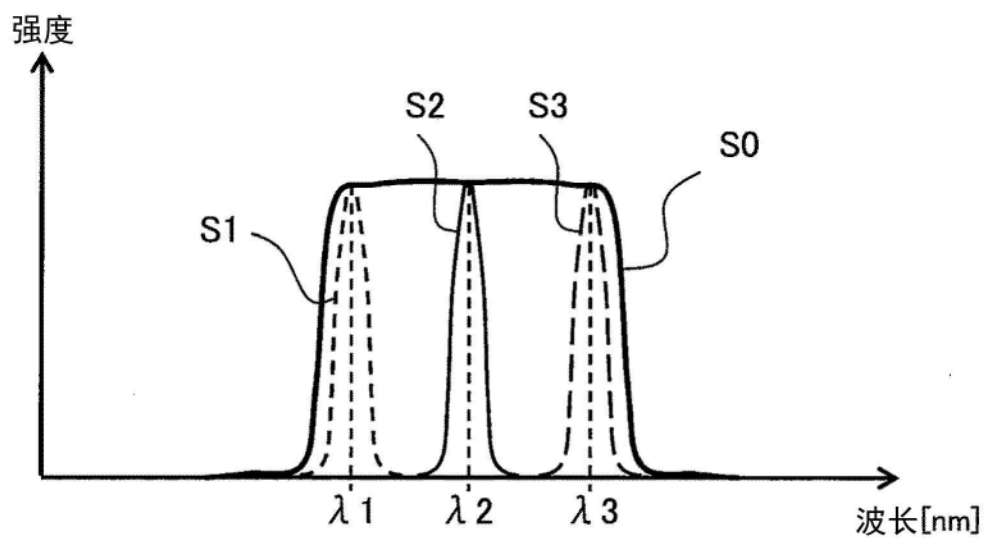
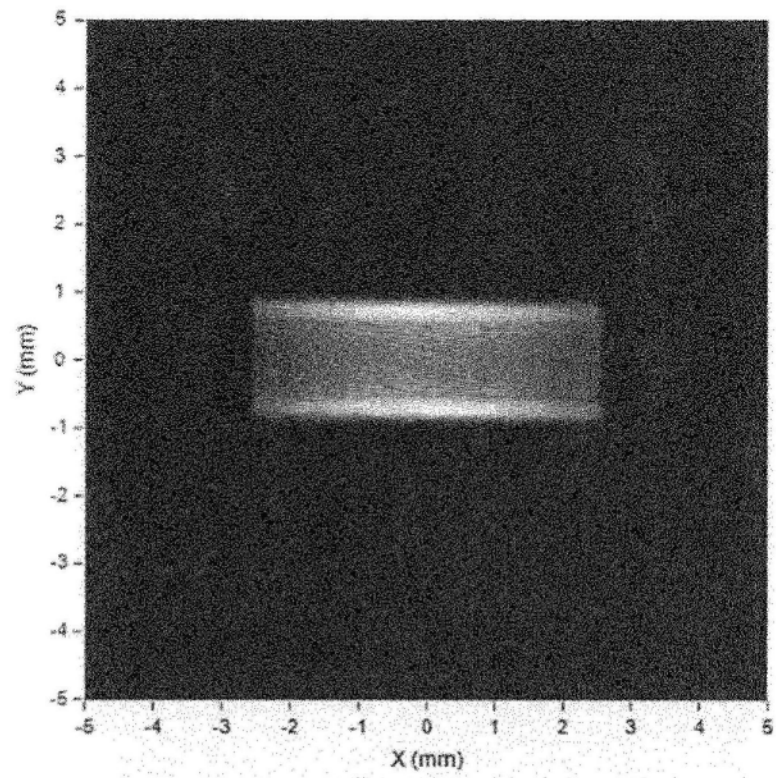


图10

(A) 典型例



(B) 实施方式1

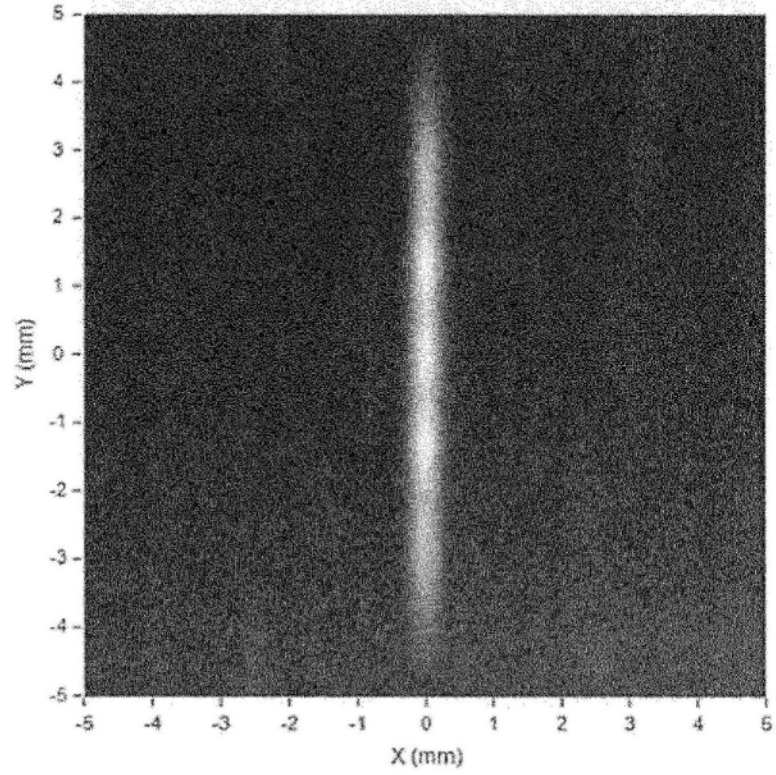


图11

D1	实施方式1	
	透镜厚度	0.223
D11	出射面侧	
	X曲率半径	-0.15
	Y曲率半径	-0.1145
	圆锥常数 (KX)	-1.0365
	圆锥常数 (KY)	-1.0365
	AR	-53.8332
	BR	-645.604
	CR	-66233
	DR	1835580
	AP	0
	BP	0
	CP	0
	DP	0

图12

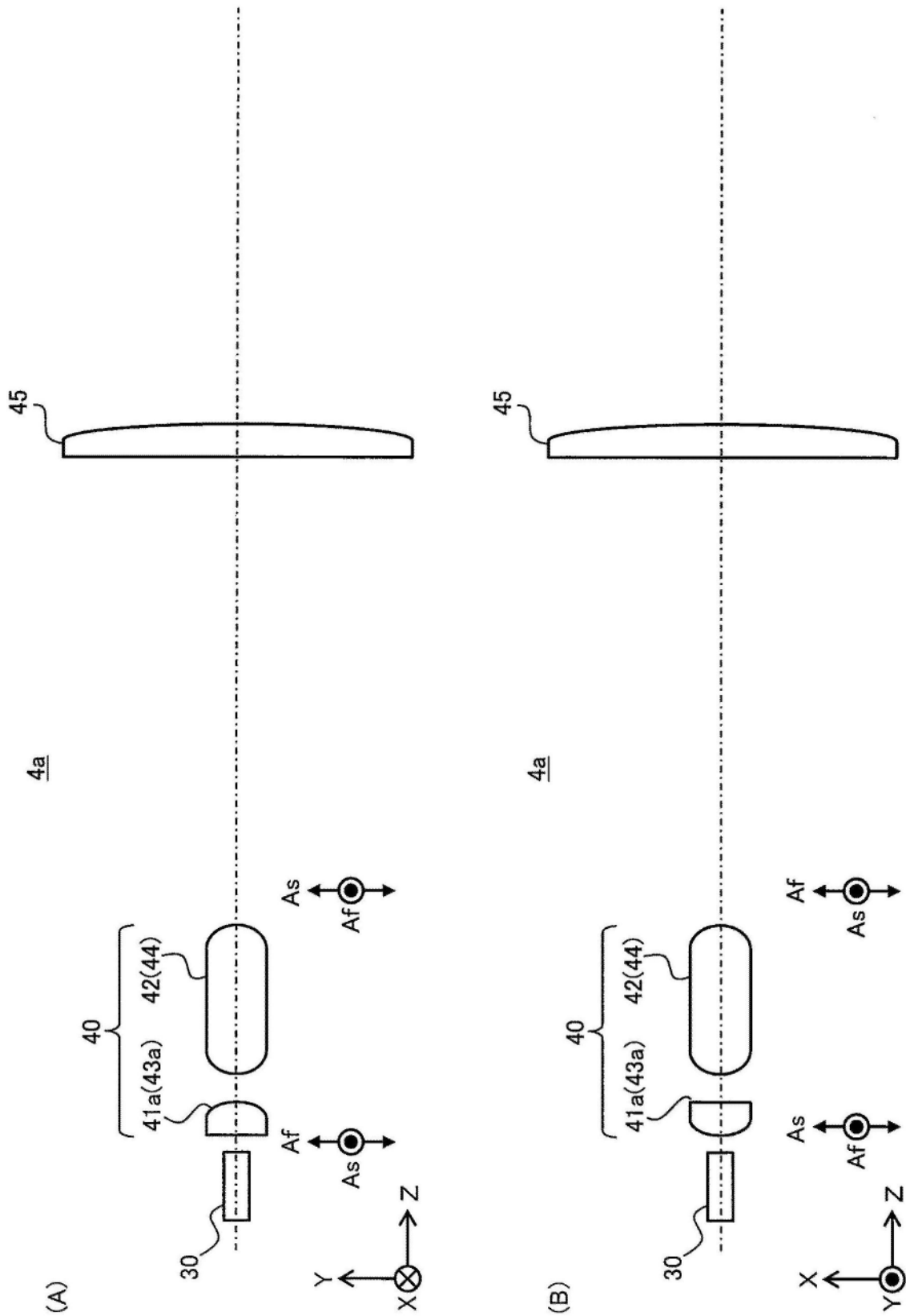


图13

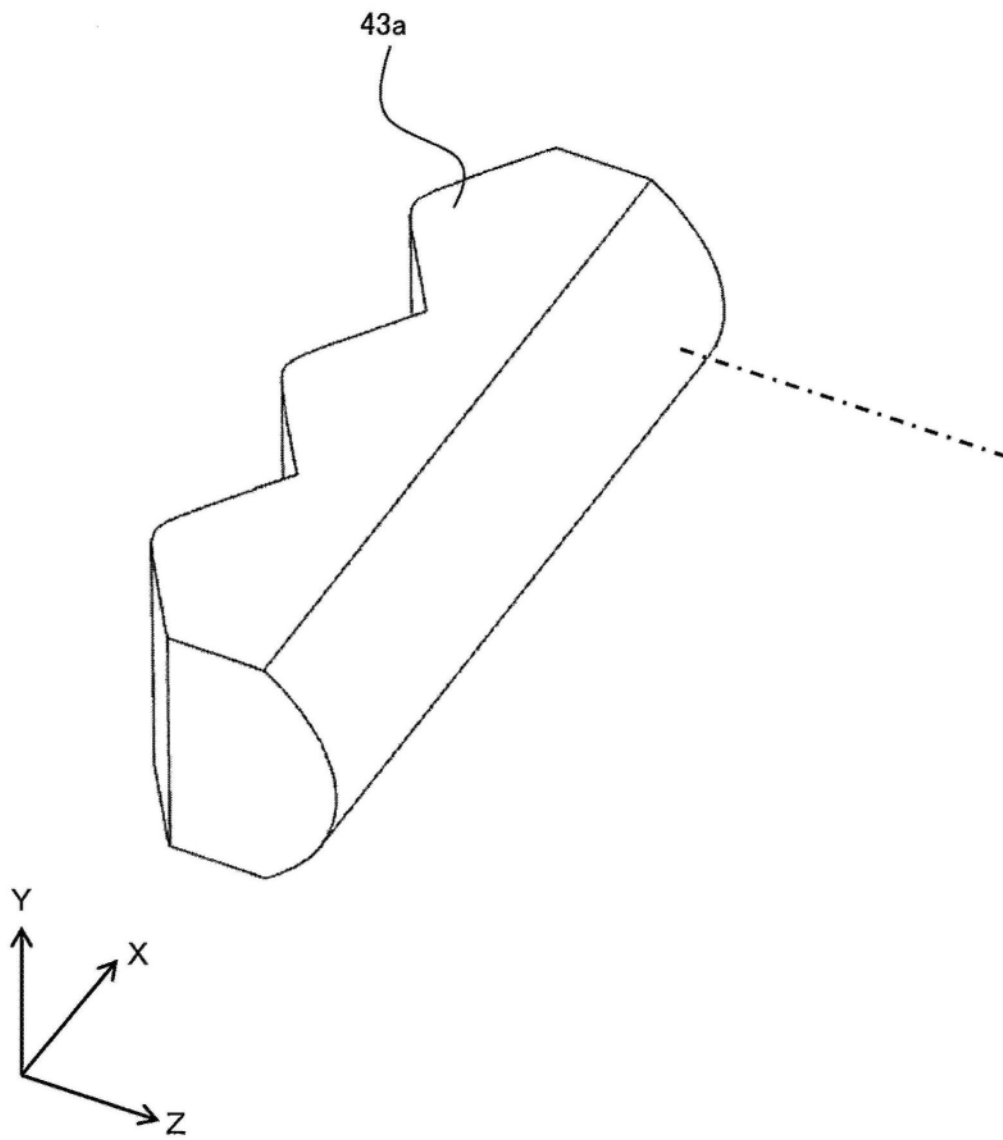
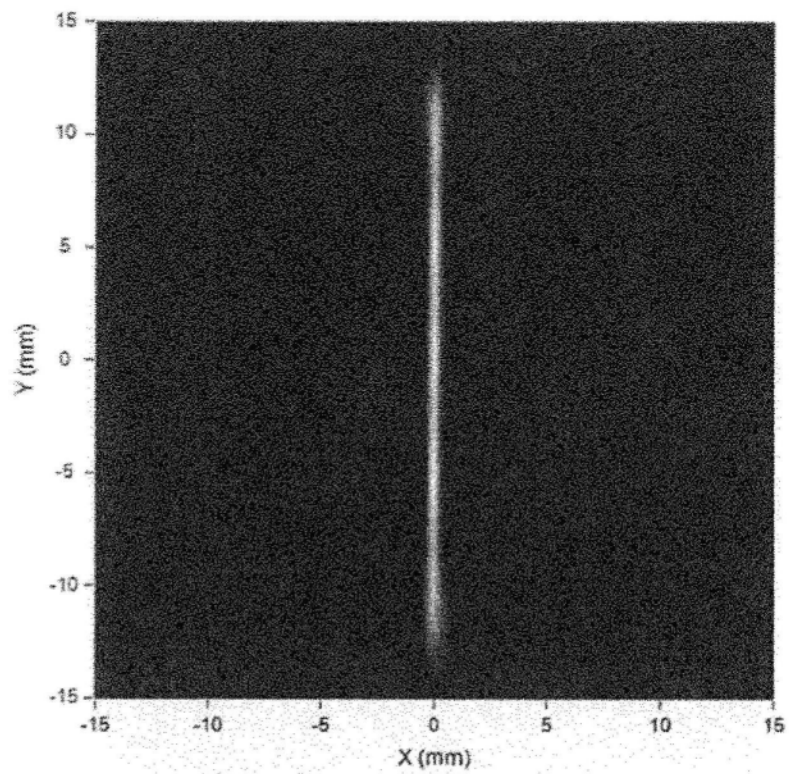
41a

图14

(A) 实施方式2



(B) 实施方式2(焦距1/2)

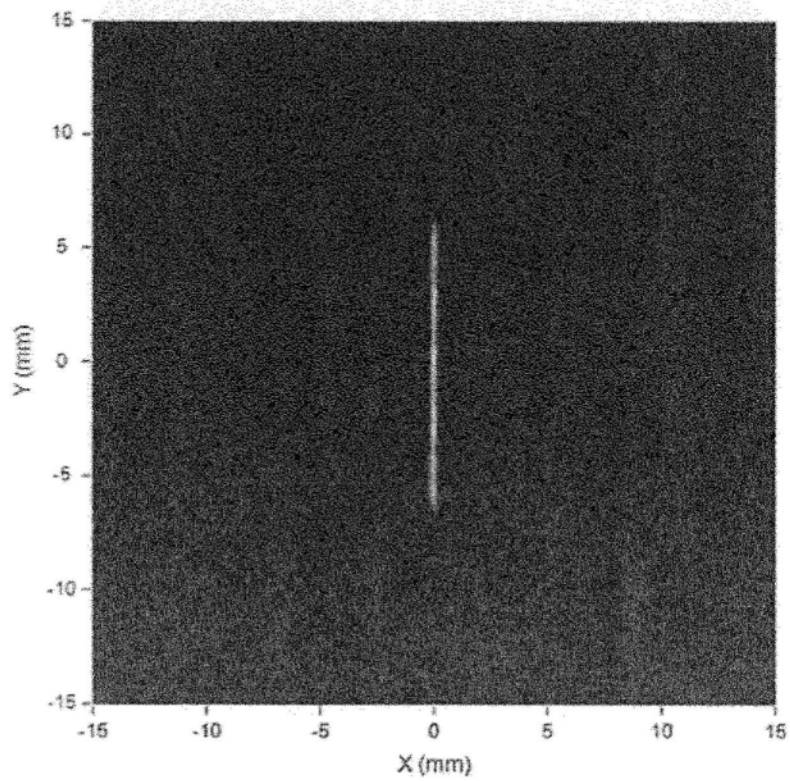


图15

D1	实施方式2	
	透镜厚度	0.223
D10a	入射面侧	
	X曲率半径	0.02056878
	圆锥常数(k)	-3.01443926
	4阶的系数(A)	30.3910391
	6阶的系数(B)	-4364.8459
	8阶的系数(C)	260460.99
	10阶的系数(D)	-5613112.36
D11a	出射面侧	
	Y曲率半径	-0.1145
	圆锥常数(k)	-1.0365
	4阶的系数(A)	-53.8332
	6阶的系数(B)	-645.604
	8阶的系数(C)	-66233
	10阶的系数(D)	1835580

图16

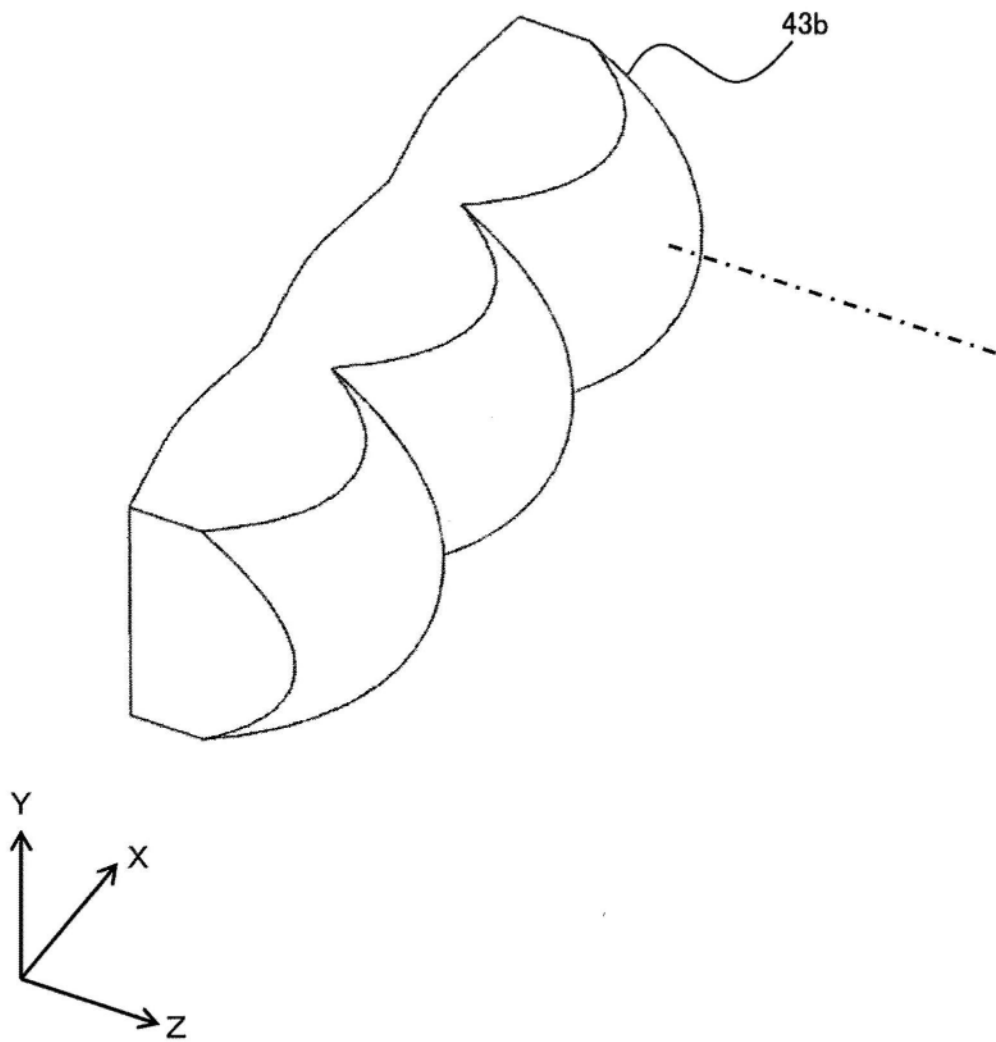
41b

图17

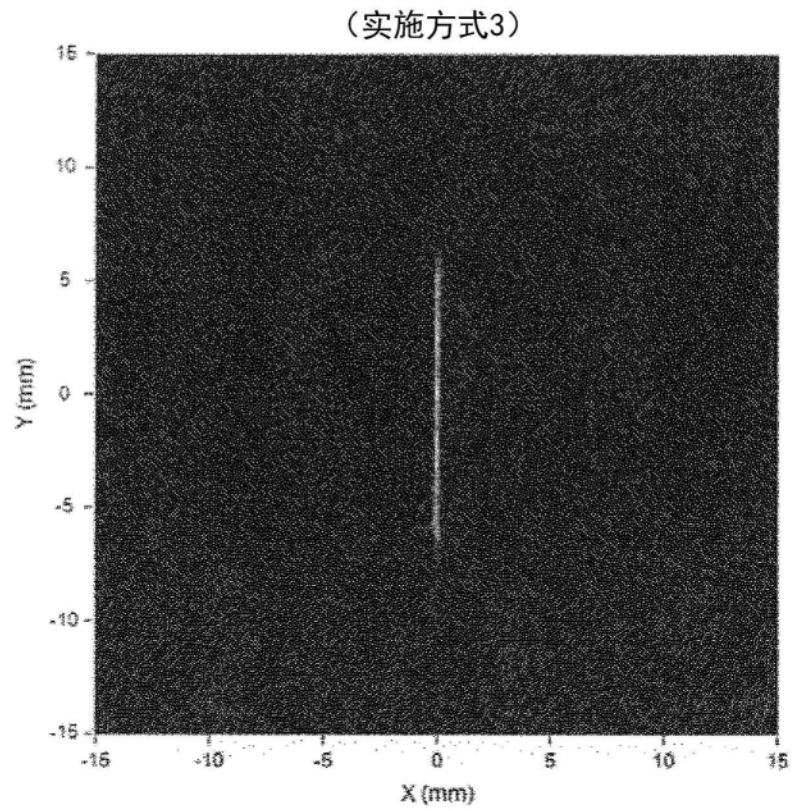


图18

实施方式3		
D1	透镜厚度	0.223
D10b	入射面侧	
	X曲率半径	0.101
	圆锥常数(k)	-55.077742
D11b	出射面侧	
	X曲率半径	-0.12
	Y曲率半径	-0.1145
	圆锥常数(KX)	-0.5794629
	圆锥常数(KY)	-1.0365
	AR	-36.771401
	BR	4.2605974
	CR	-65628.982
	DR	2462724.1
	AP	-0.2099572
	BP	6.33128508
	CP	-0.002293
	DP	0.05708725

图19

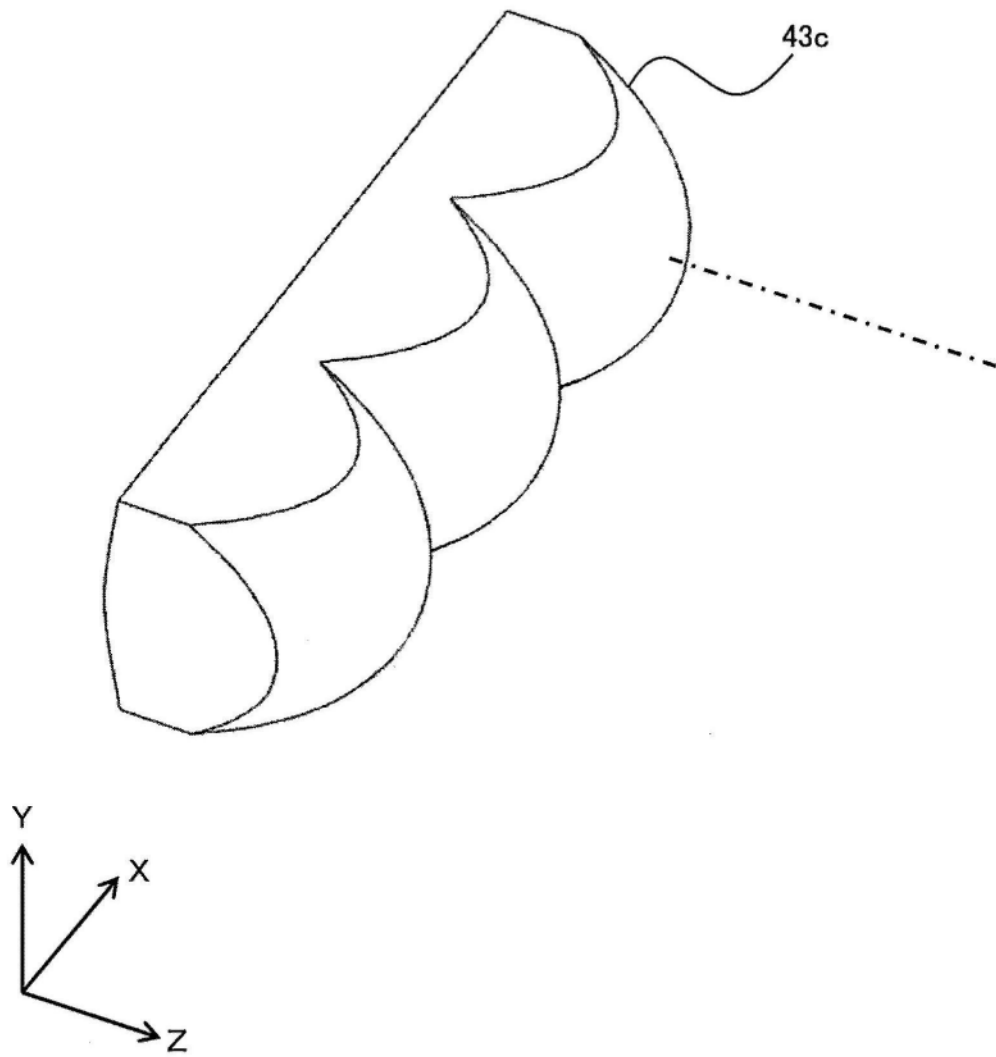
41c

图20

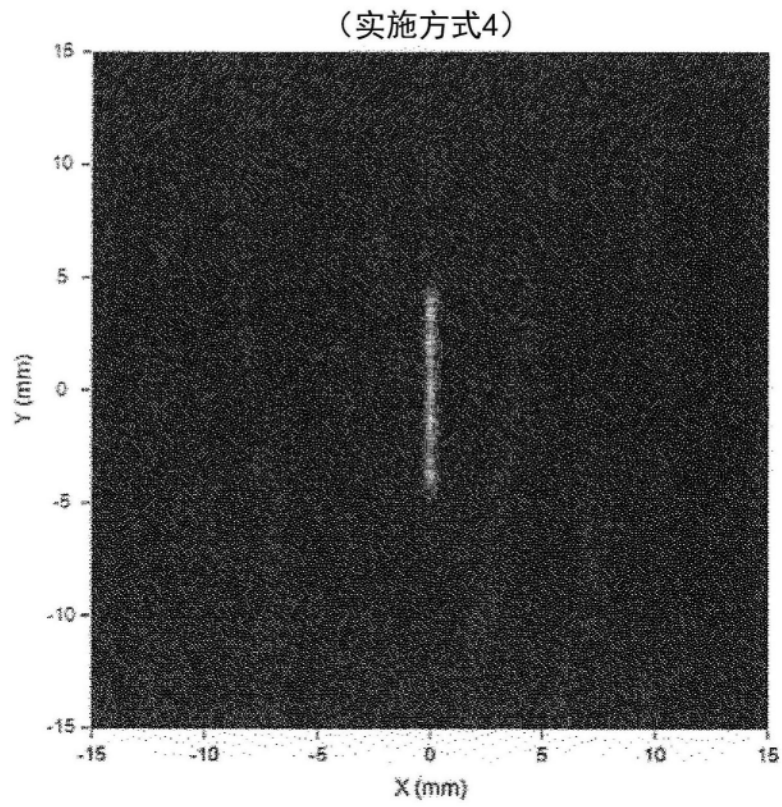


图21

	实施方式4	
D1	透镜厚度	0.223
D10c	入射面侧	
	Y曲率半径	0.101
	圆锥常数(k)	-55.0777417
D11c	出射面侧	
	X曲率半径	-0.1145
	Y曲率半径	-0.12
	圆锥常数(KX)	-1.0365
	圆锥常数(KY)	-0.57946293
	AR	-36.7714006
	BR	4.260597355
	CR	-65628.982
	DR	2462724.135
	AP	0.20995721
	BP	-6.33128508
	CP	0.002292983
	DP	-0.05708725

图22