



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118742409 A

(43) 申请公布日 2024. 10. 01

(21) 申请号 202380019475.2

(22) 申请日 2023.02.01

(30) 优先权数据

2022-014628 2022.02.02 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.07.30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/003173 2023.02.01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/149458 JA 2023.08.10

(71) 申请人 松下知识产权经营株式会社

地址 日本

(72) 发明人 松冈范幸 樱井通雄 石川谅

佐佐木义典

(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 齐秀凤

(51) Int.Cl.

B23K 26/21 (2006.01)

B23K 26/064 (2006.01)

B23K 26/073 (2006.01)

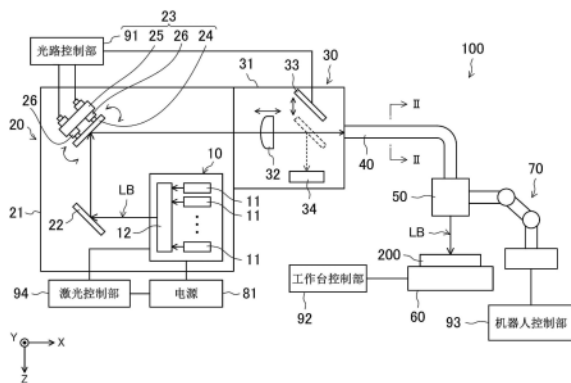
权利要求书2页 说明书24页 附图20页

(54) 发明名称

激光焊接方法及激光焊接装置

(57) 摘要

将由光纤(40)传输的激光(LB)朝向工件(200)照射,以在焊接方向(WD)上移动的焊接速度(Vw)对工件(200)进行焊接。光纤(40)具有第一纤芯(41)和第三纤芯(45),第三纤芯(45)在半径方向上设置在第一纤芯(41)的外侧且与第一纤芯(41)同轴。在对工件(200)进行焊接的焊接过程中连续地照射激光(LB)。在对工件(200)进行焊接的焊接过程中,调节激光(LB)朝着光纤(40)入射的入射位置(P),在对工件(200)的形状变化的区域进行焊接之前和/或在对工件(200)的形状变化的区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使从光纤(40)射出的激光(LB)的光束轮廓逐渐地变化。



1. 一种激光焊接方法,其将通过光纤传输的激光朝向工件照射,并沿着规定的焊接线以规定的焊接速度对所述工件进行焊接,其特征在于:

所述光纤至少具有第一纤芯和第三纤芯,

所述第一纤芯设置于轴心,

所述第三纤芯在半径方向上设置在所述第一纤芯的外侧且与所述第一纤芯同轴,

所述工件具有形状、热容量以及材质中的至少一者在沿着所述焊接线的路径中连续地或非连续地变化的区域,

所述激光至少在对所述区域进行焊接之前和/或在对所述区域进行焊接之后,或者至少在到达所述区域之后,连续地或间歇地照射到所述工件上,

在对所述工件进行焊接的焊接过程中,调节所述激光朝着所述光纤入射的入射位置,在对所述区域进行焊接之前和/或在对所述区域进行焊接之后,或者至少在到达所述区域之后,使从所述光纤射出的所述激光的光束轮廓逐渐地变化。

2. 根据权利要求1所述的激光焊接方法,其特征在于:

事先获取所述区域的位置信息,在对所述区域进行焊接之前和/或在对所述区域进行焊接之后,或者至少在到达所述区域之后,使所述光束轮廓连续且逐渐地变化。

3. 根据权利要求1或2所述的激光焊接方法,其特征在于:

在对所述区域进行焊接之前和/或在对所述区域进行焊接之后,或者至少在到达所述区域之后,使所述焊接速度及所述激光的输出分别连续且同步地变化。

4. 根据权利要求3所述的激光焊接方法,其特征在于:

使所述光束轮廓和所述激光的输出分别连续且同步地变化。

5. 根据权利要求1所述的激光焊接方法,其特征在于:

在对所述区域进行焊接之前和/或在对所述区域进行焊接之后,或者至少在到达所述区域之后,使所述激光的光束直径及功率密度周期性且逐渐地变化。

6. 根据权利要求5所述的激光焊接方法,其特征在于:

在对所述区域进行焊接之前和/或在对所述区域进行焊接之后,或者至少在到达所述区域之后,使所述焊接速度和所述激光的输出中的至少一者逐渐地变化。

7. 根据权利要求1到6中任一项权利要求所述的激光焊接方法,其特征在于:

在非稳定期间内,使所述激光的光束轮廓逐渐地变化,

所述非稳定期间至少包括所述工件的焊接刚开始后的规定期间和焊接即将结束前的另一规定期间。

8. 根据权利要求1到7中任一项权利要求所述的激光焊接方法,其特征在于:

在对所述工件进行焊接的焊接过程中的稳定期间内,使所述激光的光束轮廓随着所述工件的温度变化而逐渐地变化,

所述稳定期间,至少所述工件的焊接刚开始后的规定期间和焊接即将结束前的另一规定期间除外。

9. 根据权利要求1到8中任一项权利要求所述的激光焊接方法,其特征在于:

将入射到所述光纤中的所述激光的输出保持为恒定地对所述工件进行焊接。

10. 根据权利要求5或6所述的激光焊接方法,其特征在于:

所述激光包括第一激光和第二激光,

所述第一激光入射到所述第一纤芯中,所述第二激光入射到所述第三纤芯中,通过至少使所述第二激光以规定的周期朝所述第三纤芯入射,而使从所述光纤射出的所述激光的光束轮廓变化。

11. 根据权利要求1到10中任一项权利要求所述的激光焊接方法,其特征在于:

以已使入射到所述第一纤芯中的所述激光相对于所述激光的输出的比率低于热容量比所述工件的第一部位大的第二部位的状态,对所述第一部位照射所述激光。

12. 根据权利要求1到11中任一项权利要求所述的激光焊接方法,其特征在于:

所述光纤还具有第二纤芯,该第二纤芯在半径方向上设置在所述第一纤芯与所述第三纤芯之间,且与所述第一纤芯及所述第三纤芯同轴,

在对所述工件进行焊接的焊接过程中,通过根据所述工件的形状变化或所述工件的热容量变化或者所述工件的材质变化,改变入射到所述第一纤芯~所述第三纤芯中的所述激光的比率,而使从所述光纤射出的所述激光的光束轮廓变化。

13. 一种激光焊接装置,其特征在于:所述激光焊接装置至少包括:射出激光的激光振荡器;

传输所述激光的光纤;

使所述激光入射到所述光纤中的光路改变机构;以及

将通过所述光纤传输的所述激光朝向工件照射的激光头,

所述光纤至少具有第一纤芯和第三纤芯,

所述第一纤芯设置于轴心,

所述第三纤芯在半径方向上设置在所述第一纤芯的外侧且与所述第一纤芯同轴,

所述工件具有形状、热容量以及材质中的至少一者在沿着规定的焊接线的路径中连续地或非连续地变化的区域,

所述激光至少在对所述区域进行焊接之前和/或在对所述区域进行焊接之后,或者至少在到达所述区域之后,连续地或间歇地照射到所述工件上,

所述光路改变机构成为:通过改变所述激光的光路,而改变入射到所述光纤中的所述激光的入射位置,并且

所述光路改变机构成为:在对所述工件进行焊接的焊接过程中,调节所述激光朝着所述光纤入射的入射位置,在对所述区域进行焊接之前和/或在对所述区域进行焊接之后,或者至少在到达所述区域之后,使从所述光纤射出的所述激光的光束轮廓逐渐地变化。

14. 根据权利要求13所述的激光焊接装置,其特征在于:

所述光纤还具有第二纤芯,该第二纤芯在半径方向上设置在所述第一纤芯与所述第三纤芯之间,且与所述第一纤芯及所述第三纤芯同轴,

所述光路改变机构成为:在对所述工件进行焊接的焊接过程中改变入射到所述第一纤芯~所述第三纤芯中的所述激光的比率,在对所述区域进行焊接之前和/或在对所述区域进行焊接之后,或者至少在到达所述区域之后,使从所述光纤射出的所述激光的光束轮廓逐渐地变化。

激光焊接方法及激光焊接装置

技术领域

[0001] 本公开涉及一种激光焊接方法及激光焊接装置。

背景技术

[0002] 迄今为止,照射激光来对工件进行激光焊接的技术已众所周知。然而,例如在对在焊接对象部位具有间隙的工件进行激光焊接的情况下,有时会在焊接的始端部和终端部发生熔深不足,或者产生穿孔等情况。

[0003] 在专利文献1中提出了如下技术:在焊接的始端部和终端部中的至少一处,同时控制焊接速度和激光的输出,以确保熔深深度并防止穿孔。

[0004] 不同于此,在专利文献2~4中提出了如下技术:使用具有两层纤芯的光纤和使激光的光路改变的动反射镜,以使从光纤射出的激光的光束轮廓变化。

[0005] 专利文献1:日本专利第6596655号公报

[0006] 专利文献2:美国专利第10088632号说明书

[0007] 专利文献3:美国专利申请公开第2018/0372959号说明书

[0008] 专利文献4:美国专利申请公开第2019/0113688号说明书

发明内容

[0009] -发明要解决的技术问题-

[0010] 近年来,要进行激光焊接的工件的结构多样化,存在工件的形状、热容量或者材质沿着照射激光的焊接线复杂地变化的情况。

[0011] 在对具有这样的结构的工件进行激光焊接时,当如专利文献1所公开的那样,使焊接速度和激光的输出始终同时变化来进行应对时,出现了激光的输出被大幅地抑制的情况。但是,在该情况下,激光振荡器的性能的发挥就会受到限制,因此效率低。

[0012] 另外,在专利文献2~4中,对有关形状、热容量或者材质变化的工件的焊接方法没有做任何公开。

[0013] 本公开正是为解决上述技术问题而完成的,其目的在于:提供一种激光焊接方法及激光焊接装置,在对形状或热容量或者材质变化的工件进行激光焊接时,能够抑制产生穿孔和熔深不足。

[0014] -用于解决技术问题的技术方案-

[0015] 为了达到上述目的,本公开所涉及的激光焊接方法为将通过光纤传输的激光朝向工件照射,并沿着规定的焊接线以规定的焊接速度对所述工件进行焊接的激光焊接方法,其特征在于:所述光纤至少具有第一纤芯和第三纤芯,所述第一纤芯设置于轴心,所述第三纤芯在半径方向上设置在所述第一纤芯的外侧且与所述第一纤芯同轴,所述工件具有形状、热容量以及材质中的至少一者在沿着所述焊接线的路径中连续地或非连续地变化的区域,所述激光至少在对所述区域进行焊接之前和/或在对所述区域进行焊接之后,或者至少在到达所述区域之后,连续地或间歇地照射到所述工件上,在对所述工件进行焊接的焊接

过程中,调节所述激光朝着所述光纤入射的入射位置,在对所述区域进行焊接之前和/或在所述区域进行焊接之后,或者至少在到达所述区域之后,使从所述光纤射出的所述激光的光束轮廓逐渐地变化。

[0016] 本公开所涉及的激光焊接装置的特征在于:所述激光焊接装置至少包括:射出激光的激光振荡器;传输所述激光的光纤;使所述激光入射到所述光纤中的光路改变机构;以及将通过所述光纤传输的所述激光朝向工件照射的激光头,所述光纤至少具有第一纤芯和第三纤芯,所述第一纤芯设置于轴心,所述第三纤芯在半径方向上设置在所述第一纤芯的外侧且与所述第一纤芯同轴,所述工件具有形状、热容量以及材质中的至少一者在沿着规定的焊接线的路径中连续地或非连续地变化的区域,所述激光至少在对所述区域进行焊接之前和/或在所述区域进行焊接之后,或者至少在到达所述区域之后,连续地或间歇地照射到所述工件上,所述光路改变机构构成为:通过改变所述激光的光路,而改变入射到所述光纤中的所述激光的入射位置,并且所述光路改变机构构成为:在对所述工件进行焊接的焊接过程中,调节所述激光朝着所述光纤入射的入射位置,在对所述区域进行焊接之前和/或在所述区域进行焊接之后,或者至少在到达所述区域之后,使从所述光纤射出的所述激光的光束轮廓逐渐地变化。

[0017] -发明的效果-

[0018] 根据本公开,在对形状或热容量或者材质变化的工件进行激光焊接时,能够抑制产生穿孔和熔深不足。

附图说明

[0019] 图1是第一实施方式所涉及的激光焊接装置的结构简图;

[0020] 图2是沿着图1的II-II线剖开的剖视图;

[0021] 图3是说明激光的光束直径的定义的示意图;

[0022] 图4是说明沿着焊接线的激光的照射面积的示意图;

[0023] 图5是示出从光纤射出的激光的光束轮廓的一例的图;

[0024] 图6是工件的剖视示意图;

[0025] 图7是示出压电致动器的控制电压随时间变化的图;

[0026] 图8是示出焊接速度随时间变化的图;

[0027] 图9是变形例1所涉及的第一工件的立体图;

[0028] 图10A是变形例1所涉及的第二工件的俯视图;

[0029] 图10B是第六部件的侧视图;

[0030] 图10C是沿着图10A的XC-XC线剖开的剖视示意图;

[0031] 图10D是沿着图10A的XD-XD线剖开的剖视示意图;

[0032] 图11是变形例1所涉及的第三工件的剖视示意图;

[0033] 图12是示出第二实施方式所涉及的压电致动器的控制电压随时间变化的图;

[0034] 图13是示出激光的光束直径随时间变化的图;

[0035] 图14是示出焊道的中央部分的激光的功率密度随时间变化的图;

[0036] 图15是示出焊道的侧缘部分的激光的功率密度随时间变化的图;

[0037] 图16是第二实施方式所涉及的焊道的俯视图;

- [0038] 图17A是沿着图16的XVIIA-XVIIA线剖开的剖视图；
[0039] 图17B是沿着图16的XVII B-XVII B线剖开的剖视图；
[0040] 图17C是沿着图16的XVII C-XVII C线剖开的剖视图；
[0041] 图18是用于进行比较的焊道的俯视示意图；
[0042] 图19A是沿着图18的XIXA-XIXA线剖开的剖视图；
[0043] 图19B是沿着图18的XIX B-XIX B线剖开的剖视图；
[0044] 图19C是沿着图18的XIX C-XIX C线剖开的剖视图；
[0045] 图20是示出变形例2所涉及的压电致动器的控制电压随时间变化的图；
[0046] 图21是示出焊道的中央部分的激光的功率密度随时间变化的图；
[0047] 图22是示出压电致动器的控制电压的另一随时间变化的图；
[0048] 图23是示出压电致动器的控制电压的又一随时间变化的图；
[0049] 图24是第三实施方式所涉及的激光焊接装置的结构简图；
[0050] 图25是示出从光纤射出的激光的光束轮廓的周期性变化的示意图；
[0051] 图26是另一光纤的剖视示意图；
[0052] 图27是说明工件的在焊接结束点形成的凹坑的示意图。

具体实施方式

[0053] 下面,基于附图对本公开的实施方式进行详细的说明。需要说明的是,以下优选实施方式的说明仅为从本质上说明本公开的示例,并没有限制本公开、其应用对象或其用途的意图。

[0054] (第一实施方式)

[0055] [激光焊接装置的结构]

[0056] 图1是本实施方式所涉及的激光焊接装置的结构简图。

[0057] 激光焊接装置100具有:激光振荡器10、光耦合单元20、聚光单元30、光纤40、激光头50、工作台60以及机器人70。需要说明的是,在以下的说明中,有时将从激光头50向工件200照射的激光LB的前进方向称为Z方向,将从光耦合单元20朝向聚光单元30的激光LB的前进方向称为X方向,将与X方向及Z方向分别交叉的方向称为Y方向。需要说明的是,工件200由多个要被焊接起来的部件构成。

[0058] 激光振荡器10具有多个激光模块11和一个激光合成器12。从多个激光模块11分别射出的激光由激光合成器12合成后作为一条激光LB射出。在本申请说明书中,激光LB的波长在900nm~1000nm的范围内,但并不特别限于此,可适当地取其他值。

[0059] 光耦合单元20在壳体21的内部具有折返镜22和光路改变机构23。折返镜22通过固定布置在壳体21的内部,并将激光LB朝向光路改变机构23反射。需要说明的是,在图1所示的例子中,激光振荡器10布置在壳体21的内部,但也可以布置在壳体21的外部。

[0060] 光路改变机构23包括反射镜24、压电台25以及压电致动器26。反射镜24将由折返镜22反射过来的激光LB朝向聚光单元30的聚光透镜32反射。反射镜24与压电台25安装为一体,压电致动器26安装在压电台25上。通过驱动压电致动器26,压电台25及反射镜24绕着与Y方向平行的轴做倾斜运动,从而使由反射镜24反射后的激光LB的光轴在规定的范围内变化。需要说明的是,在激光LB直接入射到光路改变机构23的情况下,可省略折返镜22。

[0061] 聚光单元30在壳体31的内部具有聚光透镜32、光闸33以及光束收集器34。聚光透镜32将由光路改变机构23的反射镜24反射过来的激光LB聚集起来,并使聚集的光入射到光纤40中。光闸33构成为能够在激光LB的光路中与光路外之间移动,并且根据规定的控制信号释放、遮断激光LB的光路。在光闸33布置在激光LB的光路中的情况下,由光闸33反射过来的激光LB入射到光束收集器34中,并被转换成热。需要说明的是,为了使激光LB的聚光位置与光纤40的入射端面一致,在聚光单元30上设置有未图示的聚光位置调节部。

[0062] 光纤40与聚光单元30和激光头50连接,将从聚光单元30入射进来的激光LB传输至激光头50。光纤40的结构将在后面详细说明。

[0063] 激光头50在其内部具有未图示的光学系统、例如准直透镜和聚光透镜,激光头50在将传输至激光头50的激光LB转换为平行光之后,将该平行光聚集到工件200的表面上,从而对工件200进行激光焊接。另外,激光头50的激光射出口被未图示的保护玻璃覆盖。

[0064] 工作台60构成为:保持工件200,并且相对于激光头50进行相对移动。机器人70构成为:保持激光头50,并且使激光头50移动到所希望的位置。

[0065] 另外,激光焊接装置100具有光路控制部91、工作台控制部92、机器人控制部93以及激光控制部94。光路控制部91与压电致动器26的驱动机构(未图示)及光闸33的驱动机构(未图示)电连接,控制压电致动器26的动作及光闸33的打开、关闭动作。光路改变机构23的倾斜运动范围根据从光路控制部91施加到压电致动器26的控制电压的大小而变化,如后所述,能够使激光LB朝着光纤40入射的入射位置P变化。需要说明的是,压电致动器26的驱动机构和光闸33的驱动机构也可以分别由不同的控制部控制。

[0066] 工作台控制部92与工作台60电连接,并构成为控制工作台60相对于激光头50的相对动作,换言之,控制工作台60相对于入射到工件200上的激光LB的相对位置。例如,能够利用工作台控制部92,使工作台60沿着XY平面移动。或者,也能够使工作台60绕着与Z方向平行的轴旋转。

[0067] 机器人控制部93与机器人70电连接,并构成为控制机器人70的动作。需要说明的是,工作台60和机器人70也可以由相同的控制部控制。

[0068] 需要说明的是,存在工作台控制部92和机器人控制部93联动,使机器人70和工作台60两者动作的情况。通常,利用机器人控制部93使机器人70动作来使激光头50移动,从而使激光LB沿着焊接线WL(参照图6)照射到工件200的表面上。在此,焊接线WL是将工件200要焊接的焊接部以一条线表示时的假想线。另一方面,在激光LB的扫描范围超过机器人70的动作范围进行的情况下,就利用工作台控制部92使工作台60与机器人70同时动作。这样做以后,便能够扩大激光LB的照射范围。另外,在想要缩短焊接时间以提高操作效率的情况下,有时也使工作台控制部92和机器人控制部93联动,从而使机器人70和工作台60两者动作。需要说明的是,也可以通过利用工作台控制部92仅使工作台60移动,从而使激光LB沿着焊接线WL移动。

[0069] 激光控制部94与连接在激光振荡器10上的电源81及激光振荡器10连接,并构成为控制激光LB的输出开始及输出停止的时刻、期间、以及激光LB的输出。

[0070] 另外,机器人控制部93对机器人70的控制周期构成为能够与激光控制部94对激光LB的控制周期同步。这样做以后,便能够使后述的机器人70的动作和激光LB的输出同步地变化。另外,同样,能够使焊接速度 V_w 和激光LB的输出同步地变化。另外,光路控制部91对压

电致动器26的控制周期构成为能够与激光控制部94对激光LB的控制周期同步。这样做以后,便能够使激光LB的光束轮廓和激光LB的输出同步地变化。另外,机器人控制部93对机器人70的控制周期构成为能够与光路控制部91对压电致动器26的控制周期同步。这样做以后,便能够使焊接速度 V_w 和激光LB的光束轮廓同步地变化。

[0071] 光路控制部91、工作台控制部92、机器人控制部93以及激光控制部94的上述功能是通过在各自具有的硬件上执行规定的焊接程序而实现的。该硬件主要由CPU (Central Processing Unit,中央处理器)、存储器构成。另外,在光路控制部91、工作台控制部92、机器人控制部93以及激光控制部94与未图示的上位控制器连接的情况下,基于由上位控制器执行的焊接程序的执行命令分别被发送到光路控制部91、工作台控制部92、机器人控制部93以及激光控制部94中,光路控制部91、工作台控制部92、机器人控制部93以及激光控制部94从而执行规定的处理。需要说明的是,光路控制部91、工作台控制部92、机器人控制部93以及激光控制部94也可以一体化地成为一个控制部。

[0072] [光纤的结构]

[0073] 图2是沿着图1的II-II线剖开的剖视图,图2示出光纤40的剖面结构。

[0074] 光纤40具有第一纤芯41、第二纤芯43、第三纤芯45,第一包层42、第二包层44、第三包层46,以及保护被膜47,除了保护被膜47以外,其它均由石英形成。

[0075] 第一纤芯41布置在光纤40的轴心,第一纤芯41在剖视时呈圆形。第三纤芯45在光纤40的半径方向(图2中的Y方向及Z方向)上设置在第一纤芯41的外侧且与第一纤芯41同轴,第三纤芯45在剖视时呈环状。第二纤芯43在光纤40的半径方向上设置在第一纤芯41与第三纤芯45之间且与第一纤芯41及第三纤芯45同轴,第二纤芯43在剖视时呈环状。

[0076] 第一包层42与第一纤芯41的外周面和第二纤芯43的内周面分别相接并设置为与第一纤芯41同轴,第一包层42在剖视时呈环状。第二包层44与第二纤芯43的外周面和第三纤芯45的内周面分别相接并设置为与第一纤芯41同轴,第二包层44在剖视时呈环状。第三包层46与第三纤芯45的外周面相接并设置为与第一纤芯41同轴,第三包层46在剖视时呈环状。

[0077] 第一纤芯41的折射率设定为比第一包层42的折射率高。第二纤芯43的折射率设定为比第一包层42及第二包层44各自的折射率都高。第三纤芯45的折射率设定为比第二包层44及第三包层46各自的折射率都高。为了降低第一包层42、第二包层44、第三包层46的折射率,例如在第一包层42、第二包层44、第三包层46中分别掺杂规定量的氟。需要说明的是,优选第三包层46的折射率比第一包层42及第二包层44各自的折射率都低。这样做以后,便能够抑制激光LB从第三纤芯45漏进第三包层46中。

[0078] 保护被膜47例如由合成树脂形成,对由石英形成的第一纤芯41、第二纤芯43、第三纤芯45及第一包层42、第二包层44、第三包层46进行机械保护,并且防止激光LB从光纤40漏出、或光从外部漏进光纤40中。

[0079] [使激光的光束轮廓变化的步骤]

[0080] 图3是说明激光的光束直径的定义的示意图,图4是说明沿着焊接线的激光的照射面积的示意图。

[0081] 需要说明的是,在本申请说明书中,“焊接速度 V_w ”是指,激光LB沿着工件200的焊接线WL(例如,参照图6)的前进速度。例如,焊接速度 V_w 相当于在保持工件200的工作台60静

止的状态下,利用机器人70使正在射出激光LB的激光头50沿着焊接线WL移动的速度。另外,焊接速度 V_w 相当于在正在射出激光LB的激光头50静止的状态下,使保持工件200的工作台60相对于激光头50移动的速度。

[0082] 另外,如图3的(a)所示,激光LB的“光束直径 φ ”是指,激光LB在光束腰处与光路正交的剖面的直径,其中,光束腰处是从光纤40射出的激光LB最细的位置。另外,光束直径 φ 对应于激光LB照射到工件200的平坦面上时的激光LB的光斑直径。另外,“功率密度PD”是指,激光LB的输出除以照射到工件200上的激光LB的光斑面积 S_p (参照图3的(b))而得到的值。另外,当激光LB的输出为LP时,功率密度PD与激光LB的光束直径 φ 的关系满足式(1)所示的关系。

$$[0083] \quad PD = LP / S_p = LP / (\pi \times (\varphi / 2)^2) = 4 \times LP / (\pi \times \varphi^2) \cdots \cdots (1)$$

[0084] 另外,激光LB的“能量密度ED”是指,激光LB的输出乘以激光LB的照射时间T而得到一值,再用该值除以激光LB的照射面积S而得到的值。在此,照射面积S相当于激光LB顺着焊接线WL照射到的工件200的表面上的面积。另外,就图4所示的例子而言,当将沿着焊接线WL的长度设为 L_w 时,照射面积S由式(2)表示。

$$[0085] \quad S = L_w \times \varphi + S_p \cdots \cdots (2)$$

[0086] 另外,能量密度ED满足式(3)所示的关系。

$$[0087] \quad ED = LP \times T / S \cdots \cdots (3)$$

[0088] 图5是示出从光纤射出的激光的光束轮廓的一例。需要说明的是,图5所示的激光LB的光束轮廓是简化后的图示。另外,为了便于说明,仅图示了与X方向相关的一维光束轮廓,但实际上,在Y方向上也具有相同形状的光束轮廓。另外,在图5中,在将入射到光纤40中的激光LB的输出设定为规定的输出值的情况下,在将各自的光强度的最大值标准化为1后图示光束轮廓。另外,在光强度为 $1/e^2$ 的位置测得的光束轮廓的宽度相当于上述的光束直径 φ 。

[0089] 根据从光路控制部91施加到压电致动器26的电压V(以下,称为控制电压V)驱动压电致动器26,光路改变机构23的反射镜24绕着与Y方向平行的轴做规定量的倾斜运动。由此,由反射镜24反射后的激光LB的光轴变化。

[0090] 当由反射镜24反射后的激光LB的光轴根据从光路控制部91施加到压电致动器26的控制电压V的大小而变化时,入射到光纤40中的激光LB的入射位置P(参照图2,以下,有时简称为入射位置P)也变化。换言之,通过使激光LB相对于光纤40入射的入射位置P变化,入射到光纤40的纤芯中的激光LB的入射量便会改变,从而能够使入射到光纤40的纤芯(第一纤芯41、第二纤芯43、第三纤芯45)中的激光LB相对于激光LB的输出的比率变化。在此,激光LB的输出相当于激光LB入射到光纤40中的全部入射量。利用这一点,能够使从光纤40射出的激光LB的光束轮廓(以下,有时简称为激光LB的光束轮廓)变化。

[0091] 换言之,入射到光纤40的纤芯中的激光LB相对于激光LB的输出的比率,相当于入射到光纤40的各纤芯(第一纤芯41、第二纤芯43、第三纤芯45)中的激光LB的入射量相对于对光纤40照射的激光LB的全部入射量的比率。激光LB的输出相当于对光纤40照射的激光LB的全部入射量。

[0092] 通过改变从光路控制部91施加到压电致动器26的控制电压V的大小,便能够改变入射到光纤40的纤芯中的激光LB相对于激光LB的输出的比率。

[0093] 激光焊接装置100的内部各光学部件的布置关系规定为:在光路改变机构23不动作的状态即控制电压 V 为 $V_0 (=V)$ 的状态下,激光LB入射到光纤40的轴心,并被传输到第一纤芯41中。将该情况下的入射位置 P 设为 P_0 (参照图2)。

[0094] 当使控制电压 V 从 V_0 朝着 $V_1 (>V_0)$,再朝着 $V_2 (>V_1)$ 、 $V_3 (>V_2)$ 这样变化时,如图2所示,入射位置 P 就从 P_0 朝着 P_1 ,再朝着 P_2 、 P_3 这样变化。

[0095] 在入射位置 P 为 P_0 的情况下,如图5的模式0所示,呈以 $X=0$ 的位置为中心的单峰状的高斯分布。需要说明的是, $X=0$ 对应于光纤40的轴心。

[0096] 当入射位置 P 改变为 P_1 时,如图2所示,激光LB入射到第一纤芯41与第一包层42之间。在该情况下,由于激光LB的一部分入射到第二纤芯43中,因此激光LB的光束轮廓如图5的模式1所示,呈中央的峰的两边缘隆起且引出下摆的形状。另外,中央的峰的半峰全宽值比模式0的中央的峰的半峰全宽值宽。需要说明的是,在以下的说明中,有时将模式1称为礼帽状。

[0097] 当入射位置 P 改变为 P_2 时,激光LB的大部分入射到第二纤芯43中。在该情况下,如图5的模式2所示,激光LB的光束轮廓呈双峰状:中央的峰变小,在夹着 $X=0$ 的位置与第二纤芯43相对应的位置出现了峰。实际上,在XY平面上呈具有环状的峰分布。

[0098] 当入射位置 P 改变为 P_2 时,激光LB的大部分入射到第三纤芯45中。在该情况下,如图5的模式3所示,激光LB的光束轮廓呈双峰状:与第二纤芯43相对应的位置的峰变小,而在与位于第二纤芯43外侧的第三纤芯45相对应的位置出现了峰。实际上,在XY平面上呈具有环状的峰分布。

[0099] 另外,从图5及以上的说明可知,模式1呈在X方向及Y方向上比模式0更宽的形状。同样,模式2呈在X方向及Y方向上比模式1更宽的形状,模式3呈在X方向及Y方向上比模式2更宽的形状。换言之,照射到工件200上的激光LB的光斑的直径(以下,简称为光斑直径)按照模式0→模式1→模式2→模式3的顺序变大。

[0100] 需要说明的是,在本说明书中,电压 V_1 、 V_2 、 V_3 分别为3.6V、6V、9V,但不特别限于此。可根据压电致动器26的种类、尺寸等进行适当的改变。

[0101] 另外,反射镜24及压电台25也可以绕着与X方向平行的轴做倾斜运动。在激光LB入射到XY平面上与光纤40的轴心保持等距离的位置的情况下,激光LB的光束轮廓呈相同的形状。例如,如果激光LB入射到以光纤40的轴心为中心即以入射位置 $P=P_0$ 为中心、以从 P_0 到 P_1 为止的距离为半径的圆周上,则激光LB的光束轮廓呈图5所示的模式1。

[0102] [激光焊接方法]

[0103] 图6示出工件的剖视示意图,图7示出压电致动器的控制电压随时间的变化,图8示出焊接速度随时间的变化。

[0104] 如图6所示,工件200是由分别具有角部的第一部件201和第二部件202重合而成的结构。第一部件201和第二部件202例如由铁形成。另外,在图6中虚线所示的工件200的角部CR(以下,简称为角部CR)在剖视时存在间隙,而在除角部CR以外的部位,第一部件201与第二部件202无间隙地密接重合在一起。因此,在照射激光LB时,角部CR处的第一部件201实质上被看成是一张板材。因此,在提供相同热量的情况下,第一部件201在角部CR的温度上升的程度比在除角部CR以外的部位的温度上升的程度大。因此,容易发生第一部件201的焊穿或穿孔。

[0105] 在对具有这样的结构的工件200进行焊接时,通过使照射的激光LB的光束轮廓及焊接速度 V_w 在角部CR和除角部CR以外的部位变化,便能够防止工件200的穿孔和熔深不足。进一步对这一点进行说明。需要说明的是,在本实施方式中,入射到光纤40中的激光LB的输出保持恒定。另外,激光LB顺着焊接线WL连续地照射到工件200上。在图6所示的工件200中,在激光LB连续地照射的焊接线WL的连续路径中,如后所述,包括作为工件200的形状及热容量连续地变化的区域的角部CR。

[0106] 例如,在图6所示的工件200中,在除角部CR以外的部位,即在第一部件201与第二部件202无间隙地接触的部位,如图7所示,使施加到压电致动器26的控制电压 V 处于固定为 V_1 的状态。另外,使焊接速度 V_w 固定为图8所示的 V_w3 并保持恒定。

[0107] 另一方面,如图6所示,当使激光LB沿着焊接方向WD在焊接线WL上前进时,激光LB在时刻 t_a 到达点A。在点A处,开始在第一部件201与第二部件202之间产生间隙,激光LB在时刻 t_b 到达点B,在点B处,间隙最大,在点B以后,间隙减小,激光LB在时刻 t_c 到达点C,在点C处,第一部件201与第二部件202再次无间隙地接触。因此,如上所述,角部CR的热容量,即从点A附近开始到点C附近为止的热容量,与除角部CR以外的部位的热容量不同,并且热容量在角部CR的内部变化。即,角部CR可以说是工件200的形状及热容量连续地变化的区域。

[0108] 在此,例如,将从点A(时刻 t_a)到点B(时刻 t_b)为止、以及从点B(时刻 t_b)到点C(时刻 t_c)为止的焊接方向WD上的距离分别设为10mm。

[0109] 另外,在将焊接速度设为3.0m/min的情况下,在上述各个区间中的移动时间为200msec。

[0110] 在该情况下,如图7所示,使控制电压 V 从时刻 t_a 附近开始连续且逐渐地上升,使得施加到压电致动器26的控制电压 V 在时刻 t_b 达到 V_3 。从时刻 t_b 开始,使施加到压电致动器26的控制电压 V 连续且逐渐地降低,使得控制电压 V 在时刻 t_c 再次达到 V_1 。此后,控制电压 V 被固定为 V_1 。由此,光路改变机构23的倾斜运动范围根据从光路控制部91施加到压电致动器26的控制电压 V 的大小而变化,使激光LB朝着光纤40入射的入射位置 P 变化,从而能够改变激光LB的光束轮廓。

[0111] 在此,就控制电压 V 而言,例如在设 V_1 为6V,设 V_3 为9V,在从点A(时刻 t_a)到点B(时刻 t_b)、以及从点B(时刻 t_b)到点C(时刻 t_c)的区间中,设焊接方向WD上的移动时间为200msec的情况下,控制电压 V 变化3V的程度即连续且逐渐地变化的平均变化程度的绝对值为0.015V/msec。

[0112] 在此,例如,在换算成控制周期,且将控制周期设为5msec的情况下,使控制电压 V 连续且逐渐地变化的平均变化程度的绝对值为0.075V/5msec。在该情况下,例如使控制电压 V 连续且逐渐地变化的平均变化程度的范围优选绝对值为0.05~0.1V/5msec。

[0113] 需要说明的是,在图7中,就控制电压 V 而言,在 V_1 (点A、点C)附近和 V_3 (点B)附近,使连续且逐渐地变化的平均变化程度相对平缓。由此而能够抑制在控制电压 V 的变化开始的点即点A处或控制电压 V 的变化结束的点即点C处、以及控制电压 V 的变化从增加切换为减少的点即点B处的急剧的变化。

[0114] 需要说明的是,就控制电压 V 而言,关于在 V_1 (点A、点C)附近和 V_3 (点B)附近连续且逐渐地变化的平均变化程度,虽然在 V_1 (点A、点C)附近和 V_3 (点B)附近使连续且逐渐地变化的平均变化程度相对平缓,但在急剧的变化不会对焊接造成不良影响的情况下,也可以仅

是呈直线状的波形的组合。

[0115] 另外,如图8所示,也可以与控制电压V的变化联动,使焊接速度V_w也连续地变化。具体而言,使焊接速度V_w从时刻t_a的附近开始连续且逐渐地降低,做到焊接速度V_w在时刻t_b达到速度V_{w1} (<V_{w3})。使焊接速度V_w从时刻t_b开始连续地逐渐上升,做到焊接速度V_w在时刻t_c再次达到速度V_{w3}。此后,焊接速度V_w被固定为速度V_{w3}。不过,不言而喻的是,在焊接线WL上再次出现角部CR的情况下,使控制电压V及焊接速度V_w都变化。

[0116] 在此,例如,在就焊接速度V_w而言,设V_{w1}为3m/min,设V_{w3}为5m/min,在从点A(时刻t_a)到点B(时刻t_b)、以及从点B(时刻t_b)到点C(时刻t_c)的区间中设焊接方向WD上的各个区间的平均移动时间为150msec的情况下,使以平均焊接速度4m/min变化的焊接速度V_w连续且逐渐地变化的平均变化程度(加速度)的绝对值为444mm/(sec)²。

[0117] 在该情况下,使焊接速度V_w连续且逐渐地变化的平均变化程度(加速度)的范围,例如优选绝对值为300mm/(sec)²至500mm/(sec)²。

[0118] 需要说明的是,在图8中,就焊接速度V_w而言,在V_{w1}(点A、点C)附近和V_{w3}(点B)附近,使其连续且逐渐地变化的平均变化程度相对平缓。由此而能够在抑制焊接速度V_w的变化开始的点即点A处或结束的点即点C处、以及焊接速度V_w的变化从减少切换为增加的点即点B处的急剧的变化。

[0119] 需要说明的是,就焊接速度V_w在V_{w1}(点A、点C)附近和V_{w3}(点B)附近连续且逐渐地变化的平均变化程度而言,虽然在V_{w1}(点A、点C)附近和V_{w3}(点B)附近使连续且逐渐地变化的平均变化程度相对平缓,但是在急剧的变化不会对焊接造成不良影响的情况下,也可以是呈直线状的波形的组合。

[0120] 通过这样控制控制电压V及焊接速度V_w,工件200就会如下述那样地被焊接。首先,在角部CR处,需要以填埋间隙的方式使第一部件201和第二部件202之间形成焊桥而焊接在一起。因此,例如,也能考虑到在角部CR处提高激光LB的输出这一做法。不过,在该情况下,工件200上可能会产生穿孔。

[0121] 另外,鉴于第一部件201的温度容易上升,也能考虑到在角部CR处使激光LB的输出降低这一做法。但是,激光LB是以稍微散焦的状态照射到角部CR处的第二部件202上的。因此,功率密度PD会变得过低,第一部件201和第二部件202有不被焊接的可能。

[0122] 因此,在本实施方式中,在角部CR处,通过将控制电压V设为V₃,使得激光LB的光束轮廓逐渐接近图5所示的模式3,来将照射到工件200上的激光LB的光斑直径连续且逐渐地加以扩大。换言之,在角部CR处,使入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出比率低于角部CR以外的部位。这样做以后,便会使该光斑的激光LB的功率密度PD的极大值降低,从而防止工件200的穿孔。另一方面,当使激光LB的功率密度PD的极大值降低时,对工件200的投入热量就会不足,而存在不会在第一部件201与第二部件202之间形成焊桥的情况。为了避免这种情况,将焊接速度V_w设定为V_{w1}这样低的值,从而确保每单位时间投入到工件200的热量。

[0123] 另外,在除角部CR以外的部位,将焊接速度V_w从V_{w1}逐渐提高到V_{w3}来抑制焊接时间增加。同时,使施加到压电致动器26的控制电压V从V₃逐渐降低到V₁,从而使激光LB的光束轮廓以逐渐接近图5所示的模式1的方式变化。换言之,提高入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出比率。这样做,便会使激光LB的光斑直径逐渐变小,提高激光LB的

功率密度PD的极大值,以确保对工件200的投入热量及熔深深度。

[0124] 另外,通过使施加到压电致动器26的控制电压V从V1连续且逐渐地变化到V3,再从V3连续且逐渐地变化到V1,而使激光LB的光束轮廓从图5所示的模式1连续且逐渐地变化到模式3。另外,与控制电压V的变化相配合,使焊接速度Vw从Vw3连续地变化到Vw1,再从Vw1连续地变化到Vw3。

[0125] 这样做以后,便能够确保在激光焊接过程中形成于工件200的小孔(未图示)、熔池(未图示)的形状稳定性,能够抑制在焊接过程中发生溅射。

[0126] 需要说明的是,在使焊接速度Vw变化时,既可以仅使机器人70的移动速度变化,也可以仅使工作台60的移动速度变化。另外,也可以使机器人70和工作台60的移动速度分别变化。

[0127] 另外,也可以以使焊接速度Vw和光束轮廓同步地变化的方式进行控制。在执行该控制时,如上所述,优选使机器人控制部93对机器人70的控制周期与光路控制部91对压电致动器26的控制周期同步。

[0128] 需要说明的是,在使激光LB的光束轮廓变化时,具体而言,有以下所示的几个步骤。

[0129] 首先,有在从焊接开始经过了事先设定好的时间后,使激光LB的光束轮廓变化的方法。在该情况下,光路控制部91的控制周期和机器人控制部93的控制周期可以不完全取得同步。只要激光LB的射出开始时刻与机器人70的动作开始时刻取得同步即可。在从激光LB射出且机器人70开始移动起经过了规定的时间后,利用光路控制部91使压电致动器26做倾斜运动,从而使激光LB的光束轮廓变化。

[0130] 另外,有在从焊接开始起机器人70移动事先设定好的距离后,使激光LB的光束轮廓变化的方法。在该情况下,需要将保存在机器人控制部93中的焊接速度Vw的信息事先发送给光路控制部91。另外,需要将机器人70的动作开始时刻发送给光路控制部91。在光路控制部91中,基于从机器人70开始动作起经过的时间和焊接速度Vw的信息,计算机器人70的顶端的移动距离。当该移动距离达到事先设定好的距离时,便利用光路控制部91使压电致动器26做倾斜运动,从而使激光LB的光束轮廓变化。

[0131] 另外,有基于机器人70的顶端的位置信息使激光LB的光束轮廓变化的方法。在该情况下,需要事先将上述的焊接速度Vw的信息和机器人控制部93所掌握的机器人70的顶端的位置信息发送给光路控制部91。当机器人70的顶端到达事先设定好的位置时,便利用光路控制部91使压电致动器26做倾斜运动,从而使激光LB的光束轮廓变化。

[0132] 以上所示的方法可根据工件200的形状等适当地区分使用。例如,在经过了事先设定好的时间后使激光LB的光束轮廓变化的方法,控制简便。在使激光LB的光束轮廓变化的距离短的情况下,容易利用。不过,由于焊接操作者辨认出的工件200的实际形状与控制的时刻或期间没有关联起来,因此,在使激光LB的光束轮廓相对于工件200的所希望的位置变化时,有时精度不足。

[0133] 另一方面,就基于机器人70的顶端的位置信息来使激光LB的光束轮廓变化的方法而言,例如能够与机器人70的示教操作结合起来进行。另外,焊接操作者能够辨认出机器人70的顶端相对于工件200的实际形状的位置。因此,能够可靠且简便地使激光LB的光束轮廓相对于工件200的所希望的位置变化。不过,由于需要根据机器人70的动作,从机器人控制

部93频繁地向光路控制部91发送数据,因此控制本身变得复杂。

[0134] 就在机器人70移动了事先设定好的距离后使激光LB的光束轮廓变化的方法而言,焊接操作者也能够辨认出机器人70的顶端相对于工件200的实际形状的位置。因此,能够可靠且简便地使激光LB的光束轮廓相对于工件200的所希望的位置变化。不过,与基于机器人70的顶端的位置信息的情况相比,有时精度会下降。控制的复杂程度在基于机器人70的顶端的位置信息使激光LB的光束轮廓变化的情况与经过了事先设定好的时间后使激光LB的光束轮廓变化的情况的中间。

[0135] [效果等]

[0136] 如上所述,本实施方式所涉及的激光焊接方法将通过光纤40传输的激光LB朝向工件200照射,并以在焊接方向WD上移动的焊接速度 V_w 沿着焊接线WL对工件200进行焊接。

[0137] 光纤40至少具有第一纤芯41、第三纤芯45以及第二纤芯43,其中,第一纤芯41设置在轴心,第三纤芯45在半径方向上设置在第一纤芯41的外侧且与第一纤芯41同轴,第二纤芯43在半径方向上设置在第一纤芯41与第三纤芯45之间且与第一纤芯41及第三纤芯45同轴。

[0138] 工件200具有形状及热容量在沿着焊接线WL的路径中变化的区域,在该情况下,该变化的区域为角部CR。另外,激光LB在角部CR的前后区域连续地照射到工件200上,在该情况下,激光LB顺着焊接线WL连续地照射到工件200上。

[0139] 在对工件200进行焊接的焊接过程中,调节激光LB朝着光纤40入射的入射位置P,在对角部CR进行焊接之前、之后,使从光纤40射出的激光LB的光束轮廓逐渐地变化。从另一个角度看,在对工件200进行焊接的焊接过程中改变入射到第一纤芯41、第二纤芯43、第三纤芯45中的激光LB的比率,在对角部CR进行焊接之前、之后,使从光纤40射出的激光LB的光束轮廓逐渐地变化。

[0140] 根据本实施方式,在对工件200进行焊接的焊接过程中,能够使从光纤40射出并照射到工件200上的激光LB的光束轮廓逐渐地变化。由此,便能够抑制形状、热容量在中途变化的工件200产生穿孔和熔深不足等。

[0141] 另外,由于激光LB的输出保持为恒定,另一方面,使光束轮廓根据工件200的形状、热容量等逐渐地变化,因此不需要限制地发挥激光振荡器10的性能。由此,激光振荡器10便能够以接近最大功率的功率例如以九成的功率动作,从而能够提高激光振荡器10的利用效率。即,由于能够相对于激光振荡器10的运转成本输出大输出值的激光LB,因此能够抑制激光焊接的成本上升。

[0142] 需要说明的是,并非在对工件200的形状变化的区域或工件200的热容量变化的区域进行焊接之前、之后双方都一定要对工件200连续地照射激光LB。只要在对该区域进行焊接之前和/或在对该区域进行焊接之后,对工件200连续地照射激光LB即可。

[0143] 同样,也并非在对工件200的形状变化的区域或工件200的热容量变化的区域进行焊接之前、之后双方都要使激光LB的光束轮廓逐渐地变化。使激光LB的光束轮廓在对该区域进行焊接之前和/或在对该区域进行焊接之后逐渐地变化即可。

[0144] 优选在对工件200的形状变化的区域或工件200的热容量变化的区域进行焊接之前和/或在对该变化的区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使激光LB的光束轮廓连续且逐渐地变化,这样做以后,便能够抑制溅射的发生。

[0145] 另外,优选在对工件200的形状变化的区域或工件200的热容量变化的区域进行焊接之前和/或在对该变化的区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使焊接速度 V_w 及入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率连续且逐渐地变化,这样做以后,便能够使焊接速度 V_w 和激光LB的光束轮廓连续且逐渐地变化。另外,能够使焊接速度 V_w 和激光LB的光束轮廓同步地变化。另外,能够实现抑制了工件200产生穿孔和熔深不足并且抑制了溅射的发生的激光焊接。

[0146] 需要说明的是,在本实施方式中,在对工件200的形状变化的区域或工件200的热容量变化的区域进行焊接之前和/或在对该变化的区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使控制电压 V 和焊接速度 V_w 同步且同时变化,从而使焊接速度 V_w 及入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率连续地变化。但是,在能够抑制工件200产生穿孔和熔深不足的范围,也可以仅使焊接速度 V_w 和入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率中的任一者连续且逐渐地变化。

[0147] 优选,以已使入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率低于热容量比工件200的角部(第二部位)CR大的部位(第一部位)的状态,对该200的角部(第二部位)CR照射激光LB。这样做以后,便能够实现抑制了工件200产生穿孔和熔深不足并且抑制了溅射的发生的激光焊接。

[0148] 本实施方式所涉及的激光焊接装置100至少包括:射出激光LB的激光振荡器10、传输激光LB的光纤40、使激光LB入射到光纤40中的光路改变机构23、以及将通过光纤40传输的激光LB朝向工件200照射的激光头50。光纤40至少具有第一纤芯41、第二纤芯43、第三纤芯45,其中,第一纤芯41、第二纤芯43、第三纤芯45具有上述的布置关系。

[0149] 光路改变机构23构成为:通过改变激光LB的光路,来改变入射到光纤40中的激光LB的入射位置P。而且,光路改变机构23构成为:在对工件200进行焊接的焊接过程中调节激光LB朝着光纤40入射的入射位置P,使从光纤40射出的激光LB的光束轮廓逐渐地变化。

[0150] 根据本实施方式,能够在对工件200的形状、热容量变化的区域进行焊接之前和/或在对该变化的区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使从光纤40射出并照射到工件200上的激光LB的光束轮廓逐渐地变化。由此,针对形状、热容量在中途变化的工件200,便能够抑制产生穿孔和熔深不足。

[0151] 光路改变机构23至少具有反射镜24、压电致动器(致动器)26以及光路控制部91,其中,反射镜24使激光LB朝向光纤40偏转,压电致动器(致动器)26改变反射镜24相对于激光LB的入射方向的角度,光路控制部91控制压电致动器26的动作。光路控制部91构成为:使压电致动器26动作来改变反射镜24的角度,由此调节激光LB朝着光纤40入射的入射位置P。

[0152] 根据本实施方式,靠一简便的结构,在对工件200进行焊接的焊接过程中便能够容易地调节激光LB朝着光纤40入射的入射位置P。由此,在对工件200进行焊接的焊接过程中,便能够容易地使从光纤40射出并照射到工件200上的激光LB的光束轮廓变化。另外,压电致动器26对控制信号的响应速度高,因此在短时间内即能够改变激光LB朝着光纤40入射的入射位置P。另外,在短时间内即能够使激光LB的光束轮廓变化。

[0153] 激光焊接装置100还包括机器人70和机器人控制部93,其中,机器人70保持激光头50,并使激光头50在焊接方向WD上移动,机器人控制部93控制机器人70的动作。机器人控制部93也可以控制机器人70,以便沿着焊接线WL以规定的焊接速度 V_w 照射激光LB。需要说明

的是,焊接速度 V_w 恒定或连续地变化。

[0154] 通过这样设置机器人控制部93,即能够容易地使激光LB沿着焊接线WL前进。另外,能够容易地进行对焊接速度 V_w 的调节。

[0155] 另外,激光焊接装置100还包括工作台60和工作台控制部92,其中,工作台60保持工件200,工作台控制部92控制工作台60相对于激光头50的相对动作。工作台控制部92也可以控制工作台60,以便沿着焊接线WL以规定的焊接速度 V_w 照射激光LB。需要说明的是,焊接速度 V_w 恒定或连续地变化。

[0156] 通过这样设置工作台控制部92,能够容易地使激光LB沿着焊接线WL前进。另外,能够容易地进行对焊接速度 V_w 的调节。需要说明的是,如上所述,也可以通过由工作台控制部92和机器人控制部93对工作台60及机器人70的动作分别进行控制,来使激光LB沿着焊接线WL前进。在该情况下,也能够容易地进行对焊接速度 V_w 的调节。

[0157] 需要说明的是,在本实施方式中,将入射到光纤40中的激光LB的输出保持为恒定地对工件200进行焊接,但也可以在对工件200的形状、热容量变化的区域进行焊接之前和/或在对该变化的区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使激光LB的输出变化。在该情况下,优选使焊接速度 V_w 及激光LB的输出分别连续且同步地变化。

[0158] 也可以在对工件200的形状、热容量变化的区域进行焊接之前和/或在对该变化的区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,通过使入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率变化,来使激光LB的光束轮廓连续地变化。在该情况下,优选使激光LB的光束轮廓和输出分别连续且同步地变化。这样做以后,便能够实现抑制了工件200产生穿孔和熔深不足并且抑制了溅射的发生的激光焊接。

[0159] 需要说明的是,通过将入射到光纤40中的激光LB的输出保持为恒定,激光控制部94对激光振荡器10和电源81的控制即会得到简化。

[0160] <变形例1>

[0161] 图9示出本变形例所涉及的第一工件的立体图。图10A示出第二工件的俯视图,图10B示出第六部件的侧视图。图10C示出沿着图10A的XC-XC线剖开的剖视示意图,图10D示出沿着图10A的XD-XD线剖开的剖视示意图。图11示出第三工件的剖视示意图。需要说明的是,为了便于说明,在图9~图11及以后所示的各附图中,对与第一实施方式相同的部位标注相同的附图示记并省略详细的说明。

[0162] 应用本公开的激光焊接方法及激光焊接装置100的工件200不限于图6所示的结构,可采用各种结构。例如,如图9所示,工件200也可以是在俯视时呈T字形的第三部件203重合在呈板状的第四部件204上而成的结构。第三部件203由第一部分203a和第二部分203b构成。第一部分203a从第二部分203b的中央开始向与第二部分203b的长度方向交叉的方向延伸。

[0163] 另外,在俯视时,第二部分203b的板厚比第一部分203a的板厚厚。因此,与第一部分203a与第四部件204之间的焊接部位相比,第二部分203b与第四部件204之间的焊接部位的热容量更大。另外,第一部分203a与第二部分203b交叉的部位203c即T字的交点部分与第四部件204之间的焊接部位的热容量为上述两个焊接部位的热容量的中间程度的值。

[0164] 考虑俯视时沿着第三部件203的外形照射激光LB,用激光将第三部件203和第四部件204焊接起来的情况。在该情况下,在沿着焊接线WL从第一部分203a经由交叉部位203c对

第二部分203b进行焊接时,通过使激光LB的光束轮廓逐渐变窄,能够实现抑制了工件200产生穿孔和熔深不足并且抑制了溅射的发生的激光焊接。同样,通过在沿着焊接线WL从第二部分203b经由交叉部位203c对第一部分203a进行焊接时,使激光LB的光束轮廓逐渐变宽,能够实现抑制了工件200产生穿孔和熔深不足并且抑制了溅射的发生的激光焊接。

[0165] 另外,在工件200为图10A~图10D所示的结构的情况下,本实施方式所示的激光焊接方法也是有用的。

[0166] 如图10A~图10D所示,工件200是第六部件206的侧面与第五部件205的侧面对接而成的结构。沿着第五部件205与第六部件206的对接面进行激光焊接。第五部件205是呈平板状的部件。第六部件206是在呈箱型的部件的内部设置两张隔板而成的形状。具体而言,在从侧方观察第六部件206的情况下,由彼此相对的板状部分206a、206a和彼此相对的其他板状部分206b、206b构成四方环状的框体。另外,在框体的内部彼此隔开间隔地设置有两张板状部分206c、206c。在侧视时,板状部分206c与板状部分206b大致平行地设置。

[0167] 在对这样的工件200进行焊接的情况下,板状部分206c与第五部件205对接的部分的热容量比除对接的部分以外的部分的热容量大。即,图10D所示的焊接部位的热容量比图10C所示的焊接部位的热容量大。

[0168] 由以上可知,图10A所示的工件200的形状及热容量沿着焊接线WL周期性地变化。因此,通过使激光LB的光束轮廓与该变化相对应,逐渐且周期性地变化,能够实现抑制了工件200产生穿孔和熔深不足并且抑制了溅射的发生的激光焊接。

[0169] 另外,在工件200的材质沿着焊接线WL变化的情况下,本公开的激光焊接方法及激光焊接装置100也适用。例如,如图11所示,工件200也可以是在分别由铝形成的第七部件207和第八部件208的重合结构中,在第八部件208的中途插入由铝压铸件构成的第九部件209而成的结构。第七部件207、第八部件208、第九部件209分别由相同的铝形成,但第九部件209的热容量比第七部件207及第八部件208的热容量大。即,图11所示的工件200的材质及热容量沿着焊接线WL,在第八部件208与第九部件209的交界非连续地变化。在对第八部件208与第九部件209的交界附近进行焊接之前和/或在对该交界附近进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使激光LB的光束轮廓逐渐地变化。由此而能够实现抑制了工件200产生穿孔和熔深不足并且抑制了溅射的发生的激光焊接。

[0170] 即,本公开的工件200具有形状或热容量、或者材质在沿着焊接线WL的路径中连续地或非连续地变化的区域。进一步而言,工件200具有形状或热容量、或者材质在沿着焊接线WL的至少一个路径中连续地或非连续地变化的至少一个区域。本公开的激光焊接方法在对工件200进行焊接的焊接过程中调节激光LB朝着光纤40入射的入射位置P,在对该区域进行焊接之前和/或在对该区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使从光纤40射出的激光LB的光束轮廓逐渐地变化。另外,本公开的激光焊接装置100构成为:在对工件200进行焊接的焊接过程中调节激光LB朝着光纤40入射的入射位置P,从而使从光纤40射出的激光LB的光束轮廓逐渐地变化。

[0171] 不仅是第一实施方式所示的工件200,通过应用本公开的激光焊接方法及激光焊接装置100,能够实现抑制了工件200产生穿孔和熔深不足并且抑制了溅射的发生的激光焊接。如本变形例所示,对于形状复杂的工件200、随着材质而变化的工件200,通过应用本公开的激光焊接方法及激光焊接装置100,也能够实现抑制了工件200产生穿孔和熔深不足并

且抑制了溅射的发生的激光焊接。

[0172] 需要说明的是,优选在对工件200的形状或热容量或者材质变化的区域(以下,有时称为工件200的形状等变化的区域。)进行焊接之前和/或在对该变化的区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使激光LB的光束轮廓、焊接速度 V_w 、激光LB的输出、入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率连续且逐渐地变化,换言之,使激光LB的光束轮廓连续且逐渐地变化,这与第一实施方式中所述的相同。另外,优选使焊接速度 V_w 及激光LB的输出分别连续且同步地变化,这也与第一实施方式中所述的相同。在该情况下,更优选使激光LB的光束轮廓和激光LB的输出分别连续且同步地变化。

[0173] 另外,优选,以已使入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率低于热容量比工件200的第一部位大的第二部位的状态,对该第一部位照射激光LB,这与第一实施方式中所述的相同。

[0174] 需要说明的是,在利用机器人70使激光头50沿着焊接线WL移动的情况下,需要使机器人控制部93事先识别工件200的形状等变化的区域的位置信息。通常,在用激光对工件200进行焊接时,事先将与焊接线WL对应的激光头50的移动轨迹存储在机器人控制部93中。该操作称为示教。在进行示教时,获取工件200的形状等变化的区域的位置信息,也将该信息一起存储在机器人控制部93中。之后,沿着焊接线WL对工件200进行焊接。在对工件200的形状等变化的区域进行焊接之前和/或在对该变化的区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使激光LB的光束轮廓连续且逐渐地变化。这样做以后,便能够实现可靠地抑制了工件200产生穿孔和熔深不足并且抑制了溅射的发生的激光焊接。

[0175] (第二实施方式)

[0176] 图12示出本实施方式所涉及的压电致动器的控制电压随时间的变化,图13示出激光的光束直径随时间的变化。图14示出焊道的中央部分的激光的功率密度随时间的变化,图15示出焊道的侧缘部分的激光的功率密度随时间的变化。

[0177] 本实施方式所示的激光焊接方法及激光焊接装置100与第一实施方式所示的结构的不同之处在于:在对工件200的形状等变化的区域进行焊接之前和/或在对该变化的区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使激光LB的光束轮廓周期性且逐渐地变化。具体而言,使激光LB的光束直径 ϕ 和功率密度PD分别周期性地变化。需要说明的是,在本实施方式中,入射到光纤40中的激光LB的输出保持为恒定。

[0178] 在使激光LB的光束直径 ϕ 和功率密度PD变化时,具体而言,如图12所示,使压电致动器26的控制电压V在峰值与基值之间周期性地变化。在该情况下,峰值是 V_3 ,基值是 V_0 。另外,控制电压V为 V_3 的期间与为 V_0 的期间相同,这些期间之比即占空比被设定为1。另外,控制电压V的频率为200Hz,但并不特别限于此,可根据工件200的形状、材质等进行适当的改变。

[0179] 通过使压电致动器26的控制电压V周期性地变化,激光LB的光束轮廓便会从图5所示的模式0朝着模式3、再从模式3朝着模式0这样周期性且连续地变化。即,光路改变机构23构成为:使入射到光纤40中的激光LB的入射位置P周期性地变化。从另一个角度来看,使入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率在规定的比率 R_1 (以下称为第一比率 R_1)与比第一比率 R_1 低的比率(以下称为第二比率 R_2)之间周期性地切换来进行激光焊接。

[0180] 通过激光LB的光束轮廓周期性地变化,激光LB的光束直径 φ 便会如图13所示,从 φ_0 朝着 $\varphi_3 (> \varphi_0)$ 、再从 φ_3 朝着 φ_0 这样周期性地变化。

[0181] 另外,通过激光LB的光束轮廓周期性地变化,照射到工件200上的激光LB的功率密度PD也周期性地变化,但该情况在形成于工件200的焊道300(参照图16)的中央部分和侧缘部分是不同的。

[0182] 如图14及图15所示,焊道300的中央部分的激光LB的功率密度PD从PD3变化到PD2 ($< PD3$)。另一方面,焊道300的侧缘部分的激光LB的功率密度PD从PD1变化到PD0 ($< PD1$)。另外,当焊道300的中央部分的激光LB的功率密度PD从PD3朝着PD2变化时,焊道300的侧缘部分的激光LB的功率密度PD便从PD0朝着PD1变化。需要说明的是,PD1与PD2可以是相同的值,也可以是不同的值。

[0183] 另外,在本实施方式中,电压V0、V1、V2、V3分别是与第一实施方式所示的相同的值。另外,光束直径 φ_0 、 φ_1 、 φ_2 、 φ_3 分别为500 μm 、1000 μm 、1500 μm 、2000 μm 。功率密度PD0、PD1、PD2、PD3分别为0W/cm²、1.59 $\times 10^5$ W/cm²、1.59 $\times 10^5$ W/cm²、2.55 $\times 10^6$ W/cm²。不过,不言而喻的是,也可根据工件200的形状、材质、热容量等对这些值进行适当的改变。

[0184] 就这样,通过在对工件200的形状等变化的区域进行焊接之前和/或在对该变化的区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使激光LB的光束直径 φ 和功率密度PD周期性地变化,便能够使形成于工件200的焊道300的形状良好。进一步对这一点进行说明。

[0185] 图16示出本实施方式所涉及的焊道的俯视示意图。图17A示出沿着图16的XVIIA-XVIIA线剖开的剖视图,图17B示出沿着图16的XVII B-XVII B线剖开的剖视图,图17C示出沿着图16的XVII C-XVII C线剖开的剖视图。

[0186] 图18示出用于比较的焊道的俯视示意图。图19A示出沿着图18的XIXA-XIXA线剖开的剖视图,图19B示出沿着图18的XIXB-XIXB线剖开的剖视图,图19C示出沿着图18的XIXC-XIXC线剖开的剖视图。需要说明的是,图16、图17A~图17C、图18以及图19A~图19C所示的工件200是由铝形成的板材。

[0187] 考虑在将光束轮廓保持为恒定的状态下,即,在将激光LB的光束直径 φ 及功率密度PD分别保持为恒定,将激光LB连续地照射到工件200上而进行激光焊接的情况。在该情况下,当工件200的热容量小时,产生的热会蓄积于工件200,因此如图18及图19A~图19C所示,焊道300便有可能沿着焊接方向WD逐渐变宽并且熔深深度变深。另外,当熔深深度深到规定以上时,在像铝那样熔融时的粘性小的材质的情况下,焊道300有可能从工件200的背面垂下而成为冰柱状(参照图19C)。

[0188] 另一方面,根据本实施方式,在对工件200进行焊接的焊接过程中,通过使激光LB的光束轮廓周期性地变化,对工件200的投入热量也会周期性地变化,因此对沿着焊接方向WD的工件200的热蓄积降低。这样便会如图18所示,即使在工件200的热容量小的情况下,也能够使焊道300的宽度恒定,并且能够使焊道300的边缘即侧缘部分对齐。另外,如图19A~19C所示,熔深深度沿着焊接方向WD且顺着整个焊道300保持恒定并且稳定化。

[0189] 另外,与使激光LB的输出周期性地变化的情况不同,能够在确保焊道300的中央部分与侧缘部分的热输入平衡的同时将激光LB照射到工件200上,因此能够提高对焊道300的形状的控制性。另外,为了使激光LB的输出周期性地变化,需要由激光控制部94使电源81的输出、进行激光振荡的激光模块11的个数等周期性地变化,因此控制会复杂化。另一方面,

在本实施方式中,利用在将入射到光纤40中的激光LB的输出保持为恒定的同时仅使光路改变机构23工作这样简便的方法,便能够使激光LB的光束直径 ϕ 和功率密度PD周期性地变化。因此,控制会得到简化。

[0190] 需要说明的是,工件200的热容量也取决于工件200自身的尺寸。即,在工件200的尺寸小的情况下,工件200的热容量也小。因此,本实施方式的激光焊接方法及激光焊接装置100在对小尺寸的工件200进行激光焊接的情况下也是有用的。

[0191] 另外,在本实施方式中,也可以使控制电压V在V1到V3之间周期性地变化。通过将控制电压V设为V1,激光LB的光束轮廓便会呈图5所示的模式1即礼帽状。与激光LB的光束轮廓为模式0的情况相比,不仅激光LB的光斑直径扩大,而且光斑的周缘的热输入量也提高。

[0192] 需要说明的是,当使激光LB的光束轮廓周期性地变化时,存在小孔不稳定而导致溅射的发生量增加的情况。

[0193] 另一方面,在工件200由对激光LB的反射率高的材料例如纯铝等形成的情况下,本实施方式所示的激光焊接方法是有用的。在工件200由纯铝形成的情况下,对激光LB的吸收率低,并且在表面形成有氧化覆膜。因此,即使照射激光LB,也难以容易地形成熔池,甚至难以容易地形成小孔。另外,由于不形成熔池,因此在表面激光LB的反射率高的状态得以维持。

[0194] 另一方面,一旦形成熔池及小孔,则在熔池中激光LB的吸收率上升。另外,激光LB会在小孔中进行多重反射。由于以上原因工件200会变得容易一下子熔融。

[0195] 利用这些性质来重复使激光LB的功率密度PD上升而使工件200熔融的周期、和使激光LB的功率密度PD降低而抑制工件200的过度熔融的周期。这样做以后,针对对激光LB的反射率高的工件200,能够容易地得到恒定的熔深深度。

[0196] 需要说明的是,也可以使激光LB的输出呈脉冲状地变化。这样做以后,相对于激光振荡器10的运转成本,能够在脉冲达到峰值时输出大输出值的激光LB,故能够抑制激光焊接的成本上升。

[0197] <变形例2>

[0198] 图20示出本变形例所涉及的压电致动器的控制电压随时间的变化,图21示出焊道的中央部分的激光的功率密度随时间的变化。图22示出压电致动器的控制电压的另一随时间的变化,图23示出压电致动器的控制电压的又一随时间的变化。

[0199] 图20所示的控制电压V随时间变化与第二实施方式的图12所示的控制电压V随时间变化的不同之处在于:图20在从焊接开始时刻起的规定期间内,控制电压V的基值阶段性地上升。需要说明的是,控制电压V的峰值为V3,是恒定的。在图20所示的例子中,使控制电压V的基值从V0阶段性地变化到V1,但并不特别限于此。例如,也可以使控制电压V的基值V从V0阶段性地变化到V1与V2之间的值。

[0200] 另外,通过如图20所示使控制电压V随时间变化,照射到工件200上的激光LB的功率密度PD也会随时间变化。例如,在焊道300的中央部分,如图21所示,激光LB的功率密度PD从PD3阶段性地降低到PD2。从另一个角度来看,激光焊接是这样进行的:在工件200的焊接开始部位,将入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率设为规定的比率R3(以下,称为第三比率R3),在达到规定的焊接长度之前使该比率阶段性地降低为比第三比率R3低的比率(以下,称为第四比率R4)。另一方面,控制电压V的峰值为V3,是恒定的,因此

焊道300的侧缘部分的激光LB的功率密度PD的值也大致恒定。

[0201] 在焊接刚开始后,对工件200的加热是不充分的。另一方面,在该状态下,在使激光LB成为如图5所示的模式0那样陡峭的光束轮廓的情况下,有时热输入过剩,熔深深度比所希望的值大。另外,当焊接进行下去且工件200被加热到某种程度时,熔深深度进一步变深,如上所述,焊道300的宽度有可能变宽到规定以上。另外,在焊接刚开始后,在工件200的微小区域中温度会从低温状态急剧上升,因此溅射的发生频度有可能变高。

[0202] 另一方面,如果在已将激光LB的功率密度PD抑制在了规定以下的状态下将焊接速度 V_w 设定在规定值以上,那么,在焊接开始部位就会产生工件200的熔深不足,有可能发生焊接不良。另外,焊接开始部位的焊道300的形状有可能紊乱。

[0203] 另一方面,根据本变形例,在焊接刚开始后,提高入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率,从而确保焊道300的中央部分的激光LB的功率密度PD。这样做以后,便能够在焊接开始部位确保熔深深度,并且能够抑制焊道300的形状紊乱。而且,通过使入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率阶段性地降低,能够抑制工件200在焊道300的中央部分被加热到超出所需,能够使熔深深度和焊道300的形状分别稳定化。另外,与第二实施方式所示的情况相同,通过使激光LB的光束轮廓周期性地变动,能够使焊道300的宽度恒定。另外,能够使焊道300的边缘对齐。另外,能够抑制溅射的发生。

[0204] 尤其是,在第二实施方式、本变形例所示的例子中,在使激光LB的功率密度PD在焊道300的中央部分降低的时刻,提高了焊道300的侧缘部分的激光LB的功率密度PD。进一步对这一点进行说明。

[0205] 当以相同的输出对工件200连续地照射激光LB来进行激光焊接时,有时热量会滞留在工件200的内部。在该情况下,有时熔深深度会沿着焊接线WL逐渐变深。或者,有时焊道300的宽度会逐渐变宽。

[0206] 另一方面,根据本变形例,通过使激光LB的光束轮廓周期性地变动,能够使对工件200的热输入量周期性地下降。由此而能够抑制因滞留在工件200的内部的熱向周围传播而引起的上述不良现象,即,能够抑制熔深深度逐渐变深、或焊道300的宽度逐渐变宽。

[0207] 其结果是,能够形成熔深深度及宽度都恒定的焊道300。

[0208] 另外,改变在工件200的焊接开始部位与焊接开始部位以外的焊接部位对工件200的热输入状态的方法不限于图20所示的例子。例如,如图22所示,也可以使上述的占空比变化。即,也可以使入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率为上述第一比率 R_1 的第一期间 T_1 、与入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率为上述第二比率 R_2 的第二期间 T_2 的占空比($T_1/(T_1+T_2)$ 或 $T_2/(T_1+T_2)$)逐渐地变化。需要说明的是,在图20所示的例子中,周期(T_1+T_2)保持恒定。

[0209] 如图22所示,在工件200的焊接刚开始后,使 $T_1 > T_2$,在接下来的周期中,保持 $T_1 > T_2$ 的关系,并且与之前的周期相比缩短第一期间 T_1 ,并且延长第二期间 T_2 。以下,重复该处理,直到第一期间 T_1 和第二期间 T_2 成为大致相同的值为止。

[0210] 这样做以后,在焊接开始部位,便能够确保熔深深度并且能够抑制焊道300的形状紊乱。而且,能够抑制工件200在焊道300的中央部分被加热到超出所需,能够使熔深深度和焊道300的形状分别稳定化。另外,能够使焊道300的宽度恒定,并能够使焊道300的边缘对齐。

[0211] 需要说明的是,本变形例所示的方法并不仅仅适用于工件200的焊接开始时。如第一实施方式、变形例1所示,在对工件200进行焊接的焊接过程中,能够根据工件200的热容量变化、形状变化、材质变化,应用本变形例所示的方法。

[0212] 即,在对工件200的形状等变化的区域进行焊接的情况下,在连续的至少两个周期中,使入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率变化。或者,在对工件200的形状等变化的区域进行焊接之前和/或在对该变化的区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率为第一比率R1的第一期间T1与入射到第一纤芯41中的激光LB相对于激光LB的输出的比率为第二比率R2的第二期间T2的占空比逐渐地变化。

[0213] 这样做以后,便能够沿着焊接线WL对工件200适当地进行热输入。由此而能够使熔深深度和焊道300的形状分别稳定化。另外,能够使焊道300的宽度恒定,并能够使焊道300的边缘对齐。

[0214] 另外,在对图6所示的工件200进行激光焊接时,也可以如图23所示那样控制控制电压V。需要说明的是,图21所示的时刻 t_a 、 t_b 、 t_c 与图7所示的相同。另外,第一期间T1与第二期间T2为相同的值。

[0215] 即,直到时刻 t_a 为止,使控制电压V在V1与V2之间周期性地变动。在从时刻 t_a 到 t_b 为止的期间,使控制电压V的峰值从V2阶段性地上升到V3。这样做以后,便能够根据间隙的增加使激光LB的功率密度PD的时间平均降低。即,能够对工件200中的热容量逐渐变小的部位确保适当的量的热输入。同样,在从时刻 t_b 到 t_c 为止的期间,使控制电压V的峰值从V3阶段性地下降到V2。这样做以后,便能够根据间隙的减少而提高激光LB的功率密度PD的时间平均,能够对工件200中的热容量逐渐变大的部位确保适当的量的热输入。另外,在时刻 t_c 以后,使控制电压V在V1与V2之间周期性地变动。

[0216] 需要说明的是,在第二实施方式、本变形例所示的对控制电压V的控制中,使焊接速度Vw根据控制电压V的变化而变化,甚至根据激光LB的功率密度PD的变化而变化,这是不言而喻的。另外,也可以使入射到光纤40中的激光LB的输出变化来代替使焊接速度Vw变化,或者,还可以在使焊接速度Vw变化的同时,使入射到光纤40中的激光LB的输出也变化。另外,优选使控制电压V和焊接速度Vw同步地变化。优选使控制电压V和激光LB的输出同步地变化。或者,优选使控制电压V、焊接速度Vw以及激光LB的输出同步地变化。

[0217] (第三实施方式)

[0218] 图24示出本实施方式所涉及的激光焊接装置的结构简图,图25示意性地示出从光纤射出的激光的光束轮廓的周期性变化。

[0219] 图24所示的本实施方式的激光焊接装置100与图1所示的第一实施方式的激光焊接装置100的不同之处在于:图24所示的本实施方式的激光焊接装置100具有第一激光振荡器10和第二激光振荡器13。需要说明的是,与图1所示的激光振荡器10相同,第一激光振荡器10与第一电源81和激光控制部94连接。需要说明的是,第一电源81与图1所示的电源81相同。另外,从第一激光振荡器10射出的第一激光LB1的光路也与图1所示的激光LB的光路相同。

[0220] 另一方面,与第一激光振荡器10相同,第二激光振荡器13布置在壳体21的内部,并与第二电源82和激光控制部94连接。因此,从第二激光振荡器13射出的第二激光LB2的输出

与第一激光LB1的输出独立地被控制。另一方面,第二激光LB2与第一激光LB1波长相同。需要说明的是,第一激光振荡器10和第二激光振荡器13中的至少一者也可以布置在壳体21的外部。

[0221] 第二激光LB2直接入射到聚光透镜32上,并通过聚光透镜32聚集在光纤40的入射端面上,具体而言,聚集在第三纤芯45中。需要说明的是,以光纤40的入射端面中的第二激光LB2的入射位置与第一激光LB1的入射位置不重叠的方式,设置朝着聚光透镜32入射的第二激光LB2入射角度或入射位置。另外,第二光闸35能够在第二激光LB2的光路的内部与外部之间移动地设置在聚光单元30内。第二光闸35与第一光闸33联动地动作,该第一光闸33设置成能够在第一激光LB1的光路中与光路外之间移动。

[0222] 通过使用图24所示的激光焊接装置100,能够更细致且精度良好地执行第二实施方式、变形例所示的激光焊接方法。例如,通过如图12所示那样控制控制电压V,第一激光LB1的光束轮廓便会从图5所示的模式1朝着模式3、再从模式3朝着模式1这样周期性地变化。另一方面,第二激光LB2在激光焊接过程中周期性地入射到第三纤芯45中。即,入射到光纤40中并从光纤40射出的激光LB包括第一激光LB1和第二激光LB2。

[0223] 因此,激光LB的光束轮廓如图25所示那样周期性地变化。在控制电压V为V1的情况下,如图25的左侧所示,在由第一激光LB1引起的模式1下的外周缘重叠有由第二激光LB2引起的峰。另外,利用激光控制部94控制第二激光LB2的输出,使得第二激光LB2入射到第三纤芯45中的期间与控制电压V为V1的期间一致。另外,利用激光控制部94控制第二激光LB2的输出,使得激光LB的光束轮廓呈图25的左侧所示的形状。即,第二激光LB2被设定为其输出比激光LB的输出低,或者其功率密度比激光LB的功率密度PD低。

[0224] 在控制电压V为V3的情况下,如图25的右侧所示,激光LB的光束轮廓呈由第一激光LB1引起的模式3。

[0225] 这样做以后,例如,与变形例2所示的情况相比,激光LB的光斑直径被扩大,另外,使照射到工件200上的激光LB的功率密度PD变化,光斑的周缘的热输入量得到提高。由此而能够使熔池及小孔的形状更稳定化,从而能够抑制溅射的发生。另外,能够使熔深深度和焊道300的形状分别稳定化。另外,能够使焊道300的宽度恒定,能够使焊道300的边缘对齐。

[0226] 另外,根据本实施方式,能够分别独立地控制第一激光LB1的输出和第二激光LB2的输出。这样做以后,在形成于工件200的焊道300的中央部分和侧缘部分便能够独立地控制激光LB的功率密度PD,换言之,能够独立地控制投入热量。由此而能够根据工件200的形状变化或工件200的热容量变化或者工件200的材质变化,适当地设定小孔和熔池的尺寸,并且能够使小孔和熔池的形状稳定化。另外,能够使焊道300的形状稳定化,并且能够使焊道300的边缘的形状对齐。

[0227] 如上所述,本实施方式所涉及的激光焊接方法包括以下结构。

[0228] 激光LB包括第一激光LB1和第二激光LB2,其中,第二激光LB2的输出比激光LB的输出低,或者第二激光LB2的功率密度比激光LB的功率密度PD功率密度低。第一激光LB1入射到第一纤芯41中,第二激光LB2入射到第三纤芯45中。

[0229] 通过至少使第二激光LB2以规定的周期朝第三纤芯45入射,来使从光纤40射出的激光LB的光束轮廓变化。

[0230] 本实施方式所涉及的激光焊接装置100还包括激光控制部94,该激光控制部94控

制从第一激光振荡器10射出的第一激光LB1的输出及从第二激光振荡器13射出的第二激光LB2的输出。

[0231] 光路控制部91通过改变第一激光LB1朝着光纤40入射的入射位置,而使从光纤40射出的激光LB的功率密度PD变化。

[0232] 第一激光LB1入射到第一纤芯41中,第二激光LB2入射到第三纤芯45中。

[0233] 例如,也可以利用激光控制部94使第二激光振荡器13周期性地振荡、非振荡。在该情况下,激光控制部94构成为:通过使第二激光LB2以规定的周期朝第三纤芯45入射,而使从光纤40射出的激光LB的光束轮廓变化。

[0234] 另外,也可以利用光路控制部91使第二光闸35周期性地打开、关闭。在该情况下,光路控制部91构成为:通过使第二激光LB2以规定的周期朝第三纤芯45入射,而使从光纤40射出的激光LB的光束轮廓变化。

[0235] 需要说明的是,在对激光焊接没有大的影响的范围内,也可以连续地输出第二激光LB2。在该情况下,通过将控制电压V设为V3,激光LB的光束轮廓就是在由第一激光LB1引起的模式3上重叠有由第二激光LB2引起的峰。

[0236] 另外,第二激光LB2也可以在被光路改变机构23反射之后入射到聚光透镜32上。在该情况下,也使第二激光LB2在光纤40的入射端面上的入射位置与第一激光LB1的入射位置不同。例如,使第二激光LB2相对于光路改变机构23的入射角度与第一激光LB1相对于光路改变机构23的入射角度不同。

[0237] 另外,也可以将从第一激光振荡器10射出的第一激光LB1的一部分在折返镜22与光路改变机构23之间分支出来,并将该分支出来的激光作为第二激光LB2利用。

[0238] (其他实施方式)

[0239] 也能够将第一实施方式~第三实施方式及变形例1、变形例2所示的各构成要素适当组合起来而作为新的实施方式。例如,也能够将第二实施方式所示的激光焊接方法应用于变形例1所示的各种工件200中。

[0240] 另外,如上所述,工件200具有形状、热容量以及材质中的至少一者在沿着焊接线WL的路径中连续地或非连续地变化的区域。在该情况下,有如第一实施方式所示的情况:激光LB在对该区域进行焊接之前和/或在对该区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,连续地照射工件200。或者,也有如第二实施方式所示的情况:激光LB至少在对该区域进行焊接之前和/或在对该区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,脉冲状换言之间歇地照射工件200。不言而喻的是,任何情况都包括在本公开的激光焊接方法中。在此,对工件200间歇地照射激光LB是指,不仅包括以脉冲状照射激光LB,也可以包括以形成于焊接部的焊道形成为呈间歇的缝合状的多个接缝形状的方式照射激光LB。

[0241] 另外,在本申请说明书中,以光纤40具有第一纤芯41、第二纤芯43、第三纤芯45这样的所谓的三层纤芯结构为例进行了说明,但并不特别限于此,只要具有两层以上的纤芯即可。

[0242] 例如,如图26所示,光纤40可以是具有第一纤芯41和第三纤芯45的结构,或者也可以是具有第一纤芯41和第二纤芯43的结构。在该情况下,也能够通过利用光路改变机构23改变激光LB朝着光纤40入射的入射位置P,而在对工件200进行焊接的焊接过程中使激光LB的光束轮廓变化。

[0243] 另外,也可以使用其他致动器,例如步进电动机来代替压电致动器26。

[0244] 另外,在第一实施方式~第三实施方式及变形例1、变形例2中,示出了具有工件200的形状等在沿着焊接线WL的路径中变化的区域的情况下,在对该变化的区域进行焊接之前和/或在对该变化的区域进行焊接之后,或者至少在到达该区域之后,使激光LB的光束轮廓逐渐地变化的例子。需要说明的是,在本申请说明书中,“至少在到达该区域之后”的时刻包括从到达工件200的形状等变化的区域之后立即的时刻、或者从到达该区域之后经过规定时间后的时刻。

[0245] 另一方面,本公开的激光焊接方法及激光焊接装置100在以下所示的情况下也是有用的。

[0246] 图27是说明在焊接结束点形成的工件的凹坑的示意图。需要说明的是,为了容易理解说明,在图27中省略了焊道300的图示。

[0247] 在沿着焊接线WL对工件200进行激光焊接的情况下,当在焊接结束点结束激光LB的照射时,对工件200的热输入量会急剧地变化。另外,由于沿着焊接线WL的前方未被加热,因此热量容易滞留在焊接结束点附近,熔池(未图示)与其周围的温度差就会变大。在工件200的形状、热容量、材质在焊接线WL的路径中不变化的情况下也会发生上述现象。

[0248] 当激光焊接结束且形成焊道300时,在焊接结束点的附近,有时会因温度的急剧变化而在工件200上形成凹坑200a(参照图27中的虚线)。如果形成凹坑200a,就会破坏焊接部位的外观。另外,在将焊接后的工件200安装到其他部件上时,有可能导致安装不良。

[0249] 另一方面,通过使用激光焊接装置100,在到达焊接结束点之前使激光LB的光束轮廓逐渐地变化,便能够消除或减小上述缺陷。

[0250] 具体而言,一边沿着焊接线WL向工件200连续地照射激光LB,一边从到达焊接线WL的终端即焊接结束点之前的规定位置开始使激光LB的光束轮廓逐渐地变化。在该情况下,逐渐扩大激光LB的光束直径 ϕ 。也可以与激光LB的光束直径 ϕ 的变化同步地,同时使激光LB的输出或功率密度PD逐渐降低。

[0251] 这样做以后,在焊接结束时,便能够在焊接结束点的附近使温度的变化量、温度的变化速度降低,由此而能够抑制形成凹坑200a。或者,能够减小凹坑200a的深度(参照图27中的实线)。能够保持焊接部位的外观美观性,并且能够减少将焊接后的工件200安装到其他部件上时的安装不良。

[0252] 从变形例2、图27所示的例子可知,在对工件200进行焊接时,在焊接刚开始后的规定期间、焊接即将结束前的另一规定期间内,工件200的温度变化(的状态)比除此以外的期间大。例如,在焊接刚开始后,即使照射激光LB,工件200的温度上升也是缓慢的。因此,难以确保工件200中的熔深深度。另外,在焊接结束点附近,如上所述,热量容易滞留,工件200的温度上升变大。

[0253] 因此,在非稳定期间内,优选使激光LB的光束轮廓逐渐地变化。在此,非稳定期间至少包括工件200的焊接刚开始后的规定期间和焊接即将结束前的另一规定期间。

[0254] 例如,在工件200的焊接刚开始后的规定期间内,通过使激光LB的光束轮廓变窄,增大功率密度PD,能够确保工件200的熔深深度。另一方面,在焊接即将结束前的另一规定期间内,通过扩大激光LB的光束轮廓,扩大工件200的熔融范围,能够减小上述的凹坑200a的平面尺寸、深度。

[0255] 另一方面,在对工件200进行焊接的焊接过程中的稳定期间内,优选使激光LB的光束轮廓随着工件200的温度变化而逐渐地变化。

[0256] 在此,稳定期间是指在工件200的焊接期间中上述稳定期间以外的期间。即,稳定期间,至少工件200的焊接刚开始后的规定期间和焊接即将结束前的另一规定期间除外。

[0257] 如果热量过剩地滞留在工件200中,工件200便容易焊穿,并且焊道300的宽度也会变宽。在该情况下,使激光LB的光束轮廓逐渐变窄。此外,使激光LB的输出降低,使功率密度PD在规定以下。这样做以后,便能够抑制在工件200蓄积过剩的热,从而能够形成具有恒定宽度的焊道300。

[0258] -产业实用性-

[0259] 本公开的激光焊接方法能够不产生穿孔、不发生熔深不足地对形状或热容量或者材质变化的工件进行焊接,因此是有用的。

[0260] -符号说明-

[0261]	10	激光振荡器(第一激光振荡器)
[0262]	11	激光模块
[0263]	12	激光合成器
[0264]	13	第二激光振荡器
[0265]	20	光耦合单元
[0266]	21	壳体
[0267]	22	折返镜
[0268]	23	光路改变机构
[0269]	24	反射镜
[0270]	25	压电台
[0271]	26	压电致动器(致动器)
[0272]	30	聚光单元
[0273]	31	壳体
[0274]	32	聚光透镜
[0275]	33	光闸(第一光闸)
[0276]	34	光束收集器
[0277]	35	第二光闸
[0278]	40	光纤
[0279]	41	第一纤芯
[0280]	42	第一包层
[0281]	43	第二纤芯
[0282]	44	第二包层
[0283]	45	第三纤芯
[0284]	46	第三包层
[0285]	47	保护被膜
[0286]	50	激光头
[0287]	60	工作台

[0288]	70	机器人
[0289]	81	电源(第一电源)
[0290]	82	第二电源
[0291]	91	光路控制部
[0292]	92	工作台控制部
[0293]	93	机器人控制部
[0294]	94	激光控制部
[0295]	100	激光焊接装置
[0296]	200	工件
[0297]	200a	凹部
[0298]	201 ~ 209	第一部件 ~ 第九部件
[0299]	300	焊道。

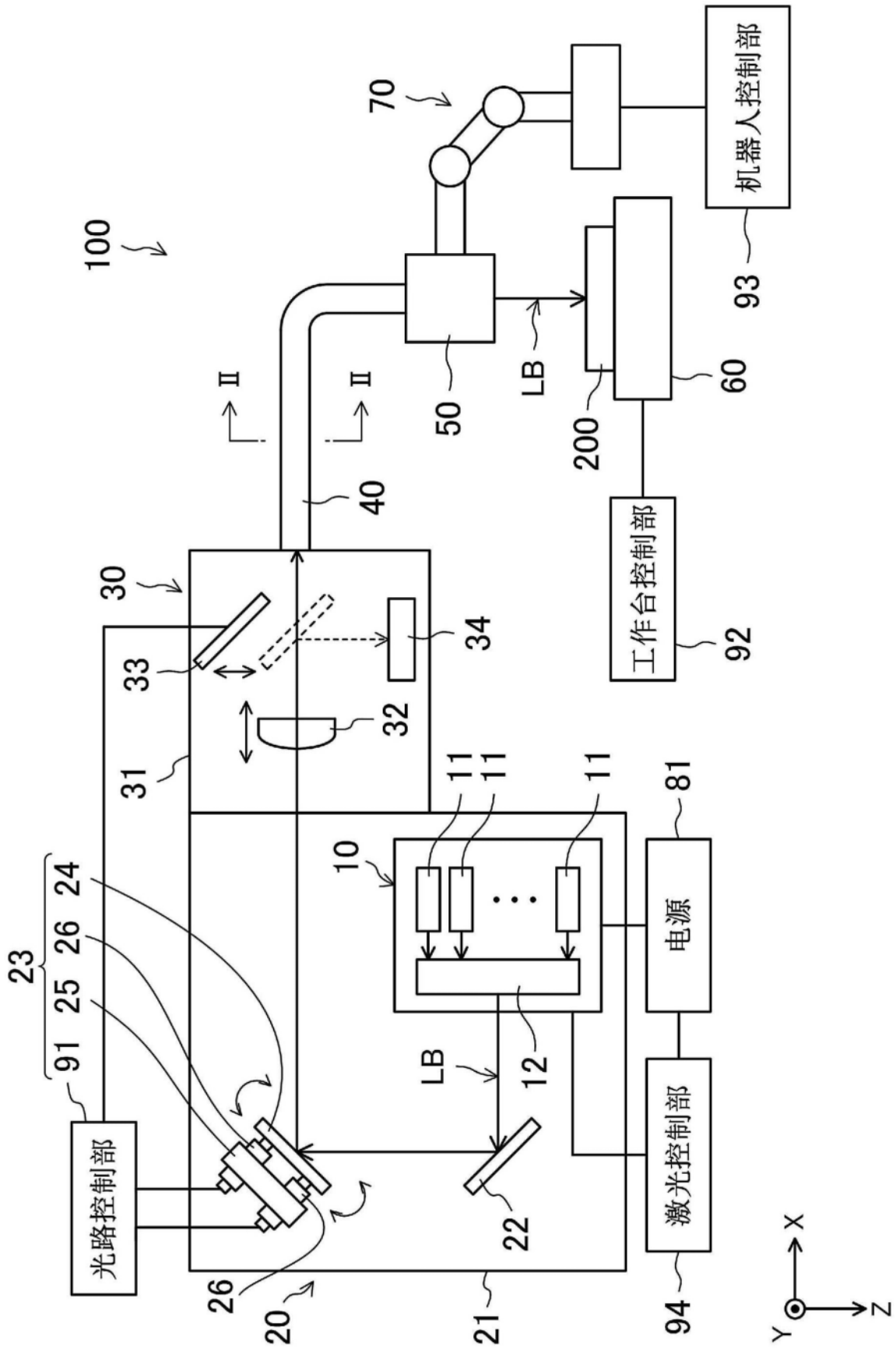


图1

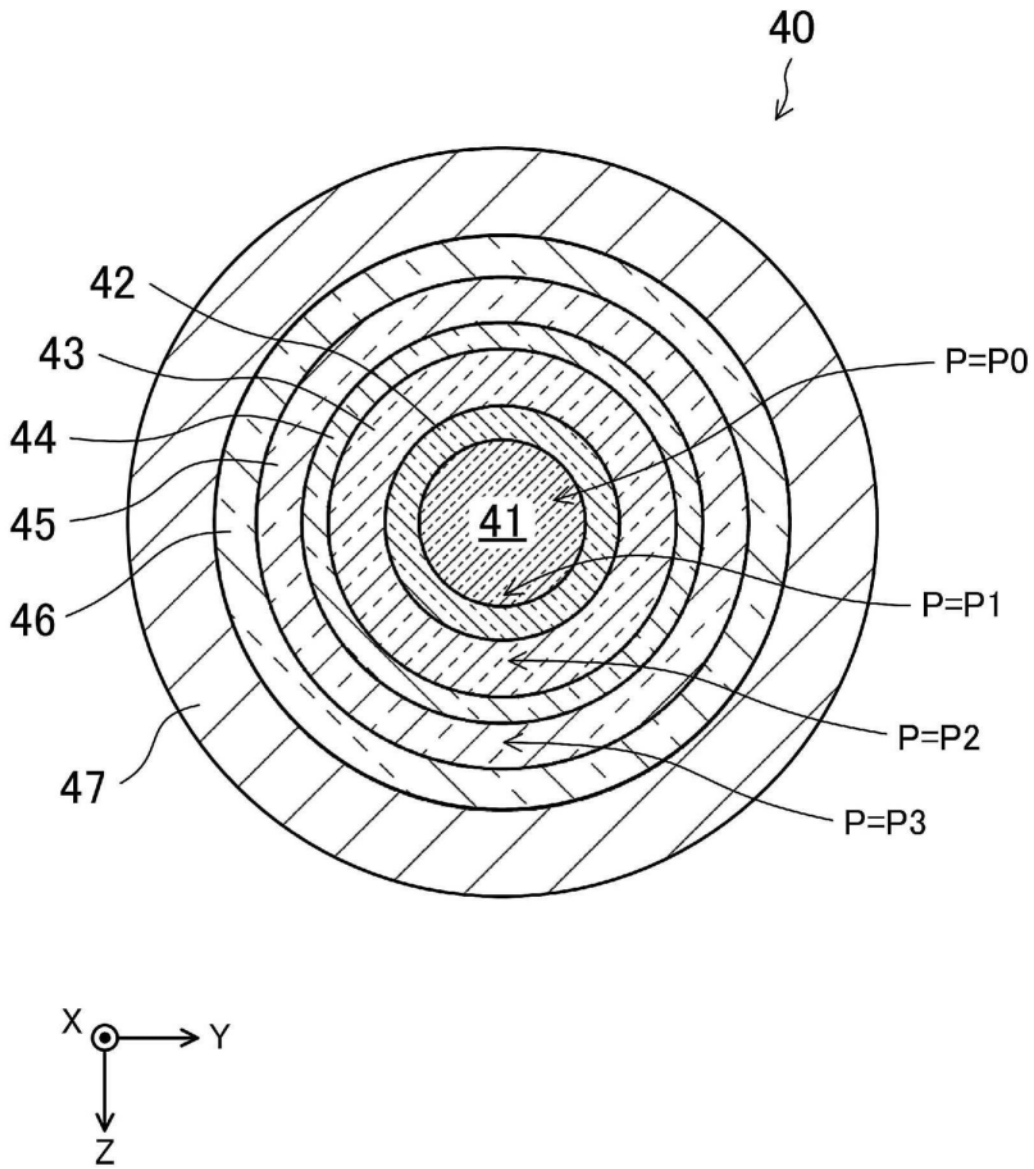


图2

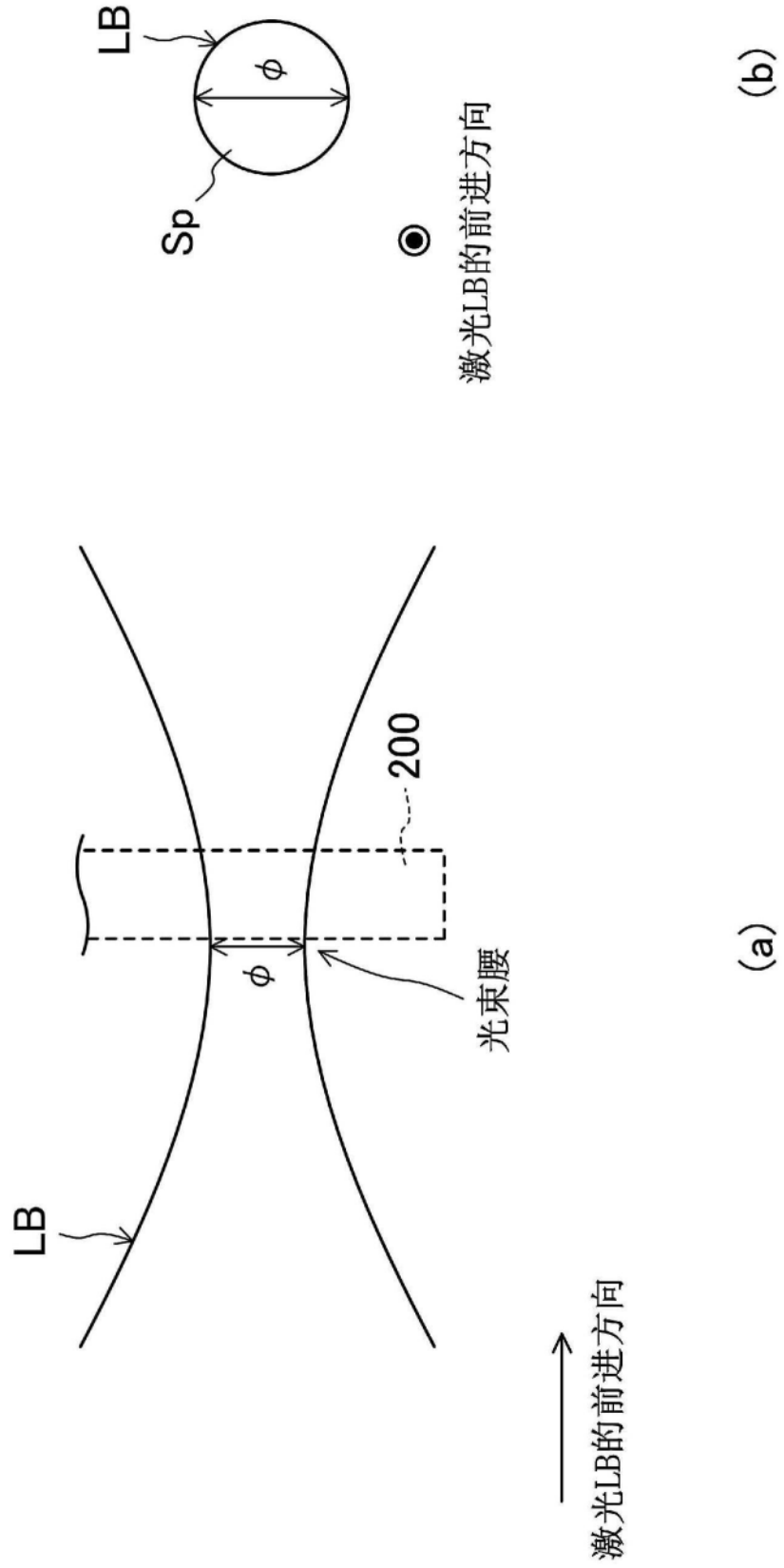


图3

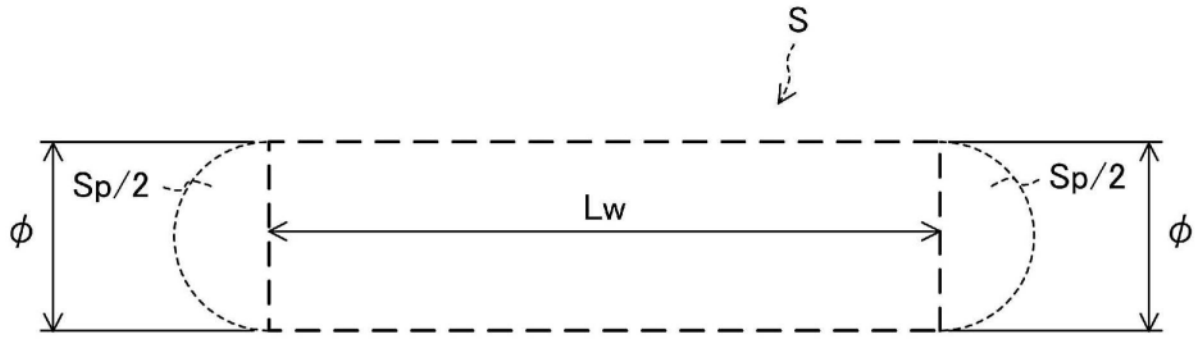


图4

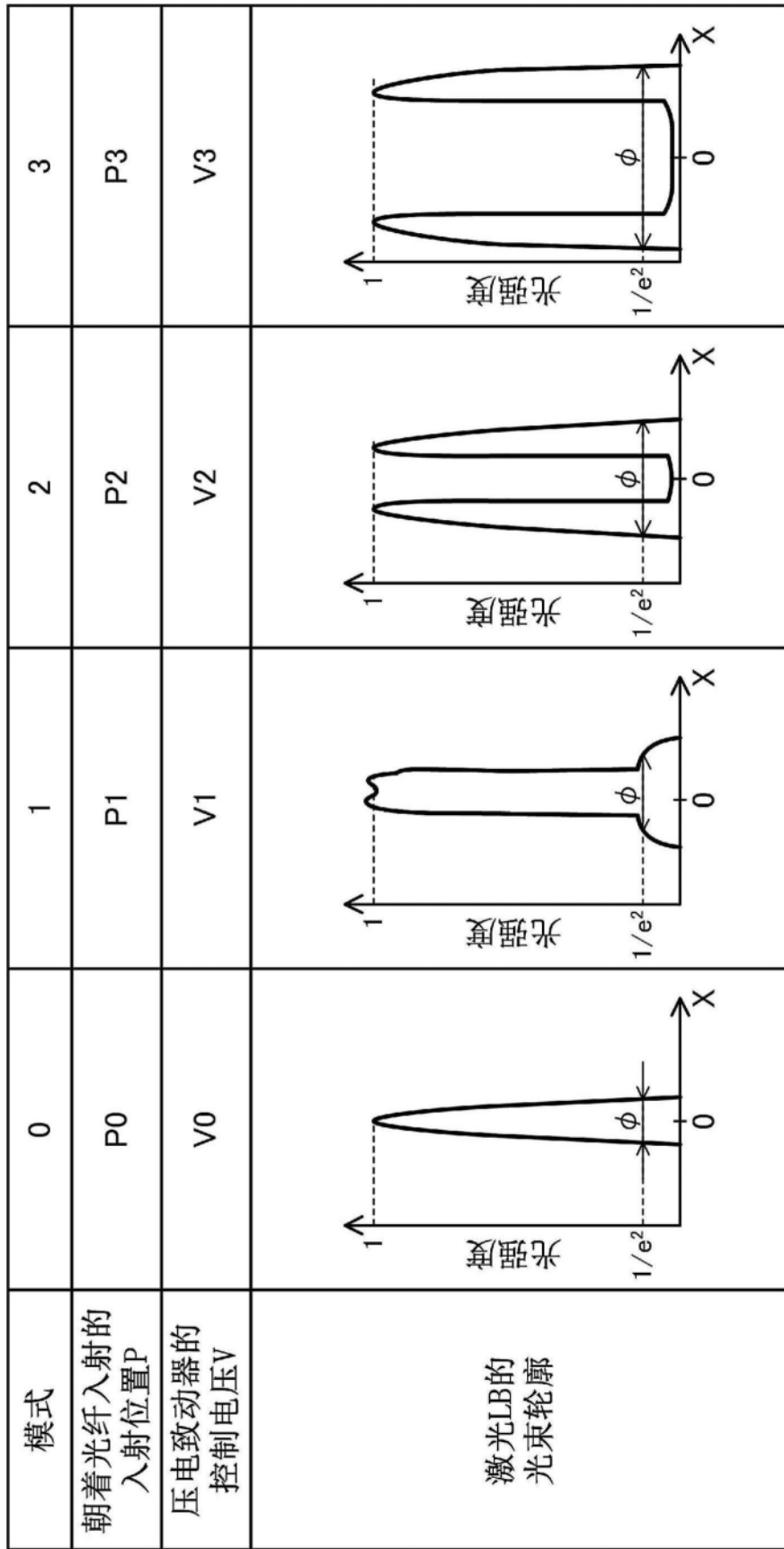


图5

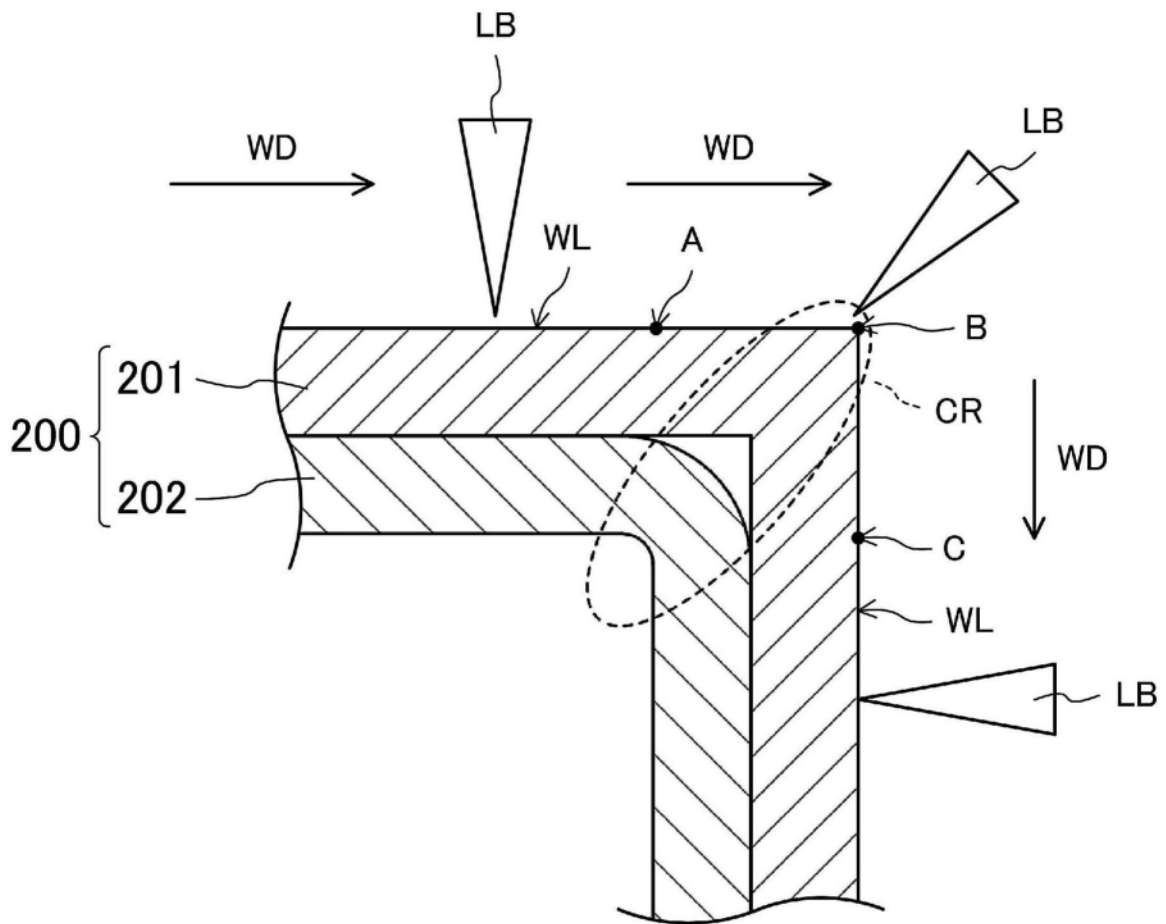


图6

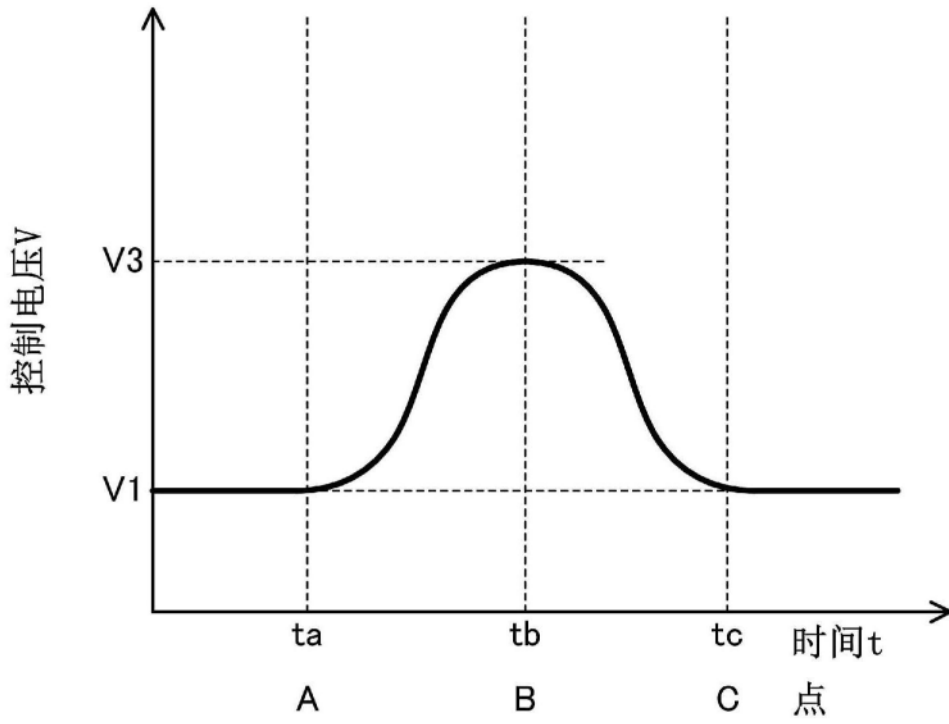


图7

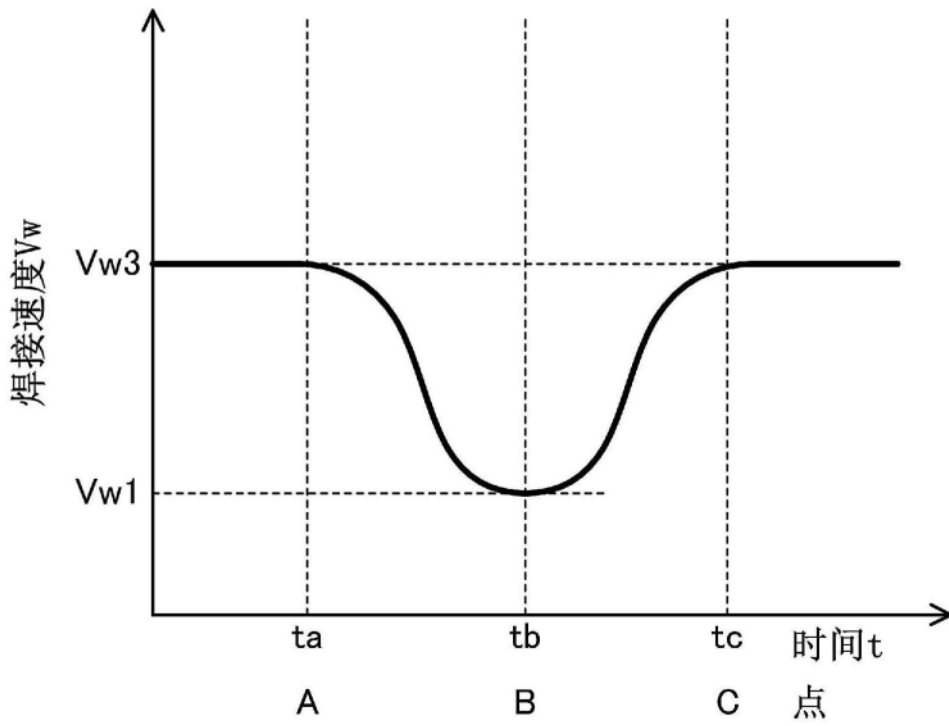


图8

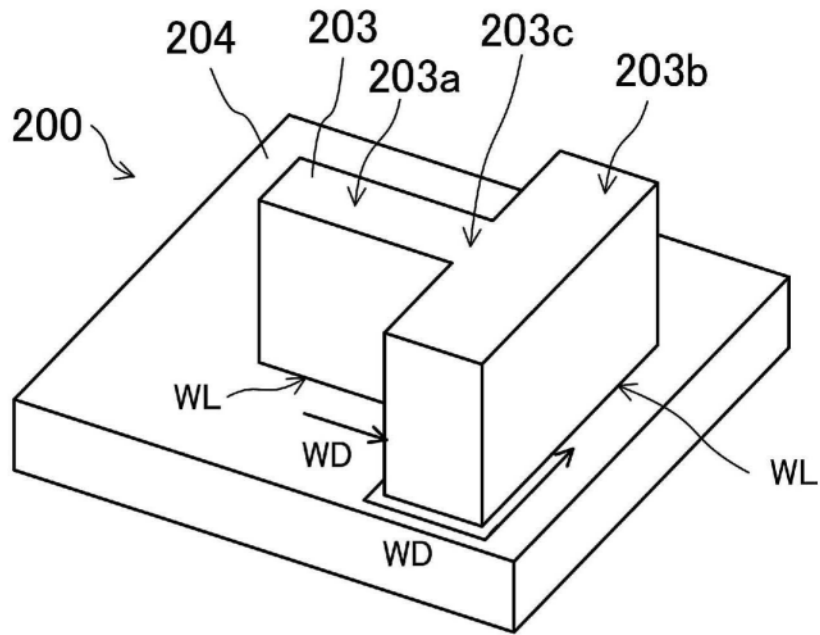


图9

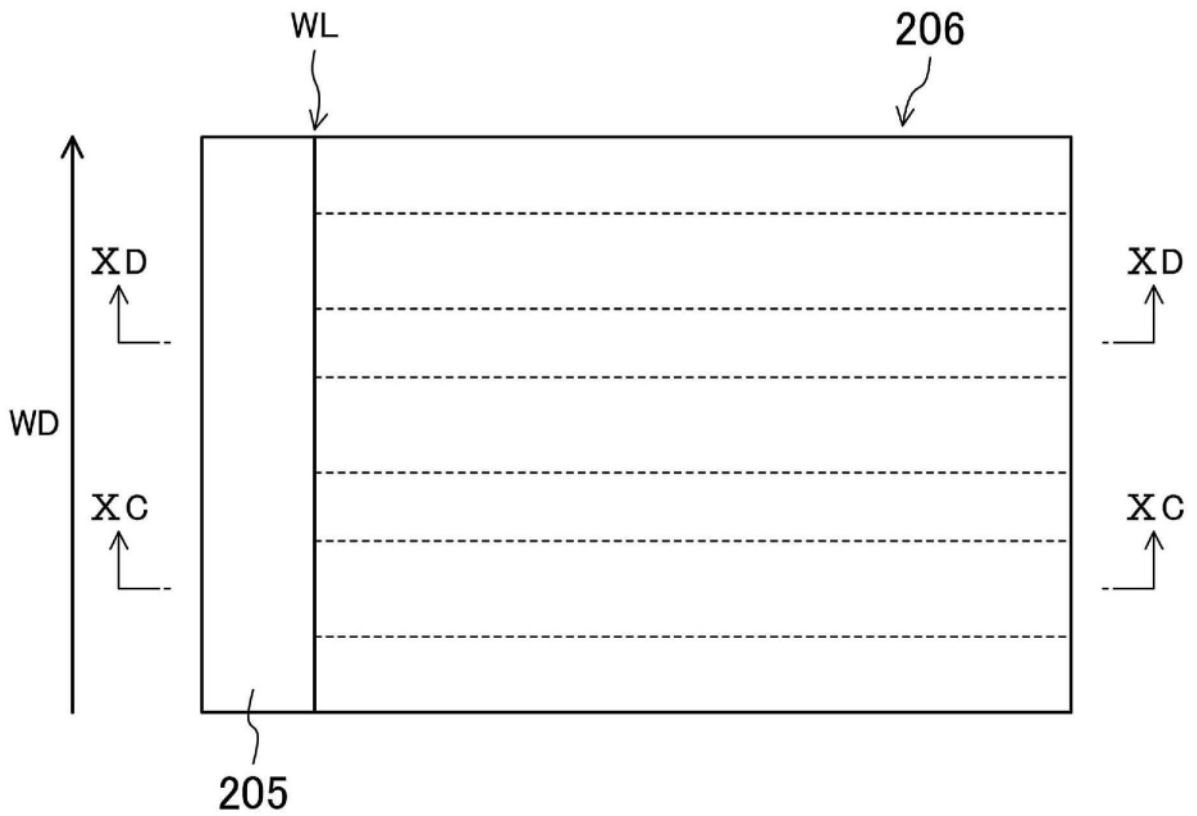


图10A

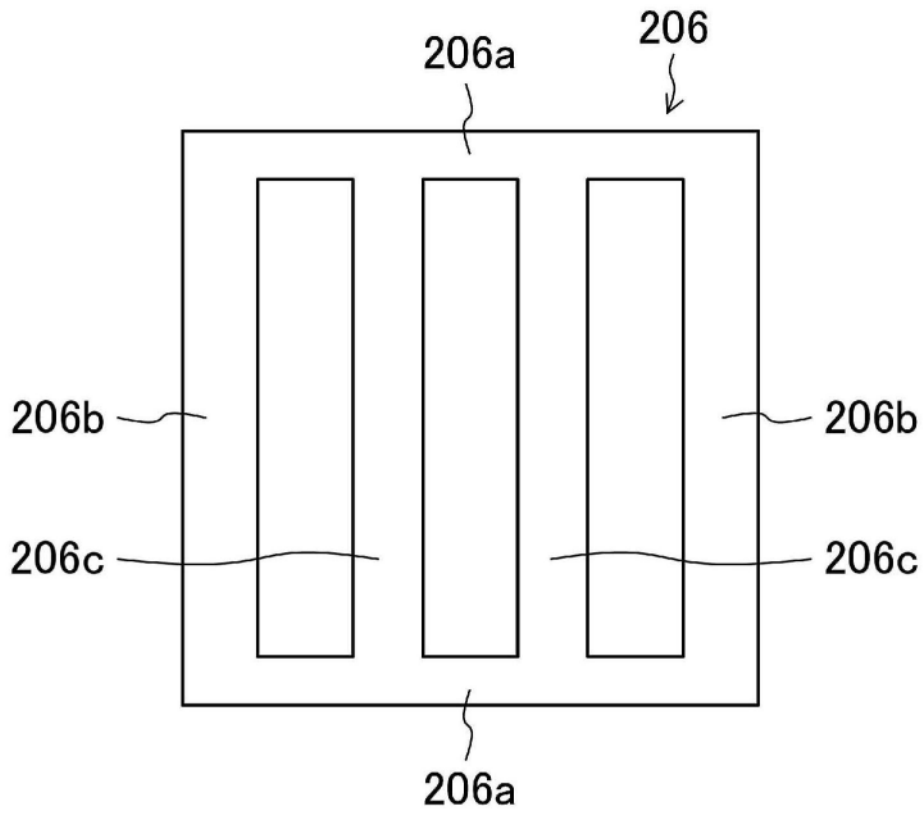


图10B

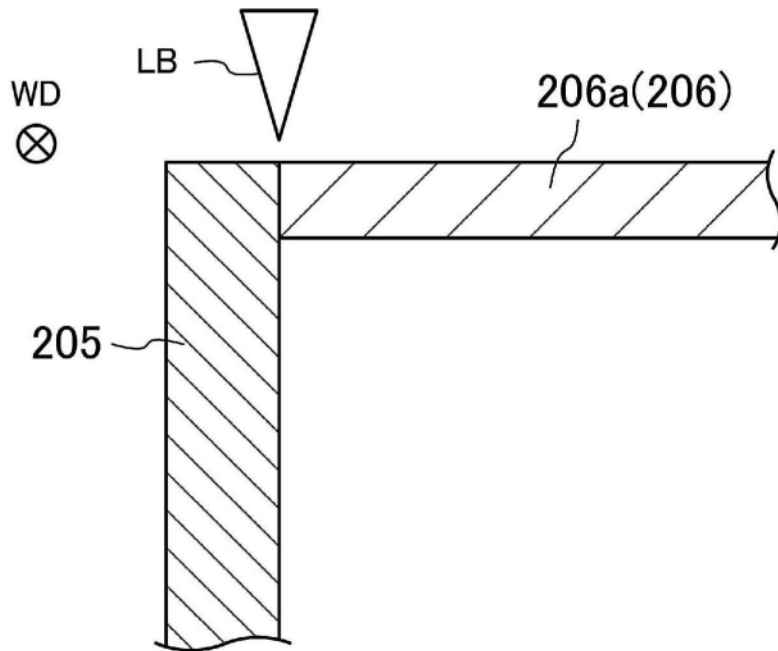


图10C

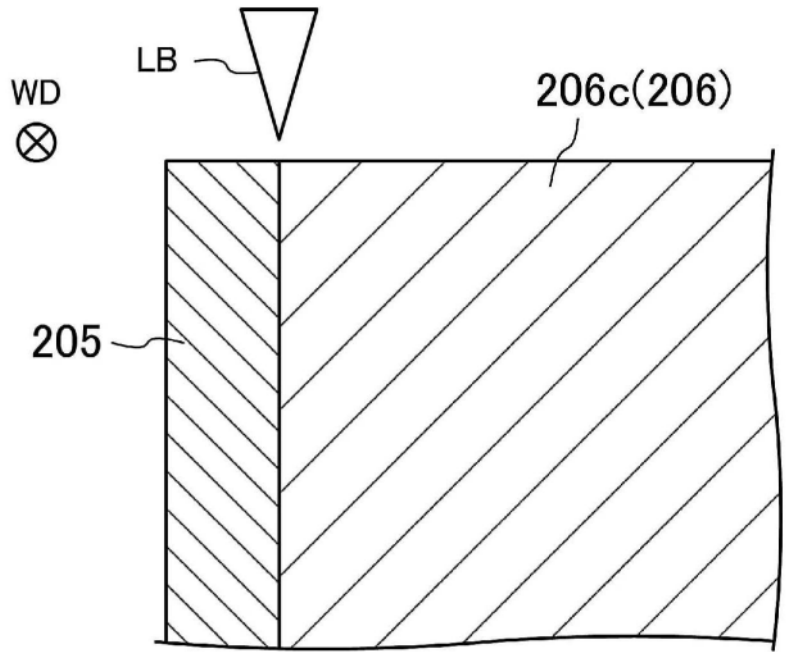


图10D

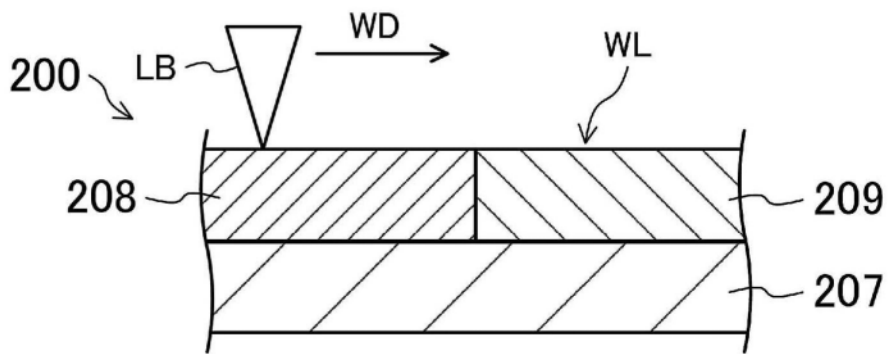


图11

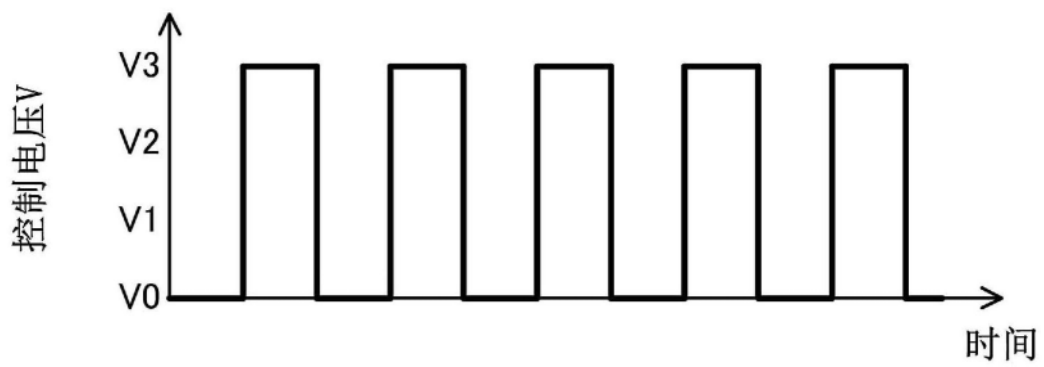


图12

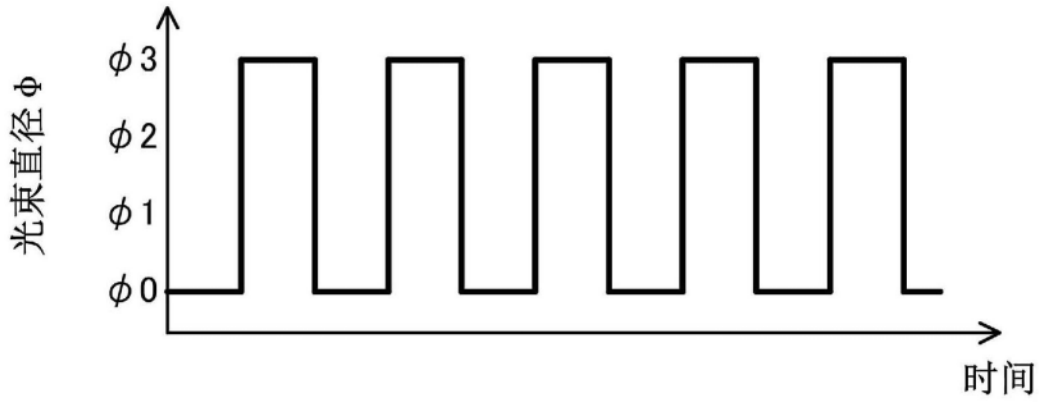


图13

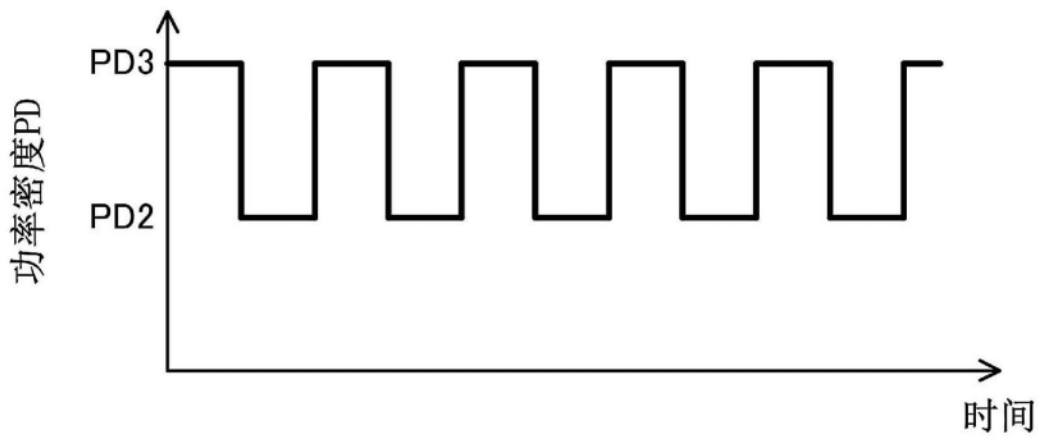


图14

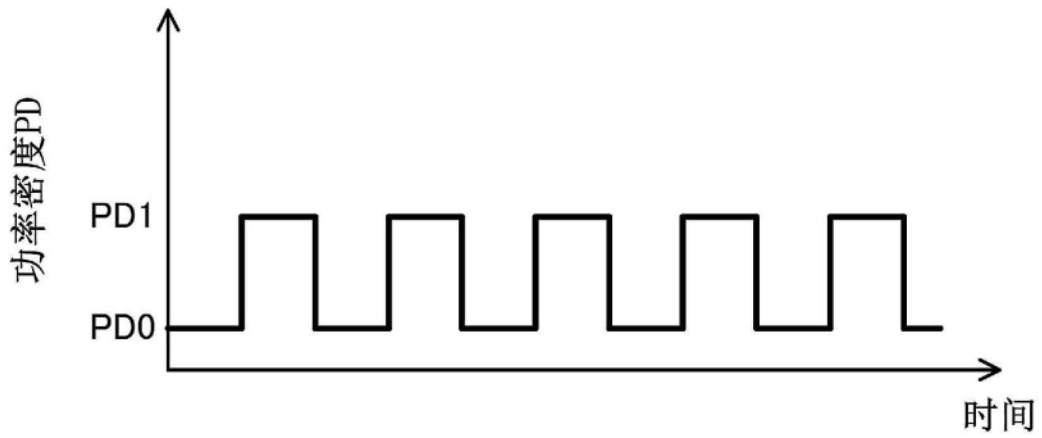


图15

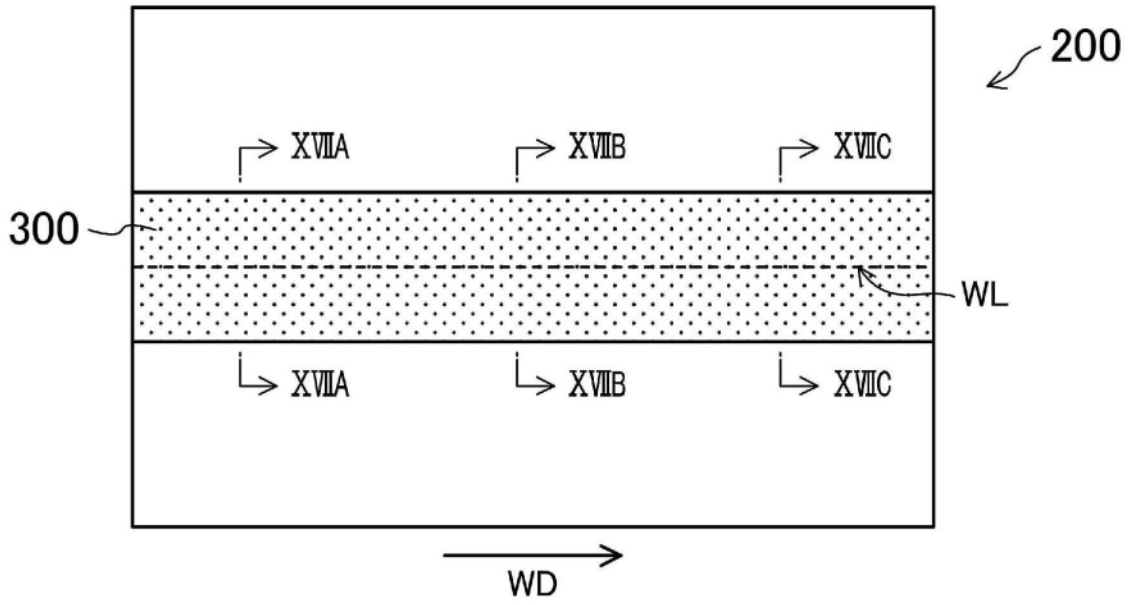


图16

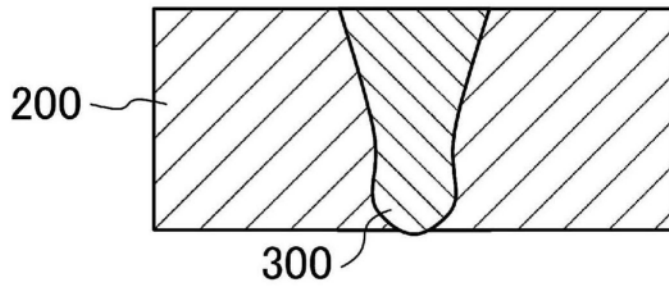


图17A

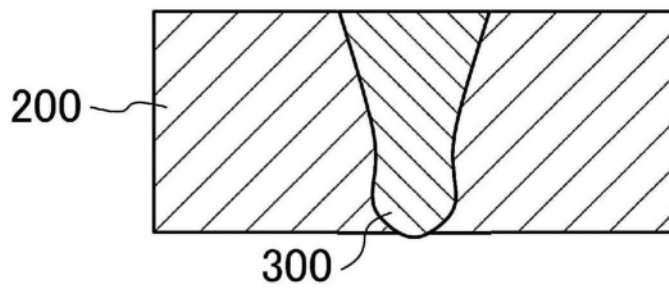


图17B

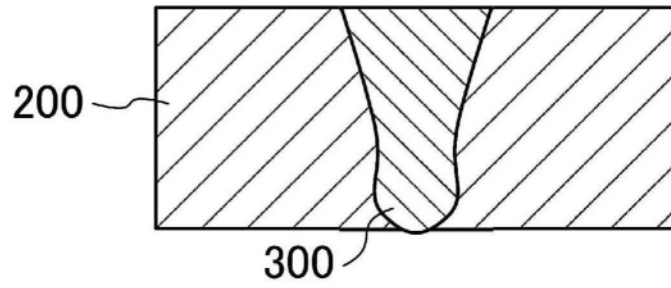


图17C

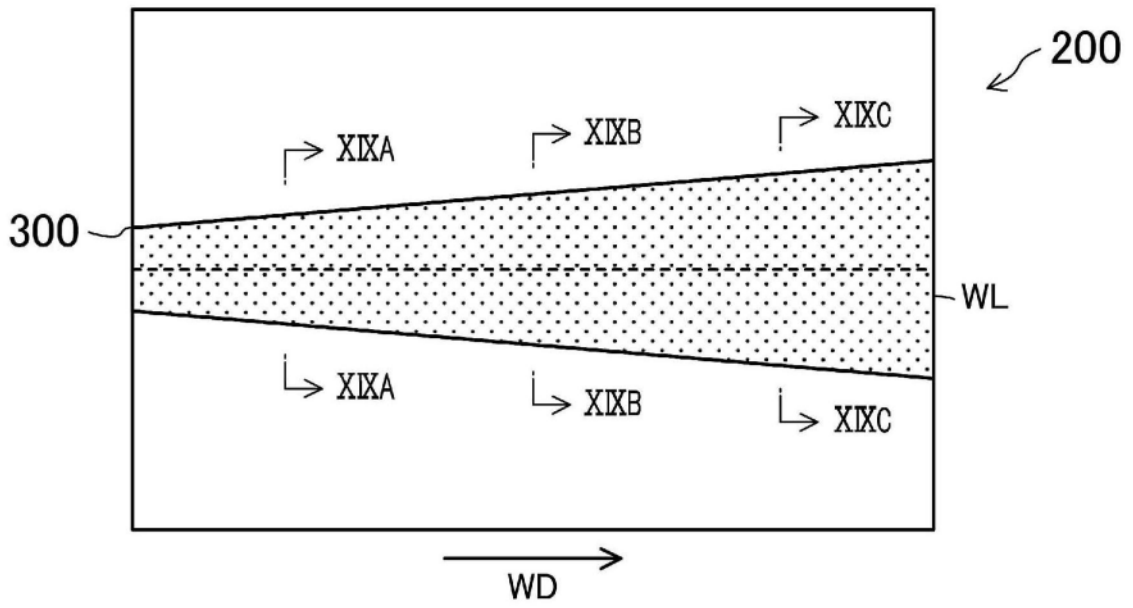


图18

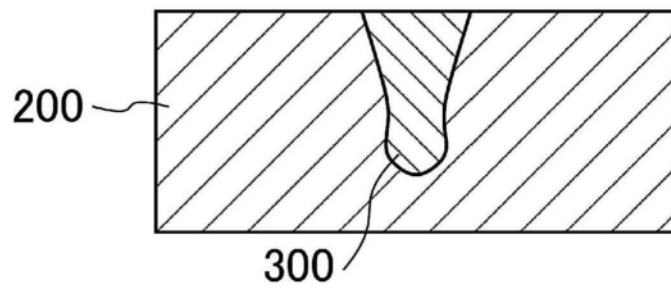


图19A

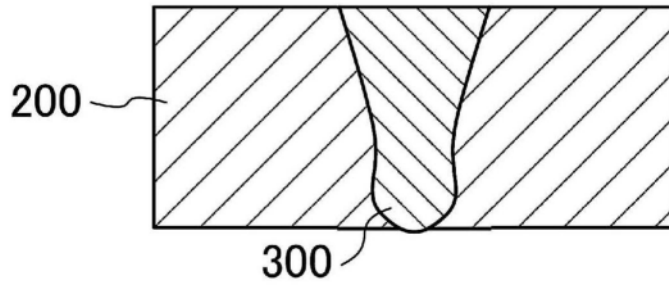


图19B

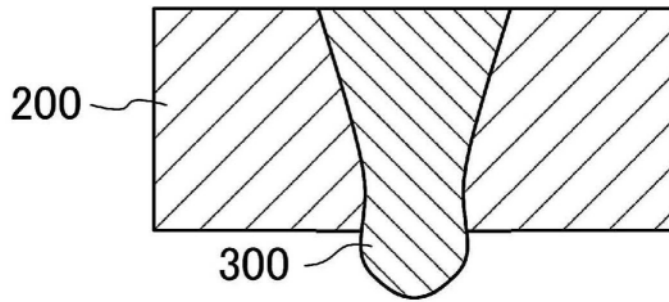


图19C

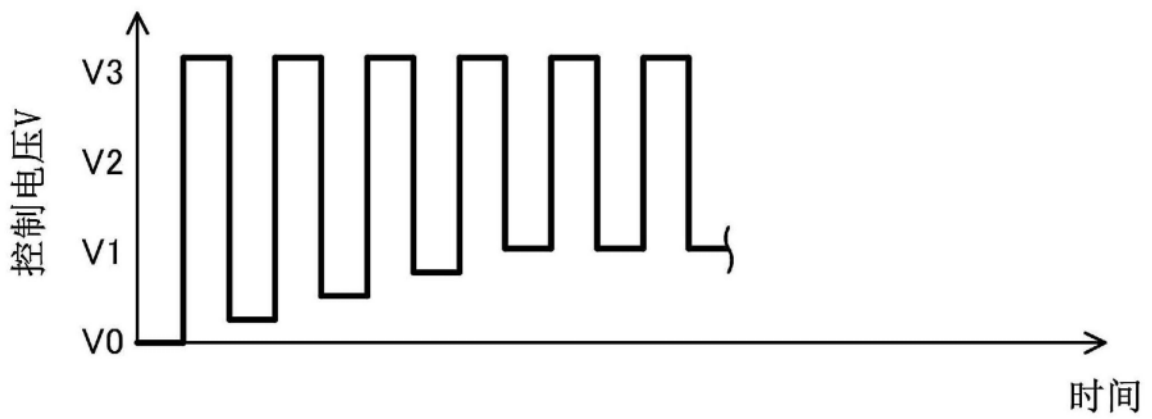


图20

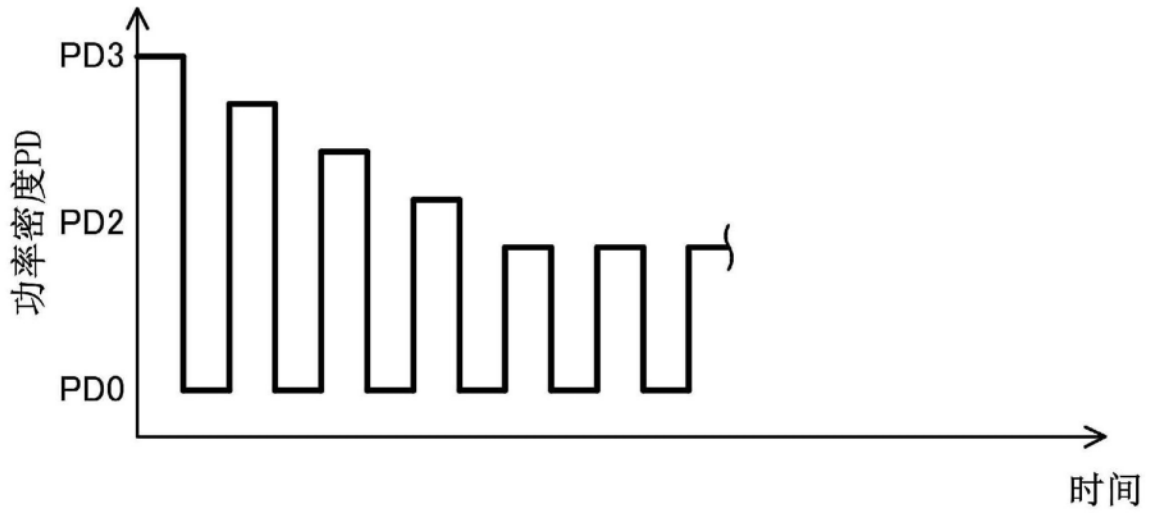


图21

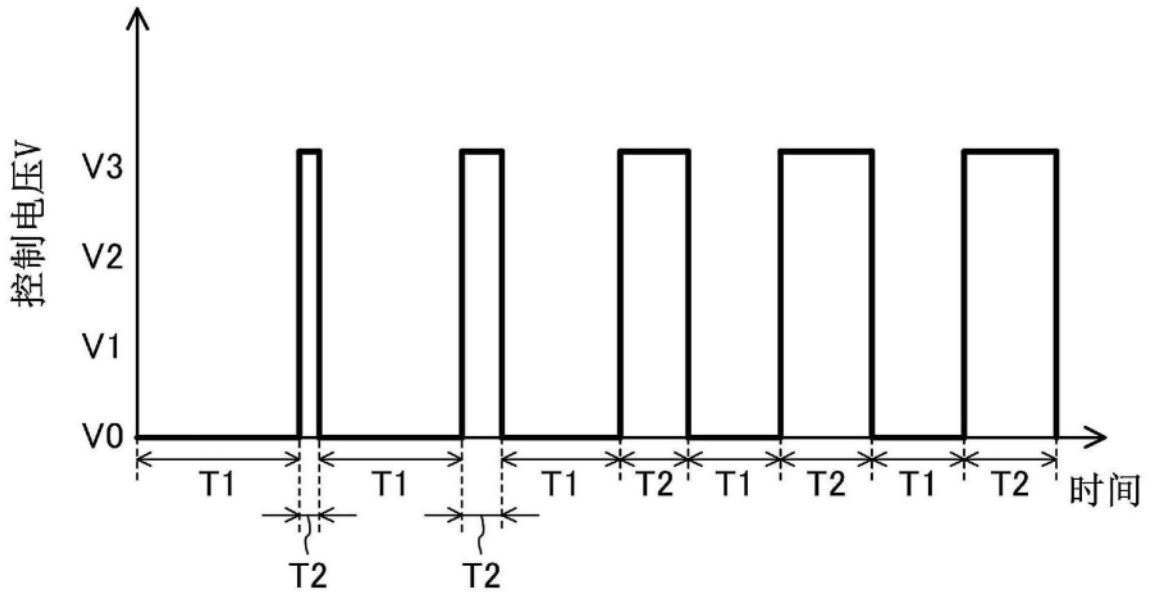


图22

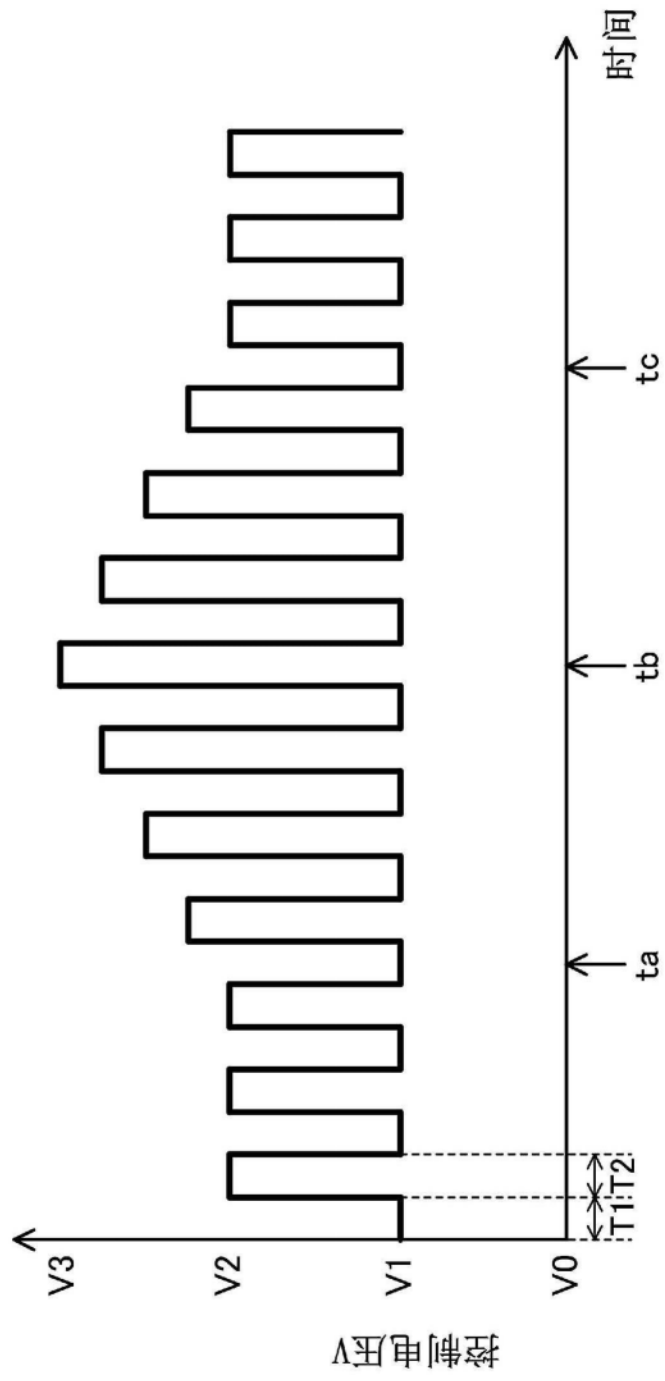


图23

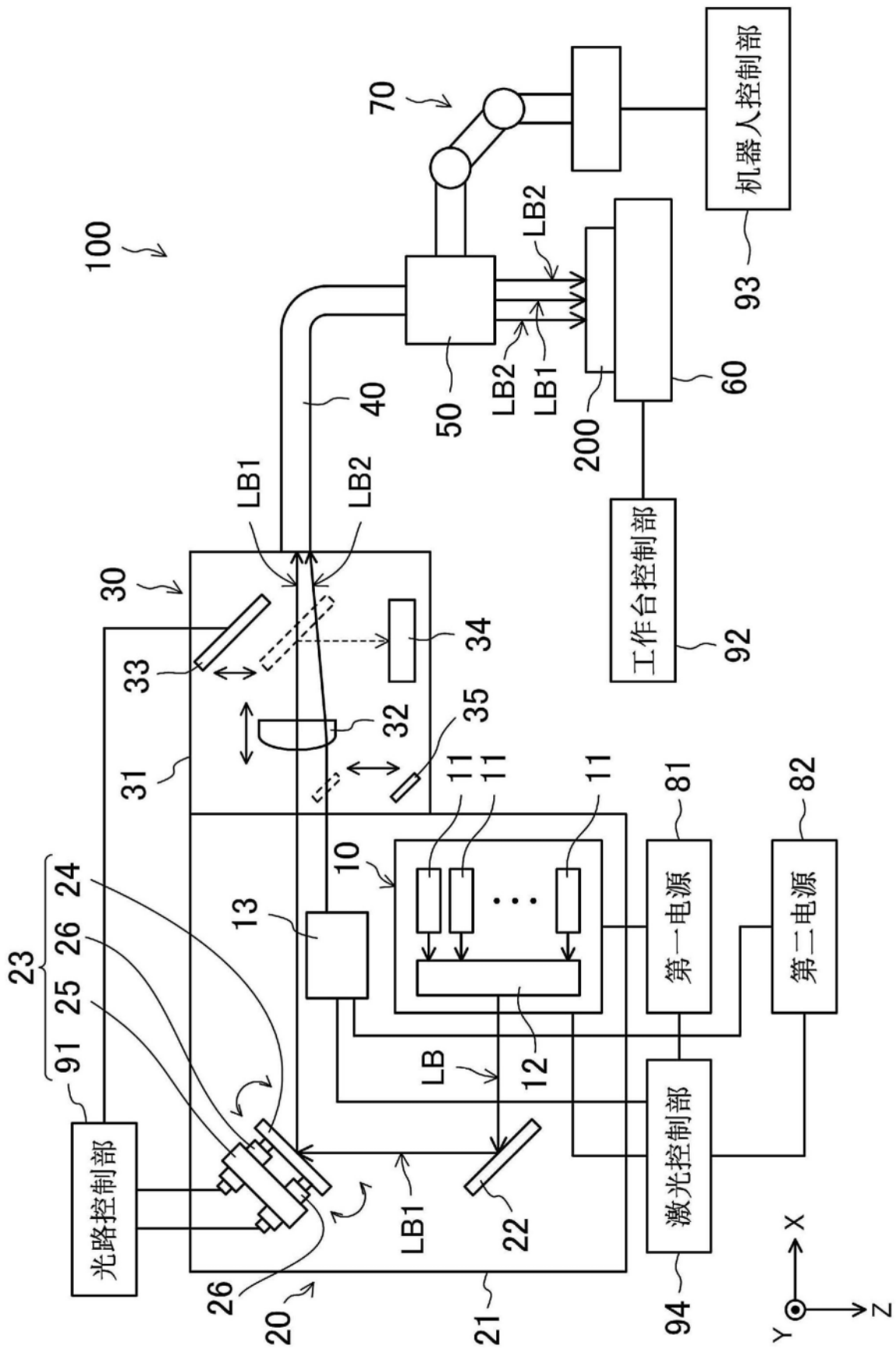


图24

控制电压 $V=V1$

控制电压 $V=V3$

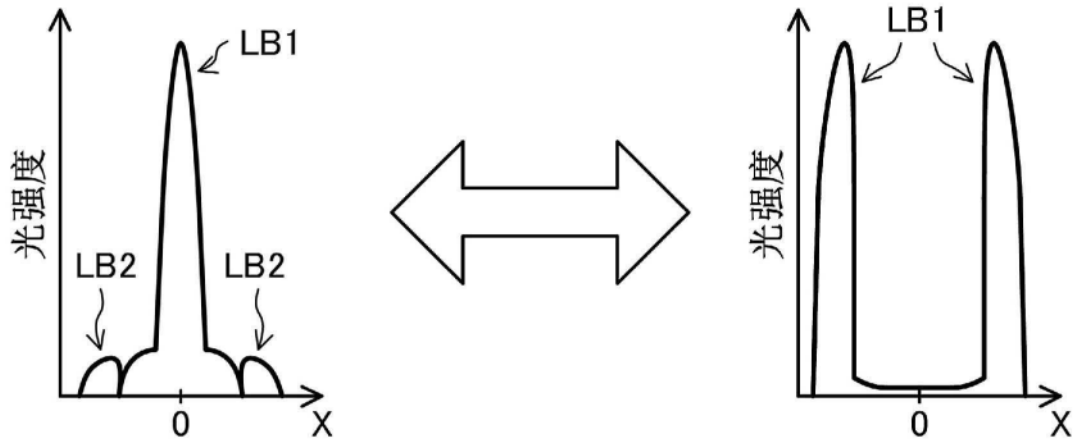


图25

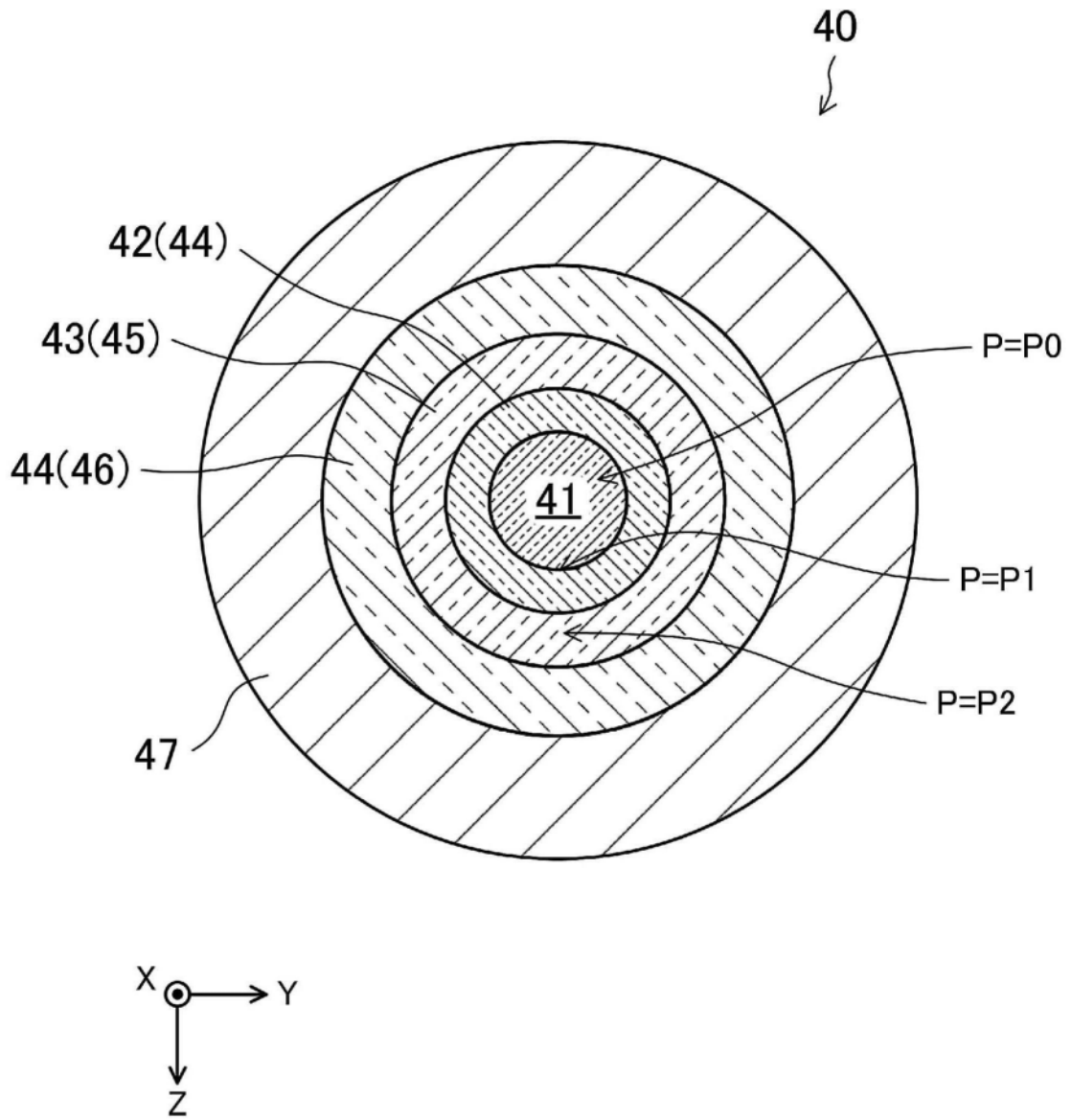


图26

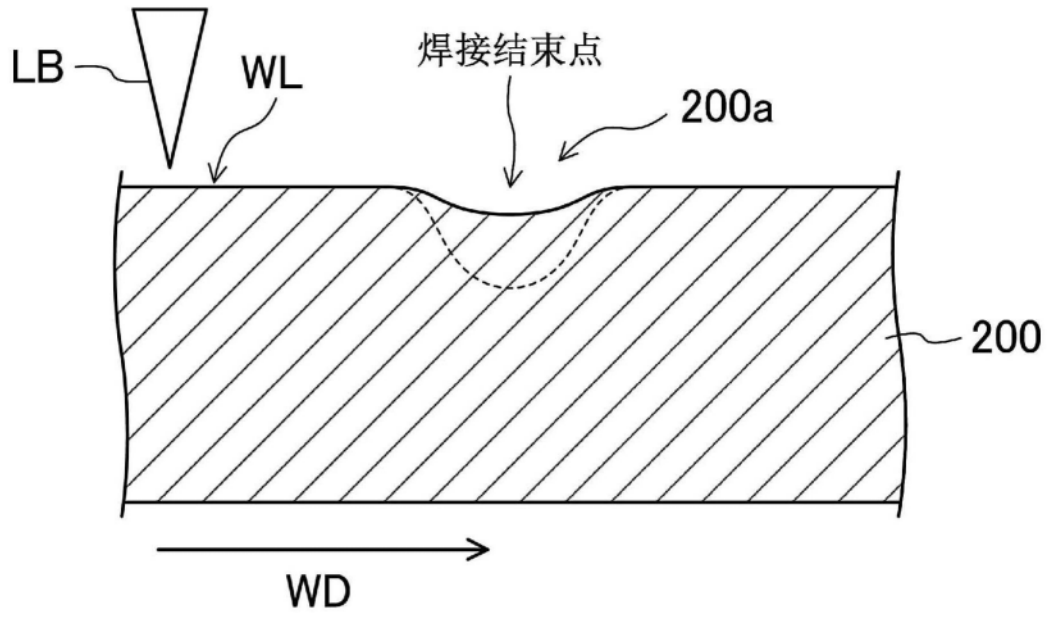


图27