



(21) 申请号 202280097807.4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2022.08.09

B23K 26/382 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2025.01.02

B23K 26/50 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/030505 2022.08.09(87) PCT国际申请的公布数据
W02024/034035 JA 2024.02.15(71) 申请人 极光先进雷射株式会社
地址 日本栃木县

(72) 发明人 川筋康文 若林理

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

专利代理师 朱丽娟

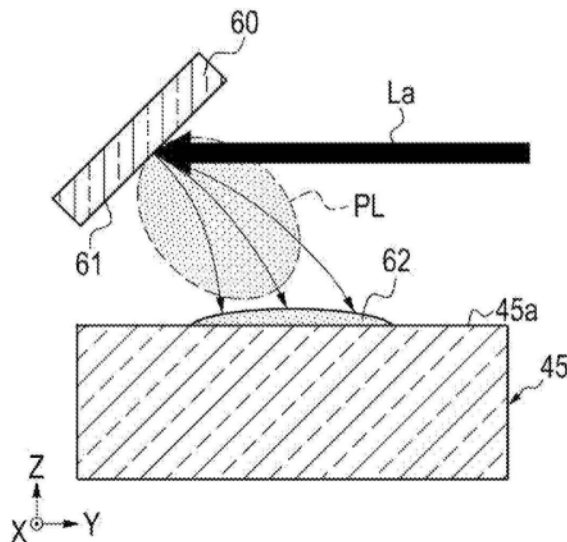
权利要求书2页 说明书17页 附图23页

(54) 发明名称

激光加工方法、激光加工装置以及电子器件
的制造方法

(57) 摘要

本公开的一个观点的激光加工方法包括如下工序：使通过以第一照射条件向第一玻璃基板照射第一紫外脉冲激光而由第一玻璃基板产生的生成物堆积在第二玻璃基板的加工位置；以及通过以与第一照射条件不同的第二照射条件对堆积有生成物的加工位置照射第二紫外脉冲激光而形成孔。



1. 一种激光加工方法,其中,所述激光加工方法包括如下工序:

使通过以第一照射条件向第一玻璃基板照射第一紫外脉冲激光而由所述第一玻璃基板产生的生成物堆积在第二玻璃基板的加工位置;以及

通过以与所述第一照射条件不同的第二照射条件对堆积有所述生成物的所述加工位置照射第二紫外脉冲激光而形成孔。

2. 根据权利要求1所述的激光加工方法,其中,

所述第一照射条件和所述第二照射条件包括所述第一紫外脉冲激光及所述第二紫外脉冲激光的照射位置,

所述第一紫外脉冲激光的照射位置与所述第二紫外脉冲激光的照射位置不同。

3. 根据权利要求2所述的激光加工方法,其中,

所述第一玻璃基板和所述第二玻璃基板是不同的基板。

4. 根据权利要求3所述的激光加工方法,其中,

所述第一紫外脉冲激光和所述第二紫外脉冲激光是从同一个激光装置输出的紫外脉冲激光,

选择性地向所述第一玻璃基板和所述第二玻璃基板照射所述第一紫外脉冲激光和所述第二紫外脉冲激光。

5. 根据权利要求2所述的激光加工方法,其中,

所述第一玻璃基板和所述第二玻璃基板是同一个基板。

6. 根据权利要求5所述的激光加工方法,其中,

通过对包含所述加工位置的加工区域的周边部照射所述第一紫外脉冲激光,使所述生成物堆积于所述加工位置。

7. 根据权利要求5所述的激光加工方法,其中,

通过向所述加工位置喷出气体,使在所述加工位置生成的所述生成物堆积在下一个加工位置。

8. 根据权利要求1所述的激光加工方法,其中,

所述第一照射条件和所述第二照射条件包括注量、重复频率、照射脉冲数以及脉冲宽度中的至少一个。

9. 根据权利要求8所述的激光加工方法,其中,

所述第一玻璃基板和所述第二玻璃基板为同一个基板,

所述第一紫外脉冲激光的照射位置与所述第二紫外脉冲激光的照射位置为相同位置,

所述第一紫外脉冲激光的注量大于所述第二紫外脉冲激光的注量。

10. 根据权利要求1所述的激光加工方法,其中,

所述第一玻璃基板和所述第二玻璃基板是无碱玻璃基板。

11. 根据权利要求1所述的激光加工方法,其中,

所述生成物是通过激光烧蚀而生成的物质。

12. 根据权利要求1所述的激光加工方法,其中,

所述第一紫外脉冲激光和所述第二紫外脉冲激光的中心波长相同。

13. 一种激光加工装置,其具备:

光学装置,其使从激光装置输出的紫外脉冲激光照射到第一玻璃基板和第二玻璃基

板;以及

激光加工处理器,其控制所述激光装置和所述光学装置,
其中,

所述激光加工处理器使通过以第一照射条件向所述第一玻璃基板照射所述紫外脉冲激光而由所述第一玻璃基板产生的生成物堆积在所述第二玻璃基板的加工位置,

且所述激光加工处理器使得以与所述第一照射条件不同的第二照射条件对堆积有所述生成物的所述加工位置照射所述紫外脉冲激光。

14. 根据权利要求13所述的激光加工装置,其中,

所述第一玻璃基板和所述第二玻璃基板是不同的基板。

15. 根据权利要求14所述的激光加工装置,其中,所述激光加工装置具备:

高反射镜;以及

移动机构,其使所述高反射镜在插入到所述紫外脉冲激光的光路中的位置与从所述光路退避的位置之间移动。

16. 根据权利要求15所述的激光加工装置,其中,

所述激光加工处理器通过使所述高反射镜插入到所述光路中,而使由所述高反射镜反射的所述紫外脉冲激光照射到所述第一玻璃基板,

且所述激光加工处理器通过使所述高反射镜从所述光路退避,而使所述紫外脉冲激光照射到所述第二玻璃基板。

17. 根据权利要求13所述的激光加工装置,其中,

所述第一玻璃基板和所述第二玻璃基板是同一个基板。

18. 根据权利要求17所述的激光加工装置,其中,

所述激光加工装置具备喷出气体的喷嘴,

所述激光加工处理器通过使得从所述喷嘴向所述加工位置喷出气体,而使在所述加工位置生成的所述生成物堆积在下一个加工位置。

19. 一种电子器件的制造方法,其中,所述电子器件的制造方法包括如下工序:

使通过以第一照射条件向第一玻璃基板照射第一紫外脉冲激光而由所述第一玻璃基板生成的生成物堆积在第二玻璃基板的加工位置;以及

通过以与所述第一照射条件不同的第二照射条件向堆积有所述生成物的所述加工位置照射第二紫外脉冲激光而形成贯通孔;

使中介层与集成电路芯片接合并彼此电连接,所述中介层具有所述第二玻璃基板和设置于所述贯通孔内的导电体;以及

使所述中介层与电路基板接合并彼此电连接。

激光加工方法、激光加工装置以及电子器件的制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及激光加工方法、激光加工装置以及电子器件的制造方法。

背景技术

[0002] 近年来,在半导体曝光装置中,随着半导体集成电路的微细化及高集成化,要求提高分辨率。因此,正在推进从曝光用光源放出的光的短波长化。例如,作为曝光用的气体激光装置,使用输出波长约248.0nm的激光的KrF准分子激光装置、以及输出波长约193.4nm的激光的ArF准分子激光装置。

[0003] 另外,准分子激光的脉冲宽度为约几十ns,波长分别短至248.4nm和193.4nm,因此有时用于高分子材料、玻璃材料等的直接加工。

[0004] 高分子材料中的化学键可以通过具有比键能高的光子能的准分子激光来切断。因此,已知能够利用准分子激光进行高分子材料的非加热加工,加工形状漂亮。

[0005] 另外,已知玻璃、陶瓷等对准分子激光的吸收率高,因此即使是利用可见和红外线激光难以加工的材料,也能够利用准分子激光进行加工。

[0006] KrF准分子激光装置及ArF准分子激光装置的自然振荡光的谱线宽度宽至350pm~400pm。因此,若由使KrF及ArF激光这样的紫外线透过的材料构成投影透镜,则有时会产生色差。其结果,分辨率可能降低。因此,需要将气体激光装置输出的激光的谱线宽度窄带化至能够忽略色差的程度。因此,在气体激光装置的激光谐振器内,为了使谱线宽度窄带化,有时设置包括窄带化元件(标准具、光栅等)的窄带化模块(LNM:Line NarrowingModule)。以下,将谱线宽度被窄带化的气体激光装置称为窄带化气体激光装置。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:美国专利申请公开第2020/0209760号说明书

[0010] 专利文献2:美国专利申请公开第2022/0050382号说明书

[0011] 专利文献3:美国专利申请公开第2017/0096361号说明书

[0012] 专利文献4:美国专利申请公开第2019/0359515号说明书

[0013] 专利文献5:美国专利申请公开第2004/0013951号说明书

[0014] 专利文献6:国际公开第2022/079798号

发明内容

[0015] 本公开的一个观点的激光加工方法包括如下工序:使通过以第一照射条件向第一玻璃基板照射第一紫外脉冲激光而由第一玻璃基板产生的生成物堆积在第二玻璃基板的加工位置;以及通过以与第一照射条件不同的第二照射条件对堆积有生成物的加工位置照射第二紫外脉冲激光而形成孔。

[0016] 本公开的一个观点的激光加工装置具备:光学装置,其使从激光装置输出的紫外脉冲激光照射到第一玻璃基板和第二玻璃基板;以及激光加工处理器,其控制激光装置和

光学装置,其中,激光加工处理器使通过以第一照射条件向第一玻璃基板照射紫外脉冲激光而由第一玻璃基板产生的生成物堆积在第二玻璃基板的加工位置,且激光加工处理器使得以与第一照射条件不同的第二照射条件对堆积有生成物的加工位置照射紫外脉冲激光。

[0017] 本公开的一个观点的电子器件的制造方法包括如下工序:使通过以第一照射条件向第一玻璃基板照射第一紫外脉冲激光而由第一玻璃基板生成的生成物堆积在第二玻璃基板的加工位置;以及通过以与第一照射条件不同的第二照射条件向堆积有生成物的加工位置照射第二紫外脉冲激光而形成贯通孔;使中介层与集成电路芯片接合并彼此电连接,中介层具有第二玻璃基板和设置于贯通孔内的导电体;以及使中介层与电路基板接合并电连接。

附图说明

[0018] 下面,仅作为例子,参照附图对本公开的几个实施方式进行说明。

[0019] 图1是表示通过向无碱玻璃基板照射紫外脉冲激光而堆积的多孔质的生成物的SEM像。

[0020] 图2是概略地表示比较例的激光加工系统的结构的图。

[0021] 图3是概略地表示激光装置的结构图。

[0022] 图4是概略地表示比较例的激光加工系统的动作流程的流程图。

[0023] 图5是表示激光打孔加工时的动作流程的流程图。

[0024] 图6是照射1个脉冲后的截面的SEM像。

[0025] 图7是照射5个脉冲后的截面的SEM像。

[0026] 图8是照射10个脉冲后的截面的SEM像。

[0027] 图9是说明在保持高纵横比的状态下进行激光打孔加工的情形的图。

[0028] 图10是照射500个以上脉冲后的截面的SEM像。

[0029] 图11是概略地表示激光打孔加工的第一阶段至第四阶段的图。

[0030] 图12是从被加工物的侧面拍摄通过比较例的激光加工方法形成的多个孔而得到的显微镜图像。

[0031] 图13是示出照射3个脉冲后的被加工物的表面的SEM像。

[0032] 图14是表示堆积于玻璃的表面的生成物吸收激光的SEM像。

[0033] 图15是示出使由激光烧蚀产生的生成物堆积于加工区域的第一步骤的图。

[0034] 图16是表示对堆积有生成物的加工区域进行激光打孔加工的第二步骤的图。

[0035] 图17是表示激光烧蚀用的照射条件和激光打孔加工用的照射条件的图。

[0036] 图18是概略地表示第二实施方式的激光加工系统的结构的图。

[0037] 图19是概要地表示第二实施方式的激光加工系统的动作流程的流程图。

[0038] 图20是示出激光烧蚀时的动作流程的流程图。

[0039] 图21是概略地表示第三实施方式的激光加工系统的结构的图。

[0040] 图22是示出设定于被加工物的表面的激光烧蚀区域的一例的图。

[0041] 图23是示出从激光烧蚀区域生成的生成物堆积于加工区域的情形的图。

[0042] 图24是概要地表示第三实施方式的激光加工系统的动作流程的流程图。

[0043] 图25是示出激光烧蚀时的动作流程的流程图。

- [0044] 图26是示出激光烧蚀区域的变形例的图。
- [0045] 图27是概略地表示第四实施方式的激光加工系统的结构的图。
- [0046] 图28是说明激光打孔加工时的动作流程的图。
- [0047] 图29是说明第四实施方式的变形例的激光打孔加工时的动作流程的图。
- [0048] 图30是概略地表示第五实施方式的激光加工系统的结构的图。
- [0049] 图31是表示激光烧蚀用的脉冲的注量与激光打孔加工用的脉冲的注量的关系的图。
- [0050] 图32是概要地表示第五实施方式的激光加工系统的动作流程的流程图。
- [0051] 图33是表示照射条件的设定的动作流程的流程图。
- [0052] 图34是表示烧蚀和激光打孔加工时的动作流程的流程图。
- [0053] 图35为示意性地表示电子器件的结构的图。
- [0054] 图36为表示电子器件的制造方法的流程图。

具体实施方式

- [0055] <内容>
- [0056] 1. 用语的说明
- [0057] 1.1 由激光烧蚀产生的生成物的堆积
- [0058] 1.2 无碱玻璃基板
- [0059] 1.3 注量
- [0060] 2. 比较例
- [0061] 2.1 结构
- [0062] 2.2 动作
- [0063] 2.3 课题
- [0064] 3. 第一实施方式
- [0065] 3.1 激光加工方法
- [0066] 3.2 效果
- [0067] 4. 第二实施方式
- [0068] 4.1 结构
- [0069] 4.2 动作
- [0070] 4.3 效果
- [0071] 5. 第三实施方式
- [0072] 5.1 结构
- [0073] 5.2 动作
- [0074] 5.3 效果
- [0075] 6. 第四实施方式
- [0076] 6.1 结构
- [0077] 6.2 动作
- [0078] 6.3 效果
- [0079] 7. 第五实施方式

[0080] 7.1 结构

[0081] 7.2 动作

[0082] 8. 电子器件的制造方法

[0083] 以下,参照附图对本公开的实施方式进行详细说明。以下说明的实施方式表示本公开的几个例子,并不限定本公开的内容。另外,在各实施方式中说明的结构以及动作未必全部都是作为本公开的结构以及动作而必需的。此外,对相同的构成要素标注相同的附图标记,并省略重复的说明。

[0084] 1. 用语的说明

[0085] 1.1 由激光烧蚀产生的生成物的堆积

[0086] 在本公开中,将通过向无碱玻璃基板等玻璃基板照射准分子激光那样的能量强的紫外脉冲激光而使照射部位瞬间升华的现象称为激光烧蚀。

[0087] 通过紫外脉冲激光的照射而升华的分子、原子、离子、团簇、电子、光子等物质在羽辉这样的等离子体状态下一边与大气碰撞一边朝向被加工物等基板。羽辉中的到达基板的物质以多孔质的状态堆积在基板上。在本公开中,将通过激光烧蚀生成的物质称为由激光烧蚀产生的生成物。

[0088] 图1表示通过向无碱玻璃基板照射紫外脉冲激光而堆积的多孔质的生成物。

[0089] 1.2 无碱玻璃基板

[0090] 无碱玻璃基板是指由不含钠、钾等碱成分的玻璃形成的基板。通常,无碱玻璃以二氧化硅、氧化铝或氧化硼、或者氧化钙、氧化钡等碱土类金属氧化物为主成分。无碱玻璃基板例如用作在集成电路芯片与电路基板之间对电连接进行中继的中介层用的绝缘性的玻璃基板。

[0091] 1.3 注量

[0092] 在本公开中,注量表示紫外脉冲激光的一个脉冲的能量密度。注量的单位为J/cm²。

[0093] 2. 比较例

[0094] 2.1 结构

[0095] 图2概略地示出比较例的激光加工系统1的结构。另外,所谓比较例,是申请人认识到仅由申请人知道的形态,不是申请人自己认可的公知例。

[0096] 激光加工系统1包括激光装置2和激光加工装置4作为主要结构。激光加工系统1用于在中介层用的玻璃基板上形成通孔等孔的激光打孔加工。

[0097] 激光装置2是输出紫外脉冲激光的激光装置。例如,激光装置2是将F₂、ArF、KrF、XeCl、XeF等作为激光介质输出紫外脉冲激光的放电激励式激光装置。在本公开中,将激光装置2设为输出中心波长为248.4nm的紫外脉冲激光的KrF准分子激光装置。以下,将激光装置2输出的紫外脉冲激光简称为激光L。

[0098] 激光装置2与激光加工装置4通过光路管5连接。光路管5配置在激光装置2的射出口与激光加工装置4的入射口之间的激光L的光路上。

[0099] 激光加工装置4包括激光加工处理器40、光学装置41、框架42、移动载台43以及工作台44。在框架42上固定有光学装置41和移动载台43。

[0100] 工作台44对被加工物45进行支承。被加工物45是被照射激光L而进行激光打孔加

工的加工对象。被加工物45是中介层用的玻璃基板,例如是对激光L而言透明的无碱玻璃基板。

[0101] 移动载台43支承工作台44。在工作台44上固定被加工物45。移动载台43能够在X方向、Y方向以及Z方向上移动,通过调整工作台44的位置,能够调整被加工物45的位置。X方向、Y方向以及Z方向彼此正交。X方向及Y方向与被加工物45的激光L所入射的表面45a平行。Z方向与表面45a正交。

[0102] 移动载台43在激光加工处理器40的控制下调整被加工物45的位置,以使从光学装置41输出的激光L照射到加工区域内的期望的加工位置。在本公开中,加工区域是指包含1个以上的加工位置的区域。

[0103] 光学装置41具有壳体41a、高反射镜47a、47b、衰减器49、导入光学系统50、遮光器52以及投影光学系统53,在被加工物45的表面45a上转印具有要加工的孔的形状的像。

[0104] 高反射镜47a配置为,将通过了光路管5的激光L反射,反射后的激光L通过衰减器49而向高反射镜47b入射。光路管5和壳体41a例如利用氮气吹扫。

[0105] 衰减器49在壳体41a内配置在高反射镜47a与高反射镜47b之间的光路上。衰减器49例如包括两个部分反射镜49a、49b和这些部分反射镜的旋转载台49c、49d。部分反射镜49a、49b是透射率根据激光L的入射角度而变化的光学元件。部分反射镜49a、49b通过旋转载台49c、49d调整激光L的入射角度,以使向被加工物45的表面45a照射的激光L的注量成为目标值。

[0106] 高反射镜47b配置为对通过衰减器49后的激光L进行反射,并使反射的激光L入射到导入光学系统50。

[0107] 导入光学系统50包括高反射镜51,例如配置为用矩形状的射束对遮光器52进行柯拉照明,且遮光器52上的激光L的光强度均匀。另外,也可以经由包括未图示的复眼透镜及聚光透镜的照明系统使遮光器52上的光强度均匀化。

[0108] 遮光器52例如通过在使紫外光透过的合成石英基板上形成金属或电介质多层膜的图案而构成。例如,在遮光器52上形成有用于在被加工物45上加工具有 $5\mu\text{m} \sim 30\mu\text{m}$ 的直径的孔的图案。此外,若设投影光学系统53的投影倍率为M,则在遮光器52形成有加工尺寸的1/M倍的大小的图案。

[0109] 投影光学系统53是将遮光器52的像缩小并投影的缩小投影光学系统。配置成遮光器52的像在被加工物45的表面45a上成像。投影光学系统53也可以是单透镜或进行了像差校正的组透镜。

[0110] 激光加工处理器40将目标脉冲能量 E_t 以及发光触发 T_r 发送至激光装置2。目标脉冲能量 E_t 是激光L的脉冲能量的目标值。发光触发 T_r 是用于使激光装置2输出一个脉冲的激光L的触发信号。

[0111] 图3概略地示出激光装置2的结构。激光装置2包括振荡器20、监控模块30、光阑35以及激光处理器38。振荡器20包括腔室21、由后镜25a和输出耦合镜(OC:Output Coupler)25b构成的光谐振器、充电器23以及电源部(PPM:Pulsed Power Module(脉冲功率模块)22。

[0112] 在腔室21设置有窗口21a、21b。在腔室21内封入有作为激光介质的激光气体。

[0113] 另外,在腔室21形成有开口,以堵塞该开口的方式设置有埋入有多个馈通部26a的电绝缘板26。在电绝缘板26上配置有PPM22。在腔室21内配置有作为主电极的一对放电电极

27a、27b和接地板28。放电电极27a、27b的放电面的形状为长方形。

[0114] 为了通过放电激励激光介质,放电电极27a、27b被配置为彼此的放电面对置。放电电极27a的与放电面相反侧的面被支承于电绝缘板26。放电电极27a与馈通部26a连接。放电电极27b的与放电面相反侧的面被支承于接地板28。

[0115] PPM22包括开关22a、未图示的充电电容器、脉冲变压器、磁压缩电路以及峰值电容器。峰值电容器经由未图示的连接部与馈通部26a连接。充电器23基于来自激光处理器38的控制对充电电容器进行充电。

[0116] 开关22a由激光处理器38来控制接通/断开。激光处理器38根据从激光加工处理器40发送的发光触发Tr使开关22a接通。

[0117] 当开关22a接通时,电流从充电电容器流向脉冲变压器的初级侧,由于电磁感应,反向的电流流向脉冲变压器的次级侧。磁压缩电路与脉冲变压器的次级侧连接,压缩电流脉冲的脉冲宽度。峰值电容器通过该电流脉冲而被充电。当峰值电容器的电压达到激光气体的击穿电压时,放电电极27a、27b之间的激光气体中产生绝缘破坏而产生放电。通过该放电而生成1个脉冲的激光L。

[0118] 后镜25a通过在平面基板上涂敷高反射膜而形成。输出耦合镜25b通过在平面基板上涂敷部分反射膜而形成。腔室21配置于后镜25a与输出耦合镜25b之间。由光谐振器将在腔室21中生成的激光放大并从输出耦合镜25b输出。

[0119] 监控模块30包括分束器31和光传感器32。分束器31配置在从输出耦合镜25b输出的激光L的光路上,使激光L的一部分反射。光传感器32配置在由分束器31反射的激光L所入射的位置。光传感器32测量激光L的脉冲能量,将测量值发送至激光处理器38。

[0120] 激光处理器38基于光传感器32的脉冲能量的测量值来变更充电器23的充电电压,由此进行控制使得从激光装置2输出的激光L的脉冲能量成为目标脉冲能量 E_t 。

[0121] 光阑35配置在透过分束器31的激光L的光路上。光阑35根据来自激光处理器38的指令进行开闭。激光处理器38通过控制光阑35来控制来自激光装置2的激光L的输出。

[0122] 2.2动作

[0123] 接着,说明比较例的激光加工系统1的动作。图4概略地示出比较例的激光加工系统1的动作流程。在进行激光打孔加工的情况下,将被加工物45设置于移动载台43的工作台44。激光加工处理器40控制激光加工系统1的各部,以利用激光L对被加工物45进行激光打孔加工(步骤S10)。

[0124] 图5表示激光打孔加工时的动作流程。首先,激光加工处理器40将激光打孔加工所需的目标脉冲能量 E_t 的数据发送至激光装置2(步骤S100)。在此,激光加工处理器40设为 $E_t = E_m$ 。激光装置2在接收数据后,控制腔室21,在能够输出目标脉冲能量 E_t 的激光L的情况下,向激光加工处理器40发送准备完成信号。

[0125] 激光加工处理器40判定是否从激光装置2接收到准备完成信号(步骤S101)。激光加工处理器40在判定为接收到准备完成信号时(步骤S101:是),读入激光打孔加工用的照射条件(步骤S102)。该照射条件包括目标注量 F_m 、激光L的脉冲的重复频率 f_m 以及照射脉冲数 N_m 。该照射条件也可以从未图示的外部装置、经由网络、或者从由操作员操作的输入装置读入。

[0126] 激光加工处理器40将衰减器49的透射率设定为使被加工物45的表面45a上的激光

L的注量成为目标注量 F_m 的透射率 T_m (步骤S103)。在此,激光加工处理器40例如使用利用下式(1)计算出的透射率 T_m 。

$$[0127] \quad T_m = (1/T') \times S_m \times (F_m/E_m) \cdots (1)$$

[0128] T' 是衰减器49的透射率为100%的情况下的光学装置41的透射率。 S_m 是遮光器52在被加工物45的表面45a上的转印像的面积。在步骤S103中,激光加工处理器40通过旋转载台49c、49d控制部分反射镜49a、49b的入射角度,以使衰减器49的透射率成为 T_m 。

[0129] 激光加工处理器40设置表示被加工物45的加工区域中的初始的加工位置的数据(步骤S104)。激光加工处理器40基于设置的数据来控制移动载台43,由此将被加工物45在XY方向上定位(步骤S105)。另外,激光加工处理器40在Z方向上控制移动载台43,以使遮光器52的转印像的位置与被加工物45的表面45a大致一致(步骤S106)。

[0130] 激光加工处理器40基于重复频率 f_m 以及照射脉冲数 N_m 将发光触发 Tr 发送至激光装置2(步骤S107)。其结果,与发光触发 Tr 同步地从激光装置2输出激光L,经由光路管5入射到激光加工装置4。该激光L被高反射镜47a反射,被衰减器49减光后,被高反射镜47b反射。被高反射镜47b反射的激光L被导入光学系统50的高反射镜51反射而入射到遮光器52。透过遮光器52后的激光L入射到投影光学系统53。从投影光学系统53输出的激光L在被加工物45的表面45a上成像而作为遮光器52的像。然后,通过激光烧蚀形成孔。

[0131] 激光加工处理器40判定对加工区域的激光打孔加工是否结束(步骤S108)。激光打孔加工结束是指在加工区域内的所有加工位置结束了激光打孔加工。激光加工处理器40在判定为激光打孔加工未结束的情况下(步骤S108:否),设置表示下一个加工位置的数据(步骤S109),使处理返回到步骤S105。

[0132] 激光加工处理器40反复执行从步骤S105至步骤S107,直至激光打孔加工结束为止。激光加工处理器40在判定为激光打孔加工结束的情况下(步骤S108:是),结束处理。

[0133] 2.3课题

[0134] 接着,对比较例的激光加工方法的课题进行说明。图6~图8是在比较例的激光加工方法中照射1个以上脉冲的激光L之后的被加工物45的截面的SEM(Scanning Electron Microscope)像。图6是照射1个脉冲后的截面的SEM像。图7是照射5个脉冲后的截面的SEM像。图8是照射10个脉冲后的截面的SEM像。

[0135] 如图6所示,在照射1个脉冲后,被加工物45的表面45a不产生变化。在1~3个脉冲的照射中,虽然使表面45a发生了变质,但激光打孔加工几乎未推进。以下,将虽然照射激光L但激光打孔加工几乎不推进的阶段称为第一阶段。

[0136] 如图7所示,在照射5个脉冲后,由激光烧蚀产生的多孔质的生成物喷出,堆积在表面45a和加工后的孔附近。该多孔质的生成物由于对激光L的吸收率高,因此具有推进激光打孔加工的作用。随着照射脉冲数增加,生成物的量增加,因此对激光L的吸收量进一步增加,如图8所示,激光打孔加工在深度方向上推进。这样,在4个脉冲~10个脉冲的照射中,通过激光烧蚀的生成物使激光打孔加工推进。以下,将通过激光烧蚀的生成物使激光打孔加工推进的阶段称为第二阶段。

[0137] 图9说明激光打孔加工在保持高纵横比的状态下推进的情形。在10个脉冲~499个脉冲的照射中,一边使激光打孔加工推进,一边使未被生成物吸收的激光L在孔的内部自会聚。该自会聚的产生被推定为起因于孔的内壁因激光打孔加工而熔融,从而内壁使激光L反

射所带来的波导效应。该锥状的内壁通过波导效应使激光L自会聚于孔的前端部,由此激光打孔加工在保持高纵横比的状态下推进。

[0138] 另外,根据图9所示的截面的SEM像可知,在孔的前端部也产生多孔质的生成物。因此,孔的内壁反射激光L,在前端部维持激光L的高吸收状态,因此激光打孔加工在保持高纵横比的状态下推进。另外,由激光烧蚀产生的生成物也从孔的入口排出。以下,将激光打孔加工在保持高纵横比的状态下推进的阶段称为第三阶段。

[0139] 图10是照射500个以上脉冲后的截面的SEM像。在图10中,孔贯穿被加工物45。在孔贯穿被加工物45之后,无论向孔照射的激光L的照射脉冲数如何,孔的内径都维持为较小。这是因为,孔贯穿被加工物45,从而由激光烧蚀产生的生成物几乎全部从孔的前端部排出到外部。由此,在孔的内部,激光L的吸收被抑制,因此无论照射脉冲数如何,孔的内径都维持为较小。以下,将孔贯穿被加工物45之后的阶段称为第四阶段。

[0140] 图11概略地表示激光打孔加工的第一阶段至第四阶段。在第一阶段中,在被加工物45的表面45a几乎不产生变化,激光打孔加工几乎不推进。在第二阶段中,通过激光烧蚀中的生成物使激光打孔加工推进。在第三阶段中,通过激光L的自会聚,激光打孔加工在保持高纵横比的状态下推进。在第四阶段中,在贯穿被加工物45之后,孔的内径维持较小的状态。

[0141] 图12是从被加工物45的侧面拍摄通过比较例的激光加工方法形成的多个孔的光学显微镜图像。如图12所示,根据比较例的激光加工方法,能够形成贯穿被加工物45的高纵横比的孔。

[0142] 根据比较例的激光加工方法,通过对被加工物45连续地脉冲照射激光L而形成高纵横比的孔。然而,在第一阶段照射的脉冲虽然使被加工物45的表面45a变质,但几乎无助于激光打孔加工,因此累计照射脉冲数变多。

[0143] 图13是示出照射3个脉冲后的被加工物45的表面45a的SEM像。如图13所示,可知在第一阶段照射的脉冲虽然使被加工物45的表面45a变质,但几乎无助于激光打孔加工。

[0144] 因此,在本公开中,提供一种激光加工方法、激光加工装置以及电子器件的制造方法,从激光L的第一个脉冲起就有贡献于激光打孔加工,从而能够减少累计照射脉冲数。

[0145] 3. 第一实施方式

[0146] 对本公开的第一实施方式的激光加工方法进行说明。此外,对与上述说明的结构相同的结构标注相同的附图标记,除了特别说明的情况之外,省略重复的说明。

[0147] 本申请人发现,通过在使由激光烧蚀产生的生成物堆积于加工区域的基础上进行激光打孔加工,从激光L的第1个脉冲起就有贡献于激光打孔加工。为了验证该效果,如图14所示,通过激光打孔加工在玻璃基板上形成孔,由此在玻璃基板的表面堆积由激光烧蚀产生的生成物。然后,对堆积有生成物的孔的周围的4处照射1个脉冲的激光L。确认了堆积于玻璃基板的表面的生成物吸收激光L,由此从第1个脉冲起就有贡献于激光打孔加工。

[0148] 3.1 激光加工方法

[0149] 图15及图16概念性地表示第一实施方式的激光加工方法。图15示出使由激光烧蚀产生的生成物堆积于加工区域的第一步骤。图16表示对生成物堆积的加工区域进行激光打孔加工的第二步骤。

[0150] 在第一步骤中,将材质与被加工物45相同的靶基板60以其表面61相对于被加工物

45的表面45a成一定的角度而对置的方式配置。例如,靶基板60是无碱玻璃基板。然后,在大气中,对靶基板60的表面61照射能够进行激光烧蚀的激光La。其结果是,从靶基板60的表面61产生羽辉PL,由激光烧蚀产生的生成物62堆积于被加工物45的表面45a。

[0151] 在第二步骤中,对堆积有生成物62的被加工物45的表面45a照射能够进行激光打孔加工的激光L。生成物62为多孔质,对激光L的吸收率高,因此从第1个脉冲起就有贡献于激光打孔加工,推进激光打孔加工。

[0152] 用于激光烧蚀的激光La和用于激光打孔加工的激光L可以是相同的激光。激光La和激光L例如是中心波长相同的紫外脉冲激光。例如,中心波长为248.4nm。

[0153] 另外,激光La为本发明的技术的“第一紫外脉冲激光”的一例。激光L是本公开的技术的“第二紫外脉冲激光”的一例。另外,靶基板60是本公开的技术的“第一玻璃基板”的一例。被加工物45是本公开的技术的“第二玻璃基板”的一例。在本实施方式中,第一玻璃基板和第二玻璃基板是不同的基板。

[0154] 图17表示激光烧蚀用的照射条件和激光打孔加工用的照射条件。以下,将激光烧蚀用的照射条件称为“第一照射条件”,将激光打孔加工用的照射条件称为“第二照射条件”。第一照射条件和第二照射条件包括注量、重复频率、照射脉冲数以及脉冲宽度中的至少一个。

[0155] 如图17所示,关于注量、重复频率及脉冲宽度,在第一照射条件及第二照射条件中可以为相同的值。此外,照射脉冲数在第一照射条件和第二照射条件中不同。第二照射条件的照射脉冲数是依赖于被加工物45的厚度的值。

[0156] 另外,第一照射条件和第二照射条件包括第一紫外脉冲激光及第二紫外脉冲激光的照射位置。在本实施方式中,在激光烧蚀时向靶基板60照射激光La,在激光打孔加工时向被加工物45照射激光L。因此,在本实施方式中,照射位置在第一照射条件和第二照射条件中不同。

[0157] 因此,第一实施方式的激光加工方法包括:使通过以第一照射条件对第一玻璃基板照射第一紫外脉冲激光而从第一玻璃基板生成的生成物堆积于第二玻璃基板的加工位置;及通过以与第一照射条件不同的第二照射条件对生成物所堆积的所述加工位置照射第二紫外脉冲激光而形成孔。

[0158] 3.2效果

[0159] 在本实施方式的激光加工方法中,在使由激光烧蚀产生的生成物62堆积于被加工物45的表面45a的基础上照射激光L,由此进行激光打孔加工,因此从激光L的第1个脉冲起就有贡献于激光打孔加工。由此,能够减少累计照射脉冲数。

[0160] 4. 第二实施方式

[0161] 接着,作为第二实施方式,对应用了第一实施方式的激光加工方法的激光加工系统1a进行说明。此外,对与上述说明的结构相同的结构标注相同的附图标记,除了特别说明的情况之外,省略重复的说明。

[0162] 4.1结构

[0163] 图18概略地示出第二实施方式的激光加工系统1a的结构。激光加工系统1a的激光加工装置4a的结构与比较例的激光加工系统1不同。激光加工装置4a除了比较例的激光加工装置4的结构以外,还包括靶基板60、高反射镜64以及线性载台66。

[0164] 靶基板60与第一实施方式同样是与被加工物45相同的材质,例如是无碱玻璃基板。靶基板60被保持架63以其表面61相对于被加工物45的表面45a成一定的角度而对置的方式固定。

[0165] 高反射镜64经由保持架65与线性载台66连接。线性载台66基于来自激光加工处理器40的控制使高反射镜64移动。线性载台66是使高反射镜64在插入到投影光学系统53与被加工物45之间的激光L的光路中的位置与从光路退避的位置之间移动的移动机构。

[0166] 高反射镜64在插入到激光L的光路中时,反射激光L而使其入射到靶基板60的表面61,在从激光L的光路退避时,使激光L入射到被加工物45的表面45a。这样,在本实施方式中,激光L用于激光烧蚀和激光打孔加工。因此,在本实施方式中,第一紫外脉冲激光及第二紫外脉冲激光是从同一激光装置2输出的紫外脉冲激光。另外,在本实施方式中,将第一紫外脉冲激光和第二紫外脉冲激光选择性地照射到第一玻璃基板和第二玻璃基板。

[0167] 4.2动作

[0168] 接着,说明第二实施方式的激光加工系统1a的动作。图19概略地示出第二实施方式的激光加工系统1a的动作流程。本实施方式的激光加工系统1a的动作与比较例的不同点在于,在对被加工物45进行激光打孔加工的步骤S10之前,进行通过激光烧蚀使生成物62堆积于被加工物45的表面45a的步骤S20。

[0169] 图20示出激光烧蚀时的动作流程。首先,激光加工处理器40控制线性载台66而将高反射镜64插入到激光L的光路中(步骤S200)。

[0170] 激光加工处理器40将激光烧蚀所需的目标脉冲能量 E_t 的数据发送到激光装置2(步骤S201)。在此,激光加工处理器40设为 $E_t = E_a$ 。激光装置2在接收数据后,控制腔室21,在能够输出目标脉冲能量 E_t 的激光L的情况下,向激光加工处理器40发送准备完成信号。

[0171] 激光加工处理器40判定是否从激光装置2接收到准备完成信号(步骤S202)。激光加工处理器40在判定为接收到准备完成信号时(步骤S202:是),读入激光烧蚀用的照射条件(步骤S203)。该照射条件中包含目标注量 F_a 、激光L的脉冲的重复频率 f_a 及照射脉冲数 N_a 。该照射条件也可以从未图示的外部装置、经由网络、或者从由操作员操作的输入装置读入。

[0172] 激光加工处理器40将衰减器49的透射率设定为使靶基板60的表面61上的激光L的注量成为目标注量 F_a 的透射率 T_a (步骤S204)。在此,激光加工处理器40例如使用利用下式(2)计算出的透射率 T_a 。

[0173] $T_a = (1/T') \times S_a \times (F_a/E_a) \cdots (2)$

[0174] S_a 是靶基板60的表面61上的激光L的照射面积。在步骤S204中,激光加工处理器40通过旋转载台49c、49d控制部分反射镜49a、49b的入射角度,以使衰减器49的透射率成为 T_a 。

[0175] 激光加工处理器40设置表示被加工物45的加工区域中的初始的加工位置的数据(步骤S205)。激光加工处理器40基于设置的数据来控制移动载台43,由此将被加工物45在XY方向上定位(步骤S206)。另外,激光加工处理器40在Z方向上控制移动载台43,以使由激光烧蚀产生的生成物62堆积于被加工物45的表面45a(步骤S207)。

[0176] 激光加工处理器40基于重复频率 f_a 以及照射脉冲数 N_a 将发光触发 T_r 发送至激光装置2(步骤S208)。其结果,与发光触发 T_r 同步地从激光装置2输出激光L,经由光路管5入射

到激光加工装置4。该激光L被高反射镜47a反射,被衰减器49减光后,被高反射镜47b反射。被高反射镜47b反射的激光L被导入光学系统50的高反射镜51反射而入射到遮光器52。透过遮光器52后的激光L入射到投影光学系统53。从投影光学系统53输出的激光L通过被高反射镜64反射而入射到靶基板60的表面61。由此,由烧蚀产生的生成物62堆积于被加工物45的表面45a上的加工位置。

[0177] 激光加工处理器40判定生成物62的堆积是否结束(步骤S209)。生成物62的堆积结束是指生成物62向加工区域内的所有加工位置的堆积结束。激光加工处理器40在判定为生成物62的堆积未结束的情况下(步骤S209:否),设置表示下一个加工位置的数据(步骤S210),使处理返回到步骤S206。

[0178] 激光加工处理器40反复执行步骤S206至步骤S208,直至生成物62的堆积结束为止。另外,在激光烧蚀时,关于被加工物45在Z方向上的定位,不要求高精度,因此在从第二次开始的以后的重复循环中,也可以不进行步骤S207。

[0179] 激光加工处理器40在判定为激光打孔加工结束的情况下(步骤S209:是),通过控制线性载台66使高反射镜64从激光L的光路退避(步骤S211),结束处理。

[0180] 之后,在图19所示的步骤S10中,对堆积有生成物62的各加工位置进行激光打孔加工。步骤S10中的激光加工处理器40的处理与比较例相同。

[0181] 4.3效果

[0182] 本实施方式的激光加工装置4a能够使用从激光装置2输出的激光L来进行由激光烧蚀产生的生成物62的堆积和对堆积有生成物62的加工位置的激光打孔加工。这样,根据本实施方式,能够通过一个激光加工系统1a高效地进行生成物62的堆积和激光打孔加工。在本实施方式中,与第一实施方式同样地,从激光L的第1个脉冲起就有贡献于激光打孔加工,因此能够减少累计照射脉冲数。

[0183] 另外,在本实施方式中,在激光烧蚀时向靶基板60照射透过遮光器52后的激光L,但也可以在激光烧蚀时使遮光器52从激光L的光路退避。在该情况下,优选将激光加工装置4a构成为能够在投影光学系统53的焦点位置配置靶基板60。由此,即使从激光装置2输出的激光L的脉冲能量相同,也能够使激光烧蚀时的注量比激光打孔加工时的注量高,能够增加生成物62的堆积量。

[0184] 在本实施方式中,将激光装置2设为准分子激光装置,但激光装置2并不限定于准分子激光装置。例如,激光装置2也可以是输出波长约 $1.03\mu\text{m} \sim 1.06\mu\text{m}$ 的激光的YAG激光装置或输出光纤激光的四次谐波(波长为 $257.5\text{nm} \sim 266\text{nm}$)的包含非线性晶体的固态激光装置等。

[0185] 5.第三实施方式

[0186] 接着,对第三实施方式的激光加工系统1b进行说明。此外,对与上述说明的结构相同的结构标注相同的附图标记,除了特别说明的情况之外,省略重复的说明。

[0187] 5.1结构

[0188] 图21概略地示出第三实施方式的激光加工系统1b的结构。激光加工系统1b的激光加工装置4b的结构与第二实施方式的激光加工系统1a不同。激光加工装置4b是从第二实施方式的激光加工装置4a中删除了靶基板60、高反射镜64以及线性载台66的装置。即,激光加工装置4b是与比较例的激光加工装置4相同的结构。

[0189] 5.2动作

[0190] 在本实施方式中,激光加工处理器40将被加工物45的表面45a的一部分作为激光烧蚀区域,使通过对激光烧蚀区域照射激光L而生成的生成物62堆积于加工区域。因此,在本实施方式中,本公开的技术的第一玻璃基板和第二玻璃基板均为被加工物45,是同一个基板。

[0191] 图22示出在被加工物45的表面45a设定的激光烧蚀区域Ra的一例。如图22所示,激光加工处理器40例如将被加工物45的表面45a上的加工区域Rp的周边部设定为激光烧蚀区域Ra。

[0192] 如图23所示,激光加工处理器40使通过向激光烧蚀区域Ra照射激光L而生成的生成物62堆积于加工区域Rp。以下,将在激光烧蚀区域Ra中照射激光L而产生烧蚀的位置称为激光烧蚀位置。激光加工处理器40在激光烧蚀区域Ra内依次变更激光烧蚀位置,由此使生成物62堆积于整个加工区域Rp。

[0193] 在本实施方式中,在激光烧蚀时和激光打孔加工时,激光L的照射位置不同,因此上述的第一照射条件和第二照射条件不同。

[0194] 图24概略地示出第三实施方式的激光加工系统1b的动作流程。本实施方式的激光加工系统1b的动作中,通过激光烧蚀使生成物62堆积的步骤S30与第二实施方式的步骤S20不同。以下,适当省略与第二实施方式的步骤S20重复的说明。

[0195] 图25示出激光烧蚀时的动作流程。首先,激光加工处理器40将激光烧蚀所需的目标脉冲能量 E_t 的数据发送到激光装置2(步骤S300)。在此,激光加工处理器40设为 $E_t = E_a$ 。

[0196] 激光加工处理器40判定是否从激光装置2接收到准备完成信号(步骤S301)。激光加工处理器40在判定为接收到准备完成信号时(步骤S301:是),读入激光烧蚀用的照射条件(步骤S302)。

[0197] 激光加工处理器40将衰减器49的透射率设定为使被加工物45的表面45a上的激光L的注量成为目标注量 F_a 的透射率 T_a (步骤S303)。

[0198] 激光加工处理器40设置表示激光烧蚀区域Ra中的初始的激光烧蚀位置的数据(步骤S304)。激光加工处理器40基于设置的数据来控制移动载台43,由此将被加工物45在XY方向上定位(步骤S305)。另外,激光加工处理器40在Z方向上控制移动载台43,以使由激光烧蚀产生的生成物62堆积于被加工物45的表面45a(步骤S306)。

[0199] 激光加工处理器40基于重复频率 f_a 以及照射脉冲数 N_a 将发光触发 Tr 发送至激光装置2(步骤S307)。由此,从投影光学系统53输出的激光L照射到激光烧蚀区域Ra内的激光烧蚀位置。其结果是,由烧蚀产生的生成物62堆积在与激光烧蚀位置相邻的加工区域Rp的一部分中。

[0200] 激光加工处理器40判定生成物62的堆积是否结束(步骤S308)。生成物62的堆积结束是指生成物62向加工区域Rp内的堆积结束。激光加工处理器40在判定为生成物62的堆积未结束的情况下(步骤S308:否),设置表示下一个激光烧蚀位置的数据(步骤S309),使处理返回到步骤S305。

[0201] 激光加工处理器40反复执行步骤S305至步骤S307,直至生成物62的堆积结束为止。另外,在激光烧蚀时,关于被加工物45在Z方向上的定位,不要求高精度,因此在从第二次开始的以后的重复循环中,也可以不进行步骤S306。

[0202] 激光加工处理器40在判定为生成物62的堆积结束的情况下(步骤S308:是),结束处理。

[0203] 之后,在图24所示的步骤S10中,对堆积有生成物62的加工区域Rp进行激光打孔加工。步骤S10中的激光加工处理器40的处理与比较例相同。

[0204] 5.3效果

[0205] 根据本实施方式,能够得到与第二实施方式相同的效果,并且能够不使用靶基板60而使由烧蚀产生的生成物62堆积于加工区域Rp。

[0206] 另外,在本实施方式中,在激光烧蚀时将透过遮光器52后的激光L照射到激光烧蚀区域Ra,但也可以在激光烧蚀时使遮光器52从激光L的光路退避。在该情况下,优选将激光加工装置4a构成为能够在投影光学系统53的焦点位置配置激光烧蚀区域Ra。由此,即使从激光装置2输出的激光L的脉冲能量相同,也能够使激光烧蚀时的注量比激光打孔加工时的注量高,能够增加生成物62的堆积量。

[0207] 另外,在本实施方式中,将被加工物45的表面45a上的一个加工区域Rp的周边部设定为激光烧蚀区域Ra,但不限于此,能够适当变更激光烧蚀区域Ra。

[0208] 图26示出激光烧蚀区域Ra的变形例。在图26中,在被加工物45的表面45a呈格子状设定激光烧蚀区域Ra。在本变形例中,由格子状的激光烧蚀区域Ra划分出的区域成为加工区域Rp。这样,当使激光烧蚀区域Ra为格子状时,能够使生成物62均匀地堆积于加工区域Rp。

[0209] 另外,优选将加工区域Rp设定为与中介层的芯片大致相同的大小。在该情况下,激光烧蚀区域Ra成为为了对加工区域Rp进行单片化而切断的区域,因此不会产生浪费,能够将被加工物45全部用于中介层的芯片的制作。

[0210] 6.第四实施方式

[0211] 接着,对第四实施方式的激光加工系统1c进行说明。此外,对与上述说明的结构相同的结构标注相同的附图标记,除了特别说明的情况之外,省略重复的说明。

[0212] 6.1结构

[0213] 图27概略地示出第四实施方式的激光加工系统1c的结构。激光加工系统1c的激光加工装置4c的结构与第三实施方式的激光加工系统1b不同。激光加工装置4c除了第三实施方式的激光加工装置4b的结构之外,还包括喷嘴70和旋转载台71。

[0214] 喷嘴70经由配管73与气体供给源72连接。在配管73的中途设置有气体流量控制阀74。喷嘴70将从气体供给源72供给的气体向被加工物45的表面45a上的被照射激光L的加工位置喷出。例如,喷嘴70喷出的气体是干燥空气等吹扫气体。

[0215] 另外,喷嘴70被保持于旋转载台71。旋转载台71使喷嘴70以与Z方向平行的旋转轴为中心旋转。通过使喷嘴70旋转,向加工位置喷出气体的方向发生变化。旋转载台71和气体流量控制阀74由激光加工处理器40控制。

[0216] 6.2动作

[0217] 接着,说明第四实施方式的激光加工系统1c的动作。在本实施方式中,不进行第三实施方式那样的激光烧蚀区域的设定。另外,在本实施方式中,不进行作为与激光打孔加工不同的动作的激光烧蚀,而利用在激光打孔加工时产生的激光烧蚀使生成物62堆积于加工区域。具体而言,在本实施方式中,利用从喷嘴70喷出的气体使激光打孔加工时产生的激光

烧蚀所产生的生成物62堆积在下一个加工位置。由于在下一个加工位置堆积有生成物62,因此从激光L的第1个脉冲起就有贡献于激光打孔加工。

[0218] 在本实施方式中,本公开的技术的第一玻璃基板和第二玻璃基板均为被加工物45,是同一个基板。另外,在本实施方式中,堆积于激光打孔加工的加工位置的生成物62是通过其他加工位置的烧蚀而生成的。因此,在本实施方式中,在激光烧蚀时和激光打孔加工时,激光L的照射位置也不同,上述的第一照射条件和第二照射条件不同。

[0219] 图28说明激光打孔加工时的动作流程。激光加工处理器40除了比较例中说明的各部的控制之外,还通过控制旋转载台71来控制来自喷嘴70的气体的喷出方向。

[0220] 在图28中,附图标记P1表示激光打孔加工中的加工位置。附图标记P2表示下一个加工位置。箭头D表示为了使激光打孔加工的对象位置成为下一个加工位置P2而利用移动载台43对被加工物45进行移动的移动方向。激光加工处理器40将来自喷嘴70的气体的喷出方向设为与被加工物45的移动方向D相反的方向。由此,由在激光打孔加工中的加工位置P1处产生的激光烧蚀产生的生成物62堆积在下一个加工位置P2。

[0221] 当对加工位置P1的激光打孔加工结束时,激光加工处理器40使被加工物45移动之后,对堆积有生成物62的加工位置P2进行激光打孔加工。在该激光打孔加工中产生的生成物62进一步堆积在下一个加工位置P2。

[0222] 在图28的(A)和图28的(B)中,由于被加工物45的移动方向D为-Y方向,因此激光加工处理器40将气体的喷出方向设为+Y方向。在图28的(C)中,由于被加工物45的移动方向D为+X方向,因此激光加工处理器40将气体的喷出方向设为-X方向。在图28的(D)中,由于被加工物45的移动方向D为+Y方向,因此激光加工处理器40将气体的喷出方向设为-Y方向。

[0223] 6.3效果

[0224] 在本实施方式中,利用气体使由激光打孔加工时产生的激光烧蚀产生的生成物62堆积在下一个加工位置,因此不需要第三实施方式那样的激光烧蚀区域的设定。另外,不需要进行作为与激光打孔加工不同的动作的激光烧蚀,因此能够减少激光烧蚀和激光打孔加工合起来的累计照射脉冲数。

[0225] 图29说明第四实施方式的变形例的激光打孔加工时的动作流程。图29表示对沿X方向排列的多个加工位置同时进行激光打孔加工的例子。在本变形例中,使用形成有多个孔的多点的遮光器52。

[0226] 在本变形例中,将喷嘴70设为多喷嘴,喷嘴70对激光打孔加工中的多个加工位置P1同时喷出气体。气体的喷出方向是与被加工物45的移动方向D相反的方向。由此,在激光打孔加工中的多个加工位置P1产生的激光烧蚀产生的生成物62堆积在下一次的多个加工位置P2。

[0227] 在图29的(A)和图28的(B)中,由于被加工物45的移动方向D为-Y方向,因此激光加工处理器40将气体的喷出方向设为+Y方向。图29的(C)所示的多个加工位置P1是最终的加工位置。

[0228] 这样,通过对多个加工位置同时进行激光打孔加工,激光打孔加工的生产率提高。

[0229] 在本变形例中,对排列成一系列的加工位置同时进行激光打孔加工,但并不限于此,例如,也可以对 2×5 个这样的二维排列的加工位置同时进行激光打孔加工。另外,为了提高生产率,还优选使被加工物45的移动方向D上的加工位置的数量小于与移动方向D正交

的方向上的加工位置的数量。

[0230] 7.第五实施方式

[0231] 接着,对第五实施方式的激光加工系统1d进行说明。此外,对与上述说明的结构相同的结构标注相同的附图标记,除了特别说明的情况之外,省略重复的说明。

[0232] 7.1结构

[0233] 图30概略地示出第五实施方式的激光加工系统1d的结构。激光加工系统1d的激光加工装置4d的结构与第三实施方式的激光加工系统1b不同。激光加工装置4d除了第三实施方式的激光加工装置4b的结构以外,还具有信号线,该信号线能够将激光打孔加工时对一个加工位置照射的多个脉冲各自的目标脉冲能量 $E_t(k)$ 发送至激光装置2。在此,k是识别对一个加工位置照射的多个脉冲的参数。

[0234] 7.2动作

[0235] 接着,说明第五实施方式的激光加工系统1d的动作。在本实施方式中,不进行第三实施方式那样的激光烧蚀区域的设定。另外,在本实施方式中,不进行作为与激光打孔加工不同的动作的激光烧蚀。在本实施方式中,使在激光打孔加工时通过由初始的多个脉冲产生的激光烧蚀而生成的生成物62堆积在加工中的加工位置,利用之后的多个脉冲进行激光打孔加工。

[0236] 图31表示激光烧蚀用的脉冲的注量 F_a 与激光打孔加工用的脉冲的注量 F_m 的关系。设激光烧蚀用的脉冲数为 N_a 个,设激光打孔加工用的脉冲数为 N_m 个。激光加工处理器40为了以初始的 N_a 个脉冲产生激光烧蚀而设定足够的注量 F_a ,使激光L照射到加工位置。因此,优选使注量 F_a 大于注量 F_m 。

[0237] 在本实施方式中,本公开的技术的第一玻璃基板和第二玻璃基板均为被加工物45,是同一个基板。另外,在本实施方式中,在激光烧蚀时和激光打孔加工时激光L的注量不同,因此上述的第一照射条件和第二照射条件不同。激光烧蚀用的脉冲对应于本公开的技术的“第一紫外线脉冲激光”。激光打孔加工用的脉冲对应于本发明的技术的“第二紫外线脉冲激光”。

[0238] 图32概略地示出第五实施方式的激光加工系统1d的动作流程。在本实施方式中,激光加工处理器40在步骤S40中进行了照射条件的设定之后,在步骤S50中对各加工位置进行激光烧蚀和激光打孔加工。

[0239] 图33表示照射条件的设定的动作流程。首先,激光加工处理器40决定激光烧蚀时的目标脉冲能量 E_a (步骤S400)。

[0240] 激光加工处理器40读入激光烧蚀用的照射条件(步骤S401)。包含该目标注量 F_a 、激光L的脉冲的重复频率 f_a 及照射脉冲数 N_a 。另外,激光加工处理器40读入激光打孔加工用的照射条件(步骤S402)。包含该目标注量 F_m 、激光L的脉冲的重复频率 f_m 及照射脉冲数 N_m 。在此,满足 $f_a = f_m$ 、 $F_a > F_m$ 及 $N_a < N_m$ 的关系。

[0241] 激光加工处理器40计算使被加工物45的表面45a上的激光L的注量成为目标注量 F_a 的衰减器49的透射率 T_a (步骤S403)。在此,激光加工处理器40例如使用上式(2)来计算透射率 T_a 。

[0242] 激光加工处理器40计算使被加工物45的表面45a上的激光L的注量成为 F_m 的激光打孔加工用的脉冲的脉冲能量 E_m (步骤S404)。在此,激光加工处理器40例如使用下式(3)来

计算脉冲能量 E_m 。

[0243] $E_m = (1/T') \times S_m \times (F_m/T_a) \cdots (3)$

[0244] 接着,激光加工处理器40将激光烧蚀用的脉冲的目标脉冲能量 $E_t(1) \sim E_t(N_a)$ 设定为在步骤S400中决定的目标脉冲能量 E_a (步骤S405~S408)。然后,激光加工处理器40将激光打孔加工用的脉冲的目标脉冲能量 $E_t(N_a+1) \sim E_t(N_a+N_m)$ 设定为在步骤S404中计算出的脉冲能量 E_m (步骤S409~S411)。

[0245] 衰减器49对透射率的变更的响应性低,因此在激光烧蚀用的脉冲的照射结束后,开始激光打孔加工用的脉冲的照射时难以变更透射率。因此,在本实施方式中,将衰减器49的透射率固定为根据激光烧蚀用的注量 F_a 计算出的透射率 T_a ,利用脉冲能量 E_m 来控制激光打孔加工用的注量 F_m 。

[0246] 图34表示烧蚀和激光打孔加工时的动作流程。首先,激光加工处理器40将激光打孔加工所需的目标脉冲能量 E_t 的数据发送至激光装置2(步骤S500)。在此,激光加工处理器40设为 $E_t = E_a$ 、 $E_t = E_m$,将 E_a 和 E_m 的数据发送到激光装置2。激光装置2在接收数据之后,控制腔室21,在能够输出目标脉冲能量 E_a 和 E_m 的激光 L 的情况下,将准备完成信号发送到激光加工处理器40。

[0247] 激光加工处理器40判定是否从激光装置2接收到准备完成信号(步骤S501)。激光加工处理器40在判定为接收到准备完成信号时(步骤S501:是),将衰减器49的透射率设定为在步骤S40中计算出的透射率 T_a (步骤S502)。

[0248] 激光加工处理器40设置表示被加工物45的加工区域中的初始的加工位置的数据(步骤S503)。激光加工处理器40基于设置的数据来控制移动载台43,由此将被加工物45在XY方向上定位(步骤S504)。另外,激光加工处理器40在Z方向上控制移动载台43,以使遮光器52的转印像的位置与被加工物45的表面45a大致一致(步骤S505)。

[0249] 激光加工处理器40将在步骤S40中设定的目标脉冲能量 $E_t(1) \sim E_t(N_a+N_m)$ 的数据发送到激光装置2(步骤S506)。然后,激光加工处理器40基于重复频率 f_a 以及照射脉冲数 N_a+N_m 将发光触发 Tr 发送至激光装置2(步骤S507)。其结果,利用具有脉冲能量 E_a 的 N_a 个脉冲对加工位置进行激光烧蚀。由此,在由激光烧蚀产生的生成物62堆积于该加工位置之后,利用具有脉冲能量 E_m 的 N_m 个脉冲进行激光打孔加工。

[0250] 激光加工处理器40判定对加工区域的激光打孔加工是否结束(步骤S508)。激光打孔加工结束是指在加工区域内的所有加工位置结束了激光打孔加工。激光加工处理器40在判定为激光打孔加工未结束的情况下(步骤S508:否),设置表示下一个加工位置的数据(步骤S509),使处理返回到步骤S504。

[0251] 激光加工处理器40反复执行步骤S504至步骤S507,直至激光打孔加工结束为止。激光加工处理器40在判定为激光打孔加工结束的情况下(步骤S508:是),结束处理。

[0252] 在本实施方式中,在激光烧蚀用的脉冲和激光打孔加工用的脉冲中变更注量。由此,能够在适于由激光烧蚀产生的生成物62堆积于加工位置的照射条件下照射激光 L ,并且能够在最适于激光打孔加工的适当的照射条件下照射激光 L 。

[0253] 其结果,与比较例的情况相比,能够降低累计照射脉冲数及激光 L 的累计能量。由此,能够延长激光加工系统1d的消耗品的寿命。

[0254] 8. 电子器件的制造方法

[0255] 上述各实施方式的激光加工方法能够应用于在下述电子器件500的制造中,在中介层502所具备的玻璃基板上形成贯通孔。

[0256] 图35示意性示出电子器件500的结构。图35所示的电子器件500具有集成电路芯片501、中介层502和电路基板503。集成电路芯片501例如是在硅基板上形成有集成电路的芯片状的集成电路基板。在集成电路芯片501设置有与集成电路电连接的多个凸块501b。

[0257] 中介层502具备形成有多个贯通孔的绝缘性的玻璃基板,在各个贯通孔内设置有将该玻璃基板的表背电连接的导电体。在中介层502的一个面上形成有与设置于集成电路芯片501的凸块501b连接的多个焊盘,各个焊盘与贯通孔内的导电体中的任意导电体电连接。在中介层502的另一面上设置有多个凸块502b,各个凸块502b与贯通孔内的导电体中的任意导电体电连接。

[0258] 在电路基板503的一个面形成有与各个凸块502b连接的多个焊盘。另外,电路基板503具备与这些焊盘电连接的多个端子。

[0259] 图36示出电子器件500的制造方法。如图36所示,本说明中的电子器件500的制造方法包含第一接合工序SP1和第二接合工序SP2。在第一接合工序SP1中,使集成电路芯片501与中介层502接合。具体地,集成电路芯片501的各个凸块501b配置在中介层502的各个焊盘上,并且凸块501b和焊盘彼此电连接。因此,集成电路芯片501和中介层502彼此电连接。

[0260] 在第二接合工序SP2中,使中介层502与电路基板503接合。具体地,中介层502的各个凸块502b设置在电路基板503的各个焊盘上,并且凸块502b和焊盘彼此电连接。因此,集成电路芯片501经由中介层502与电路基板503电连接。经过以上的工序,制造出电子器件500。

[0261] 上述的说明的意图并非限制而是单纯的例示。因此,对于本领域技术人员而言显而易见的是,能够在不脱离所附的权利要求书的情况下对本公开的各实施方式施加变更。

[0262] 在本说明书和所附权利要求书中使用的用语应被解释为“非限定性的”用语。例如,用语“包含”或“包括”应被解释为“不限于被记载为包括的部分”。用语“具有”应被解释为“不限于被记载为具有的部分”。另外,在本说明书和所附权利要求书中记载的短语“一个”应被解释为“至少一个”或“一个或多个”。此外,“A、B和C中的至少一个”这样的用语应当被解释为“A”、“B”、“C”、“A+B”、“A+C”、“B+C”或“A+B+C”,并且还应当被解释为包括它们与“A”、“B”和“C”以外的内容的组合。

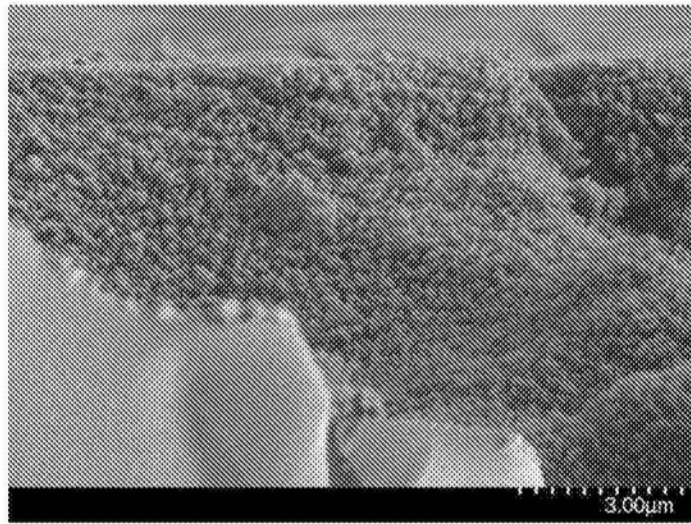


图1

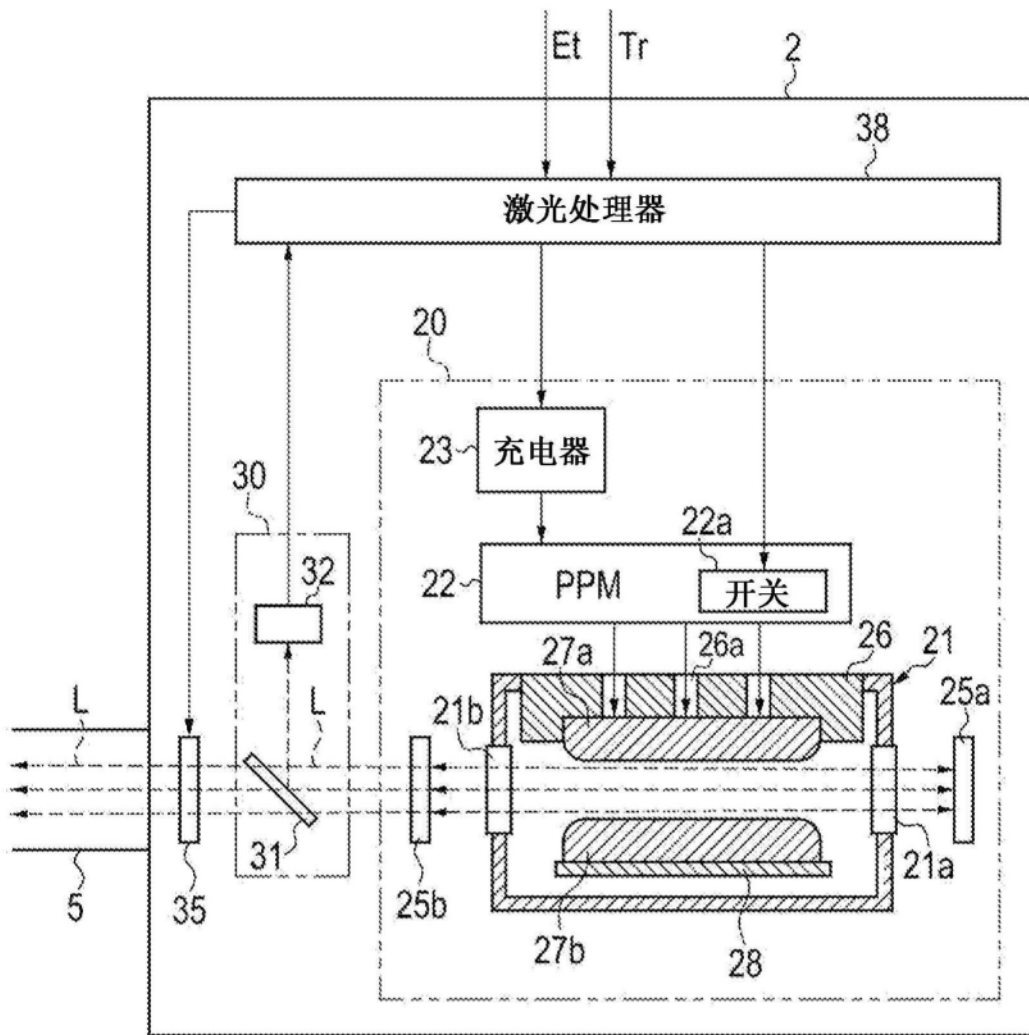


图3

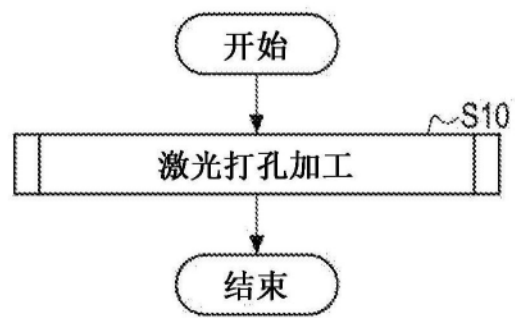


图4

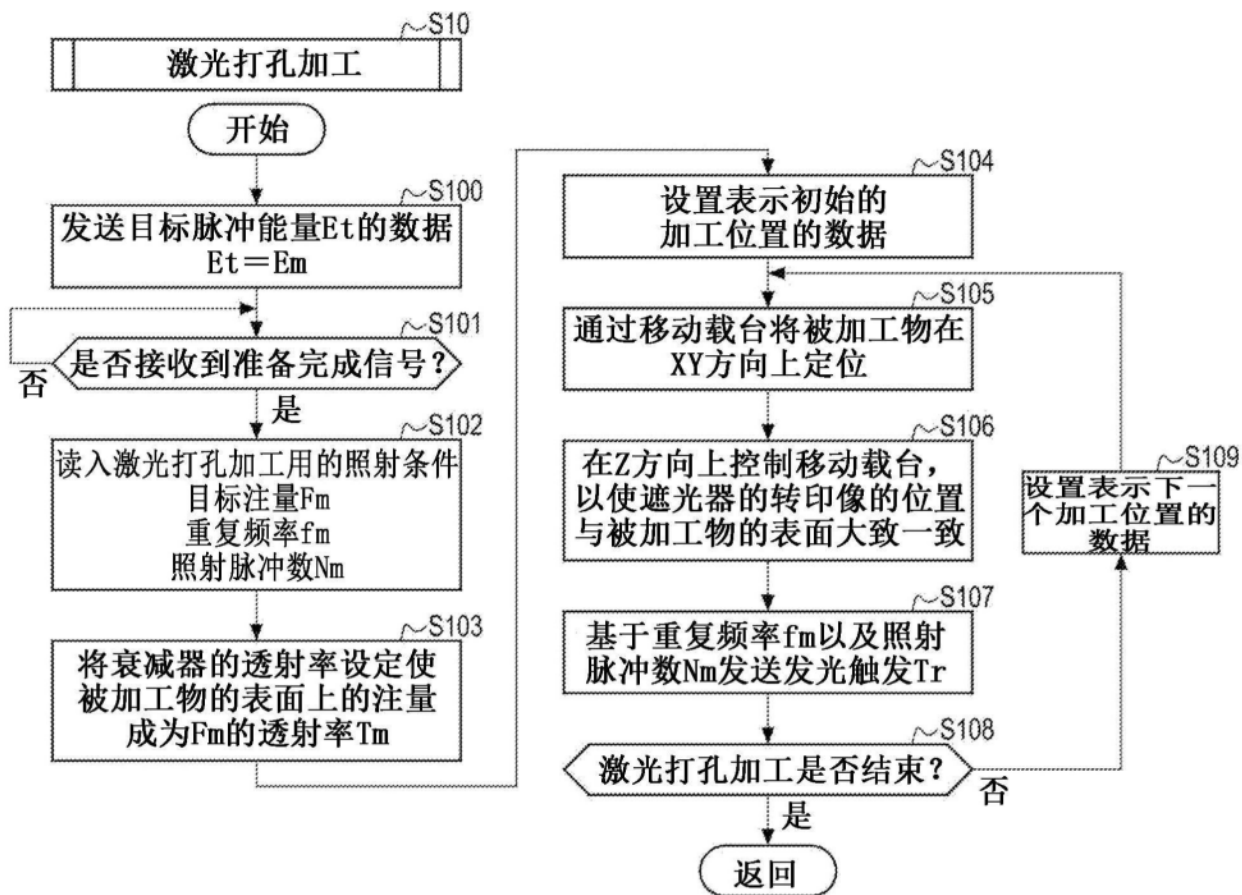


图5

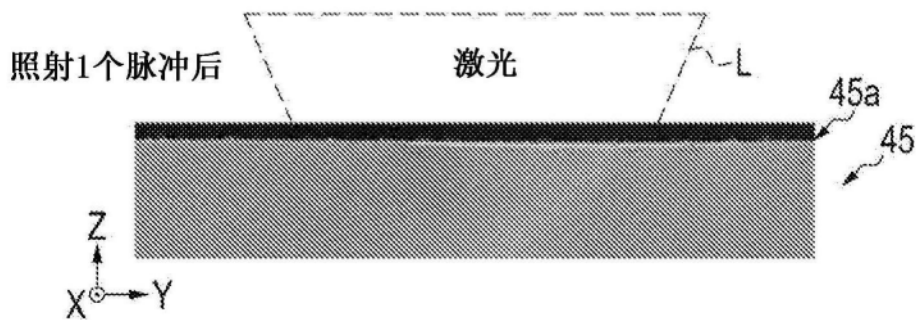


图6

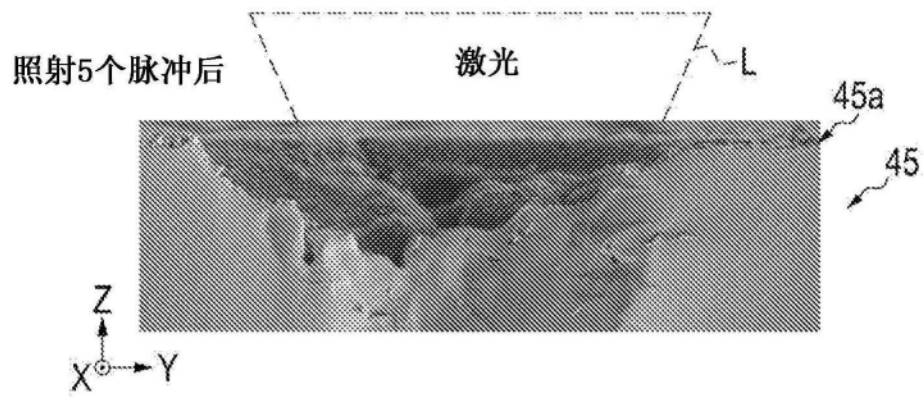


图7

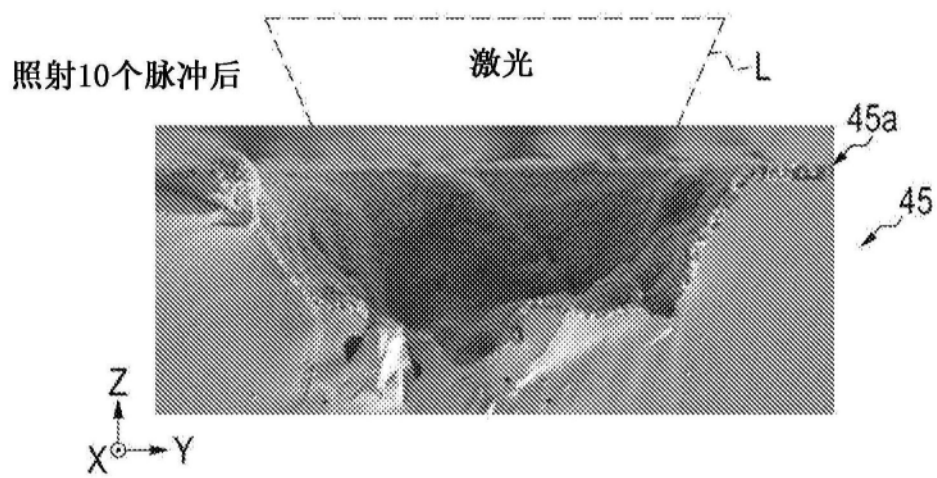


图8

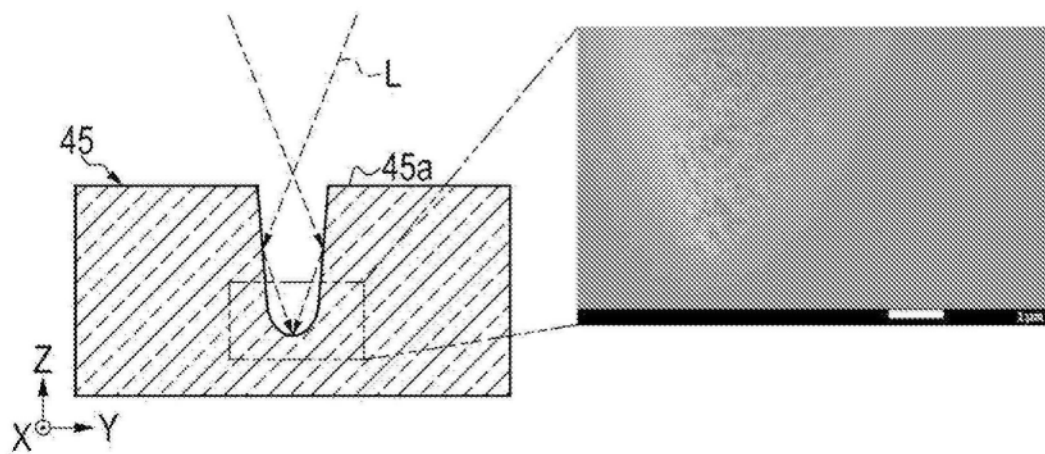


图9

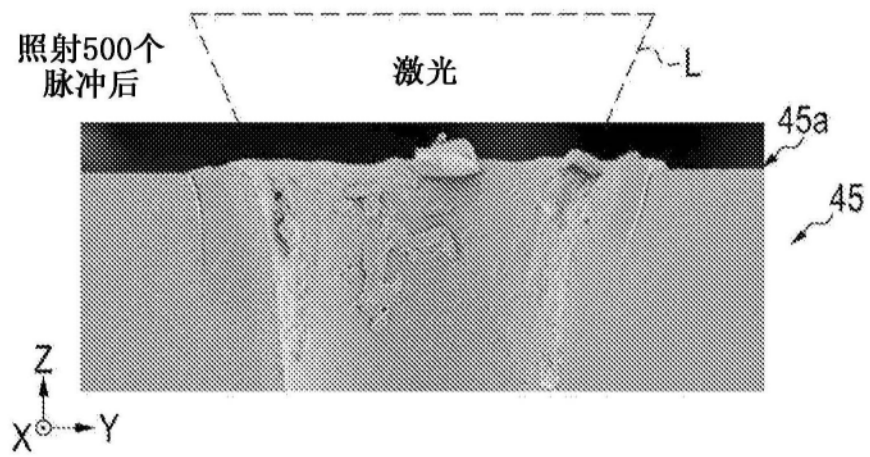


图10

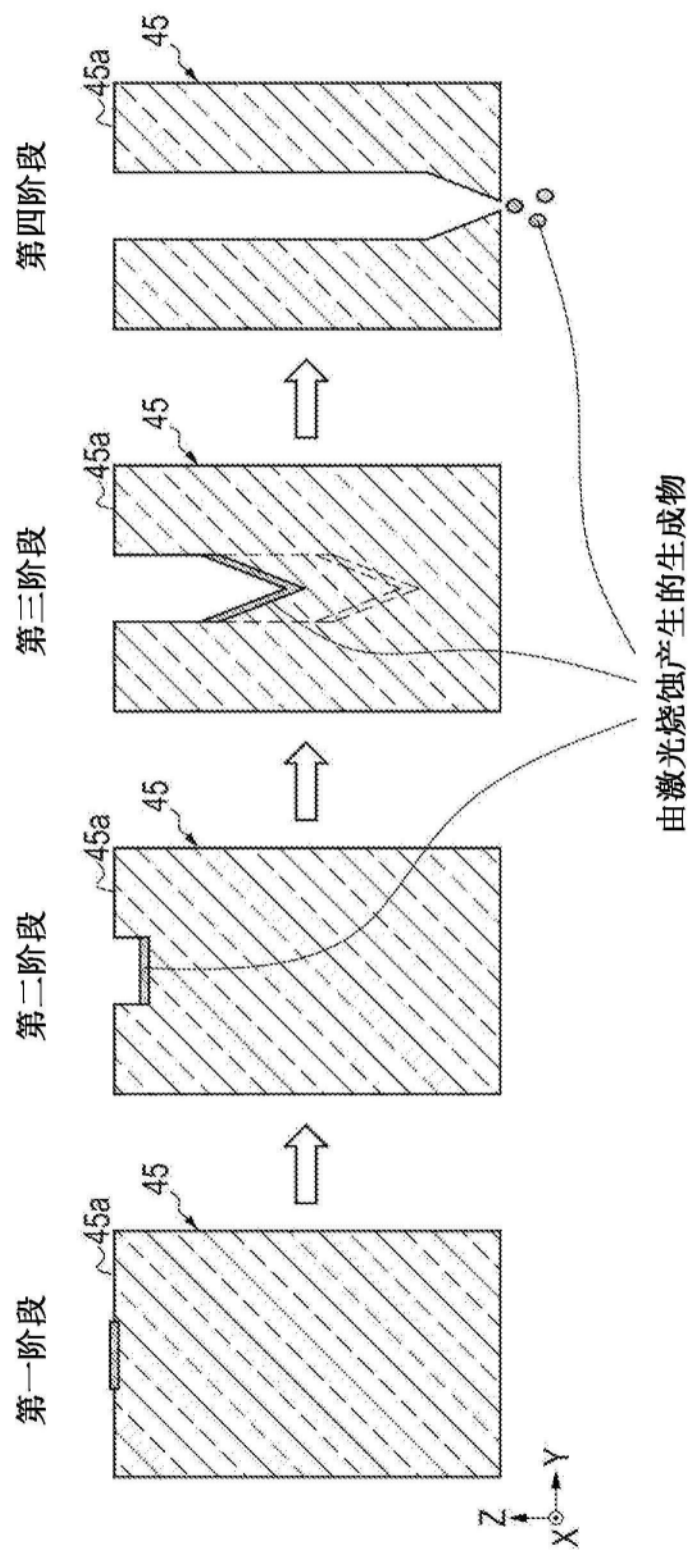


图11

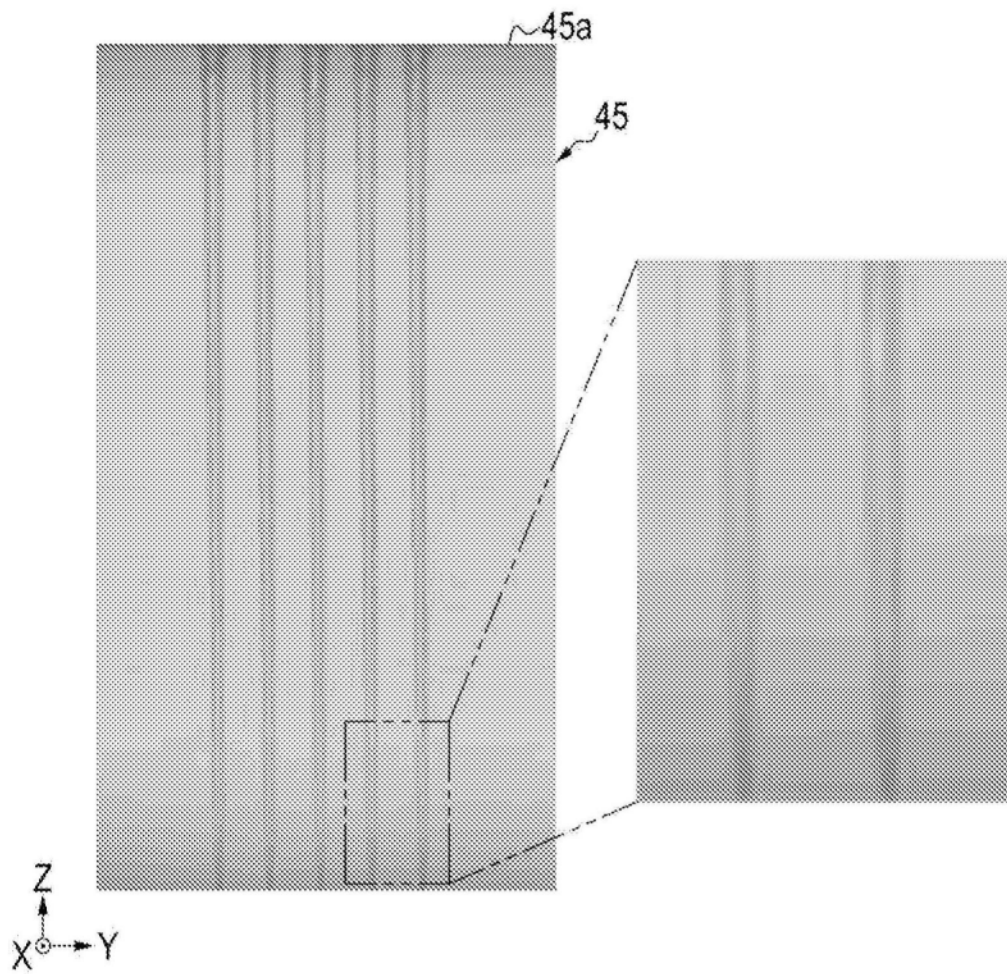


图12



图13

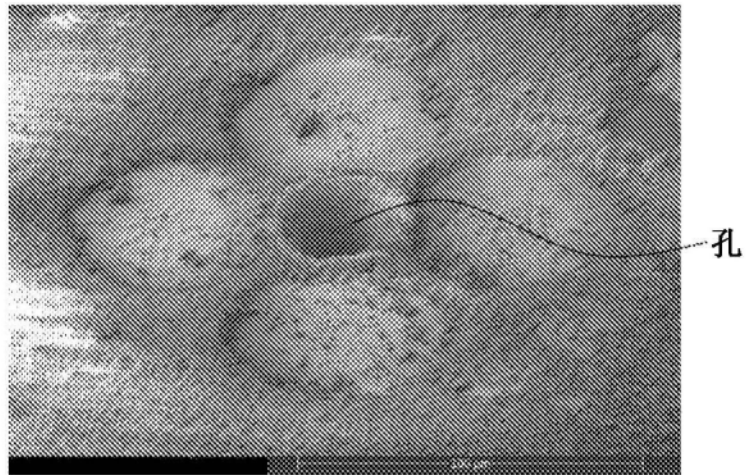


图14

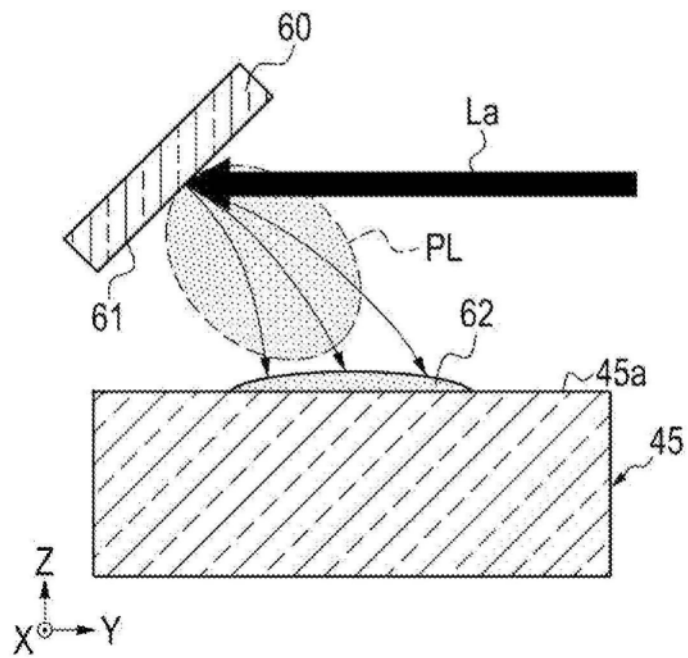


图15

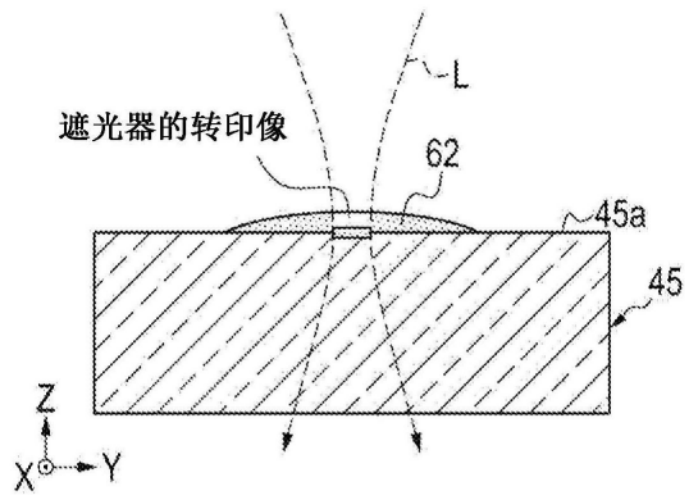


图16

	激光烧蚀用的 照射条件	激光打孔加工用的 照射条件
注量 [J/cm^2]	12 ~ 100	12 ~ 100
重复频率 [Hz]	1 ~ 6000	1 ~ 6000
脉冲宽度 TIS [ns]	20 ~ 259	20 ~ 259

图17

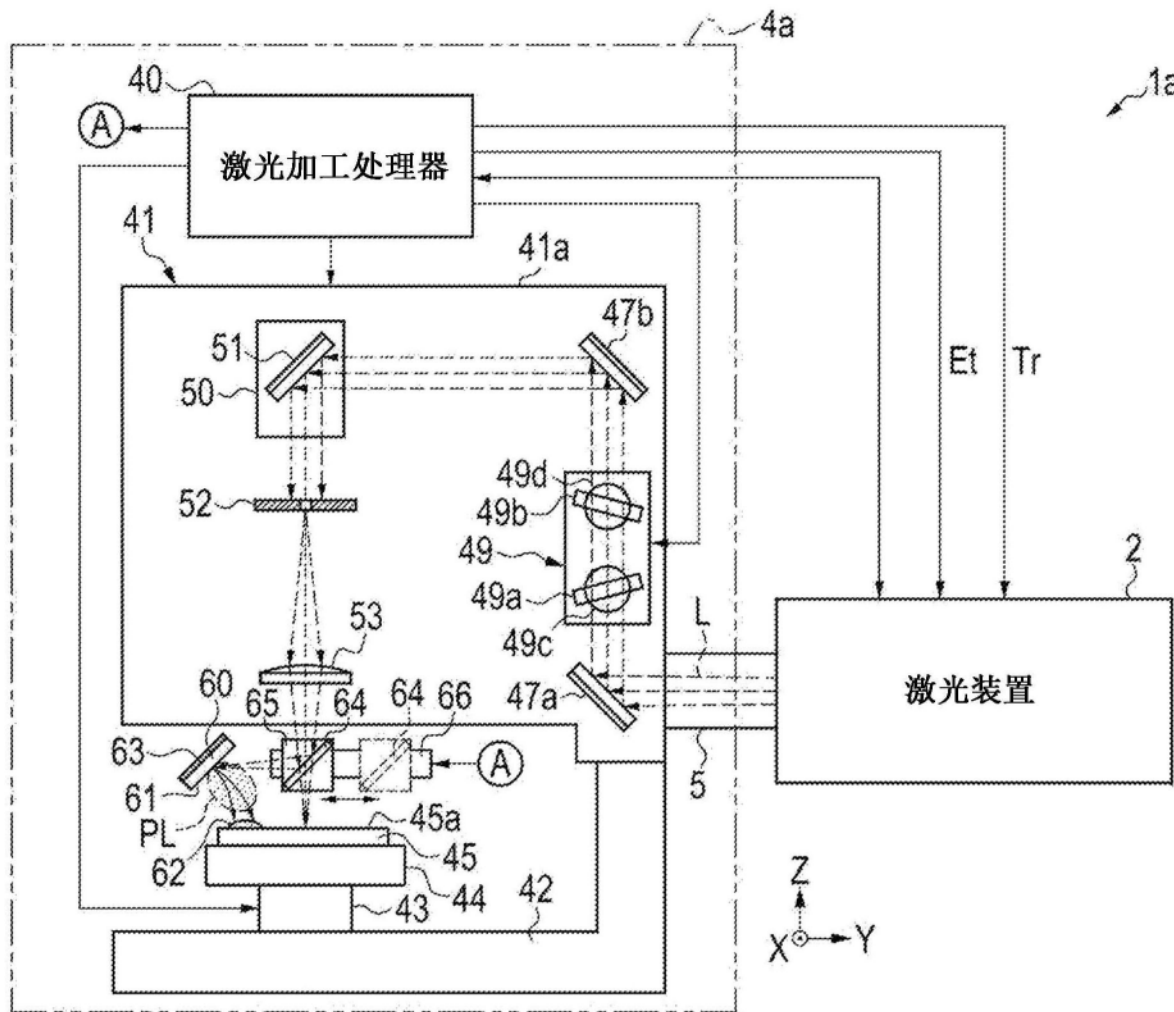


图18

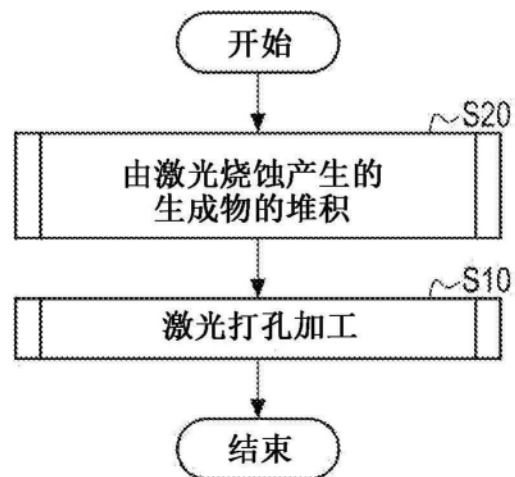


图19

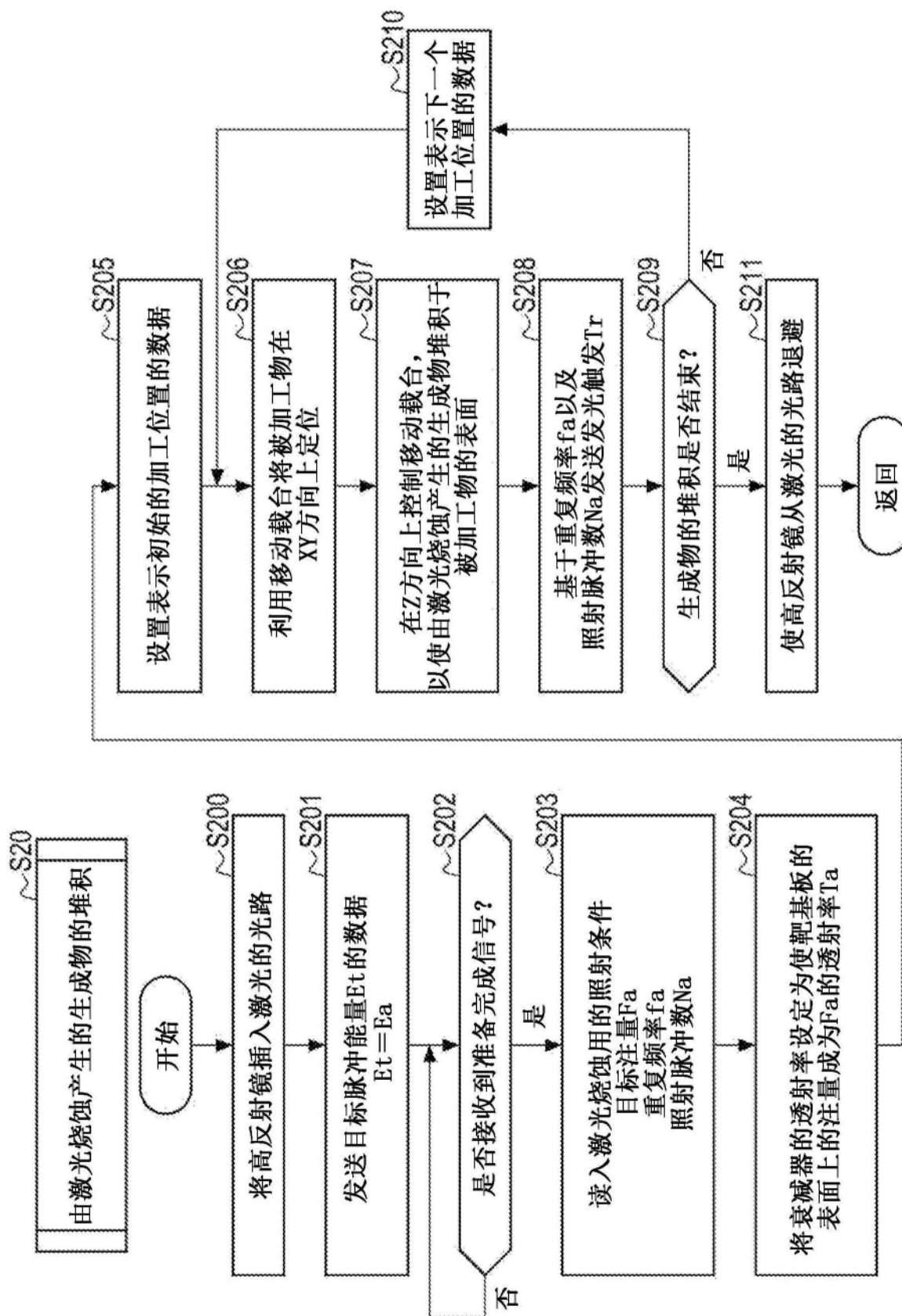


图20

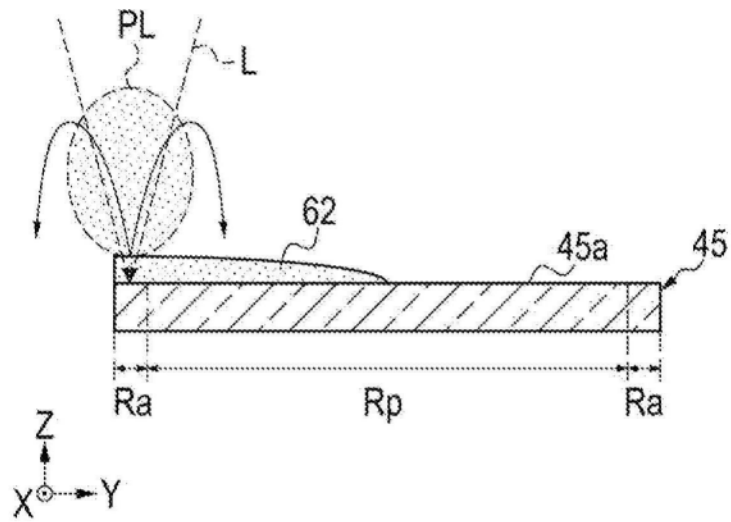


图23

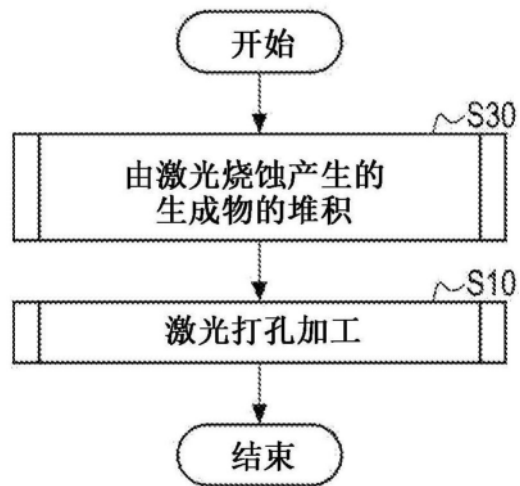


图24

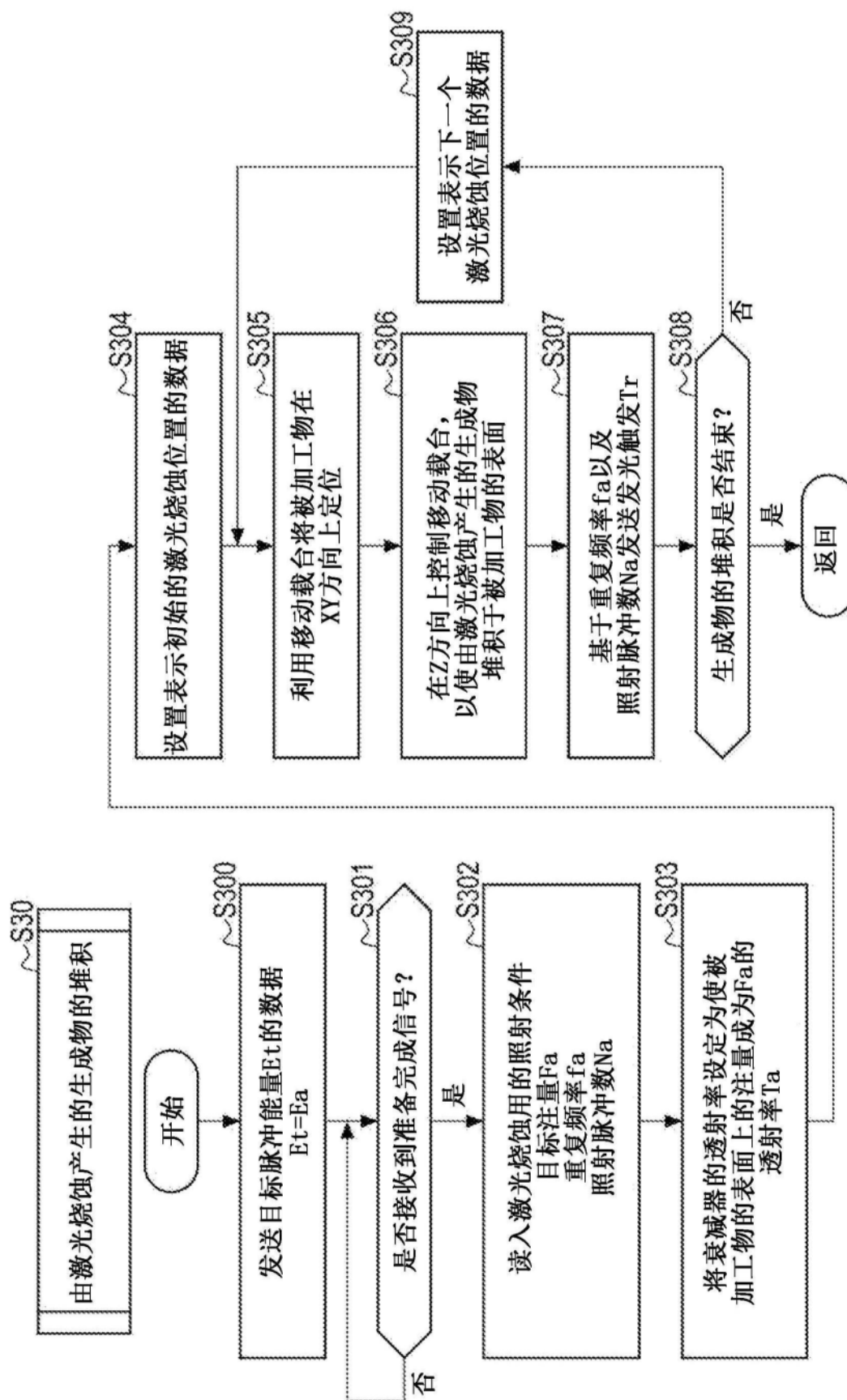


图25

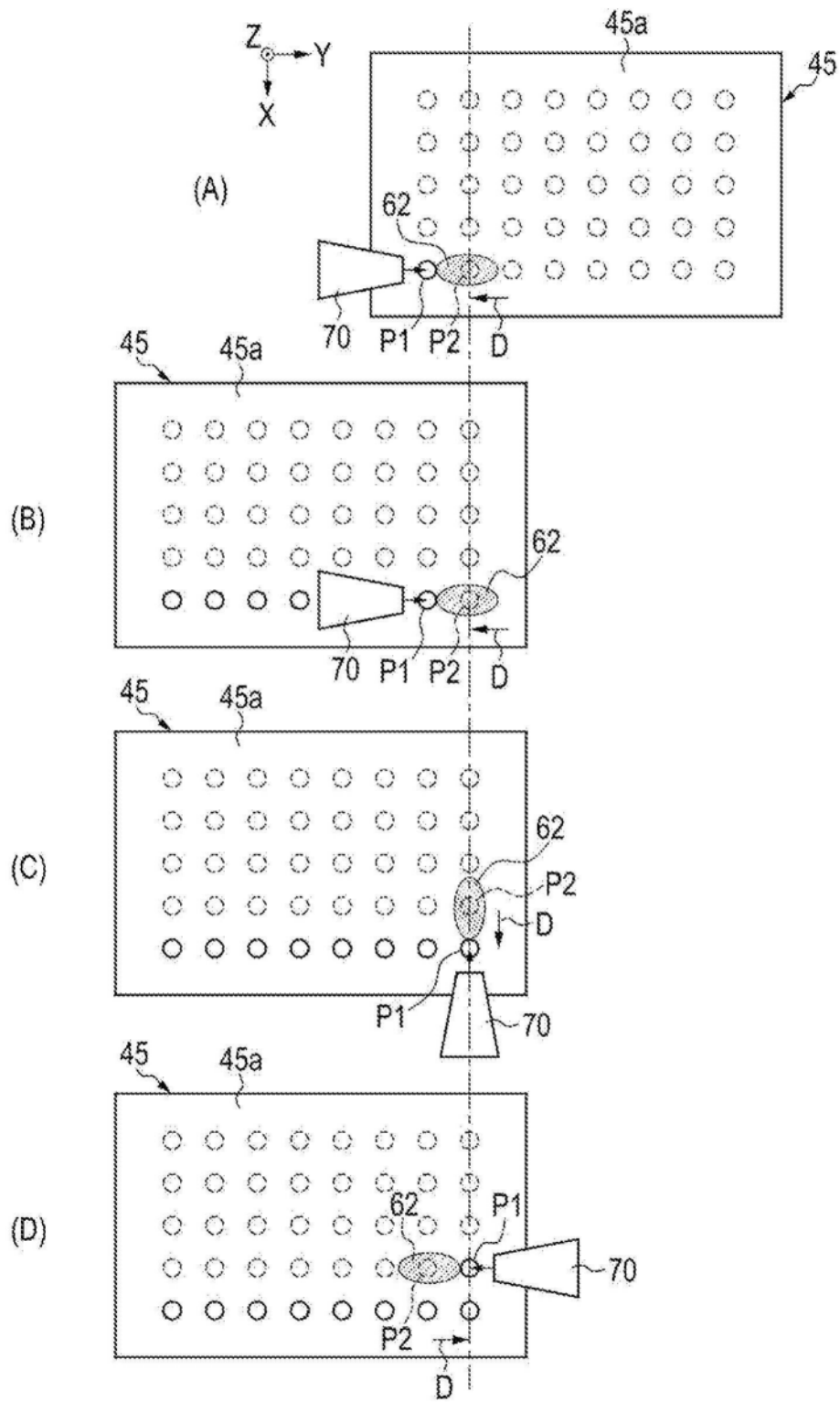


图28

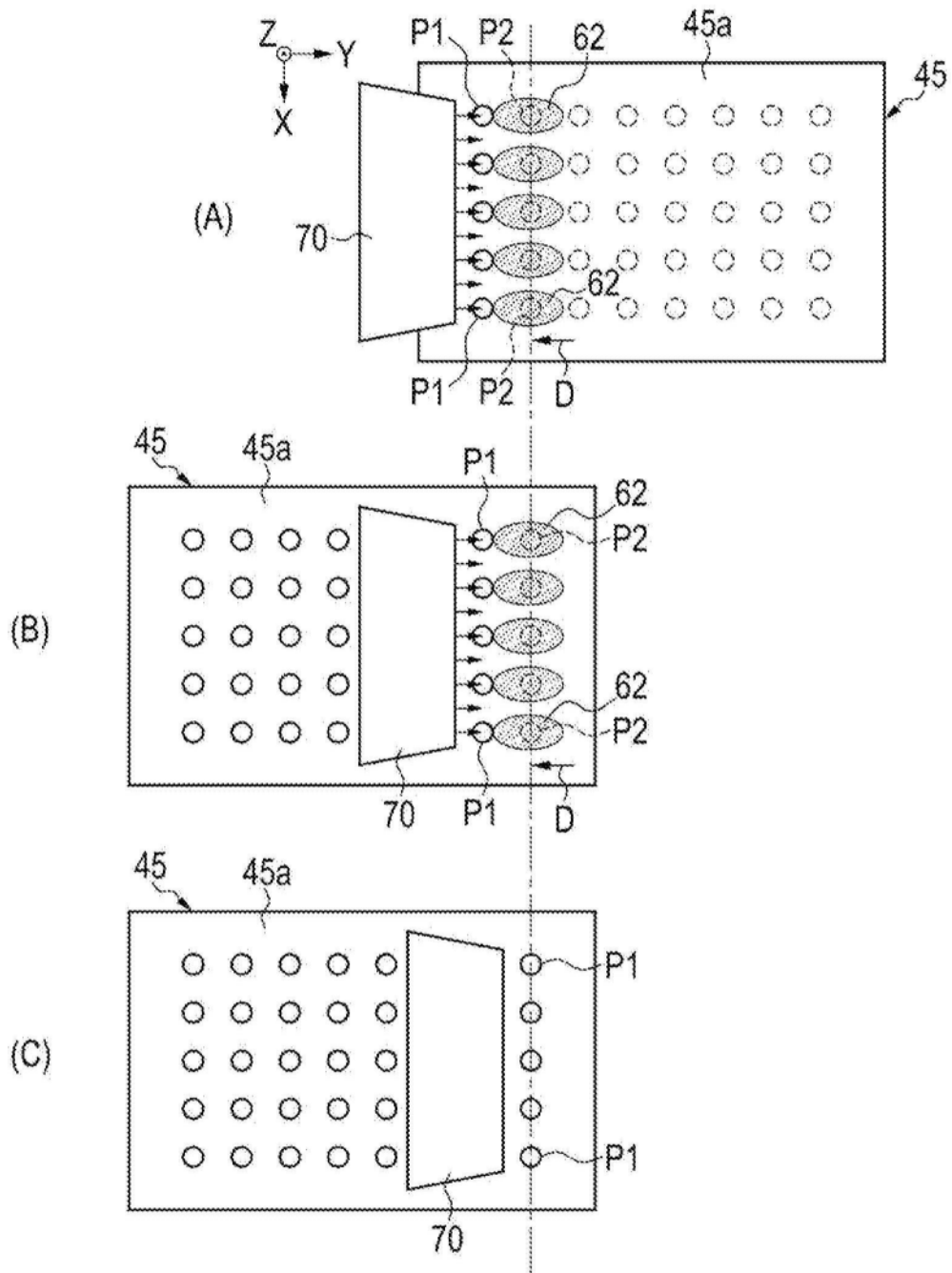


图29

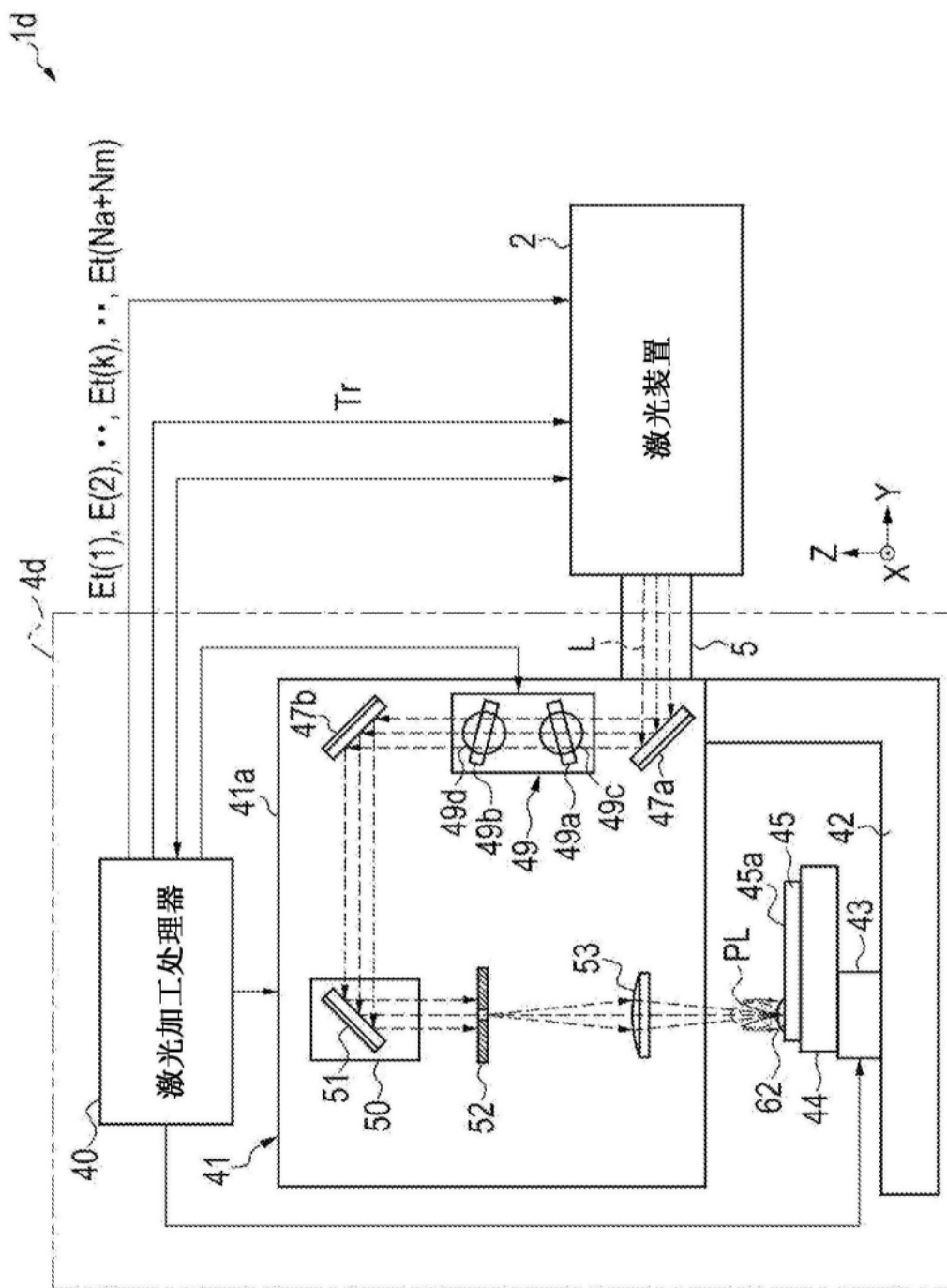


图30

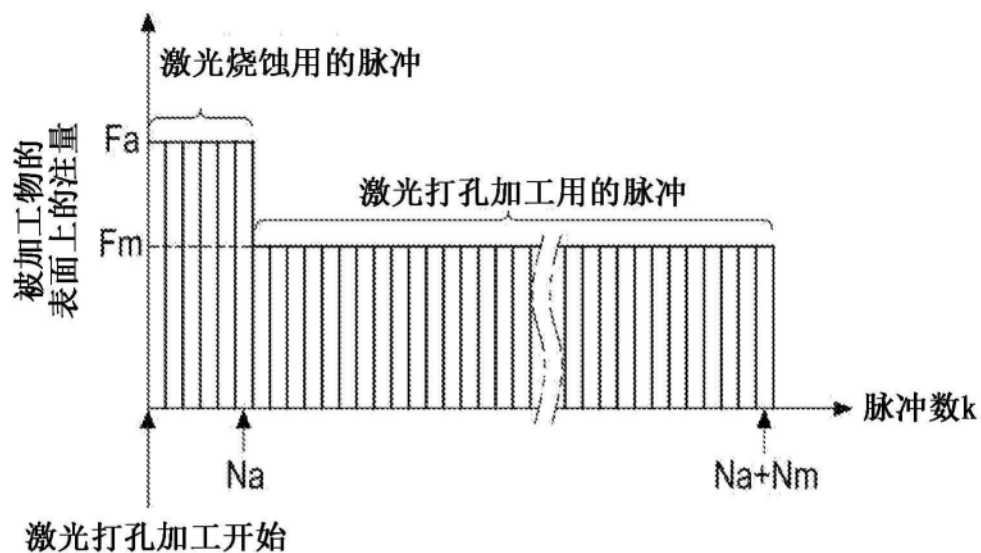


图31

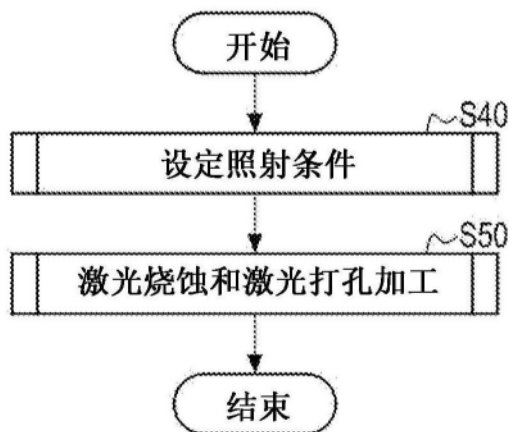


图32

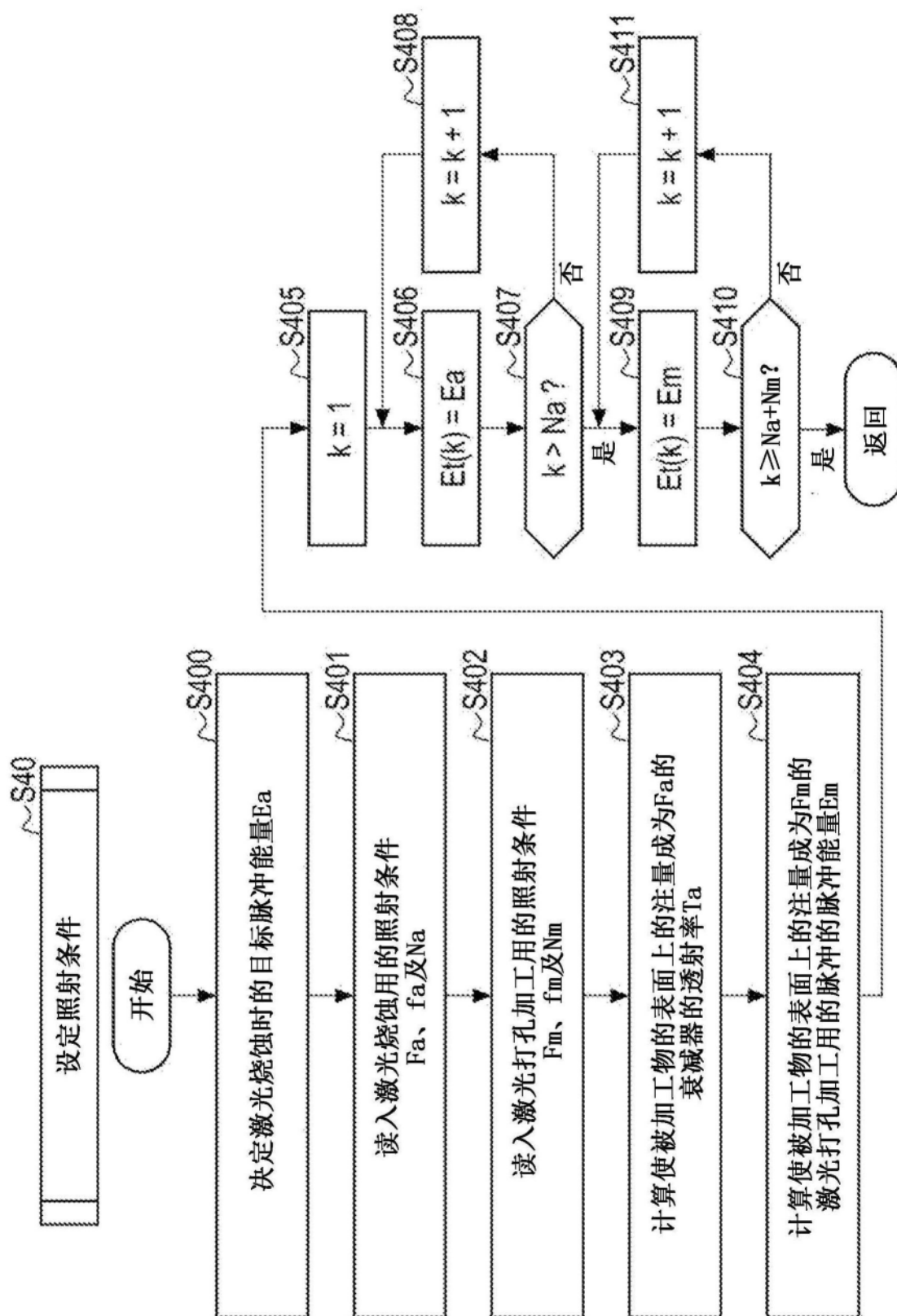


图33

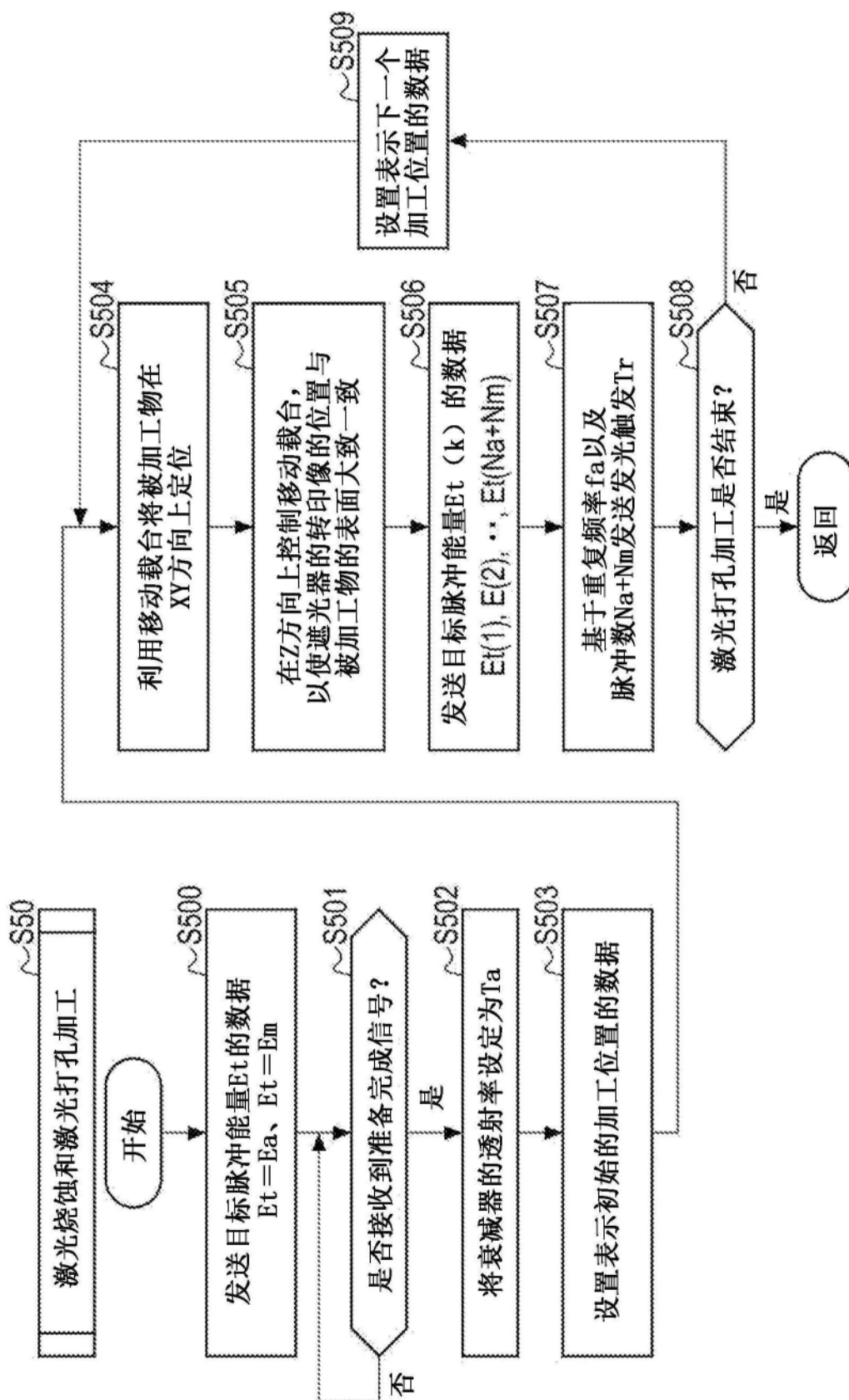


图34

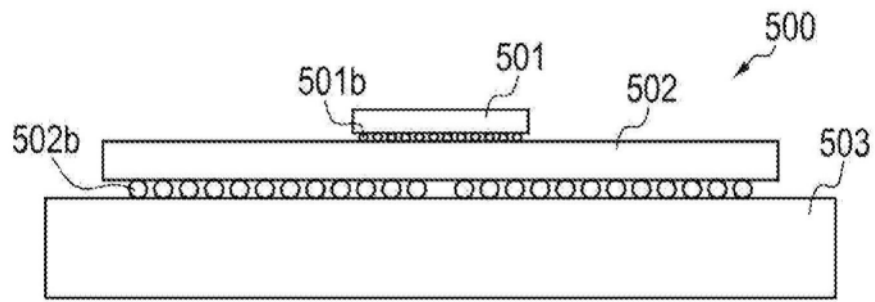


图35

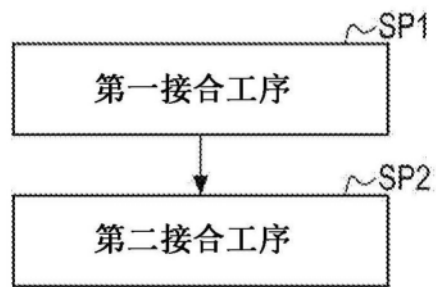


图36