



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118900742 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 05

(21) 申请号 202280094648.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2022.04.18

B23K 26/08 (2014.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.10.09

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/018063 2022.04.18

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/203613 JA 2023.10.26

(71) 申请人 雅马哈发动机株式会社

地址 日本

(72) 发明人 铃木芳邦

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

专利代理师 杨青 安翔

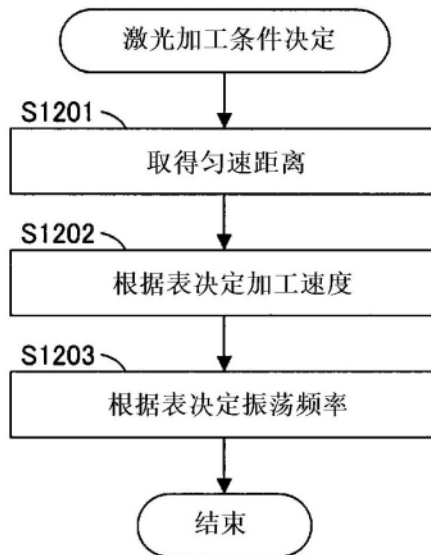
权利要求书3页 说明书34页 附图37页

## (54) 发明名称

激光加工装置、激光加工方法、激光加工程序、记录介质、半导体芯片制造方法和半导体芯片

## (57) 摘要

在X方向上,根据分割预定线(S)的长度来设定匀速区间(SC)的长度(匀速距离(Lsc)),并且根据匀速区间(SC)的长度(匀速距离(Lsc))来调整照射位置扫描中的加工速度(Vxd)(速度调整处理、步骤S1202)。因此,能够抑制加速期间(Ta)、匀速期间(Tsc)与减速期间(Td)的合计期间(扫描时间(t))。这样,在通过使激光(B)沿着半导体基板(W)的分割预定线(S)移动而对分割预定线(S)进行加工的激光加工技术中,能够效率地执行分割预定线(S)的加工。



1. 一种激光加工装置,具备:

支承构件,将具有相互平行的多条加工线的加工对象物支承成所述加工线与规定的加工方向平行;

加工头,具有发出激光的激光光源,并从所述激光光源向激光照射位置照射激光;

加工轴驱动部,通过在所述加工方向上对所述支承构件和所述加工头中的至少一方进行驱动,从而使所述激光照射位置相对于所述加工对象物在所述加工方向上相对移动;

控制部,执行如下的照射位置扫描:通过一边利用所述加工轴驱动部使所述激光照射位置相对于所述加工对象物在所述加工方向上从所述加工对象物的一侧的开始地点移动到所述加工对象物的与所述一侧相反的另一侧的结束地点,一边从所述加工头向沿着所述多条加工线中的一条对象线移动的所述激光照射位置照射激光,来对所述一条对象线进行加工,

在所述照射位置扫描中,在所述加工方向上包含所述对象线的匀速区间被设定在所述开始地点与所述结束地点之间,在所述激光照射位置从所述开始地点移动到所述匀速区间的所述一侧的端部的第一期间中,所述激光照射位置相对于所述加工对象物在所述加工方向上的速度从0上升至加工速度,贯穿所述激光照射位置从所述匀速区间的所述一侧的端部移动到所述另一侧的端部的第二期间,所述激光照射位置相对于所述加工对象物向所述加工方向以所述加工速度匀速移动,在从所述激光照射位置到达所述匀速区间的所述另一侧的端部起至到达所述结束地点为止的第三期间中,所述激光照射位置相对于所述加工对象物在所述加工方向上的速度从所述加工速度下降至0,

所述控制部执行如下的速度调整处理:在所述加工方向上根据所述对象线的长度来设定所述匀速区间的长度,并且根据所述匀速区间的长度来调整所述照射位置扫描中的所述加工速度。

2. 根据权利要求1所述的激光加工装置,其中,

所述控制部通过在所述多条加工线之间变更所述对象线并且反复进行所述照射位置扫描,从而执行多个照射位置扫描,并对所述多个照射位置扫描分别执行所述速度调整处理。

3. 根据权利要求1或2所述的激光加工装置,其中,

所述控制部执行如下的频率调整处理:根据所述照射位置扫描中的所述加工速度对在所述照射位置扫描中向沿着所述对象线移动的所述激光照射位置照射的所述激光的频率进行调整。

4. 根据权利要求3所述的激光加工装置,其中,

所述控制部通过在所述多条加工线之间变更所述对象线并且反复进行所述照射位置扫描,从而执行多个照射位置扫描,并对所述多个照射位置扫描分别执行所述频率调整处理。

5. 根据权利要求1所述的激光加工装置,其中,

所述控制部设定共同加工速度,并以该共同加工速度为所述加工速度执行所述多个照射位置扫描的每一个,所述共同加工速度是对于通过在所述多条加工线之间变更所述对象线并且反复进行所述照射位置扫描而执行的多个照射位置扫描而共同的所述加工速度,

在所述速度调整处理中,根据所述多个照射位置扫描各自的所述匀速区间的长度来调

整所述共同加工速度。

6. 根据权利要求5所述的激光加工装置, 其中,

所述控制部根据所述共同加工速度求出对于所述多个照射位置扫描而共同共同频率, 并在所述多个照射位置扫描的每一个中向所述激光照射位置照射所述共同频率的所述激光。

7. 根据权利要求6所述的激光加工装置, 其中,

所述激光加工装置还具备存储部, 该存储部存储针对所述加工对象物的多个尺寸分别表示所述尺寸、所述共同加工速度及所述共同频率之间的对应关系的对应关系信息,

所述控制部基于成为所述照射位置扫描的对象物的所述加工对象物的所述尺寸和所述对应关系信息, 调整所述共同加工速度和所述共同频率。

8. 根据权利要求7所述的激光加工装置, 其中,

所述对应关系信息将所述加工对象物的直径表示为所述尺寸, 并针对200mm的直径和300mm的直径分别表示所述尺寸、所述共同加工速度及所述共同频率之间的对应关系。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的激光加工装置, 其中,

在所述加工方向上, 所述匀速区间的两端与所述对象线的两端一致。

10. 一种激光加工方法, 包括:

利用支承构件将具有相互平行的多条加工线的加工对象物支承成所述加工线与规定的加工方向平行的工序; 及

执行照射位置扫描的工序, 在该照射位置扫描中, 通过一边利用加工轴驱动部使激光照射位置相对于所述加工对象物在所述加工方向上从所述加工对象物的一侧的开始地点移动到所述加工对象物的与所述一侧相反的另一侧的结束地点, 一边从加工头向沿着所述多条加工线中的一条对象线移动的所述激光照射位置照射激光, 来对所述一条对象线进行加工, 所述加工轴驱动部通过在所述加工方向上对具有发出激光的激光光源且从所述激光光源向所述激光照射位置照射激光的所述加工头和所述支承构件中的至少一方进行驱动, 从而使所述激光照射位置相对于所述加工对象物在所述加工方向上相对移动,

在所述照射位置扫描中, 在所述加工方向上包含所述对象线的匀速区间被设定在所述开始地点与所述结束地点之间, 在所述激光照射位置从所述开始地点移动到所述匀速区间的所述一侧的端部的第一期间中, 所述激光照射位置相对于所述加工对象物在所述加工方向上的速度从0上升至加工速度, 贯穿所述激光照射位置从所述匀速区间的所述一侧的端部移动到所述另一侧的端部的第二期间, 所述激光照射位置相对于所述加工对象物向所述加工方向以所述加工速度匀速移动, 在从所述激光照射位置到达所述匀速区间的所述另一侧的端部起至到达所述结束地点为止的第三期间中, 所述激光照射位置相对于所述加工对象物在所述加工方向上的速度从所述加工速度下降至0,

在所述加工方向上根据所述对象线的长度来设定所述匀速区间的长度, 并且根据所述匀速区间的长度来调整所述照射位置扫描中的所述加工速度。

11. 根据权利要求10所述的激光加工方法, 其中,

还设有设定共同加工速度的工序, 该共同加工速度是对于通过在所述多条加工线之间变更所述对象线并且反复进行所述照射位置扫描而执行的多个照射位置扫描而共同共同加工速度,

所述多个照射位置扫描分别以所述共同加工速度为所述加工速度执行所述多个照射位置扫描的每一个，

根据所述多个照射位置扫描各自的所述匀速区间的长度来调整所述共同加工速度。

12. 一种激光加工程序,使计算机执行权利要求10或11所述的激光加工方法。

13. 一种记录介质,以计算机可读的方式记录有权利要求12所述的激光加工程序。

14. 一种半导体芯片制造方法,包括:

通过权利要求10或11所述的激光加工方法对排列有由加工线划分的多个半导体芯片的半导体基板进行加工的工序;及

通过将利用粘合力保持通过所述激光加工方法加工后的半导体基板的带扩展而将所述多个半导体芯片分别分离的工序。

15. 一种半导体芯片,通过如下工序制造:

通过权利要求10或11所述的激光加工方法对排列有由加工线划分的多个半导体芯片的半导体基板进行加工的工序;及

通过将利用粘合力保持通过所述激光加工方法加工后的半导体基板的带扩展而将所述多个半导体芯片分别分离的工序。

## 激光加工装置、激光加工方法、激光加工程序、记录介质、半导体芯片制造方法和半导体芯片

### 技术领域

[0001] 本发明涉及通过对设置于加工对象物的加工线照射激光来对加工线进行加工的技术。

### 背景技术

[0002] 在专利文献1~3中记载了一种激光加工技术,通过一边向设置于半导体基板的分割预定线照射激光,一边使激光相对于半导体基板相对移动,由此对分割预定线进行加工。例如,如专利文献1所示,在该激光加工技术中,通过变更在去路和归路中被照射激光的分割预定线,并且使激光往返,由此对多条分割预定线依次执行加工。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特许第5804716号公报

[0006] 专利文献2:日本特开第5554593号公报

[0007] 专利文献3:日本特开第5037082号公报

### 发明内容

[0008] 发明所要解决的课题

[0009] 在上述那样的激光加工技术中,通过一边使向规定的激光照射位置照射激光的加工头的该激光照射位置相对于加工对象物(半导体基板)相对移动,一边向激光照射位置照射激光,由此对加工线进行加工。即,一边使激光从加工对象物的一侧向另一侧移动,一边向沿着加工对象物的加工线(分割预定线)移动的激光照射位置照射激光。此时,要求使激光相对于加工线以恒定的加工速度移动。因此,在从加工对象物的一侧朝向加工对象物开始移动的激光照射位置到达加工对象物之前,激光照射位置的速度从0加速至加工速度。另外,向另一侧通过了加工对象物的激光照射位置的速度从加工速度减速至0。

[0010] 然而,为了在短时间内完成使激光沿着加工线移动的加工,加工速度高是有利的。但是,如果加工速度高,则将激光照射位置从0加速至加工速度所需要的时间、将激光照射位置从加工速度减速至0所需要的时间变长。因此,由于加工速度不合适,所以有时加工线的加工会需要时间。

[0011] 本发明是鉴于上述课题而完成的,其目的在于提供一种技术,在通过使激光沿着加工对象物的加工线移动而对加工线进行加工的激光加工技术中,能够效率地执行加工线的加工。

[0012] 用于解决课题的技术方案

[0013] 本发明所涉及的激光加工装置具备:支承构件,将具有相互平行的多条加工线的加工对象物支承成加工线与规定的加工方向平行;加工头,具有发出激光的激光光源,并从激光光源向激光照射位置照射激光;加工轴驱动部,通过在加工方向上对支承构件和加工

头中的至少一方进行驱动,从而使激光照射位置相对于加工对象物在加工方向上相对移动;及控制部,执行如下的照射位置扫描:一边利用加工轴驱动部使激光照射位置相对于加工对象物在加工方向上从加工对象物的一侧的开始地点移动到加工对象物的与一侧相反的另一侧的结束地点,一边从加工头向沿着多条加工线中的一条对象线移动的激光照射位置照射激光,来对一条对象线进行加工,在照射位置扫描中,在加工方向上包含对象线的匀速区间被设定在开始地点与结束地点之间,在激光照射位置从开始地点移动到匀速区间的一侧的端部的第一期间中,激光照射位置相对于加工对象物在加工方向上的速度从0上升至加工速度,贯穿激光照射位置从匀速区间的一侧的端部移动到另一侧的端部的第二期间,激光照射位置相对于加工对象物向加工方向以加工速度匀速移动,在从激光照射位置到达匀速区间的另一侧的端部起至到达结束地点为止的第三期间中,激光照射位置相对于加工对象物在加工方向上的速度从加工速度下降至0,控制部执行如下的速度调整处理:在加工方向上根据对象线的长度来设定匀速区间的长度,并且根据匀速区间的长度来调整照射位置扫描中的加工速度。

[0014] 本发明所涉及的激光加工方法包括:利用支承构件将具有相互平行的多条加工线的加工对象物支承成加工线与规定的加工方向平行的工序;及执行照射位置扫描的工序,在该照射位置扫描中,通过一边利用加工轴驱动部使激光照射位置相对于加工对象物在加工方向上从加工对象物的一侧的开始地点移动到加工对象物的与一侧相反的另一侧的结束地点,一边从加工头向沿着多条加工线中的一条对象线移动的激光照射位置照射激光,来对一条对象线进行加工,所述加工轴驱动部通过在加工方向上对具有发出激光的激光光源且从激光光源向激光照射位置照射激光的加工头和支承构件中的至少一方进行驱动,从而使激光照射位置相对于加工对象物在加工方向上相对移动,在照射位置扫描中,在加工方向上包含对象线的匀速区间被设定在开始地点与结束地点之间,在激光照射位置从开始地点移动到匀速区间的一侧的端部的第一期间中,激光照射位置相对于加工对象物在加工方向上的速度从0上升至加工速度,贯穿激光照射位置从匀速区间的一侧的端部移动到另一侧的端部的第二期间,激光照射位置相对于加工对象物向加工方向以加工速度匀速移动,在从激光照射位置到达匀速区间的另一侧的端部起至到达结束地点为止的第三期间中,激光照射位置相对于加工对象物在加工方向上的速度从加工速度下降至0,在加工方向上根据对象线的长度来设定匀速区间的长度,并且根据匀速区间的长度来调整照射位置扫描中的加工速度。

[0015] 在这样构成的本发明(激光加工装置和激光加工方法)中,通过一边使激光照射位置相对于加工对象物在加工方向上从加工对象物的一侧的开始地点移动到另一侧的结束地点,一边从加工头向沿着多条加工线中的一条对象线移动的激光照射位置照射激光,来对一条对象线进行加工(照射位置扫描)。在该照射位置扫描中,在加工方向上包含对象线的匀速区间被设定在开始地点与结束地点之间。并且,在激光照射位置从开始地点移动到匀速区间的一侧的端部的第一期间中,激光照射位置相对于加工对象物在加工方向上的速度从0上升至加工速度。另外,贯穿激光照射位置从匀速区间的一侧的端部移动到另一侧的端部的第二期间,激光照射位置相对于加工对象物向加工方向以加工速度匀速移动。而且,在从激光照射位置到达匀速区间的另一侧的端部起至到达结束地点为止的第三期间中,激光照射位置相对于加工对象物在加工方向上的速度从加工速度下降至0。此时,在加工方向

上,根据对象线的长度来设定匀速区间的长度,并且根据匀速区间的长度来调整照射位置扫描中的加工速度(速度调整处理)。因此,能够抑制第一期间、第二期间与第三期间的合计期间。这样,在通过使激光沿着加工对象物的加工线移动而对加工线进行加工的激光加工技术中,能够效率地执行加工线的加工。

[0016] 另外,也可以将激光加工装置构成为,控制部通过在多条加工线之间变更对象线并且反复进行照射位置扫描,从而执行多个照射位置扫描,并对多个照射位置扫描分别执行速度调整处理。在该结构中,能够效率地执行多条加工线各自的加工,能够迅速地完成对加工对象物的加工。

[0017] 另外,也可以将激光加工装置构成为,控制部执行如下的频率调整处理:根据照射位置扫描中的加工速度对在照射位置扫描中向沿着对象线移动的激光照射位置照射的激光的频率进行调整。在该结构中,能够向加工线照射与调整后的加工速度相应的适当频率的激光,由此能够可靠地进行加工线的加工。

[0018] 另外,也可以将激光加工装置构成为,控制部通过在多条加工线之间变更对象线并且反复进行照射位置扫描,从而执行多个照射位置扫描,并对多个照射位置扫描分别执行频率调整处理。在该结构中,能够可靠地进行多条加工线各自的加工。

[0019] 另外,也可以将激光加工装置构成为,控制部设定共同加工速度,并以该共同加工速度为加工速度执行多个照射位置扫描的每一个,所述共同加工速度是对于通过在多条加工线之间变更对象线并且反复进行照射位置扫描而执行的多个照射位置扫描而共同的加工速度,在速度调整处理中,根据多个照射位置扫描各自的匀速区间的长度来调整共同加工速度。或者,也可以将激光加工方法构成为,还设有设定共同加工速度的工序,该共同加工速度是对于通过在多条加工线之间变更对象线并且反复进行照射位置扫描而执行的多个照射位置扫描而共同的加工速度,多个照射位置扫描分别以共同加工速度为加工速度执行多个照射位置扫描的每一个,根据多个照射位置扫描各自的匀速区间的长度来调整共同加工速度。在该结构中,无需在多条加工线之间切换加工速度而能够效率地执行对该多条加工线的加工,能够迅速地完成对加工对象物的加工。

[0020] 另外,也可以将激光加工装置构成为,控制部根据共同加工速度求出对于多个照射位置扫描而共同/common频率,并在多个照射位置扫描的每一个中向激光照射位置照射共同频率的激光。在该结构中,无需在多条加工线之间切换激光的频率,能够排除频率的切换所需要的时间针对加工对象物的加工的完成造成的影响。

[0021] 另外,也可以将激光加工装置构成为,还具备存储部,该存储部存储针对加工对象物的多个尺寸分别表示尺寸、共同加工速度及共同频率之间的对应关系的对应关系信息,控制部基于成为照射位置扫描的对象/的对象的加工对象物的尺寸和对应关系信息,调整共同加工速度和共同频率。在该结构中,通过参照对应关系信息,能够简便地调整共同加工速度和共同频率。

[0022] 具体而言,也可以将激光加工装置构成为,对应关系信息将加工对象物的直径表示为尺寸,并针对200mm的直径和300mm的直径分别表示尺寸、共同加工速度及共同频率之间的对应关系。

[0023] 另外,设想各种针对对象线设定匀速区间的设定方式。总之,只要在加工方向上匀速区间包含对象线即可。因此,在加工方向上,匀速区间的两端也可以与对象线的两端一

致。

[0024] 本发明所涉及的激光加工程序使计算机执行上述的激光加工方法。

[0025] 本发明所涉及的记录介质以计算机可读的方式记录有上述的激光加工程序。

[0026] 本发明所涉及的半导体芯片制造方法包括:通过上述的激光加工方法对排列有由加工线划分的多个半导体芯片的半导体基板进行加工的工序;及通过将利用粘合力保持通过激光加工方法加工后的半导体基板的带扩展而将多个半导体芯片分别分离的工序。

[0027] 本发明所涉及的半导体芯片通过如下工序制造:通过上述的激光加工方法对排列有由加工线划分的多个半导体芯片的半导体基板进行加工的工序;及通过将利用粘合力保持通过激光加工方法加工后的半导体基板的带扩展而将多个半导体芯片分别分离的工序。

[0028] 发明效果

[0029] 根据本发明,在通过使激光沿着加工对象物的加工线移动而对加工线进行加工的激光加工技术中,能够效率地执行加工线的加工。

## 附图说明

[0030] 图1是示意性地表示本发明所涉及的激光加工装置的一例的主视图。

[0031] 图2是示意性地表示图1的激光加工装置的俯视图。

[0032] 图3是表示图1的激光加工装置所具备的电结构的框图。

[0033] 图4是表示生产已执行激光加工的激光加工基板的方法的一例的流程图。

[0034] 图5是表示环形框架的取出的一例的流程图。

[0035] 图6是表示环形框架的移栽的一例的流程图。

[0036] 图7A是示意性地表示按照图5和图6的流程图执行的动作的一例的俯视图。

[0037] 图7B是示意性地表示按照图5和图6的流程图执行的动作的一例的俯视图。

[0038] 图7C是示意性地表示按照图5和图6的流程图执行的动作的一例的俯视图。

[0039] 图7D是示意性地表示按照图5和图6的流程图执行的动作的一例的俯视图。

[0040] 图7E是示意性地表示按照图5和图6的流程图执行的动作的一例的俯视图。

[0041] 图8是表示环形框架的收纳的一例的流程图。

[0042] 图9是表示环形框架对准的一例的流程图。

[0043] 图10是示意性地表示在环形框架对准中执行的动作的一例的俯视图。

[0044] 图11是表示基板加工的一例的流程图。

[0045] 图12是示意性地表示按照图11的流程图执行的动作的一例的俯视图。

[0046] 图13A是表示校准的一例的流程图。

[0047] 图13B是表示在图13A的校准中执行的工作台平面确定的一例的流程图。

[0048] 图13C是表示在图13A的校准中执行的基板平面确定的一例的流程图。

[0049] 图14是表示对各分割预定线的线加工处理的基本工序的流程图。

[0050] 图15A是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第一例的图。

[0051] 图15B是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第二例的图。

[0052] 图15C是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第三例的图。

[0053] 图15D是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第四例的图。

[0054] 图15E是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第五例的图。

- [0055] 图15F是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第六例的图。
- [0056] 图15G是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第七例的图。
- [0057] 图16是表示对各分割预定线的线加工处理的第一应用例的流程图。
- [0058] 图17是示意性地表示按照图16的流程图执行的动作的一例的图。
- [0059] 图18是表示对各分割预定线的线加工处理的第二应用例的流程图。
- [0060] 图19A是示意性地表示按照图18的流程图执行的动作的第一例的图。
- [0061] 图19B是示意性地表示按照图18的流程图执行的动作的第二例的图。
- [0062] 图20是示意性地表示在图16的步骤S1008或图18的步骤S1104中取得的半导体基板的图像的一例的图。
- [0063] 图21是表示线加工处理中的激光加工条件的决定方法的一例的流程图。
- [0064] 图22A是表示与激光加工条件的决定相关的参数的图。
- [0065] 图22B是表示激光加工条件的时间影响的图。
- [0066] 图22C是表示在图21的激光加工条件的决定中参照的表的一例的图。
- [0067] 图23是表示以半导体基板为单位的激光加工条件的决定方法的一例的流程图。
- [0068] 图24是表示在图23的激光加工条件的决定中参照的表的一例的图。
- [0069] 图25是表示根据基板尺寸设定通过图23的激光加工条件方法预先求出的加工条件的激光加工条件设定的一例的流程图。
- [0070] 图26是示意性地表示在图25的流程图中使用的对应关系表的图。

## 具体实施方式

[0071] 图1是示意性地表示本发明所涉及的激光加工装置的一例的主视图,图2是示意性地表示图1的激光加工装置的俯视图。在两图和以下的图中,适当地示出作为水平方向的X方向、作为与X方向正交的水平方向的Y方向和作为铅垂方向的Z方向。而且,适当地示出X方向的(+X)侧(图2纸面的右侧)和X方向的与(+X)侧相反的(-X)侧(图2纸面的左侧),并且适当地示出Y方向的(+Y)侧(图2纸面的上侧)和Y方向的与(+Y)侧相反的(-Y)侧(图2纸面的下侧)。

[0072] 激光加工装置1通过对半导体基板W(加工对象物)照射激光来对半导体基板W进行加工。该半导体基板W经由带E被环形框架Fr保持。带E是切割带或接合带,带E的表面(上表面)具有粘合性。环形框架Fr具有切去正八边形的一部分而设有狭缝Fs的外形,在环形框架Fr的中央设有圆形的开口Fo。带E的表面以与开口Fo的整体重叠的方式从下侧与环形框架Fr相对,带E的表面的周缘通过粘合力粘贴于环形框架Fr的底面。另外,半导体基板W通过粘合力粘贴于带E的表面。这样,半导体基板W在经由带E被环形框架Fr保持的状态下,在激光加工装置1内被搬运。另外,半导体基板W具有表面和与该表面相反的背面,在半导体基板W的表面形成有电子电路,另一方面,半导体基板W的背面是平坦的。并且,半导体基板W的表面朝向下侧,粘贴于带E的表面。即,半导体基板W以半导体基板W的背面朝向上侧的状态被保持。

[0073] 激光加工装置1具备:基板收容部2,收容半导体基板W;及卡盘工作台3(支承构件),保持从基板收容部2取出的半导体基板W。激光加工装置1具备平板形状的底板11,基板收容部2和卡盘工作台3由底板11支承。在X方向上,卡盘工作台3配置于基板收容部2的(+X)

侧,在Y方向上,卡盘工作台3配置于基板收容部2的(-Y)侧。并且,在X方向上处于卡盘工作台3的(-X)侧且在Y方向上处于基板收容部2的(-Y)侧的空间成为基板交接区域Aw。

[0074] 基板收容部2具有基板收容盒21。基板收容盒21具有设置于X方向的两侧的一对侧壁22和设置在侧壁22之间的开口23,开口23朝向(-Y)侧(即,基板交接区域Aw侧)。一对侧壁22是相对于X方向垂直地设置的平板,并且在X方向上彼此相对。另外,在一对侧壁22各自的内侧设有支承突起24。这样,在X方向上相对的一对支承突起24彼此被设置于相同的高度。并且,能够经由开口23从(-Y)侧向一对支承突起24的上侧插入保持半导体基板W的环形框架Fr。这样插入的环形框架Fr的X方向的两端由一对支承突起24从下侧支承。即,一对支承突起24的上侧作为收容环形框架Fr的插槽25发挥功能,经由开口23从(-Y)侧插入到插槽25的环形框架Fr由与该插槽25对应的一对支承突起24支承。因此,通过将环形框架Fr插入于基板收容盒21的插槽25,能够将支承于环形框架Fr的半导体基板W收容于基板收容盒21,通过从基板收容盒21的插槽25拉出环形框架Fr,能够从基板收容盒21取出半导体基板W。

[0075] 另外,基板收容部2具有:Z轴滑动件26,支承基板收容盒21;及Z轴驱动机构27,在Z方向上驱动Z轴滑动件26。Z轴驱动机构27是安装于底板11的单轴机器人,并且具有:Z轴驱动传递部271,将Z轴滑动件26以能够在Z方向上移动的方式进行支承;及Z轴盒马达272,在Z方向上驱动支承于Z轴驱动传递部271的Z轴滑动件26。Z轴驱动传递部271具有由Z轴盒马达272驱动的滚珠丝杠,在该滚珠丝杠的螺母安装有Z轴滑动件26。但是,Z轴驱动机构27的具体结构并不限于该例,例如也可以是线性马达。该Z轴驱动机构27通过利用Z轴盒马达272驱动支承于Z轴驱动传递部271的Z轴滑动件26,从而使支承于Z轴滑动件26的基板收容盒21在Z方向上移动。

[0076] 针对基板收容盒21,设置有基板插入高度211,能够对位于基板插入高度211的插槽25执行半导体基板W的插入和拉出。因此,通过利用Z轴驱动机构27使基板收容盒21在Z方向上移动,变更多个插槽25中的位于基板插入高度211的插槽25,由此能够变更执行半导体基板W的插入和拉出的插槽25。

[0077] 对此,激光加工装置1具备在基板插入高度211的插槽25与基板交接区域Aw之间沿Y方向搬运环形框架Fr的Y轴搬运机构4。Y轴搬运机构4具有:提起手41;Y轴滑动件43,支承提起手41;及Y轴驱动机构45,在Y方向上驱动Y轴滑动件43。Y轴驱动机构45是通过未图示的框架安装于底板11的单轴机器人,并且具有:Y轴驱动传递部451,将Y轴滑动件43以能够在Y方向上移动的方式进行支承;及Y轴提起手马达452,在Y方向上驱动支承于Y轴驱动传递部451的Y轴滑动件43。Y轴驱动传递部451具有由Y轴提起手马达452驱动的滚珠丝杠,在该滚珠丝杠的螺母安装有Y轴滑动件43。但是,Y轴驱动机构45的具体结构并不限于该例,例如也可以是线性马达。该Y轴驱动机构45通过利用Y轴提起手马达452驱动由Y轴驱动传递部451支承的Y轴滑动件43,从而使支承于Y轴滑动件43的提起手41在Y方向上移动。

[0078] 提起手41具有:基座部411,支承于Y轴滑动件43;及叉412,从基座部411向(+Y)侧突出。叉412位于基板插入高度211,能够从下侧保持环形框架Fr。如后所述,Y轴搬运机构4通过利用Y轴驱动机构45在Y方向上驱动提起手41,从而使保持于提起手41的叉412的环形框架Fr在基板收容盒21与基板交接区域Aw之间移动。

[0079] 另外,激光加工装置1具备在位于基板交接区域Aw的提起手41与卡盘工作台3之间沿X方向搬运环形框架Fr的XZ轴搬运机构5。XZ轴搬运机构5具有:吸附手51;X轴滑动件53,

支承吸附手51;及X轴驱动部55,在X方向上驱动X轴滑动件53。X轴驱动部55是通过附图示的框架安装于底板11的单轴机器人,并且具有:X轴驱动传递部551,将X轴滑动件53以能够在X方向上移动的方式进行支承;及X轴吸附手马达552,在X方向上驱动支承于X轴驱动传递部551的X轴滑动件53。X轴驱动传递部551具有由X轴吸附手马达552驱动的滚珠丝杠,在该滚珠丝杠的螺母安装有X轴滑动件53。但是,X轴驱动部55的具体结构并不限于该例,例如也可以是线性马达。该X轴驱动部55通过利用X轴吸附手马达552驱动支承于X轴驱动传递部551的X轴滑动件53,从而使支承于X轴滑动件53的吸附手51在X方向上移动。

[0080] 另外,XZ轴搬运机构5具有:Z轴滑动件56,安装于吸附手51;及Z轴驱动部58,相对于X轴滑动件53在Z方向上驱动Z轴滑动件56。即,吸附手51经由Z轴滑动件56和Z轴驱动部58被X轴滑动件53支承。Z轴驱动部58是安装于X轴滑动件53的单轴机器人,并且具有:Z轴驱动传递部581,将Z轴滑动件56以能够在Z方向上移动的方式进行支承;及Z轴吸附手马达582,在Z方向上驱动支承于Z轴驱动传递部581的Z轴滑动件56。Z轴驱动传递部581具有由Z轴吸附手马达582驱动的滚珠丝杠,在该滚珠丝杠的螺母安装有Z轴滑动件56。但是,Z轴驱动部58的具体结构并不限于该例,例如也可以是线性马达。Z轴滑动件56从Z轴驱动部58延伸设置到X轴驱动传递部551的下侧,在Z轴滑动件56的下端安装有吸附手51。该Z轴驱动部58通过利用Z轴吸附手马达582驱动支承于Z轴驱动传递部581的Z轴滑动件56,从而使支承于Z轴滑动件56的吸附手51在Z方向上移动。

[0081] 吸附手51具有:基座部511,支承于Z轴滑动件56;及环状吸附构件512,从基座部511向(+Y)侧突出。环状吸附构件512具有圆环形状,在环状吸附构件512的底面513开口有多个吸附孔。通过一边使该环状吸附构件512的底面513从上侧抵接于环形框架Fr,一边利用在该底面513的各吸附孔产生的负压来吸引环形框架Fr,由此能够利用吸附手51从上侧保持环形框架Fr。如后所述,XZ轴搬运机构5通过利用X轴驱动部55在X方向上驱动吸附手51,并且利用Z轴驱动部58在Z方向上驱动吸附手51,从而使保持于吸附手51的环状吸附构件512的环形框架Fr在基板交接区域Aw与卡盘工作台3之间移动。

[0082] 卡盘工作台3具有吸附板31,在该吸附板31上载置经由带E支承半导体基板W的环形框架Fr。吸附板31具有圆形,在吸附板31的上表面311开口有多个吸附孔。并且,通过利用在吸附板31的上表面311的各吸附孔产生的负压吸引与该上表面311接触的带E,能够将带E固定于吸附板31。而且,卡盘工作台3还具有设置于吸附板31的周缘的多个夹紧件32。该卡盘工作台3使夹紧件32从上侧与载置于吸附板31的环形框架Fr相对,通过在夹紧件32与吸附板31之间夹入环形框架Fr,由此将环形框架Fr固定于吸附板31。另外,卡盘工作台3通过使夹紧件32从环形框架Fr向侧方退避,由此解除环形框架Fr向吸附板31的固定。

[0083] 这样,卡盘工作台3通过吸附板31对带E的吸引和夹紧件32对环形框架Fr的固定,来保持经由带E支承于环形框架Fr的半导体基板W。通过像这样并用夹紧件32,与仅通过吸附板31对带E的吸引来保持半导体基板W的情况相比,能够以弱的吸引力执行带E向吸附板31的吸引,由此能够缓和带E的吸引对半导体基板W造成的影响。

[0084] 另外,激光加工装置1具备支承卡盘工作台3的XY $\theta$ 驱动工作台6。XY $\theta$ 驱动工作台6配置在底板11上,相对于底板11在X方向、Y方向和 $\theta$ 方向上驱动卡盘工作台3。在此, $\theta$ 方向是与Z方向平行的旋转轴为中心的旋转方向。即,XY $\theta$ 驱动工作台6具有:Y轴引导件61,与Y方向平行地安装于底板11;Y轴滑动件62,由Y轴引导件61以能够在Y方向上移动的方式进行支

承;及Y轴驱动部63,在Y方向上驱动Y轴滑动件62。Y轴驱动部63是安装于底板11的单轴机器人,并且具有:Y轴驱动传递部631,将Y轴滑动件62以能够在Y方向上移动的方式进行支承;及Y轴工作台马达632,在Y方向上驱动支承于Y轴驱动传递部631的Y轴滑动件62。Y轴驱动传递部631具有由Y轴工作台马达632驱动的滚珠丝杠,在该滚珠丝杠的螺母安装有Y轴滑动件62。但是,Y轴驱动部63的具体结构并不限于该例,例如也可以是线性马达。

[0085] 另外,XY $\theta$ 驱动工作台6具有:X轴滑动件64;及X轴驱动部65,相对于Y轴滑动件62在X方向上驱动X轴滑动件64。X轴驱动部65是安装于Y轴滑动件62的单轴机器人,并且具有:X轴驱动传递部651,将X轴滑动件64以能够在X方向上移动的方式进行支承;及X轴工作台马达652,在X方向上驱动支承于X轴驱动传递部651的X轴滑动件64。X轴驱动传递部651具有由X轴工作台马达652驱动的滚珠丝杠,在该滚珠丝杠的螺母安装有X轴滑动件64。但是,X轴驱动部65的具体结构并不限于该例,例如也可以是线性马达。

[0086] 而且,XY $\theta$ 驱动工作台6具有安装于X轴滑动件64的 $\theta$ 轴工作台马达66。该 $\theta$ 轴工作台马达66相对于X轴滑动件64在 $\theta$ 方向上驱动卡盘工作台3。

[0087] 这样的XY $\theta$ 驱动工作台6能够利用Y轴工作台马达632在Y方向上驱动卡盘工作台3,利用X轴工作台马达652在X方向上驱动卡盘工作台3,并且利用 $\theta$ 轴工作台马达66在 $\theta$ 方向上驱动卡盘工作台3。

[0088] 另外,激光加工装置1具备对保持于卡盘工作台3的半导体基板W执行激光加工的激光加工部7。激光加工部7具有从上侧与保持于卡盘工作台3的半导体基板W相对的加工头71。加工头71具有:激光光源72,产生规定的振动频率的激光B;及光学系统73(透镜和光圈等),将从激光光源72射出的激光B向半导体基板W照射。该加工头71具有规定的激光照射位置Lb,并从Z方向的上侧与该激光照射位置Lb相对。并且,加工头71通过利用光学系统73将从激光光源72射出的激光B聚光于激光照射位置Lb,从而在半导体基板W中的与激光照射位置Lb重叠的部分形成改性层。

[0089] 另外,激光加工部7具有:Z轴滑动件78,支承加工头71;及Z轴驱动部79,在Z方向上驱动Z轴滑动件78。Z轴驱动部79是安装于底板的单轴机器人,并且具有:Z轴驱动传递部791,将Z轴滑动件78以能够在Z方向上移动的方式进行支承;及Z轴头马达792,在Z方向上驱动支承于Z轴驱动传递部791的Z轴滑动件78。Z轴驱动传递部791具有由Z轴头马达792驱动的滚珠丝杠,在该滚珠丝杠的螺母安装有Z轴滑动件78。但是,Z轴驱动部79的具体结构并不限于该例,例如也可以是线性马达。该Z轴驱动部79通过利用Z轴头马达792驱动支承于Z轴驱动传递部791的Z轴滑动件78,从而使支承于Z轴滑动件78的加工头71在Z方向上移动,使红外线相机81的激光照射位置Lb在Z方向上移动。

[0090] 另外,激光加工装置1具备对保持于卡盘工作台3的半导体基板W进行拍摄的拍摄部8。特别是,设置有以在X方向上隔着激光加工部7的方式配置的两台拍摄部8。在区分这两台拍摄部8时,将激光加工部7的(+X)侧的拍摄部8称为拍摄部8A,将激光加工部7的(-X)侧的拍摄部8称为拍摄部8B。这样,拍摄部8A、激光加工部7和拍摄部8B在X方向上排列。另外,拍摄部8A和拍摄部8B各自的基本结构相同。因此,对在拍摄部8A、8B中相同的结构不进行区分地进行说明。

[0091] 拍摄部8具有从上侧与保持于卡盘工作台3的半导体基板W相对的红外线相机81。该红外线相机81具有规定的拍摄范围Ri(换言之,视场),并从Z方向的上侧与该拍摄范围Ri

相对。并且,红外线相机81通过检测从拍摄范围Ri射出的红外线来对拍摄范围Ri进行拍摄,取得拍摄范围Ri的图像。

[0092] 另外,拍摄部8具有:Z轴滑动件88,支承红外线相机81;及Z轴驱动部89,在Z方向上驱动Z轴滑动件88。Z轴驱动部89是安装于底板的单轴机器人,并且具有:Z轴驱动传递部891,将Z轴滑动件88以能够在Z方向上移动的方式进行支承;及Z轴相机马达892,在Z方向上驱动支承于Z轴驱动传递部891的Z轴滑动件88。Z轴驱动传递部891具有由Z轴相机马达892驱动的滚珠丝杠,在该滚珠丝杠的螺母安装有Z轴滑动件88。但是,Z轴驱动部89的具体结构并不限于该例,例如也可以是线性马达。该Z轴驱动部89通过利用Z轴相机马达892驱动支承于Z轴驱动传递部891的Z轴滑动件88,从而使支承于Z轴滑动件88的红外线相机81在Z方向上移动,使红外线相机81的拍摄范围Ri在Z方向上移动。

[0093] 另外,拍摄部8A的红外线相机81和拍摄部8B的红外线相机81具有互不相同的分辨率。具体而言,拍摄部8A的红外线相机81具有比拍摄部8B的红外线相机81高的分辨率,换言之,具有窄的视场。但是,在拍摄部8A和拍摄部8B中,红外线相机81的分辨率不需要不同,这些红外线相机81也可以具有相同的分辨率。另外,在这里的例子中,拍摄部8A的拍摄范围Ri、加工头71的激光照射位置Lb和拍摄部8B的拍摄范围Ri各自的中心与X方向平行地排列。但是,它们不一定要与X方向平行,只要相对于加工头71的激光照射位置Lb,拍摄部8A的拍摄范围Ri位于(+X)侧,拍摄部8B的拍摄范围Ri位于(-X)侧即可。

[0094] 图3是表示图1的激光加工装置所具备的电结构的框图。如图3所示,激光加工装置1具备对图1和图2所示的结构进行控制的控制部100。控制部100在激光加工装置1内具有:处理控制运算部110,负责与半导体基板W的搬运相关的基板搬运系统(基板收容部2、Y轴搬运机构4和XZ轴搬运机构5)的控制;及激光加工控制运算部120,负责与对半导体基板W的激光加工相关的激光加工系统(卡盘工作台3、XY $\theta$ 驱动工作台6、激光加工部7和拍摄部8)的控制。

[0095] 另外,控制部100具有根据来自处理控制运算部110的指令对半导体基板W相对于基板收容盒21的插脱动作进行控制的盒控制部111。该盒控制部111通过控制Z轴盒马达272来调整基板收容盒21的Z方向的位置,并且通过控制Y轴提起手马达452来调整提起手41的Y方向的位置。

[0096] 而且,控制部100还具有根据来自处理控制运算部110的指令对由吸附手51进行的半导体基板W的搬运动作进行控制的手控制部112。手控制部112通过控制X轴吸附手马达552来调整吸附手51的X方向的位置,手控制部112通过控制Z轴吸附手马达582来调整吸附手51的Z方向的位置。而且,手控制部112还对抽吸泵591进行控制,该抽吸泵591对在吸附手51的环状吸附构件512的底面513开口的吸附孔进行抽吸。即,手控制部112通过利用抽吸泵591向吸附孔供给负压而由吸附手51吸附环形框架Fr,通过停止由抽吸泵591向吸附孔供给负压而使环形框架Fr离开吸附手51。

[0097] 另外,控制部100具有根据来自激光加工控制运算部120的指令对由卡盘工作台3进行的基板固定动作和卡盘工作台3的驱动进行控制的工作台控制部121。工作台控制部121通过分别控制X轴工作台马达652、Y轴工作台马达632和 $\theta$ 轴工作台马达66,来调整卡盘工作台3在X方向、Y方向和 $\theta$ 方向上的位置。而且,工作台控制部121通过对驱动夹紧件32的夹紧件驱动部691进行控制,执行由夹紧件驱动部691进行的环形框架Fr向吸附板31的固

定、该固定的解除。而且,工作台控制部121对抽吸泵692进行控制,该抽吸泵692对在吸附板31的上表面311开口的吸附孔进行抽吸。即,工作台控制部121通过利用抽吸泵692向吸附孔供给负压而由吸附板31吸附带E,通过停止由抽吸泵692向吸附孔供给负压而解除吸附板31对带E的吸附。

[0098] 另外,控制部100具有控制拍摄部8A的相机控制部122A和控制拍摄部8B的相机控制部122B。这些手控制部112A、112B对作为各自的对象的拍摄部8A、8B的红外线相机81和Z轴相机马达892执行以下的控制。即,相机控制部122A、122B分别使红外线相机81对半导体基板W进行拍摄而取得半导体基板W的图像,通过利用Z轴相机马达892在Z方向上驱动红外线相机81,由此在Z方向上调整从红外线相机81到半导体基板W的距离。

[0099] 而且,控制部100还具有控制激光加工部7的加工头控制部123。加工头控制部123驱动激光光源72,使激光B从激光光源72射出,通过利用Z轴头马达792在Z方向上驱动加工头71,由此在Z方向上调整从加工头71到半导体基板W的距离。另外,加工头71具有检测距半导体基板W的高度(Z方向上的距离)的高度检测部74。该高度检测部74是所谓的距离传感器。而且,加工头71的光学系统73还具有焦点调整机构75。焦点调整机构75通过使光学系统73的焦点在Z方向上位移来调整会聚激光B的位置。特别是,加工头控制部123通过基于高度检测部74检测出的从半导体基板W到加工头71的高度来控制焦点调整机构75,由此将激光B聚光于半导体基板W的内部的规定位置。

[0100] 此外,上述的控制部100的各功能可以通过CPU(Central Processing Unit:中央处理单元)这样的处理器、FPGA(Field Programable Gate Array:现场可编程门阵列)等实现。

[0101] 而且,控制部100还具有HDD(Hard Disk Drive:硬盘驱动器)或SDD(Solid State Drive:固态存储器)这样的作为存储装置的存储部190。在该存储部190保存有激光加工程序191,该激光加工程序191规定为了进行半导体基板W的激光加工而由激光加工装置1执行的后述的动作。即,控制部100通过执行激光加工程序191来执行使用图4~图22C后述的各控制。另外,激光加工程序191由激光加工装置1的外部的记录介质192提供,控制部100(计算机)读出记录在记录介质192中的激光加工程序191并保存于存储部190。作为该记录介质192,例如可举出USB(Universal Serial Bus:通用串行总线)存储器、外部的计算机的存储装置等。

[0102] 图4是表示生产已执行激光加工的激光加工基板的方法的一例的流程图。图4的流程图按照基于激光加工程序191的控制部100的控制来执行。在步骤S101中,提起手41将环形框架Fr从基板收容盒21取出到基板交接区域Aw,在步骤S102中,基板交接区域Aw的吸附手51将环形框架Fr从提起手41移载到卡盘工作台3。由此,保持于环形框架Fr的半导体基板W在从基板收容盒21取出到基板交接区域Aw后,从基板交接区域Aw移载到卡盘工作台3。具体而言,在步骤S101中,执行图5的环形框架的取出,在步骤S102中,执行图6的环形框架的移载。

[0103] 图5是表示环形框架的取出的一例的流程图,图6是表示环形框架的移载的一例的流程图,图7A~图7E是示意性地表示按照图5和图6的流程图执行的动作的一例的俯视图。

[0104] 在图5的步骤S201中,控制部100确认提起手41是否为空,即确认在提起手41是否载置有环形框架Fr。提起手41是否为空的确认例如能够基于使提起手41执行的动作的履历

等来执行。在提起手41不为空的情况(在步骤S201中为“否”的情况)下,结束图5的流程图,另一方面,在提起手41为空的情况(在步骤S201中为“是”的情况)下,进入步骤S201。

[0105] 在步骤S202中,控制部100确认提起手41的至少一部分是否位于基板收容盒21内,换言之,确认是否位于比基板收容盒21的开口23靠基板收容盒21的内侧(即,(+Y)侧)处。提起手41的一部分是否位于基板收容盒21内的确认例如能够基于在Y方向上驱动提起手41的Y轴提起手马达452的编码器的输出所表示的提起手41的位置来执行。在提起手41从基板收容盒21退避到(-Y)侧的情况(在步骤S202中为“否”的情况)下,不执行步骤S203而进入步骤S204,另一方面,在提起手41的一部分位于基板收容盒21内的情况(在步骤S202中为“是”的情况)下,进入步骤S203。在步骤S203中,控制部100通过利用Y轴提起手马达452将提起手41向(-Y)侧驱动,从而将提起手41从基板收容盒21向(-Y)侧拉出,使其退避到基板收容盒21的(-Y)侧。

[0106] 在步骤S204中,控制部100通过利用Z轴盒马达272在Z方向上驱动基板收容盒21,由此将收容作为取出对象的环形框架Fr的插槽25定位在比基板插入高度211高规定高度的位置。该规定高度比在Z方向上相邻的插槽25的间隔短。由此,作为取出对象的环形框架Fr的底面被调整到比提起手41高规定高度的位置。

[0107] 在步骤S205中,如图7A所示,控制部100通过利用Y轴提起手马达452将提起手41向(+Y)侧驱动,从而将提起手41插入到基板收容盒21的内侧。由此,提起手41从下侧隔开间隙地与作为取出对象的环形框架Fr相对。

[0108] 在步骤S206中,控制部100利用Z轴盒马达272使基板收容盒21在Z方向上下降。由此,成为取出对象的环形框架Fr被载置在提起手41上,并且相对于插槽25(即,界定插槽25的一对支承突起24)上升。

[0109] 在步骤S207中,控制部100通过利用Y轴提起手马达452将提起手41向(-Y)侧驱动,由此将提起手41拉出到设置于基板收容盒21的外侧的基板交接区域Aw。由此,如图7B所示,载置于提起手41的环形框架Fr位于基板交接区域Aw。

[0110] 在图6的步骤S301中,如图7C所示,控制部100通过利用X轴吸附手马达552调整吸附手51的X方向的位置,由此使吸附手51从上侧与在基板交接区域Aw支承于提起手41的环形框架Fr相对。此时,控制部100通过利用Z轴吸附手马达582调整吸附手51的高度,由此将吸附手51调整到比环形框架Fr高的位置。因此,吸附手51相对于环形框架Fr隔开间隔地相对。

[0111] 在步骤S302中,控制部100利用Z轴驱动传递部581使与环形框架Fr相对的吸附手51下降,从而使吸附手51的底面513与环形框架Fr的上表面抵接。在步骤S303中,控制部100利用抽吸泵591使设置于吸附手51的底面513的吸附孔产生负压,吸附手51利用该负压吸附环形框架Fr。这样,由吸附手51保持环形框架Fr。在步骤S304中,控制部100利用Z轴吸附手马达582使吸附手51上升。由此,吸附手51从提起手41抬起环形框架Fr。

[0112] 在步骤S305中,如图7D所示,控制部100通过利用X轴吸附手马达552将吸附手51向(+X)侧驱动,由此使吸附手51从上侧与作为环形框架Fr的移载目的地的卡盘工作台3相对。此时,控制部100通过利用Z轴吸附手马达582调整吸附手51的高度,由此将保持于吸附手51的环形框架Fr调整到比卡盘工作台3高的位置。因此,保持于吸附手51的环形框架Fr相对于卡盘工作台3隔开间隔地相对。

[0113] 在步骤S306中,控制部100通过利用Z轴吸附手马达582使吸附手51下降,由此将由吸附手51保持的环形框架Fr(和带E)载置于卡盘工作台3的吸附板31。在步骤S307中,控制部100使抽吸泵591停止,由此解除吸附手51对环形框架Fr的吸附。

[0114] 在步骤S308中,控制部100确认环形框架Fr的移载目的地是否为卡盘工作台3。例如,在如后述的步骤S104那样环形框架Fr的移载目的地为提起手41的情况下,在步骤S308中判断为“否”,图6的流程图结束。在此,由于环形框架Fr的移载目的地为卡盘工作台3,因此在步骤S308中判断为“是”,进入步骤S309。

[0115] 在步骤S309中,控制部100通过利用夹紧件驱动部691驱动夹紧件32,将载置于卡盘工作台3的吸附板31的环形框架Fr夹入夹紧件32与吸附板31之间,由此夹紧环形框架Fr。另外,在步骤S310中,控制部100利用抽吸泵692使设置于吸附板31的上表面311的吸附孔产生负压,吸附板31利用该负压吸附粘贴于环形框架Fr的带E。这样,由卡盘工作台3保持环形框架Fr。在步骤S311中,控制部100利用Z轴吸附手马达582使吸附手51上升。由此,吸附手51从保持于卡盘工作台3的环形框架Fr向上方退避。这样,如图7E所示,环形框架Fr从基板收容盒21向卡盘工作台3的移载完成(图4的步骤S101、S102)。

[0116] 在图4的步骤S103中,执行利用激光B对保持于卡盘工作台3的半导体基板W进行加工的基板加工,对设置于半导体基板W的多条分割预定线照射激光B。该基板加工的详细情况将在后面叙述。

[0117] 当基板处理完成时,执行步骤S104、S105。在步骤S104中,吸附手51从卡盘工作台3向基板交接区域Aw的提起手41移载环形框架Fr,在步骤S105中,提起手41从基板交接区域Aw向基板收容盒21收纳环形框架Fr。由此,保持于环形框架Fr的半导体基板W在从卡盘工作台3移载到基板交接区域Aw后,从基板交接区域Aw收纳到基板收容盒21。具体而言,在步骤S104中,执行图6的环形框架的移载,在步骤S105中,执行图8的环形框架的收纳,执行与上述图7A~图7E相反的动作。在此,图8是表示环形框架的收纳的一例的流程图。

[0118] 在步骤S104中执行的图6的动作与在步骤S102中执行的图6的上述动作相同,所以这里以与上述动作的差异为中心进行说明,对于共同的动作适当省略说明。在图6的步骤S301中,控制部100通过利用X轴吸附手马达552调整吸附手51的X方向的位置,由此使吸附手51从上侧与载置于卡盘工作台3的环形框架Fr相对。然后,控制部100使吸附手51下降至环形框架Fr(步骤S302),并使吸附手51吸附环形框架Fr(步骤S303)。接着,控制部100使吸附手51上升(步骤S304)。由此,吸附手51从卡盘工作台3抬起环形框架Fr。

[0119] 在步骤S305中,控制部100利用X轴吸附手马达552将吸附手51向(-X)侧驱动。此时,提起手41在基板交接区域Aw待机,由此,吸附手51从上侧与作为环形框架Fr的移载目的地的基板交接区域Aw的提起手41相对。然后,控制部100通过利用Z轴吸附手马达582使吸附手51下降,由此将由吸附手51保持的环形框架Fr载置到提起手41(步骤S306)。然后,控制部100使抽吸泵591停止,由此解除吸附手51对环形框架Fr的吸附(步骤S307)。在步骤S308中,控制部100确认环形框架Fr的移载目的地是否为卡盘工作台3。在此,由于环形框架Fr的移载目的地是提起手41而不是卡盘工作台3,因此在步骤S308中判断为“否”,图6的流程图结束。

[0120] 在图8的步骤401中,控制部100确认环形框架Fr是否载置到提起手41。环形框架Fr向提起手41的载置的确认例如能够基于执行环形框架Fr的载置的吸附手51的动作履历来

执行。当确认了环形框架Fr向提起手41的载置时(在步骤S401中为“是”),控制部100与上述的步骤S202同样地,确认提起手41的至少一部分是否位于基板收容盒21内(步骤S402)。在提起手41从基板收容盒21退避到(-Y)侧的情况(在步骤S402中为“否”的情况)下,不执行步骤S403而进入步骤S404,另一方面,在提起手41的一部分位于基板收容盒21内的情况(在步骤S402中为“是”的情况)下,进入步骤S403。在步骤S403中,控制部100通过利用Y轴提起手马达452将提起手41向(-Y)侧驱动,从而将提起手41从基板收容盒21向(-Y)侧拉出,使其退避到基板收容盒21的(-Y)侧。

[0121] 在步骤S404中,控制部100通过利用Z轴盒马达272在Z方向上驱动基板收容盒21,由此将作为环形框架Fr的收纳对象的插槽25(换言之,界定插槽25的一对支承突起24)定位于比基板插入高度211低规定高度的位置。由此,成为收纳对象的插槽25被调整到比支承于提起手41的环形框架Fr的底面低规定高度的位置。

[0122] 在步骤S405中,控制部100通过利用Y轴提起手马达452将提起手41向(+Y)侧驱动,从而将提起手41插入到基板收容盒21的内侧。由此,对作为收纳对象的插槽25进行界定的一对支承突起24从下侧隔开间隙地与支承于提起手41的环形框架Fr相对。

[0123] 在步骤S406中,控制部100利用Z轴盒马达272使基板收容盒21在Z方向上上升。由此,环形框架Fr被载置于对作为收纳对象的插槽25进行界定的一对支承突起24上,并且相对于提起手41上升。在步骤S407中,控制部100通过利用Y轴提起手马达452将提起手41向(-Y)侧驱动,从而将提起手41拉出到基板收容盒21的外侧。

[0124] 另外,在执行环形框架Fr相对于基板收容盒21的取出或收纳时,能够适当地执行使环形框架Fr相对于提起手41对位的环形框架对准。图9是表示环形框架对准的一例的流程图,图10是示意性地表示在环形框架对准中执行的动作的一例的俯视图。另外,图9的流程图通过控制部100的控制来执行。

[0125] 在图10中,透过吸附手51表示吸附手51的下侧的构件(对准突起413等)。即,在这里的例子中,提起手41具有从基座部411向上方突出的多个对准突起413。该多个对准突起413与环形框架Fr的多个狭缝Fs对应。并且,使用对准突起413和狭缝Fs,执行环形框架对准。

[0126] 在该环形框架对准中,吸附手51吸附提起手41上的环形框架Fr(步骤S501)。然后,保持环形框架Fr的吸附手51上升,使环形框架Fr从提起手41向上侧离开(步骤S502)。此时,调整环形框架Fr从提起手41离开的高度,以使环形框架Fr在Z方向上位于对准突起413的下端与上端之间的高度。

[0127] 在步骤S503中,内置于Z轴滑动件56中的XY $\theta$ 浮动机构561被启动。该XY $\theta$ 浮动机构561选择性地采取浮动支承吸附手51的浮动状态和固定支承吸附手51的锁定状态。在此,所谓浮动支承,意味着以吸附手51能够相对于XY $\theta$ 浮动机构561在X方向、Y方向和 $\theta$ 方向上移动的状态支承吸附手51,所谓固定支承,意味着以吸附手51相对于XY $\theta$ 浮动机构561固定的状态支承吸附手51。在步骤S503中,当XY $\theta$ 浮动机构561启动时,XY $\theta$ 浮动机构561浮动支承吸附手51,吸附手51能够相对于XY $\theta$ 浮动机构561在X方向、Y方向和 $\theta$ 方向上移动。

[0128] 在步骤S504中,提起手41在Y方向上移动,使提起手41的对准突起413与保持于吸附手51的环形框架Fr的周缘抵接。此时,吸附手51相对于XY $\theta$ 浮动机构561移动,以使对准突起413追随环形框架Fr的周缘。其结果是,如图10的步骤S504一栏所示,提起手41的各对准

突起413与环形框架Fr的各狭缝Fs卡合,从而环形框架Fr相对于提起手41被定位。

[0129] 在步骤S505中,XY $\theta$ 浮动机构561被锁定。由此,吸附手51被固定支承于XY $\theta$ 浮动机构561。然后,在步骤S506中,解除吸附手51对环形框架Fr的吸附,将环形框架Fr载置到提起手41上。在步骤S507中,XY $\theta$ 浮动机构561被关闭,吸附手51在固定于Z轴滑动件56的状态下由Z轴滑动件56支承。这样,能够相对于提起手41定位环形框架Fr(环形框架对准)。

[0130] 接着,对基板加工的详细情况进行说明。图11是表示基板加工的一例的流程图,图12是示意性地表示按照图11的流程图执行的动作的一例的俯视图。图11的流程图通过控制部100的控制来执行。

[0131] 在图11的基板加工的步骤S601中,执行求出作为加工对象的半导体基板W的上表面(背面)所具有的平面的校准。图13A是表示校准的一例的流程图,图13B是表示在图13A的校准中执行的工作台平面确定的一例的流程图,图13C是表示在图13A的校准中执行的基板平面确定的一例的流程图。另外,在图13A的校准中,适当进行吸附板31或半导体基板W的拍摄。在这里的说明中,设为由拍摄部8B执行拍摄。但是,即使通过拍摄部8A进行拍摄,也能够同样地执行以下的动作。

[0132] 在图13A的校准的步骤S701中,执行工作台平面确定(图13B)。如图13B所示,在工作台平面确定中,将用于识别设置于卡盘工作台3的吸附板31的上表面311的多个(三个)拍摄点Ps(I)的计数值I重置为0(步骤S801),并使计数值I递增1(步骤S802)。拍摄点Ps(I)例如是具有规定图案的标记。

[0133] 在步骤S803中,控制部100通过利用XY $\theta$ 驱动工作台6调整卡盘工作台3的位置,由此使拍摄点Ps(I)从下侧与红外线相机81相对。由此,拍摄点Ps(I)收敛于红外线相机81的视场。在步骤S803中,红外线相机81对该拍摄点Ps(I)进行拍摄,取得表示拍摄点Ps(I)的图像。在步骤S804中,控制部100通过图案匹配等图像处理来确认是否能够从该图像中检测到拍摄点Ps(I)所具有的规定图案。

[0134] 在红外线相机81的焦点偏离拍摄点Ps(I)而无法从图像中检测到规定图案的情况(在步骤S804中为“否”的情况)下,控制部100通过利用Z轴相机马达892在Z方向上驱动红外线相机81,从而变更红外线相机81相对于拍摄点Ps(I)在Z方向上的距离(步骤S805)。由此,红外线相机81的焦点向Z方向变更。反复进行步骤S803~S805,直到红外线相机81的焦点对准拍摄点Ps(I),检测到规定图案为止(在步骤S804中为“是”)。

[0135] 在步骤S806中,控制部100基于从通过对拍摄点Ps(I)进行拍摄而取得的图像中检测到的规定图案,计算拍摄点Ps(I)的位置(X,Y,Z)。拍摄点Ps(I)的X坐标和Y坐标基于图像所包含的规定图案的位置来计算。拍摄点Ps(I)的Z坐标基于对能够检测到规定图案的图像进行拍摄时的红外线相机81在Z方向上的位置来计算。

[0136] 在步骤S807中,确认计数值I是否达到2,即确认是否取得了两个拍摄点Ps(1)、Ps(2)的位置(X,Y,Z)。在计数值I小于2的情况(在步骤S807中为“否”的情况)下,返回步骤S802,执行步骤S802~S806。在计数值I为2的情况(在步骤S807中为“是”的情况)下,进入步骤S808。

[0137] 在步骤S808中,计算用于使卡盘工作台3在 $\theta$ 方向上旋转以使通过两个拍摄点Ps(1)、Ps(2)的直线成为水平的旋转角 $\theta_a$ 。然后,在当前的吸附板31的旋转角(实际旋转角与旋转角 $\theta_a$ )之差不为0的情况(在步骤S809中为“否”的情况)下,使卡盘工作台3旋转旋转角 $\theta$

a (步骤S810), 并返回步骤S801。这样, 执行步骤S801 ~ S809。

[0138] 在当前的吸附板31的旋转角(实际旋转角与旋转角 $\theta_a$ )之差为0的情况(在步骤S809中为“是”的情况)下, 进入步骤S811。在步骤S811中, 控制部100以与步骤S803相同的要领, 利用红外线相机81对拍摄点Ps(3)进行拍摄, 取得表示拍摄点Ps(3)的图像。然后, 在步骤S812中, 控制部100通过图案匹配等图像处理来确认是否能够从该图像中检测到拍摄点Ps(3)所具有的规定图案。

[0139] 在无法从图像中检测到规定图案的情况(在步骤S812中为“否”的情况)下, 控制部100通过利用Z轴相机马达892在Z方向上驱动红外线相机81, 从而变更红外线相机81相对于拍摄点Ps(3)在Z方向上的距离(步骤S813)。然后, 反复进行步骤S811 ~ S813, 直到检测到规定图案为止(在步骤S812中为“是”)。

[0140] 当在步骤S812中能够检测到规定图案时(是), 控制部100基于从通过对拍摄点Ps(3)进行拍摄而取得的图像中检测到的规定图案, 计算拍摄点Ps(3)的位置(X, Y, Z)(步骤S814)。由此, 取得三个拍摄点Ps(1)、Ps(2)、Ps(3)各自的位置(X, Y, Z)。在步骤S815中, 将通过这三个位置(X, Y, Z)的平面确定为卡盘工作台3的平面, 具体而言, 确定为表示吸附板31的上表面311的平面。

[0141] 在图13A的校准的步骤S702中, 执行基板平面确定(图13C)。如图13C所示, 在基板平面确定中, 用于识别半导体基板W所具有的多个(三个)拍摄点Pw(I)的计数值I被重置为0(步骤S901), 并使计数值I递增1(步骤S902)。拍摄点Pw(I)例如是具有规定图案的区域。

[0142] 具体而言, 如图12所示, 半导体基板W被相互正交的分割预定线S(Sa、Sb)划分为格子状。即, 在半导体基板W设置有相互平行的多条分割预定线Sa和相互平行的多条分割预定线Sb, 分割预定线Sa与分割预定线Sb相互正交。这样, 多个半导体芯片C隔着分割预定线Sa、Sb排列成格子状。对此, 包含分割预定线Sa与分割预定线Sb的交叉点(换言之, 由配置于四角的半导体芯片C包围的点)的区域被设定为拍摄点Pw(I)。另外, 如上所述, 由于半导体基板W的背面朝向上侧, 因此红外线相机81经由半导体基板W的背面, 利用红外线对形成于半导体基板W的表面的分割预定线Sa、Sb或半导体芯片C进行拍摄。

[0143] 在步骤S903中, 控制部100通过利用XY $\theta$ 驱动工作台6调整卡盘工作台3的位置, 由此使拍摄点Pw(I)从下侧与红外线相机81相对。由此, 拍摄点Pw(I)收敛于红外线相机81的视场。在步骤S903中, 红外线相机81对该拍摄点Pw(I)进行拍摄, 取得表示拍摄点Pw(I)的图像。在步骤S904中, 控制部100通过图案匹配等图像处理来确认是否能够从该图像中检测到拍摄点Pw(I)所具有的规定图案(例如, 分割预定线Sa与分割预定线Sb交叉的图案)。

[0144] 在红外线相机81的焦点偏离拍摄点Pw(I)而无法从图像中检测到规定图案的情况(在步骤S904中为“否”的情况)下, 控制部100通过利用Z轴相机马达892在Z方向上驱动红外线相机81, 从而变更红外线相机81相对于拍摄点Pw(I)在Z方向上的距离(步骤S905)。由此, 红外线相机81的焦点向Z方向变更。反复进行步骤S903 ~ S905, 直到红外线相机81的焦点对准拍摄点Pw(I), 检测到规定图案为止(在步骤S904中为“是”)。

[0145] 另外, 通过先前执行的工作台平面确定(图13B), 确定了表示吸附板31的上表面311的平面(工作台平面)。因此, 载置于吸附板31的半导体基板W所具有的拍摄点Pw(I)所存在的高度的范围能够基于该载台平面来推测。因此, 在步骤S805中, 变更红外线相机81的高度, 以使红外线相机81的焦点收敛于根据工作台平面推测出的拍摄点Pw(I)的存在范围。

[0146] 在步骤S906中,控制部100基于从通过对拍摄点Pw(I)进行拍摄而取得的图像中检测到的规定图案,计算拍摄点Pw(I)的位置(X,Y,Z)。拍摄点Pw(I)的X坐标和Y坐标基于图像所包含的规定图案的位置来计算。拍摄点Pw(I)的Z坐标基于对能够检测到规定图案的图像进行拍摄时的红外线相机81在Z方向上的位置来计算。

[0147] 在步骤S907中,确认计数值I是否达到2,即确认是否取得了两个拍摄点Pw(1)、Pw(2)的位置(X,Y,Z)。在计数值I小于2的情况(在步骤S907中为“否”的情况)下,返回步骤S902,执行步骤S902~S906。在计数值I为2的情况(在步骤S907中为“是”的情况)下,进入步骤S908。

[0148] 在步骤S908中,基于两个拍摄点Pw(1)、Pw(2)计算用于使卡盘工作台3在 $\theta$ 方向上旋转以使分割预定线Sa与X方向(加工方向)平行的旋转角 $\theta_b$ 。然后,在当前的吸附板31的旋转角(实际旋转角与旋转角 $\theta_b$ )之差不为0的情况(在步骤S909中为“否”的情况)下,使卡盘工作台3旋转旋转角 $\theta_b$ (步骤S910),并返回步骤S901。这样,执行步骤S901~S909。

[0149] 在当前的吸附板31的旋转角(实际旋转角与旋转角 $\theta_b$ )之差为0的情况(在步骤S909中为“是”的情况)下,进入步骤S911。在步骤S911中,控制部100以与步骤S903相同的要领,利用红外线相机81对拍摄点Pw(3)进行拍摄,取得表示拍摄点Pw(3)的图像。然后,在步骤S912中,控制部100通过图案匹配等图像处理来确认是否能够从该图像中检测到拍摄点Pw(3)所具有的规定图案。

[0150] 在无法从图像中检测到规定图案的情况(在步骤S912中为“否”的情况)下,控制部100通过利用Z轴相机马达892在Z方向上驱动红外线相机81,从而变更红外线相机81相对于拍摄点Pw(3)在Z方向上的距离(步骤S913)。然后,反复进行步骤S911~S913,直到检测到规定图案为止(在步骤S912中为“是”)。此时,变更红外线拍摄机81的高度的范围与上述同样,基于工作台平面来设定。

[0151] 当在步骤S912中能够检测到规定图案时(是),控制部100基于从通过对拍摄点Pw(3)进行拍摄而取得的图像中检测到的规定图案,计算拍摄点Pw(3)的位置(X,Y,Z)(步骤S914)。由此,取得三个拍摄点Pw(1)、Pw(2)、Pw(3)各自的位置(X,Y,Z)。在步骤S915中,将通过这三个位置(X,Y,Z)的平面确定为表示半导体基板W的平面。

[0152] 返回图11继续进行说明。通过上述的校准的执行,将半导体基板W定位成分割预定线Sa与X方向平行,当确定了表示半导体基板W的平面时(步骤S601),执行对各分割预定线Sa的线加工处理(步骤S602)。即,一边变更多条分割预定线Sa中的作为对象的分割预定线Sa,一边执行在使激光照射位置Lb沿着作为对象的分割预定线Sa在X方向上移动的同时对激光照射位置Lb照射激光B的线加工处理,由此对多条分割预定线Sa分别执行利用激光B的加工。特别是如图12的步骤S602一栏所示,交替执行使激光照射位置Lb向X方向的(+X)侧移动的线加工处理和使激光照射位置Lb向X方向的(-X)侧移动的线加工处理。

[0153] 此时,激光B相对于分割预定线Sa向(+X)侧的移动通过利用X轴驱动部65将保持半导体基板W的卡盘工作台3向(-X)侧驱动来执行,激光B相对于分割预定线Sa向(-X)侧的移动通过利用X轴驱动部65将保持半导体基板W的卡盘工作台3向(+X)侧驱动来执行。另外,作为线加工处理的对象的分割预定线Sa的变更通过利用Y轴驱动部63在Y方向上驱动保持半导体基板W的卡盘工作台3来执行。另外,基于在步骤S601的校准中所确定的表示半导体基板W的平面,由控制部100执行利用Z轴头马达792调整加工头71的Z方向的位置的控制。由

此,激光B的聚光位置被调整到半导体基板W的内部,从而沿着分割预定线Sa在半导体基板W的内部形成改性层。

[0154] 这样,当对多条分割预定线Sa中的每一条的线加工处理完成时(步骤S602),保持半导体基板W的卡盘工作台3通过 $\theta$ 轴工作台马达66向 $\theta$ 方向旋转90度。由此,从执行了激光加工后的多条分割预定线Sa被定位成与X方向平行的状态(图12的“S602\_e”一栏)切换为多条分割预定线Sb被定位成与X方向平行的状态(图12的“S603”一栏)。

[0155] 在步骤S604中,与上述的步骤S601同样地执行校准。另外,在步骤S605中,与上述步骤S602同样地,对多条分割预定线Sb分别执行线加工处理。

[0156] 图14是表示对各分割预定线的线加工处理的基本工序的流程图,图15A是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第一例的图。在图15A中,用虚线表示相对于半导体基板W相对移动的激光照射位置Lb的轨迹,并且用单点划线表示沿着分割预定线S1、S2、S3在分割预定线S1、S2、S3的两外侧之间与X方向平行地延伸设置的假想直线Sv1、Sv2、Sv3。另外,在激光照射位置Lb的轨迹与假想直线Sv1、Sv2、Sv3重叠的部分中,表示激光照射位置Lb的轨迹的虚线被优先表示。

[0157] 在图15A所示的例子中,从激光照射位置Lb在X方向上停止于半导体基板W的(-X)侧的位置Pb1的状态起,开始图14的流程图。该位置Pb1设置在沿着分割预定线S1的假想直线Sv1上,换言之,是从X方向与分割预定线S1相对的位置。但是,开始图14的流程图时的激光照射位置Lb的位置并不限于这里的例子,可以适当变更。

[0158] 在步骤S1001中,停止于位置Pb1的激光照射位置Lb朝向X方向的(+X)侧开始加速,与X方向平行地移动。由此,激光照射位置Lb沿着假想直线Sv1向(+X)侧移动。然后,在激光照射位置Lb到达(-X)侧的半导体基板W的端部之前,当激光照射位置Lb的速度 $V_x$ 增加至加工速度 $V_{xd}$ 时,激光照射位置Lb以加工速度 $V_{xd}$ 向X方向的(+X)侧匀速移动(步骤S1002)。

[0159] 然后,与激光照射位置Lb到达(-X)侧的半导体基板W的端部的定时一致,激光光源72点亮,开始激光B从加工头71向激光照射位置Lb的照射(步骤S1003)。另外,与激光照射位置Lb到达(+X)侧的半导体基板W的端部的定时一致,激光光源72熄灭,激光B从加工头71向激光照射位置Lb的照射结束(步骤S1004)。这样,在步骤S1003~S1004的期间,激光照射位置Lb沿着分割预定线S1向(+X)侧移动,并且对激光照射位置Lb照射激光B,由此对分割预定线S1执行激光加工(线加工处理)。

[0160] 当激光照射位置Lb向(+X)侧通过了分割预定线S1时,激光照射位置Lb朝向X方向的(+X)侧开始减速(步骤S1005),激光照射位置Lb在X方向上停止于半导体基板W的(+X)侧的位置Pb2(步骤S1006)。该位置Pb2设置于在Y方向上与假想直线Sv1相邻的假想直线Sv2上,换言之,是从X方向与分割预定线S2相对的位置。即,在步骤S1005~S1006中,与向X方向的减速并行地,激光照射位置Lb从假想直线Sv1向Y方向移动到假想直线Sv2。

[0161] 但是,拍摄部8A、8B的拍摄范围 $R_i$ (图1)与加工头71的激光照射位置Lb的位置关系被固定。因此,在步骤S1001~S1006中,随着激光照射位置Lb相对于半导体基板W相对移动,拍摄范围 $R_i$ 也相对于半导体基板W相对移动。并且,在激光照射位置Lb停止于位置Pb2的状态下,拍摄部8B的拍摄范围 $R_i$ 在至少包含拍摄点Pw(S2)的位置停止。该拍摄点Pw(S2)是在半导体基板W中分割预定线S2和与其正交的分割预定线S交叉的交叉点。因此,在步骤S1006中,控制部100使拍摄部8B对拍摄范围 $R_i$ 进行拍摄,取得包含拍摄点Pw(S2)的图像。由此,控

制部100能够取得表示未加工的分割预定线S2的位置的图像。

[0162] 在步骤S1007中,确认是否对与X方向平行的多条分割预定线S完成了激光加工。在这些分割预定线S中存在未加工的分割预定线S的情况(在步骤S1007中为“否”的情况)下,返回步骤S1001。

[0163] 在图15A的例子中,在步骤S1001中,停止于位置Pb2的激光照射位置Lb朝向X方向的(-X)侧开始加速,与X方向平行地移动。由此,激光照射位置Lb沿着假想直线Sv2向(-X)侧移动。然后,在激光照射位置Lb到达(+X)侧的半导体基板W的端部之前,当激光照射位置Lb的速度 $V_x$ 增加至加工速度 $V_{xd}$ 时,激光照射位置Lb以加工速度 $V_{xd}$ 向X方向的(-X)侧匀速移动(步骤S1002)。

[0164] 在此,在X方向上,向(+X)侧通过了分割预定线S1的激光照射位置Lb开始减速的位置(换言之,结束向(+X)侧的匀速移动的X坐标)与朝向分割预定线S向(-X)侧加速的激光照射位置Lb结束加速的位置(换言之,开始向(-X)侧的匀速移动的X坐标)一致。即,通过了第n个执行线加工处理的分割预定线 $S_n$ 的激光照射位置Lb结束匀速移动并且开始减速的X坐标与朝向第n+1个执行线加工处理的分割预定线 $S_{n+1}$ 的激光照射位置Lb结束加速并开始匀速移动的X方向一致。

[0165] 然后,与激光照射位置Lb到达(+X)侧的半导体基板W的端部的定时一致,激光光源72点亮,开始激光B从加工头71向激光照射位置Lb的照射(步骤S1003)。另外,与激光照射位置Lb到达(-X)侧的半导体基板W的端部的定时一致,激光光源72熄灭,激光B从加工头71向激光照射位置Lb的照射结束(步骤S1004)。这样,在步骤S1003~S1004的期间,激光照射位置Lb沿着分割预定线S2向(-X)侧移动,并且对激光照射位置Lb照射激光B,由此对分割预定线S2执行激光加工(线加工处理)。

[0166] 当激光照射位置Lb向(-X)侧通过了分割预定线S2时,激光照射位置Lb朝向X方向的(-X)侧开始减速(步骤S1005),激光照射位置Lb在X方向上停止于半导体基板W的(-X)侧的位置Pb3(步骤S1006)。该位置Pb3设置于在Y方向上与假想直线Sv2相邻的假想直线Sv3上,换言之,是从X方向与分割预定线S3相对的位置。即,在步骤S1005~S1006中,与向X方向的减速并行地,激光照射位置Lb从假想直线Sv2向Y方向移动到假想直线Sv3。

[0167] 另外,在激光照射位置Lb停止于位置Pb3的状态下,拍摄部8A的拍摄范围 $R_i$ 在至少包含拍摄点Pw(S3)的位置停止。该拍摄点Pw(S3)是在半导体基板W中分割预定线S3和与其正交的分割预定线S交叉的交叉点。因此,在步骤S1006中,控制部100使拍摄部8A对拍摄范围 $R_i$ 进行拍摄,取得包含拍摄点Pw(S3)的图像。由此,控制部100能够取得表示未加工的分割预定线S3的位置的图像。

[0168] 然后,反复进行步骤S1001~S1007,直到确认对与X方向平行的多条分割预定线(S1、S2、S3、……)完成了激光加工为止(在步骤S1007中为“是”)。

[0169] 接着,参照图15A的“X方向上的速度变化”和“Y方向上的速度变化”,对激光照射位置Lb的速度变化进行说明。在此,速度 $V_x$ 表示激光照射位置Lb相对于半导体基板W在X方向上移动的速度,速度 $V_y$ 表示激光照射位置Lb相对于半导体基板W在Y方向上移动的速度。另外,加工速度 $V_{xd}$ 表示激光照射位置Lb沿着分割预定线S在X方向上匀速移动的速度(即,速度 $V_x$ ),与向(+X)侧的移动或向(-X)侧的移动无关而以绝对值表示。

[0170] 在执行使激光B沿着分割预定线S1向(+X)侧移动的线加工处理的线加工期间Ts1

(步骤S1002~S1004)中,激光照射位置Lb以恒定的加工速度 $V_{xd}$ 在X方向上移动,并且不在Y方向上移动。另外,在执行使激光B沿着分割预定线S2向(-X)侧移动的线加工处理的线加工期间Ts2(步骤S1002~S1004)中,激光照射位置Lb以恒定的加工速度 $V_{xd}$ 在X方向上移动,并且不在Y方向上移动。

[0171] 另外,在从线加工期间Ts1切换为线加工期间Ts2的切换期间Tc(步骤S1005、S1006、S1001)中,执行以下的动作。即,X轴驱动部65(加工轴驱动部)在X方向(加工方向)上执行如下的反转驱动:通过使向(+X)侧(第一侧)通过了分割预定线S1(第一加工线)的激光照射位置Lb在朝向(+X)侧减速并停止后(步骤S1005),朝向(-X)侧加速(步骤S1001),由此使激光照射位置Lb到达分割预定线S2(第二加工线)。与该反转驱动并行地,Y轴驱动部63(进给轴驱动部)使激光照射位置Lb从沿着分割预定线S1在X方向上延伸设置到分割预定线S1的外侧的假想直线Sv1(第一假想直线)向Y方向(进给方向)移动到沿着分割预定线S2(第二加工线)在X方向上延伸设置到分割预定线S2的外侧的假想直线Sv2(第二假想直线)。

[0172] 特别是,切换期间Tc包括使激光照射位置Lb在X方向上减速的减速期间Td(步骤S1005)和使激光照射位置Lb在X方向上加速的加速期间Ta(步骤S1001),激光照射位置Lb向Y方向的移动在减速期间Td和加速期间Ta中的减速期间Td的期间执行。具体而言,在减速期间Td开始后,激光照射位置Lb向Y方向的移动开始,在减速期间Td结束前,激光照射位置Lb向Y方向的移动结束。进一步而言,在加速期间Ta中激光照射位置Lb不在Y方向上移动。

[0173] 在此,减速期间Td的开始时间点表示激光照射位置Lb在X方向上的减速(换言之,速度 $V_x$ 的绝对值从加工速度 $V_{xd}$ 起的减少)开始的时间点,减速期间Td的结束时间点表示激光照射位置Lb在X方向上的速度(换言之,速度 $V_x$ )成为0的时间点。加速期间Ta的开始时间点表示激光照射位置Lb在X方向上的加速(换言之,速度 $V_x$ 的绝对值从0起的增加)开始的时间点,加速期间Ta的结束时间点表示激光照射位置Lb在X方向上的加速结束的时间点(换言之,速度 $V_x$ 的绝对值成为加工速度 $V_{xd}$ 的时间点)。

[0174] 另外,在设置于从加速期间Ta向减速期间Td转移的中途的停止期间Tt中,激光照射位置Lb在X方向上的速度 $V_x$ 和在Y方向上的速度 $V_y$ 这两者成为0,激光照射位置Lb在位置Pb2处相对于半导体基板W停止。在该停止期间Tt中,拍摄部8A、8B的拍摄范围Ri也相对于半导体基板W停止,特别是拍摄部8B的拍摄范围Ri位于激光照射位置Lb的(-X)侧,该激光照射位置Lb位于半导体基板W的(+X)侧,拍摄范围Ri与半导体基板W重叠。因此,在停止期间Tt中,拍摄部8B的红外线相机81对半导体基板W中的与拍摄范围Ri重叠的部分进行拍摄(步骤S1006)。

[0175] 图15B是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第二例的图。图15B中的表记与图15A的表记相同。在图15B中,也与图15A同样地按照图14的流程图,对分割预定线S1、S2、S3依次执行激光加工处理。但是,对成为激光加工处理的对象的分割预定线S进行变更的切换期间Tc中的动作在图15B与图15A中不同。因此,以与图15A的差异为中心进行说明,对共同的动作标注相当的标号并适当省略说明。

[0176] 当随着对分割预定线S1的激光加工的结束,激光照射位置Lb向(+X)侧通过了分割预定线S1时,激光照射位置Lb朝向X方向的(+X)侧开始减速(步骤S1005),激光照射位置Lb在X方向上停止于半导体基板W的(+X)侧的位置Pb2(步骤S1006)。该位置Pb2设置在假想直线Sv1上。另外,在激光照射位置Lb停止于位置Pb2的状态下,拍摄部8B的拍摄范围Ri在至少

包含拍摄点 $P_w(S2)$ 的位置停止。因此,在步骤S1006中,控制部100使拍摄部8B对拍摄范围 $R_i$ 进行拍摄,取得包含拍摄点 $P_w(S2)$ 的图像。由此,控制部100能够取得表示未加工的分割预定线 $S2$ 的位置的图像。

[0177] 接着,停止于位置 $P_{b2}$ 的激光照射位置 $L_b$ 朝向X方向的(-X)侧开始加速(步骤S1001)。然后,在激光照射位置 $L_b$ 到达(+X)侧的半导体基板 $W$ 的端部之前,当激光照射位置 $L_b$ 的速度 $V_x$ 增加至加工速度 $V_{xd}$ 时,激光照射位置 $L_b$ 以加工速度 $V_{xd}$ 向X方向的(-X)侧匀速移动(步骤S1002)。另外,在从激光照射位置 $L_b$ 开始加速到以加工速度 $V_{xd}$ 开始匀速移动的期间中,激光照射位置 $L_b$ 在Y方向上从假想直线 $S_{v1}$ 向假想直线 $S_{v2}$ 移动。即,在步骤S1001~S1002中,与向X方向的加速并行地,激光照射位置 $L_b$ 从假想直线 $S_{v1}$ 向Y方向移动到假想直线 $S_{v2}$ 。由此,激光照射位置 $L_b$ 到达分割预定线 $S2$ ,能够开始对分割预定线 $S2$ 的线加工。

[0178] 当随着对分割预定线 $S2$ 的激光加工的结束,激光照射位置 $L_b$ 向(-X)侧通过了分割预定线 $S2$ 时,激光照射位置 $L_b$ 朝向X方向的(-X)侧开始减速(步骤S1005),激光照射位置 $L_b$ 在X方向上停止于半导体基板 $W$ 的(-X)侧的位置 $P_{b3}$ (步骤S1006)。该位置 $P_{b3}$ 设置在假想直线 $S_{v2}$ 上。另外,在激光照射位置 $L_b$ 停止于位置 $P_{b3}$ 的状态下,拍摄部8A的拍摄范围 $R_i$ 在至少包含拍摄点 $P_w(S3)$ 的位置停止。因此,在步骤S1006中,控制部100使拍摄部8A对拍摄范围 $R_i$ 进行拍摄,取得包含拍摄点 $P_w(S3)$ 的图像。由此,控制部100能够取得表示未加工的分割预定线 $S3$ 的位置的图像。

[0179] 接着,参照图15B的“X方向上的速度变化”和“Y方向上的速度变化”,对激光照射位置 $L_b$ 的速度变化进行说明。在执行使激光 $B$ 沿着分割预定线 $S1$ 向(+X)侧移动的线加工处理的线加工期间 $T_{s1}$ (步骤S1002~S1004)中,激光照射位置 $L_b$ 以恒定的加工速度 $V_{xd}$ 在X方向上移动,并且不在Y方向上移动。另外,在执行使激光 $B$ 沿着分割预定线 $S2$ 向(-X)侧移动的线加工处理的线加工期间 $T_{s2}$ (步骤S1002~S1004)中,激光照射位置 $L_b$ 以恒定的加工速度 $V_{xd}$ 在X方向上移动,并且不在Y方向上移动。

[0180] 另外,在从线加工期间 $T_{s1}$ 切换为线加工期间 $T_{s2}$ 的切换期间 $T_c$ (步骤S1005、S1006、S1001)中,与上述同样地在X方向上进行反转驱动的同时,使激光照射位置 $L_b$ 从假想直线 $S_{v1}$ 向Y方向(进给方向)移动到假想直线 $S_{v2}$ 。特别是,在切换期间 $T_c$ 所包含的减速期间 $T_d$ 和加速期间 $T_a$ 中,激光照射位置 $L_b$ 向Y方向的移动在加速期间 $T_a$ 的期间执行。具体而言,在加速期间 $T_a$ 开始后,激光照射位置 $L_b$ 向Y方向的移动开始,在加速期间 $T_a$ 结束前,激光照射位置 $L_b$ 向Y方向的移动结束。进一步而言,在减速期间 $T_d$ 中激光照射位置 $L_b$ 不在Y方向上移动。

[0181] 另外,在设置于从加速期间 $T_a$ 向减速期间 $T_d$ 转移的中途的停止期间 $T_t$ 中,激光照射位置 $L_b$ 在X方向上的速度 $V_x$ 和在Y方向上的速度 $V_y$ 这两者成为0,激光照射位置 $L_b$ 在位置 $P_{b2}$ 处相对于半导体基板 $W$ 停止。在该停止期间 $T_t$ 中,拍摄部8A、8B的拍摄范围 $R_i$ 也相对于半导体基板 $W$ 停止,特别是拍摄部8B的拍摄范围 $R_i$ 位于激光照射位置 $L_b$ 的(-X)侧,该激光照射位置 $L_b$ 位于半导体基板 $W$ 的(+X)侧,拍摄范围 $R_i$ 与半导体基板 $W$ 重叠。因此,在停止期间 $T_t$ 中,拍摄部8B的红外线相机81对半导体基板 $W$ 中的与拍摄范围 $R_i$ 重叠的部分进行拍摄(步骤S1006)。

[0182] 图15C是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第三例的图。图15C中的表记与图15A的表记相同。在图15C中,也与图15A同样地按照图14的流程图,对分割预定线 $S1$ 、

S2、S3依次执行激光加工处理。但是,对成为激光加工处理的对象的分割预定线S进行变更的切换期间Tc中的动作在图15C与图15A中不同。因此,以与图15A的差异为中心进行说明,对共同的动作标注相当的标号并适当省略说明。

[0183] 当随着对分割预定线S1的激光加工的结束,激光照射位置Lb向(+X)侧通过了分割预定线S1时,激光照射位置Lb朝向X方向的(+X)侧开始减速(步骤S1005),激光照射位置Lb在X方向上停止于半导体基板W的(+X)侧的位置Pb2(步骤S1006)。该位置Pb2在Y方向上设置在假想直线Sv1与假想直线Sv2之间。即,在步骤S1005~S1006中,与向X方向的减速并行地,激光照射位置Lb从假想直线Sv1向Y方向移动到位置Pb2。另外,在激光照射位置Lb停止于位置Pb2的状态下,拍摄部8B的拍摄范围Ri在至少包含拍摄点Pw(S2)的位置停止。因此,在步骤S1006中,控制部100使拍摄部8B对拍摄范围Ri进行拍摄,取得包含拍摄点Pw(S2)的图像。由此,控制部100能够取得表示未加工的分割预定线S2的位置的图像。

[0184] 接着,停止于位置Pb2的激光照射位置Lb朝向X方向的(-X)侧开始加速(步骤S1001)。然后,在激光照射位置Lb到达(+X)侧的半导体基板W的端部之前,当激光照射位置Lb的速度Vx增加至加工速度Vxd时,激光照射位置Lb以加工速度Vxd向X方向的(-X)侧匀速移动(步骤S1002)。另外,在从激光照射位置Lb开始加速到以加工速度Vxd开始匀速移动的期间中,激光照射位置Lb在Y方向上从位置Pb2向假想直线Sv2移动。即,在步骤S1001~S1002中,与向X方向的加速并行地,激光照射位置Lb从位置Pb2向Y方向移动到假想直线Sv2。由此,激光照射位置Lb到达分割预定线S2,能够开始对分割预定线S2的线加工。

[0185] 当随着对分割预定线S2的激光加工的结束,激光照射位置Lb向(-X)侧通过了分割预定线S2时,激光照射位置Lb朝向X方向的(-X)侧开始减速(步骤S1005),激光照射位置Lb在X方向上停止于半导体基板W的(-X)侧的位置Pb3(步骤S1006)。该位置Pb3在Y方向上设置在假想直线Sv2与假想直线Sv3之间。即,在步骤S1005~S1006中,与向X方向的减速并行地,激光照射位置Lb从假想直线Sv2向Y方向移动到位置Pb3。另外,在激光照射位置Lb停止于位置Pb3的状态下,拍摄部8A的拍摄范围Ri在至少包含拍摄点Pw(S3)的位置停止。因此,在步骤S1006中,控制部100使拍摄部8A对拍摄范围Ri进行拍摄,取得包含拍摄点Pw(S3)的图像。由此,控制部100能够取得表示未加工的分割预定线S3的位置的图像。

[0186] 接着,参照图15C的“X方向上的速度变化”和“Y方向上的速度变化”,对激光照射位置Lb的速度变化进行说明。在执行使激光B沿着分割预定线S1向(+X)侧移动的线加工处理的线加工期间Ts1(步骤S1002~S1004)中,激光照射位置Lb以恒定的加工速度Vxd在X方向上移动,并且不在Y方向上移动。另外,在执行使激光B沿着分割预定线S2向(-X)侧移动的线加工处理的线加工期间Ts2(步骤S1002~S1004)中,激光照射位置Lb以恒定的加工速度Vxd在X方向上移动,并且不在Y方向上移动。

[0187] 另外,在从线加工期间Ts1切换为线加工期间Ts2的切换期间Tc(步骤S1005、S1006、S1001)中,与上述同样地在X方向上进行反转驱动并行地,使激光照射位置Lb从假想直线Sv1向Y方向(进给方向)移动到假想直线Sv2。特别是,该激光照射位置Lb的移动经由位置Pb2来执行。即,在切换期间Tc所包含的减速期间Td和加速期间Ta中,在减速期间Td中激光照射位置Lb在Y方向上从假想直线Sv1移动到位置Pb2,在加速期间Ta中激光照射位置Lb在Y方向上从位置Pb2移动到假想直线Sv2。具体而言,在减速期间Td开始的同时,激光照射位置Lb开始从假想直线Sv1向位置Pb2的移动,在减速期间Td结束的同时,激光照射位置Lb

到达位置Pb2。另外,在加速期间Ta开始的同时,激光照射位置Lb开始从位置Pb2向假想直线Sv2的移动,在加速期间Ta结束的同时,激光照射位置Lb到达假想直线Sv2。

[0188] 另外,在设置于从加速期间Ta向减速期间Td转移的中途的停止期间Tt中,激光照射位置Lb在X方向上的速度Vx和在Y方向上的速度Vy这两者成为0,激光照射位置Lb在位置Pb2处相对于半导体基板W停止。在该停止期间Tt中,拍摄部8A、8B的拍摄范围Ri也相对于半导体基板W停止,特别是拍摄部8B的拍摄范围Ri位于激光照射位置Lb的(-X)侧,该激光照射位置Lb位于半导体基板W的(+X)侧,拍摄范围Ri与半导体基板W重叠。因此,在停止期间Tt中,拍摄部8B的红外线相机81对半导体基板W中的与拍摄范围Ri重叠的部分进行拍摄(步骤S1006)。

[0189] 另外,在切换期间Tc中,在Y方向上从假想直线Sv1移动到位置Pb2后,在Y方向上从位置Pb2移动到假想直线Sv2的具体方式并不限于图15C的例子,例如也可以以图15D、图15E和图15F所示的方式执行该移动。

[0190] 图15D是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第四例的图,图15E是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第五例的图,图15F是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第六例的图。图15D~图15F中的标记与图15C中的标记相同。图15D~图15F与图15C的差异在于切换期间Tc中的激光照射位置Lb的移动方式。因此,以与图15C的差异为中心进行说明,对共同的动作标注相当的标号并适当省略说明。

[0191] 在图15D所示的第四例中,在减速期间Td开始的同时,激光照射位置Lb开始方向Y上的从假想直线Sv1向位置Pb2的移动,在减速期间Td结束之前,在Y方向上激光照射位置Lb到达位置Pb2并在该位置Pb2停止(即,速度Vy为0)。但是,在Y方向上激光照射位置Lb到达位置Pb2之后,减速期间Td继续,激光照射位置Lb继续向X方向的移动。另外,在加速期间Ta开始后,激光照射位置Lb开始Y方向上的从位置Pb2向假想直线Sv2的移动,在加速期间Ta结束的同时,激光照射位置Lb到达假想直线Sv2。即,在从减速期间Td的中途到加速期间Ta的中途为止的期间 $\Delta Ty$ 中,激光照射位置Lb在Y方向上停止(即,速度Vy为0)。

[0192] 在图15E所示的第五例中,在减速期间Td开始的同时,激光照射位置Lb开始方向Y上的从假想直线Sv1向位置Pb2的移动,在减速期间Td结束之前,在Y方向上激光照射位置Lb到达位置Pb2并在该位置Pb2停止(即,速度Vy为0)。但是,在Y方向上激光照射位置Lb到达位置Pb2之后,减速期间Td继续,激光照射位置Lb继续向X方向的移动。另外,在加速期间Ta开始的同时,激光照射位置Lb开始Y方向上的从位置Pb2向假想直线Sv2的移动,在加速期间Ta结束的同时,激光照射位置Lb到达假想直线Sv2。即,在从减速期间Td的中途到加速期间Ta的开始为止的期间 $\Delta Ty$ 中,激光照射位置Lb在Y方向上停止(即,速度Vy为0)。

[0193] 在图15F所示的第五例中,在减速期间Td开始的同时,激光照射位置Lb开始Y方向上的从假想直线Sv1向位置Pb2的移动。但是,在减速期间Td的结束时间点,激光照射位置Lb在Y方向上未到达位置Pb2。另外,在减速期间Td的结束时间点,在X方向上激光照射位置Lb的位置(即,X坐标)与位置Pb2的位置(即,X坐标)一致。因此,激光照射位置Lb在减速期间Td结束后也朝向位置Pb2继续在Y方向上移动。另外,在从减速期间Td结束起激光照射位置Lb朝向位置Pb2在Y方向上移动的期间,激光照射位置Lb在X方向上停止(即,速度Vx为0)。然后,在激光照射位置Lb到达位置Pb2的同时,开始加速期间Ta,并且激光照射位置Lb开始Y方向上的从位置Pb2向假想直线Sv2的移动。另外,在加速期间Ta结束的同时激光照射位置Lb

到达假想直线Sv2。

[0194] 图15G是示意性地表示按照图14的流程图执行的动作的第七例的图。图15G中的表记与图15A的表记相同。在图15G中,也与图15A同样地按照图14的流程图,对分割预定线S1、S2、S3依次执行激光加工处理。但是,对成为激光加工处理的对象的分割预定线S进行变更的切换期间Tc中的动作在图15G与图15A中不同。因此,以与图15A的差异为中心进行说明,对共同的动作标注相当的标号并适当省略说明。

[0195] 当随着对分割预定线S1的激光加工的结束,激光照射位置Lb向(+X)侧通过了分割预定线S1时,激光照射位置Lb朝向X方向的(+X)侧开始减速(步骤S1005),激光照射位置Lb在X方向上停止于半导体基板W的(+X)侧的位置Pb2(步骤S1006)。该位置Pb2在Y方向上设置于假想直线Sv1与假想直线Sv2之间的区间的外侧(相对于假想直线Sv2为假想直线Sv1的相反侧)。即,在步骤S1005~S1006中,与向X方向的减速并行地,激光照射位置Lb从假想直线Sv1向Y方向越过假想直线Sv2移动到位置Pb2。另外,在激光照射位置Lb停止于位置Pb2的状态下,拍摄部8B的拍摄范围Ri在至少包含拍摄点Pw(S3)的位置停止。因此,在步骤S1006中,控制部100使拍摄部8B对拍摄范围Ri进行拍摄,取得包含拍摄点Pw(S3)的图像。由此,控制部100能够取得表示未加工的分割预定线S3的位置的图像。

[0196] 接着,停止于位置Pb2的激光照射位置Lb朝向X方向的(-X)侧开始加速(步骤S1001)。然后,在激光照射位置Lb到达(+X)侧的半导体基板W的端部之前,当激光照射位置Lb的速度Vx增加至加工速度Vxd时,激光照射位置Lb以加工速度Vxd向X方向的(-X)侧匀速移动(步骤S1002)。另外,在从激光照射位置Lb开始加速到以加工速度Vxd开始匀速移动的期间中,激光照射位置Lb在Y方向上从位置Pb2移动到假想直线Sv2。即,在步骤S1001~S1002中,与向X方向的加速并行地,激光照射位置Lb从位置Pb2向Y方向移动到假想直线Sv2。由此,激光照射位置Lb到达分割预定线S2,能够开始对分割预定线S2的线加工。

[0197] 当随着对分割预定线S2的激光加工的结束,激光照射位置Lb向(-X)侧通过了分割预定线S2时,激光照射位置Lb朝向X方向的(-X)侧开始减速(步骤S1005),激光照射位置Lb在X方向上停止于半导体基板W的(-X)侧的位置Pb3(步骤S1006)。该位置Pb3在Y方向上设置于假想直线Sv2与假想直线Sv3之间的区间的外侧(相对于假想直线Sv3为假想直线Sv2的相反侧)。即,在步骤S1005~S1006中,与向X方向的减速并行地,激光照射位置Lb从假想直线Sv2向Y方向越过假想直线Sv3移动到位置Pb2。另外,在激光照射位置Lb停止于位置Pb3的状态下,拍摄部8A的拍摄范围Ri在至少包含拍摄点Pw(S4)的位置停止。因此,在步骤S1006中,控制部100使拍摄部8A对拍摄范围Ri进行拍摄,取得包含拍摄点Pw(S4)的图像。由此,控制部100能够取得表示未加工的分割预定线S4的位置的图像。

[0198] 接着,参照图15G的“X方向上的速度变化”和“Y方向上的速度变化”,对激光照射位置Lb的速度变化进行说明。在执行使激光B沿着分割预定线S1向(+X)侧移动的线加工处理的线加工期间Ts1(步骤S1002~S1004)中,激光照射位置Lb以恒定的加工速度Vxd在X方向上移动,并且不在Y方向上移动。另外,在执行使激光B沿着分割预定线S2向(-X)侧移动的线加工处理的线加工期间Ts2(步骤S1002~S1004)中,激光照射位置Lb以恒定的加工速度Vxd在X方向上移动,并且不在Y方向上移动。

[0199] 另外,在从线加工期间Ts1切换为线加工期间Ts2的切换期间Tc(步骤S1005、S1006、S1001)中,与上述同样地在X方向上进行反转驱动并行地,使激光照射位置Lb从假想

直线Sv1向Y方向(进给方向)移动到假想直线Sv2。特别是,该激光照射位置Lb的移动经由在Y方向上设置于假想直线Sv1与假想直线Sv2之间的区间的外侧的位置Pb2来执行。即,在切换期间Tc所包含的减速期间Td和加速期间Ta中,在减速期间Td中激光照射位置Lb在Y方向上从假想直线Sv1越过假想直线Sv2移动到位置Pb2,在加速期间Ta中激光照射位置Lb在Y方向上从位置Pb2移动到假想直线Sv2。具体而言,在减速期间Td开始的同时,激光照射位置Lb开始从假想直线Sv1向位置Pb2的移动,在减速期间Td结束的同时,激光照射位置Lb到达位置Pb2。另外,在加速期间Ta开始的同时,激光照射位置Lb开始从位置Pb2向假想直线Sv2的移动,在加速期间Ta结束的同时,激光照射位置Lb到达假想直线Sv2。

[0200] 另外,在设置于从加速期间Ta向减速期间Td转移的中途的停止期间Tt中,激光照射位置Lb在X方向上的速度Vx和在Y方向上的速度Vy这两者成为0,激光照射位置Lb在位置Pb2处相对于半导体基板W停止。在该停止期间Tt中,拍摄部8A、8B的拍摄范围Ri也相对于半导体基板W停止,特别是拍摄部8B的拍摄范围Ri位于激光照射位置Lb的(-X)侧,该激光照射位置Lb位于半导体基板W的(+X)侧,拍摄范围Ri与半导体基板W重叠。因此,在停止期间Tt中,拍摄部8B的红外线相机81对半导体基板W中的与拍摄范围Ri重叠的部分进行拍摄(步骤S1006)。

[0201] 但是,在上述的例子中,位置Pb2在Y方向上相对于假想直线Sv2设置于假想直线Sv1的相反侧。但是,也可以在Y方向上相对于假想直线Sv1在假想直线Sv2的相反侧设置位置Pb2。该情况下,在减速期间Td中,激光照射位置Lb从假想直线Sv1向Y方向移动到位置Pb2,在加速期间Ta中,激光照射位置Lb从位置Pb2向Y方向越过假想直线Sv1移动到假想直线Sv2。对于位置Pb3也可以进行同样的变更。

[0202] 图16是表示对各分割预定线的线加工处理的第一应用例的流程图,图17是示意性地表示按照图16的流程图执行的动作的一例的图。图17中的表记与图15A~图15G的表记相同。图16的例子与图14的例子不同点在于,在执行线加工处理的过程中有无对半导体基板W进行拍摄的步骤S1008,在其他的步骤S1001~S1007中相同。因此,在图16的例子中,执行图15A~图15G所示的各动作(第一例~第七例)中的任一个。另外,在图17中,虽然未示出切换期间Tc中的激光照射位置Lb的轨迹,但是激光照射位置Lb能够在图15A~图15G中的任一个所示的轨迹上移动。

[0203] 图16的步骤S1008如下执行。即,在激光照射位置Lb沿着分割预定线S1移动的过程中对半导体基板W进行拍摄(步骤S1008)。具体而言,对与向(+X)侧移动的激光照射位置Lb相比位于该激光照射位置Lb的移动侧(即, (+X)侧)的拍摄范围Ri(即,拍摄部8A的拍摄范围Ri)进行拍摄。由此,取得包含比激光照射位置Lb靠该激光照射位置Lb的移动侧的拍摄点Pw(S11)的图像。这样,能够取得表示正在执行线加工处理的分割预定线S1中的未加工部分的位置的图像。

[0204] 即,在步骤S1003、S1108、S1104的执行期间中,与对分割预定线S1执行线加工处理并行地,对作为该线加工处理的对象的分割预定线S1中的未加工部分的图像进行拍摄。

[0205] 另外,在激光照射位置Lb沿着分割预定线S2移动的过程中对半导体基板W进行拍摄(步骤S1008)。具体而言,对与向(-X)侧移动的激光照射位置Lb相比位于该激光照射位置Lb的移动侧(即, (-X)侧)处的拍摄范围Ri(即,拍摄部8B的拍摄范围Ri)进行拍摄。由此,取得包含比激光照射位置Lb靠该激光照射位置Lb的移动侧的拍摄点Pw(S21)的图像。这样,能

够取得表示正在执行线加工处理的分割预定线S2中的未加工部分的位置的图像。

[0206] 即,在步骤S1003、S1108、S1104的执行期间中,与对分割预定线S2执行线加工处理并行地,对作为该线加工处理的对象的分割预定线S2中的未加工部分的图像进行拍摄。

[0207] 而且,在激光照射位置Lb沿着分割预定线S3移动的过程中对半导体基板W进行拍摄(步骤S1008)。具体而言,对与向(+X)侧移动的激光照射位置Lb相比位于该激光照射位置Lb的移动侧(即, (+X) 侧) 的拍摄范围Ri (即, 拍摄部8A的拍摄范围Ri) 进行拍摄。由此,取得包含比激光照射位置Lb靠该激光照射位置Lb的移动侧处的拍摄点Pw (S31) 的图像。这样,能够取得表示正在执行线加工处理的分割预定线S3中的未加工部分的位置的图像。

[0208] 即,在步骤S1003、S1108、S1104的执行期间中,与对分割预定线S3执行线加工处理并行地,对作为该线加工处理的对象的分割预定线S3中的未加工部分的图像进行拍摄。

[0209] 然后,反复进行步骤S1001~S1007,直到确认对与X方向平行的多条分割预定线S(S1、S2、S3、……) 完成了激光加工为止(在步骤S1007中为“是”)。

[0210] 图18是表示对各分割预定线的线加工处理的第二应用例的流程图,图19A是示意性地表示按照图18的流程图执行的动作的第一例的图。在图19A中,用虚线表示相对于半导体基板W相对移动的激光照射位置Lb的轨迹,并且用单点划线表示沿着分割预定线S1、S2、S3在分割预定线S1、S2、S3的两外侧之间与X方向平行地延伸设置的假想直线Sv1、Sv2、Sv3。另外,在激光照射位置Lb的轨迹与假想直线Sv1、Sv2、Sv3重叠的部分中,表示激光照射位置Lb的轨迹的虚线被优先表示。

[0211] 在图19A所示的例子中,从激光照射位置Lb在X方向上停止于半导体基板W的(-X)侧的位置Pb1的状态起,开始图18的流程图。该位置Pb1设置在沿着分割预定线S1的假想直线Sv1上,换言之,是从X方向与分割预定线S1相对的位置。但是,开始图18的流程图时的激光照射位置Lb的位置并不限于这里的例子,可以适当变更。

[0212] 在步骤S1101中,停止于位置Pb1的激光照射位置Lb朝向X方向的(+X)侧开始加速,与X方向平行地移动。由此,激光照射位置Lb沿着假想直线Sv1向(+X)侧移动。然后,在激光照射位置Lb到达(-X)侧的半导体基板W的端部之前,当激光照射位置Lb的速度Vx增加至加工速度Vxd时,激光照射位置Lb以加工速度Vxd向X方向的(+X)侧匀速移动(步骤S1102)。

[0213] 然后,与激光照射位置Lb到达(-X)侧的半导体基板W的端部的定时一致,激光光源72点亮,开始激光B从加工头71向激光照射位置Lb的照射(步骤S1103)。由此,对沿着分割预定线S1向X方向的(+X)侧移动的激光照射位置Lb照射激光B,从而对分割预定线S1进行加工(线加工处理)。

[0214] 另外,在该例中,在激光照射位置Lb沿着分割预定线S1移动的过程中对半导体基板W进行拍摄(步骤S1104)。具体而言,对与向(+X)侧移动的激光照射位置Lb相比位于该激光照射位置Lb的移动侧(即, (+X) 侧) 的拍摄范围Ri (即, 拍摄部8A的拍摄范围Ri) 进行拍摄。由此,取得包含比激光照射位置Lb靠该激光照射位置Lb的移动侧处的拍摄点Pw (S11) 的图像。这样,能够取得表示正在执行线加工处理的分割预定线S1中的未加工部分的位置的图像。

[0215] 然后,与激光照射位置Lb到达(+X)侧的半导体基板W的端部的定时一致,激光光源72熄灭,激光B从加工头71向激光照射位置Lb的照射结束(步骤S1105)。这样,在步骤S1103~S1105之前的期间中,与对分割预定线S1执行线加工处理并行地,对作为该线加工处理的

对象的分割预定线S1中的未加工部分的图像进行拍摄。

[0216] 当激光照射位置Lb向(+X)侧通过了分割预定线S1时,激光照射位置Lb朝向X方向的(+X)侧开始减速(步骤S1106)。在步骤S1107中,确认是否对与X方向平行的多条分割预定线S完成了激光加工。然后,在这些分割预定线S中存在未加工的分割预定线S的情况(在步骤S1107中为“否”的情况)下,返回步骤S1101。

[0217] 其结果是,接在向X方向的(+X)侧减速后的激光照射位置Lb向X方向的速度 $V_x$ 成为0之后,激光照射位置Lb向X方向的(-X)侧加速(步骤S1101)。然后,在激光照射位置Lb到达(+X)侧的半导体基板W的端部之前,当激光照射位置Lb的速度 $V_x$ 增加至加工速度 $V_{xd}$ 时,激光照射位置Lb以加工速度 $V_{xd}$ 向X方向的(-X)侧匀速移动(步骤S1102)。

[0218] 这样,在图18和图19A的例子中,也与上述同样地在X方向上执行反转驱动。另外,与该反转驱动并行地,激光照射位置Lb在Y方向上从假想直线Sv1移动到假想直线Sv2。由此,在X方向上激光照射位置Lb的速度 $V_x$ 增加到加工速度 $V_{xd}$ 之前,激光照射位置Lb在Y方向上移动到假想直线Sv2,激光照射位置Lb到达分割预定线S2。

[0219] 但是,在这里的例子中,激光照射位置Lb向Y方向的移动方式与上述不同。即,与激光照射位置Lb在X方向上进行减速、停止和加速的反转驱动并行地,激光照射位置Lb持续执行Y方向上的从分割预定线Sb1向分割预定线Sb2的移动(持续进给驱动)。特别是,贯穿通过反转驱动使激光照射位置Lb向X方向的速度 $V_x$ 成为0的时间点的前后,执行激光照射位置Lb向Y方向的持续进给驱动。因此,激光照射位置Lb在X方向上的速度 $V_x$ 和在Y方向上的速度 $V_y$ 这两者成为0的定时在该例中不存在。

[0220] 与激光照射位置Lb到达(+X)侧的半导体基板W的端部的定时一致,激光光源72点亮,开始激光B从加工头71向激光照射位置Lb的照射(步骤S1003)。由此,对沿着分割预定线S2向X方向的(-X)侧移动的激光照射位置Lb照射激光B,从而对分割预定线S2进行加工(线加工处理)。

[0221] 另外,在该例中,在激光照射位置Lb沿着分割预定线S2移动的过程中对半导体基板W进行拍摄(步骤S1104)。具体而言,对与向(-X)侧移动的激光照射位置Lb相比位于该激光照射位置Lb的移动侧(即,(-X)侧)的拍摄范围Ri(即,拍摄部8B的拍摄范围Ri)进行拍摄。由此,取得包含比激光照射位置Lb靠该激光照射位置Lb的移动侧处的拍摄点Pw(S21)的图像。这样,能够取得表示正在执行线加工处理的分割预定线S2中的未加工部分的位置的图像。

[0222] 然后,与激光照射位置Lb到达(-X)侧的半导体基板W的端部的定时一致,激光光源72熄灭,激光B从加工头71向激光照射位置Lb的照射结束(步骤S1105)。这样,在步骤S1103~S1105之前的期间中,与对分割预定线S2执行线加工处理并行地,对作为该线加工处理的对象的分割预定线S2中的未加工部分的图像进行拍摄。

[0223] 当激光照射位置Lb向(-X)侧通过了分割预定线S2时,激光照射位置Lb朝向X方向的(-X)侧开始减速(步骤S1106)。在步骤S1107中,确认是否对与X方向平行的多条分割预定线S完成了激光加工。然后,在这些分割预定线S中存在未加工的分割预定线S的情况(在步骤S1107中为“否”的情况)下,返回步骤S1101。

[0224] 其结果是,接在向X方向的(-X)侧减速后的激光照射位置Lb向X方向的速度 $V_x$ 成为0之后,激光照射位置Lb向X方向的(+X)侧加速(步骤S1101)。然后,在激光照射位置Lb到达

(-X) 侧的半导体基板W的端部之前,当激光照射位置Lb的速度 $V_x$ 增加至加工速度 $V_{xd}$ 时,激光照射位置Lb以加工速度 $V_{xd}$ 向X方向的(+X)侧匀速移动(步骤S1102)。

[0225] 此时,与上述同样,与X方向上的反转驱动并行地对激光照射位置Lb执行Y方向的持续进给驱动。由此,在X方向上激光照射位置Lb的速度 $V_x$ 增加到加工速度 $V_{xd}$ 之前,激光照射位置Lb在Y方向上移动到假想直线 $S_v3$ ,激光照射位置Lb到达分割预定线S3。

[0226] 与激光照射位置Lb到达(-X)侧的半导体基板W的端部的定时一致,激光光源72点亮,开始激光B从加工头71向激光照射位置Lb的照射(步骤S1103)。由此,对沿着分割预定线S3向X方向的(+X)侧移动的激光照射位置Lb照射激光B,从而对分割预定线S3进行加工(线加工处理)。

[0227] 另外,在该例中,在激光照射位置Lb沿着分割预定线S3移动的过程中对半导体基板W进行拍摄(步骤S1104)。具体而言,对与向(+X)侧移动的激光照射位置Lb相比位于该激光照射位置Lb的移动侧(即, (+X) 侧)的拍摄范围 $R_i$ (即,拍摄部8A的拍摄范围 $R_i$ )进行拍摄。由此,取得包含比激光照射位置Lb靠该激光照射位置Lb的移动侧处的拍摄点 $P_w$ (S31)的图像。这样,能够取得表示正在执行线加工处理的分割预定线S3中的未加工部分的位置的图像。

[0228] 然后,与激光照射位置Lb到达(+X)侧的半导体基板W的端部的定时一致,激光光源72熄灭,激光B从加工头71向激光照射位置Lb的照射结束(步骤S1105)。这样,在步骤S1103~S1105之前的期间中,与对分割预定线S3执行线加工处理并行地,对作为该线加工处理的对象的分割预定线S3中的未加工部分的图像进行拍摄。

[0229] 接着,参照图19A的“X方向上的速度变化”和“Y方向上的速度变化”,对激光照射位置Lb的速度变化进行说明。在执行使激光B沿着分割预定线S1向(+X)侧移动的线加工处理的线加工期间 $T_{s1}$ (步骤S1103~S1105)中,激光照射位置Lb以恒定的加工速度 $V_{xd}$ 在X方向上移动,并且不在Y方向上移动。另外,在执行使激光B沿着分割预定线S2向(-X)侧移动的线加工处理的线加工期间 $T_{s2}$ (步骤S1103~S1105)中,激光照射位置Lb以恒定的加工速度 $V_{xd}$ 在X方向上移动,并且不在Y方向上移动。

[0230] 另外,在从线加工期间 $T_{s1}$ 切换为线加工期间 $T_{s2}$ 的切换期间 $T_c$ (步骤S1106、S1101)中,执行以下的动作。即,X轴驱动部65(加工轴驱动部)在X方向(加工方向)上执行如下的反转驱动:通过使向(+X)侧(第一侧)通过了分割预定线S1(第一加工线)的激光照射位置Lb在朝向(+X)侧减速并停止后(步骤S1106),朝向(-X)侧加速(步骤S1101),由此使激光照射位置Lb到达分割预定线S2(第二加工线)。与该反转驱动并行地,Y轴驱动部63(进给轴驱动部)执行如下的持续进给驱动:持续地使激光照射位置Lb从沿着分割预定线S1在X方向上延伸设置到分割预定线S1的外侧的假想直线 $S_{v1}$ (第一假想直线)上,向Y方向(进给方向)移动到沿着分割预定线S2在X方向上延伸设置到分割预定线S2的外侧的假想直线 $S_{v2}$ (第二假想直线)上。

[0231] 特别是,控制部100控制X轴驱动部65和Y轴驱动部63,使得在X轴驱动部65通过反转驱动使激光照射位置Lb在X方向上停止之前,Y轴驱动部63开始持续进给驱动,并且在X轴驱动部65通过反转驱动使激光照射位置Lb在X方向上停止之后,Y轴驱动部63结束持续进给驱动。这样,在X轴驱动部65通过反转驱动使激光照射位置Lb在X方向上停止的期间中,Y轴驱动部63使激光照射位置Lb在Y方向上移动。

[0232] 换言之,切换期间 $T_c$ 包括使激光照射位置 $L_b$ 在X方向上减速的减速期间 $T_d$ (步骤S1006)和使激光照射位置 $L_b$ 在X方向上加速的加速期间 $T_a$ (步骤S1001)。对此,Y轴驱动部63贯穿从减速期间 $T_d$ 向加速期间 $T_a$ 转移的转移期间 $T_x$ 的前后持续地执行(即,在Y方向上不使激光照射位置 $L_b$ 停止地执行)激光照射位置 $L_b$ 向Y方向的移动。另外,在转移期间 $T_x$ 的期间,激光照射位置 $L_b$ 在X方向上停止(即,速度 $V_x$ 为0)。

[0233] 图19B是示意性地表示按照图18的流程图执行的动作的第二例的图。图19B与图19A的不同之处在于,与线加工处理并行地对半导体基板W进行拍摄的次数。即,在图19B的例子中,为了执行对分割预定线S1的线加工处理,多次(在这里的例子中为两次)执行与向(+X)侧移动的激光照射位置 $L_b$ 相比位于该激光照射位置 $L_b$ 的移动侧(即,(+X)侧)的拍摄范围 $R_i$ (即,拍摄部8A的拍摄范围 $R_i$ )的拍摄(步骤S1104)。由此,取得分别包含比激光照射位置 $L_b$ 靠该激光照射位置 $L_b$ 的移动侧的两个拍摄点 $P_w(S11)$ 、 $P_w(S12)$ 的两张图像。这样,能够取得表示正在执行线加工处理的分割预定线S1中的未加工部分的位置的图像。

[0234] 同样地,为了执行对分割预定线S2的线加工处理,多次(在这里的例子中为两次)执行与向(-X)侧移动的激光照射位置 $L_b$ 相比位于该激光照射位置 $L_b$ 的移动侧(即,(-X)侧)的拍摄范围 $R_i$ (即,拍摄部8B的拍摄范围 $R_i$ )的拍摄(步骤S1104)。由此,取得分别包含比激光照射位置 $L_b$ 靠该激光照射位置 $L_b$ 的移动侧的两个拍摄点 $P_w(S21)$ 、 $P_w(S22)$ 的两张图像。这样,能够取得表示正在执行线加工处理的分割预定线S2中的未加工部分的位置的图像。另外,在对分割预定线S3的线加工处理中,也同样执行多次拍摄(步骤S1104)。

[0235] 图20是示意性地表示在图16的步骤S1008或图18的步骤S1104中取得的半导体基板的图像的一例的图。在上述的例子中,对包含相互正交的两条分割预定线S的交叉点的区域进行拍摄而取得图像IM。此时,由于在拍摄范围 $R_i$ 相对于半导体基板W在X方向上移动的同时,取得图像IM,因此在图像IM中,亮度在X方向上被平均化地表现。其结果是,出现与分割预定线S对应地与X方向平行地延伸的高亮度的高亮度区域、和与半导体芯片C对应地与X方向平行地延伸的与高亮度区域相比为低亮度的低亮度区域。特别地,在Y方向上,高亮度区域夹在两个低亮度区域之间。因此,控制部100能够基于与分割预定线S对应的高亮度区域,确认分割预定线S在Y方向上的位置。

[0236] 图21是表示线加工处理中的激光加工条件的决定方法的一例的流程图,图22A是表示与激光加工条件的决定相关的参数的图,图22B是表示激光加工条件的时间影响的图,图22C是表示在图21的激光加工条件的决定中参照的表的一例的图。该表预先存储于存储部190。

[0237] 在图22A中,示出了表示在线加工处理中激光照射位置 $L_b$ 在X方向上移动的速度 $V_x$ 与时间的关系的上方的图表、和表示激光照射位置 $L_b$ 在X方向上移动的速度 $V_x$ 与激光照射位置 $L_b$ 在X方向上的位置(即,X坐标)的关系的下方的图表。

[0238] 如下方的图表所示,为了对分割预定线S执行线加工处理,执行如下的照射位置扫描:一边使激光照射位置 $L_b$ 在X方向上从分割预定线S的一侧的开始地点 $X_s$ 移动到另一侧(与一侧相反)的结束地点 $X_e$ ,一边对与分割预定线S重叠的激光照射位置 $L_b$ 照射激光B。即,在照射位置扫描中,一边利用X轴驱动部65使激光照射位置 $L_b$ 在X方向上从开始地点 $X_s$ 移动到结束地点 $X_e$ ,一边从加工头71向与分割预定线S重叠的激光照射位置 $L_b$ 照射激光B。这样,上述的线加工处理随着照射位置扫描而被执行。

[0239] 在该照射位置扫描中,对分割预定线S设定匀速区间SC。该匀速区间SC设定成在X方向上位于开始地点Xs与结束地点Xe之间而包含分割预定线S。在这里的例子中,在X方向上匀速区间SC的两端与分割预定线S的两端一致,换言之,匀速区间SC与分割预定线S一致。但是,匀速区间SC的设定方式并不限于这里的例子,也可以从分割预定线S的两端向外侧加上偏移来设定匀速区间SC。在该情况下,匀速区间SC比分割预定线S长。偏移的长度可以是规定的恒定值,也可以是对分割预定线S的长度乘以规定的倍率(例如1%)而得到的值。该匀速区间SC的长度根据分割预定线S的长度来设定,具体而言,分割预定线S越长则匀速区间SC越长(换言之,分割预定线S越短则匀速区间SC越短)。

[0240] 在该照射位置扫描中,激光照射位置Lb在X方向上从设置于匀速区间SC的一侧的开始地点Xs移动到设置于匀速区间SC的另一侧的结束地点Xe。另外,在X方向上,在激光照射位置Lb从开始地点Xs移动到匀速区间SC的一侧的端部Xss的加速期间Ta中,激光照射位置Lb在X方向上以加速度A加速,激光照射位置Lb的X方向的速度Vx从0增加到加工速度Vxd。另外,在激光照射位置Lb在X方向上从匀速区间SC的一侧的端部Xss移动到另一侧的端部Xse的匀速期间Tsc(在这里的例子中,与线加工期间Ts一致)中,激光照射位置Lb在X方向上以恒定的加工速度Vxd移动。而且,在激光照射位置Lb在X方向上从匀速区间SC的另一侧的端部Xse移动到结束地点Xe的减速期间Td中,激光照射位置Lb在X方向上以加速度A减速,激光照射位置Lb的X方向的速度Vx从加工速度Vxd减少到0。

[0241] 此时,加速期间Ta成为速度Vx以加速度A从0增加到加工速度Vxd所需要的期间( $V_{xd}/A$ ),匀速期间Tsc成为以加工速度Vxd移动作为匀速区间SC的长度的匀速距离Lsc所需要的期间( $L_{sc}/V_{xd}$ ),减速期间Td成为速度Vx以加速度A从加工速度Vxd减少到0所需要的期间( $V_{xd}/A$ )。因此,照射位置扫描所需要的扫描时间t成为:

[0242]  $t = 2 \times V_{xd}/A + L_{sc}/V_{xd}$ 。

[0243] 因此,在加工速度Vxd与扫描时间t之间,图22B所示的关系成立。即,在加工速度Vxd为 $V_{xd\_min} (= (L_{sc} \times A/2)^{1/2})$ 时,扫描时间t成为最小值。因此,通过根据匀速区间SC的长度(匀速距离Lsc)设定加工速度Vxd,能够效率地执行线加工处理。

[0244] 但是,在变更了加工速度Vxd的情况下,需要变更从激光光源72射出的激光B的频率。具体而言,使加工速度Vxd越快,则需要使激光B的频率越高。与此相对,激光B的频率只能阶段性地改变,不能连续地改变。因此,使用图22C的表。该表规定匀速距离Lsc(在这里的例子中为分割预定线S的长度)、加工速度Vxd与激光B的频率fc的关系。具体而言,在表中规定如下的激光加工条件:在匀速距离Lsc为Lsc(1)以下的情况下,将加工速度Vxd设定为Vxd(1),将激光B的频率设定为fc(1),在匀速距离Lsc大于Lsc(1)且为Lsc(2)以下的情况下,将加工速度Vxd设定为Vxd(2),将激光B的频率设定为fc(2)。

[0245] 即,在图21的激光加工条件决定中,取得对成为线加工处理的对象的分割预定线S设定的匀速区间SC的长度(匀速距离Lsc)(步骤S1201)。然后,基于在步骤S1201中所取得的匀速距离Lsc和图22C的表,决定加工速度Vxd(步骤S1202),并且决定激光B的频率fc(步骤S1203)。这样,按照由图21决定的激光加工条件(加工速度Vxd和频率fc),执行照射位置扫描。

[0246] 但是,照射位置扫描对与X方向平行的多条分割预定线S依次执行。换言之,执行以互不相同的分割预定线S为对象的多个照射位置扫描。对此,图21的激光加工条件决定对多

个照射位置扫描分别执行,各照射位置扫描按照将其作为对象而决定的激光加工条件,执行激光照射位置Lb的移动和激光B的照射。

[0247] 特别是,在如上述的例子那样形成有与X方向平行的多条分割预定线S的半导体基板W为圆形的情况下,越从圆的中心向Y方向远离,则分割预定线S越短,对该分割预定线S设定的匀速距离Lsc也越短。即,在照射位置扫描中设定的匀速距离Lsc根据由该照射位置扫描作为对象的分割预定线S的Y方向的位置而不同。因此,对于对多条分割预定线S依次执行的照射位置扫描的每一个,执行激光加工条件决定是适当的。

[0248] 另外,激光加工条件决定能够在由该激光加工条件决定作为对象的照射位置扫描开始前的任意的定时执行。例如,可以在开始与平行于X方向的多条分割预定线S分别对应的多个照射位置扫描之前,对该多个照射位置扫描的全部执行激光加工条件决定。或者,也可以在接在进行一个照射位置扫描之后进行下一个照射位置扫描的情况下,在执行一个照射位置扫描的过程中,执行针对下一个照射位置扫描的激光加工条件决定。

[0249] 在以上说明的实施方式中,通过一边使激光照射位置Lb相对于半导体基板W在X方向(加工方向)上从半导体基板W(加工对象物)的一侧的开始地点Xs移动到另一侧的结束地点Xe,一边从加工头71向沿着多条分割预定线S(加工线)中的作为对象的分割预定线S(一条对象线)移动的激光照射位置Lb照射激光B,由此对分割预定线S进行加工(照射位置扫描)。在该照射位置扫描中,在X方向上包含分割预定线S(对象线)的匀速区间SC被设定在开始地点Xs与结束地点Xe之间。并且,在激光照射位置Lb从开始地点Xs移动到匀速区间SC的一侧的端部Xss的加速期间Ta(第一期间)中,激光照射位置Lb相对于半导体基板W在X方向上的速度从0上升至加工速度Vxd。另外,贯穿激光照射位置Lb从匀速区间SC的一侧的端部Xss移动到另一侧的端部Xse的匀速期间Tsc(第二期间),激光照射位置Lb相对于半导体基板W向X方向以加工速度Vxd匀速移动。而且,在从激光照射位置Lb到达匀速区间SC的另一侧的端部Xse起至到达结束地点Xe为止的减速期间Td(第三期间)中,激光照射位置Lb相对于半导体基板W在X方向上的速度从加工速度Vxd下降至0。此时,在X方向上,根据分割预定线S的长度来设定匀速区间SC的长度(匀速距离Lsc),并且根据匀速区间SC的长度(匀速距离Lsc)来调整照射位置扫描中的加工速度Vxd(速度调整处理、步骤S1202)。因此,能够抑制加速期间Ta、匀速期间Tsc与减速期间Td的合计期间(扫描时间t)。这样,在通过使激光B沿着半导体基板W的分割预定线S移动而对分割预定线S进行加工的激光加工技术中,能够效率地执行分割预定线S的加工。

[0250] 另外,控制部100通过在多条分割预定线S之间变更作为对象的分割预定线S(对象线)并且反复进行照射位置扫描,由此执行多个照射位置扫描。然后,控制部100对多个照射位置扫描分别执行速度调整处理(步骤S1202)。在该结构中,能够效率地执行多条分割预定线S各自的加工,能够迅速地完成对半导体基板W的加工。

[0251] 另外,控制部100执行如下的频率调整处理(步骤S1203):根据照射位置扫描中的加工速度Vxd对向在照射位置扫描中沿着作为对象的分割预定线S(对象线)移动的激光照射位置Lb照射的激光B的频率进行调整。在该结构中,能够向分割预定线S照射与调整后的加工速度Vxd相应的适当频率的激光B,从而能够可靠地进行分割预定线S的加工。

[0252] 另外,控制部100通过在多条分割预定线S之间变更成为对象的分割预定线S(对象线)并且反复进行照射位置扫描,来执行多个照射位置扫描。然后,控制部100对多个照射位

置扫描分别执行频率调整处理(步骤S1203)。在该结构中,能够可靠地进行多条分割预定线S各自的加工。

[0253] 另外,如图22C所示,加工速度 $V_{xd}$ 的调整通过从多个离散的加工速度 $V_{xd}(1)$ 、 $V_{xd}(2)$ 、 $V_{xd}(3)$ 、 $V_{xd}(4)$ 中选择一个来执行,发送频率 $f_c$ 的调整通过从多个离散的发送频率 $f_c(1)$ 、 $V_{xd}(2)$ 、 $V_{xd}(3)$ 、 $V_{xd}(4)$ 中选择一个来执行。即,在激光加工条件决定中,根据匀速距离 $L_{sc}$ 属于图22C所示的多个(四个)范围中的哪一个,选择加工速度 $V_{xd}$ 和发送频率 $f_c$ 。此时,在对多个照射位置扫描分别执行激光加工条件决定而调整了加工速度 $V_{xd}$ 和发送频率 $f_c$ 时,在连续执行的两次激光照射位置扫描之间匀速距离 $L_{sc}$ 所属的范围相同的情况下,维持加工速度 $V_{xd}$ 和发送频率 $f_c$ 。另一方面,在连续执行的两次激光照射位置扫描之间匀速距离 $L_{sc}$ 所属的范围不同的情况下,变更(换言之,切换)加工速度 $V_{xd}$ 和发送频率 $f_c$ 。即,加工速度 $V_{xd}$ 的调整包括加工速度 $V_{xd}$ 的维持和加工速度 $V_{xd}$ 的变更(切换),发送频率 $f_c$ 的调整包括发送频率 $f_c$ 的维持和发送频率 $f_c$ 的变更(切换)。

[0254] 然而,在上述的例子中,在对一条分割预定线S执行的每次照射位置扫描中执行图21的激光加工条件决定。但是,决定激光加工条件(加工速度 $V_{xd}$ 和激光B的频率 $f_c$ )的单位不需要是一次照射位置扫描,也可以是一张半导体基板W。即,控制部100也可以执行下面的图23的流程图来代替图21的流程图。

[0255] 图23是表示以半导体基板为单位的激光加工条件的决定方法的一例的流程图,图24是表示在图23的激光加工条件的决定中参照的表的一例的图。该表预先存储于存储部190。在这里的例子中,赋予对保持于卡盘工作台3的半导体基板W所具有的与X方向平行的多条分割预定线S进行计数的计数值 $n$ 。例如,在半导体基板W具有与X方向平行的20条分割预定线S的情况下,计数值 $n$ 取1~20的值。

[0256] 在步骤S1301中,计数值 $n$ 被复位为0,在步骤S1302中,计数值 $n$ 被递增。在步骤S1303中,取得对第 $n$ 条分割预定线S设定的匀速区间SC的长度即匀速距离 $L_{sc}(n)$ 。然后,基于下式来计算对第 $n$ 条分割预定线S的照射位置扫描所需的扫描时间 $t(n)$ (步骤S1304):

[0257]  $t(n) = 2 \times V_{xd} / A + L_{sc}(n) / V_{xd}$ 。

[0258] 在步骤S1305中,判断计数值 $n$ 是否达到其最大值 $n_x$ (相当于半导体基板W所具有的与X方向平行的分割预定线S的条数)。在计数值 $n$ 未达到最大值 $n_x$ 的情况(在步骤S1305中为“否”的情况)下,反复进行步骤S1302~S1304。这样,通过反复进行步骤S1302~S1304直到计数值 $n$ 达到最大值 $n_x$ 为止,从而对半导体基板W所具有的与X方向平行的多条分割预定线S的全部计算扫描时间 $t(n)$ 。

[0259] 当计数值 $n$ 达到最大值 $n_x$ 时(在步骤S1305中为“是”),基于下式来计算扫描总时间 $T_{t1}$ (步骤S1306):

[0260]  $T_{t1} = t(1) + t(2) + \dots + t(n_x - 1) + t(n_x) = \sum t(n)$ 。

[0261] 该扫描总时间 $T_{t1}$ 成为加工速度 $V_{xd}$ 的函数。对此,在步骤S1307中,计算出扫描总时间 $T_{t1}$ 成为最小的加工速度 $V_{xd}$ 作为最佳加工速度 $V_{xg}$ 。在步骤S1308中,使用这样计算出的最佳加工速度 $V_{xg}$ 和图24的表,决定加工条件(加工速度 $V_{xd}$ 和激光B的频率 $f_c$ )。

[0262] 图24的表对最佳加工速度 $V_{xg}$ 、加工速度 $V_{xd}$ 与激光B的频率 $f_c$ 的关系进行规定。具体而言,在表中规定了如下的激光加工条件:在最佳加工速度 $V_{xg}$ 为 $V_{xg}(1)$ 以下的情况下,将加工速度 $V_{xd}$ 设定为 $V_{xd}(11)$ ,将激光B的频率设定为 $f_c(11)$ ,在最佳加工速度 $V_{xg}$ 大于 $V_{xg}$

(1) 且为  $V_{xg}$  (2) 以下的情况下, 将加工速度  $V_{xd}$  设定为  $V_{xd}$  (12), 将激光B的频率设定为  $f_c$  (12)。与图22C的表同样地, 通过按照图24的表, 加工速度  $V_{xd}$  越快, 则激光B的频率越高。

[0263] 即, 在这里的例子中, 贯穿对保持于卡盘台工作台3的一张半导体基板W所具有的与X方向平行的多条分割预定线S执行照射位置扫描的期间, 不变更加工速度  $V_{xd}$  和激光B的频率  $f_c$ 。由此, 能够排除激光B的频率  $f_c$  的变更所需要的时间对半导体基板W的加工完成造成的影响。

[0264] 另外, 最佳加工速度  $V_{xd}$  与对  $n_x$  条分割预定线S分别设定的匀速距离  $L_{sc}$  具有相关性。基于这样的最佳加工速度  $V_{xd}$  来决定加工速度  $V_{xd}$  的上述控制相当于根据对  $n_x$  条分割预定线S分别设定的匀速区间SC的长度 (匀速距离  $L_{sc}$ ) 来调整照射位置扫描中的加工速度  $V_{xd}$  的处理。另外, 基于这样的最佳加工速度  $V_{xd}$  来决定激光B的频率  $f_c$  的上述控制相当于根据照射位置扫描中的加工速度  $V_{xd}$  来调整照射到激光照射位置  $L_b$  的激光B的频率  $f_c$  的处理。

[0265] 这样, 控制部100设定针对在多条分割预定线S之间一边变更一边反复进行照射位置扫描而执行的多个照射位置扫描而共同的加工速度  $V_{xd}$  (共同加工速度) (步骤S1308)。然后, 多个照射位置扫描分别基于在步骤S1308中所设定的加工速度  $V_{xd}$  来执行。特别是, 在步骤S1308 (速度调整处理) 中, 根据反映了多个照射位置扫描各自的匀速区间SC的长度即匀速距离  $L_{sc}$  (n) 的扫描总时间  $T_{t1}$ , 调整加工速度  $V_{xd}$ 。在该结构中, 无需在多条分割预定线S之间切换加工速度  $V_{xd}$ , 能够效率地执行对该多条分割预定线S的加工, 由此能够迅速地完成对半导体基板W的加工。

[0266] 另外, 控制部100根据对多条分割预定线S共同设定的加工速度  $V_{xd}$ , 求出对于多个照射位置扫描而共同的频率  $f_c$  (步骤S1308)。然后, 在多个照射位置扫描的每一个中, 将共同频率  $f_c$  的激光B照射到激光照射位置  $L_b$ 。在该结构中, 不需要在多条分割预定线S之间切换激光B的频率  $f_c$ , 能够排除频率  $f_c$  的切换所需要的时间对半导体基板W的加工的完成造成的影响。

[0267] 另外, 如图24所示, 加工速度  $V_{xd}$  的调整通过从多个离散的加工速度  $V_{xd}$  (1)、 $V_{xd}$  (2)、 $V_{xd}$  (3)、 $V_{xd}$  (4) 中选择一个来执行, 发送频率  $f_c$  的调整通过从多个离散的发送频率  $f_c$  (1)、 $V_{xd}$  (2)、 $V_{xd}$  (3)、 $V_{xd}$  (4) 中选择一个来执行。即, 在激光加工条件决定中, 根据最佳加工速度  $V_{xd}$  属于图24所示的多个 (四个) 范围中的哪一个, 选择加工速度  $V_{xd}$  和发送频率  $f_c$ 。此时, 在对多个半导体基板W分别执行激光加工条件决定而调整了加工速度  $V_{xd}$  和发送频率  $f_c$  时, 在连续加工的两张半导体基板W之间最佳加工速度  $V_{xd}$  所属的范围相同的情况下, 维持加工速度  $V_{xd}$  和发送频率  $f_c$ 。另一方面, 在连续加工的两张半导体基板W之间最佳加工速度  $V_{xd}$  所属的范围不同的情况下, 变更 (换言之, 切换) 加工速度  $V_{xd}$  和发送频率  $f_c$ 。即, 加工速度  $V_{xd}$  的调整包括加工速度  $V_{xd}$  的维持和加工速度  $V_{xd}$  的变更 (切换), 发送频率  $f_c$  的调整包括发送频率  $f_c$  的维持和发送频率  $f_c$  的变更 (切换)。

[0268] 然而, 在上面说明的例子中, 贯穿对保持于卡盘台工作台3的一张半导体基板W所具有的与X方向平行的多条分割预定线S执行照射位置扫描的期间, 不变更加工速度  $V_{xd}$  和激光B的频率  $f_c$ 。换言之, 不是以分割预定线S的单位, 而是以半导体基板W的单位来调整激光加工条件 (加工速度  $V_{xd}$  和激光B的频率)。此时, 有时设想在激光加工装置1中使用的半导体基板W的直径。在这种情况下, 也可以针对这些半导体基板W的直径, 预先执行图23的激光加工条件决定方法, 由此求出与各直径对应的加工条件 (加工速度  $V_{xd}$  和激光B的频率  $f_c$ ) 并

保存于存储部190。

[0269] 图25是表示根据基板的直径来设定通过图23的激光加工条件方法预先求出的加工条件的激光加工条件设定的一例的流程图,图26是示意性地表示在图25的流程图中使用的对应关系表的图。在这里的例子中,对于在激光加工装置1中使用的直径为200mm的半导体基板W和直径为300mm的半导体基板W,分别预先执行图23的激光加工条件决定,求出加工速度 $V_{xd}$ 和激光B的频率 $f_c$ 。这样针对半导体基板W的各直径求出的加工速度 $V_{xd}$ 和激光B的频率 $f_c$ 作为对应关系表Tsvf保存于存储部190。

[0270] 即,在图26的对应关系表Tsvf中,加工速度 $V_{xd}$ (= $V_{200}$ )和激光B的频率 $f_c$ (= $f_{c\_200}$ )与直径为200mm的半导体基板W建立对应,加工速度 $V_{xd}$ (= $V_{300}$ )和激光B的频率 $f_c$ (= $f_{c\_300}$ )与直径为300mm的半导体基板W建立对应。

[0271] 在步骤S1401中,激光加工控制运算部120取得成为照射位置扫描的对象的半导体基板W的尺寸(直径)。然后,激光加工控制运算部120从对应关系表Tsvf读出与在步骤S1401中所取得的半导体基板W的尺寸相对应的加工速度 $V_{xd}$ ,并将所读出的加工速度 $V_{xd}$ 设定为执行照射位置扫描时的加工速度 $V_{xd}$ (步骤S1402)。另外,激光加工控制运算部120从对应关系表Tsvf读出与在步骤S1401中所取得的半导体基板W的尺寸相对应的激光B的频率 $f_c$ ,并将所读出的频率 $f_c$ 设定为执行照射位置扫描时的频率 $f_c$ (步骤S1403)。

[0272] 在该结构中,例如,在对200mm的半导体基板W执行照射位置扫描的情况下,在加工速度 $V_{xd}$ 为加工速度 $V_{200}$ 、激光B的频率 $f_c$ 为 $f_{c\_200}$ 的激光加工条件下,执行针对保持于卡盘工作台3的该半导体基板W所具有的与X方向平行的多条分割预定线S各自的照射位置扫描。

[0273] 在上述的例子中,针对半导体基板W的多个直径(尺寸)分别表示直径、加工速度 $V_{xd}$ (共同加工速度)与频率 $f_c$ (共同频率)的对应关系的对应关系表Tsvf(对应关系信息)被存储于存储部190。然后,激光加工控制运算部120(控制部)基于成为照射位置扫描的对象的半导体基板W的半径和对应关系表Tsvf,调整加工速度 $V_{xd}$ 和激光B的频率 $f_c$ (步骤S1402、S1403)。在该结构中,激光加工控制运算部120通过参照对应关系表Tsvf,能够简便地调整加工速度 $V_{xd}$ 和激光B的频率 $f_c$ 。

[0274] 这样,在上述的实施方式中,激光加工装置1相当于本发明的“激光加工装置”的一例,卡盘工作台3相当于本发明的“支承构件”的一例,X轴驱动部65相当于本发明的“加工轴驱动部”的一例,加工头71相当于本发明的“加工头”的一例,激光光源72相当于本发明的“激光光源”的一例,控制部100相当于本发明的“控制部”的一例,控制部100相当于本发明的“计算机”的一例,激光加工程序191相当于本发明的“激光加工程序”的一例,记录介质192相当于本发明的“记录介质”的一例,激光B相当于本发明的“激光”的一例,激光照射位置 $L_b$ 相当于本发明的“激光照射位置”的一例,分割预定线S相当于本发明的“加工线”的一例,匀速区间SC相当于本发明的“匀速区间”的一例,加速期间 $T_a$ 相当于本发明的“第一期间”的一例,减速期间 $T_d$ 相当于本发明的“第三期间”的一例,匀速期间 $T_{sc}$ 相当于本发明的“第二期间”的一例,加工速度 $V_{xd}$ 相当于本发明的“加工速度”的一例,半导体基板W相当于本发明的“加工对象物”的一例,X方向相当于本发明的“加工方向”的一例,结束地点 $X_e$ 相当于本发明的“结束地点”的一例,开始地点 $X_s$ 相当于本发明的“开始地点”的一例,端部 $X_{ss}$ 相当于本发明的“一侧的端部”的一例,端部 $X_{se}$ 相当于本发明的“另一侧的端部”的一例,步骤

S1202相当于本发明的“速度调整处理”的一例,步骤S1203相当于本发明的“频率调整处理”的一例。

[0275] 另外,本发明并不限于上述实施方式,只要不脱离其主旨,就能够对上述的实施方式加以各种变更。例如,在上述实施例中,没有特别说明所拍摄的图像的用途。但是,这样的图像能够用于各种用途。例如,随着对分割预定线S的激光加工,有时未加工的分割预定线S会在Y方向上位移。因此,控制部100能够基于对半导体基板W进行拍摄而得到的图像,计算出未加工的分割预定线S在Y方向上的位移量,由此基于该位移量进行成为线加工处理的对象的分割预定线S与激光照射位置Lb的对位。

[0276] 另外,在上述例子中,拍摄部8对相互正交的两条分割预定线S的交叉点进行拍摄,但拍摄部8的拍摄对象并不限于此,例如也可以是附加于半导体芯片C的对准标记等。

[0277] 另外,使激光照射位置Lb相对于半导体基板W相对移动的具体结构并不限于上述的XY $\theta$ 驱动工作台6,例如也可以是在X方向和Y方向上驱动加工头71的驱动机构。

[0278] 另外,拍摄部8的台数并不限于两台,例如也可以是一台。

[0279] 另外,也可以通过上述所示的激光加工方法(图11的基板加工等),制造各自分离的半导体芯片C(半导体芯片制造方法)。在该半导体芯片制造方法中,通过上述的激光加工方法对半导体基板W的分割预定线S进行线加工处理而形成改性层(激光加工工序)。接着,通过将保持半导体基板W的带E拉伸而扩展该带E,由此将多个半导体芯片C分别分离(扩展工序)。

[0280] 标号说明

[0281] 1…激光加工装置;

[0282] 3…卡盘工作台(支承构件);

[0283] 65…X轴驱动部(加工轴驱动部);

[0284] 71…加工头;

[0285] 72…激光光源;

[0286] 100…控制部(计算机);

[0287] 191…激光加工程序;

[0288] 192…记录介质。

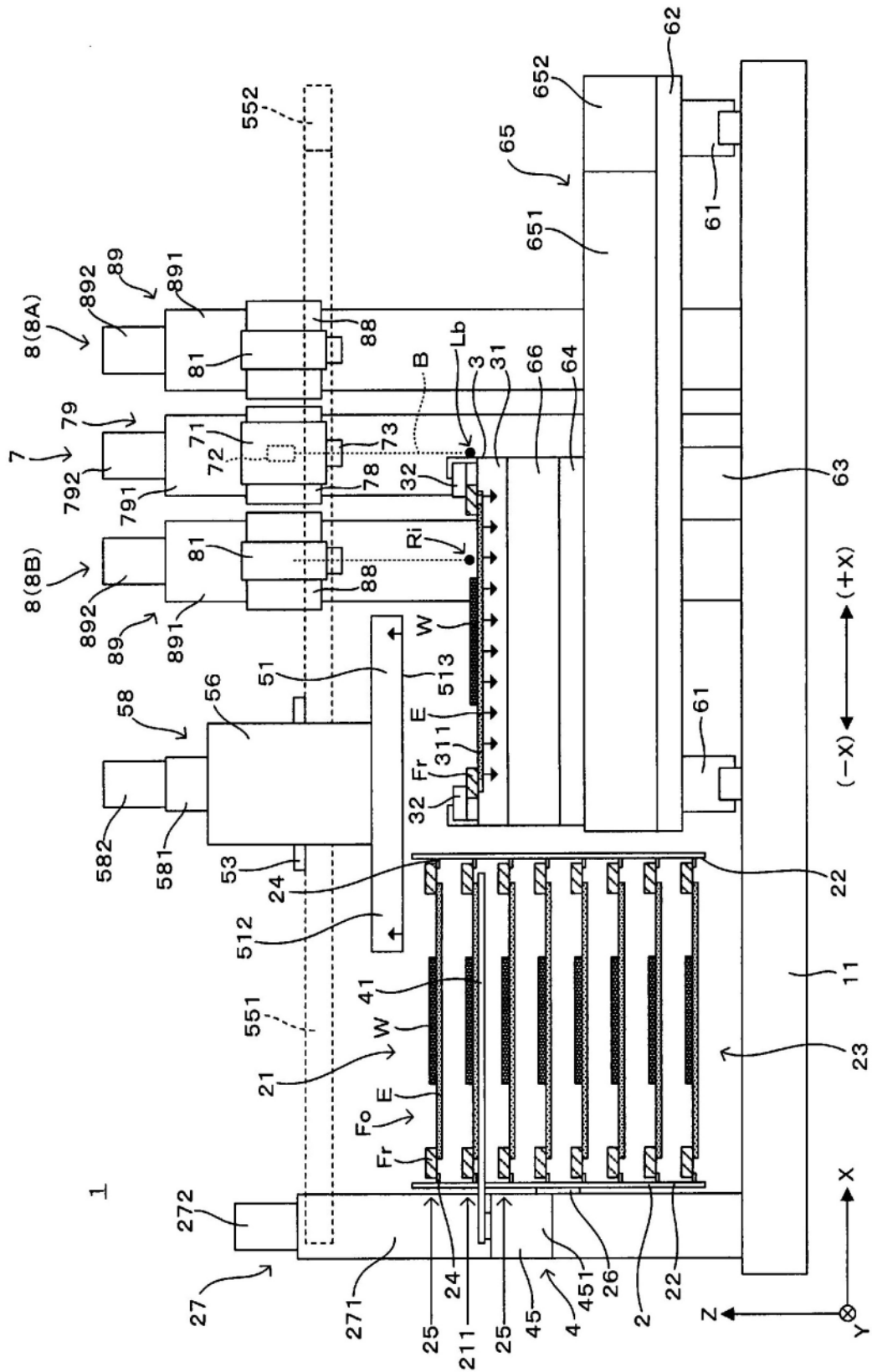


图1



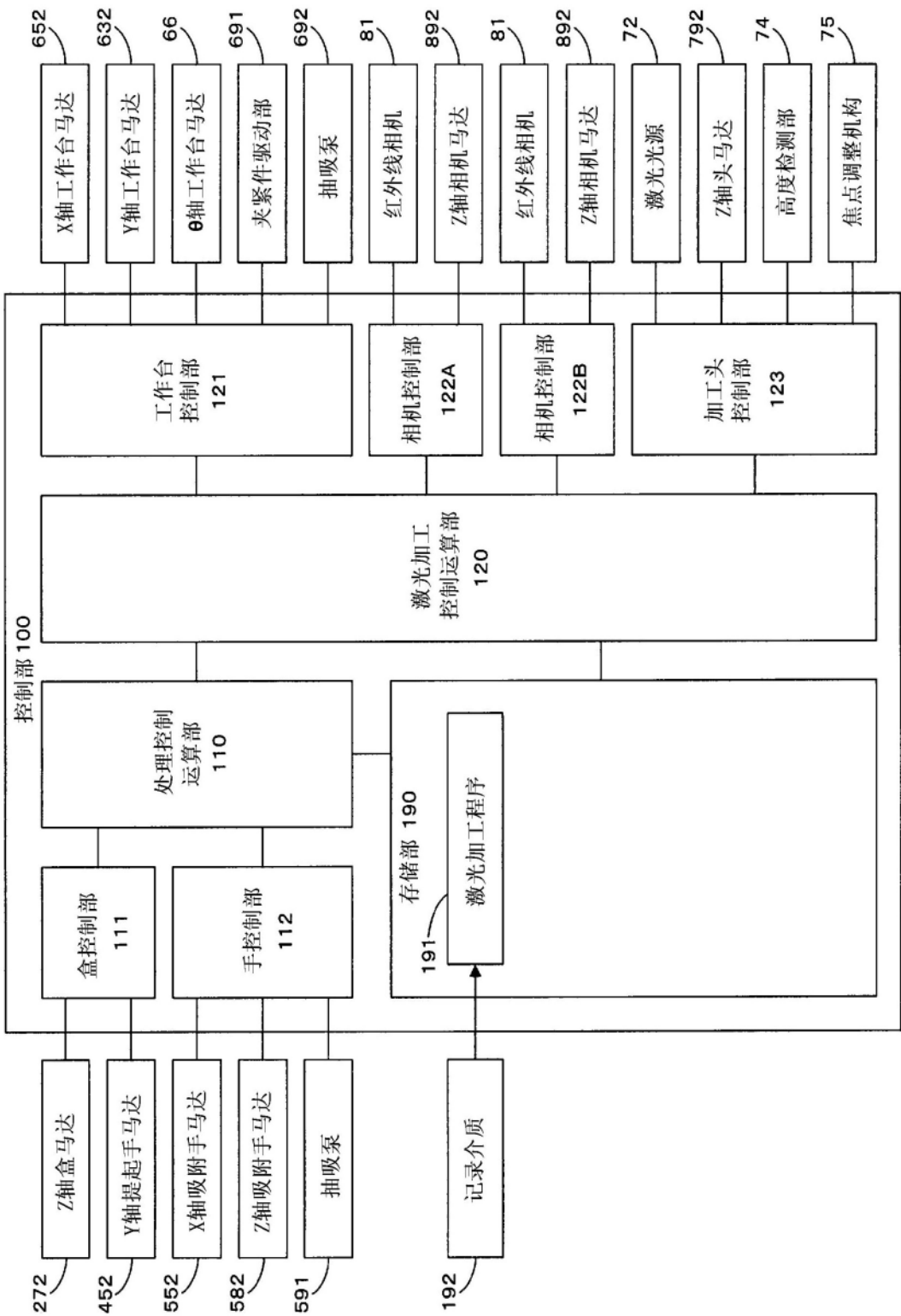


图3

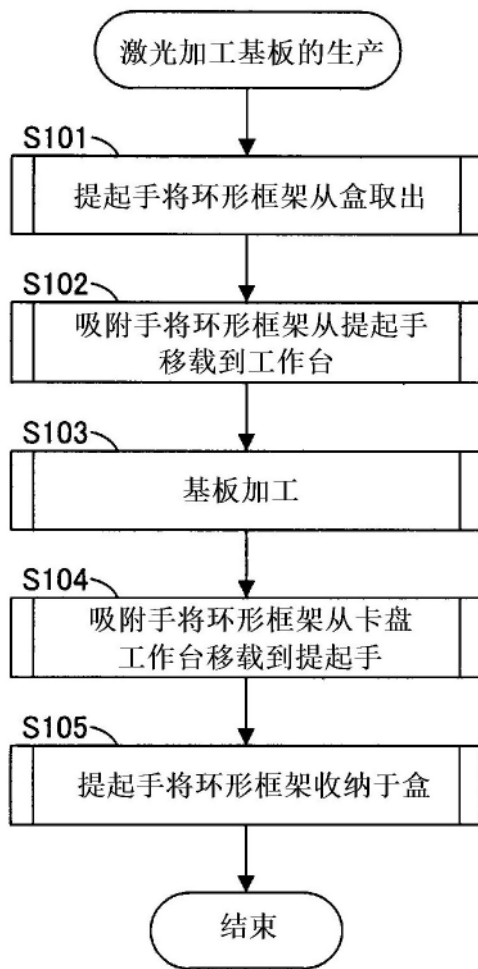


图4

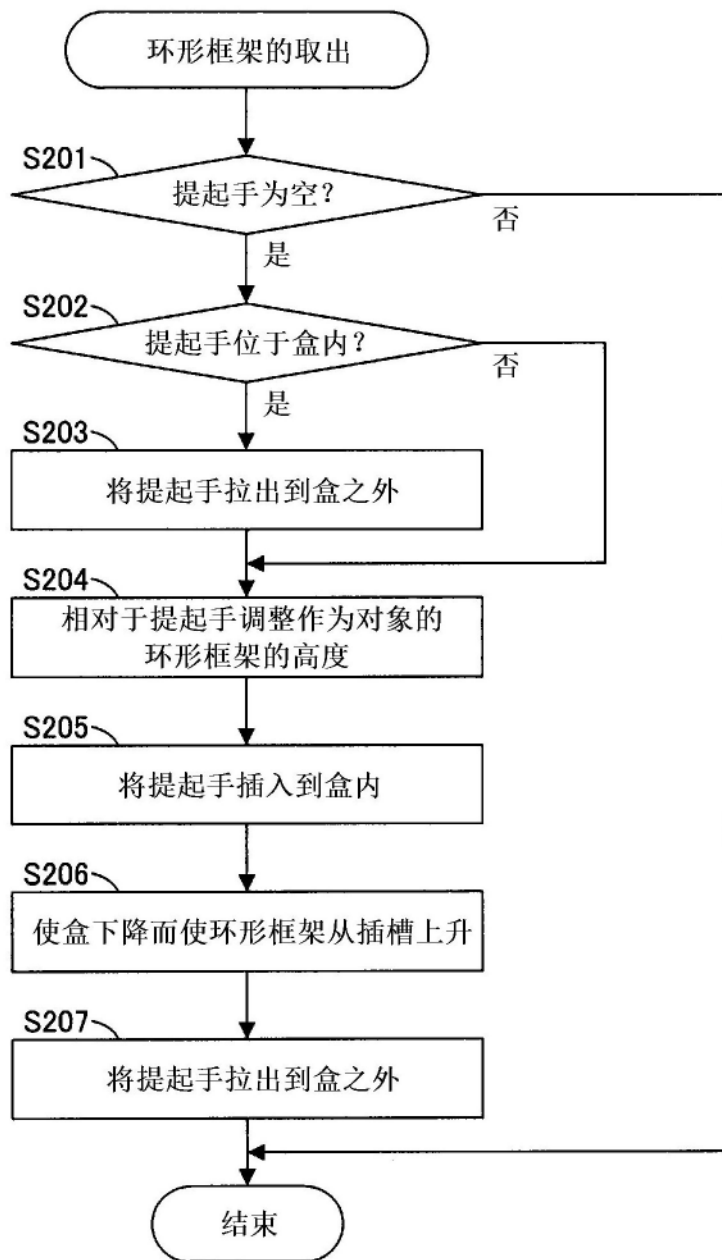


图5

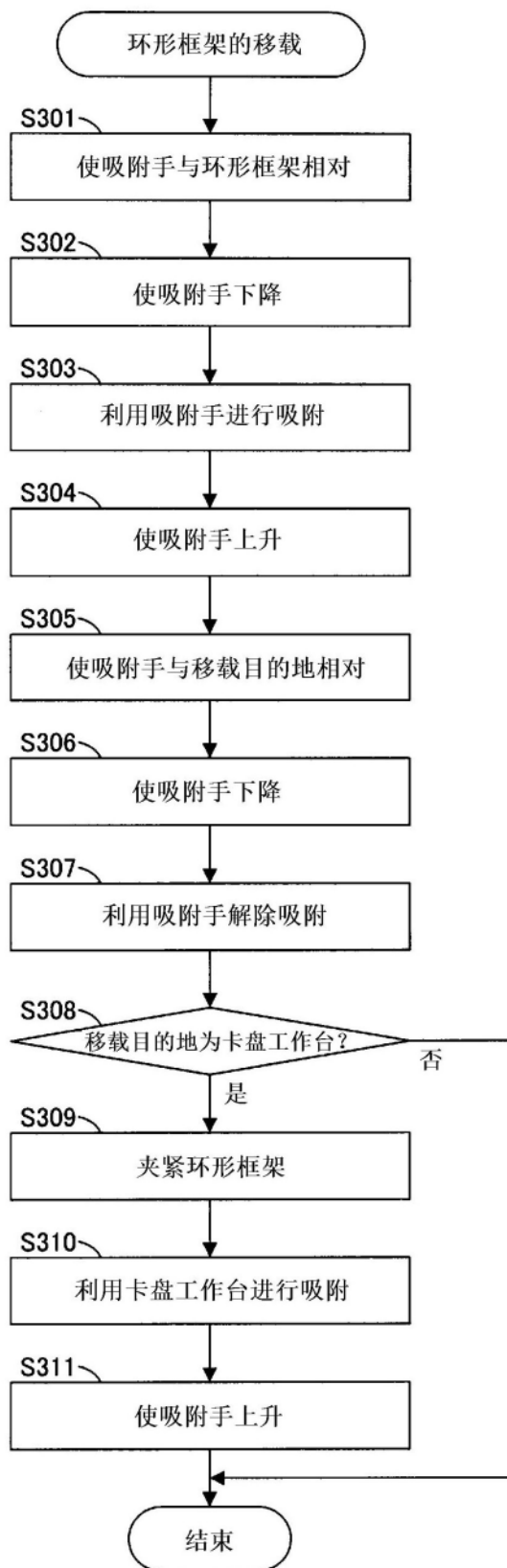


图6



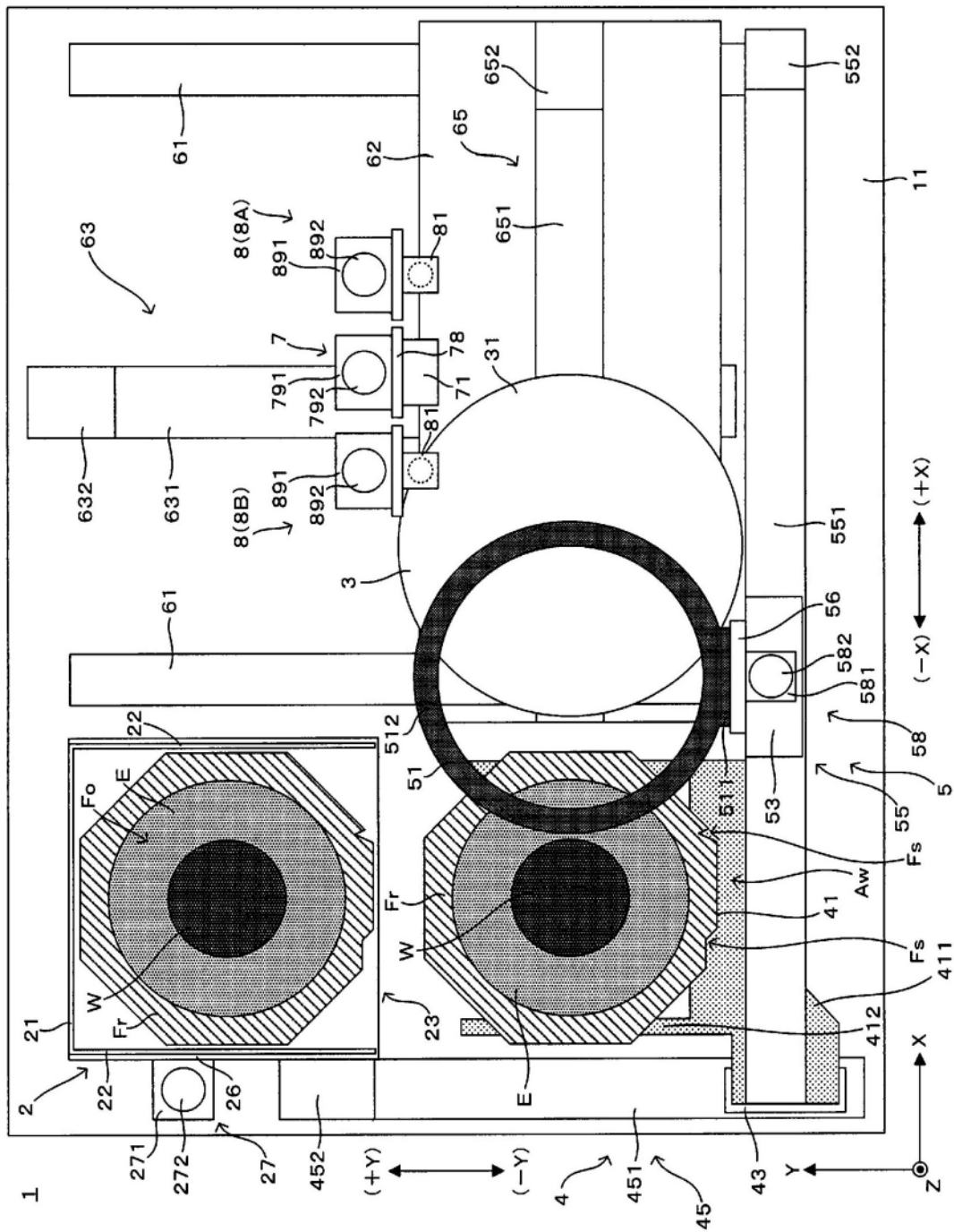


图7B

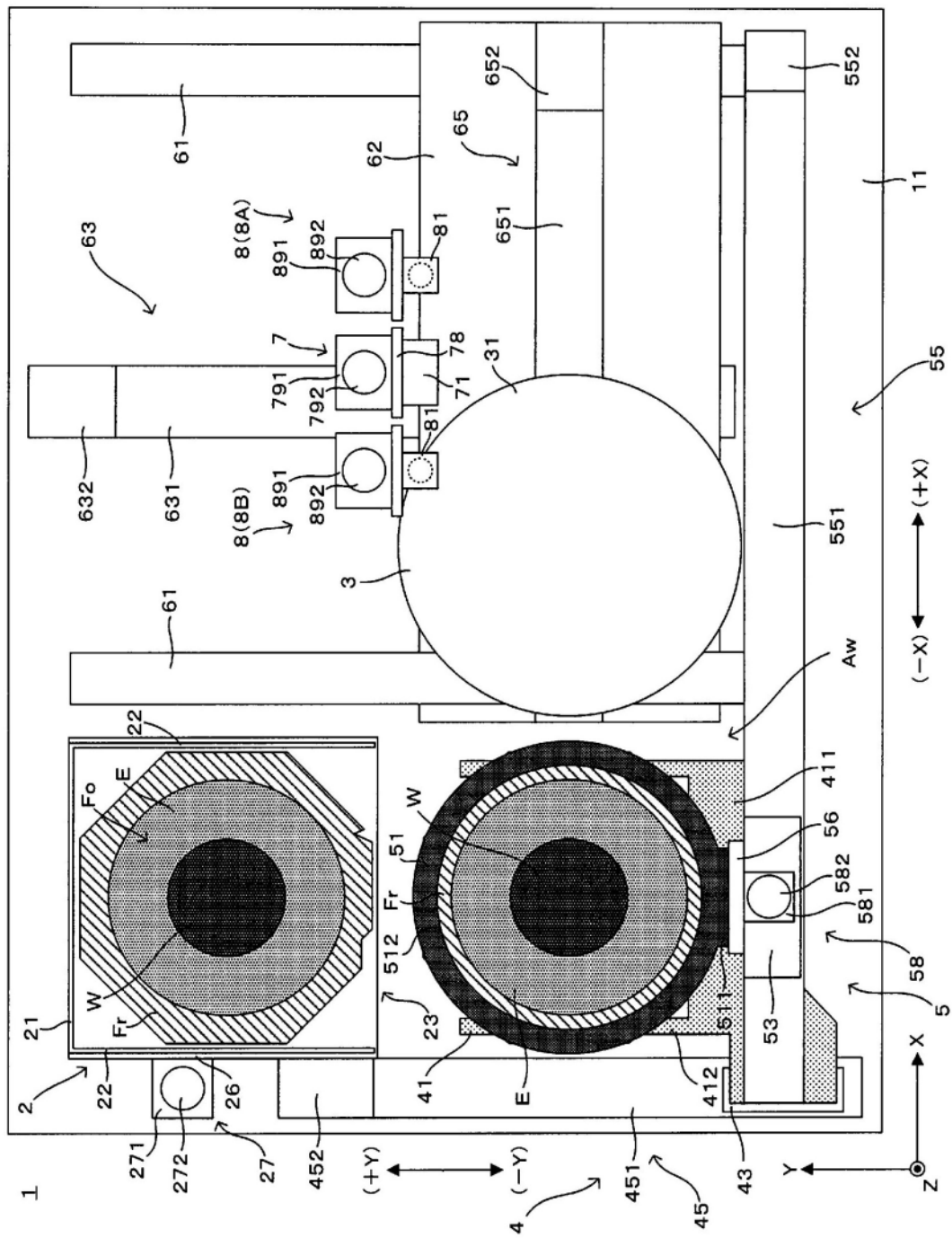


图7C

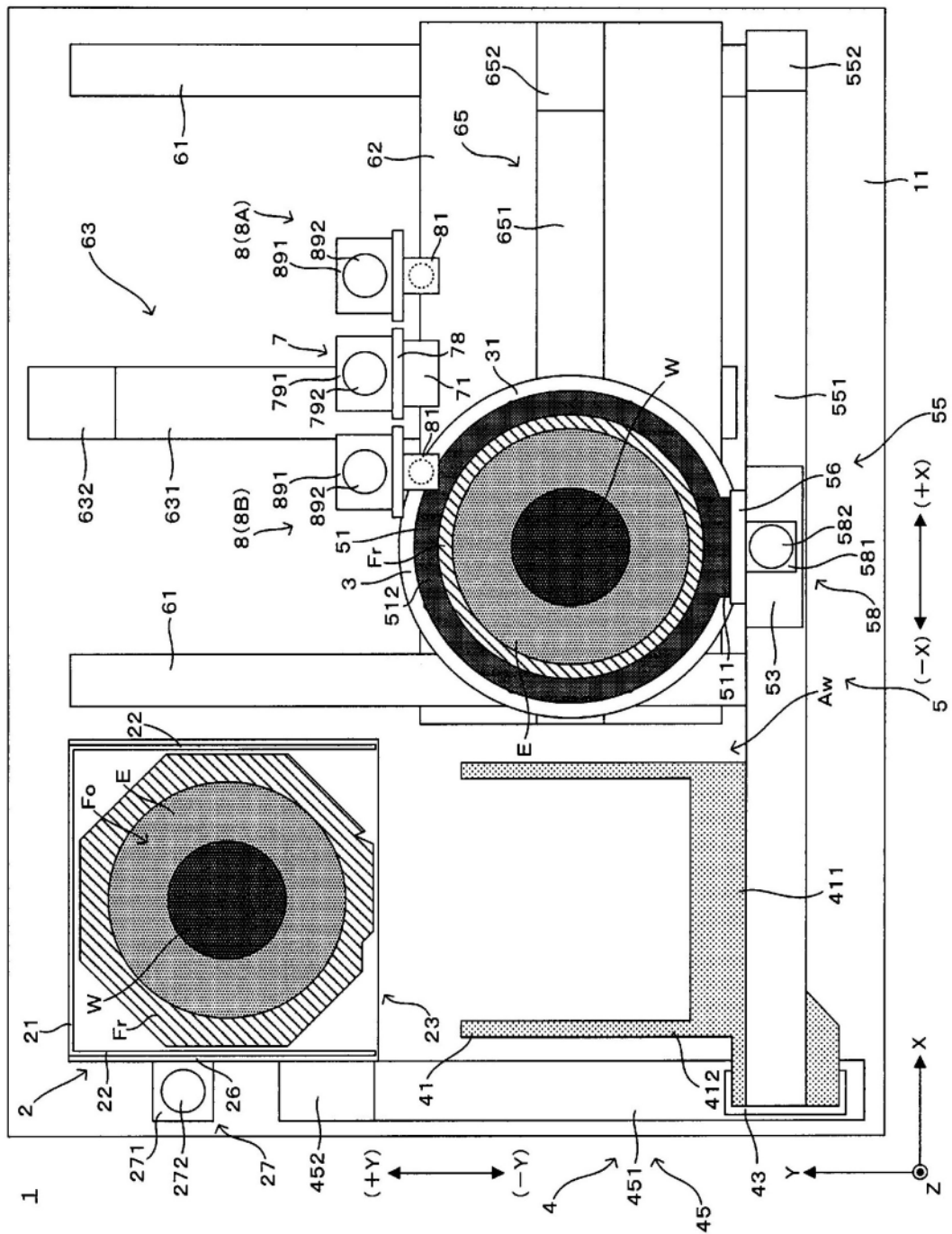


图7D

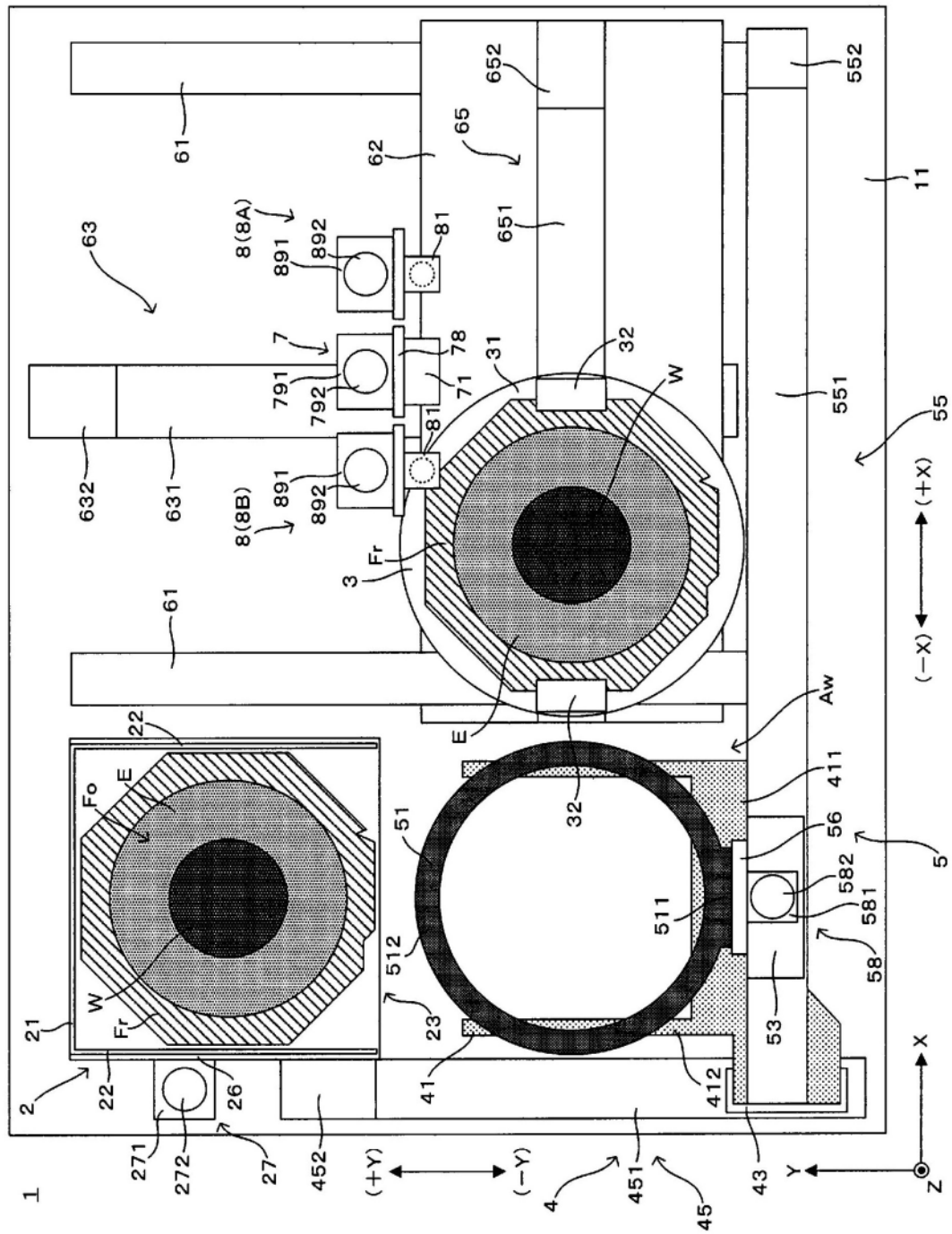


图7E

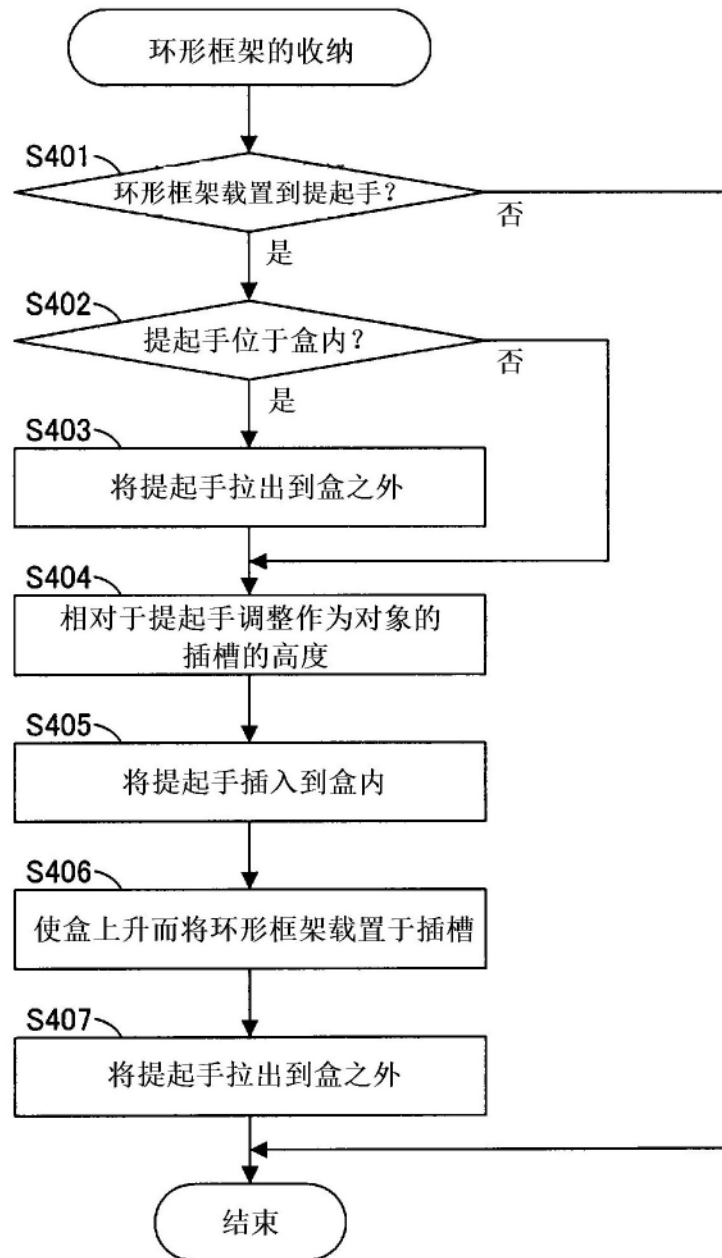


图8

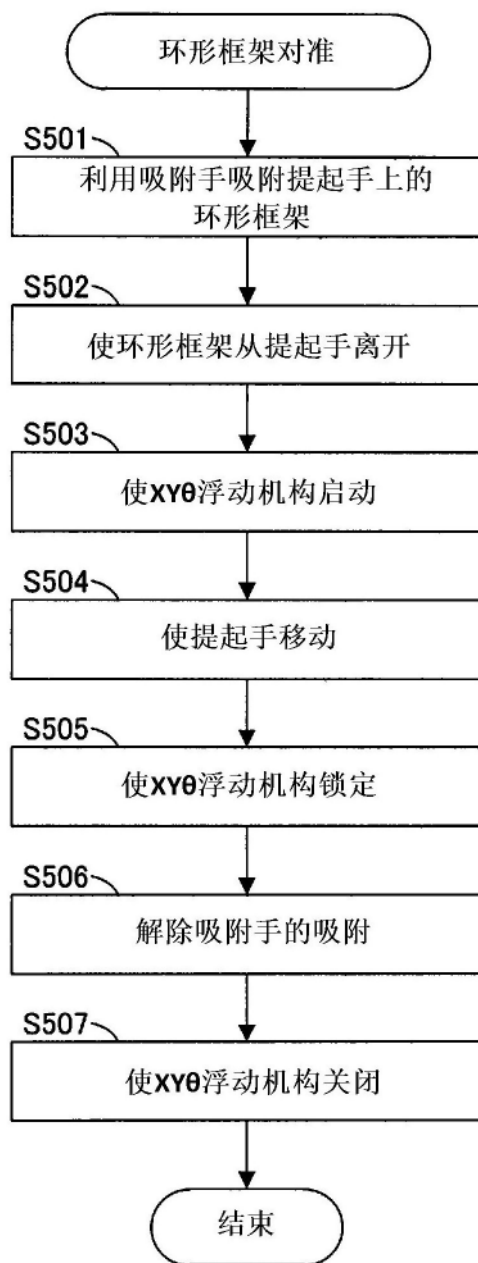


图9



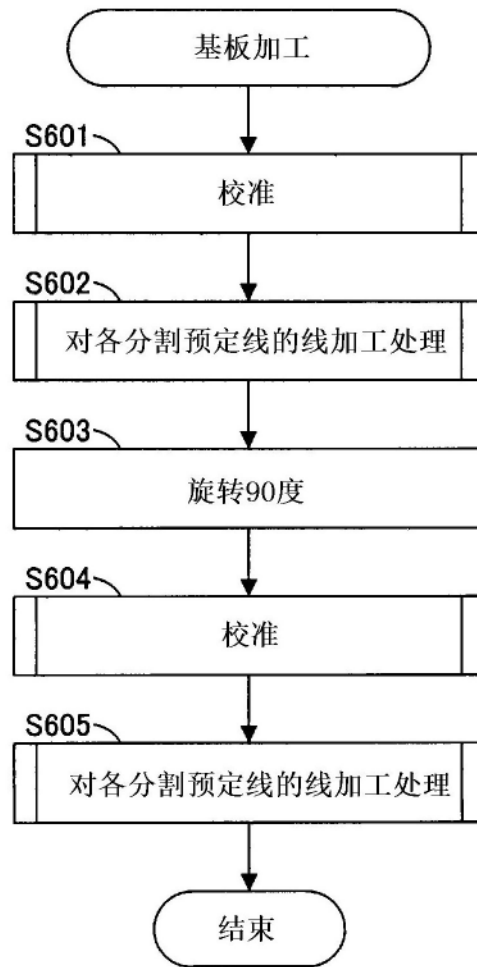


图11

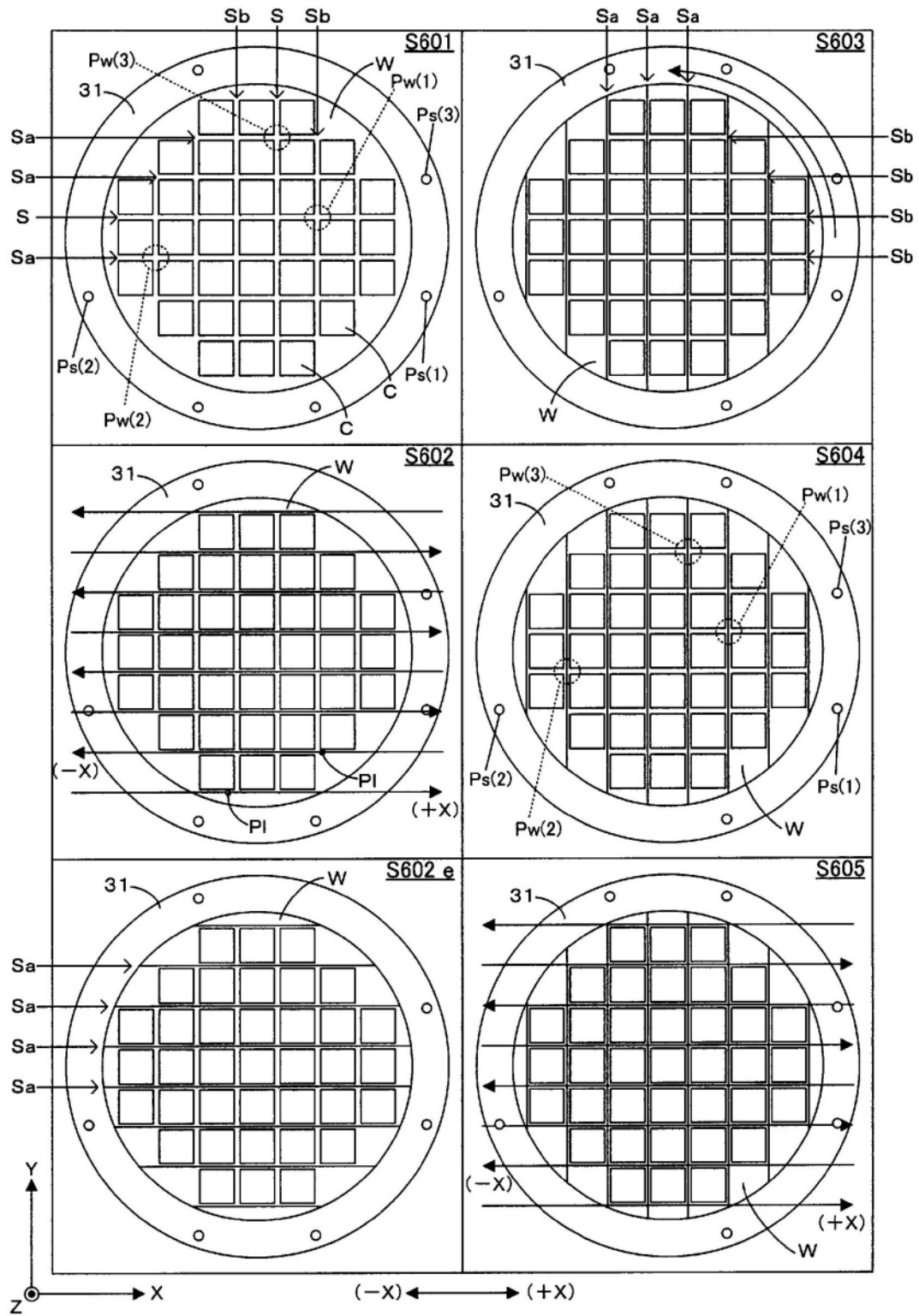


图12

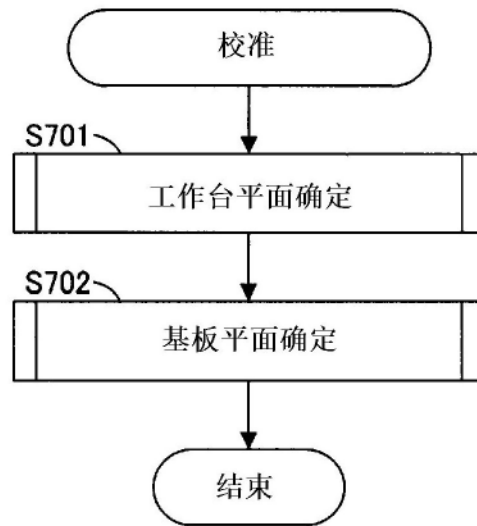


图13A

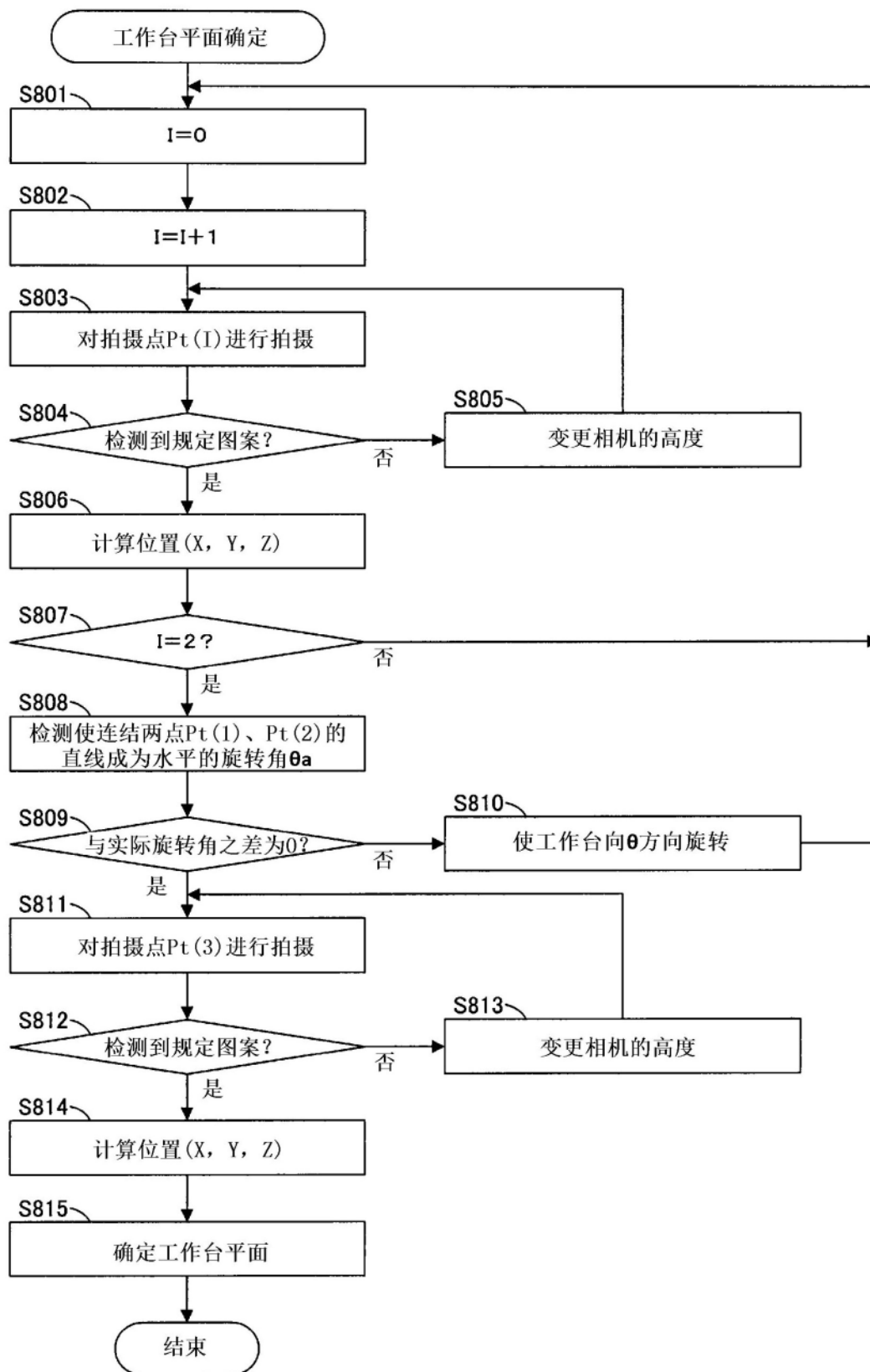


图13B

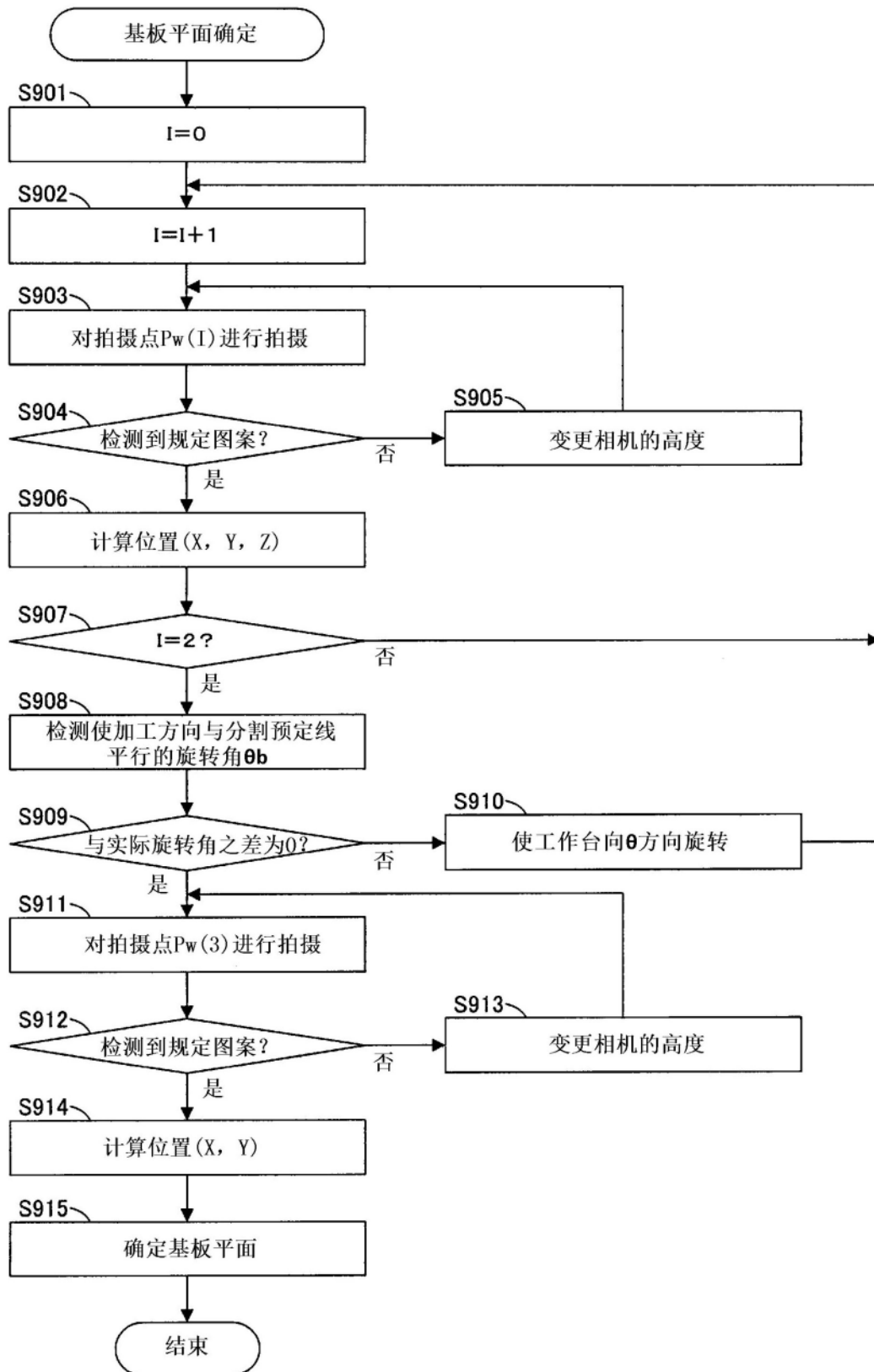


图13C

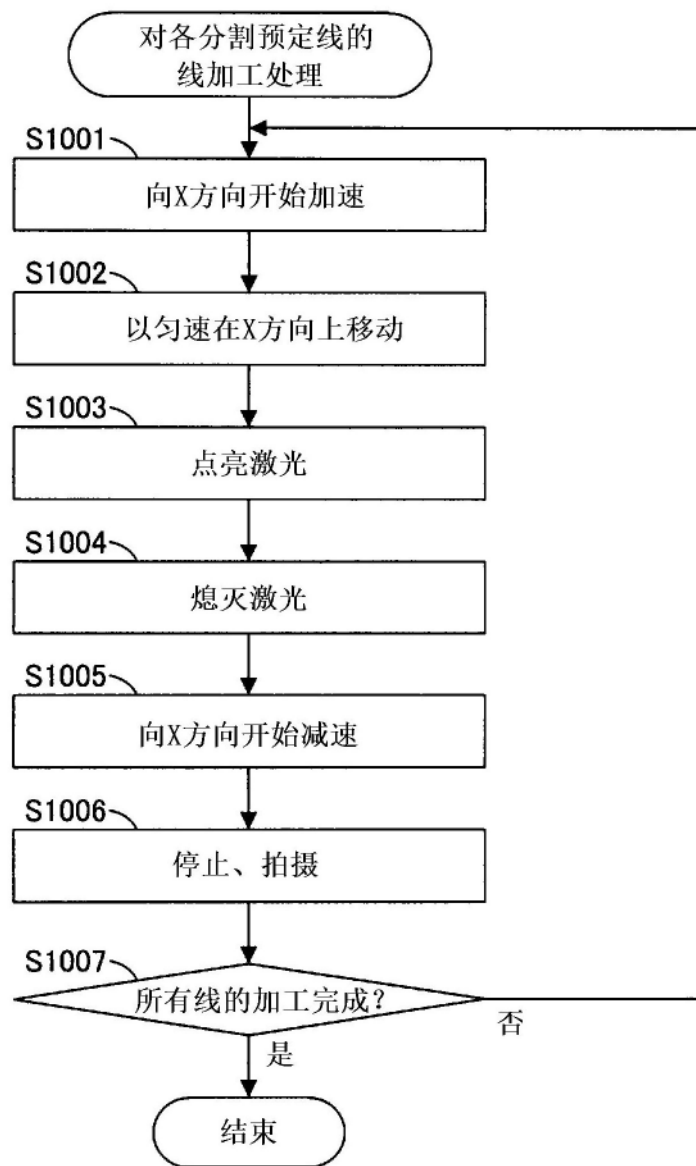


图14

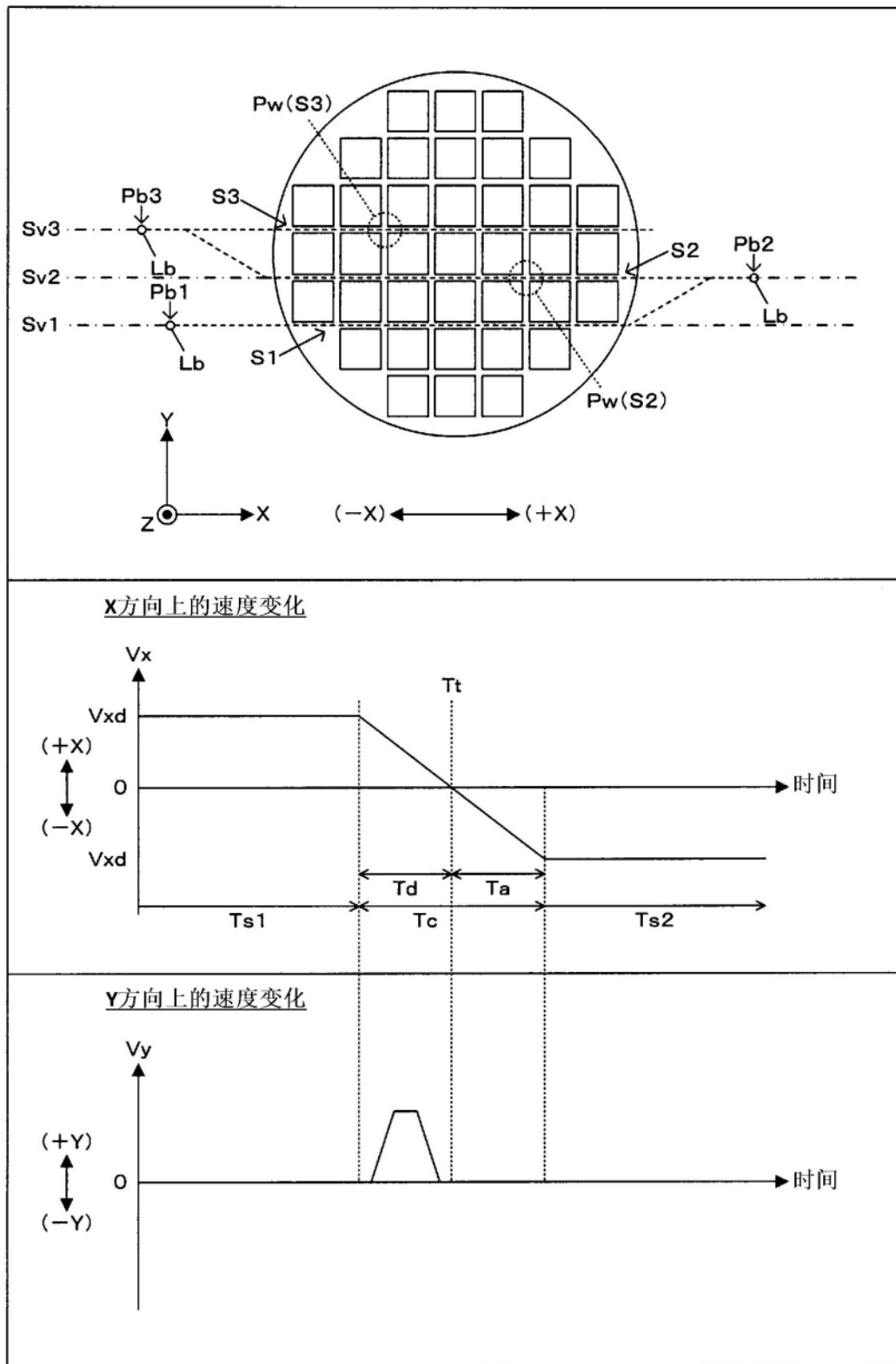


图15A

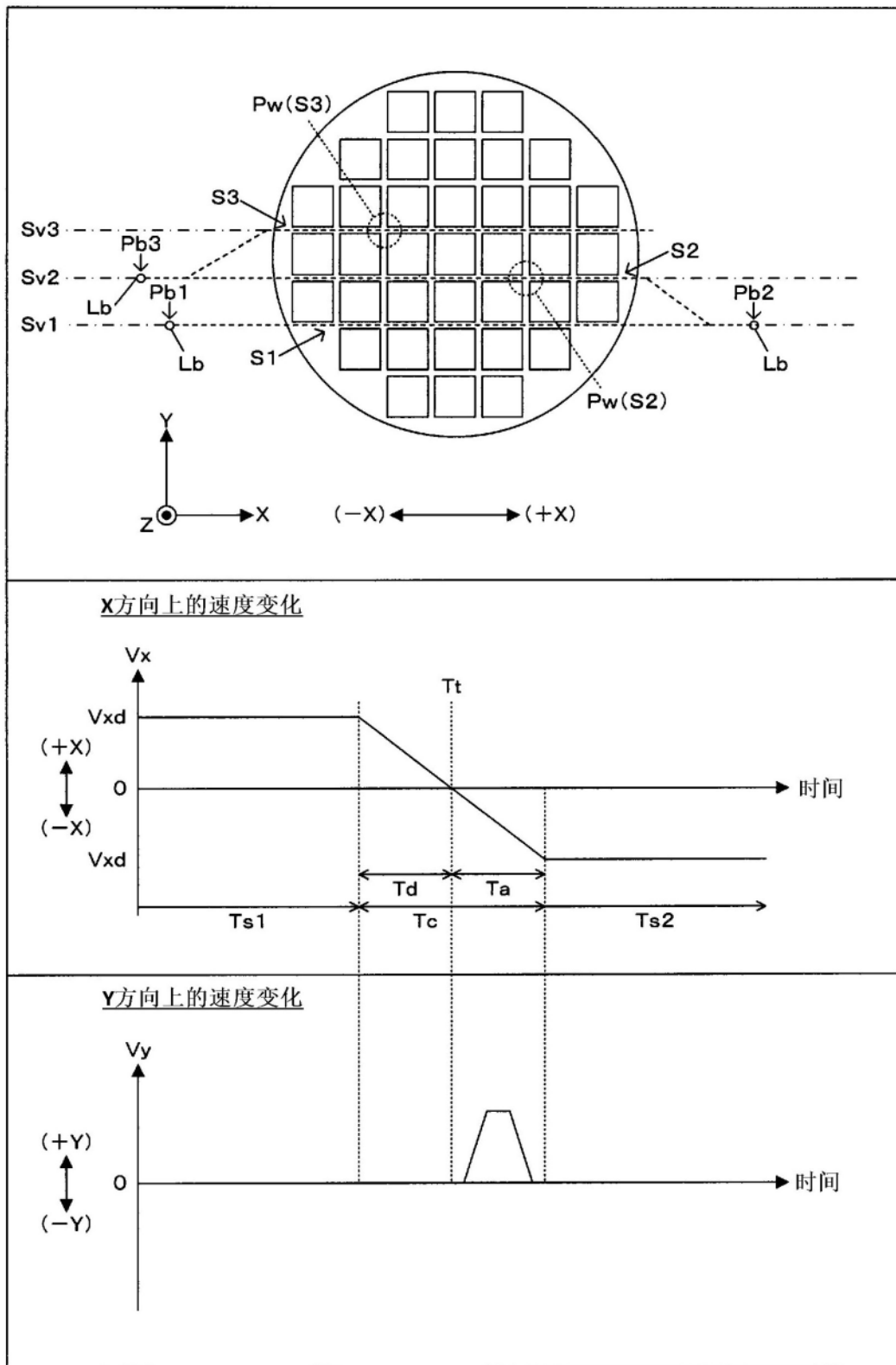


图15B

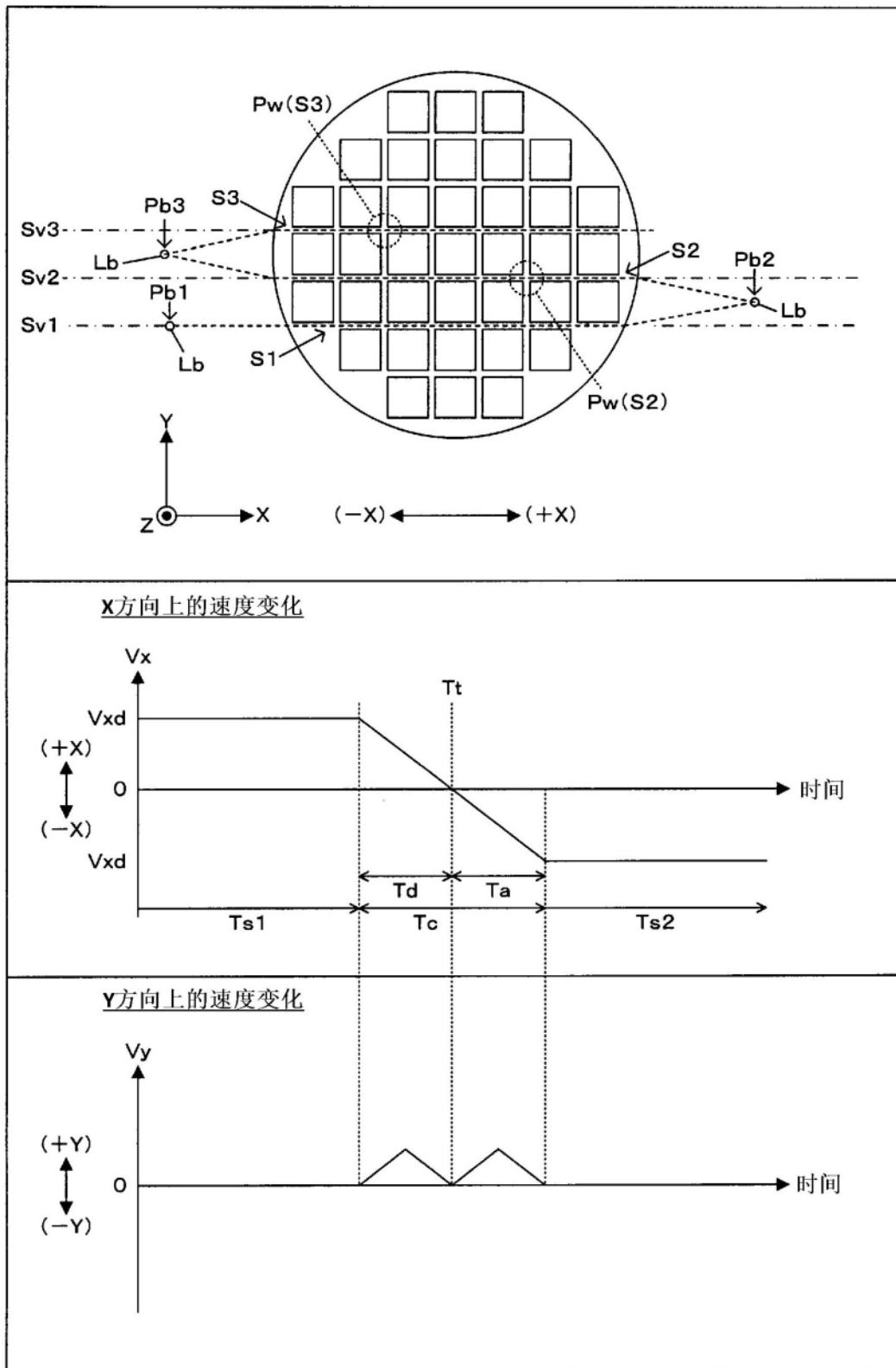


图15C

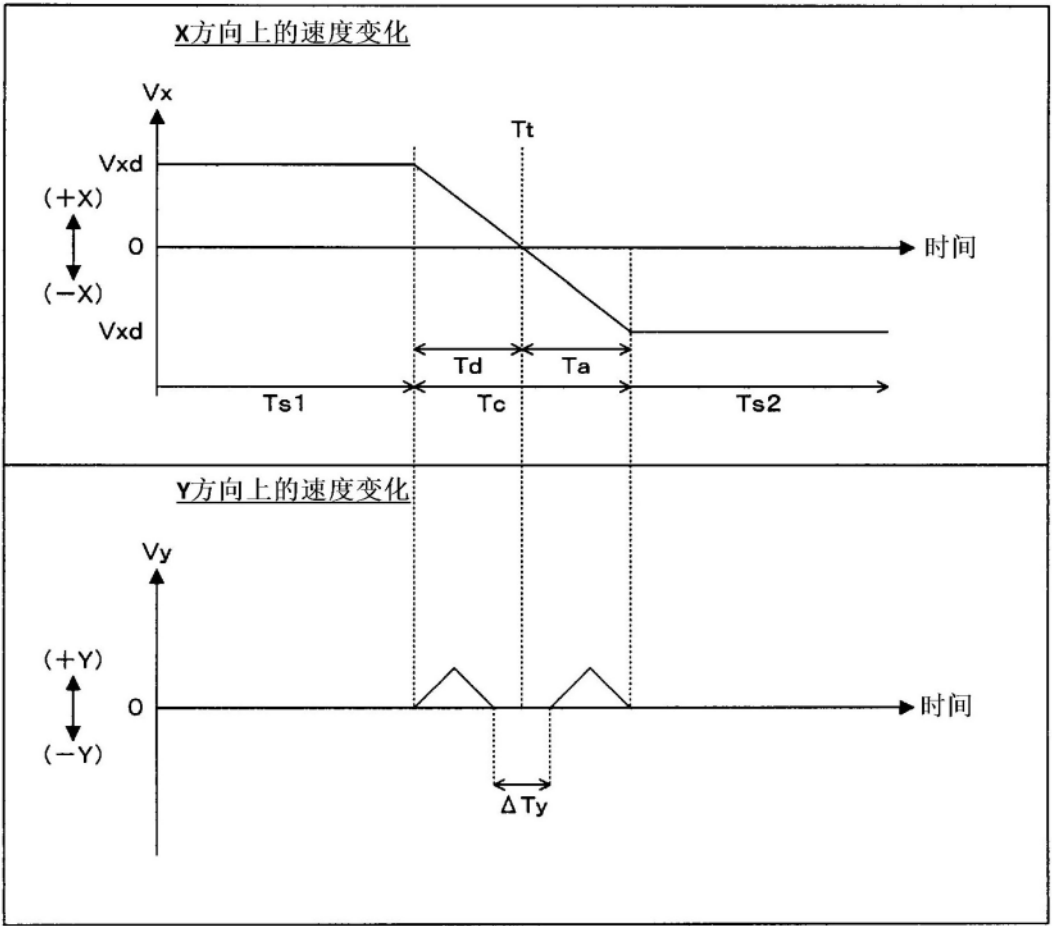


图15D

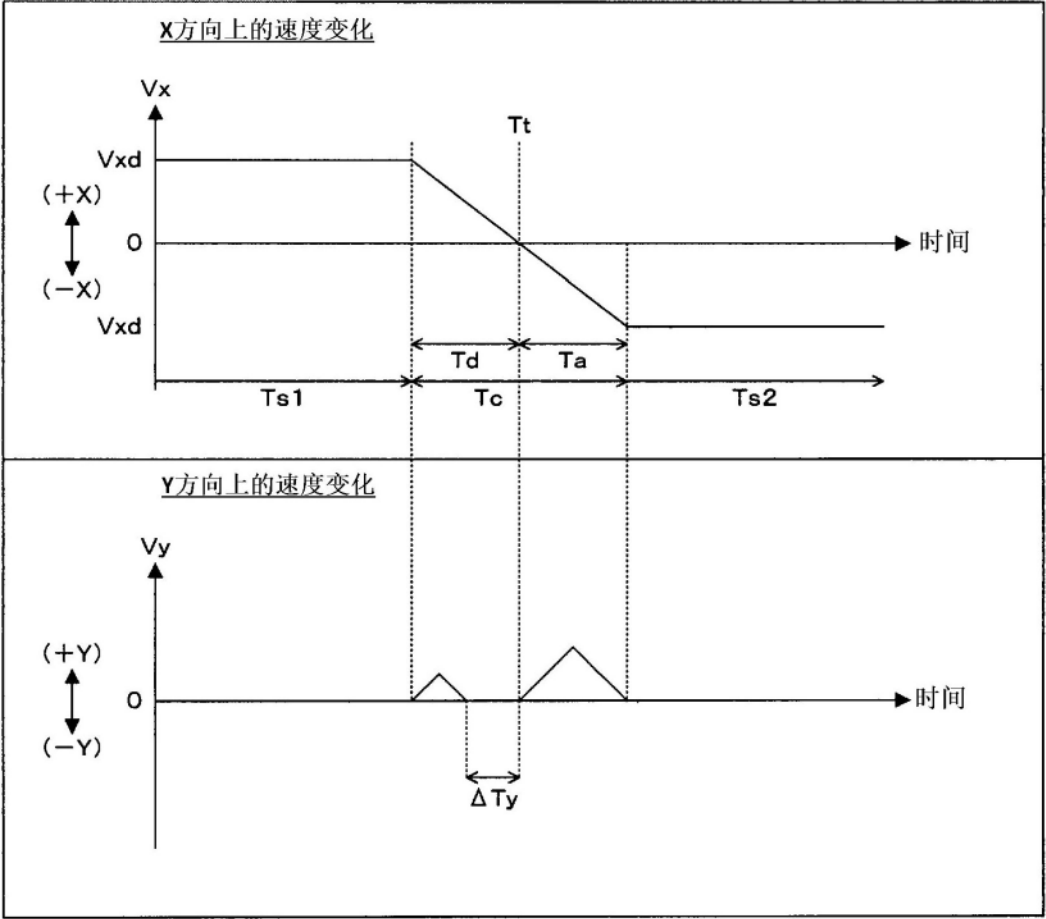


图15E

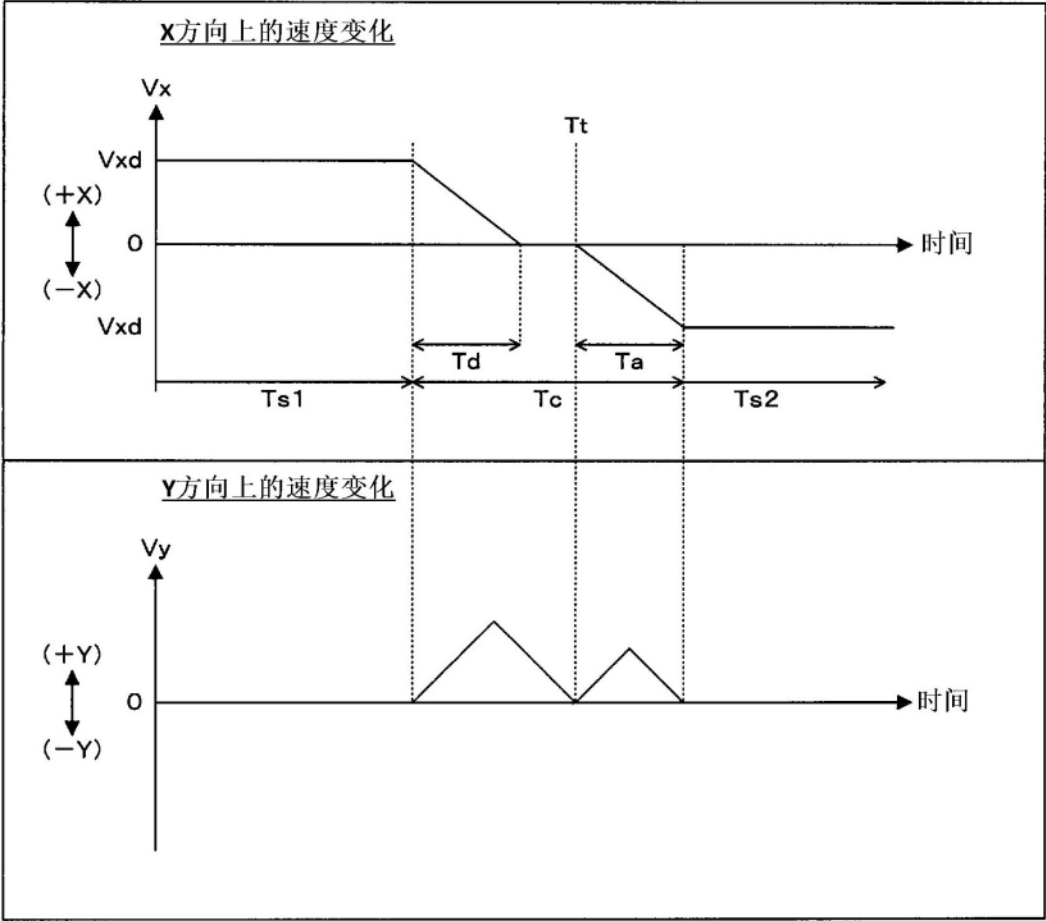


图15F

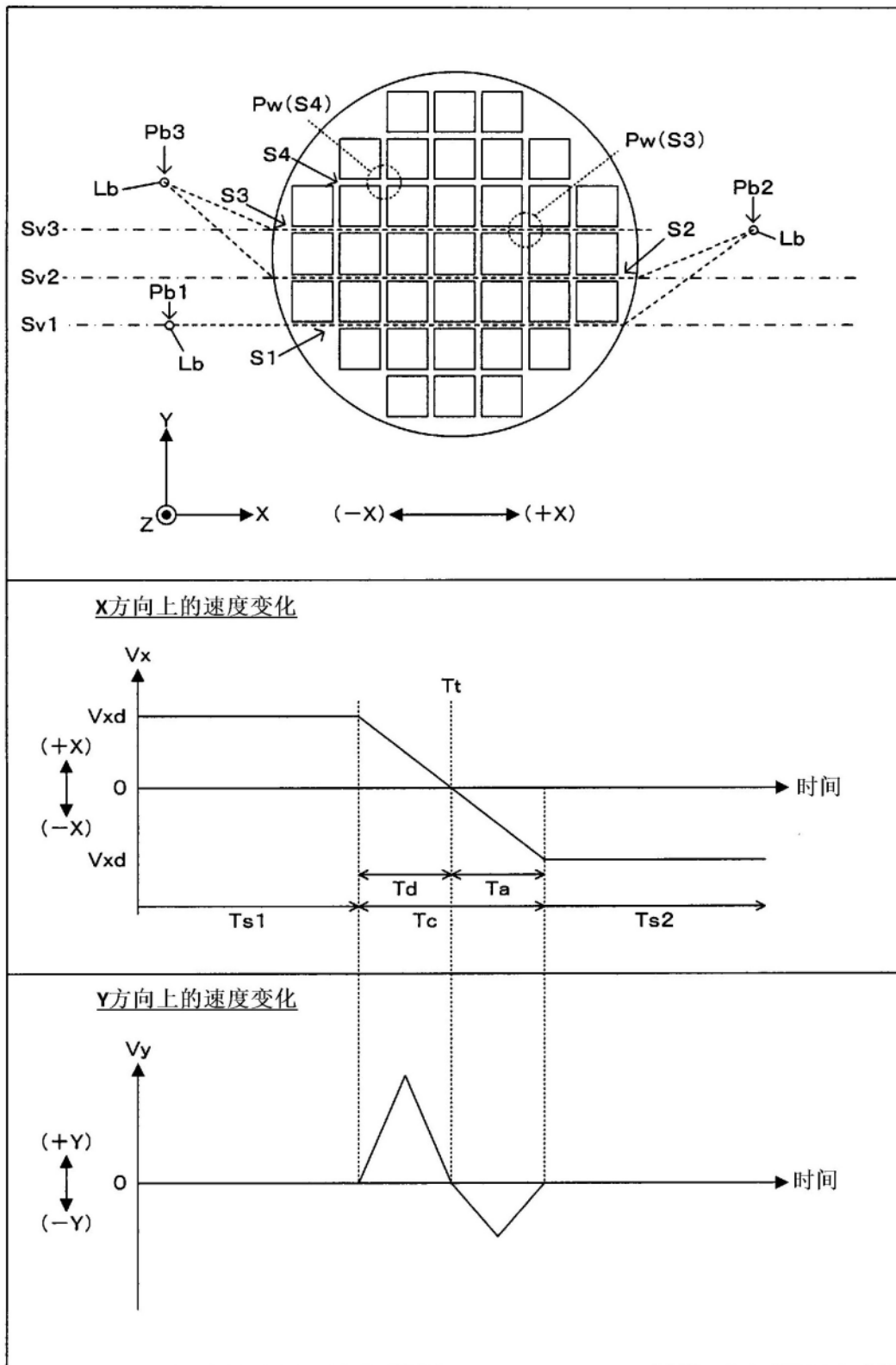


图15G

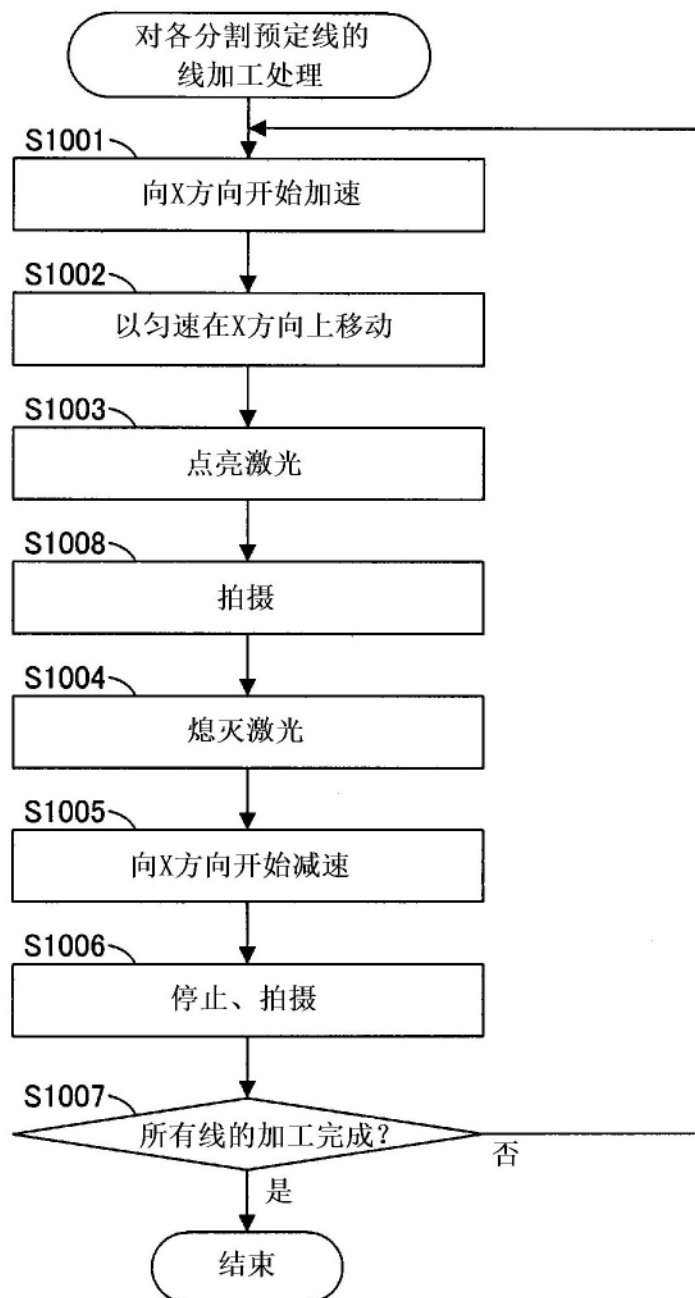


图16

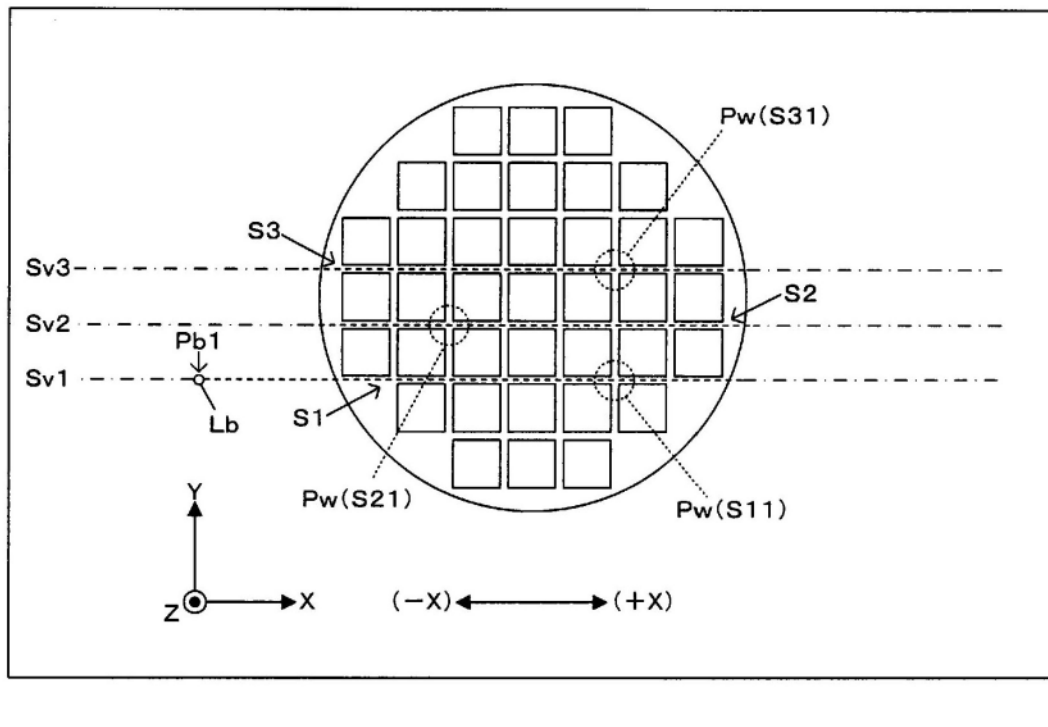


图17

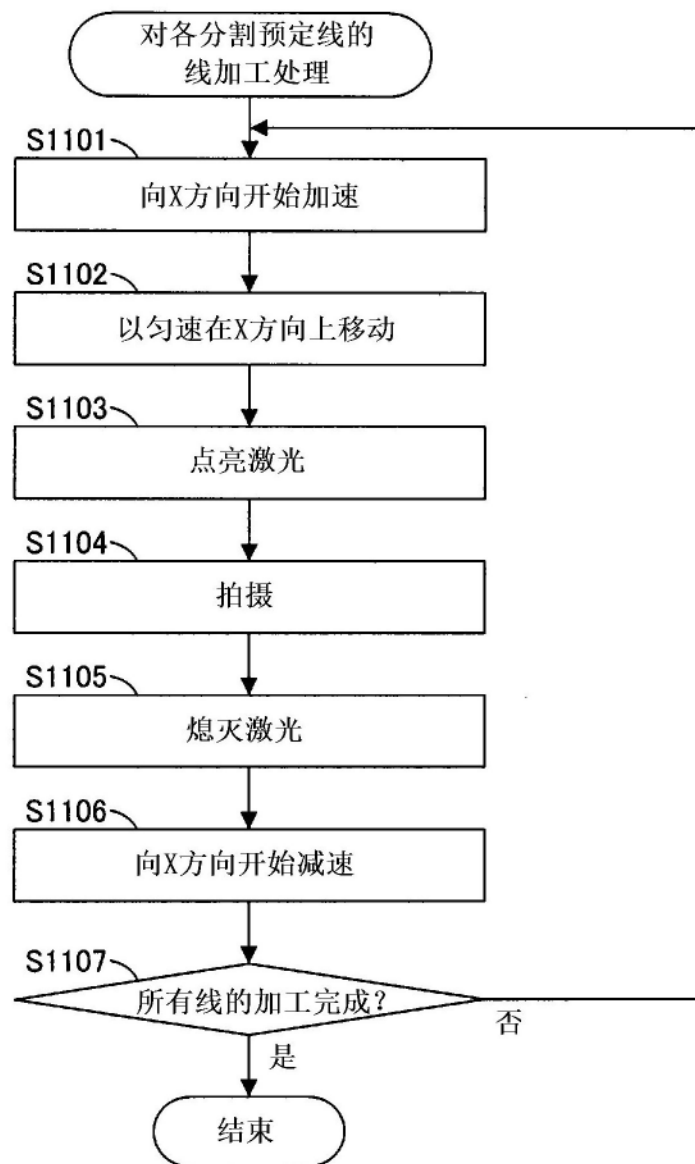


图18



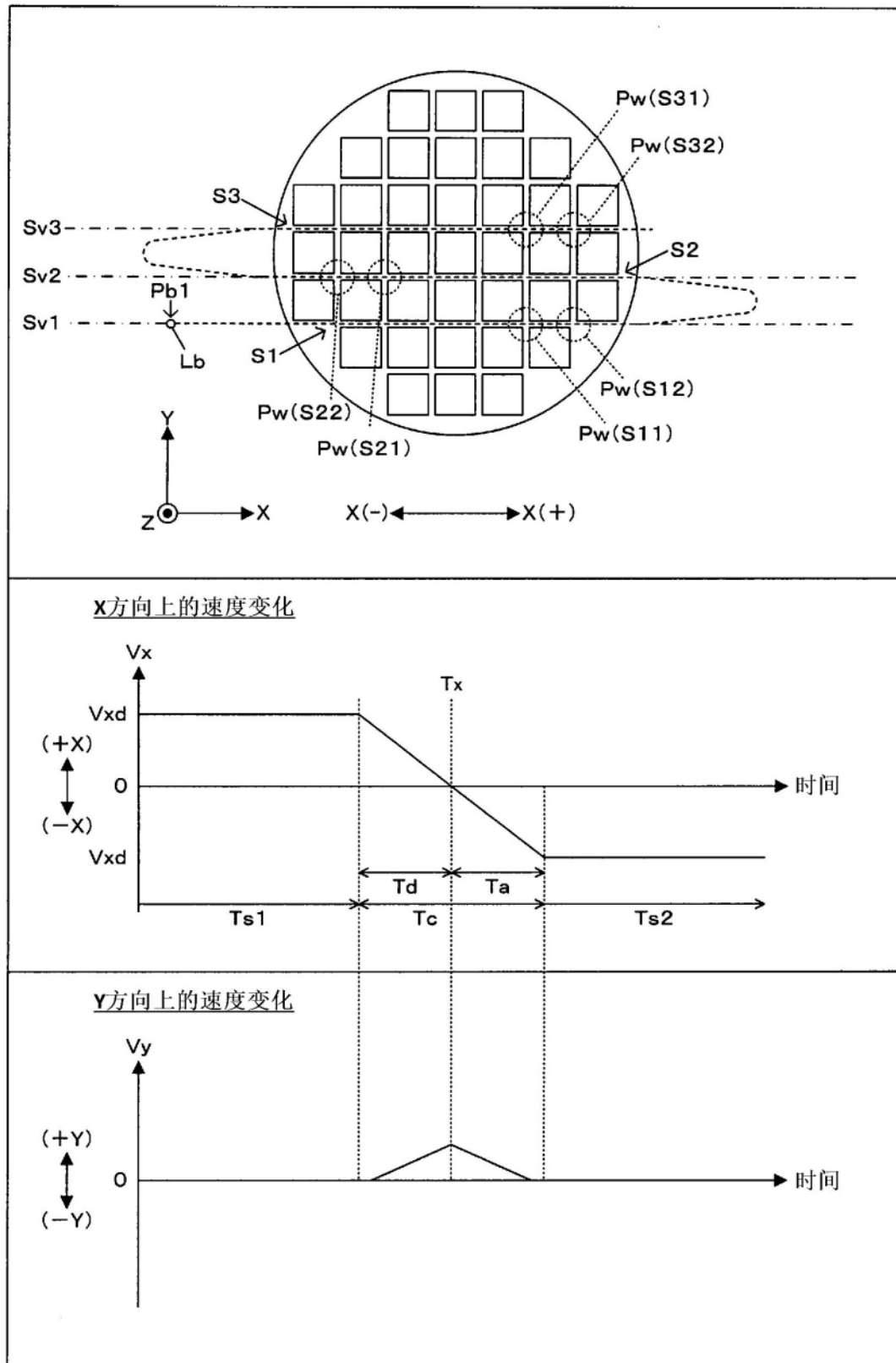


图19B

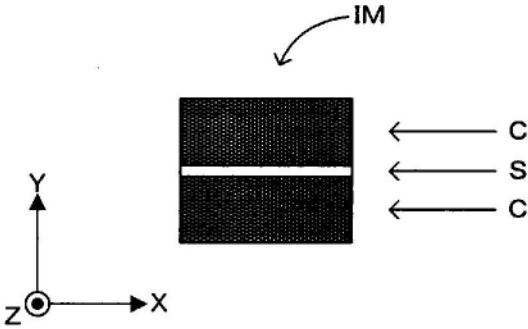


图20

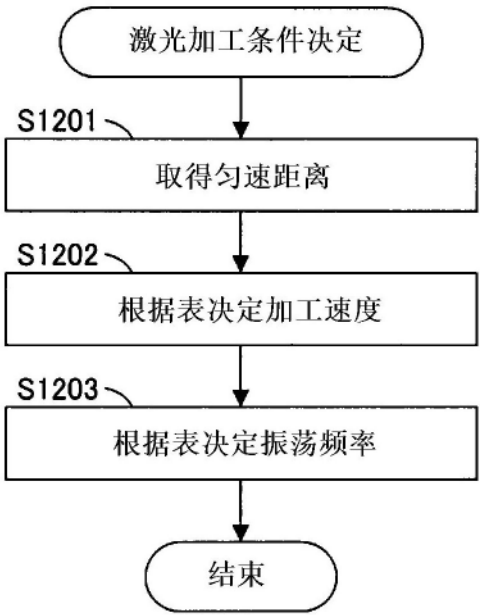


图21

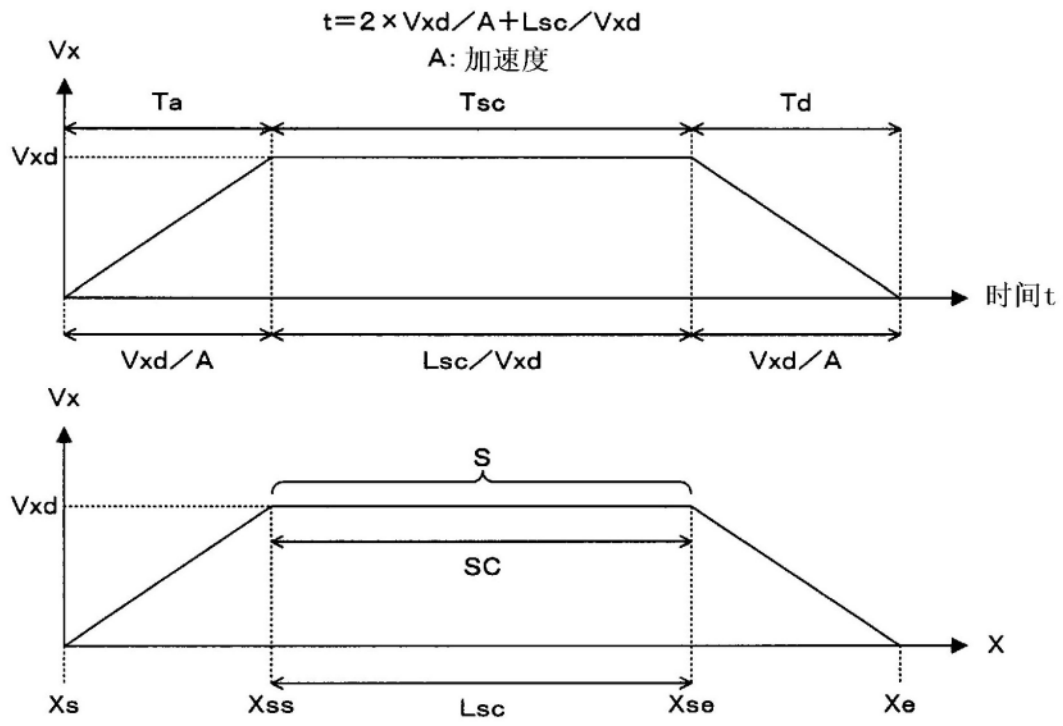


图22A

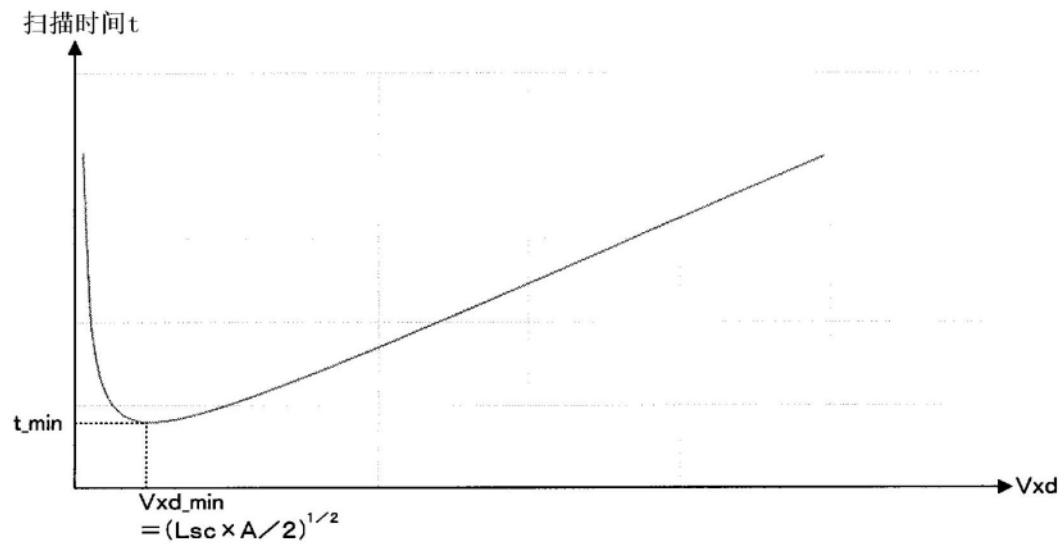


图22B

| 匀速距离 $L_{sc}[m]$                    | 加工速度 $V_{xd}[m/s]$ | 振荡频率 $f_c[kHz]$ |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------|
| $L_{sc} \leq L_{sc}(1)$             | $V_{xd}(1)$        | $f_c(1)$        |
| $L_{sc}(1) < L_{sc} \leq L_{sc}(2)$ | $V_{xd}(2)$        | $f_c(2)$        |
| $L_{sc}(2) < L_{sc} \leq L_{sc}(3)$ | $V_{xd}(3)$        | $f_c(3)$        |
| $L_{sc}(3) < L_{sc}$                | $V_{xd}(4)$        | $f_c(4)$        |

图22C

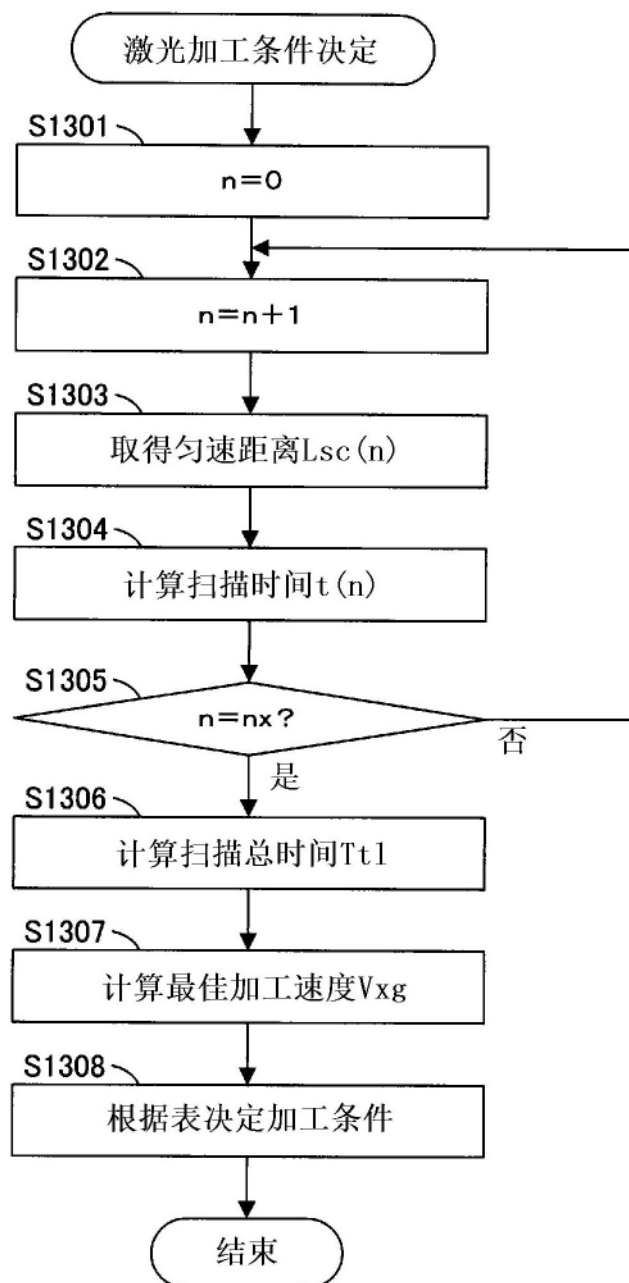


图23

| 最佳加工速度 $V_{xg}$                     | 加工速度 $V_{xd}[m/s]$ | 振荡频率 $fc[kHz]$ |
|-------------------------------------|--------------------|----------------|
| $V_{xg} \leq V_{xg}(1)$             | $V_{xd}(11)$       | $fc(11)$       |
| $V_{xg}(1) < V_{xg} \leq V_{xg}(2)$ | $V_{xd}(12)$       | $fc(12)$       |
| $V_{xg}(2) < V_{xg} \leq V_{xg}(3)$ | $V_{xd}(13)$       | $fc(13)$       |
| $V_{xg}(3) < V_{xg}$                | $V_{xd}(14)$       | $fc(14)$       |

图24

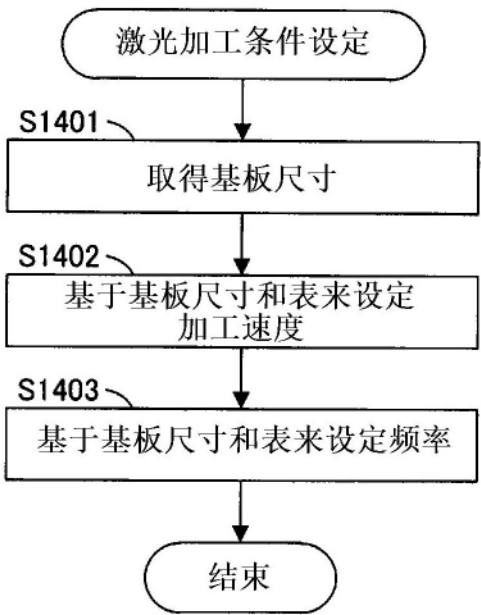


图25

**Tsvf**

| 尺寸(基板直径) | 加工速度 $V_{xd}$ | 频率 $fc$    |
|----------|---------------|------------|
| 200mm    | $V_{200}$     | $fc_{200}$ |
| 300mm    | $V_{300}$     | $fc_{300}$ |

图26